RENTEL NV

RAPPORT



Rentel NV

Milieueffectenrapport windmolenpark Rentel

MER Rentel

27 juni 2012 - versie 3.0



IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Coveliersstraat 15, 2600 Antwerp, Belgium

☎: + 32 3 270 92 95

🗐: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Titel	MER Rentel
Project	Milieueffectenrapport windturbinepark Rentel
Opdrachtgever	Rentel NV
Documentref	I/RA/11397/11.188/RDS
Documentnaam	K:\PROJECTS\11\11397 - MER Rentel\10-Rap\RA11188_MER Rentel_finale versie_v3.0.docx

Revisies / Goedkeuring

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	04/06/12	Concept hfst 1-2-3-4	MIM	MSA	GVH
2.0	25/06/12	Concept volledig rapport	MIM	MSA	GVH
3.0	27/06/12	Finaal rapport	MIM	MSA	GVH

Verdeellijst

20	Analoog	Rentel NV
1	Digitaal	Rentel NV

Inhoudstafel

BIJLAGEN ..... **VIII**
LIJST VAN TABELLEN ..... **IX**
LIJST VAN FIGUREN ..... **XV**
VOORWOORD **1**
LIJST MET AFKORTINGEN **3**
0. NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING **8**
0.1 DOEL EN VOORGENOMEN ACTIVITEIT 8
0.2 PROJECTBESCHRIJVING 9
0.3 EFFECTENBEOORDELING 12
0.3.1 Bodem en water *13*
0.3.2 Klimaat en Atmosfeer *20*
0.3.3 Geluid en trillingen *22*
0.3.4 Fauna, flora en biodiversiteit *24*
0.3.5 Zeezicht en cultureel erfgoed *38*
0.3.6 Interactie met andere menselijke activiteiten *40*
0.3.7 Risico's en veiligheid *43*
0.4 CUMULATIEVE EFFECTEN 45
0.4.1 Inleiding *45*
0.4.2 Bodem *46*
0.4.3 Water *46*
0.4.4 Klimaat en atmosfeer *47*
0.4.5 Geluid en trillingen *47*
0.4.6 Fauna, flora en biodiversiteit *47*
0.4.7 Zeezicht en cultureel erfgoed *48*
0.4.8 Interactie met menselijke activiteiten *48*
0.4.9 Risico's en veiligheid *49*
0.5 GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN 53
0.5.1 Klimaat *53*
0.5.2 Geluid en zeezicht *53*
0.5.3 Fauna en flora *53*
0.5.4 Risico's en veiligheid *53*
0.5.5 Conclusie *54*
0.6 MONITORING 54
0.7 BESLUIT 54
0. NON-TECHNICAL SUMMARY **57**
0.1 PREFACE 57

0.2 PURPOSE AND INTENDED ACTIVITY 58
0.3 PROJECT DESCRIPTION 60
0.4 IMPACT ASSESSMENT 63
0.4.1 Soil and water 64
0.4.2 Climate and atmosphere 70
0.4.3 Noise and vibrations 72
0.4.4 Fauna, flora and biodiversity 74
0.4.5 Seaview and cultural heritage 87
0.4.6 Interaction with other human activities 89
0.4.7 Risks and safety 92
0.5 CUMULATIVE EFFECTS 93
0.5.1 Introduction 93
0.5.2 Soil 94
0.5.3 Water 94
0.5.4 Climate and atmosphere 95
0.5.5 Noise and vibrations 95
0.5.6 Fauna, flora and biodiversity 95
0.5.7 Seaview and cultural heritage 96
0.5.8 Interaction with other human activities 96
0.5.9 Risks and safety 97
0.6 TRANSBOUNDARY EFFECTS 100
0.6.1 Climate 100
0.6.2 Sound and sea view 100
0.6.3 Fauna and flora 100
0.6.4 Risks and safety 100
0.6.5 Conclusion 101
0.7 MONITORING 101
0.8 CONCLUSION 101
0. RÉSUMÉ NON TECHNIQUE 104
0.1 AVANT-PROPOS 104
0.2 OBJECTIF ET ACTIVITÉ PRÉVUE 105
0.3 DESCRIPTION DU PROJET 107
0.4 EVALUATION DES INCIDENCES 110
0.4.1 Fond et eau 111
0.4.2 Climat et atmosphère 117
0.4.3 Son et vibrations 119
0.4.4 Faune, flore et biodiversité 122
0.4.5 Vue sur la mer et patrimoine culturel 136

0.4.6 Interaction avec d'autres activités humaines 138
0.4.7 Risques et sécurité 141
0.5 INCIDENCES CUMULATIVES 142
0.5.1 Introduction 142
0.5.2 Sol 143
0.5.3 Eau 144
0.5.4 Climat et atmosphère 144
0.5.5 Bruit et vibrations 144
0.5.6 Faune, flore et biodiversité 145
0.5.7 Vue sur la mer et patrimoine culturel 146
0.5.8 Interaction avec des activités humaines 146
0.5.9 Risques et sécurité 147
0.6 INCIDENCES TRANSFRONTALIÈRES 150
0.6.1 Climat 150
0.6.2 Son et la vue sur la mer 151
0.6.3 Faune et flore 151
0.6.4 Risques et sécurité 151
0.6.5 Conclusion 151
0.7 CONTRÔLE 151
0.8 CONCLUSION 152
1. INLEIDING 155
1.1 DOELSTELLING VAN DIT RAPPORT 155
1.2 INITIATIEFNEMER 156
1.3 MER-DESKUNDIGEN 157
2. BESCHRIJVING VAN HET PROJECT 159
2.1 DE INITIATIEFNEMERS 159
2.1.1 Rent-a-Port 159
2.1.2 Electrawinds 160
2.1.3 Aspiravi Offshore 161
2.1.4 DEME NV 161
2.1.5 SRIW Environment SA 162
2.1.6 Z-kracht NV 162
2.1.7 Power@Sea NV 162
2.1.8 Socofe SA 162
2.1.9 Otary RS NV 162
2.2 DOELSTELLING EN MOTIVERING VAN HET PROJECT 162
2.3 RUIMTELIJKE SITUERING VAN HET PROJECT 166
2.3.1 Motivatie van de locatiekeuze 166

2.3.2 Ruimtelijke situering t.o.v. andere gebruikers 166
2.3.3 Mogelijke concessieuitbreiding 170
2.4 OMHULLENDE CONFIGURATIES 172
2.5 TERMIJN EN FASERING VAN HET PROJECT 175
2.6 BESCHRIJVING VAN DE ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN 175
2.6.1 Algemeen 175
2.6.2 De ontwikkelingsfase (2011-2014) 177
2.6.3 Constructiefase (2013-2016) 181
2.6.4 Exploitatiefase (2016-2036) 213
2.6.5 Ontmantelingsfase 215
2.7 BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE 216
2.7.1 Windturbines 218
2.7.2 Funderingen 228
2.7.3 Erosiebescherming 235
2.7.4 Windmeetmast of meteomast 237
2.7.5 Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform) 237
2.7.6 Bekabeling 239
3. JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN 244
3.1 JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN 244
3.1.1 Algemeen 244
3.1.2 Wetgeving in België 244
3.1.3 Internationale wetgeving 248
3.2 BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN 257
3.2.1 Doelstellingen voor Europa 257
3.2.2 Doelstellingen voor België en Vlaanderen 258
3.2.3 Het aandeel van de geleverde energie door Rentel in de federale verplichting inzake hernieuwbare energie en CO_2 uitstoot 260
4. BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN 261
4.1 CONFIGURATIEALTERNATIEVEN 261
4.2 ALTERNATIEVE KABELTRACÉS EN SPANNINGSNIVEAU VAN DE KABELS 262
4.2.1 Scenario 1: West-tracé 263
4.2.2 Scenario 2: Oost-tracé 266
4.2.3 Onshore aansluiting 267
4.3 ALTERNATIEVEN NAAR UITVOERING 267
4.3.1 Type windturbine 267
4.3.2 Type fundering 268
4.3.3 Kruising van exportkabel met pijpleidingen en kabels 272
4.3.4 Het ingezette materieel 273

5. BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE..... 274

5.1 BODEM EN WATER..... 275

5.1.1 Methodologie..... 275

5.1.2 Referentiesituatie..... 275

5.1.3 Autonome ontwikkeling..... 300

5.1.4 Effecten..... 301

5.1.5 Leemten in de kennis..... 320

5.1.6 Milderende maatregelen..... 320

5.1.7 Monitoring..... 321

5.2 KLIMAAT EN ATMOSFEER..... 322

5.2.1 Methodologie..... 322

5.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling..... 323

5.2.3 Effecten..... 330

5.2.4 Leemten in de kennis..... 340

5.2.5 Milderende maatregelen..... 340

5.2.6 Monitoring..... 341

5.3 GELUID EN TRILLINGEN..... 341

5.3.1 Methodologie..... 341

5.3.2 Referentiesituatie..... 342

5.3.3 Autonome ontwikkeling..... 348

5.3.4 Effecten..... 348

5.3.5 Trillingshinder..... 381

5.3.6 Leemten in de kennis..... 382

5.3.7 Milderende maatregelen..... 383

5.3.8 Monitoring..... 384

5.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT..... 385

5.4.1 Methodiek..... 386

5.4.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling..... 392

5.4.3 Effecten..... 426

5.4.4 Leemten in de kennis..... 487

5.4.5 Milderende maatregelen..... 489

5.4.6 Monitoring..... 492

5.4.7 Passende beoordeling..... 494

5.5 ZEEZICHT EN CULTUREEL ERFGOED..... 503

5.5.1 Methodologie..... 503

5.5.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling..... 504

5.5.3 Effecten..... 507

5.5.4 Leemten in de kennis..... 515

5.5.5 Milderende maatregelen 516
5.5.6 Monitoring 517
5.6 INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN 517
5.6.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling 518
5.6.2 Effecten 528
5.6.3 Leemten in de kennis 531
5.6.4 Milderende maatregelen 532
5.6.5 Monitoring 533
5.6.6 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op de menselijke activiteit 533
5.7 RISICO'S EN VEILIGHEID 536
5.7.1 Installaties 536
5.7.2 Scheepvaart 540
5.7.3 Luchtvaartverkeer 540
5.7.4 Radar en scheepscommunicatie 542
6. CUMULATIEVE EFFECTEN 543
6.1 INLEIDING 543
6.2 CUMULATIEVE EFFECTEN 544
6.3 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE 544
6.3.1 Bodem 545
6.3.2 Water 548
6.3.3 Klimaat en atmosfeer 550
6.3.4 Geluid en trillingen 552
6.3.5 Fauna, flora & biodiversiteit 557
6.3.6 Zeezicht & cultureel erfgoed 569
6.3.7 Interactie met andere menselijke activiteiten 570
6.3.8 Risico's en veiligheid 572
6.4 LEEMTEN IN DE KENNIS 608
6.5 MILDERENDE MAATREGELEN 609
6.6 MONITORING 609
7. GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG 610
7.1 INLEIDING 610
7.2 KLIMAAT 610
7.3 GELUID EN ZEEZICHT 610
7.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT 611
7.4.1 Benthos en vissen 612
7.4.2 Vogels 613
7.4.3 Zeezoogdieren 614

7.4.4 Besluit grensoverschrijdende effecten op fauna en flora 615
7.5 RISICO'S EN VEILIGHEID 615
7.5.1 Scheepvaart 615
7.5.2 Radar en scheepscommunicatie 617
8. SYNTHESE EN CONCLUSIES 620
8.1 RENTEL WINDMOLENPARK 620
8.2 INGREEP-EFFECTRELATIES 620
8.3 VERWACHTE EFFECTEN VAN HET RENTEL WINDMOLENPARK 622
8.4 CUMULATIEVE EFFECTEN 625
8.5 CONCLUSIES 626
8.5.1 Constructiefase 627
8.5.2 Operationele fase 629
8.5.3 Ontmantelingsfase 631
8.5.4 Bekabeling 631
8.5.5 Cumulatieve effecten 633
8.5.6 Grensoverschrijdende effecten 637
9. REFERENTIES 639

Bijlagen

BIJLAGE A MILIEUVERGUNNINGSAANVRAAG 663
A.1 MILIEUVERGUNNINGSPROCEDURE (VIGIN & DI MARCANTONIO, 2003) 664
A.2 AANVRAAGDOSSIER OVERDRACHT DOMEINCONCESSIE THV RENTEL NAAR RENTEL NV 665
BIJLAGE B COÖRDINATEN AANGEVRAAGDE DOMEINCONCESSIE 667
BIJLAGE C SITUERING EN LAY-OUT CONCESSIEZONE RENTEL 669
C.1 SITUATIEPLAN CONCESSIEZONE RENTEL 670
C.2 INPLANTINGSCONFIGURATIE 1: 78 X 6 MW TURBINES 671
C.3 INPLANTINGSCONFIGURATIE 2: 60 X 7 MW TURBINES 672
C.4 INPLANTINGSCONFIGURATIE 3: 55 X 10 MW TURBINES 673
BIJLAGE D ALTERNATIEVEN EXPORTKABELTRAJECT 675
D.1 SITUERINGSPLAN ALTERNATIEVE KABELTRACÉS 676
D.2 HOOGSPANNINGSNET IN DE NOORDZEE ELIA 677
D.3 STEVIN PROJECT ELIA 678
BIJLAGE E BESCHERMDE MARIENE GEBIEDEN 679
BIJLAGE F BROCHURES TYPEVOORBEELDEN WINDTURBINES 681
BIJLAGE G ZEEZICHT EN CULTUREEL ERFGOED: UITTREKSEL UIT FOTOSIMULATIES DOOR GRONTMIJ (2010) (IN: ARCADIS, 2011) 683

Lijst van tabellen

TABEL 0-1 GEHANTEERDE DEFINITIES VOOR DE BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN. 13

TABLE 1-1 DEFINITIONS USED FOR DESCRIBING AND ASSESSING THE DIFFERENT ENVIRONMENTAL IMPACTS. 63

TABLEAU 0-1 DÉFINITIONS UTILISÉES POUR LA DESCRIPTION ET L'ÉVALUATION DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES 110

TABEL 1-1: MER-DESKUNDIGEN 157

TABEL 2-1 VOORZIENE BIJDRAGES HERNIEUWBARE ENERGIE TOT 2020 (CONCERE-ENOVER, 2010) 164

TABEL 2-2 POTENTIËLE UITBREIDINGEN VAN HET INITIËLE CONCESSIEGEBIED 171

TABEL 2-3 OVERZICHT VAN GEÏNSTALLEERD VERMOGEN, UITGEWERKT VOOR HET TYPEVOORBEELD BIJ ELKE OMHULLENDE CONFIGURATIE 173

TABEL 2-4 BESPROKEN FUNDERINGSTYPES PER CONFIGURATIE 173

TABEL 2-5 WEERHOUDEN COMBINATIES VAN CONFIGURATIE EN TYPE FUNDERING 174

TABEL 2-6 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOORBEREIDING BOUWLOCATIE PER CONFIGURATIE. 208

TABEL 2-7 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN FUNDERINGEN PER CONFIGURATIE 209

TABEL 2-8 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN TRANSITIESTUKKEN PER CONFIGURATIE 210

TABEL 2-9 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN EROSIEBESCHERMING PER CONFIGURATIE 211

TABEL 2-10 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN WINDTURBINES, DE OFFSHORE HOOGSPANNINGSSTATIONS EN DE METEOMAST PER CONFIGURATIE 212

TABEL 2-11 OVERZICHT VAN BESCHIKBARE WINDTURBINES 218

TABEL 2-12 PROTOTYPES WINDTURBINES IN ONTWIKKELING 219

TABEL 4-1 WEERHOUDEN COMBINATIES VAN PARKCONFIGURATIE EN TYPE FUNDERING (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 261

TABEL 4-2 DIAMETER BENODIGDE EROSIEBESCHERMING 272

TABEL 5-1 GEHANTEERDE DEFINITIES VOOR DE BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN. 274

TABEL 5-2 GEBAGGERD VOLUME SEDIMENT EN VERSTOORDE BODEMOPPERVLAKTE BIJ ELKE TYPE FUNDERING TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE 302

TABEL 5-3 HET TOTALE GRONDVERZET EN DE VERSTOORDE OPPERVLAKTES VOOR DE BASISCONFIGURATIE EN DE OMHULLENDE CONFIGURATIES TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE 303

TABEL 5-4 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP BODEM (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). 313

TABEL 5-5 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP WATER (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). 319

TABEL 5-6 WINDGEGEVENS MEETSTATIONS 'WANDELAAR' EN 'WESTHINDER' 325

TABEL 7-7 WINDSNELHEID OP OPEN ZEE (>10 KM VAN DE KUST) VOOR 5 STANDAARD HOOGTES (SÖKER ET AL., 2000) 326

TABEL 5-8 GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98-PERCENTIELWAARDE VOOR SO_2 IN DE NABIJHEID VAN DE KUST IN ZEEBRUGGE (2008) EN HOUTEM (2010) (UURWAARDEN IN µG/M³) (VMM, 2009, 2011) 327

TABEL 5-9 GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98- PERCENTIELWAARDE VOOR NO EN NO_2 IN DE NABIJHEID VAN DE KUST IN 2010 (UURWAARDEN IN µG/M³) (VMM, 2011) 327

TABEL 5-10 GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98-PERCENTIELWAARDE VOOR O_3 IN DE NABIJHEID VAN DE KUST IN 2010 (UURWAARDEN IN µG/M³) (VMM, 2011) 328

TABEL 5-11: GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98-PERCENTIELWAARDE VOOR STOF IN DE OMGEVING VAN DE KUST (DAGWAARDEN IN MG/M³) (VMM, 2011) 328

TABEL 5-12 EMISSIEFACTOREN UITGEDRUKT IN G/KWH VOOR VAREN OP OPEN ZEE (UIT ENTEC, 2002) EN BIJKOMENDE EMISSIE DOOR OMVAREN 332

TABEL 5-13 RAMING TRANSPORTBEWEGINGEN TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE 336

TABEL 5-14 EMISSIEFACTOREN VOOR ELEKTRICITEITSPRODUCTIE IN BELGIË (VMM, 2008) 337

TABEL 5-15 VERMEDEN EMISSIES (TON/JAAR) ALS GEVOLG VAN DE WERKING VAN HET WINDMOLENPARK 337

TABEL 5-16 ENERGIECONSUMPTIE V90-3,0 MW WINDTURBINE (VESTAS, 2005) 338

TABEL 5-17 ATMOSFERISCHE EMISSIES PER GEPRODUCEERDE KWH (VESTAS, 2005) 338

TABEL 5-18 GEPRODUCEERDE EN VERMEDEN EMISSIES ALS GEVOLG VAN DE WERKING VAN HET WINDMOLENPARK 339

TABEL 5-19 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET KLIMAAT EN DE ATMOSFEER VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 340

TABEL 7-20 VERWACHT MAXIMAAL GELUIDSNIVEAU BOVEN WATER IN FUNCTIE VAN DE AFSTAND TOT DE BRON BIJ GEBRUIK VAN EEN HYDRAULISCHE HEIMACHINE ZONDER MANTEL (L_{MAX} = 106 DB(A) OP 15 M). 349

TABEL 5-21 GELUIDSSPECTRUM EN GELUIDSVERMOGENNIVEAU BOVEN WATER VAN EEN ONTGINNINGSVAARTUIG. 350

TABEL 5-22 EQUIVALENT GELUIDSDRUKNIVEAU TIJDENS HET BAGGEREN 351

TABEL 5-23 INDICATIEVE PAALDIAMETERS VOOR MONOPILE AND JACKETFUNDERINGEN VOOR WINDMOLENPARK RENTEL 355

TABEL 5-24 BEREKEND GELUIDSNIVEAU OP VERSCHILLENDE AFSTANDEN MET ATTENUATIEFORMULE VOOR VERSCHILLENDE LOCATIES VOLGENS NEDWELL ET AL. (2007) EN NORRO ET AL. (2010) (IN ARCADIS, 2011) 356

TABEL 7-25 VERWACHT SPECIFIEK GELUID VOOR EEN SLEEPHOPPERZUIGER (GERARDUS MERCATOR) IN FUNCTIE VAN DE AFSTAND TOT DE BRON 359

TABEL 5-26 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS CONSTRUCTIEFASE WINDMOLENPARK RENTEL 360

TABEL 5-27 OVERZICHT VAN DE UITGEWERKTE CONFIGURATIES 361

TABEL 5-28 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ DE BASISCONFIGURATIE 361

TABEL 5-29 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ CONFIGURATIE 1 362

TABEL 5-30 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ DE CONFIGURATIE 2 362

TABEL 5-31 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ DE CONFIGURATIE 3 362
TABEL 5-32 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ HET SCENARIO VAN 7 MW TURBINES IN DE INITIËLE DOMEINCONCESSIE 363
TABEL 5-33 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ HET SCENARIO VAN 10 MW TURBINES IN DE INITIËLE DOMEINCONCESSIE 363
TABEL 5-34 GEGEVENS VOOR BEREKENING VAN HET GELUIDSDRUKNIVEAU BIJ HET SCENARIO VAN 78 X 4 MW TURBINES (ONDERGRENS CONFIGURATIE 1) 363
TABEL 5-35 GELUIDSVERMOGEN IN DB(A). FREQUENTIESPECTRUM PER 1/1E OCTAAFBANDEN. 364
TABEL 5-36 GELUIDSVERMOGEN (IN DB(A)) VAN EEN 125 MVA TRANSFORMATOR (MER NORTHWIND, ARCADIS 2008). FREQUENTIESPECTRUM PER 1/1E OCTAAFBANDEN. 365
TABEL 5-37 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER DE BASISCONFIGURATIE VAN 47 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW 367
TABEL 5-38 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 78 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW 368
TABEL 5-39 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 60 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 7 MW 369
TABEL 5-40 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 55 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 10 MW 370
TABEL 5-41 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 45 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 7 MW – (GELUIDSBEREKENING MET HET REKENPROGRAMMA GEOMILIEU) 371
TABEL 5-42 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 36 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 10 MW – (GELUIDSBEREKENING MET HET REKENPROGRAMMA GEOMILIEU) 372
TABEL 5-43 BEREKEND SPECIFIEK GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 78 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 4 MW – (GELUIDSBEREKENING MET HET REKENPROGRAMMA GEOMILIEU) 373
TABEL 5-44 VERGELIJKING VAN HET GELUIDSNIVEAU VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL TER HOOGTE VAN DE WONINGEN MET DE REFERENTIESITUATIES (BEREKENING MET GEOMILIEU) 375
TABEL 7-45 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS OPERATIONELE FASE WINDMOLENPARK RENTEL 378
TABEL 7-46 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS ONTMANTELINGSFASE WINDMOLENPARK RENTEL 379
TABEL 5-47 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS BEKABELING WINDMOLENPARK RENTEL 380
TABEL 5-48 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP GELUID VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). 381
TABEL 5-49 OVERZICHT VAN DE STAALNAMELOCATIES IN DE LENTE EN HERFST VAN 2005 EN 2008-2010 (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2011) 388
TABEL 5-50 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE DENSITEIT VAN HET EPIBENTHOS PER TAXONOMISCHE GROEP OP DE THORNTONBANK (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) 401
TABEL 5-51 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE DENSITEIT VAN DE DEMERSALE VISFAUNA PER TAXONOMISCHE GROEP OP DE THORNTONBANK (VANDENDRIESSCHE ET AL.,2009) 406

TABEL 5-52 VERGELIJKING VAN DE SEIZOENALE VERDELING (AANTAL VOGELS/KM²) VAN ZEEVOGELS IN DE IMPACTZONE VAN HET WINDMOLENPARK VAN C-POWER OP DE THORNTONBANK (TB) T.O.V. HET GANSE BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (BDNZ) IN DE WINTER, LENTE, ZOMER EN HERFST. *: BIJLAGE I SOORTEN VAN DE VOGELRICHTLIJN (VANERMEN & STIENEN, 2009) 410

TABEL 5-53 BIOTOOPVERSTORING BIJ DE CONSTRUCTIE VAN HET RENTEL WINDMOLENPARK (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITY BASED FUNDERING, OHVS: OFFSHORE HOOGSPANNINGSSTATION) 428

TABEL 5-54 BIOMASSABEREKENINGEN VAN MACRO- EN EPIBENTHOS OP DE THORNTONBANK. (DE MAERSSCHALK ET AL., 2006) 429

TABEL 5-55 BIOMASSAVERLIES VOOR HET RENTEL WINDMOLENPARK (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITY BASED FUNDERING, OHVS: OFFSHORE HOOGSPANNINGSSTATION) ... 430

TABEL 5-56 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET BENTHOS (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 438

TABEL 5-57 RANGES (90 dB_{HT}) WAARBIJ BEPAALDE ORGANISMEN VERMIJDINGSGEDRAG VERTONEN TENGEVOLGE VAN HEIACTIVITEITEN (NEDWELL ET AL., 2003) 442

TABEL 5-58 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP VISSEN (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING, SB: SUCTION BUCKET). SUCTION BUCKET IS ALTERNATIEVE TECHNIEK OP HET HEIEN VAN PALEN BIJ MONOPILES EN JACKET FUNDERINGEN 452

TABEL 5-59 PROCENTUEEL AANTAL ZEEVOGELS DAT OP ROTORHOOGTE VLIEGT TEN OPZICHTE VAN HET TOTAAL AANTAL GETELDE VOGELS IN DE PERIODE 2005-2008. *: BIJLAGE I SOORT VAN DE VOGELRICHTLIJN (VANERMEN & STIENEN, 2009) 455

TABEL 7-60 VERWACHT AANTAL AANVARINGSSLACHTOFFERS IN HET TOEKOMSTIG WINDMOLENPARK OP DE THORNTONBANK (C-POWER) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 458

TABEL 5-61 OVERZICHT VAN DE ROTORDRAAIHOOGTES VAN DE VERSCHILLENDE CONFIGURATIES 458

TABEL 5-62 VOORLOPIGE EFFECTEN OP ZEEVOGELS DOOR DE AANWEZIGHEID VAN WINDMOLENPARKEN OP DE THORNTONBANK EN DE BLIGH BANK (VANERMEN ET AL., 2011) 462

TABEL 5-63 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP VOGELS (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 466

TABEL 5-64 OVERZICHT VAN DE ALGEMENE KENMERKEN VAN HET GELUID TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE 468

TABEL 5-65 INVLOEDSZONES VOOR BRUINVISSEN, BEPAALD AAN DE HAND VAN DE GESCHATTE DREMPELWAARDEN EN UITGEVOERDE GELUIDSMETINGEN BIJ DIVERSE HEIWERKZAAMHEDEN 470

TABEL 5-66 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP ZEEZOOGDIEREN (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING, SB: SUCTION BUCKET). SUCTION BUCKET IS EEN ALTERNATIEVE TECHNIEK OP HET HEIEN VAN PALEN BIJ MONOPILES EN JACKET FUNDERINGEN 479

TABEL 7-67 OPPERVLAKTE HARD SUBSTRAAT (HS) PER FUNDERINGSTYPE 480

TABEL 5-68 BESCHIKBAAR HARD SUBSTRAAT VOOR KOLONISATIE 481

TABEL 5-69 OVERZICHT VAN DE BEMONSTERDE INTERTIDALE SOORTEN IN HET C-POWER EN BELWIND PROJECTGEBIED VOLGENS DE SACFOR SCHAAL. S: SUPERABUNDANT, A: ABUNDANT, C: ALGEMEEN, F: FREQUENT, O: OCCASIONEEL, R: ZELDZAAM. NIET-INHEEMSE SOORTEN ZIJN VET GEDRUKT (KERCKHOF ET AL., 2011) 483

TABEL 5-70 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP DE FAUNA VAN HARDE SUBSTRATEN (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 487

TABEL 5-71 BELANG VAN DE DRIE BELGISCHE VOGELRICHTLIJNGEBIEDEN OP ZEE EN HET OVERIGE DEEL VAN HET BDNZ VOOR DE VOGELSOORTEN DIE IN AANMERKING KOMEN VOOR HET OPSTELLEN VAN INSTANDHOUDINGSDOELSTELLINGEN (DEGRAER ET AL., 2010B) 496

TABEL 5-72 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET ZEEZICHT (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 511

TABEL 5-73 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET CULTUREEL ERFGOED (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 515

TABEL 5-74 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP DE MENS (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 535

TABEL 5-75 SCENARIO'S EN FAALKANSEN VOOR RISICOANALYSES (SENTEROVEM, 2005 IN SGS, 2007) 537

TABEL 7-76 MAXIMALE WERPAFSTAND (IN M) VAN AFBREKENDE BLADEN BIJ DRIEBLADIGE WINDTURBINES TIJDENS EEN OVERTOEREN- SITUATIE (KUSTLOCATIE) 537

TABEL 5-77 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP DE VEILIGHEIDSASPECTEN VAN DE INSTALLATIES VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) 539

TABEL 6-1 OVERZICHT CUMULATIEVE STOCKAGEVOLUMES EN STOCKAGE-OPPERVLAKTES 546

TABEL 6-2 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP WATER 548

TABEL 8-3 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP WATER 549

TABEL 6-4 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP KLIMAAT EN ATMOSFEER 550

TABEL 8-5 VERMEDEN EMISSIES VAN DE VIJF WINDMOLENPARKEN. AANGEZIEN DE UITEINDELIJKE NETTOPRODUCTIE NOG NIET IS GEKEND VOOR ELK PARK, ZIJN DE MINIMALE EN MAXIMALE WAARDEN WEERGEGEVEN 551

TABEL 6-6 EMISSIEFACTOREN UITGEDRUKT IN G/KWH VOOR VAREN OP OPEN ZEE (UIT ENTEC, 2002) EN BIJKOMENDE EMISSIE DOOR OMVAREN 551

TABEL 6-7 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN VAN GELUID EN TRILLINGEN 552

TABEL 8-8 GEBRUIKTE GEGEVENS VOOR DE BEREKENING VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP HET GELUID BOVEN WATER 552

TABEL 6-9 GELUIDSVERMOGEN IN DB(A). FREQUENTIESPECTRUM PER 1/1E OCTAAFBANDEN 553

TABEL 6-10 BEREKEND SPECIFIEK GELUID BOVEN WATER VAN DE 5 WINDMOLENPARKEN ONDER HET WORST CASE SCENARIO MET 10 MW TURBINES VOOR RENTEL (#: 55), 3 MW TURBINES VOOR BELWIND (#: 110), 3 MW TURBINES VOOR NORTHWIND (#: 72), 6 MW TURBINES VOOR C-POWER (#: 54), 6 MW TURBINES VOOR NORTHER (#: 74) 555

TABEL 6-11 VERGELIJKING VAN HET GELUIDSNIVEAU VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL TER HOOGTE VAN DE WONINGEN MET DE REFERENTIESITUATIES 556

TABEL 6-12 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP HET BENTHOS 557

TABEL 6-13 BIOTOOPVERSTORING PER WINDMOLENPARK. 558

TABEL 6-14 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE VISSEN 560

TABEL 6-15 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE VOGELS 561

TABEL 6-16 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE ZEEZOOGDIEREN 564

TABEL 6-17 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE FAUNA VAN HARDE SUBSTRATEN 567

TABEL 8-18 CUMULATIEVE BIJDRAGE INTRODUCTIE HARD SUBSTRAAT 568
TABEL 6-19 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP ZEEZICHT EN CULTUREEL ERFGOED 569
TABEL 6-20 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP MENSELIJKE ACTIVITEITEN 570
TABEL 6-21 AANTAL VERONTREINIGINGEN TIJDENS BEPAALDE OPERATIES EN MOGELIJKE OORZAKEN VAN VERONTREINIGING DOOR TANKERS (1970-2011) (ITOPF, 2012) 577
TABEL 6-22 VERWACHTE AANTAL AANVARINGEN/AANDRIJVINGEN VOOR ALLE WINDMOLENPARKEN ONDER SCENARIO 2B (MET EXTRA DRIEHOEK NORTHER CONCESSIE) 581
TABEL 6-23 RELATIEF AANTAL AANVARINGEN/AANDRIJVINGEN VOOR ALLE WINDMOLENPARKEN ONDER SCENARIO 2B (MET EXTRA DRIEHOEK NORTHER CONCESSIE) 581
TABEL 6-24 SCORETABEL VOOR DE EFFECTEN VAN WINDMOLENPARK NORTHER ONDER SCENARIO 2B VOOR DE SCHEEPVAART OP HET BDNZ (MARIN, 2011B) 583
TABEL 6-25 KANS (AANTAL PER JAAR) OP EEN BEPAALDE SOORT SCHADE VEROORZAAKT DOOR DE VERSCHILLENDE SCHEEPSTYPEN VOOR SCENARIO 2B (MARIN, 2011B) 584
TABEL 6-26 SCHADE AAN HET TOTALE WINDMOLENPARK BINNEN SCENARIO 2B (MARIN, 2011B) 585
TABEL 6-27 VERDELING AANVAAR- EN AANDRIJFKANSEN OVER DE SCHEEPSTYPE EN ENERGIEKLASSEN VOOR ALLE WINDTURBINES (MARIN, 2011B) 585
TABEL 6-28 UITSTROOM VAN BUNKEROLIE EN LADINGOLIE ALS GEVOLG VAN EEN AANDRIJVING VAN EEN WINDTURBINE VAN HET NORTHER WINDMOLENPARK ONDER SCENARIO 2B (MARIN, 2011B) 587
TABEL 6-29 FREQUENTIE VAN UITSTROOM VAN CHEMICALIËN ALS GEVOLG VAN EEN AANDRIJVING VAN EEN WINDTURBINE (SCHEEPVAARTVERKEER 2008) (MARIN, 2011B) 587
TABEL 6-30 SCHATTING VAN DE EERSTE STRANDINGSTIJDEN EN LOCATIES VOOR VERSCHILLENDE WEERSCONDITIES BIJ LOZING IN HET CENTRUM VAN DE NORTHER ZONE (BMM, 2011B) (COMBINATIE VAN RESULTATEN LOZING BIJ HOOGWATER, LAAGWATER, VLOED EN EB) 589
TABEL 6-31 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP SCHEEPVAART BIJ HET CUMULATIEVE SCENARIO 2B (BELWIND, SEASTAR, NORTHWIND, RENTEL, C-POWER, NORTHER) T.O.V. EEN BASISSCENARIO (BELWIND, NORTHWIND, C-POWER) 594
TABEL 6-32 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP SCHEEPVAART 595
TABEL 9-1 WEERHOUDEN COMBINATIES VAN CONFIGURATIE EN TYPE FUNDERING 620
TABEL 9-2 GEHANTEERDE DEFINITIES VOOR DE BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN 621
TABEL 9-3 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE 622
TABEL 9-4 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES TIJDENS DE OPERATIONELE FASE 623
TABEL 9-5 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES TIJDENS DE ONTMANTELINGSFASE 624
TABEL 9-6 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES VOOR DE BEKABELING 625
TABEL 9-7 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES 626

Lijst van figuren

FIGUUR 2-1 STRUCTUUR VAN RENTEL NV 159
FIGUUR 2-2 ENERGIEVERDELING VAN DE BELGISCHE RES ELEKTRICITEITSPRODUCTIE IN 2020 (REPAP-STUDY 2010) 163
FIGUUR 2-3 LIGGING RENTEL CONCESSIEZONE T.O.V. ANDERE GEBRUIKERS VAN HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE 168
FIGUUR 2-4 SITUERING RENTEL PROJECTGEBIED T.O.V. OMLIGGENDE CONCESSIEZONES, KABELS EN PIJPLEIDINGEN. GEEL: DE BEKOMEN DOMEINCONCESSIE; BLAUW GEBIED: AANGEVRAAGDE UITBREIDING 169
FIGUUR 2-5 POTENTIËLE UITBREIDINGEN VAN HET INITIËLE CONCESSIEGEBIED, KLEURENCODE UITGELEGD IN TABEL 2-2 171
FIGUUR 2-6 MONTAGE EN LADEN VAN TURBINE ONDERDELEN MET MOBIELE KRANEN AAN WAL (BRON: DEME) 182
FIGUUR 2-7 ILLUSTRATIE VAN EEN INSTALLATIEVAARTUIG (RAMBIZ) (BRON: DEME) 182
FIGUUR 2-8 ILLUSTRATIES VAN JACK-UP PONTONS (GOLIATH EN VAGANT) (BRON: DEME) 183
FIGUUR 2-9 ILLUSTRATIE TRANSPORTPONTON VOORTGETROKKEN DOOR EEN SLEEPBOOT (BRON: DEME) 184
FIGUUR 2-10 ILLUSTRATIE VAN EEN SLEEPHOPPERZUIGER (BRON: DEME) 185
FIGUUR 2-11 ILLUSTRATIE VAN EEN STEENSTORTSCHIP, TYPE ZIJSTORTEN (BRON: DEME) 185
FIGUUR 2-12 ILLUSTRATIE VAN EEN STEENSTORTSCHIP 'ROLLINGSTONE', TYPE VALPIJPSTORTEN (BRON: DEME) 186
FIGUUR 2-13 ILLUSTRATIES VAN KABELLEGGERS (BRON: DEME) 187
FIGUUR 2-14 ILLUSTRATIE VAN EEN NIET-GRONDVERPLAATSENDE KABELPLOEG SEA STALLION IV (BRON: VSMC) 188
FIGUUR 2-15 ILLUSTRATIE VAN HET DOORTREKKEN VAN DE EXPORTKABEL ONDER DE DUINEN (BRON: IMDC I.O.V. C-POWER, APRIL 2012) 188
FIGUUR 2-16 ILLUSTRATIE VAN TRANSITIESTUK MET CONCENTRISCHE CONNECTIE MET SHEAR KEYS 190
FIGUUR 2-17 ILLUSTRATIE VAN TRANSITIESTUK MET CONISCHE VORM VAN ZOWEL MONOPILE ALS TRANSITIESTUK ZONDER SHEAR KEYS (BRON: DNV, 2011) 190
FIGUUR 2-18 ILLUSTRATIE VAN JACKET CONSTRUCTIES OP LAND EN RECHTS: DE INSTALLATIE DOOR MIDDEL VAN PRE-PILING OP ZEE: PLAATSING MAL, INHEIEN PALEN IN MAL, VERWIJDEREN MAL, PLAATSING JACKET OP DE PALEN 193
FIGUUR 2-19 ILLUSTRATIE VAN HET AANBRENGEN VAN DE BACKFILL EN EROSIEBESCHERMING BIJ EEN GRAVITAIRE FUNDERING (BRON: DEME, 2008) 196
FIGUUR 2-20 TRANSPORT VAN EEN SUCTION BUCKET VIA HET WATER (BRON: LE BLANC BAKMAR 2009) 198
FIGUUR 2-21 ILLUSTRATIES BIJ HET SUCTION BUCKET PRINCIPE (BRON: LE BLANC BAKMAR 2009) ... 199
FIGUUR 2-22 ILLUSTRATIES BIJ HET SUCTION BUCKET PRINCIPE: POMPINSTALLATIE (BRON: LE BLANC BAKMAR 2009) 199
FIGUUR 2-23 ILLUSTRATIES VAN DE INSTALLATIE VAN WTG EN ROTOR (BRON: DEME, C-POWER FASE 2) 202
FIGUUR 2-24 ILLUSTRATIE VAN DE INSTALLATIE VAN EEN OHVS 203
FIGUUR 2-25 ILLUSTRATIE MONOPILE FUNDERING (BRON: TECHNUM-IMDC) 229

FIGUUR 2-26 ILLUSTRATIE JACKET FUNDERING (BRON: TECHNUM-IMDC) 231

FIGUUR 2-27 ILLUSTRATIE GRAVITAIRE FUNDERING (BRON: TECHNUM-IMDC) 232

FIGUUR 2-28 VOORBEELD VAN EEN SUCTION BUCKET FUNDERING (BRON: LE BLANC BAKMAR, 2009) 233

FIGUUR 2-29 HET PRINCIPE VAN DE 'SUCTION BUCKET' FUNDERING (BRON: HTTP://WWW.LORC.DK/KNOWLEDGE/WIND/SUPPORT-STRUCTURES/THE-SUCTION-BUCKET-MONOTOWER) 234

FIGUUR 2-30 ILLUSTRATIE STATISCHE EROSIEBESCHERMING (IMDC, 2010C) 236

FIGUUR 2-31 ILLUSTRATIE DYNAMISCHE EROSIEBESCHERMING (BIJ DEZE ILLUSTRATIE ZONDER FILTERLAAG) (HANSEN AND GISLASON, 2002 IN: TECHNUM-IMDC, 2009). 236

FIGUUR 2-32 VOORBEELDEN VAN EEN XLPE ONDERWATER KABELSYSTEEM (BRON: ABB USER'S GUIDE) 240

FIGUUR 4-1 ALTERNATIEVE EXPORTKABELTRACÉS 265

FIGUUR 4-2 ALTERNATIEVEN WINDTURBINES MER 268

FIGUUR 5-1 DE BATHYMETRIE VAN HET BDNZ (IN METER ONDER GLLWS) (DATA VAN AWZ-WWK ZEEBRUGGE, AANGEVULD MET DATA VAN DE NEDERLANDSE EN ENGELSE HYDROGRAFISCHE DIENSTEN, COMPILATIE DOOR VAN LANCKER ET AL., 2007). HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE IS RIJK AAN ZANDBANKEN. DEZE WORDEN INGEDEELD IN VIER GROEPEN: 1) DE KUSTBANKEN; 2) DE VLAAMSE BANKEN; 3) DE ZEELANDBANKEN; EN 4) DE HINDERBANKEN 276

FIGUUR 5-2 KORRELGROOTTEVERDELING OP HET BDNZ (NAAR VERFAILLIE ET AL., 2006) 277

FIGUUR 5-3 DE TERTIAIRE AFZETTINGEN DIE VOORKOMEN ONDER DE NIET-GECONSOLIDEERDE QUARTAIRE AFZETTINGEN (NAAR LE BOT ET AL., 2003) 278

FIGUUR 5-4 DIKTEKAART VAN DE QUARTAIRE AFZETTINGEN, MET DE AANDUIDING VAN DE MORFOLOGISCHE STRUCTUREN IN HET TOP-TERTIAIR (FIJNE ZWARTE LIJN) (NAAR MATHYS 2009) 279

FIGUUR 5-5 SITUERING VAN VIER SEISMISCHE PROFIELEN IN HET RENTEL PROJECTGEBIED 281

FIGUUR 5-6 SEISMISCH PROFIEL L2, DIEPTE IN MS TWT (VERTICALE ONDERVERDELING 10 MS = CA. 8 M, HORIZONTALE ONDERVERDELING 1.000 M), GROENE LIJN = BASIS QUARTAIR 282

FIGUUR 5-7 INTERPRETATIE VAN SEISMISCH PROFIEL L2, DIEPTE IN M TAW (VERTICALE ONDERVERDELING 10 M, HORIZONTALE ONDERVERDELING 1.000 M) (G-TEC, 2012) 282

FIGUUR 5-8 SEISMISCH PROFIEL L5, DIEPTE IN MS TWT (VERTICALE ONDERVERDELING 10 MS = CA. 8 M, HORIZONTALE ONDERVERDELING 1.000 M), GROENE LIJN = BASIS QUARTAIR 282

FIGUUR 5-9 SEISMISCH PROFIEL C3, DIEPTE IN MS TWT (VERTICALE ONDERVERDELING 10 MS = CA. 8 M, HORIZONTALE ONDERVERDELING 1.000 M), GROENE LIJN = BASIS QUARTAIR 283

FIGUUR 5-10 SEISMISCH PROFIEL C10, DIEPTE IN MS TWT (VERTICALE ONDERVERDELING 10 MS = CA. 8 M, HORIZONTALE ONDERVERDELING 1.000 M), GROENE LIJN = BASIS QUARTAIR 283

FIGUUR 5-11 SCHEMATISCHE VISUALISATIE VAN DE RICHTINGEN VAN DE MAXIMALE GETIJSTROOMSNELHEID (ZWARTE PIJLEN) EN HET TOTALE SEDIMENTTRANSPORT (RODE PIJLEN) (UIT MATHYS 2009, DATA UIT LANCKNEUS ET AL. 2001) 284

FIGUUR 5-12 BATHYMETRISCHE KAART VAN HET RENTEL CONCESSIEGEBIED OP BASIS VAN MULTIBEAM DATA (DIEPTE IN M TAW) (G-TEC, 2012) 286

FIGUUR 5-13 LOCALISATIE VAN EEN AANTAL VERTICALE PROFIELEN DOORHEEN HET PROJECTGEBIED RENTEL. 287

FIGUUR 5-14 VERTICAAL PROFIEL P1: 2,772 KM LANG, ONDIEPTSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -24,66 M TAW, DIEPSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -32,13 M TAW, STEILSTE HELLING: 12°, GEMIDDELDE HELLING: 2,16° 287

FIGUUR 5-15 VERTICAAL PROFIEL P2: 3,478 KM LANG, ONDIEPTSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -26,986 M TAW, DIEPSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -34,237 M TAW, STEILSTE HELLING: 12° 287

FIGUUR 5-16 VERTICAAL PROFIEL P3: 1,634 KM LANG, ONDIEPTSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -27,25 M TAW, DIEPSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -35,34 M TAW, STEILSTE HELLING: 14°, GEMIDDELDE HELLING: 1,63° 287

FIGUUR 5-17 VERTICAAL PROFIEL P5 288

FIGUUR 5-18 VERTICAAL PROFIEL P6: 2,666 KM LANG, ONDIEPTSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -26,93 M TAW, DIEPSTE PUNT LANGSHEEN HET PROFIEL: -33,10 M TAW, STEILSTE HELLING: 9,19° 288

FIGUUR 5-19 VOORKOMEN VAN ZANDDUINEN IN CONCESSIEGEBIED RENTEL (NAAR VAN LANCKER ET AL, 2007) 289

FIGUUR 5-20 KORRELGROOTTEVERDELING EN VOORKOMEN VAN GRIND OP HET BDNZ, INGEZOOMD OP HET GEBIED ROND DE RENTEL CONCESSIEZONE (BLAUW FRAME = OMTREK MODELLERGRID, IMDC 2012B ALS EXTERNE BIJLAGE) (NAAR VERFAILLIE ET AL., 2006 EN VAN LANCKER ET AL., 2007) 290

FIGUUR 5-21 MAXIMALE STROOMSNELHEDEN (M/S) OVER HET BDNZ. GEGEVENS UIT HET BMM MU-BCZ MODEL (UIT: LANCKNEUS ET AL., 2001). DE GEKLEURDE VECTOREN GROEPEREN DE STROOMRICHTINGEN PER KWADRANT 292

FIGUUR 5-22 GEMIDDELDE STROOMSNELHEDEN OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN WINTERCONDITIES (RECHTS) 293

FIGUUR 5-23 MAXIMALE STROOMSNELHEDEN OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN WINTERCONDITIES (RECHTS) 293

FIGUUR 5-24 GEMIDDELDE STROOMSNELHEIDSELLIPSEN TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN TIJDENS WINTERCONDITIES (RECHTS) (OVER DOODTIJ-SPRINGTIJCYLCUS), BATHYMETRIE ALS ACHTERGROND 294

FIGUUR 5-25 RESIDUEEL WATERTRANSPORT TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN TIJDENS WINTERCONDITIES (RECHTS) (OVER DOODTIJ-SPRINGTIJCYLCUS) 294

FIGUUR 5-26 SEDIMENT TRANSPORT VECTOREN VERKREGEN UIT EEN 2D TRANSPORT MODEL (TOTALE BODEMTRANSPORT) (UIT LANCKNEUS ET AL., 2001). DE GEKLEURDE VECTOREN GROEPEREN DE TRANSPORTRICHTING PER KWADRANT) 296

FIGUUR 5-27 RESIDUEEL SEDIMENTTRANSPORT OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS VOOR ZOMERCONDITIES (BOVEN) EN WINTERCONDITIES (ONDER) 297

FIGUUR 5-28 EROSIE-SEDIMENTATIEPATRONEN OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS VOOR ZOMERCONDITIES (BOVEN) EN WINTERCONDITIES (ONDER) 298

FIGUUR 5-29 GEMIDDELDE TEMPERATUUR IN UKKEL VOOR DE PERIODE 1981-2010 (KMI, 2012) 323

FIGUUR 5-30 GEMIDDELDE NEERSLAG IN UKKEL VOOR DE PERIODE 1981-2010 (KMI, 2012) 324

FIGUUR 5-31 WIND ENERGIE ROOS (COMBINATIE FREQUENTIE EN WINDSNELHEID) TER HOOGTE VAN DE WESTHINDER-MEETPAAL (BRON: 3E, 2011) 325

FIGUUR 5-32 FREQUENTIEDISTRIBUTIE VAN DE WINDSNELHEID VOOR MOW 7 WESTHINDER (3E, 2001) 326

FIGUUR 5-33 TOTALE CO-, NO_x-, SO_2- EN TSP-EMISSIES (TOTAAL ZWEVEND STOF IN TON) PER SCHEEPSTYPE DOOR DE ZEESCHEEPVAART IN VLAANDEREN (2008) (VMM, 2010) 329

FIGUUR 5-34 NO_x UITSTOOT VAN INTERNATIONAAL SCHEEPVAARTVERKEER IN KT NO_x PER JAAR IN 1990-2007, GEBASEERD OP EMEP EMISSIE DATA (BRON: OSPAR 2010) 329

FIGUUR 5-35 EXTRA AFSTAND DIE SCHEPEN MOETEN AFLEGGEN OM VAN PUNT A NAAR PUNT B TE GERAKEN (HUIDIGE SECUNDARIE VAARROUTE DOORHEEN HET RENTEL CONCESSIEGEBIED) DOOR HET AFSLUITEN VAN DE BELGISCHE WINDCONCESSIEZONE 331

FIGUUR 5-36 CONTOUREN VAN DE WINDSNELHEDEN (IN M/S) BIJ EEN GEMIDDELDE V_{IN}=10 M/S OP ROTORHOOGTE (WUßOW ET AL., 2007) 332

FIGUUR 5-37 CUMULATIEF EFFECT VAN VERSCHILLENDE WINDTURBINES OP ÉÉN RIJ ACHTER ELKAAR (MET EEN WINDRICHTING PARALLEL AAN DE WINDTURBINES) (SANDERHOFF, 1993) 333

FIGUUR 5-38 GEMIDDELD GELUIDSSPECTRUM ONDER WATER T.H.V. DE THORNTONBANK (NAJAAR 2005) – BLAUWE KURVE: HYDROFOON OP 2 M DIEPTE, GROENE KURVE: HYDROFOON OP 16,5 M DIEPTE (RCMG, 2006) 345

FIGUUR 5-39 VERSPREIDING VAN HET GELUID VRIJGEKOMEN BIJ HET HEIEN DOORHEEN DE WATERKOLOM (BRON: GERASCH, 2007: SCHALLEINTRAG WÄHREND DER BAUPHASE, BEISPIEL FINO2) 352

FIGUUR 5-40 GELUIDSVERLOOP BIJ ÉÉN HEISLAG 353

FIGUUR 5-41 GELUIDSSPECTRUM BIJ ÉÉN HEISLAG OP 770 M VAN DE STALEN MONOPILE (B10) VAN HET WINDMOLENPARK BELWIND. (NAAR NORRO ET AL., 2011) 354

FIGUUR 5-42 1/3^{E} OCTAAFBANDSPECTRA VOOR HET ONDERWATERGELUIDSNIVEAU VOOR SNIJKOPZUIGER AQUARIUS (LENGTE: 107 M – VERMOGEN: 12889 KW) EN SLEEPHOPPERZUIGER BEAVER MACKENZIE, IN DB (RE 1µ PA) (RICHARDSON ET AL., 1995) 357

FIGUUR 5-43 DE ATTENUATIE ALS FUNCTIE VAN DE FREQUENTIE: (A)= ZOETWATER (B)=ZEEWATER 358

FIGUUR 5-44 TRANSMISSIEVERLIES BEREKEND MET 3 VERSCHILLENDE FORMULES: VOLGENS THIELE (2002), VOLGENS EEN CILINDRISCHE UITBREIDING EN VOLGENS EEN SFERISCHE UITBREIDING 359

FIGUUR 5-45 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN DE RENTEL BASISCONFIGURATIE VAN 47 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW 367

FIGUUR 5-46 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 78 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW 368

FIGUUR 5-47 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 60 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 7 MW 369

FIGUUR 5-48 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 55 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 10 MW 370

FIGUUR 5-49 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 44 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 7MW – (GELUIDSBEREKENING MET HET REKENPROGRAMMA GEOMILIEU) 371

FIGUUR 5-50 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 36 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 10 MW – (GELUIDSBEREKENING MET HET REKENPROGRAMMA GEOMILIEU) 372

FIGUUR 5-51 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK RENTEL ONDER HET SCENARIO VAN 78 WTG'S MET ELK EEN ELECTRISCH VERMOGEN VAN 4MW – (GELUIDSBEREKENING MET HET REKENPROGRAMMA GEOMILIEU) 373

FIGUUR 5-52 OVERDRACHT VAN GELUID VAN EEN WINDTURBINE NAAR HET WATER 376

FIGUUR 5-53 VOORBEELD VAN HET 1/3E OCTAAFBAND SPECTRA VOOR HET ONDERWATERGELUID OP 100 M AFSTAND VAN WERKENDE WINDTURBINES, OPGEMETEN IN DE VIER WINDMOLENPARKEN VAN DE BALTISCHE ZEE (NYSTED: 2,3MW X 72 WTG'S – HORNS: 2MW X 80 WTG'S – UTGRUNDEN: 1,5MW X 7 WTG'S). DE PERCENTAGES IN DE LEGENDE REFEREREN NAAR DE VERHOUDING VAN HET GEPRODUCEERD ELECTRISCH VERMOGEN T.O.V. HET NOMINAAL VERMOGEN. (INSTITUT FÜR STATIK UND DYNAMIK, 2007) 377

FIGUUR 5-54 POSITIE VAN DE VISSLEPEN OP DE THORNTONBANK (WCZ = WESTELIJKE CONCESSIEGEBIED, ECZ = OOSTELIJKE CONCESSIEGEBIED), DE AANPALENDE GEULEN EN DE REFERENTIEGEBIEDEN (WTR: THORNTONBANK ; GRZ : GOOTE BANK) (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) 387

FIGUUR 5-55 MONITORINGSTRAJECTEN GEVOLGD IN DE PERIODE 2008-2010, MET DE LOCATIE VAN (TOEKOMSTIGE) WINDMOLENPARKEN VAN C-POWER (THORNTONBANK) EN BELWIND (BLIGH BANK) (VANERMEN ET AL., 2010) 389

FIGUUR 5-56 GRID VAN 2X2 KM VOOR DE BEPALING VAN DE ZEEVOGEL DENSITEIT IN DE IMPACT ZONE VAN HET WINDMOLENPARK OP DE THORNTONBANK (C-POWER) EN HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (VANERMEN & STIENEN, 2009) 390

FIGUUR 5-57 GEOGRAFISCHE VERDELING VAN DE VERSCHILLENDE BIOTOPEN IN HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (ROOD: MACOMA BALTHICA, BLAUW: ABRA ALBA, GROEN: NEPHTYS CIRROSA EN PAARS: OPHELIA LIMACINA BIOTOOP; WIT: ONVOORSPELD GEBIED, NIET GEANALYSEERD), MET AANDUIDING VAN DE 24 ONDERZOCHTE ZANDBANKEN (DEGRAER ET AL., 2009) 393

FIGUUR 5-58 HABITATGESCHIKTHEIDSKAARTEN VOOR DE VIER IN BELGISCHE WATEREN VOORKOMENDE MACROBENTHOS GEMEENSCHAPPEN, ZOALS VOORSPELD DOOR DEGRAER ET AL. (2008). A: MACOMA BALTHICA GEMEENSCHAP; B: ABRA ALBA GEMEENSCHAP; C: NEPHTYS CIRROSA GEMEENSCHAP; D: OPHELIA LIMACINA GEMEENSCHAP. LICHT GRIJS: 0% GESCHIKT → ZWART: MAXIMUM GESCHIKTHEID 394

FIGUUR 5-59 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR HET MACROBENTHOS (DEROUS ET AL., 2007) . 395

FIGUUR 5-60 KORRELGROOTTEVERDELING OP HET BDNZ (NAAR VERFAILLIE ET AL., 2006) 396

FIGUUR 5-61 HABITATGESCHIKTHEIDSKAART VOOR LANICE CONCHILEGA AGGREGATIES MET EEN DICHTHEID > 500 IND./M². HOOGSTWAARSCHIJNLIJK AFWEZIG: BLAUW (0); HOOGSTWAARSCHIJNLIJK AANWEZIG: ROOD (1) (DEGRAER ET AL., 2009) 398

FIGUUR 5-62 RUIMTELIJKE VERSPREIDING VAN DE GEMIDDELDE DENSITEIT (LINKS) EN SOORTENRIJKDOM (RECHTS) IN 2005 VOOR HET EPIBENTHOS (BLAUW: CONCESSIEGEBIEDEN, GROEN: RANDZONES, GEEL: REFERENTIEGEBIEDEN, ROOD: ANDERE GEBIEDEN). DE GROOTTE VAN DE BOLLEN VARIEERT TUSSEN 2 EN 1.600 IND/1.000M² VOOR DE DENSITEIT EN TUSSEN 8 EN 22 SOORTEN PER VISSLEEP VOOR DE SOORTENRIJKDOM (DE MAERSSCHALCK ET AL., 2006) 399

FIGUUR 5-63 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR HET EPIBENTHOS (DEROUS ET AL., 2007) 400

FIGUUR 5-64 DENSITEITEN VAN HET EPIBENTHOS PER TAXONOMISCHE GROEP VOOR ALLE STAALNAMELOCATIES OP DE THORNTONBANK, LENTE (BOVEN) EN HERFST (BENEDEN) 2005 & 2008 (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) 402

FIGUUR 5-65 RUIMTELIJKE VERSPREIDING VAN DE GEMIDDELDE DENSITEIT (LINKS) EN DE GEMIDDELDE SOORTENRIJKDOM (RECHTS) IN 2005 VOOR DE DEMERSALE VISFAUNA (BLAUW: CONCESSIEGEBIEDEN, GROEN: RANDZONES, GEEL: REFERENTIEGEBIEDEN, ROOD: ANDERE GEBIEDEN). DE GROOTTE VAN DE BOLLEN VARIEERT TUSSEN 4 EN 184 IND/1.000M² VOOR DE DENSITEIT EN TUSSEN DE 9 EN 24 SOORTEN PER VISSLEEP VOOR DE SOORTENRIJKDOM. (DE MAERSSCHALCK ET AL., 2006) 404

FIGUUR 5-66 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR DE DEMERSALE VISFAUNA (DEROUS ET AL., 2007) 405

FIGUUR 5-67 DENSITEITEN VAN DEMERSALE VISFAUNA PER TAXONOMISCHE GROEP VOOR ALLE STAALNAMELOCATIES OP DE THORNTONBANK IN DE LENTE (BOVEN) EN DE HERFST (ONDER) (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) 407

FIGUUR 5-68 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR DE VOGELS (DEROUS ET AL., 2007) 408

FIGUUR 5-69 OVERZICHT VAN DE 3 SPECIALE BESCHERMINGSZONES VOOR VOGELS (SBZ-V) IN HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE 409

FIGUUR 5-70 WINTER DISTRIBUTIE VAN DE DWERGMEEUW OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 412

FIGUUR 5-71 LENTE DISTRIBUTIE VAN DE DWERGMEEUW OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 412

FIGUUR 5-72 HERFST DISTRIBUTIE VAN DE DWERGMEEUW OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 413

FIGUUR 5-73 LENTE DISTRIBUTIE VAN DE GROTE STERN OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 414

FIGUUR 5-74 DISTRIBUTIE VAN DE GROTE STERN OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE TIJDENS HET BROEDSEIZOEN (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 414

FIGUUR 5-75 ZOMER DISTRIBUTIE VAN DE GROTE STERN OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 415

FIGUUR 5-76 LENTE DISTRIBUTIE VAN DE VISDIEF OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 416

FIGUUR 5-77 DISTRIBUTIE VAN DE VISDIEF OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE TIJDENS HET BROEDSEIZOEN (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 416

FIGUUR 5-78 ZOMER DISTRIBUTIE VAN DE VISDIEF OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) 417

FIGUUR 5-79 EEN VERGELIJKING TUSSEN DE ZOMERVERSPREIDINGSGEBIEDEN VAN DE BRUINVIS ZOALS VASTGESTELD IN 1994 (BOVEN) EN 2005 (ONDER) TOONT DUIDELIJK AAN DAT ER EEN VERANDERING OPGETREDEN IS IN HET VERSPREIDINGSGEBIED. DE KLEURSCHAAL RECHTS VAN DE KAART GEEFT DE VASTGESTELDE DENSITEIT WEER IN AANTAL DIEREN/KM² (SCANS II, 2008) 419

FIGUUR 5-80 WAARNEMINGEN VAN BRUINVISSEN TIJDENS DE SURVEY VAN 29 MAART 2011. GRIJZE LIJN: SURVEY TRACK; RODE STIPPEN: GROEPEN BRUINVISSEN (1 TOT 4 DIEREN PER GROEP – DE GROOTTE VAN DE STIPPEN IS PROPORTIONEEL MET HET AANTAL DIEREN). DE SCHEEPVAARTROUTE, HET ANKERGEBIED EN DE OFFSHORE WINDMOLENPARKEN (BELWIND EN C-POWER) WORDEN AANGEDUID (HAELTERS ET AL., 2012, IN VOORBEREIDING) 420

FIGUUR 5-81 AANTAL GESTRANDE BRUINVISSEN IN BELGIË TUSSEN 1970 EN 2009 (HAELTERS ET AL., 2010) 421

FIGUUR 5-82 AANTAL AD HOC WAARNEMINGEN VAN BRUINVISSEN GERAPPORTEERD DOOR HET PUBLIEK EN DOOR DIENSTEN ACTIEF OP ZEE TUSSEN 1970 EN 2007 (HAELTERS & CAMPHUYSEN, 2009) 421

FIGUUR 5-83 AANTAL AD HOC WAARNEMINGEN VAN BRUINVISSEN IN BELGISCHE WATEREN GERAPPORTEERD DOOR HET PUBLIEK EN DOOR DIENSTEN ACTIEF OP ZEE PER MAAND TUSSEN 1970 EN 1999, EN TUSSEN 2000 EN 2007 (HAELTERS & CAMPHUYSEN, 2009) 422

FIGUUR 5-84 SOORTENRIJKDOM EN DIVERSITEIT VAN DE EPIFAUNA VAN DE INTERTIDALE, TRANSITIE EN SUBTIDALE ZONE (KERCKHOF ET AL., 2009) 425

FIGUUR 5-85 AUDIOGRAM VAN ZALM, KABELJAUW, HARING EN SCHAR (THOMSEN ET AL., 2006) 441

FIGUUR 5-86 SPECTRUM VAN ONDERWATERGELUID, GEMETEN BINNEN DE C-POWER (CP) EN BELWIND (BW) WINDMOLENPARKEN. WEERGEGEVEN ZIJN DE OPERATIONELE GELUIDEN BINNEN DE PARKEN; DE REFERENTIESITUATIE (T REF) VOORAFGAANDE DE CONSTRUCTIEWERKEN; ACHTERGRONDGELUID (BACKGROUND) GEMETEN OP >6 KM VAN HET OPERATIONELE C-POWER WINDMOLENPARK; EN HET HEIGELUID OP 770 M AFSTAND (BW PILING B10) 445

FIGUUR 5-87 OPERATIONEEL GELUID WINDMOLENPARK, OMGEVINGSGELUID EN AUDIOGRAM VAN ZALM, KABELJAUW, HARING EN SCHAR (THOMSEN ET AL., 2006) 446

FIGUUR 5-88 DE EVOLUTIE VAN HET MAGNETISCH VELD TEN OPZICHTE VAN DE HOOGTE BOVEN DE ZEEBODEM BIJ VERSCHILLENDE KABELDIEPTES (Y) BIJ EEN STROOMSTERKTE VAN 712 A (LOPEZ ET AL., 2011) 449

FIGUUR 5-89 LOCATIES VOOR FLUXTELLINGEN (VANERMEN & STIENEN, 2009) 457

FIGUUR 5-90 FREQUENTIEDISTRIBUTIES VAN DE VLIEGHOOGTE VAN ZES VEEL VOORKOMENDE ZEEVOGELS IN HET BDNZ (VANERMEN & STIENEN, 2009) 460

FIGUUR 5-91 INVLOEDSZONES ROND EEN GELUIDSBRON VOOR ZEEZOOGDIEREN (VERBOOM & KASTELEIN, 2005). ZONE OF AUDIBILITY: ZONE WAARBINNEN HET GELUID HOORBAAR IS VOOR ZEEZOOGDIEREN; ZONE OF RESPONSIVENESS: ZONE WAARBINNEN ZEEZOOGDIEREN GEDRAGSVERANDERINGEN VERTONEN; DISCOMFORT THRESHOLD: OVERSCHRIJDING VAN DEZE GELUIDSDREMPEL VEROORZAAKT VERMIJDINGS- EN AFSCHRIKREACTIES; ZONE OF SEVERE DISTURBANCE: ZONE WAARBINNEN ERNSTIGE VERSTORING (STERKE VERMIJDINGSREACTIES) VAN ZEEZOOGDIEREN OPTREEDT; ZONE OF HEARING INJURY: ZONE WAARBINNEN GEHOORSCHADE OPTREEDT. 469

FIGUUR 5-92 WAARNEMINGEN VAN BRUINVISSEN (RODE STIPPEN) EN ZEEHONDEN (GRIJZE STIPPEN) TIJDENS DE SURVEY VAN 16 APRIL 2011, NA DE START VAN DE CONSTRUCTIEFASE C-POWER 2. GRIJZE LIJN: SURVEY TRACK. DE SCHEEPVAARTROUTE, HET ANKERGEBIED EN DE OFFSHORE WINDMOLENPARKEN (BELWIND EN C-POWER) WORDEN AANGEDUID (HAELTERS ET AL., 2012, IN VOORBEREIDING) 473

FIGUUR 5-93 VOORLOPIGE (NIET GEVERIFIEERDE) RESULTATEN VAN PASSIEVE AKOESTISCHE MONITORING MET C-PODS OP DE THORNTONBANK EN DE OOSTDYCK W (DETECTIES UITGEDRUKT ALS% DETECTIE POSITIEVE BLOKKEN VAN 10 MINUTEN PER DAG). DE HEIACTIVITEITEN WORDEN WEERGEGEVEN MET DRIEHOEKEN OP DE X-AS (BMM, 2011B) 473

FIGUUR 5-94 VERGELIJKING VAN DE GEVOELIGHEID VAN HARINGEN (GROENE LIJN) EN BRUINVISSEN (ZWARTE LIJN) TEN OPZICHTE VAN ANTHROPOGENE GELUIDEN (THOMSEN ET AL., 2009) 475

FIGUUR 5-95 SITUERING VAN MIDDELEEUWSE EILANDEN WULPEN, KOEZAND EN WATERDUNEN (NAAR MATHYS, 2010) 506

FIGUUR 5-96 SIMULATIE VAN DE DRIE GEKENDE VERGUNDE WINDMOLENPROJECTEN (C-POWER, NORTHWIND EN BELWIND), STANDPUNT OP DE ZEEDIJK IN BLANKENBERGE (GRONTMIJ, 2010) (UITVERGROOT IN BIJLAGE G) 507

FIGUUR 5-97 ILLUSTRATIES VAN DE AANLEG VAN EEN EXPORTKABEL OP HET STRAND (BRON: IMDC I.O.V. C-POWER, APRIL 2012) 509

FIGUUR 5-98 SIMULATIE VAN DE VOLLEDIGE INNAME VAN DE JURIDISCH AFGEBAKENDE ZONE VOOR WINDMOLENS OP ZEE ('WORST CASE'), ZICHT VAN OP ZEE, STANDPUNT OP CA 2 KM VAN DICHTSTE WINDTURBINE, KIJKRICHTING NOORDWESTEN (GRONTMIJ, 2010) (UITVERGROOT IN BIJLAGE G) ... 510

FIGUUR 5-99 MULTIBEAM OPNAMEN VAN DE WRAKKEN GELEGEN IN HET RENTEL CONCESSIEGEBIED. LINKS HET OOSTELIJK GELEGEN WRAK EN RECHTS HET WESTELIJK GELEGEN WRAK (WWW.VLAAMSEHYDROGRAFIE.BE) 512

FIGUUR 5-100 LIGGING WRAKKEN T.O.V. WINDMOLENPARK RENTEL EN ALTERNATIEVE KABELTRACÉS ... 513

FIGUUR 5-101 MULTIBEAM OPNAMES VAN DE WRAKKEN GELEGEN LANGSHEEN DE ALTERNATIEVE KABELTRACÉS. LINKS HET NOORDELIJK GELEGEN WRAK LANGSHEEN HET SAMENVALLEND WESTELIJK EN ALTERNATIEF OOSTELIJK KABELTRACÉ. EN RECHTS HET ZUIDELIJK GELEGEN WRAK (NIPPON). (WWW.VLAAMSEHYDROGRAFIE.BE) 514

FIGUUR 5-102 TOP 10 VAN AANGELANDE SOORTEN DOOR DE BELGISCHE VLOOT IN 2009 EN 2010 (TESSENS & VELGHE, 2011) 519

FIGUUR 5-103 EVOLUTIE JAARLIJKSE OMZET IN DE BELGISCHE VISSERIJ (TESSENS & VELGHE, 2011) 520

FIGUUR 5-104 INTENSITEIT VAN GEBRUIK VAN HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE DOOR DE COMMERCIËLE VISSERIJ TUSSEN 1992 EN 2003. HET RELATIEVE AANTAL GEOBSERVEERDE ACTIEVE VISSERSSCHEPEN IS WEERGEGEVEN PER JAAR PER KM² (GEBASEEERD OP MAES ET AL., 2005) 521

FIGUUR 5-105 MILITAIRE ACTIVITEITEN OP HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE (KUSTATLAS, 2012) 523

FIGUUR 5-106 NAVIGATIEKAART MET SCHEIDINGSLIJNEN VAN HET BEHEER VOOR DE LUCHTVAART (VERTREK) 541

FIGUUR 5-107 NAVIGATIEKAART MET SCHEIDINGSLIJNEN VAN HET BEHEER VOOR DE LUCHTVAART (AANKOMST) 541

FIGUUR 6-1 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN DE 5 WINDMOLENPARKEN ONDER HET WORST CASE SCENARIO MET 10 MW TURBINES VOOR RENTEL (#: 55), 3 MW TURBINES VOOR BELWIND (#: 110), 3 MW TURBINES VOOR NORTHWIND (#: 72), 6 MW TURBINES VOOR C-POWER (#: 54), 6 MW TURBINES VOOR NORTHER (#: 74) 555

FIGUUR 6-2 SCHEEPVAARTVERKEER IN 2011 (BRON AIS-DATA: BEHEER- EN EXPLOITATIE TEAM SCHELDERADARKETEN, J. RAES, HOOFDBEHEERDER BET-SRK (VL), A. DESCAMPS, AFDELINGSHOOFD SCHEEPVAARTBEGELEIDING) 574

FIGUUR 6-3 EVOLUTIE VAN HET SCHEEPVAARTVERKEER RONDOM EN TUSSEN DE WINDMOLENPARKEN TUSSEN 2008 EN 2011 (BRON AIS-DATA: BEHEER- EN EXPLOITATIE TEAM SCHELDERADARKETEN, J. RAES, HOOFDBEHEERDER BET-SRK (VL), A. DESCAMPS, AFDELINGSHOOFD SCHEEPVAARTBEGELEIDING) 575

FIGUUR 6-4 AANTAL OLIEVERONTREINIGINGEN TUSSEN 7-700 TON EN GROTER DAN 700 TON (ITOPF, 2012) 576

FIGUUR 6-5 VERKEERSSITUATIE BIJ SCENARIO 1 BIJ AANWEZIGHEID VAN (VAN NOORDWEST NAAR ZUIDOOST) BELWIND, NORTHWIND, C-POWER EN NORTHER (MET EXTRA DRIEHOEK) (MARIN, 2011B) 579

FIGUUR 6-6 VERKEERSSITUATIE BIJ SCENARIO 2B BIJ AANWEZIGHEID VAN (VAN NOORDWEST NAAR ZUIDOOST) BELWIND, SEASTAR, NORTHWIND, RENTEL, C-POWER EN NORTHER (MARIN, 2011B) 580

FIGUUR 6-7 SRK WERKINGSGEBIED EN BELGISCHE CONCESSIEGEBIED VOOR OFFSHORE WINDMOLENPARKEN 597

FIGUUR 6-8 VOORBEELD VOOR DE SRK RADAR VAN ZEEBRUGGE OMTRENT BEPERKING VAN DE REIKWIJDTE IN FUNCTIE LOS EN RCS 598

FIGUUR 6-9 TYPISCH RADAR-SCREENSHOT VAN HET SCHEEPVAARTVERKEER (MOMENTOPNAME). COURTESY VAN "AFDELING SCHEEPVAARTBEGELEIDING" 599

FIGUUR 6-10 BEREIK VAN DE SRK RADARS BIJ EEN LOS VAN 3 M (VLAAMSE BOVEN EN NEDERLANDSE ONDER) 600

FIGUUR 6-11 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET OMLEGGEN VAN DE SECUNDAIRE SCHEEPVAARTROUTES BIJ INVULLING VAN HET CONCESSIEGEBIED, TEGENOVER HET SRK WERKINGSGEBIED EN HET BEREIK VAN DE ACTUELE SRK RADARSTATIONS BIJ EEN LOS HOOGTE VAN 3 M 601

FIGUUR 6-12 SCHEMATISCHE VOORSTELLING (DETAIL) VAN HET OMLEGGEN VAN DE SECUNDAIRE SCHEEPVAARTROUTES BIJ INVULLING VAN HET CONCESSIEGEBIED 601

FIGUUR 6-13 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE RICHTINGEN WAARIN SCHADUWZONES OPTREDEN VOOR DE VERSCHILLENDE SRK RADARSTATIONS, EN WAARDOOR HET PROJECT RENTEL VOLLEDIG VERDOKEN LIGT ACHTER DE OFFSHORE WINDMOLENPARKEN VAN NORTHER EN C-POWER (RODE PIJLEN) OF TOCH NOG GEDEELTELIJK ZICHTBAAR BLIJFT (BLAUWE PIJL) BIJ NIET-INVULLING VAN HET CONCESSIEGEBIED BORSSELE 602

FIGUUR 6-14 LIGGING VAN DE HOOFDNAVIGATIEROUTES TEGENOVER DE CONCESSIEGEBIEDEN 604

FIGUUR 7-1 OVERZICHT VAN DE NEDERLANDSE BESCHERMDE NATUURGEBIEDEN BINNEN DE MOGELIJKE BEÏNVLOEDINGSZONE VAN DE VIJF WINDMOLENPARKEN (ROOD: BELWIND, GROEN: NORTHWIND, GEEL: RENTEL, PAARS: C-POWER EN ROZE: NORTHER) (BMM, 2011B). 612

FIGUUR 7-2 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET OMLEGGEN (ZWART) VAN DE OORSPRONKELIJK SECUNDAIRE SCHEEPVAARTROUTES (ROOD) BIJ INVULLING VAN HET CONCESSIEGEBIED, TEGENOVER HET SRK WERKINGSGEBIED EN HET BEREIK VAN DE ACTUELE SRK RADARSTATIONS BIJ EEN LOS HOOGTE VAN 3 M 617

FIGUUR 7-3 SCHADUWEFFECTEN VOOR DE RADAR VAN OOSTENDE (LOS ZONE 20 M HOOGTE) DOOR TOTAAL CONCESSIEGEBIED 618

FIGUUR 7-4 SCHADUWEFFECTEN VOOR DE RADAR VAN WESTKAPELLE (LOS ZONE 20 M HOOGTE) DOOR TOTAAL CONCESSIEGEBIED 619

Voorwoord

Voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark is volgens de Belgische wetgeving een vergunning vereist. Als noodzakelijk onderdeel van een vergunningsaanvraag of –verlenging moet er een milieueffectenrapport (MER) van de voorziene activiteiten uitgevoerd worden.

Dit rapport vormt het MER dat de initiatiefnemer als onderdeel van hun lopende of toekomstige concessieaanvraag zal gebruiken. Dit MER zal zowel de milieueffecten tijdens de bouw, de exploitatie en de ontmanteling van de windturbines behandelen als de milieueffecten gerelateerd aan de kabellegging en eventuele verwijdering van de kabel.

Dit MER bestaat uit twee delen: een niet-technische samenvatting (in het Nederlands, Engels en Frans) en een uitvoerige beschrijving van het voorgestelde project en de mogelijke effecten. De bijlagen zijn achteraan het rapport terug te vinden.

De niet-technische samenvatting kan als alleenstaand onderdeel gelezen worden door de geïnteresseerde lezer die minder boodschap heeft aan alle technische gegevens en beschrijvingen zoals deze uitgebreid in de volgende hoofdstukken en bijlagen van het MER beschreven staan.

In de uitgebreide beschrijving worden volgende aspecten behandeld:

Hoofdstuk 1:

- Geeft de toetsing aan de MER-plicht, de initiatiefnemer van het project, de coördinator van het MER en de samenstelling van het team van deskundigen.

Hoofdstuk 2:

- Geeft een technische beschrijving van de technologie. De verschillende projectingrepen worden per fase van het project (constructie, exploitatie, ontmanteling) beschreven.

Hoofdstuk 3:

- Geeft de juridische en beleidsmatige randvoorwaarden.

Hoofdstuk 4:

- Geeft een bespreking van de configuratie- en uitvoeringsalternatieven.

Hoofdstuk 5:

- Geeft per discipline een beschrijving van de gehanteerde methodiek, de beschrijving van de referentiesituatie en autonome ontwikkeling, de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten tijdens elke fase, de leemten in de kennis, een beschrijving van de milderende maatregelen en welke monitoring van het effecten er wordt voorzien. Binnen de discipline 'Fauna, flora en biodiversiteit' wordt ook een passende beoordeling uitgevoerd voor de aanleg van de exportkabel daar zij gevolgen kunnen hebben voor de aangeduide Speciale Beschermingszone Zeebrugge.

Hoofdstuk 6:

- Geeft de mogelijke cumulatieve effecten weer bij de aanwezigheid van de reeds vergunde parken (C-Power, Belwind, Northwind en Norther) in combinatie met het Rentel windmolenpark.

Hoofdstuk 7:

- Geeft een beschrijving van de te verwachten grensoverschrijdende effecten in het kader van het Espoo-verdrag.

Hoofdstuk 8:

- Geeft een eindsynthese van de milieueffecten en voorgestelde milderende maatregelen per discipline en per fase.

Hoofdstuk 9:

- Geeft de lijst van geraadpleegde literatuur

Bijlagen achteraan dit rapport:

- Bijlage A: De milieuvergunningsprocedure en het aanvraagdossier voor de omzetting van THV Rentel naar Rentel NV
- Bijlage B: De coördinaten van de bekomen domeinconcessie
- Bijlage C: De situering en lay-out van de uitgebreide concessiezone
- Bijlage D: Situering van de alternatieve kabeltrajecten en toelichtingen bij de projecten STEVIN en het hoogspanningsnet van ELIA
- Bijlage E: Situering van beschermde mariene gebieden
- Bijlage F: Brochures van de verschillende typevoorbeelden windturbines
- Bijlage G: Uitvergrotingen van foto's uit het onderdeel Zeezicht en Cultureel erfgoed

Tenslotte zijn er een aantal deelstudies uitgevoerd in het kader van dit MER die als afzonderlijke bijlagen toegevoegd zijn (externe bijlagen). In deze deelstudies wordt dieper ingegaan op bepaalde deelaspecten van het MER, de belangrijkste besluiten ervan zijn steeds verwerkt in voorliggend MER.

Externe bijlagen:

- IMDC (2012b). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11397/12.072/LWA.
- IMDC (2012c). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11397/12.114/VBA.
- Flemtek-IMDC (2012). Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark "Rentel" met betrekking tot: de SRK-radarinstallaties, de scheepsradar en de marifone communciatie. In opdracht van Rentel NV, in samenwerking met IMDC.

Lijst met afkortingen

AFDW	Ash Free Dry Weight, NL: asvrij drooggewicht
AIS	Automatic identification system
ATF	Atmosferische transmissie factor
BMM	Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium
BBT	Best Beschikbare Technieken
BDNZ	Belgisch Deel van de Noordzee
B-veld	Magnetisch veld
ca.	Circa
conf.	Configuratie
CSM	Condition Monitoring System, NL: vibratiemonitoringssysteem
GBF	Gravity based foundation, NL: gravitaire fundering
dB	Decibel
dB(A)	De A-gewogen decibelwaarde dB(A) is de meest gangbare eenheid voor geluidbelasting. De A-weging houdt rekening met de gevoeligheid van het menselijk oor voor de toonhoogte van het geluid.
dB_{ht}	Eenheid van sterkte geluid, perceptieniveau van een diersoort
DGPS	Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties
Dn50	Nominale steendiameter met een massa gelijk aan de M_{50} (massa van de steen die door 50% van de steen wordt overschreden)
EEZ	Exclusieve economische zone
EG	Europese Gemeenschap
E_i	Geïnduceerd elektrisch veld
EIA	Environmental Impact Assessment

EM	Elektromagnetisch
ETS	Emission Trading System
E-veld	Elektrisch veld
FOD	Federale Overheid Dienst
GBF	Gravity Based Foundation, NL: gravitaire fundering
GKVP	Geïntegreerd Kust Veiligheids Plan
GMT	Goede Milieutoestand
GPS	Global Positioning System
GNA	Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit
GNB	Gemeenschappelijk Nautisch Beheer
GVB	Gemeenschappelijk Visserij Beleid
GVS	Groot Vlootsegment
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattuur
HAT	Highest Astronomical Tide
Hz	Hertz
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
ILVO	Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
IMO	International Maritime Organisation
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JF	Jacket fundering
KB	Koninklijk Besluit

KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut van België
KRMS	Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie
kHz	Kilohertz
kJ	Kilojoule
kV	Kilovolt
KVS	Klein Vlootsegment
kWh	Kilowattuur
LAT	Lowest Astronomical Tide
LCA	Levenscyclusanalyse
LNG	Liquified Natural Gas
L_{sp}	Specifiek geluid
L_{wa}	Geluidsvermogenniveau van de bron
MB	Ministerieel Besluit
MEB	Milieueffectenbeoordeling
MER	Milieueffectenrapport
MP	Monopile
MSL	Mean Sea Level, NL: gemiddeld zeeniveau
MVA	Megavolt ampère
MW	Megawatt
MWh	Megawattuur
NAVO	Noord-Atlantische Verdragsorganisatie
NCP	Nederlands Continentaal Plat
NEC	National Emission Ceilings
NM	Nautical miles, NL: zeemijl

NV	Naamloze Vennootschap
n.v.t.	Niet van toepassing
OHVS	Offshore high voltage station(s), NL: het (de) hoogspanningsstation(s) in zee
OWEZ	Offshore Windpark Egmond aan Zee
PC	Permanente Commisie
POD	Porpoise Detectors
re 1 µPa	Referentie voor geluidsdruk onder water
re 1 µPa²s	Eenheid voor SEL (sound exposure level)
RD	Rotordiameter
RDF	Radio Direction Finder
ROV	Remote Operated Vehicle, NL: op afstand bediend vaartuig met camera
SB	Suction bucket fundering
SBZ	Speciale Beschermingszone
SBZ-H	Speciale Beschermingszone (Habitatrichtlijn)
SBZ-V	Speciale Beschermingszone (Vogelrichtlijn)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SEA	Strategic Environmental Assessment
SEL	Sound Exposure Level
spp.	Soorten
SPL	Sound Pressure Level
SPS	Significant Peripherical Structure
SRK	Schelde Radar Keten
TAW	Tweede Algemene Waterpassing
THV	Tijdelijke handelsvereniging

TSHD	Trailing Suction Hopper Dredger, NL: sleephopperzuiger
VHF	Very High Frequency
VIOE	Vlaams Instituut voor Onroerend Erfgoed
VK	Verenigd Koninkrijk
VLIZ	Vlaams Instituut voor de Zee
VMM	Vlaamse Milieu Maatschappij
WTG	Wind turbine generator, NL: windturbine
WW	Wet Weight
XLPE	Cross-linked polyethyleen kabel
µg	Microgram
µm	Micrometer
µPa	Micropascal
µT	Microtesla
µV	Microvolt

0. NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING

0.1 DOEL EN VOORGENOMEN ACTIVITEIT

Rentel NV heeft een domeinconcessie toegewezen gekregen voor de bouw en exploitatie van een offshore windmolenpark op ca. 31 km van de kust. Het voorziene park wordt gebouwd langs de grens met Nederland op de Zuidwest-Schaar, een zone gelegen ten noordwesten van de Thorntonbank (domeinconcessie C-Power) en ten zuidoosten van de Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind – vroeger Eldepasco). De jaarlijkse opbrengst zal ca. 900 GWh bedragen en kan tot 1.700 GWh reiken (bij maximaal potentiële uitbreiding van concessiezone en turbine), wat overeen komt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 286.000 tot 550.000 doorsnee gezinnen. Voordat met de bouw kan worden begonnen dient een milieuvergunning en een vergunning voor de aanleg van de kabels te worden aangevraagd. Ten behoeve van de besluitvorming over de aanvraag van de vergunningen wordt de procedure voor de milieueffectrapportage met bijhorende milieueffectenbeoordeling doorlopen.

Een milieueffectenrapport (MER) dient te worden opgesteld om de milieubelangen een volwaardige plaats te geven bij de vergunningsverlening. Dit MER dient ter onderbouwing van de vergunningsaanvraag en behandelt zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging van het Rentel windmolenpark.

De initiatiefnemer kan op vandaag nog geen uitspraak doen over de definitieve keuze van turbine of fundering. In de praktijk wordt pas na een uitgebreide marktanalyse en aanbestedingsprocedure een definitieve keuze gemaakt. Daarbij spelen de referenties, de financiële draagkracht van de diverse fabrikanten, de economische analyse, de operationele beschikbaarheid, de 'proven technology' en nog tal van factoren een cruciale rol. Het MER gaat daarom uit van een basisconfiguratie en drie configuratiealternatieven die de volledige range van installatiemogelijkheden beslaan. Op die manier wordt voor de methodiek en de analyses binnen het MER rekening gehouden met het principe van een worst-case benadering. De afmetingen en specificaties van de uiteindelijk gekozen turbine en funderingstypes, dienen equivalent of inferieur te zijn aan de binnen het MER beschreven types.

In het MER worden volgende configuratiealternatieven voor het geplande Rentel windmolenpark besproken:

Configuratie	Aantal turbines	Rotordiameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderingstype	Erosiebescherming
Basisconfiguratie	47	126 m	6,15 MW	289 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 1	78	120-130 m	4-6,5 MW	312-507 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF

Configuratie	Aantal turbines	Rotordiameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderingstype	Erosiebescherming
Configuratie 2	60	140-165 m	6,5-7,5 MW	390-350 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 3	55	150-160 m	7,5-10 MW	413-550 MW	Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF

Op die manier wordt de optie met het maximaal aantal mogelijke funderingen besproken (configuratie 1), de optie met maximale rotordiameter (configuratie 2) en de optie met maximaal geïnstalleerd individueel en totaal vermogen (configuratie 3).

Samenvattend wordt voor de park lay-out rekening gehouden met een vermogensrange van 4 MW tot 10 MW per turbine (met een totaal geïnstalleerd vermogen tussen 289 en 550 MW), waarbij de REpower 6M (6,15 MW) (basisconfiguratie en configuratie 1), de Vestas V164 (7 MW) (configuratie 2) en de Clipper Windpower Britannia (10 MW) (configuratie 3) als typevoorbeelden (met gebruik van hun beschikbare technische gegevens) worden uitgewerkt in het MER.

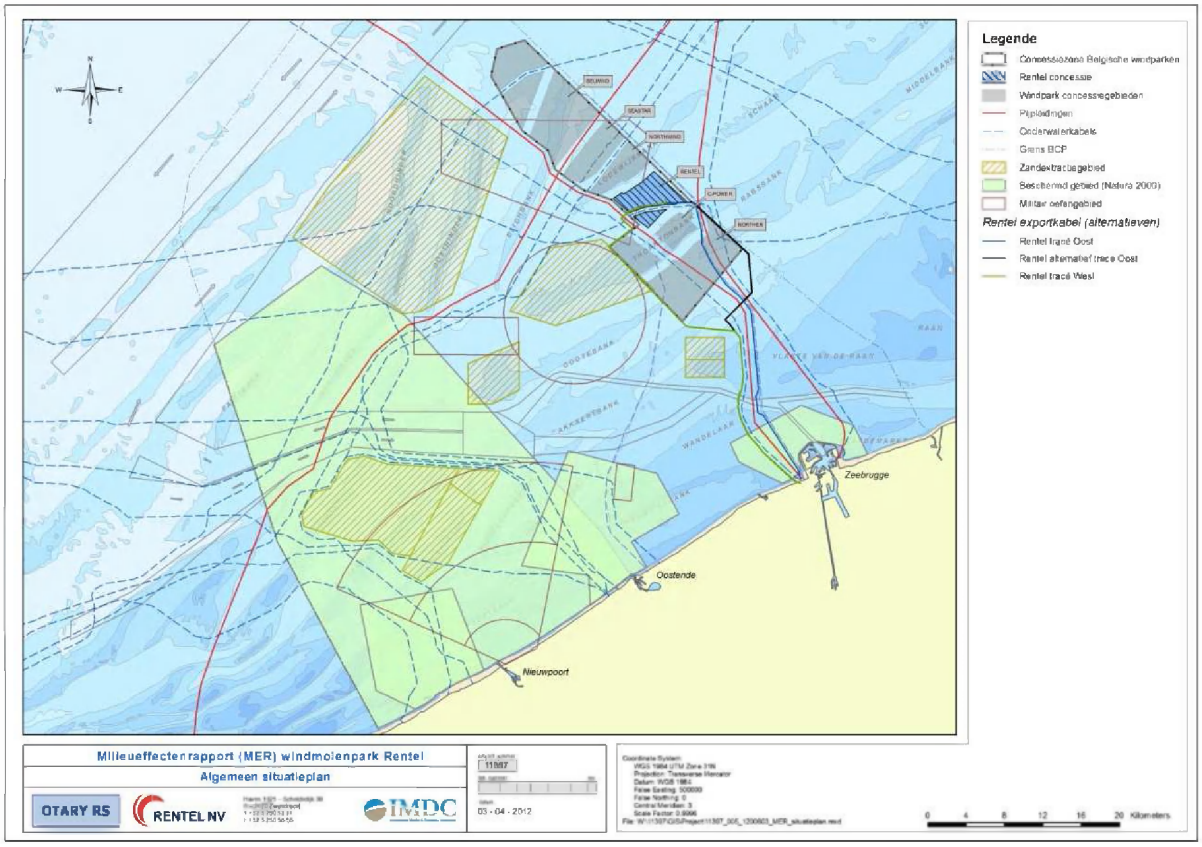
Tenslotte worden enerzijds de cumulatieve effecten besproken van het Rentel windmolenpark samen met de vier momenteel reeds vergunde windenergieprojecten in de Belgische Noordzee (C-Power, Northwind, Belwind en Norther) en anderzijds de grensoverschrijdende effecten (naar Nederland toe) met de nodige aandacht omschreven en gevalideerd.

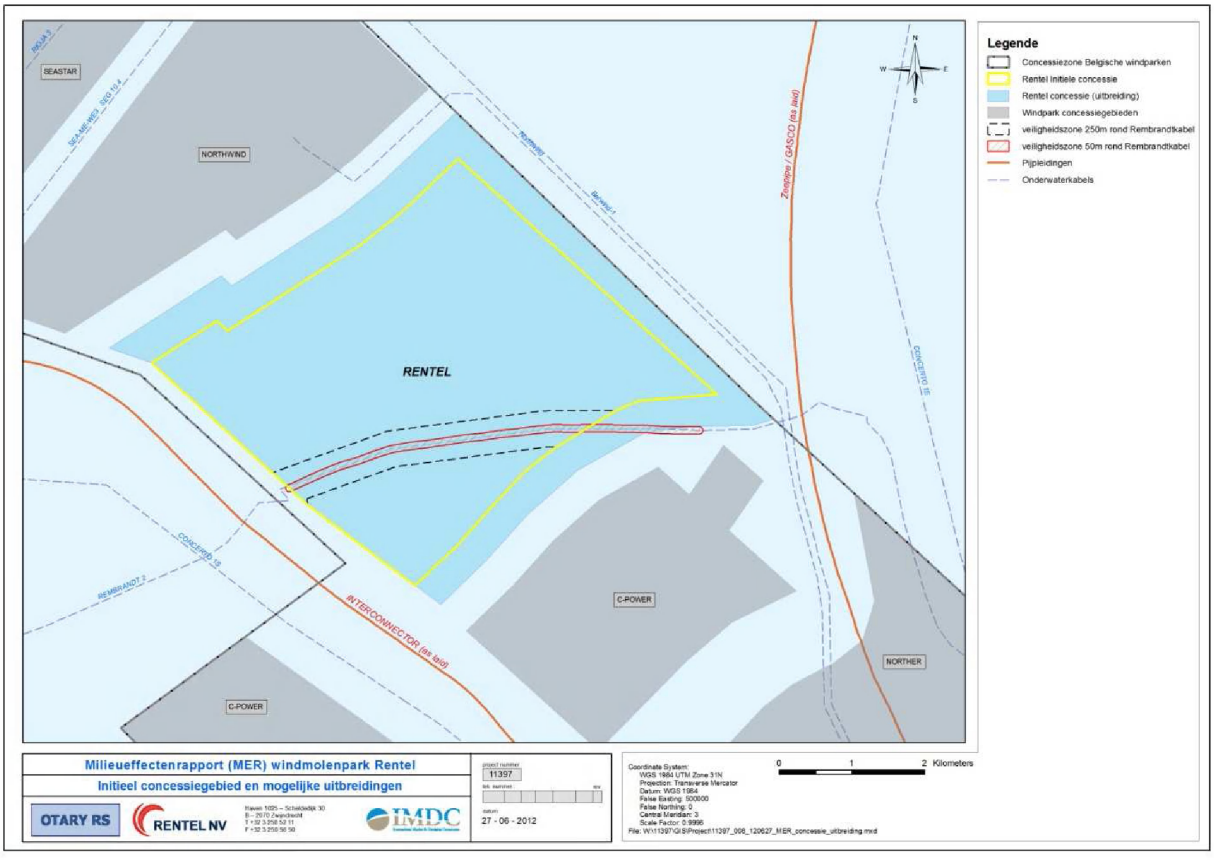
0.2 PROJECTBESCHRIJVING

Op 4 juni 2009 werd door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, een domeinconcessie toegekend aan toenmalige THV Rentel, thans Rentel NV, voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in de zeegebieden Zuidwest-Schaar tussen Thorntonbank en de Bank zonder Naam (tegenwoordig Lodewijkbank) (MB 04/06/2009 (EB-2009-0014-A) "toekenning domeinconcessie aan THV Rentel").

De vermogensrange bedraagt 4 tot 10 MW per turbine, met een totaal geïnstalleerd vermogen van max. 550 MW. De opgewekte elektrische energie wordt via hoogspanningskabels gelegen in de zeebodem naar een hoogspanningspost aan de kust (Zeebrugge) gebracht.

De bouw van het Rentel windmolenpark wordt gepland in de periode 2014-2016.


Legende
Concessiezone Belgische windparken
Rentel concessie
Windpark concessiegebieden
Pijpleidingen
Onderwaterkabels
Grens BCP
Zandextractiegebied
Beschermd gebied (Natura 2000)
Militair oefengebied
Rentel exportkabel (alternatieven)
Rentel tracé Oost
Rentel alternatief tracé Oost
Rentel tracé West
Zeebrugge
Oostende
Nieuwpoort
Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark Rentel
Algemeen situatieplan
OTARY RS
RENTEL NV
IMDC
11397
03 - 04 - 2012
0 4 8 12 16 20 Kilometers


Legende
Concessiezone Belgische windparken
Rentel initiele concessie
Rentel concessie (uitbreiding)
Windpark concessiegebieden
veiligheidszone 250m rond Rembrandtkabel
veiligheidszone 50m rond Rembrandtkabel
Pijpleidingen
Onderwaterkabels
SEASTAR
NORTHWIND
RENTEL
C-POWER
NORTHER
Zeelinie / GASCO (as built)
INTERCONNECTOR (as built)
Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark Rentel
Initieel concessiegebied en mogelijke uitbreidingen
OTARY RS
RENTEL NV
IMDC
11397
27 - 06 - 2012
0 1 2 Kilometers

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste kenmerken weergegeven van het conceptontwerp.

Onderwerp	Omschrijving
Locatie	
Situering	• Gelegen op 31 km van de kust; • Op de Zuidwest-Schaar tussen Thorntonbank (domeinconcessie C-Power) en Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind) langs de grens met Nederland; • Het projectgebied ligt in de zone afgebakend voor de inplanting van offshore windmolenparken vastgelegd door het KB van 20 december 2000, gewijzigd door het KB van 3 februari 2011.
Oppervlakte concessiegebied	Totale oppervlakte bedraagt ca. 18,5 km² met een eventuele uitbreiding tot 26,9 km²
Parkinrichting	• Inplanting: basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties, zie Bijlage C • Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -22 tot -38 m TAW; • Te respecteren afstanden tot de Interconnector gasleiding (500 m) en de telecommunicatiekabel Rembrandt 2 (250 m), en de te respecteren bufferzone van 500 m voor naburige windmolenparken.
Windturbines	
Inplanting	Basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties, zie Bijlage C
Type – Vermogen – Rotordiameter	Ca. 4 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de verschillende configuraties wordt gewerkt met typevoorbeelden: • Basisconfiguratie: rotordiameter 126 m, individueel vermogen 6,15 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 289 MW. Typevoorbeeld REpower 6M turbine; • Configuratie 1: rotordiameter 120-130 m, individueel vermogen 4-6,15 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 480 MW. Typevoorbeeld REpower 6M turbine; • Configuratie 2: rotordiameter 140-165 m, individueel vermogen 6,5-7,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 450 MW. Typevoorbeeld Vestas V164 turbine; • Configuratie 3: rotordiameter 150-160 m, individueel vermogen 7,5-10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 550 MW. Typevoorbeeld Clipper Windpower Britannia C-150 turbine.
Aantal	• Basisconfiguratie: 47 turbines; • Configuratie 1: 78 turbines; • Configuratie 2: 60 turbines; • Configuratie 3: 55 turbines.
Productie	Ca. 900 tot 1.700 GWh/jaar
Fundering windturbines	
Ofwel monopiles	De monopile is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt, of via de suction bucket techniek geplaatst wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht, die zowel statisch als dynamisch kan zijn. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1 en 2.
Ofwel jacket	De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten. De palen worden ofwel geheid ofwel via de suction bucket techniek aangebracht. Rentel voorziet geen erosiebescherming rondom dit funderingstype. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3.
Ofwel gravitair	Een gravitaire fundering bestaat uit een holle betonnen kegel, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf

Onderwerp	Omschrijving
	vlak gemaakte zeebodem. Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3.
Windmeetmast	
Aantal	Principieel niet voorzien in het Rentel park
Fundering hoogspanningsstations	
Type	Gelijkaardig aan de fundering van de turbines.
Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windmolenpark	• De windturbines worden in groepen van telkens ca. 30 MW of 60 MW verbonden op resp. een 33 of 66 kV parkkabel en aangesloten op een OHVS of rechtstreeks op het alfa-platform van ELIA buiten het concessiegebied (ELIA, 2011); • Kabeltracés: zie kaart …; • Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS)	• Aantal: max. 2, afhankelijk van de interarray bekabeling en de externe aansluiting op het nabijgelegen alfa-platform (Elia 2011) • Step-up transformatoren 33 kV → 150-220 kV of 66 kV → 150-220 kV
Kabels naar land	• 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV kabel; afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen 2 x 150 kV of 1-2 x 220 kV. • Kabeltracé: zie Bijlage D • Bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid (departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven- en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties; • Aansluitingspunt: het nieuw te bouwen hoogspanningsstation STEVIN in Zeebrugge of via een korte exportkabel op het alfa-platform van ELIA offshore.
Exploitatie	
Besturing en bewaking windmolenpark	SCADA-systeem (Supervisory, Control And Data Aquisition) vanuit een controlekamer op het land
Frequentie gepland onderhoud	1 maal per jaar, exclusief ongepland onderhoud en reparaties
Logistiek – toegang naar windmolenpark	Toegang met behulp van onderhoudsschepen of toegang met behulp van helikopters

0.3 EFFECTENBEOORDELING

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van de effectenbeoordeling samengevat per discipline, telkens voor de constructie-, operationele en ontmantelingsfase van het project (windmolenpark inclusief in situ surveys en elektrische bekabeling). Tevens wordt aangegeven welke milderende maatregelen mogelijk zijn.

De geassocieerde milieueffecten werden geïdentificeerd en geëvalueerd op basis van de projectbeschrijving, de beschikbare literatuur en door overleg met de belanghebbende partijen. Om de significantie van een impact te bepalen, werd rekening gehouden met de de omvang of reikwijdte en de duur (tijdelijk of permanent karakter). De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven (Tabel 0-1). Positieve effecten duiden op een verhoging, ondersteuning of versterking van de betrokken (natuurlijke of gewenste) eigenschap van het milieu, een negatieve beoordeling wijst op het verdwijnen, een verlaging of een aantasting van een bepaalde (natuurlijke of gewenste) eigenschap.

Tabel 0-1 Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten.

Symbool	Effect niveau	Beschrijving	Beoordeling milieu/organismen
++	Significant positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BDNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Zeer positief
+	Matig positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Positief
0/+	Gering positief	Meetbaar kleine positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Neutraal
0	Geen	Onmeetbaar effect of niet relevant.	Geen
0/-	Gering negatief	Meetbaar kleine negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief	Meetbaar negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Aanvaardbaar
--	Significant negatief	Meetbaar negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BDNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Onaanvaardbaar

0.3.1 Bodem en water

0.3.1.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

0.3.1.1.1 Bodem

Het BDNZ strekt zich uit over een gebied van ongeveer 3.500 km². De bodemtopografie van het BDNZ bestaat uit een complex van zandbanken en geulen, waarbij de geulen een maximale diepte van 30 tot 40 m onder LAT bereiken.
De Rentel concessiezone ligt in de Zuidwest-Schaar tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank, die deel uitmaken van de Zeelandbanken. Waterdiepten variëren hier tussen ongeveer 22 m en 36,8 m onder TAW. De Zeelandbanken zijn grofweg ZW-NO georiënteerd. Aan de oppervlakte wordt voornamelijk zand teruggevonden, met op bepaalde locaties grind.

De bovenste laag van de zeebodem met daarop de zandbanken, werd afgezet tijdens het Quartair. De Quartaire afzettingen op het BDNZ zijn zeer dun en gefragmenteerd, waardoor in de geulen tussen de zandbanken de onderliggende oudere lagen aan het zeebodemoppervlak liggen. Onder het Quartair is het Tertiair gelegen waarvan de top een erosief oppervlak is dat een discordantie vormt tussen de oudere, onderliggende Tertiaire afzettingen en de bovenliggende Quartaire afzettingen. De Tertiaire lagen zijn duidelijk afgesneden.

In het Rentel concessiegebied werd reeds een verkennende seismische campagne uitgevoerd door G-tec (2012). Op de seismische profielen is te zien hoe de Tertiaire lagen hellen in NE richting. In het W tot SW deel van het Rentel projectgebied is het Quartaire dek zeer dun, het bestaat enkel uit de dikte van de recente zandduinen. Ter hoogte van de duinkammen kan de dikte 8 m bereiken, in de troggen tussen de zandduinen is het Quartair dikwijls dunner dan 4 m. Waar het Tertiair bijna aan het

oppervlak ligt wordt in andere gebieden een grove, grindhoudende laag aangetroffen op de zeebodem, i.e. een transgressie- of basisgrind. Gelijkaardige grindlagen komen waarschijnlijk ook voor in het Rentel Concessiegebied.

In het NE deel van het Rentel projectgebied, neemt de dikte van het Quartair toe, het vult depressies op, ingesneden in het Tertiair substraat. Vermoedelijk komen deze insnijdingen overeen met een kleinere rivierinsnijding die in de Maasvallei uitmondt. Maasvallei insnijdingen zijn dikwijls opgevuld met estuariene afzettingen van Eem ouderdom. Mogelijk komen ook deze voor in het Rentel gebied.

Tijdens het Holoceen, rond 7000 jaar geleden, begon de vorming van de getijdenbanken en de tussenliggende geulen, waaronder de Lodewijkbank en de Thorntonbank met tussenliggende Zuidwest-Schaar. Het materiaal waaruit de getijdenbanken werden opgebouwd, was afkomstig van locale erosie waardoor de geulen werden gevormd. Oudere Quartaire afzettingen komen dan ook enkel voor onder de getijdenbanken waar het bleef afgeschermd of in oudere rivierinsnijdingen (Mathys *et al.*, 2009).

De zandbanken zijn getijdenbanken die voortvloeien uit de interactie van zand en ZW-NO georiënteerde getijdenstromingen. Een fundamenteel proces voor het bestaan van zandbanken is de aanwezigheid van aparte eb- en vloedgeulen aan weerzijden van de bank. Dit veroorzaakt een circulaire zandbeweging over en rond de bank die de stabiliteit van de bank in stand houdt. De Zeelandbanken hebben een steile oostelijke flank en de maximale stroomsnelheid is gericht in de vloedrichting (NO). Dit zou duiden op een circulaire zandbeweging rondom de Zeelandbanken in tegenwijzerszin, dit in tegenstelling tot de rest van het BDNZ.

Een belangrijk fenomeen bovenop zandbanken en in de tussenliggende geulen zijn de zandduinen. Duinen zijn aanzienlijk kleiner dan zandbanken - enkele meters hoog - maar meer dynamisch en zeer prominent aanwezig in het BDNZ. In het Rentel gebied komen vooral duinen tussen 2 en 4 m voor, maar uitzonderlijk zijn de duinen ook 4-7 m hoog. Er kunnen twee verschillende zones met zandduinen onderscheiden worden: een zone met hoge ondiepe duinen in de ZO rand van het gebied, uitlopers van de duinen op de Thorntonbank, en een geïsoleerde zone met iets lagere zandduinen in de NW helft van de concessiezone. Tussen beide gebieden komen slechts enkele individuele zandduinen voor.

Aan het zeebodemoppervlak komt vooral gemiddeld zand met mediane diameter 300-350 µm voor. In een beperkt gebied komt ook wat fijner zand voor met D50 250-300 µm en wat grover zand D50 (350-400 µm). In het projectgebied werd er ook grind waargenomen (Van Lancker *et al.*, 2007).

Analyse van 18 jaar metingen op de Westhinder (1990-2008), toont een ZW en WZW dominante golfrichting. Significante golfhoogtes zijn kleiner dan 1,0 m voor meer dan 50% van de tijd en groter dan 2,0 m voor ongeveer 10% van de tijd, met een gemiddelde van ongeveer 90 cm. De piek golfperiodes liggen tussen 3 en 8 s voor 90% van de tijd, met een gemiddelde van 5,5 s. Over het algemeen liggen wind en golven in dezelfde lijn. Hetzelfde golfklimaat wordt in het Rentel projectgebied verwacht (IMDC, 2012b).

Om een idee te hebben van de natuurlijk locale stroomsnelheden en sedimenttransporten in het Rentel projectgebied werd een numerieke modellering uitgevoerd. Details over de opzet van het model worden gegeven in rapport IMDC (2012b), bijgevoegd als externe bijlage. Simulaties werden uitgevoerd voor twee situaties: een zomer situatie, waar enkel getijdenstroming een rol speelt zonder meteorologische invloeden, en een winter situatie waar ook wind en golven van belang zijn. De grootste gemiddelde snelheden worden waargenomen op de toppen van de Lodewijkbank en de Thorntonbank. Ook ter hoogte van het zandduinenveld in de NW helft van het Rentel gebied en boven de duinuitlopers van de Thorntonbank heersen hogere stroomsnelheden. Tijdens zowel

zomer- als wintercondities worden lokaal maximale stroomsnelheden waargenomen van 0,98 m/s in de Zuidwest-Schaar binnen een doodtij-springtij cyclus.

In het Rentel gebied is het residueel sedimenttransport voornamelijk in NO richting gericht. Het sedimenttransport in het gebied is echter vrij klein, maximum 4.10^{-5} $m^3/s/m$ tijdens springtij bij zomercondities en niet meer dan 3.10^{-6} $m^3/s/m$ tijdens doodtij bij zomercondities. Tijdens wintercondities (storm) is het maximaal sedimenttransport in het Rentel gebied 5.10^{-5} $m^3/s/m$ tijdens springtij.

0.3.1.1.2 Water

Er worden temperatuurwaarden teruggevonden tussen 0,05℃ en 19,8℃ (BMM, 2012). De gemiddelde watertemperatuur in het BDNZ is ongeveer 11℃. Er treden dus seizoenale variaties op met een grootteorde van 8 à 9℃ ten opzichte van de gemiddelde temperatuur.

De saliniteit in het BDNZ bedraagt gemiddeld 24-36 g/kg. Er is een lichte seizoenale variatie door de invloed van de riviertoevoer (Ospar, 2000a). De saliniteit aan het wateroppervlak is hoger en constanter (32 ppt) dan aan de zeebodem (25 tot 31 ppt).

Men kan voor het projectgebied aannemen dat de natuurlijke concentraties aan metalen relatief laag zijn. De belangrijkste organotinverbinding is tributyltin (TBT). Het is een biocide dat in het aquatische milieu als "antifouling" gebruikt wordt. De concentratie tributyltin offshore bedraagt <1 ng/l. Bunkerolie en smeerolie zijn de belangrijkste bronnen van olievervuiling in de Noordzee. De olielozing afkomstig van boringen voor de offshore olie- en gasindustrie is over de laatste 10 jaar sterk gereduceerd (tot meer dan 80%). De menselijke invloed op de nutriëntenbalans is voornamelijk merkbaar ter hoogte van de kustzone en minder detecteerbaar ter hoogte van het projectgebied.

De turbiditeit of helderheid van het zeewater wordt bepaald door de hoeveelheid zwevend (in suspensie) materiaal in het water. Specifieke informatie voor het projectgebied werd niet teruggevonden, maar monitoringscampagnes op de nabijgelegen Thorntonbank en Bligh Bank, tonen natuurlijke achtergrondwaardes van gemiddeld 4 mg/l tijdens zowel zomer als winter.

0.3.1.1.3 Autonome ontwikkeling

De klimaatverandering zal zorgen voor veranderingen in de stromingskarakteristieken op het BDNZ (Van den Eynde *et al.*, 2009) en in de chemische eigenschappen van het zeewater. Zelfs op de termijn van de exploitatie periode zullen al veranderingen merkbaar zijn. Zo wordt bijvoorbeeld een algemene zeespiegelstijging ten gevolge van het broeikaseffect verwacht van 1 m tegen 2100 (Reid *et al.*, 2011).

Een toename van extreme stormen zou zeer zeker een invloed hebben op de sedimentdynamiek aangezien sedimenttransport in grote mate plaatsvindt tijdens extreme hydraulische condities. Echter, analyses uitgevoerd door Van den Eynde *et al.* (2012) toonden geen significante toename in het voorkomen van extreme windsnelheden. Ook een toename in golfhoogte, het aantal stormen en de stormintensiteit is nog onzeker voor de Belgische kustwateren.

Verder kan verwacht worden dat de antropogene invloed op de waterkwaliteit in het mariene milieu verder zal dalen. Bijvoorbeeld zouden de concentraties aan TBT, zware metalen, nutriëntentoevoer via rivier, etc. een positieve dalende trend moeten tonen in de toekomst.

0.3.1.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

0.3.1.2.1 Effecten op de bodem

Constructiefase

Bij gebruik van monopiles of jacket funderingen zal voor de helft van de funderingen – ongeacht de configuratie – een nivellering van de zeebodem vooraf moeten gebeuren. Het gebaggerd zand wordt hierbij permanent gestockeerd (13.300 m³/MP en 11.200 m³/JF) in het concessiegebied. Bij monopiles wordt hierna een erosiebescherming geplaatst.

Bij het plaatsen van gravitaire funderingen wordt eerst een funderingsput uitgebaggerd (90.000 m³/GBF). Na het aanbrengen van een funderingslaag wordt de GBF geplaatst, de funderingsput wordt verder heropgevuld (backfill) met het tijdelijk gestockeerd materiaal, waarna de GBF gevuld wordt met ballast. Indien geschikt gebeurt dit ook met het eerder gestockeerde materiaal. Nadien wordt een erosiebescherming aangebracht.

Tijdens de stockage zal ca. 30% van het zand verdwijnen door bagger- en dumpingverliezen. Ook bij het terug opvullen van de funderingsputten en de GBF met het gestockeerde materiaal zal opnieuw materiaal verloren gaan. Indien de Quartaire deklaag dunner is dan 7,5 m, en de stevige Tertiaire lagen (als aanzet van de fundering) eerder bereikt worden, dan kan de funderingsput minder diep gemaakt worden en moet er minder zand gebaggerd en gestockeerd worden.

Het zandoverschot vrijgekomen ofwel bij nivellering van monopile en jacket locaties ofwel bij het baggeren van funderingsputten bij GBF, moet gestockeerd worden op een zodanige locatie dat de globale morfodynamiek van het gebied zo minimaal mogelijk wordt gewijzigd. De maximale hoogte van de stockage is best in dezelfde grootteorde als de natuurlijke zandduinen in het gebied, en op een zo klein mogelijk oppervlak zodat de oppervlakte waarbinnen het benthos verstoord wordt, minimaal is (BMM, 2006a; BMM, 2007). Door te kiezen voor een stockage hoogte van 5 m wordt voldaan aan beide voorwaarden. Bij een monopile fundering neemt het permanent gedumpte zand, rekening houdend met bagger- en dumpingsverliezen een oppervlakte tot 10,6 ha (conf. 1) in wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m.

Bij jacket funderingen neemt het permanent gedumpte zand een oppervlakte tot 9 ha in (conf. 1), wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m. Bij GBF is het tijdelijk ingenomen oppervlak 72 tot 101 ha. Bij GBF funderingen worden de morfologische veranderingen als matig negatief beschouwd.

De stortlocatie wordt best zo dicht mogelijk bij de te installeren windturbines gekozen en ten ZW van de windturbines, zodat het gestockeerde zand via de overheersende vloedstromingen in NO richting de kans krijgt zich te verspreiden over het concessiegebied alvorens verder getransporteerd te worden. In het ZO deel van het projectgebied is de overheersende stroming ebgericht en zou de stortlocatie best ten NO van de windturbines gekozen worden. Deze differentiatie zal echter zeer moeilijk te maken zijn. De optie om te stockeren per turbine wordt – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – zowel vanuit morfologisch oogpunt (snellere verspreiding vanuit kleine hopen zand) als vanuit werk-technisch oogpunt (korte afstand tussen bagger- en losplaats) niet afgeschreven.

Bij het hergebruiken van het gestockeerde materiaal bij GBF, treden opnieuw bagger- en dumpingsverliezen op. Dus voor het opvullen van de funderingsputten en de GBF zal meer materiaal nodig zijn dan wat gestockeerd werd. Rekening houdend met verliezen van 30% zal per fundering ongeveer 88.600 m³ gebaggerd moeten worden om aan de vereiste 62.000 m³ backfill en infill te

komen. In het worst case scenario (configuratie 1) resulteert dit in een tekort van 2.048.200 m³ materiaal dat extra gebaggerd zal moeten worden. Dit effect wordt als matig negatief beschouwd.

De hypothetische kans op een accidentele lozing van verontreinigende stoffen in het water zal, gezien de heersende stromingscondities en het zandige karakter van de oppervlakkige bodemsedimenten geen aanleiding geven tot verontreiniging van de bodem.

Bij de aanleg van de erosiebescherming wordt enerzijds grind (kaliber 2-120 mm) gebruikt, anderzijds breuksteen (kaliber 50-540 mm). Bij het gebruik van geologisch zuivere materialen voor de erosiebescherming worden (vrijwel) geen effecten verwacht op de chemische bodemkwaliteit.

Operationele fase

Door een erosiebescherming aan te brengen worden erosiekuilen vermeden. Dergelijke erosiekuilen kunnen immers dimensies aannemen die de stabiliteit van de volledige windturbineconstructie in gevaar zouden brengen. Het aanbrengen van de erosiebescherming is dus een positieve maatregel voor de bodemstructuur en voor de bedrijfsvoering. Deze erosiebescherming vormt echter een heterogeniteit in de zandige bodem. Doordat de erosiebescherming qua niveau onder het oorspronkelijke niveau van de zeebodem wordt geplaatst, vormt de erosiebescherming geen verticale doorbreking van de bodemstructuur; er kan zelfs verwacht worden dat zand zich op natuurlijke wijze zal verplaatsen bovenop de erosiebescherming.

Hoewel er lokaal ter hoogte van de windturbines een verstoring zal optreden van het natuurlijke sedimenttransport, zal dit amper enig effect hebben op de globale natuurlijke processen in het concessiegebied. Daarvoor is immers het effect van elke constructie – door de aanwezigheid van de erosiebescherming – te gering en de afstand tussen de windturbines te groot. Het effect van de windturbines op de globale morfodynamiek van het BDNZ wordt als verwaarloosbaar beschouwd voor de verschillende configuratiealternatieven.

Het aanbrengen van de erosiebescherming is noodzakelijk voor de stabiliteit van de constructie en mitigeert de effecten op bodem van lokale erosie door de aanwezigheid van een constructie. Hoewel de erosiebescherming op zich een lokale heterogeniteit vormt t.o.v. de zandige zeebodem, wordt het aanbrengen van de erosiebescherming beschouwd als een gering negatief effect voor het milieu.

Ontmantelingsfase

Bij een monopile of jacket fundering die ingeheid werd zullen geen bijkomende effecten op de geologische bouw van de betreffende bodempakketten optreden of op de morfodynamiek gezien betreffende funderingen deels blijven zitten. In geval de suction bucket techniek gebruikt werd kunnen de funderingen zelfs volledig verwijderd worden. De putten kunnen opgevuld worden met zand of erosiebeschermingsmateriaal.

Bij gravitaire funderingen wordt alles weggehaald en blijft, per turbine, een put over. Ook hier zullen geen bijkomende effecten optreden op de geologie ten opzichte van de constructie- en operationele fase. Ook hier wordt voorgesteld deze op te vullen met zand, indien deze uitgraving zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie.

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming (niet van toepassing voor jacketfunderingen) zal op het einde van de exploitatie bepaald worden op basis van monitoring, de stand der techniek en op ondertussen opgedane ervaring. Bij het verwijderen ervan wordt de oorspronkelijke geologische bouw hersteld. Het laten zitten ervan creëert een blijvend geologisch artefact per turbinelocatie op het BDNZ.

Bekabeling

De parkkabels zullen door middel van jetting op 1 m diepte geplaatst worden. De exportkabel zal buiten de vaargeul waarschijnlijk door ploegen geplaatst worden op 2 m onder de zeebodem. In de vaargeul zal een combinatie van baggeren en jetten of ploegen vereist zijn. De impact van de aanleg van de kabels is verwaarloosbaar.

De kabels worden voldoende diep gelegd zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Op plaatsen met Tertiaire klei wordt de diepte eventueel beperkt tot 1 m, afhankelijk van de haalbaarheid. Doorgaans zijn Tertiaire lagen meer gecompacteerd en bevatten ze meer kleihorizonten dan de Quartaire deklagen die ze bedekken. Bij het doorkruisen van dergelijke zones kan tijdelijk en lokaal een hogere turbiditeit in het water ontstaan (zie discipline 'Water').

Schade aan kabels door ankers t.h.v. vaargeulen zal worden vermeden door het leggen van de kabel in de vaargeul op een gepaste diepte. Bovendien wordt het kabeltracé jaarlijks gemonitord om een eventueel vrijkomen van de kabel tegen te gaan. Een mogelijk effect door lokale erosie waarbij de kabels als obstructie op de zeebodem optreden wordt als gering negatief beoordeeld.

De keuze over het al dan niet verwijderen van de kabels zal later bepaald worden. Indien de kabels verwijderd worden, treden niet-significante effecten op vergelijkbaar met de effecten die optreden tijdens de constructiefase. Indien de kabels niet verwijderd worden, treden er geen effecten op.

Tenslotte, heeft aanwezigheid van de kabel een verwaarloosbare impact op de temperatuur van de bodem.

0.3.1.2.2 Effecten op water

Contructiefase

Tijdens de constructiefase – zowel voor de plaatsing van de kabels als van de windturbines – treden geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering. De effecten op stromingen en golven zijn zeer lokaal en verwaarloosbaar (BMM, 2007).

Evenals voor zware metalen, is de potentiële impact van het vrijkomen van organische polluenten uit de bovenste sedimentlaag tijdens de inrichting vrij gering, gezien er voornamelijk zand geëxtraheerd wordt met een laag percentage aan fijne deeltjes en organisch materiaal. Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78) voor afval sinds 1991 en voor olie sinds 1999, kan deze activiteit gezien het wettelijk verbod op lozen van afval en olie (door schepen groter dan 400 ton) niet leiden tot lozingen van afval of olie. Het baggeren kan een kleine tijdelijke toename van nutriënten in de waterkolom veroorzaken. De aangroeiwerende verf die wordt aangebracht op de schepen gebruikt tijdens de inrichtingsfase is TBT- vrij. Op temperatuur, opgeloste zuurstof, saliniteit wordt geen invloed verwacht.

Tijdens de constructie van de fundering zal een lokale verhoging van de turbiditeit kunnen vastgesteld worden, zowel bij het inheien van palen of bij gebruik van suction bucket methode als bij het baggeren en terugstorten van zand. Normaliter zal er gewerkt worden bij rustige (weinig opwoeling en stroming) weersomstandigheden, waardoor kan verondersteld worden dat de natuurlijke turbiditeit laag is. Dit betekent eveneens dat de bezinking van het opgewoelde sediment relatief snel zal optreden en in een geringe straal rondom de activiteiten.

In het kader van dit project werd een pluimmodelleringsstudie uitgevoerd om de turbiditeit tijdens het baggeren van een funderingsput voor een GBF te begroten (IMDC, 2012c, cf. externe bijlage). Het baggeren van een funderingsput van 90.000 m³ werd ingeschat op 14 cycli van baggeren en dumpen, wat in totaal ongeveer 1,5 dag duurt. De simulaties werden uitgevoerd tijdens een springtij om de worst-case effecten te benaderen. De modelresultaten tonen dat de achtergrondwaarde in de

regio van 4 mg/l (Van den Eynde, 2010) niet langer dan 3,5h (10% van de tijd) overschreden wordt tijdens de volledige baggerwerken van één funderingsput. Het is vooral de dumpactiviteit die de hoogste turbiditeit veroorzaakt. Tijdens die periode van 3,5h heeft de dumppluim een afstand van ongeveer 5 km afgelegd, tot buiten de grenzen van de concessiezone en voorbij de Nederlandse grens. De pluim zelf is nooit groter dan 800 m in doorsnede. In een scenario waarbij gedumpt wordt aan de zuidwest rand van het projectgebied, wordt de limiet van 10 mg/l buiten de Rentel zone overschreden voor slechts 2% van de tijd (40 min), en binnen de Rentel zone voor 7% van de tijd (2,5 uur). In een scenario met dumping centraal in het projectgebied wordt de 10 mg/l limiet niet overschreden buiten de Rentel zone. Er binnen, duurt de overschrijding in totaal slechts 2h (5% van de totale tijd).

De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stormen, een gering negatief effect.

Operationele fase

Er is geen significante invloed van een windturbineconstructie op de stroming. Een windturbine in de zee veroorzaakt een geringe verandering van de stroomsnelheid aan weerszijden van de paal en turbulentie aan de lijzijde van de paal. Ook de golfwerking zal geen noemenswaardige verandering ondergaan door de aanwezigheid van een funderingsconstructie en bovenliggende windturbine.

Er is geen langetermijn effect op de waterkwaliteit te verwachten. De kans op een accidentele lozing met acuut effect op de waterkwaliteit wordt als zeer gering beschouwd.

Op een niet-significante lokale turbiditeit na, vlakbij de fundering door het opwoelen van zand vlakbij de bodem, veroorzaakt de activiteit geen effect op de turbiditeit tijdens de exploitatie, ongeacht het type fundering.

Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase (die bestaat uit het verwijderen van de palen en het eventuele verwijderen van de erosiebescherming en ondergrondse park- en exportkabels) zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase.

Bekabeling

Het aanleggen van park- en exportkabels zal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. De impact wordt echter voor beide types kabels en uitvoeringswijzen als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld.

Tijdens de operationele fase hebben ondergrondse kabels geen invloed op de turbiditeit. Enkel indien de kabel na verloop van tijd zou vrijkomen op een bepaalde plaats, kan lokaal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit optreden bij het opnieuw begraven van de kabel.

0.3.1.3 Milderende maatregelen

Om de impact van het gestockeerde materiaal te verminderen wordt er de voorkeur aan gegeven om de oppervlakte van de verstoring zo klein mogelijk te houden, maar er wordt beter niet hoger gestockeerd dan de natuurlijke zandduinen in de omgeving. Een goede afstemming van de deeltrajecten is hoe dan ook een vereiste bij het tussentijds stockeren van zand, dit om diverse verliezen zo veel mogelijk te beperken.

Als onderdeel van het globale veiligheidsysteem, dient er een duidelijke procedure beschikbaar te zijn die beschrijft op welke manier en door wie acties worden ondernomen op het moment dat er tijdens

de inrichting, exploitatie of ontmanteling een calamiteit ontstaat met nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit (bvb. olielek).

0.3.2 Klimaat en Atmosfeer

0.3.2.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

België kent over het algemeen een gematigd zeeklimaat met vrij veel regen en wind, en kleine temperatuursvariaties tussen de verschillende seizoenen. De klimaatskarakteristieken die heersen aan land gelden in grote mate ook voor het klimaat ter hoogte van het geplande windmolenpark. Op zee is er echter gemiddeld een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. Gemiddeld ligt de windsnelheid er op een hoogte van 100 m boven de zeespiegel op 8,5 tot 10 m/s en is de overheersende windrichting (W)ZW.

Met betrekking tot het globale klimaat zijn in het kader van dit project vooral het broeikaseffect en de opwarming van de aarde van belang. De stijging van de atmosferische concentraties aan CO_2, CH_4 en N_2O is veruit de belangrijkste oorzaak van de opwarming van het klimaat. Om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen moet er omgeschakeld worden naar milieuvriendelijke energie, zoals zonne-energie, biomassaenergie, windenergie, etc.

Uit gegevens van de VMM meetstations voor de luchtkwaliteit blijkt dat voor de relevante parameters (SO_2, NO_x, stof, ozon en CO) ruim aan de luchtkwaliteitdoelstellingen wordt voldaan en er bijgevolg voldoende draagkracht is om het effect van bijkomende emissies op te vangen.

Wat betreft de luchtkwaliteit, kan gesteld worden dat de emissies, die een gevolg zijn van het materiaalgebruik, de constructie en ontmanteling van het windmolenpark niet zullen plaatsvinden bij een autonome ontwikkeling. Bijgevolg zal er geen tijdelijke beïnvloeding zijn van de lokale luchtkwaliteit. Daarentegen zullen de potentieel vermeden emissies die de elektriciteitsproductie door het windmolenpark zou opleveren, wel gerealiseerd worden en zal de CO_2-concentratie in de atmosfeer zonder verregaande reductiemaatregelen verder toenemen.

0.3.2.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

0.3.2.2.1 Constructiefase

Gedurende de installatie van het windmolenpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen relevante effecten ondervinden.

De constructiefase omvat niet enkel de eigenlijke bouw van het windmolenpark, maar begint al bij de winning van de grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van de windturbines. Deze fase omvat ook de productie van de onderdelen, de eventuele premontage van de windturbines en onderdelen in een nabijgelegen haven, het transport naar het concessiegebied en de eigenlijke constructie van het windmolenpark. De energieconsumptie en de daaraan gekoppelde emissies zijn tijdens de productiefase beduidend groter dan tijdens de transport- en bouwfase.

Voor de complete constructie van de turbines en het windmolenpark zullen de bijkomende emissies een verwaarloosbare negatieve invloed hebben op de luchtkwaliteit.

0.3.2.2.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het turbinepark. Door het afsluiten van de Belgische windconcessiezone voor de scheepvaart, zullen

schepen wel langere afstanden moeten afleggen. Dit heeft echter maar een zeer beperkte extra uitstoot van broeikasgassen tot gevolg.

Het belangrijkste effect tijdens de operationele fase is evenwel de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van het windmolenpark niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. In de praktijk zullen deze emissies niet strikt vermeden worden, maar zal de toename van de totale emissies afgeremd worden.

De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke elektriciteitsproductie bedragen 4,2% (900 GWh) tot 7,9% (1.700 GWh) van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor gecombineerde klassieke en nucleaire productie, bedragen 2,3% tot 4,3% van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten.

Indien de elektriciteitsproductie door dit windmolenpark effectief aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van de elektriciteitsproductie op land door middel van klassieke thermische productie, zal dit leiden tot een significant positief effect op de luchtkwaliteit op het land in het algemeen en het broeikaseffect en de zure depositie in het bijzonder. In werkelijkheid zal het project wellicht enkel leiden tot een afremmen van de stijgende emissies die bijdragen tot het broeikaseffect.

De positieve impact op het broeikaseffect zal op wereldschaal verwaarloosbaar zijn, maar de emissiereductie is niet onbelangrijk in het licht van de Belgische reductiedoelstellingen voor CO_2. De Europese Unie heeft voor België een nieuwe doelstelling vastgelegd op een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de niet-ETS sectoren met minstens 15% in 2020 ten opzichte van 2005 (LNE, 2012). Hoewel het Derde Vlaams Klimaatsbeleidplan voor die periode nog niet concreet is opgesteld, zullen de effectief vermeden emissies tengevolge van het windmolenpark significant bijdragen tot het behalen van deze doelstelling.

Ook voor SO_2 en NO_x werden in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG) reductiedoelstellingen vooropgesteld. Voor 2010 werden aan België emissieplafonds voor SO_2 en NO_x opgelegd van respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar. De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen respectievelijk 0,63 tot 1,18% van het emissieplafond voor SO_2 en 0,36 tot 0,68% van het emissieplafond voor NO_x, wat eveneens significant is. In de thematische strategie luchtverontreiniging van de Europese Commissie is een herziening van de NEC-richtlijn voorzien. Deze herziening houdt geen aanpassing in van de emissieplafonds van 2010, maar wel dat emissieplafonds zullen opgelegd worden voor 2020. De herziening van de NEC-richtlijn werd nog niet afgerond.

De effecten van het windmolenpark op het lokale windklimaat (windsnelheid, turbulentie) zullen beperkt blijven tot relatief lokale effecten. Ook het negatieve effect van de warmteafgifte van de ingegraven kabels op het lokale temperatuursklimaat zal beperkt blijven tot de zeer nabije omgeving in de bodem.

0.3.2.2.3 Ontmantelingsfase

Gedurende de ontmanteling van het windmolenpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen effecten ondervinden.

De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik omdat ca. 80% van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. De winning van nieuwe grondstoffen wordt hierdoor beperkt.

De impact op de luchtkwaliteit als gevolg van emissies van vaartuigen die worden ingezet bij de ontmanteling is - zoals in de constructiefase - lokaal (ter hoogte van de locatie waar de windturbines staan), beperkt in de tijd en zeer beperkt in vergelijking met de totale emissies door scheepvaart in het Kanaal, zodat de negatieve impact op de luchtkwaliteit gering is. Bovendien kan worden aangenomen dat de transport emissies tijdens de afbraakfase per transporteenheid lager zullen zijn dan bij de aanlegfase de emissiefactoren van transportschepen binnen zowat 20 à 25 jaar aanzienlijk lager zullen liggen dan momenteel het geval is.

0.3.2.3 Milderende maatregelen

Gezien de windturbines globaal gezien verantwoordelijk zijn voor een significante emissiereductie in vergelijking met klassieke centrales op land en de impact op de luchtkwaliteit tijdens de constructie- en ontmantelingsfase beperkt blijft, dringen milderende maatregelen en compensaties met betrekking tot de discipline atmosfeer zich niet op.

0.3.3 Geluid en trillingen

0.3.3.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Zowel op zee (offshore), als aan de kustzijde (onshore), is het lawaai van de golven bepalend voor het achtergrondgeluidsniveau boven water. Tijdens een stille zee worden de laagste geluidsniveaus verwacht met een achtergrondgeluidsniveau van ca. 45 dB(A) aan de Thorntonbank en ca. 35 à 40 dB(A) tijdens de nachtperiode nabij appartementsblokken aan de kustzijde. Bij zwaardere zee kunnen zich hier bovenop geluidsverhogingen van meer dan 10 dB(A) voordoen. Op 25 m van de kustlijn ligt het achtergrondgeluidsniveau tussen 50 tot 65 dB(A). Bovendien is het geluidsniveau afhankelijk van de windrichting en de windsnelheid. De hoogste geluidsniveaus worden waargenomen bij wind vanuit de zee, en bij toenemende windsnelheden.

Onder water wordt het omgevingsgeluid bepaald door enerzijds natuurlijke geluiden anderzijds door antropogene geluiden. Bij gunstige weersomstandigheden (2-3 Beaufort, zeegang 1-2, kabbelende tot licht golvende zee) werd aan de Thorntonbank een natuurlijk achtergrondgeluidsniveau van ongeveer 95 tot 100 dB (re 1µPa) opgemeten in het frequentiegebied van 10 tot 2.000 Hz. Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort, zeegang 2-3, licht golvende tot golvende zee) steeg het laagfrequent ruisniveau tot 130 dB. In de zomerperiode kan het achtergrondgeluidsniveau bovendien met 7 dB toenemen. Voorbijvarende schepen kunnen voor een tijdelijke verhoging zorgen van het achtergrondgeluidsniveau (tot +10 dB op het max. achtergrondgeluidsniveau) in hetzelfde frequentiegebied.

Op het gebied van geluid en trillingen is er globaal gezien geen significante verandering te verwachten bij de autonome ontwikkeling van het gebied. Het onderwatergeluid zal weinig evolueren doordat er geen toename van de scheepvaart verwacht wordt in het projectgebied (in het geval het Rentel windmolenpark niet zou gebouwd worden). Enkel de (verdere) constructie en de exploitatie van de windmolenparken van C-Power, Belwind, Northwind en Norther zullen voor een verandering zorgen.

0.3.3.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

0.3.3.2.1 Constructiefase

Wat de specifieke aspecten van de bouwwerkzaamheden betreft, kunnen er drie relevante geluidsbronnen worden onderscheiden: het heien van de funderingen (voor monopile of jacket

fundering), baggeren (voor gravitaire fundering en de helft van de monopile en jacket funderingen) en scheepvaart (voor transport van funderings- en turbine-elementen).

Boven water

De werking van een heimachine is zeer luidruchtig. Voornamelijk het sterk pulserend karakter kan zeer storend werken (30-60 slagen per minuut met elke slag een duur tussen de 50 en 100 ms). Op korte afstand van een hydraulische heimachine (circa 15 m) kunnen geluidsdrukniveaus voorkomen van 106 dB(A). Dit zijn echter maximale geluidsniveaus (piekniveau) tijdens de slag. Het huidig geluidsniveau van 50-65 dB(A) op 25 m van de kustlijn wordt echter niet verhoogd door de slag van het heiblok.

Baggertuigen, zijn in tegenstelling tot een voorbijvarend schip, een continue geluidsbron voor meerdere dagen per week in een bepaalde exploitatiezone. In een matig belastende situatie plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 0,6 km en op een afstand van 1,1 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A) bij werking van één baggerwerktuig in het projectgebied. Zelfs indien meerdere baggertuigen simultaan worden ingeschakeld blijft het specifieke geluid aan de kustlijn nog steeds ruim onder het huidig achtergrondgeluidsniveau.

Een voorbijvarend schip zal een tijdelijke verhoging van het omgevingsgeluid onder en boven water veroorzaken. Echter, de invloed van de bijkomende schepen op het huidige totale omgevingsgeluid boven water is op zee globaal verwaarloosbaar ten opzichte van de huidige scheepvaart.

Onder water

Bij het heien van de funderingspalen bij monopile en jacket funderingen is het brongeluid dat onder water wordt waargenomen sterk afhankelijk van de diameter en de lengte van de paal, de lokale geologie en bathymetrie. De eerste twee factoren zijn van invloed op de hoeveelheid energie die nodig is om de paal in te heien, de laatste factor bepaalt de efficientie waarmee geluid verspreid wordt. Het gebruik van meerdere werktuigen voor het simultaan heien van palen kan aanleiding geven tot een potentiële uitbreiding van de impactzone. Uit literatuurgegevens volgt dat er tijdens het heien gemiddeld een geluidsniveau van 250 dBp-p (re 1 µPa) op 1 m afstand aanwezig is bij een paaldiameter van 4-5 m. Hieruit volgt dat er tijdens het heien van de funderingen op 20 km nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1 µPa).

Tijdens het baggeren zal het onderwatergeluid bij gunstige weersomstandigheden tot op enkele kilometers van de bron significant hoger zal zijn dan het aanwezig achtergrondgeluidsniveau.

De invloed van de bijkomende schepen op het huidige onderwatergeluid op zee is globaal verwaarloosbaar ten opzichte van de huidige scheepvaart.

0.3.3.2.2 Operationele fase

Boven water

In een matig belastende situatie plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 0,9-1,3 km en op een afstand van 1,9-2,5 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Aan de rand van de veiligheidszone (zone van 500 m rond het park) zal het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A). Dit is vergelijkbaar met het geluidsniveau veroorzaakt door licht autoverkeer op 30 m, regen, koelkast, afwasmachine, omgevingsgeluid in het bos.

Het specifieke geluid berekend ter hoogte van een waarnemer aan de kust bedraagt ca. 0-13 dB(A) afhankelijk van het gekozen scenario voor het Rentel windmolenpark.

Onder water

Rekening houdende met een transmissieverlies van Thiele zal er op een afstand van 500 m (= grens veiligheidszone) van de windturbine onder water een transmissieverlies van 40 dB voorkomen, waardoor het specifieke geluid van een windturbine onder water vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid (zoals reeds eerder opgemeten aan de Thorntonbank). Voor een groep van windturbines, zoals opgemeten in de Baltische Zee, kan op een afstand van 500 m van het windmolenpark een max. geluidsniveau onder water van 110 dB worden verwacht, dit bij een windsnelheid van 8-10 m/s (5 Beaufort).

Er wordt slechts een gering negatief effect verwacht tengevolge van het onderwatergeluid tijdens de exploitatie voor alle beschreven uitvoeringsscenario's. De relatieve impact t.o.v. de windconcessie of het BDNZ is dan ook verwaarloosbaar.

0.3.3.2.3 Ontmantelingsfase

Bij de ontmanteling van het windmolenpark worden monopile en jacket funderingsstructuren ontmanteld tot op 2 m beneden de zeebodem. De bodem rond de turbine wordt afgegraven en vervolgens wordt de windturbine afgezaagd. Het gebruik van een zaagmachine onder water zal zorgen voor een verhoogd geluidsniveau onder water. Bij een gravitaire fundering wordt deze leeggemaakt en in zijn geheel afgevoerd naar het land. De geluidsemissie van de werktuigen is beperkter dan voor een monopile of jacket fundering.

Door het afvoeren van de windturbines per schip zal er een tijdelijke verhoging zijn van het vrachtvervoer op zee vergelijkbaar met de constructiefase.

0.3.3.2.4 Bekabeling

Tengevolge van de bekabeling wordt een tijdelijke verhoging van het geluid verwacht zowel boven als onder water. Deze toename is slechts van één schip afkomstig, zal bovendien over een korte tijd waargenomen worden en zich daarenboven verplaatsen in functie van de ligging van het schip. De verhoging van onder- en bovenwatergeluid zal een verwaarloosbaar effect hebben t.o.v. de dagelijkse geluidsimmissie door de scheepvaart op de Noordzee.

0.3.3.3 Milderende maatregelen

Voor de bescherming van het leefmilieu van de fauna onder water kunnen bij het aanleggen van offshore windmolenparken verschillende milderende maatregelen worden aangegeven. Deze worden meer in detail besproken in het hoofdstuk 'Fauna, flora en biodiversiteit'.

Het aantal waarnemers op zee (offshore) die het geluid van de windturbines frequent zullen waarnemen is zodanig beperkt, dat het evenmin nuttig is om milderende maatregelen voor te stellen voor het bovenwatergeluid.

0.3.4 Fauna, flora en biodiversiteit

Het onderdeel fauna en flora behandelt vier verschillende groepen organismen, namelijk het benthos (macro- en epibenthos), vissen, vogels en zeezoogdieren. Aangezien harde substraten een nieuw habitat vormen met een specifieke fauna en flora, wordt deze besproken als een additionele vijfde groep.

0.3.4.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

0.3.4.1.1 Benthos en vissen

Mariene bodemdieren (of benthos) spelen een belangrijke rol in het voedselweb. Het benthos wordt hier verder opgesplitst in macrobenthos, zijnde organismen >1 mm die in de bodem leven; en epibenthos, organismen die op de bodem leven. Ze vormen de prooi voor talrijke andere organismen zoals demersale vissen. Daarnaast vormen ze een belangrijke bijdrage tot de productiviteit en de biodiversiteit van de zee, en zijn als dusdanig een belangrijke indicator voor de gezondheid van het marien milieu. De studie van de vissen legt de nadruk op de demersale vissen. Deze groep van vissen zal namelijk het meeste rechtstreekse hinder ondervinden van de geplande activiteiten.

De beschrijving van de referentiesituatie en de effecten op het bentos en de vissen is voornamelijk gebaseerd op studies uitgevoerd in het kader van het C-Power project naar de referentietoestand op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) en de monitoring resultaten van jaar 1 (Reubens *et al.*, 2009a, Vandendriesschie *et al.*, 2009), jaar 2 (Coates & Vincx, 2010; Derweduwen *et al.*, 2010) en jaar 3 (Coates *et al.*, 2011; Vandendriessche *et al.*, 2011; Reubens *et al.*, 2011). Vervolgens is een beroep gedaan op andere recente studies (incl. monitoringsrapporten) die data van verschillende onderzoeksprojecten gecompileerd hebben om te komen tot een gebiedsdekkende beschrijving van de benthosgemeenschappen op het BDNZ.

Langsheen de onshore-offshore gradiënt van het BDNZ kunnen vier algemeen voorkomende macrobenthische gemeenschappen worden onderscheiden. Daartussenin worden nog zes overgangsgemeenschappen gedefinieerd. Deze gemeenschappen worden elk gekenmerkt door karakteristieke soorten, diversiteit en dichtheid, en worden elk in een specifieke en goedgedefinieerde omgeving waargenomen. Op basis van het habitatgeschiktheidsmodel van Degrear *et al.* (2008) blijkt dat het projectgebied voornamelijk geschikt is voor de armere *N. cirrosa* en *O. limacina* gemeenschappen, en in beperkte mate voor de rijke *A. alba* gemeenschap. Aangezien deze voorspellingen gebaseerd zijn op een model, kan de effectieve verspreiding van de gemeenschappen niet met zekerheid worden weergegeven.

Volgens de biologische waarderingskaart wordt het projectgebied gekenmerkt door een gemiddelde tot hoge biologische waarde voor het macrobenthos (Derous *et al.*, 2007). In Degraer *et al.* (2009) wordt de Thorntonbank niet weerhouden als potentieel habitatrichtlijngebied (habitattype 1110 – zandbanken) met bijzondere ecologische waarde. De Lodewijkbank komt echter wel in aanmerking als potentieel habitatrichtlijngebied, op basis van de biologische waarde en densiteit van het *N. cirrosa* biotoop. Voor de vorming van *Lanice conchilega* aggregaties is het projectgebied slechts in beperkte mate geschikt.

Alle analyses betreffende de soortensamenstelling, densiteit, biomassa, diversiteit en lengte frequentie van het epibenthos toonden een duidelijk verschil aan tussen de zandbankstations en de geulstations op de Thorntonbank, waarbij hogere (tot zes keer hoger) densiteiten werden genoteerd in de geulen. Stalen uit geulen vertoonden echter wel een grotere onderlinge variatie dan zandbankstalen. De aangetoonde seizoenale, interannuele en ruimtelijke variatie was vooral het gevolg van wisselende proporties van een aantal algemene epibenthische soorten zoals de Grijze garnaal, twee soorten slangsterren, Heremietkreeft, Zwemkrab, Sepiola en Dwergpijlinktvis. De aanpalende geulen zijn dus in het algemeen diverser en rijker dan de zandbanken zelf, maar in vergelijking met de rijkere kustgebieden blijft het projectgebied toch van minder ecologisch belang.

Dezelfde redenering is geldig voor de demersale vissen, de geulen zijn diverser en rijker dan de zandbanken, vooral in de lente. In het voorjaar waren in termen van densiteit de belangrijkste soorten Sprot en Haring, naast Rasterpitvis. Het najaar werd overheerst door Horsmakreel, Kleine pieterman,

beide pitvissen, Dikkopje, Dwergtong en Schar. Visdensiteiten waren algemeen hoger in de herfst dan in de lente (met uitzondering van de haringachtigen).

De Thorntonbank blijkt tevens een belangrijk paaigebied te zijn voor Sprot en Haring, en in iets mindere mate voor onder andere schar en dwergtong (De Maersschalck *et al.*, 2006; Ter Hofstede *et al.*, 2005). Deze eerste twee soorten werden echter vnl. op de toppen van de zandbanken gevonden. Bijkomend onderzoek zou echter nodig zijn om deze trends te bevestigen voor het projectgebied.

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat de benthosgemeenschappen en de demersale visfauna niet wezenlijk zouden veranderen indien geen windmolenpark gebouwd en geëxploiteerd zou worden. Lange termijn trends en de recente monitoringsresultaten tonen namelijk geen significante wijzigingen in dominante soorten, enkel een algemene stijging in densiteit en soortenrijkdom. Andere activiteiten zoals visserij en aggregaatextractie, net als de klimaatsveranderingen, kunnen echter wel een invloed hebben op deze gemeenschappen.

0.3.4.1.2 Vogels

Vanaf de periode 2008-2009 werd het Rentel concessiegebied intensief gemonitord langs het traject Thorntonbank – Lodewijkbank. De resultaten van deze tellingen tonen het groot ornithologisch belang van dit zeegebied aan. Ook volgens de biologische waarderingskaart van Derous *et al.* (2007) heeft het projectgebied een hoge tot zeer hoge ecologische waarde. Meerdere soorten zeevogels komen er in hoge dichtheden voor, zoals Jan-van-gent, Kleine mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Alk en Zeekoet (Vanermen & Stienen, 2009). Deze soorten kunnen eerder als wijdverbreide en algemene soorten voor het BDNZ worden beschouwd, waarbij de impactzone niet van specifiek belang is voor hen, maar omwille van hun algemeen voorkomen worden zij toch als geschikte monitoringsoorten beschouwd (Vanermen *et al.*, 2010). Daarnaast is de Thorntonbank ook van belang voor enkele minder algemene en Europees beschermde zeevogels zoals Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief. Deze drie soorten staan namelijk op Bijlage I van de Europese Vogelrichtlijn. Voor de Grote jager, Roodkeelduiker, Fuut, Noordse stormvogel, Zwarte zee-eend en Zilvermeeuw is de Thorntonbank van minder belang.

Bij het niet installeren van het Rentel windmolenpark mag verondersteld worden dat de waarde voor vogels van de site nagenoeg hetzelfde zal blijven. De aanwezigheid van de naburige windmolenparken kan de autonome ontwikkeling echter beïnvloeden.

0.3.4.1.3 Zeezoogdieren

De zoogdiersoorten die in de Belgische wateren als inheems beschouwd worden, zijn de Bruinvis, de Gewone en Grijze zeehond, de Tuimelaar en de Witsnuitdolfijn (Haelters, 2009; 2010). Tot 2003 werden zeezoogdieren slechts sporadisch waargenomen tijdens zeevogeltellingen in de Belgische mariene wateren (Courtens *et al.*, 2006). Hierbij ging het hoofdzakelijk om zeehonden (zowel de Gewone als de Grijze zeehond) en Bruinvissen. Sinds het voorjaar van 2003 worden in toenemende mate zeezoogdieren gemeld, waarbij vooral het grote aantal Bruinvissen en Witsnuitdolfijnen in het oog springen. De oorzaak voor dit verschijnsel dient mogelijk gezocht te worden in de sterk verslechterde voedselomstandigheden in het noordelijkere verspreidingsgebied van deze soorten, hoewel andere oorzaken niet kunnen worden uitgesloten (Courtens *et al.*, 2006).

Alle zeezoogdieren zijn beschermde soorten. België heeft voor de zeezoogdieren verplichtingen op zich genomen om ze te beschermen en om negatieve impacten zoveel mogelijk te vermijden. Walvisachtigen en zeehonden zijn namelijk soorten die opgenomen zijn in de Europese Habitatrichtlijn Bijlage II en IV. Dit betekent dat ze niet opzettelijk verstoord mogen worden tijdens de overwintering, voortplanting en trek (artikel 12). Verder heeft België ook in het kader van ASCOBANS

(Overeenkomst inzake de bescherming van de kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee) aanvaard dat de partijen zouden streven naar het vermijden van significante verstoring, in het bijzonder van akoestische aard (Conservation and Management Plan in de Bijlage van de Overeenkomst) (BMM, 2007).

Tijdens de migratie maakt een groot deel van de Noordzeepopulatie van de Bruinvis gebruik van het BDNZ. Daarom wordt het BDNZ seizoenaal als belangrijk beschouwd voor de Bruinvis binnen Europa, voornamelijk in de late winter tot het vroegere voorjaar (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2010b). Gezien de Bruinvis in veel grotere aantallen dan de overige zeezoogdiersoorten voorkomt in het BDNZ, en gezien de Bruinvis zeer gevoelig blijkt te zijn voor verstoring, wordt de focus voor de effectbeschrijving gelegd op de Bruinvis.

0.3.4.1.4 Harde substraten

Op dit moment bevinden er zich nog geen harde substraten in het concessiegebied van Rentel en dient er strikt genomen geen referentiesituatie te worden besproken voor de fauna van harde substraten. Om de bespreking van de effecten van het toekomstig windmolenpark te verduidelijken, wordt er echter hier al een beschrijving van de referentietoestand van de zes aanwezige turbines op de Thorntonbank gegeven.

De staalnamemethodiek en de resultaten van de monitoring van epifauna en visgemeenschappen van harde substraten op de Thorntonbank zijn beschreven door Kerckhof *et al.* (2009, 2010, 2011) en Reubens *et al.* (2009b, 2010, 2011). Epifauna wordt hier beschouwd als alle organismen (>1 mm) levend op harde substraten (funderingen, turbines, erosiebescherming).

Het kolonisatieproces van de eerste 6 windturbines op de Thorntonbank verliep snel en intens. Na ongeveer 3,5 maand bleek het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en dat was ook het geval voor de intertidale zone (Kerckhof *et al.*, 2009). In 2008 was er reeds een duidelijke dieptezonering waar te nemen met een intertidale – spatzone, een overgangszone met *Jassa* zeepokken en een uitgebreide subtidale zone (soortenrijkst) met o.a. het mosdiertje *E. pilosa* en verschillende kleine mobiele soorten als krabben, kleine garnalen, wormachtigen, vlokreeftjes en zeeanemonen. In totaal werden 75 taxa (meestal soorten) geïdentificeerd waarvan 13 soorten alleen in het intertidaal aangetroffen werden (Kerckhof *et al.*, 2010). Tweeënveertig soorten waren nog niet in eerder onderzoek aangetroffen. Naast de reeds vastgestelde dieptezonering, kon in de structuur van de aangroeigemeenschap een sterke seizoenale invloed vastgesteld worden. In vergelijking met de resultaten van 2008 (Kerckhof *et al.*, 2009) werd de onderverdeling van de zonering in het intertidaal gedetailleerder: in de zomer van 2009 had zich in de *Jassa* – zeepokken zone een duidelijke mosselzone gevestigd en in de spatzone was een zone met gewone zeepokken ontstaan. Macroalgen bleven zeldzaam.

Een soortenaantal van 75 is in vergelijking met andere harde substraten vrij hoog voor het BDNZ zeker gezien de beperkte kolonisatieperiode van de funderingen. Ondanks verschillen in het substraat tonen deze eerste resultaten aan dat de globale structuur van de aangroeigemeenschap op de funderingen op de windmolens op de Thorntonbank gelijkaardig is aan die aangetroffen op de funderingen van windmolens in Duitsland, Denemarken en Nederland en op andere harde substraten in de Noordzee (Kerckhof *et al.*, 2010). Daarnaast bleken er in 2011 reeds 8 niet–inheemse soorten aanwezig (Kerckhof *et al.*, 2011).

De eerste resultaten voor de visgemeenschappen van harde substraten in België werden verkregen door Reubens *et al.* (2010). In totaal werden zeven verschillende vissoorten aangetroffen, waarvan vier soorten regelmatig: Steenbolk, Kabeljauw, Horsmakreel en Makreel. De visuele observaties, uitgevoerd tussen juli en oktober, toonden aan dat een populatie van minimum 29 000 Steenbolken

aanwezig was rond één windturbine. Ook de prooisoorten van de Steenbolk (*Jassa herdmani* en *Pisidia longicornis*) komen in zeer hoge densiteiten voor als epifauna op de funderingen van de windmolens. (Reubens *et al.*, 2010).

Onderzoek van Reubens *et al.* (2011) naar het gedrag en habitatgebruik van Kabeljauw in de buurt van windmolens suggereerde dat enerzijds dat ze er tot aangetrokken worden, en anderzijds dat de kleinschalige ruimtelijke verspreiding (i.e. habitat keuze) van individuele Kabeljauw wordt beïnvloed door de diurnale cyclus. Uitgebreider onderzoek is echter noodzakelijk.

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat het aantal harde substraten als potentieel habitat voor epifauna en vissen in de toekomst verder zal toenemen ten gevolge van het aantal (nieuw) vergunde windmolenparken en de mogelijkheden die gecreëerd worden voor de productie van tweeklepige weekdieren in hangculturen (KB 07/10/2005). Tenslotte vormen ook wrakken een uitgelezen habitat voor epifauna en visgemeenschappen van harde substraten, maar hier wordt geen toename in aantal verwacht.

0.3.4.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

0.3.4.2.1 Benthos

Algemeen kan gesteld worden dat de effecten voor het macrobenthos en epibenthos gelijkaardig zullen zijn. Bijgevolg worden ze hier dan ook samen besproken als benthos.

Constructiefase

De effecten die kunnen optreden tijdens de constructiefase zijn biotoopverlies en verstoring, verlies aan organismen, sedimentatie en geluid en trillingen. Met uitzondering van de vernietiging van biotoop en organismen, zijn de andere effecten tijdelijk.

Door de installatie van de funderingen en de erosiebescherming van de windturbines en de twee OHVS (offshore hoogspanningsstation) wordt een gedeelte van het oorspronkelijk zachte biotoop (voornamelijk zand met hier en daar grindbedden) door nieuwe structuren ingenomen en/of wordt het biotoop vernietigd bij nivellering of het baggeren van funderingsputten (direct biotoopverlies). Daarnaast is er ook een al dan niet tijdelijke biotoopverstoring tengevolge van stockage van het uitgebaggerde zand in geval van o.a. de gravitaire funderingstechniek (indirecte biotoopverstoring). De biotoopverstoring is afhankelijk van het aantal structuren, het funderingstype en de dimensies van de erosiebescherming.

Voor de monopiles en jacket funderingen waarbij niet genivelleerd wordt, is het direct biotoopverlies per turbine respectievelijk 1.018-1.104 m² en 16-28 m² (oppervlakte afhankelijk van het type turbine en aanwezigheid erosiebescherming), terwijl dit voor de gravitaire fundering ca. 26.350 m² is. Voor de monopiles en jacket funderingen waarvoor eerst genivelleerd wordt, bedraagt het direct biotoopverlies respectievelijk 9.450 m² en 9.400 m² per turbine. Al naargelang het type fundering zal het totale directe verlies aan zandig biotoop door het volledige windmolenpark (inclusief transformator stations) variëren tussen 5 ha (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) en 312 ha (conf. 1, GBF) of respectievelijk 0,3%-11,6% van het concessiegebied. Het direct biotoopverlies varieert dus van praktisch onbestaande (MP met dynamisch erosiebescherming) tot matig negatief (GBF).

Bij de keuze voor gravitaire funderingen komt een substantiële verstoring van het biotoop door het - al dan niet tijdelijk - stockeren van het uitgebaggerde zand (ca. 63.000 m³/GBF). Voor de monopiles en jacket funderingen waarvoor genivelleerd zou moeten worden, bedraagt het te storten volume respectievelijk ca. 13.300 m³/MP en 11.200 m³/JF. De oppervlakte van de bodemverstoring ten

gevolge van de stockage is afhankelijk van het gekozen stockeringsscenario en varieert in een worst case scenario (conf. 1, GBF) tussen 504 ha (1 m stockage) en 101 ha (5 m stockage).

Er treedt duidelijk een schaalvergroting op van het totale biotoopverlies (direct en indirect) bij de keuze voor gravitaire fundering ten opzichte van de monopile of jacket fundering. Dit grote verschil is hoofdzakelijk te wijten aan het afwezig zijn of slechts beperkt voorkomen van indirect biotoopverlies voor stockage van zand bij de keuze voor een monopile of jacket fundering. Het scenario waarbij gekozen wordt voor een stockage van het uitgebaggerde zand (GBF) in een laag van 5 m betekent een daling van de verstoring met ongeveer 80%. De totale biotoopverstoring (erosiebescherming + stockage) in het scenario van 5 m stockage (meest waarschijnlijk) bij de gravitaire fundering blijft aanvaardbaar (9,1% (basisconf., GBF) tot 16,9% (conf. 1, GBF) van het concessiegebied), zeker in vergelijking tot het gehele BDNZ (< 0,1%). Het projectgebied wordt bovendien niet gekenmerkt door speciale natuurwaarden waardoor er kan besloten worden dat het verlies aan biotoop voor benthische organismen een gering (MP, JF) tot matig (GBF stockage 5 m) negatief effect zal hebben voor het mariene ecosysteem.

Het verlies aan benthische organismen is recht evenredig met het biotoopverlies/verstoring. Ondanks het ontbreken van site-specifieke data (biomassa en populatiestructuur) kan het letale effect afgeleid worden uit de gegevens van de referentiestudie van de Thorntonbank waarbij het verlies aan biomassa (macro- en epibenthos) geraamd wordt op ongeveer 33 g/m² (De Maersschalck *et al.*, 2006). Indien gekozen wordt voor een monopile of jacket fundering, wordt het negatieve effect als gering negatief beschouwd. In het geval van de gravitaire fundering krijgen we een significante stijging van het verlies aan organismen ten opzichte van de twee andere funderingstypes. Hier zal de invloed van de mortaliteit op de biomassa of op het functioneren van het plaatselijke ecosysteem naar verwachting een matig negatieve impact hebben. Herkolonisatie van het verplaatste zand (stockage) zal bovendien in alle waarschijnlijkheid binnen het jaar plaatsvinden. Doordat het gebied afgesloten wordt voor (boomkor)visserij, wordt ook een refugium gecreëerd voor het benthos. Het verlies van bodemorganismen ten gevolge van visserij (sterfte van 5-65%) wordt hierdoor vermeden (E-connection, 2007).

De baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de funderingen en het storten van het uitgebaggerde zand (gravitair) zorgen niet enkel voor een (tijdelijk) verlies aan biotoop, maar ook voor een verhoogde sedimentatie en turbiditeit in de onmiddellijke omgeving van de werken. Bovendien is het Rentel projectgebied gelegen in relatief helder Kanaal water met turbiditeitswaardes kleiner dan 10 mg/l (aangenomen achtergrondwaarde = 4 mg/l). Door de vertroebeling van de waterkolom dringt er minder licht door. Dit kan eventueel de groei (primaire productie) van het fytoplankton belemmeren waardoor mogelijks de voedselketen beïnvloedt wordt. Uit een baggerpluim modelleringsstudie (IMDC, 2012c als externe bijlage) blijkt dat bij het baggeren van één funderingsput, de achtergrond turbiditeit van 4 mg/l maximaal 10% van de totale uitvoeringstijd zal overschreden worden (3,5 uur). Concentraties hoger dan 4 mg/l worden niet verder dan 5 km van de dumpzone verspreidt, de pluim zelf is nooit groter dan 800 m in diameter. Er kan verondersteld worden dat de verstoring door sedimentatie ten gevolge van de baggeractiviteiten voor Rentel een matig negatief effect zal zijn indien gekozen wordt voor gravitaire funderingen. In het geval van monopile of jacket funderingen zal dit slechts een gering negatief effect zijn.

Onderwatergeluid heeft waarschijnlijk de meeste invloed op vissen en zeezoogdieren. Toch kunnen trillingen en drukveranderingen tengevolge van geluid een effect hebben op invertebraten zoals de crustacea (Popper *et al.*, 2001). Studies op Horns Rev en Nysted tonen echter aan dat de geluidsimpact van het heien van palen verwaarloosbaar is voor benthische gemeenschappen (Dong Energy *et al.*, 2006).

Operationele fase

Tijdens de operationele fase zijn de mogelijke effecten op het benthos beperkt tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied en effecten door geluid en trillingen.

De waterkwaliteit zal niet negatief beïnvloed worden door het potentieel vrijkomen van olie of de aanwezigheid van corrosiebescherming. Er worden ook geen effecten verwacht in de zuurstofhuishouding. Er worden bijgevolg geen effecten verwacht op het onderwaterleven.

Gezien het negatieve effect van geluid op het benthos tijdens de constructiefase als verwaarloosbaar wordt ingeschat, wordt het effect tijdens de exploitatiefase als vrijwel onbestaande beoordeeld voor alle configuratiealternatieven.

Er worden ook geen negatieve effecten verwacht op de oorspronkelijke benthische gemeenschappen ten gevolge van veranderingen in de hydrodynamiek door de aanwezigheid van windmolenparken op de zeebodemstructuur (Bio/consult as, 2005; Dong energy *et al.*, 2006).

Aangezien windmolenparken een aantrekking kunnen uitoefenen op vogels en vissen, onder meer door een verhoging van het voedselaanbod, kan de predatiedruk op bentische gemeenschappen wel mogelijk worden verhoogd (Leonhard & Pedersen, 2006).

Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwfase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn.

Bekabeling

De belangrijkste effecten op het benthos tengevolge van de bekabeling zijn biotoopverstoring, turbiditeit, elektromagnetische velden en mogelijk opwarming.

Zowel tijdens de voorbereidingswerken als tijdens de offshore installatie van de kabels zal er een tijdelijke en lokale biotoopverstoring optreden. Tijdens de voorbereidingswerken zal dit vooral het geval zijn tijdens de nivellering of pre-sweeping en pre-run, aangezien hierbij er een soort van sleep- en/of baggertechniek zal gehanteerd worden, waarbij de bodem lokaal wordt omgewoeld. Aangezien deze verstoring in vergelijking met het volledige BDNZ als beperkt in omvang kan aanzien worden, wordt het effect van biotoopverstoring op het benthos als verwaarloosbaar beoordeeld. Bijkomend kan er bovendien van uit gegaan worden dat er na de werkzaamheden een natuurlijk herstel van de benthosgemeenschap zal optreden.

De verhoogde turbiditeit die zal optreden door de voorbereidingswerken en het leggen van de kabels voor het Rentel windmolenpark is van een veel kleinere grootteorde als deze beschreven tijdens de constructiefase en wordt als vrijwel onbestaande beschouwd.

De transmissie van elektriciteit door zeekabels zal leiden tot het opwekken van elektrische en magnetische velden. Deze elektromagnetische velden zijn afhankelijk van het type kabel. Sommige invertebraten zijn waarschijnlijk gevoelig voor elektromagnetische velden, maar uitgaande van de beschikbare kennis is de grootte van de impact en de oorzaak-relatie nog niet voldoende duidelijk (Gill *et al.*, 2005; Dong Energy *et al.*, 2006, BERR, 2008).

De kabels die ingegraven worden zullen een zekere warmteafgifte bezitten. Wegens de diepteligging op zich en de aangepaste isolatie van de elektrische kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak. Het effect wordt als onbestaande (epibenthos) tot verwaarloosbaar beoordeeld (macrobenthos).

0.3.4.2.2 Vissen

Constructiefase

Enkele effecten op de vissen tengevolge van de bouwfase zijn gelijkaardig aan die beschreven voor het deel 'Benthos', zoals habitatverlies en biotoopverstoring. Het verlies aan organisme zal echter beperkter zijn gezien de grotere mobiliteit van vissen.

Alle levensstadia van vissen zullen ook tijdelijk verstoord worden door het omwoelen van de zeebodem, door onderwaterbewegingen en andere activiteiten op de zeebodem, maar de kans is groot dat zij zullen wegtrekken van de plek waar de werkzaamheden worden uitgevoerd, zodat het effect minder groot zal zijn dan bij sedentaire organismen (IMDC, 2010a). Het negatieve effect zal dus tijdelijk zijn en naar verwachting zullen de organismen snel naar het projectgebied terugkeren zodra de bouwfase achter de rug is. De mogelijkheid bestaat dat de paai- en kraamgebieden tijdens de constructiefase worden verstoord, maar dat ze zich zullen herstellen en opnieuw aantrekkelijk zullen worden tijdens de operationele fase. Op zich kan de verstoring ook een positieve impact hebben: met name de verhoogde beschikbaarheid van prooidieren door o.a. het omwoelen van het sediment (Grontmij, 2006).

Een belangrijke verstoring tijdens de bouwfase is de productie van geluid en trillingen tengevolge van het heien (bij monopile en jacket funderingen), het leggen van kabels en de toegenomen scheepvaart. Het bepalen van de grootte van de verstoring is echter niet evident daar er nog veel onzekerheden bestaan o.a. rond transmissieverliezen en dus ook rond de reikwijdte van de geluidsverstoring. Deze verstoring kan tot significante effecten (gehoorschade, bloedingen, sterfte, gedragsveranderingen) leiden bij bepaalde vissen. Naast de mogelijke effecten op adulte vispopulaties, kunnen ook de vislarven effecten ondervinden van heiactiviteiten. Volgens Prins *et al.* (2008; 2009) mag aangenomen worden dat mortaliteit optreedt binnen een straal van 1 km van de geluidsbron (worst case scenario), hoewel dit volgens andere studies genuanceerd dient te worden (Bolle *et al.*, 2011).

Ondanks de onzekerheid is duidelijk dat het effect van het heien zal toenemen met het aantal te plaatsen turbines en met een toenemende diameter van de paal. Op basis van de beschikbare literatuur kan men het effect van heien op vispopulaties als matig negatief beschouwen voor de configuraties waarbij monopiles of jacket funderingen geheid worden. Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de significant negatieve effecten zo minimaal mogelijk te houden. De impact van geluid bij een gravitaire fundering is praktisch onbestaande in vergelijking met de twee andere funderingstypes. Hier is namelijk enkel de geluidsverstoring van baggerende schepen, die veel lager wordt ingeschat dan heigeluid, een toename van het scheepsverkeer en het storten van de erosiebescherming van belang. Ook wanneer men gebruik maakt van het suction bucket principe, waarbij monopiles en jacket funderingen niet geheid worden, zal de impact van geluid en trillingen wegvallen.

Operationele fase

Zoals besproken voor het benthos, worden ook hier geen effecten verwacht tengevolge van de waterkwaliteit, zuurstofhuishouding en hydrodynamiek. Naast algemene vormen van verstoring wordt specifiek ingegaan op het effect van geluid en trillingen geproduceerd tijdens de operationele fase op de visgemeenschappen.

Norro *et al.* (2011) toonden aan dat bij de gravitaire funderingen op de Thorntonbank een lichte stijging van het geluidsdrukniveau voorkomt ten opzichte van het omgevingsgeluid gemeten voor de

bouw. Een belangrijke verhoging in het geluidsdrukniveau werd waargenomen rond monopile funderingen. Dergelijke geluidsemissies zijn veel lager dan tijdens de bouwfase, vooral indien de bouwfase het heien van palen vereist. Deze operationele geluidsemissies vinden echter plaats tijdens de gehele levensduur van het windmolenpark.

De meeste vissen reageren sterk op lage frequenties (beneden de 50 Hz). Deze frequenties treden enkel op in de onmiddellijke omgeving van de windturbines (max. enkele honderden meters). Frequenties tussen de 500-2000 Hz zullen praktisch geen effect hebben op vissen, zeker omdat de invloed van de windturbines gelijkaardig is aan het omgevingsgeluid (Hoffmann *et al.*, 2000; Thomsen *et al.*, 2006). Het onderwatergeluid veroorzaakt door de windturbines zal vermoedelijk binnen de veiligheidszone (500 m) (voor de meeste frequenties) gemaskeerd worden door het heersende achtergrondgeluid en dus geen invloed hebben op de meeste vissoorten. Er zal ook gewenning optreden voor het continue geluid uitgezonden door windmolenparken. Bij hoge windsnelheden (≥ 13 m/s) wordt verwacht dat gevoelige vissoorten op een minimale afstand van 4 meter blijven van de windturbine (Wahlberg & Westerberg, 2005), waardoor permanente vestiging van vis op de stortstenen bemoeilijkt zal worden. Uit monitoring van het Horns Rev windmolenpark in Denemarken blijkt ook dat vissen geen hinder ondervinden van geluid en trillingen en dat zelfs enkele nieuwe vissoorten zich hebben gevestigd in het gebied (Leonhard & Pedersen, 2005). Ondanks de onzekerheid die bestaat rond kwantitatieve inschattingen van geluidseffecten op vissen tijdens de operationele fase van het windmolenpark, kan verondersteld worden dat deze effecten van minder belang zijn en dat technologische verbeteringen mogelijks nog kunnen leiden tot verdere reducties van de impact. Voor alle beschouwde configuratiealternatieven wordt dit effect als gering negatief beschouwd.

Door een mogelijke sluiting van het gebied voor bepaalde activiteiten, zal anderzijds het concessiegebied niet langer verstoord worden door destructieve visserijvormen (vooral boomkorvisserij). Dit zal een positief effect hebben op het visbestand (refugium effect).

Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingsfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwfase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. De significante geluidsverstoring tengevolge van het heien (monopile/ jacket fundering) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase. De effecten variëren van (vrijwel) geen effect tot een gering negatief effect, afhankelijk van het configuratiealternatief.

Bekabeling

De effecten tengevolge van de bekabeling voor de demersale visfauna zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit en het ontstaan van elektromagnetische velden. De effecten van biotoopverstoring en turbiditeit zijn analoog met het benthos.

De transmissie van elektriciteit door zeekabels zal leiden tot het opwekken van elektrische en magnetische velden, die ook buiten de kabel detecteerbaar zijn. Deze elektromagnetische velden zijn afhankelijk van het type kabel en het vermogen van de kabel (33 – 66 kV parkkabels versus 150 kV à 220 kV exportkabel). Elektromagnetische velden kunnen een effect hebben op bepaalde gevoelige vissoorten, meer bepaald op hun oriëntatiegedrag, hun migratiegedrag, hun jachtgedrag en het algemeen voorkomen rond de kabels, maar uitgaande van de beschikbare kennis is de grootte van de impact en de oorzaak-effect relatie nog niet voldoende duidelijk (zeker voor 220 kV kabel). Het effect is het best gekend en het grootst voor de roggen en haaien die praktisch niet in het

projectgebied voorkomen. Op basis van dit gegeven, het lokale karakter van het effect en het gegeven dat ingraven tot 1 m (parkkabels) à ≥ 2 m (exportkabel) diepte milderend werkt (reductie met kwadraat van de diepte), kan voorlopig aangenomen worden dat er slechts een gering negatief effect zal zijn op de visfauna.

De kabels die ingegraven worden zullen een zekere warmteafgifte bezitten. Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak. Het effect op vissen wordt als onbestaande beoordeeld.

0.3.4.2.3 Vogels

Constructiefase

Tijdens de constructiefase kunnen volgende effecten een significante verstoring veroorzaken op bepaalde soorten als gevolg van de werkzaamheden: barrièrewerking door geluidsverstoring, sedimentatie en wijzigingen in voedselbeschikbaarheid.

Tijdens de werkzaamheden kan er een barrièrewerking optreden ten opzichte van de migrerende vogels. Deze barrièrewerking zal voornamelijk het gevolg zijn van de geluidsproductie ter hoogte van het concessiegebied en de aanwezigheid van de schepen. Verstoringsgevoelige soorten kunnen door het geluid tijdelijk het gebied vermijden, terwijl andere soorten mogelijk voordelen kunnen hebben van de werkzaamheden door het tijdelijk beschikbaar komen van voedsel door het omwoelen van de bodem en verhoogde scheepsactiviteit (Stienen *et al.,* 2002; Vanermen *et al.,* 2006). De nabijgelegen Thorntonbank is echter niet van bijzonder belang voor deze verstoringsgevoelige soorten (Vanermen & Stienen, 2009), waardoor er algemeen gezien geen significant negatieve effecten worden verwacht.

Indien gravitaire funderingen gebruikt worden moet er een grote hoeveelheid zand gebaggerd en verplaatst worden. Door de opwerveling van het bodemsediment kunnen visueel prederende vogelsoorten zoals sternen moeilijkheden ondervinden tijdens het foerageren. Het effect is echter slechts tijdelijk van aard en beperkt in uitbreiding. Bijgevolg worden er ten aanzien van de oogjagende zeevogels geen significant negatieve effecten verwacht. Het effect wordt als gering negatief beoordeeld.

Door het heien kunnen er negatieve effecten op vislarven zijn. De rekrutering van de betrokken soorten kan beïnvloed worden en een verminderd voedselaanbod betekenen voor visetende vogelsoorten. Dit kan een gering negatief effect hebben op vogels.

Operationele fase

Tijdens de operationele fase kunnen vogels op diverse manieren hinder ondervinden van windturbines. In de eerste plaats kunnen zij met delen van de turbines in aanvaring komen en daarbij gedood worden of gewond raken (aanvaringsaspect). Daarnaast kunnen vogels door de turbines worden verstoord, waarbij onderscheid gemaakt moet worden tussen directe effecten in de vorm van verlies aan geschikte foerageer- of rustgebieden, beperking van de vliegroutes van de vogels en indirecte effecten door verstoring door de aanwezigheid, de beweging of het geluid van de turbines (verstoringsaspect) (Stienen *et al.*, 2002).

Wat het aanvaringsaspect betreft, wordt dit effect vooral bepaald door de hoeveelheid vogels die er passeren (flux) en de vlieghoogte. Op basis van de reeds beschikbare monitoringsresultaten (Vanermen & Stienen, 2009) kan er verwacht worden dat vooral grote meeuwen (Grote mantelmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw) een grote kans op aanvaring vertonen door hun grootte en hun vlieghoogte (kans van 1/500). Andere soorten zoals Grote jager en Jan-van-gent zijn eveneens gevoelig voor aanvaring door hun grote formaat en lage wendbaarheid. Alk en Zeekoet

vliegen nooit op rotorhoogte. Op basis van de huidige monitoringsresultaten worden er weinig verschillen verwacht m.b.t. aanvaring in relatie tot de types van windturbines. Er kan wel aangenomen worden dat hoe meer turbines er aanwezig zijn, hoe groter de kans op aanvaring zal zijn.

Tijdens het monitoringsonderzoek op de Thorntonbank en de Bligh Bank in 2010 werden er verrassend genoeg nu reeds significante effecten gevonden als gevolg van de aanwezigheid van offshore windturbines (Vanermen *et al.*, 2011). Met name op de Thorntonbank blijken de aantallen Visdief en Grote stern binnen het impactgebied te zijn toegenomen sinds de eerste turbines er werden gebouwd in 2008. Hetzelfde geldt voor Stormmeeuw en Zilvermeeuw op de Bligh Bank. Terwijl er oorspronkelijk vooral gevreesd werd voor habitatverlies, blijkt uit de zeer voorlopige resultaten dat vogels eerder aangetrokken worden door de windmolenparken dan dat ze te vermijden (Vanermen *et al.*, 2011). Anderzijds zijn nog steeds slechts 6 van de 54 geplande windmolens op de Thorntonbank aanwezig, en zijn deze resultaten hoe dan ook zeer voorlopig te noemen. Een aantrekking van vogels tot het windmolenpark kan echter wel een negatief effect veroorzaken op het aanvaringsrisico.

Wat de Bijlage I vogelsoorten van de Vogelrichtlijn betreft is het aanvaringsrisico voor Visdief en Grote stern gering. Op grond van de lage verstoringsgevoeligheid en het feit dat Dwergmeeuwen relatief laag over het water vliegen valt te verwachten dat de toekomstige inplanting van offshore windmolens in de trekroute van deze soort eveneens geen belangrijke impact zal hebben.

Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase en bijgevolg als gering negatief kunnen worden beoordeeld.

Bekabeling

Het aanleggen van de kabels kan een tijdelijke verstoring van de avifauna tot gevolg hebben. Voor beide kabelalternatieven wordt de SBZ-V3 Zeebrugge doorkruist. Het gericht marien reservaat 'Baai van Heist' en de SBZ-H Vlakte van de Raan (Europees aangemeld) worden niet doorkruist. Aangezien deze effecten echter tijdelijk en beperkt in omvang zijn, worden ze als gering negatief ingeschat. Tijdens de aanlandingswerkzaamheden van de kabel van C-Power in Oostende werden eveneens geen grote verstoringen vastgesteld (BMM, 2009).

De aanwezigheid van de kabels tijdens de operationele fase zal waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de zeevogels.

0.3.4.2.4 Zeezoogdieren

Constructiefase

Tijdens de bouwfase kunnen zeezoogdieren hinder ondervinden door veranderingen in voedselbeschikbaarheid, verstoring als gevolg van de verschillende bouwactiviteiten, verhoogde scheepvaarttraffiek (concentratie-intensiteit) en verstoring door trillingen en geluiden als gevolg van het heien en baggerwerkzaamheden.

De bouw van windmolenparken kan de voedselbronnen beïnvloeden, waardoor de gebieden minder aantrekkelijk kunnen worden voor zeezoogdieren. Zo kan geluid geproduceerd door het heien van monopiles of jacket funderingen leiden tot vermijdingsgedrag bij vissen tot op enkele kilometers van het brongeluid. Zeezoogdieren kunnen door de lage voedselbeschikbaarheid het gebied (tijdelijk) verlaten of omdat het gebied niet langer geschikt is als broedgebied (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Gezien het beperkt aantal bijkomende transporten in vergelijking met het huidige aantal al aanwezige scheepsbewegingen in het BDNZ (voornamelijk ter hoogte van de scheepvaartroutes), en gezien de niet permanente invloed worden er geen bijkomende negatieve effecten in de vorm van verstoring verwacht tengevolge van de algemene constructiewerkzaamheden van het windmolenpark (BMM, 2009). Er wordt verondersteld dat zeezoogdieren de site waar de constructieactiviteiten plaatsvinden en de onmiddellijke omgeving ervan zullen verlaten, de site tijdelijk zullen mijden en na het beëindigen van de constructiefase terug zullen keren naar het windmolenpark.

Wat geluidsverstoring betreft, wordt verondersteld dat het heien van monopiles en jacket funderingen een significant negatief effect zal hebben op zeezoogdieren in de nabijheid van de heilocaties. Bepalende factoren voor het optreden van effecten op zeezoogdieren tengevolge van heiactiviteiten zijn het geluidsdrukniveau van de bron (dat sterk afhankelijk is van de diameter en lengte van de paal en dus ook van het type fundering), de waterdiepte en kenmerken van de bodem ter plaatse (bepalend voor de propagatie van het geluid), de kracht van de heislagen, de duur van de heiactiviteiten en de periode waarin deze activiteiten plaatsvinden. Verstoring kan Bruinvissen en andere zeezoogdieren verdrijven uit gebieden die het meest geschikt zijn voor hun voedselvoorziening. Gezien de seizoenaal hoge dichtheid aan Bruinvissen in Belgische wateren, en de afstanden waarop verstoring kan optreden, kunnen gedragveranderingen verwacht worden voor honderden tot duizenden dieren. Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de kans op gehoorschade en andere significant negatieve effecten bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden. In tegenstelling tot monopiles en jacket funderingen worden bij gravitaire funderingen geen palen geheid, waardoor er geen 'impulsieve' geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd worden. Ook indien de suction bucket techniek wordt gebruikt, zal het geluidsniveau beduidend lager liggen.

Operationele fase

Tijdens de operationele fase kunnen er zich effecten op zeezoogdieren voordoen tengevolge van trillingen en geluiden van de windturbines, habitatverlies als gevolg van de fysische aanwezigheid van een windmolenpark, verstoring door onderhoudswerken en veranderingen in beschikbare voedselbronnen.

Zeezoogdieren bezitten een geavanceerd sonarsysteem dat hun toelaat te navigeren en te jagen zonder gebruik te maken van andere zintuigen (echolocatie). Deze echolocatie zou verstoord kunnen worden door het geluid afkomstig van de operationele windturbines (Bach *et al.*, 2000). Het geluid van operationele windturbines kan hoorbaar zijn voor Bruinvissen tot op een afstand van ongeveer 50 m (Henriksen *et al.*, 2003), voor zeehonden tot een afstand van 1 km (Dolman *et al.*, 2003). Het valt echter niet te verwachten dat de effecten merkbaar zullen zijn over een grote afstand en dat ze, gezien hun continue niveau, een verstorend effect zullen hebben voor zeezoogdieren in de onmiddellijke omgeving van het park (Tougaard *et al.*, 2008).

De fysische aanwezigheid van het windmolenpark heeft waarschijnlijk vrijwel geen effect op zeezoogdieren. Er zal vermoedelijk gewenning optreden.

Tijdens de operationele fase kan er eventueel een toename optreden van zeezoogdieren in het park of in de omgeving van het park, door het wegvallen van visserij in het gebied, door het beschikbaar zijn van meer voedsel, en door het beschikbaar komen van andere voedselbronnen door de aanwezigheid van harde substraten. Dit effect zal het grootst zijn bij gravitaire funderingen door de grote oppervlakte van erosiebescherming.

Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase in een worst case scenario van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase en dat er bijgevolg een verstoring van de zeezoogdieren zal optreden. Doordat er tijdens de ontmantelingsfase echter niet geheid en gebaggerd zal worden, en de harde substraten normaliter worden achtergelaten, zal die verstoring een minder negatief effect hebben dan in de constructiefase. De ontmanteling wordt als gering negatief ingeschat voor zeezoogdieren.

Bekabeling

Het aanleggen van de kabels in de constructiefase kan een verstoringseffect hebben op zeezoogdieren. Dit effect is echter tijdelijk, beperkt in omvang en wordt daarom als gering negatief beschouwd. Na het leggen van de kabel zal de omgeving zich herstellen. De kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren is tot op heden beperkt of ontbrekend (geval 220 kV). De kans is echter gering dat zeezoogdieren zullen blootgesteld worden aan deze elektromagnetische velden.

0.3.4.2.5 Harde substraten

Constructiefase

De introductie van hard substraat, het zogenaamde reef-effect, in zeegebieden die bijna uitsluitend bestaan uit zandige sedimenten kan beschouwd wordt als het belangrijkste effect van de bouw van het windmolenpark (Dong energy *et al.*, 2006). Het zal leiden tot een verhoging van de habitat heterogeniteit, en het ontstaan van een nieuwe gemeenschap typisch voor harde substraten. Het totale oppervlak hard substraat dat potentieel beschikbaar wordt voor kolonisatie is afhankelijk van het aantal funderingen (turbines), het funderingstype, de dimensies van de fundering (diameter, subtidaal en intertidaal gedeelte) en de karakteristieken van de erosiebescherming (dimensies, ligging ten opzichte van de zeebodem).

Voor de verschillende configuratiealternatieven zal de totale oppervlakte hard substraat variëren tussen ca. 83.100 m² (basisconf., MP) en 376.800 m² (conf. 1, GBF). De keuze voor gravitaire funderingen zorgt voor een toename aan potentieel nieuw te koloniseren gebied, te wijten aan de grotere dimensies voor erosiebescherming.

Uit de eerste monitoringsresultaten van C-Power (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) blijkt dat dit kolonisatieproces snel en intens verloopt. Reeds na ongeveer 3,5 maand bleek zowel het intertidale als het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en was een duidelijke dieptezonering waar te nemen. Bovendien wordt een hoge diversiteit vastgesteld in vergelijking met andere kunstmatige substraten in de omgeving. Hoogstwaarschijnlijk zal een mosselzone ontstaan en zullen ook kokerwormen en oesters zich vestigen. Langetermijnstudies tonen aan dat het zeker 5-6 jaar kan duren vooraleer een stabiele gemeenschap gevestigd is die gedomineerd wordt door filtervoeders (o.a. mossels) en permanente bruin- en roodwieren (Jensen *et al.*, 2000; Leonhard & Pedersen, 2005).

Naargelang de invalshoek kan dit effect zowel positief (o.a. verhoogde biomassa en diversiteit, aantrekking voor vissen) als negatief (o.a. verstoring natuurlijk habitat, aantrekking niet-inheemse soorten) beoordeeld worden. De grootte van de impact, ongeacht of het nu positief of negatief geëvalueerd wordt, is momenteel moeilijk in te schatten voor de offshore windmolenparken op de Noordzee. De totale oppervlakte hard substraat is sterk afhankelijk van het funderingstype (al of niet voorkomen van erosiebescherming), de complexiteit van de fundering en het aantal turbines. Het is duidelijk dat de oppervlakte geïntroduceerd hard substraat veel omvangrijker zal zijn in geval van een gravitaire fundering dan bij een monopile, én in het geval gekozen wordt voor configuratie 1 (groter

aantal turbines). Hoewel voor jacket funderingen een erosiebescherming niet nodig is, zouden ze door de complexere structuur eveneens veel organismen kunnen aantrekken. Het aandeel dat effectief beschikbaar is voor kolonisatie door organismen is – ongeacht het funderingstype- echter beperkt daar zowel de funderingen als erosiebescherming gedeeltelijk of volledig ingegraven liggen in de zeebodem en dus volledig bedekt zullen worden door het aanwezige zandige biotoop. Er kan dus verwacht worden dat ondanks de wijziging ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, het effect als aanvaardbaar (0/- of 0/+) kan worden beschouwd gezien het beschikbare oppervlak voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap relatief gering is ten opzichte van het BDNZ (≤ 0,01%).

Operationele fase

Tijdens de operationele fase zullen de mogelijke effecten van harde substraten beperkt blijven tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied en mogelijke geluidsverstoring van de draaiende turbines, zoals besproken voor het benthos.

Ontmantelingsfase

Het ontmantelen van het windmolenpark zou er toe leiden dat de harde substraten nagenoeg volledig verdwijnen. De vraag kan gesteld worden of dit als positief of negatief moet geëvalueerd worden daar enerzijds wel de oorspronkelijke staat van zandige substraten verkregen wordt, maar dit anderzijds wel leidt tot een verlies aan biodiversiteit en andere mogelijke functies die het artificieel rif tijdens de exploitatie heeft uitgevoerd (bv. kraamkamer, stepping-stone, aantrekking voor bepaalde organismen). Het effect kan hier echter nog niet van worden ingeschat aangezien momenteel slechts initiële resultaten beschikbaar zijn over het effect van de introductie van harde substraten in een overwegend zandig milieu.

Bekabeling

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor het epibenthos en de demersale visfauna van harde substraten zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden en de mogelijke opwarming. Deze zullen analoog zijn als diegene besproken voor het benthos en de vissen.

0.3.4.3 Milderende maatregelen

0.3.4.3.1 Benthos

Voor de plaatsing van de funderingen en de aanleg van de kabels dient de best beschikbare technologie te worden gebruikt zodat de zeebodem zo minimaal mogelijk wordt verstoord. De bouwmaterialen en steenbestortingen dienen zoveel mogelijk uit natuurlijke materialen vervaardigd te zijn en zullen geen afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten. Het opvullen van de funderingsputten en het terugstorten van het uitgebaggerd zand voor de kabels moet zoveel en zo efficiënt (minimale verliezen) mogelijk gebeuren met zand van dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijke zand. Na uitvoering van de bouwwerken is een herstel van de site gewenst.

Om het effect minimaal te houden moet bij het leggen van de kabel gestreefd worden naar bundeling van de kabeltracés van de verschillende windmolenparken. Rentel heeft de intentie om het kabeltracé van bestaande offshore windturbine parken zo goed mogelijk te volgen indien dit geen technische problemen geeft of gevolgen heeft op vlak van veiligheid (bvb. plaatsgebrek).

0.3.4.3.2 Vissen

De milderende maatregelen en compensaties besproken voor het benthos blijven ook hier geldig. Onzekerheid bestaat over het belang van het projectgebied als paai- en kraamgebied. Indien dit het

geval zou zijn, dan moet een afstemming gebeuren om de meest verstorende bouwwerken indien mogelijk buiten de kwetsbare periodes te laten gebeuren.

0.3.4.3.3 Vogels

In de beoordeling van de effecten werden de volgende belangrijke effecten beschreven: het barrière-effect, het aanvaringaspect en het habitatverlies. Voor deze effecten worden milderende maatregelen voorgesteld die ook in de vorige MERs (MER Norther, MER Northwind, MER Belwind en MER van C-Power) opgenomen werden: een vogelvriendelijke configuratie, het gebruik van geluidssignalen of visuele signalen en het stilzetten van de turbines in periodes met een verhoogd aantal vliegbewegingen (bijvoorbeeld trekperiode) of onder slechte zichtomstandigheden. Ook wat betreft het uitvoeren van werkzaamheden kunnen deze best buiten de periodes met hoge concentraties van vogels of verhoogde kansen op de aanwezigheid van zeezoogdieren worden uitgevoerd (Stienen *et al.*, 2002).

0.3.4.3.4 Zeezoogdieren

Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal milderende maatregelen en een monitoringsprogramma. Het gebruik van een akoestisch afschrikmiddel en het toepassen van een 'ramp-up' procedure, waarbij de eerste heislagen met een minimale kracht worden gegeven en de kracht langzaam wordt opgebouwd, zijn mogelijke maatregelen. De doeltreffendheid van veel van de mogelijke mitigerende maatregelen wordt echter sterk in vraag gesteld (Boon *et al.*, 2010). Onderzoek naar deze doeltreffendheid is daarom aangewezen.

0.3.4.3.5 Harde substraten

Analoog als voor de milderende maatregelen voor het benthos wordt de klemtoon gelegd op degelijke monitoring strategieën en bijkomend wetenschappelijk onderzoek.

0.3.5 Zeezicht en cultureel erfgoed

0.3.5.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

De Noordzee lijkt een tot aan de horizon uitgestrekt uniform wateroppervlak en is één van de weinige gave landschappen die in België aan te treffen zijn, met een groot ecologisch belang. De vrije horizon, als uniek landschap, is een belangrijke natuurlijke waarde van de Noordzee. Het zicht over zee is op de meeste plaatsen vanaf de Belgische kustlijn ongestoord. Het zeezicht is zonder twijfel een belangrijk aantrekkingselement voor het toerisme aan de Belgische kust. Bij goede zichtbaarheid kan tot ver in zee de scheepvaart gevolgd worden. In de nabijheid van havens is er meestal meer activiteit door o.a. in- en uitvarende containerschepen, baggerschepen, vissersschepen en recreatievaart. Bij waarneming vanaf de kustzone landinwaarts is het dominante beeld van de Belgische kust dat van een smalle, strakke opeenvolging van hoogbouw in een strook van 67 km lang, die zee en polders hard scheidt.

Op zee bestaat het cultureel erfgoed voornamelijk uit scheepswrakken. Op basis van de bestaande databanken rond scheepswrakken en de inventarisatie van de scheepswrakken die uitgevoerd werd in het kader van het project GAUFRE (Maes *et al.*, 2005), kan er afgeleid worden dat er ter hoogte van het concessiegebied van Rentel 2 wrakken gelegen zijn. Langsheen de beide alternatieve tracés van de exportkabel zijn eveneens verscheidene wrakken gelegen. Naast scheepswrakken groeit er een interesse naar verdronken paleolandschappen als nieuw onderdeel van cultureel erfgoed. Zo

zouden er (herwerkte) resten van de middeleeuwse eilanden Wulpen, Koezand en Waterdunen liggen ter hoogte van het huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010, Mathys, 2009).

Op land bestaat het cultureel erfgoed uit landschappen en relicten van traditionele landschappen. Het betreft o.a. duin- en poldergebieden, de IJzermonding en het Zwin met zijn uitzonderlijke landschapsecologische waarde als slikke- en schorregebied.

Wat de autonome ontwikkeling betreft, zal de (verdere) bouw van de momenteel vergunde windmolenparken (C-Power, Belwind, Northwind en Norther) het zeezicht verder wijzigen. De impact van deze windmolenparken op het zeezicht vanaf de kust is voornamelijk afhankelijk van de afstand van het windmolenpark tot de kustlijn. Naast de bouw van de windmolenparken zou het zeezicht mogelijks gewijzigd kunnen worden door de ontwikkelingen in de scheepvaartsector. De groei van de havens en de vraag naar grotere schepen zou het bestaande beeld kunnen wijzigen. Wat betreft de autonome ontwikkeling van het cultureel erfgoed kan gesteld worden dat er momenteel op land geen ontwikkelingen gepland zijn die het cultureel erfgoed zouden kunnen wijzigen.

0.3.5.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

0.3.5.2.1 Constructiefase

Gezien het windmolenpark op een grote afstand in zee wordt gebouwd, zullen de constructieactiviteiten nauwelijks zichtbaar zijn. Het effect van de bouwactiviteiten op de beleving van het zeezicht door toeristen en bewoners, zal zeer gering tot verwaarloosbaar zijn. Daarnaast dient gesteld te worden dat op het moment van de realisatie van het Rentel windmolenpark er reeds andere windturbines op zones dichter bij de kust zullen gerealiseerd zijn, die de visuele impact van de turbines in de verder gelegen zones nog meer beperken.

De voorbereidende activiteiten op het land (zoals onder andere de premontage van turbines en andere onderdelen van het windmolenpark) in een nabijgelegen haven, hebben lokaal wel een tijdelijke visuele impact; de aanwezigheid van het materiaal en de bewerkingen kunnen tijdelijk als een toeristische activiteit worden beschouwd. De negatieve beleving van de rustverstoring voor bewoners staat naast de positieve beleving voor toeristen. In zijn geheel is deze activiteit visueel als neutraal te beschouwen vanwege het tijdelijke karakter en de potentiële positieve effecten.

Met het oog op de bescherming van het cultureel erfgoed dient grote zorg besteed te worden om de twee gekende wrakken in het concessiegebied te vermijden bij de aanleg van de funderingen en erosiebescherming. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken maximaal nagestreefd wordt, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt.

0.3.5.2.2 Operationele fase

In theorie is het Rentel windmolenpark, dat minimaal 31 km van de kust is verwijderd, zichtbaar vanaf de kust bij helder weer. Er zijn echter weinig dagen per jaar waarop zeezicht mogelijk is tot 20 à 30 km. Jaarlijks is het zicht maar in 10% van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1% van de tijd meer dan 30 km (Grontmij, 2008). Het contrast tussen de turbines en de lucht is afhankelijk van het weertype en van de kijkrichting ten opzichte van de zonnestand. Aangezien het Rentel park zich andere windmolenparken zal bevinden, zal het zicht vanaf de kust met of zonder de Rentel turbines niet wezenlijk veranderen.

Uit een recent enquêteonderzoek (Grontmij, 2010) blijkt dat slechts 6 op 1.000 respondenten de windmolens aan de haven van Zeebrugge als storend ervaren (5%) en de windmolens op zee slechts door 3 mensen (2,5%). Bij het bekijken van een foto waarin een simulatie te zien was van het zicht op 3 toekomstige windmolenparken (C-Power, Northwind en Belwind) vanop het strand in

Blankenberghe, beoordeelde bijna 78% van de respondenten dit zicht als (zeer) aanvaardbaar (Grontmij, 2010). Een doordachte keuze van de lay-out van de windturbines en het patroon en de oriëntatie van het windmolenpark zijn factoren die de beleving en aanvaardbaarheid van windmolenparken op zee positief kunnen beïnvloeden. Het vooraf informeren van het grote publiek kan positief bijdragen tot de aanvaardbaarheid van een project en wordt als meerwaarde gezien.

Voor bebakening en verlichting wordt er steeds gewerkt volgens de IALA en ICAO Richtlijnen en volgens mogelijke bijkomende richtlijnen van de bevoegde instanties.

De exploitatie van het windmolenpark zal waarschijnlijk geen directe of indirecte effecten hebben op het (maritiem) cultureel erfgoed. De exacte locatie van fossiele zoogdierresten rondom de Thornton en Lodewijkbank vormt echter een leemte in de kennis. Het effect van de bouw van windmolenpark Rentel op archeologische resten kan niet bepaald worden.

0.3.5.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten op het zeezicht en het cultureel erfgoed zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn als tijdens de bouwfase.

0.3.5.2.4 Bekabeling

De aanleg van de exportkabel(s) van het windmolenpark naar de kust kan een impact hebben op het maritiem cultureel erfgoed, gezien er langsheen de voorgestelde alternatieve kabeltracés meerdere (gekende) scheepswrakken aanwezig zijn. Vanuit het standpunt van het maritiem archeologisch erfgoed gaat geen voorkeur uit naar een bepaald tracé aangezien er langsheen beide tracés wrakken gesitueerd zijn. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken maximaal nagestreefd wordt, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt.

0.3.5.3 Milderende maatregelen

Het vooraf informeren van het grote publiek kan positief bijdragen tot de aanvaardbaarheid van de beïnvloeding van het zeezicht door het geplande windmolenpark.

Om beschadiging van scheepswrakken te voorkomen, is het aangewezen om vóór de constructie van het windmolenpark en de aanleg van de exportkabel(s) een side-scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) uit te voeren, of ten minste gebruik te maken van reeds beschikbare relevante gegevens van surveys uitgevoerd voor de aanleg van andere exportkabels.

0.3.6 Interactie met andere menselijke activiteiten

0.3.6.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

In de Belgische mariene gebieden omvatten de menselijke activiteiten vooral economische activiteiten. Verschillende van deze activiteiten maken gebruik van speciale zones die hiervoor zijn afgebakend of bepaald, zoals visserij, maricultuur, scheepvaart, zand- en grindontginning, baggeren en storten van baggerspecie, windenergie, militair gebruik, gaspijpleidingen en telecommunicatiekabels, toerisme en recreatie, en wetenschappelijk onderzoek.

Het concessiegebied situeert zich volledig binnen de zone voor de bouw en exploitaties van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Eveneens is bepaald dat deze activiteit voorrang geniet op de andere activiteiten die zouden kunnen plaatsvinden in het gebied. De drie alternatieve kabeltracés met aanlanding te Zeebrugge kruisen de Speciale Beschermingszone te Zeebrugge (SBZ-V3) en de scheepvaartroute 'Het Scheur'.

In deze niet-technische samenvatting zullen enkel de activiteiten worden besproken die effectief in het concessiegebied plaatsvinden. Gezien er geen potentiële interacties zijn met andere activiteiten in de nabije omgeving of verder op het BDNZ, zijn deze activiteiten hier niet verder opgenomen. In het desbetreffende hoofdstuk wordt er wel dieper op ingegaan.

0.3.6.1.1 Visserij

De belangrijkste aangevoerde soorten zijn garnalen en demersale vissoorten met daarin vooral Tong, Rog en Schol (Tessens & Velghe, 2011; Vanderperren & Polet, 2009). De vangst van Kabeljauw, Schar en Wijting is minder belangrijk. De intensiteit van de visserij richt zich meer op de geulen tussen de zandbanken dan op de zandbanken zelf. Garnaalvisserij aan de ander kant zal zich dan weer eerder op de zandbanken oriënteren. Deze vindt voornamelijk plaats dichter bij de kust.

Bij aanvang van 2011 bestond de Belgische zeevisserijvloot uit 89 vissersvaartuigen. Socio-economisch gezien is het BDNZ voor de Belgische zeevisserij eerder van gering belang. Bijna 65% van de Belgische visaanvoer is afkomstig uit de centrale en zuidelijke Noordzee. Zowel op internationale als nationale schaal heeft de visserijsector echter te kampen met socio-economische problemen door enerzijds een stelselmatige afname van de bestaande biomassa in de hogere trofische niveaus van het Noord-Atlantische gebied sinds 1950, en anderzijds een stijgende visintensiteit tussen 1950-1975. Onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat de huidige visexploitatie niet kan aanhouden en dat het hoger trofische niveau van vissen binnen enkele decennia volledig verdwenen zal zijn in het Noord-Atlantische gebied (Dickey *et al.*, 2010). Dit komt ook naar voren uit het feit dat het bestand van bijna alle soorten gerangschikt wordt als 'buiten de veilige biologische grenzen'.

Deze trend loopt grotendeels parallel met de Belgische visserij. Een verhoogde aanvoer werd alleen waargenomen tussen 1950 en 1955, waarna een stelselmatige daling in de aanvoer en vlootomvang werd opgetekend. Sinds begin de jaren '90 daalt de totale aanvoer door Belgische vissersvaartuigen nagenoeg onafgebroken en bedraagt nu nog ongeveer de helft van 20 jaar geleden.

0.3.6.1.2 Militaire activiteiten

In het BDNZ worden op regelmatige tijdstippen militaire activiteiten en oefeningen gehouden. In de westelijke hoek van het Rentel windmolenpark ligt een zone voor schietoefeningen. Gezien deze militaire zone grotendeels overlapt met de windconcessie zone, is er een akkoord binnen de regering dat er binnen de offshore zone (cf. concessie KB) geen militaire oefeningen worden gehouden.

0.3.6.1.3 Kabels en pijpleidingen

Het concessiegebied wordt enkel doorkruist door de inactieve telecommunicatiekabel Rembrandt 2. De voorgeschreven veiligheidsafstand bedraagt normaliter 250 m, maar aangezien Rembrandt 2 niet langer in gebruik is, heeft de BMM een geschreven toestemming gegeven om een veiligheidsafstand van 50 m te hanteren voor de verschillende inplantingsconfiguraties van de turbines. Geen enkele gaspijpleiding bevindt zich in het Rentel concessiegebied.

De drie voorgestelde alternatieven voor de exportkabel zullen verscheidene telecommunicatiekabels en gasleidingen kruisen.

Daarenboven wordt er actueel de optie van een nabijgelegen offshore transformatorplatform (het zogenaamde alfa-platform in de ELIA-projectstrategie) nader onderzocht, geëvalueerd en uitgewerkt door Elia (Elia, 2011). De timing van een dergelijk platform is nog onbekend.

0.3.6.1.4 Zand- en grindontginning

De exploratie en exploitatie van zand en grind wordt geregeld door de wet van 13 juni 1969, zoals gewijzigd door de wet van 20 januari 1999 en de wet van 22 april 1999. Sinds 2004 zijn de concessiezones voor aggregaatextractie gewijzigd volgens het KB 01/09/2004. Er zijn nu drie 'controlezones' en één 'exploratiezone' (IMDC, 2010).

Het westelijk alternatief kabeltracé volgt de westelijke rand van het Belgisch concessiegebied. Op die locatie is er echter een kleine overlap tussen het Belgisch concessiegebied en de concessiezone 1A voor zand- en grindwinning. Deze concessiezone wordt echter weinig gebruikt en bestaat voor een groot deel uit monitoringsgebied waar geen extractie plaatsvindt.

In de nabije toekomst zullen de hoeveelheden zand die ontgonnen worden significant toenemen onder meer voor de realisatie van het Masterplan Kustveiligheid dat o.a. het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan (GKVP), het OW-plan Oostende en het Zwinproject omvat.

0.3.6.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

0.3.6.2.1 Visserij

Het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden wordt in het algemeen ervaren als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee (Mackinson *et al.*, 2006). Het verlies aan visgronden kan leiden tot inkomstenverlies en werkloosheid. Wegens gebrek aan specifieke financiële data werd reeds aangehaald dat een gedetailleerde economische analyse moeilijk haalbaar is. Het Rentel windmolenpark zal zorgen voor een bijkomend maximaal verlies aan visgronden (ca. 0,6% van het BDNZ). Gezien de beperkte oppervlakte (21,5 km² inclusief 500 m veiligheidszone) en het gegeven dat het projectgebied van beperkt belang is voor de visserij, kan dit directe verlies als verwaarloosbaar worden geschat. De impact voor de visserij ten gevolge van het beschreven windmolenpark is dus gering negatief en is bovendien veel minder relevant dan het inkomstenverlies ten gevolge van schommelende brandstofprijzen en de beperkingen opgelegd door het Europese visserijbeleid.

Wanneer de volledige concessiezone voor windmolenparken in gebruik is (240 km²), komt dit neer op ca. 7% van het BDNZ dat wordt afgesloten voor de visserij. Ondanks het groter verlies in vergelijking met het Rentel windmolenpark alleen, kan analoog aan de voorgaande redenering dit directe verlies nog steeds als gering negatief worden geschat. Het kleine vlootsegment leeft voornamelijk van de vangst binnen de 12-mijlszone, en het concessiegebied overlapt deze zone maar voor een klein gedeelte.

Naast het ruimtelijke verlies maken de vissers zich zorgen over de korte- en langetermijneffecten tijdens de constructie en de operationele fase. Tijdens de constructiefase wordt het heien van de palen (bij keuze monopile/ jacket fundering) als belangrijkste oorzaak gezien voor veranderingen in het visgedrag, terwijl het plaatsen van funderingen (bij keuze gravitaire fundering) en het leggen van kabels voor sedimentverstoring zal zorgen. De belangrijkste effecten in de operationele fase zijn de veranderingen in het visgedrag ten gevolge van de introductie van harde substraten.

Naast deze negatieve effecten op visserij, biedt de ontwikkeling van het windmolenpark ook opportuniteiten, namelijk het ontstaan van kraamkamergebieden en beschermde natuurzones. Daarnaast zal het afsluiten van een gebied voor de visserij onvermijdelijk leiden tot het uitblijven van de verstorende invloed van de boomkor die de bodem omwoelt en de organismen wegvangt (Dayton *et al.*, 2002; Lindeboom 2002).

Tenslotte is er het positieve effect van een afgesloten gebied op de visoogst in de omgeving. Wetenschappelijk onderzoek (Roberts *et al.*, 2001) toonde aan dat ook kleine (10-25 km²) mariene reservaten een significant positieve invloed hebben op de visserij in de omgeving. Deze invloed kan leiden tot een grote stijging (46-90%) in de vangsten in de omringende gebieden binnen een betrekkelijk korte periode van vijf jaar. Hoewel de toepasselijkheid van deze gegevens in het bijzondere geval van het BDNZ nog bewezen moet worden, bestaat er een aanzienlijke consensus binnen de wetenschappelijke wereld over het 'spill-over effect' van mariene beschermingsgebieden, dat in een netwerk van mariene reservaten nog intenser is.

0.3.6.2.2 Militaire activiteiten

Wegens de regelmatige communicatie met de bevoegde diensten van de Mariene, de beperkte intensiteit van militaire activiteiten en de recente aanpassingen van militaire gebieden worden er geen effecten verwacht ten gevolge van het Rentel project.

0.3.6.2.3 Kabels en pijpleidingen

Gezien in het concessiegebied de vereiste (gereduceerde) veiligheidszone ten opzichte van de telecommunicatiekabel Rembrandt 2 gerespecteerd wordt, mag aangenomen worden dat er zich geen effecten zullen voordoen op de bestaande kabels- en pijpleidingen ten gevolge van het inplanten en exploiteren van het windmolenpark.

De exportkabel zal afhankelijk van het gekozen alternatief een kruising dienen te maken met diverse telecommunicatiekabels, de Interconnector en Seapipe gasleiding en de exportkabels van reeds gerealiseerde parken. Er wordt evenwel voorzien dat de nodige maatregelen worden getroffen om beschadiging aan de kabels of de pijplijnen te voorkomen.

0.3.6.2.4 Zand- en grindontginning

Het Rentel concessiegebied ligt op voldoende afstand van de controlezones en exploratiezone 4. De voorgestelde west-route voor de exportkabel aan de rand van de Belgische concessiezone ligt echter ook in de rand van controlezone 1A. Daar vindt echter weinig extractie plaats en is voornamelijk voorzien als referentiegebied voor windmolen activiteiten. Bijgevolg worden er geen conflicten verwacht en kan het effect van het windmolenpark op de zand- en grindontginning als onbestaande beschouwd worden.

0.3.6.3 Milderende maatregelen

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld bij de ontwikkeling van het Rentel windmolenpark inzake andere gebruikers.

0.3.7 Risico's en veiligheid

De beschrijving van de referentiesituatie en de effectenbespreking voor scheepvaart, olievervuiling, radar en scheepscommunicatie wordt besproken onder het onderdeel 'cumulatieve effecten' (§ 0.4.9) van de niet-technische samenvatting.

In dit hoofdstuk zullen enkel de veiligheidsapecten van de installaties besproken worden

0.3.7.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

In dit onderdeel worden de veiligheidsrisico's van de installaties op zich en de eventuele gevolgen van een incident kort besproken. Inschatting van de veiligheidsrisico's verbonden aan de infrastructuur van het windmolenpark zelf zijn gebaseerd op literatuurgegevens. De beschreven

risico's zijn geldig voor alle configuratiealternatieven. Arbeidsrisico's worden in dit MER niet behandeld.

Momenteel zijn er nog geen installaties aanwezig ter hoogte van het Rentel concessiegebied.

0.3.7.2 Beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

Windturbines worden tegenwoordig onderworpen aan verschillende classificatiesystemen. Dit geldt ook voor de windturbines van voorliggend project. Teneinde tot een bepaalde klasse te behoren worden de turbines in hun geheel en op onderdelen gekeurd (bladen, gondel, elektrische installatie, mast, fundering…). De windturbines beschikken over een typecertificering conform IEC 61400 of gelijkwaardig.

Uit de verwachtingswaarde aanbevolen door SGS blijkt dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel, namelijk 0,0012 per jaar, of omgerekend eens om de 833 jaar. Voor de andere onderdelen is de faalkans nog lager. Dit risico is aldus zeer laag en de effecten van faling van de installaties zijn aanvaardbaar.

Inzake veiligheid is het van belang om na te gaan in welke mate objecten en activiteiten die zich in de nabijheid van turbines bevinden, kunnen geraakt worden door bv. een afbrekend rotorblad. De maximale werpafstand tijdens een overtoeren-situatie voor een 3 MW windturbine blijkt ca. 440 m te zijn. Voor een 6 MW en 10 MW windturbine wordt verwacht dat de werpafstand in dezelfde grootteorde zal liggen. In principe wordt een dergelijk risico gedekt door de veiligheidszone van 500 m voor schepen rondom het windmolenpark.

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbines en het OHVS. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (lekbakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties. Dit is niet het geval indien een windturbine zou omvallen ten gevolge van extreme klimaatcondities of tengevolge van een aanvaring of een aandrijving door schepen. In dat geval zullen, wanneer tanks of leidingen bij het ongeval breken of scheuren, de vetten en oliën aanwezig in de turbine kunnen vrijkomen en zich in het milieu kunnen verspreiden. Gezien de bestaande classificatie en certificeringsystemen is de kans dat een turbine uit zichzelf omvalt gedurende de levensduur van het project niet onbestaande maar zeer klein. De hoeveelheid aanwezige oliën in de turbine bedragen ca. 1.000 liter per turbine (tandwielkast, hydraulisch systeem). Voor een beschrijving van de risico's en effecten door aanvaring /aandrijving van windturbines door schepen wordt verwezen naar het onderdeel 'cumulatieve effecten' (§ 0.4.9) van de niet-technische samenvatting.

0.3.7.3 Milderende maatregelen

Daar waar bij lekkages significante hoeveelheden olie of vet in zee terecht kunnen komen, kunnen adequate sensoren op geschikte locaties of regelmatige inspecties worden voorzien waarmee lekkages snel worden gedetecteerd.

Wanneer als gevolg van een defect of ongeval stoffen of materialen in zee terecht komen die een bedreiging zijn voor het milieu, moet getracht worden deze stoffen of materialen zo spoedig mogelijk uit het milieu te verwijderen en te verwerken of storten volgens de geldende reglementering.

0.4 CUMULATIEVE EFFECTEN

0.4.1 Inleiding

De mogelijke effecten van een combinatie van meerdere windmolenparken, kunnen in samenhang met andere menselijke activiteiten op zee leiden tot een cumulatie van effecten. Hierbij kan het gaan om een relatief simpele optelsom van alle effecten van de afzonderlijke activiteiten, maar het zou ook zo kunnen zijn dat bepaalde effecten elkaar versterken, of juist geheel of gedeeltelijk opheffen. Tenslotte kan het zo zijn dat afzonderlijke effecten weliswaar bij elkaar moeten worden opgeteld, maar dat dit niet leidt tot significante problemen voor het leven in en op zee en de betrokken habitats, tot dat een vooralsnog onbekende drempelwaarde wordt overschreden, waarna plotseling wel significante problemen ontstaan. In dit laatste geval is er sprake van een niet-lineaire respons.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de mogelijke cumulatieve effecten ten gevolge van de vier momenteel vergunde windmolenparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Northwind + Belwind + C-Power + Norther) in combinatie met het Rentel windmolenpark.

C-Power NV heeft de nodige vergunningen om ter hoogte van de Thorntonbank een windmolenpark te bouwen en het gedurende 20 jaar uit te baten. In 2008 werden de eerste zes turbines geplaatst van 5 MW (gravitaire funderingen), die momenteel reeds operationeel zijn. In maart 2012 is de 2de fase van start gegaan met de bouw van 30 turbines van 6,15 MW (jacket funderingen) en in 2013 worden de laatste 18 turbines van 6,15 MW geplaatst (jacket funderingen). In totaal wordt een oppervlakte van 19,9 km² ingenomen voor een maximum geïnstalleerd vermogen van 325 MW.

Belwind heeft de nodige vergunningen verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Bligh Bank. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km². Het windmolenpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW, waarvan momenteel reeds 55 turbines (met monopile funderingen) operationeel zijn. De overige 55 turbines zullen vermoedelijk eveneens geplaatst worden met monopile funderingen.

Northwind heeft een domeinconcessie verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windmolenpark van 72 turbines (totale oppervlakte: 14,30 km²) op de Lodewijkbank gelegen op ca. 38 km van de Belgische kust, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 216 MW; het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. Vermoedelijk zal voor alle turbines het monopile type fundering gebruikt worden.

Norther heeft op 18 januari 2012 een milieuvergunning gekregen voor de bouw van windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. Dit park van 44 km² zal zich het dichtste bij de Belgische kust bevinden, op ca. 21 km. De exacte configuratie is momenteel nog niet gekend maar het totaal geïnstalleerd vermogen zal 320 tot 420 MW bedragen, en het aantal turbines zal variëren tussen de 47 en 86.

Tenslotte heeft ook Seastar een domeinconcessie verkregen voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark, maar aangezien de vergunningsprocedure nog niet is aangevat, wordt dit park hier niet opgenomen.

Enkel deze effecten die een niet verwaarloosbare (positief of negatief) invloed hebben op een bepaalde discipline zullen worden besproken. Er wordt namelijk verondersteld dat indien een bepaald effect totaal verwaarloosbaar is voor het milieu voor elk windmolenpark afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn. Op deze regel kan een uitzondering gemaakt worden indien de effecten van afzonderlijke windmolenparken een bepaalde drempelwaarde dicht

benaderen, waardoor het cumulatieve effect zich in een andere grootteklasse van effecten (matig tot significant) bevindt.

0.4.2 Bodem

Het cumulatieve effect is enkel niet verwaarloosbaar bij windmolenparken met gravitaire funderingen. In het meest waarschijnlijk scenario worden er in het Norther gebied enkel monopiles geplaatst en in het Rentel concessiegebied enkel jackets (conf. 2: 60 x 7 MW JF). In dit geval zal er voor de vijf vergunde parken in het totaal ca. 1 miljoen m³ zand moeten gestockeerd worden. In een worst case scenario, dus indien gekozen wordt voor gravitaire funderingen voor zowel het Norther als het Rentel windmolenpark, zal in totaliteit ca. 8,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden ten gevolge van de benodigde uitgraving. Voor de andere windmolenparken is uitgegaan van de huidige beslissingen rond het funderingstype: Belwind en Northwind (monopile); C-Power (combinatie gravitaire en jacket fundering). Deze stockage treedt gefaseerd in de tijd op: de bouw per park duurt 2 jaren, de bouwperiode per windmolenpark zal verschillen. Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1,9 miljoen m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen. Het cumulatieve effect zal kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is verwaarloosbaar. Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de vier projecten verschillende trajecten hanteert. De lokale erosie door de constructies wordt voor alle windmolenparken tegen gegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming (met uitzondering van jacket funderingen). Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden dat de erosiebescherming in alle gevallen voldoende groot is. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring en nemen de initiatiefnemers daarom een nog grotere veiligheidsmarge bij de afmetingen van de erosiebescherming. Het cumulatieve effect is zeker kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming.

Indien de erosiebescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het cumulatieve effect zal niet groter zijn dan de som van de individuele effecten.

0.4.3 Water

De constructie van de fundering zal een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Deze zal het grootst zijn voor het Rentel configuratiealternatief 1 met 78 gravitaire funderingen. In vergelijking echter met de van nature optredende turbiditeitsconcentraties tijdens stormen, wordt dit ongeacht het cumulatief scenario als een aanvaardbaar effect beoordeeld. Het cumulatief effect zal de som zijn van de individuele effecten.

De impact op de turbiditeit wordt voor de aanleg van parkkabels en exportkabels als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld, zeker in vergelijking met deze impact tijdens de aanleg van funderingen (zie hoger). Het effect wordt eveneens als aanvaardbaar beoordeeld.

0.4.4 Klimaat en atmosfeer

Een belangrijk effect tijdens de operationele fase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windmolenparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt.

Tegen eind 2012 zal een Vlaams Klimaatplan uitgewerkt worden om de Vlaamse doelstellingen op te trekken tot een CO_2 reductie van 30% tegen 2020. De vermeden emissies van de vijf windmolenparken zullen hiervoor een belangrijke bijdrage leveren.

0.4.5 Geluid en trillingen

Het geluid van het heien van funderingspalen kan onder water tot op een relatief grote afstand propageren met slechts een geringe attenuatie. Maar gezien dat bij het heien een impulsgeluid (niet continue) wordt voortgebracht en de heiactiviteiten slechts tijdelijk voorkomen, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark. De kans dat de puls van het heien ter hoogte van verscheidene parken samen valt is namelijk zeer klein.

Bij het baggeren kan het onderwatergeluid tot op een relatief grote afstand (verder dan de windmolenparken) worden waargenomen met slechts een geringe geluidsdemping. Gezien het baggeren slechts tijdelijk voorkomt en enkel in het geval van de helft van de monopile en jacket fundering locaties, en bij de keuze van een gravitaire fundering, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines en overschrijdt de veiligheidsgrens van 500 m rond het windmolenpark niet; het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten.

Bij de cumulatieve werking van de windmolenparken in een matig belastende situatie zal er boven water enkel in de zones tussen de windmolenparken een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn t.o.v. de individuele werkingstoestand van elk windmolenpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

0.4.6 Fauna, flora en biodiversiteit

Voor de meeste effecten op benthos en vissen (biotoopverlies/ verstoring, verlies organismen, introductie hard substraat, geluid en trillingen) geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijk effecten per windmolenpark. Deze zijn bovendien vaak recht evenredig met het ruimtebeslag. De totale oppervlakte van de vijf parken samen (inclusief veiligheidszones) blijft relatief klein t.o.v. het BDNZ. Gezien de meeste effecten zich slechts voordoen op een beperkt deel van de domeinconcessies (gravitaire > monopile/jacket) kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn. Er heerst nog een grote onzekerheid omtrent de grootte van het cumulatieve effect van geluidsverstoring onder water en elektromagnetische straling ten gevolge van de bekabeling. Verder onderzoek is aangewezen.

Met betrekking tot vogels kan verwacht worden dat de aanwezigheid van een groot aantal windmolenparken in een relatief kleine zone een licht verhoogde mortaliteit van zeevogels op populatieniveau tot gevolg kan hebben. Ook al vallen er waarschijnlijk relatief gezien weinig aanvaringsslachtoffers, dit kan op lange termijn toch een significant effect hebben op de populatie van bepaalde soorten (Drewitt & Langston, 2006). De aanwezigheid van de windmolenparken kan

voor verstoringsgevoelige zeevogelsoorten bovendien een verlies van habitat betekenen. Dit is voornamelijk het geval tijdens de winterperiode, waarbij grote aantallen zeevogels zich op het BDNZ concentreren vooraleer ze naar hun broedgebieden trekken. De aanwezigheid van de parken kan tevens een vermindering van foerageergebied betekenen voor bepaalde verstoringsgevoelige vogelsoorten, of een barrière-effect teweeg brengen dat vooral van belang is ten aanzien van de migrerende vogels. Deze cumulatieve effecten kunnen echter op basis van de huidige gegevens niet eenduidig ingeschat worden. Bijkomend onderzoek is noodzakelijk.

Voor zeezoogdieren wordt verwacht dat de meeste cumulatieve effecten (verstoring, geluid, fysische aanwezigheid windmolenparken, wijziging in voedselbeschikbaarheid…) de som van de afzonderlijke effecten zullen zijn. Er zijn echter veel leemten in de kennis.

0.4.7 Zeezicht en cultureel erfgoed

De constructieactiviteiten van een windmolenpark kunnen een effect hebben op de beleving van toeristen, bewoners en vissers. De scheepvaart zal verhogen en ook de bouwwerkzaamheden op zee kunnen het zeezicht beïnvloeden. De bouwperiodes kunnen deels overlappen waardoor de verstoring zal verminderen in duur, maar wel een verhoogde intensiteit van verstoring met zich mee zal brengen. Langs de andere kant kunnen de werkzaamheden ook als een extra toeristische attractie gezien worden. Ongeacht dit gegeven, wordt het cumulatieve effect als gering negatief beoordeeld.

Vanaf de kust zullen enkel de turbines van C-Power en Norther zichtbaar zijn. Tijdens een enquête van Grontmij (2010) aangaande de aanvaardbaarheid van het gesimuleerde zicht van drie toen reeds vergunde parken (C-Power, Belwind en Northwind), beoordeelde 78% van de ondervraagden het zicht als aanvaardbaar. Wanneer ze een simulatie van een worst case scenario te zien kregen, waarbij het volledige concessiegebied met windturbines gevuld is, werd het zicht nog door 62% als aanvaardvaar beschouwd. Doordat de verscheidende parken in fases gebouwd worden, is het mogelijk dat een langzame gewenning zal optreden aan het wijzigend landschap. Het cumulatieve effect wordt dat ook als aanvaardbaar beschouwd.

Langsheen de tracés voor de exportkabels zijn enkele wrakken gesitueerd. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken telkens maximaal nagestreefd wordt door het uitvoeren van een voorafgaande side-scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) langsheen het traject, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt. Het cumulatieve effect door het voorzien van de bekabeling van de vier windmolenparken op het maritiem archeologisch erfgoed wordt bovendien verder gereduceerd door de kabeltracés van de verschillende projecten zoveel mogelijk te bundelen.

0.4.8 Interactie met menselijke activiteiten

Het invullen van de gehele concessiezone met windturbines beperkt een groter percentage aan vismogelijkheden in deze regio. Indien we uitgaan van de ruwe schatting dat 85% van het BDNZ kan bevist worden (Ecolas, 2003), zou dit neerkomen op een bijkomend verlies voor de traditionele visserij van ongeveer 7% tengevolge van de vijf windmolenparken. Het Rentel concessiegebied heeft hierin slechts een beperkt aandeel; vooral de zones dichter bij de kust en op de zandbanken zijn als visserijgebied interessanter en hebben in die zin een sterkere impact op de sector. Dekker *et al.* (2009) hebben berekend dat het afsluiten van windmolenparken (en ook mariene beschermde gebieden) slechts een minimaal effect zal hebben op de hoeveelheid te vangen vis en dus op de visserij. Maricultuur biedt eveneens mogelijkheden om de economische activiteit van de visserij deels

te vervangen. Daarnaast kan de afsluiting van een groot aaneengesloten gebied er wel toe leiden dat de vaartijd van vissersschepen toeneemt.

Naast het ruimtelijke verlies spelen de cumulatieve korte en langetermijneffecten tijdens de constructie- en operationele fase op de vissen een rol voor de visserijsector. Mogelijke cumulatieve negatieve effecten worden veroorzaakt door het heien van de palen (monopile, jacket funderingen) en het ontstaan van elektromagnetische stralingen (kabels). Momenteel bestaat er nog veel onzekerheid rond de impact van deze effecten. Voorlopig wordt dit effect als matig negatief (heigeluid tijdens constructie) tot gering negatief (elektromagnetische straling) ingeschat, maar verder onderzoek is wenselijk. Mits gebruik van milderende maatregelen kunnen beide effecten als aanvaardbaar beoordeeld worden.

Daarnaast kan een afsluiting van het gebied voor visserij en scheepvaart een positief effect hebben op de vispopulaties. Ook de introductie van harde substraten kan resulteren in een toename van vis.

De uitgebreide monitoring in de concessiezone zal een positieve bijdrage leveren aan de wetenschappelijke kennis van het BDNZ. Ook de mogelijkheid tot gemeenschappelijk onderzoek tussen de offshore windindustrie en Belgische universiteiten en andere wetenschappelijke instellingen biedt nieuwe opportuniteiten. Het cumulatief effect op het wetenschappelijk onderzoek wordt dus als matig positief beoordeeld.

0.4.9 Risico's en veiligheid

Er wordt verwacht dat de belangrijkste cumulatieve effecten voor de discipline Risico's en veiligheid zullen optreden voor de deelaspecten 'Scheepvaart' en 'Radar en scheepscommunicatie'. Zodoende worden enkel deze aspecten verder besproken.

In de veiligheidsstudies van MARIN (2011a, 2011b) werden twee cumulatieve scenario's onderzocht. Scenario 1 omvat het Norther, Belwind, Northwind en C-Power windmolenpark, terwijl bij scenario 2 de twee windmolenparken waarvoor toen reeds een domeinconcessie werd verkregen werden toegevoegd, nl. Rentel en Seastar. In de aanvullende studie MARIN (2011b) werd het effect gekwantificeerd van het al dan niet meenemen van een extra driehoek aan de zuidkant van het concessiegebied (scenario 2A, zonder driehoek, scenario 2B met driehoek).

De bespreking en beoordeling van de effecten van operationele windmolenparken op radar en scheepscommunicatie werd opgemaakt in een deelstudie door Flemtek-IMDC (2012) (integraal bijgevoegd als externe bijlage bij dit MER). De belangrijkste resultaten in verband met het cumulatief effect van de windmolenparken op radar en scheepscommunciatie worden hieronder samengevat.

0.4.9.1 Scheepvaart

0.4.9.1.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Het Belgische Deel van de Noordzee wordt gekenmerkt door een zeer intens scheepvaartverkeer. De belangrijkste scheepvaartroute is oost-west georiënteerd richting de Schelde (Zeebrugge). Door het afsluiten van de Belgische windconcessiezone voor de scheepvaart, zullen schepen hun routes moeten aanpassen en zal de intensiteit van schepen aan de randen van het windmolenpark verhogen.

Uit voorgaande studies (Ecolas, 2003; Le Roy *et al.*, 2006, DNV, 2008) blijkt dat de raming van scheepsongevallen in de Belgische territoriale wateren een zeer moeilijke berekening is. De getallen variëren van meerdere aanvaringen per jaar tot minder dan 0,0005/jaar afhankelijk van het

beschouwde gebied, het scheepstype en het type accident (aanvaring/aandrijving; met een schip/platform) dat in overweging genomen wordt. Een inzicht in de werkelijke kans op een ongeval op het BDNZ is moeilijk in te schatten. Verder blijken vooral RoRo (Roll on/Roll off) schepen, vrachtschepen en in minder mate ook containers, betrokken te zijn bij een aanvaring tussen 2 schepen (DNV, 2008).

Analoog hiermee, blijkt een grote variatie te bestaan voor de inschatting van het aantal accidenten die effectief aanleiding geven tot milieuverontreiniging. In de RAMA-studie (Le Roy *et al.*, 2006) wordt vermeld dat de kans op een accident met een lozing van gevaarlijke goederen (milieuverontreiniging) op eens om de 3 jaar ingeschat wordt. Dit aantal wordt eerder als een overschatting beschouwd omwille van allerlei redenen (o.a. karakteristieken van het model in combinatie met het zandbank-systeem). MARIN (2011a) berekende die kans op eens om de 31 jaar. In Ecolas (2003) wordt vermeld dat BMM 3 incidenten met milieuvervuiling per 100 jaar, of eens om de ca. 30 jaar, als een aanvaardbaar risico beschouwd.

Een toetsing van deze inschattingen aan de werkelijkheid toont aan dat er gedurende de laatste 40 jaar een 30-tal incidenten geweest zijn met olie, die een potentieel gevaar opleverden voor de Belgische Kust. De gelekte volumes variëren echter tussen de 10.000 ton en minder dan 10 ton. De helft van de vervuiling werd veroorzaakt door stookolie, benzine, 'crudes', terwijl de andere helft niet geïdentificeerd werd. Dit resulteerde dus in gemiddelde gelekte hoeveelheden van ongeveer 1.500 ton voor het totaal vervuilde gebied en 500 ton voor het BDNZ. Deze grote hoeveelheid is hoofdzakelijk te wijten aan het accident met de British Trent (1993) waarbij ongeveer 5.000 ton in zee terecht kwam. Een analyse exclusief dit accident geeft voor het BDNZ een gemiddelde gelekte hoeveelheid van ongeveer 50 ton.

Omwille van die onzekerheid moeten de cijfers met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Aangezien er blijkbaar geen eenduidige conclusie bestaat over de risico's van accidenten en incidenten in de zuidelijke Noordzee, zal vergelijking met het bijkomende risico veroorzaakt door het project moeilijk te interpreteren zijn.

0.4.9.1.2 Bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten

De kans op aanvaring van windturbines door routegebonden en niet-routegebonden schepen is voor het Rentel windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar), in vergelijking met de parken aan de NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther). De totale aanvaar- en aandrijfkans van het Rentel windmolenpark is slechts 8,2% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windmolenparken in de scenario 2B. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar (MARIN, 2011b).

De aanvarings/aandrijvingskans wordt vooral bepaald door het aantal turbines, in mindere mate door de afmetingen ervan. Het cumulatief effect van de verschillende windmolenparken (toename in aantal turbines) op aanvaring van turbines is maximaal gelijk aan de som van de effecten van elk park afzonderlijk. Het cumulatief effect zal waarschijnlijk zelfs kleiner zijn, omdat door de omlopende verkeerstromen bij de afsluiting van een park het aantal windturbines die aangevaren kunnen worden vermindert.

De verschillen in aanvaring/aandrijvingsrisico tussen scenario 1 en scenario 2B is niet zo groot (2,4%). Dit klein verschil wordt veroorzaakt door de kleine stroom routegebonden verkeer dat over de Thornton route van en naar Maas West vaart (doorheen de Rentel en Seastar concessiezone) en onder scenario 2B om moet varen ten zuiden van Norther langs, via Westpit (MARIN, 2011b). De

grootste aanvaarkans geldt voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het Norther windmolenpark (dichtst bij de route van en naar Maas West).

In het BDNZ zal het aantal schepen nagenoeg niet toenemen door aanpassing van de verkeerstromen volgens scenario 2B, ten opzichte van een basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power). De verschillen zijn het grootst voor de chemicaliëntankers (+0,07%) en de olietankers (+0,13%).

Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 2B toenemen met 0,13% ten opzichte van het basisscenario. De kans op aanvaring neemt wel exponentieel toe met de intensiteit. Het cumulatieve effect van de bouw van de windmolenparken, waardoor de densiteit in de vaarroutes rond de Belgische windmolenzone steeds verder toeneemt, zal dus groter zijn dan de som van de effecten van elk park afzonderlijk.

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Norther windmolenpark onder scenario 2B toe met 7,4%. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Rentel windmolenpark onder scenario 2B is kleiner wegens de ligging van het park in het midden van de Belgische windmolenzone.

De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

Uit simulaties van Dulière en Legrand (2011, in: BMM, 2011b) blijkt dat bij zware weerscondities (wind van 17 m/s) de olie de Nederlandse zone kan bereiken in minder dan 3h en de Franse kust ongeveer 18h na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 6h. De Vlakte van de Raan en Voordelta kunnen worden bereikt binnen respectievelijk ongeveer 3 en 6h na lozing. Eerste stranding kan verwacht worden 6h na lozing in de buurt van Zeebrugge en binnen ongeveer 12h elders aan de Belgische kust. De olie kan de Nederlandse en Franse kust bereiken binnen 12h na lozing voor de zones grenzend aan de Belgische zone en later voor de verder gelegen zones (ongeveer 24h voor Duinkerke en 24-36h voor Den Haag). Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing.

Vooral de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste korte termijn effecten ondervinden door olieverontreiniging. De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Naast de directe slachtoffers die een ramp veroorzaakt, zijn er ook mogelijks negatieve gevolgen voor de populatie (langdurig effect). Het is echter niet altijd eenvoudig het effect van de ramp te onderscheiden van natuurlijke fluctuaties in een populatie.

Bij bovenstaande besluiten moet evenwel rekening gehouden worden met het feit dat dergelijke effecten sterk afhankelijk zijn van geografische, fysiologische, chemische omstandigheden en weersomstandigheden waardoor de olieverontreiniging beïnvloed kan worden. Het cumulatieve effecten van verontreiniging bij de aanwezigheid van meerdere windmolenparken zal mogelijks groter zijn dan de som van de effecten van elk park afzonderlijk. Door de toename van aantal windturbines bij elk nieuw park, zal dit het indammen bemoeilijken omdat de bestrijdingsschepen veel omzichtiger moeten manoeuvreren.

0.4.9.2 Radar en scheepscommunicatie

0.4.9.2.1 Impact op de waarnemingen van de SRK walradarstations

Er zullen zich geen wezenlijke veranderingen voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de offshore windmolenparken binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations.

Wel dient opgemerkt te worden dat de secundaire navigatieroutes zullen wijzigen, en dat deze wijziging de nodige aandacht verdient in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes.

0.4.9.2.2 Impact op de waarnemingen van de scheepsradar

Algemeen kan gesteld worden dat met betrekking tot de operationele werking van de scheepsradar er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft, bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. De meeste fenomenen zijn nu reeds bekend wanneer zich een voldoende groot object (in casu ander schip) in de nabijheid van de eigen scheepsradar bevindt. In de meeste gevallen betreft het zelfs een mast of ander object aan boord van het eigen schip dat de oorzaak van foutieve beeldvorming is. De radaroperatoren aan boord zijn dan ook met deze verschijnselen voldoende vertrouwd. Enkel voor de opvolging van het scheepvaartverkeer in een windmolenpark, of voor de opvolging vanuit een windmolenpark dient de opmerking gemaakt dat er zich direct achter windturbines dode zones kunnen voordoen, maar dat tussenin de transparantie voldoende gegarandeerd blijft.

0.4.9.2.3 Impact op de VHF communicatie en aanverwante marifone systemen (AIS, RDF)

Met betrekking tot de VHF radiostations zullen er zich geen wezenlijke veranderingen voordoen op Belgisch of Nederlands grondgebied voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. Dit geldt evenzeer voor de werking van het AIS systeem als voor het RDF systeem.

Opnieuw verdienen de aangepaste secundaire navigatieroutes rondom de offshore windmolenparken de nodige aandacht in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek, waarbij de radio communicatie doorheen de windmolenparken tussen schip en schip quasi onmogelijk zal zijn.

0.4.9.2.4 Besluit

Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van het singuliere offshore windmolenpark Rentel geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet. Mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ, zullen in eerste instantie bepaald worden door de effecten van de projecten Norther en C-Power voor en op de Thorntonbank. Deze gebieden liggen immers het dichtst onder de kust en vormen als het ware de "eerste" barrière voor waarnemingen vanaf de kust. Daarenboven liggen deze gebieden ook nog expliciet binnen de actieve zone van zowel de Vlaamse en Nederlandse SRK radarstations en de operationele VHF radiostations.

Verder dient er op gewezen te worden dat in deze studie enkel de effecten van de SRK radarbewaking van de scheepvaart, de radarwaarneming door de scheepsradar en de VHF radio communicatie (schip/wal en schip/schip) besproken zijn. De bewaking van het hier beschouwde windmolenpark zelf (en van de diverse andere windmolenparken) is in deze studie niet aan bod

gekomen. Hiervoor dienen er uiteraard gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om de scheepvaartraffiek om en rond de meer zeewaarts gelegen zijde van het afgebakende concessiegebied op het BDNZ adequaat op te volgen. Hierbij kan gedacht te worden aan een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte. Het is echter evident dat een dergelijke extra radarinstallatie meteen alle offshore windmolenparken (Norther, C-Power, Rentel, Northwind, Belwind en eventueel andere initiatieven) kan en zal "bedienen".

0.5 GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN

0.5.1 Klimaat

Er zijn sterke indicaties dat vlak achter een windmolenpark de windsnelheid tot 40% kan dalen. Op een onderlinge afstand van 1.400 m (14 rotordiameters) is er vlak achter het park een verlies van 6% in windsnelheid.

Indien men in de toekomst in het nabijgelegen Nederlandse windenergiegebied 'Borssele' windturbines zou plaatsen, dan zou de Belgische windconcessiezone potentieel de wind in dit gebied significant verstoren. Momenteel bestaat er echter nog geen duidelijkheid over de invulling van windmolenparken in de Nederlandse zone, noch over de effectieve verandering in het windklimaat afwaarts van de Belgische windmolenparken. Verder onderzoek naar de 'schaduweffecten' van de Belgische windmolenparken is bijgevolg aangewezen.

0.5.2 Geluid en zeezicht

Gezien de grote afstand tot de Nederlandse kust (ca. 30 km) zullen de windturbines van het Rentel project geen visuele hinder noch geluidshinder veroorzaken.

Boven water aan de grens met Nederland wordt er een specifiek geluid van ongeveer 50 dB(A) verwacht.

0.5.3 Fauna en flora

Er bevinden zich twee Natura 2000 gebieden over de grens met Nederland op minder dan 20 km van het Rentel windmolenpark: de Vlakte van de Raan en de Voordelta.

De effecten op benthos, vissen, vogels en zeezoogdieren in Natura 2000 gebieden worden als aanvaardbaar geacht omwille van de tijdelijk en lokale aard van de verstoring, de grote afstand tot zeehondenkolonies in de Nederlandse Delta, het uitgebreide foerageergebied van zeehonden en vogels, en het ruime verspreidingsgebied van Bruinvissen.

0.5.4 Risico's en veiligheid

De scheepsdensiteit in de verkeersstromen rond de windmolenparken, ook op Nederlands grondgebied, zal toenemen. Hierdoor neemt de kans op scheepvaartongevallen en de kans op olieverontreiniging toe.

Door het omvaren rond de Belgische windmolenparken nemen de economische kosten en de uitstoot van broeikasgassen toe. De totale toegenomen afstand voor een jaar is echter beperkt tot een extra 500 NM.

0.5.5 Conclusie

Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de grens kunnen enkel beperkte effecten verwacht worden naar Nederland toe. Gezien de afstand van het Rentel projectgebied tot de Nederlandse kust worden de effecten als aanvaardbaar beschouwd.

0.6 MONITORING

Monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het ecosysteem als gevolg van de inplanting van het windmolenpark te kunnen detecteren. Gezien momenteel verschillende windmolenparken actief worden binnen de juridisch afgebakende windconcessiezone is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen.

In de diverse thematische hoofdstukken van voorliggend MER worden voorstellen geformuleerd voor monitoring. Deze voorstellen zijn hoofdzakelijk gebaseerd op de diverse MERs uitgevoerd voor de windmolenparken van C-Power, Northwind, Belwind en Norther (Ecolas NV, 2003 en 2004; Arcadis, 2007, 2008 en 2011) en de milieu-effectbeoordelingen (MEBs) uitgevoerd door de overheid voor dezelfde projecten (BMM, 2004, 2006a, 2007, 2009 en 2011).

0.7 BESLUIT

Rentel NV heeft een domeinconcessie toegewezen gekregen voor de bouw en exploitatie van een offshore windmolenpark op ca. 31 km van de kust. Het voorziene park wordt gebouwd langs de grens met Nederland in de Zuidwest-Schaar. Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen voor het Rentel windmolenpark bedraagt minimaal 288 MW en zou maximaal 550 MW bedragen. Het park zal jaarlijks een opbrengst van ca. 900 GWh tot 1.700 GWh genereren, wat overeenkomt met het gemiddeld jaarverbruik van ca. 286.000 tot 550.000 doorsnee gezinnen. Met de realisatie van het windmolenpark wordt invulling gegeven aan de doelstellingen van de overheid ten aanzien van duurzame energie.

Ten behoeve van de besluitvorming over de aanvraag van de vergunningen wordt de procedure voor de milieueffectrapportage met bijhorende milieueffectenbeoordeling doorlopen. Dit MER dient ter onderbouwing van de vergunningaanvraag en behandelt zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging van het Rentel windmolenpark (inclusief de voorbereidende en ondersteunende in situ surveys). In deze MER zijn de milieueffecten voor windturbines binnen een range van 4 MW tot 10 MW besproken, en worden drie verschillende funderingsalternatieven (monopile, jacket, gravitaire) bestudeerd. Hiermee rekening houdend zijn in overleg met het bestuur een aantal alternatieven (configuraties + funderingstype) weerhouden voor het Rentel windmolenpark, die verder besproken worden doorheen de verschillende hoofdstukken. Het aantal turbines varieert naargelang het gekozen alternatief: basisconfiguratie (47 MP/JF/GBF * 6,15 MW); configuratie 1 (78 MP/JF/GBF * 4 - 6,5 MW); configuratie 2 (60 MP/JF/GBF * 6,5 - 7,5 MW); configuratie 3 (55 JF/GBF * 7,5 - 10 MW). Vervolgens wordt de energie getransporteerd via ondergrondse kabels (voor het traject op zee liggen de kabels ingegraven in de zeebodem) naar Zeebrugge of naar het zognaamde alfa-platform, een nabijgelegen offshore transformatorplatform

zoals door Elia voorgesteld in hun ontwikkelingsstrategie. Eveneens wordt de nodige monitoring voor bewaking en besturing van het windmolenpark voorzien en de vereiste bebakening en markering voor luchtvaart en scheepvaart. Het windmolenpark zal in twee fases gebouwd worden en een exploitatieduur van minimum 20 jaar hebben.

Tijdens de constructiefase zal er een tijdelijke milieuverstoring plaatsvinden ten gevolge van de werkzaamheden. Bij GBF dient er een aanzienlijke hoeveelheid gebaggerd zand gestockeerd te worden binnen het concessiegebied, en zal een extra hoeveelheid gebaggerd moeten worden voor het heropvullen van de funderingsput en als ballast. Er treedt een tijdelijke benthische habitatverstoring op door de stockage van het gebaggerd zand en een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen. Als gevolg van de activiteiten (varen, baggeren, heien, gebruik van de kraan , ...) zal er een tijdelijk een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn onder en boven water. Er is onzekerheid over de grootte van de impact van geluid en trillingen op het mariene leven. Als gevolg van de erosiebescherming en de turbines zal er beperkt verlies zijn aan zandbodem als leefomgeving. De creatie van harde substraten zal leiden tot een verhoogde en veranderde biodiversiteit. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten. Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers binnen het BDNZ.

Tijdens de operationele fase treden eveneens een aantal effecten op. Potentiële erosie t.h.v. de turbines wordt tegengaan door het a priori aanleggen en/of monitoren van een erosiebescherming en lokale erosie rond de respectievelijke funderingsvormen. De kans op verontreiniging van water en bodem is verwaarloosbaar. Tijdens de exploitatie van dit windmolenpark worden tot bijna 8% emissies vermeden van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales (significant positief effect). Het windmolenpark zal quasi niet waarneembaar zijn vanuit verschillende kuststeden, aangezien het achter de parken van Norther en C-Power ligt. Door het functioneren van de turbines wordt er ook in de onmiddellijke omgeving van de turbines een verhoogd onderwatergeluid verwacht. Boven water zal er ook een verhoogd geluid zijn, wat maximaal hoorbaar kan zijn tot op 5 km. Voor de meeste fauna-soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden. Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen een gering tot matig negatief effect (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de operationele fase. Verder radaronderzoek is echter wenselijk om deze voorlopige inschattingen te bevestigen. Aanwezigheid en gedrag van zeezoogdieren kan zowel positief als negatief beïnvloed worden door trillingen, geluid, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen. Er wordt een indirect positief effect (verhoogde visvangst) verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving, door het afsluiten van de windmolenparkzone voor boomkorvisserij.

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de constructiefase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. Geluidsverstoring zal blijven voorkomen, doch zal beperkt blijven tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen funderingen). De significante geluidsverstoring ten gevolge van het heien (MP/JF) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase dus niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase. De effecten variëren van (vrijwel) geen effect tot een gering negatief effect, afhankelijk van het beschouwde alternatief.

De voornaamste invloed van de bekabeling is de lokale verstoring van de bodem en de daarin levende organismen. Deze invloed zal beperkt zijn tot de onmiddellijke omgeving rond het kabeltracé en na een tijd verdwenen zijn (gering negatief effect). De invloed van de elektromagnetische straling en de lokale opwarming van de zeebodem (door de warmteontwikkeling in de elektrische kabels) op

benthos, vissen en zeezoogdieren tijdens de exploitatie van het windmolenpark is onzeker, maar beperkt tot de nabije omgeving.

Bij de cumulatieve effecten (gezamenlijke effecten van de vijf windmolenparken) worden enkel de effecten verder besproken die niet verwaarloosbaar zijn voor een enkel windmolenpark. Voor deze niet-verwaarloosbare effecten zal het cumulatieve effect meestal gelijk of kleiner zijn dan de som van de individuele effecten. Indien gekozen wordt voor een GBF bij het Rentel en Norther windmolenpark (andere windmolenparken opteren voor MP en/of JF), zal in totaliteit voor de vijf windmolenparken samen bijna 8,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden in de respectievelijke concessiegebieden ten gevolge van de benodigde uitgraving. De vermeden emissies van elk windmolenpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO_2, NO_x en CO_2. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen. Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot de veiligheidszone. Het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten. Voor de meeste effecten op benthos en vissen geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijk effecten - vaak recht evenredig met het ruimtebeslag dat in totaliteit relatief klein blijft t.o.v. het BDNZ- per windmolenpark. Voor vogels en zeezoogdieren geldt eveneens dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijke effecten. Enkel naar inname van habitat voor rustende en foeragerende vogels door de uitstralende werking van elk windmolenpark treedt er een cumulatief effect op dat groter is dan de som van de effecten per windmolenpark. Hier wordt het cumulatieve effect op de verstoring van Alk, Zeekoet en Jan van Gent als matig negatief beoordeeld. Er worden geen noemenswaardige negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de verschillende gebruikers van de Noordzee. De kans op aanvaring van windturbines is voor het Rentel windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar), in vergelijking met de parken aan de actuele NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther). De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar. Er wordt geen significant negatieve invloed verwacht van de aanwezigheid en exploitatie van de windmolenparken op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de grens kunnen enkel beperkte grensoverschrijdende effecten verwacht worden naar Nederland toe. Gezien de afstand tot de Nederlandse kust worden alle beschouwde effecten als aanvaardbaar beschouwd.

0. NON-TECHNICAL SUMMARY

0.1 PREFACE

According to the Belgian legislation a concession is required for the construction and exploitation of a windmill park. An environmental impact assessment (EIA) of the planned activities needs to be produced as a necessary part of a licence application or prolongation.

This report is the EIA which will be used by the initiator as part of their ongoing or future concession application. This EIA will discuss the environmental impact during construction, exploitation and dismantling of wind turbines, as well as the environmental impact related to cable installation, exploitation and possible cable removal.

This EIA consists of two parts: a non-technical summary (in Dutch, English and French) and an elaborate description of the proposed project and its possible impact. Annexes can be found at the end of the report.

The non-technical summary can be read as a single part by the interested reader who has less time for technical data and descriptions as provided in the next chapters and annexes of the EIA.

The elaborate description includes the following:

Chapter 1:

- Indicates the EIA-requirements, the initiator of the project, the EIA coordinator and the composition of the team of experts.

Chapter 2:

- Provides a technical description of the technology. Each phase of the project (construction, exploitation, decommissioning) is described.

Chapter 3:

- States the legal and policy boundary conditions.

Chapter 4:

- Discusses alternatives for configuration and implementation.

Chapter 5:

- Describes the methodology used for each discipline, the reference situation and autonomous development, describes and evaluates the environmental impact, indicates knowledge gaps, describes more mitigating measures and indicates which monitoring of impact is provided. In the discipline of 'Fauna, flora and biodiversity' an appropriate assessment is conducted for the installation of the export cable, as it can have an impact on the indicated Special Area of Conservation of Zeebrugge.

Chapter 6:

- Indicates the possible cumulative impact of already present or licensed wind farms (C-Power, Belwind, Northwind and Norther) in combination with the Rentel wind farm.

Chapter 7:

- Describes the expected transboundary impact as required within the framework of the Espoo Treaty.

Chapter 8:

- Provides a final synthesis of the environmental impact and proposed mitigating measures for each discipline and for each phase.

Chapter 9:

- A list of consulted literature.

Annexes at the end of this report:

- Annex A: The environmental licence procedure and the application form for converting THV Rentel to Rentel NV (PLC)
- Annex B: The coordinates of the obtained domain concession
- Annex C: Location and lay-out of the expanded concession zone
- Annex D: Location of the alternative cable routes and explanatory notes to the projects STEVIN and the high-voltage electricity grid of ELIA
- Annex E: Location of protected marine areas
- Annex F: Pamphlets of different types of examples of wind turbines
- Annex G: Magnification of pictures from the section Sea view and Cultural heritage

Finally, several substudies have been conducted relating to this EIA, added as separate annexes (external annexes). These substudies discuss several subaspects of the EIA into more detail. The most important conclusions have already been processed in the preceding EIA.

External annexes:

- IMDC (2012b). Environmental Impact Assesment windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11397/12.072/LWA.
- IMDC (2012c). Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11397/12.114/VBA.
- Flemtek-IMDC (2012). Study on the possible influence of a wind farm called "Rentel" concerning: SRK-radar installations, the ship radar and the maritime radio-telephone communication. Acting upon instructions from Rental NV (PLC), in cooperation with IMDC.

0.2 PURPOSE AND INTENDED ACTIVITY

Rentel NV has been granted a domain concession for the construction and exploitation of an offshore wind farm located at about 31 km from the coastline. The projected park will be constructed along the border with the Netherlands on the Zuidwest-Schaar, a zone located to the northwest of the Thorntonbank (C-power domain concession) and to the southeast of the Lodewijkbank (a domain concession of Northwind – formerly Eldepasco). The annual output is estimated at roughly 900 GWh to 1.700 GWh, which is equivalent to the average annual consumption of about 286.000 to 550.000 households. Prior to the commencement of the construction works, an environmental licence and a licence for the laying of cables must be applied for. For the purpose of decision making with regard to

the application for these licenses, the procedures for environmental impact reporting and assessment will be reviewed and discussed.

An environmental impact study (EIS) must be drawn up in order to fully reflect the importance of environmental interests in the course of the license application process. This EIS will serve to substantiate the license application procedure and deals with the construction, exploitation, dismantling and cable laying processes of the Rentel wind farm.

Up to present, it is still impossible for the initiating company to make any statements as to the final choice of turbine and foundation type. In practice, a final choice is only made after conducting an extensive market analysis and upon completion of the tender procedure. In this respect, the references and financial capacities of the various manufacturers, as well as any available economical analyses, 'proven technologies' and a number of other factors also play a decisive role. That is why the EIS starts from one basic configuration and three alternative configurations which cover the full range of possible installation alternatives. In this way, the methodology and analyses used in the aforementioned EIS will also take into account a "worst-case scenario" approach. The dimensions and specifications of the final choice of turbine and foundation type will need to be equivalent or inferior to the types described in the EIS.

In the EIS, the following configuration alternatives for the projected Rentel wind farm are discussed:

Configuration	# Turbines	Rotor diameter	Individual capacity	Total installed capacity	Foundation type	Scour protection
Basic configuration	47	126 m	6,15 MW	289 MW	Monopile	Yes: Static/dynamic
					Jacket	No
					GBF	Yes
					Suction bucket	Identical MP and JF
Configuration 1	78	120-130 m	4-6,5 MW	312-507 MW	Monopile	Yes: Static/dynamic
					Jacket	No
					GBF	Yes
					Suction bucket	Identical MP and JF
Configuration 2	60	140-165 m	6,5-7,5 MW	390-350 MW	Monopile	Yes: Static/dynamic
					Jacket	No
					GBF	Yes
					Suction bucket	Identical MP and JF
Configuration 3	55	150-160 m	7,5-10 MW	413-550 MW	Jacket	No
					GBF	Yes
					Suction bucket	Identical MP and JF

This way the option with the maximum number of turbines will be discussed (configuration 1), the option with the maximal rotor diameter (configuration 2) and the option with the maximal installed individual and total capacity (configuration 3).

A capacity range of 4 MW to 10 MW is thus included in the park lay-out (with a total installed capacity between 289 and 550 MW). As model for each configuration following examples will be used in this

EIS: the Repower 6M (6,15 MW) for the basic configuration and configuration 1, the Vestas V164 (7 MW) for configuration 2, and the Clipper Windpower Britannia (10 MW) for configuration 3.

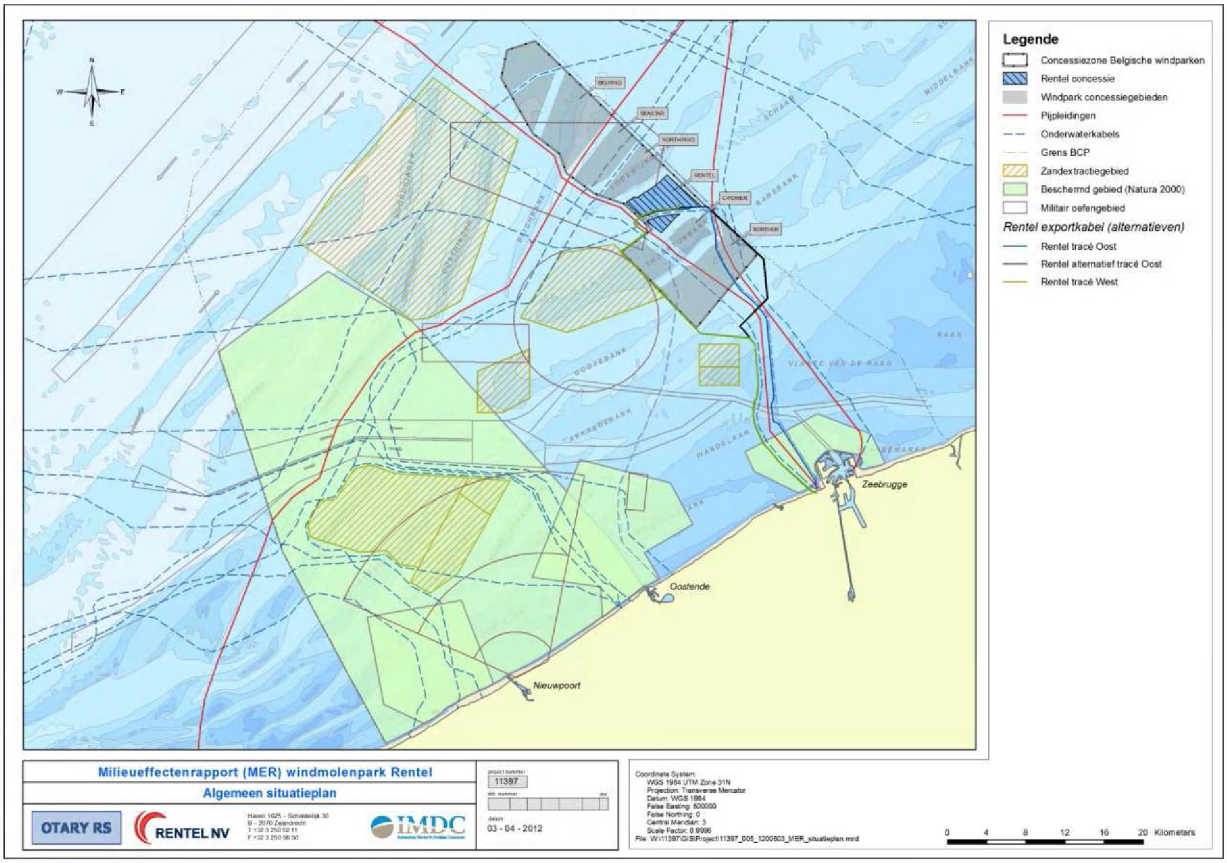
Finally, the cumulative effects of the Rentel wind farm are discussed, together with the impact of the four currently licensed wind energy projects in the Belgian North Sea area (C-Power, Northwind, Belwind, and Norther).

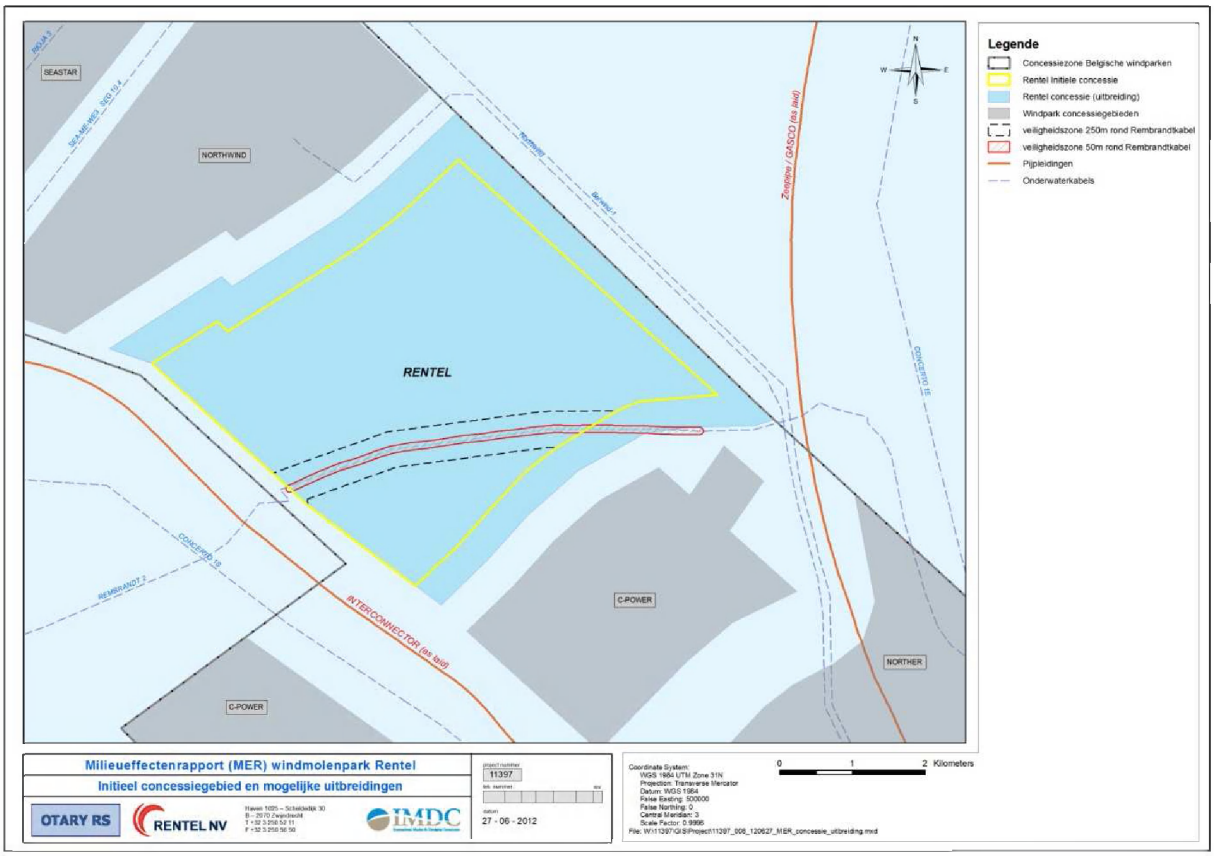
0.3 PROJECT DESCRIPTION

On June 4, 2009, the Federal Public Service Economy, SMEs, Self-Employed and Energy granted a domain concession to the former THV Rentel, presently Rentel NV, for the construction and exploitation of installations for the production of electricity from wind in the sea areas known as the Zuidwest-Schaar, situated between the Thorntonbank and the Bank Zonder Naam (presently called the "Lodewijkbank") (Ministerial Decree (MD) 04/06/2009 (EB-2009-0014-A) "granting of a domain concession to THV Rentel").

The capacity range is 4 to 10MW per turbine, with a total installed capacity of max. 550 MW. The generated electrical energy is transported to a high voltage substation located onshore (in Zeebrugge) via high tension cables embedded in the sea floor.

The construction of the Rentel Wind farm is scheduled for the period 2014-2016.





The table below reflects the main characteristics of the concept design:

Subject	Description
Location	
Situation	• Located 31 km off the coast; • On the 'Zuidwest-Schaar' between the Thorntonbank (domain concession of C-Power) and the 'Lodewijkbank' (domain concession of Northwind), along the border with the Netherlands; • The project area is located in the zone demarcated for the implantation of offshore wind farms as defined in the Royal Decree (RD) of December 20, 2000, and as amended by the RD of February 3, 2011.
Surface area of the concession area	The total surface area is roughly 18,5 km², with a possible extension to 26,9 km²
Wind Park Organization	• Implantation: basic configuration and the three alternative configurations, see Annex C • Depth of the sea floor of the concession area: -22 to -38 m TAW (General Second Water Passing); • Minimum distances to be observed towards the Interconnector gas pipeline (500 m) and the telecommunication cable 'Rembrandt 2' (250 m), and the buffer zone of 500 m to be respected for the adjacent wind farms.
Wind Turbines	
Implantation	Basic configuration and three alternative configurations; see Annex c
Type – Capacity – Rotor diameter	Ca. 4 to 10 MW per turbine; various turbines may be suited for this. The different configurations are illustrated using a number of typical examples, as follows: • Basic configuration: rotor diameter 126 m, individual capacity 6,15 MW, corresponding to a total installed capacity of ca. 289 MW. Type model: REpower 6M turbine; • Configuration 1: rotor diameter 120-130 m, individual capacity 4-6,15 MW, corresponding to a total installed capacity of ca. 480 MW. Type model: REpower 6M turbine;

Subject	Description
	• Configuration 2: rotor diameter 140-165 m, individual capacity 6,5-7,5 MW, corresponding to a total installed capacity of ca. 450 MW. Type model: Vestas V164 turbine; • Configuration 3: rotor diameter 150-160 m, individual capacity 7,5-10 MW, corresponding to a total installed capacity of ca. 550 MW. Typical example: Clipper Windpower Britannia C-150 turbine.
Number	• Basic configuration: 47 turbines ; • Configuration 1: 78 turbines ; • Configuration 2: 60 turbines ; • Configuration 3 : 55 turbines.
Production	Ca. 900 to 1.700 GWh/year
Foundation of the Wind Turbines	
Either monopile	The monopile is a tubular steel pile which is driven and/or drilled into the ground. The suction bucket technique can also be used. The piling depth required for obtaining a stable foundation depends on the soil profile. Around the pile, an scour protection barrier is put in place. This scour protection can be either static or dynamic. This foundation type can be used for the basic configuration and for configurations #1 and #2.
Or 'jacket'	The jacket foundation consists of a truss or lattice tower, constructed of steel pipes with four points of support. The piles are either driven into the ground or put in place using the 'suction bucket' technique. Rentel does not provide in an scour protection barrier around this type of foundation. This foundation type can be used for all configurations.
Or 'gravity based'	A gravity based foundation consists of a massive concrete block, which changes into a more narrow-shaped section on which the wind turbine is installed. The foundation is prefabricated onshore and is lowered to the previously levelled seafloor from a vessel or pontoon. Around the foundation, a scour protection barrier is applied. This foundation type can be used for all configurations.
Wind Measuring Mast	
Number	Not present
Foundation of HV Substations	
Type	Similar to the foundations of the turbines.
Electric Infrastructure	
Park cables within the wind farm	• The wind turbines are linked in groups of ca. 30 MW or 60 MW each to a 33 or 66 kV park cable and are connected to an OHVS or directly to the ELIA alpha-platform outside the concession area (ELIA, 2011); • Cable routes: see Annex D; • Cable laying depth: ca. 1 m under the sea floor.
Offshore High Voltage Substation (OHVS)	• Number: max. 2, depending on the interarray cabling and the external connection with the nearby offshore transformator platform (alfa-platform, ELIA, 2011); • Step-up transformers 33 kV → 150-220 kV or 66 kV → 150-220 kV.
Cables to the shore	• 3-fased 150 kV or 220 kV cable; depending on the installed capacity 2 x 150 kV or 1-2 x 220 kV; • Cable route: see Annex D; • Cabling will be done according to the guidelines drawn up by the Maritime Access Department (Department of Mobility and Public Works) and by other competent bodies; • Connection point: Zeebrugge or via a short export cable to the alfa-platform of ELIA offshore.
Exploitation	
Control and monitoring of the wind farm	SCADA-system (Supervisory, Control And Data Aquisition) from a control room.

Subject	Description
Frequency of scheduled maintenance	Once a year, unplanned maintenance and repairs not included.
Logistics – access to the windmill farm	Access using maintenance ships (windcats) or access by helicopter.

0.4 IMPACT ASSESSMENT

In this section, the most important results of the impact assessment for each respective discipline are summarized, including the impact of the construction, operational and dismantling phases of the project, as well as the cabling. Any possible mitigating measures are also taken into consideration.

The associated environmental impacts have been identified and evaluated on the basis of the project description and the available literature and through consultation with the parties concerned. In order to determine the significance of a specific impact, the order of magnitude, scale or range, as well as the duration (temporary or permanent nature of the impact). The effects described are rendered in the form of a plus-minus assessment (Tabel 0-1). Positive effects indicate an enhancement, maintaining or strengthening of the (natural or desired) environmental characteristics, while a negative assessment is indicative of the disappearance, decrease or deterioration of a specific (natural or desired) environmental characteristic.

Table 0-1 Definitions used for describing and assessing the different environmental impacts.

Symbol	Impact level	Description	Assessment with regard to the environment/organisms
++	Significantly positive	Measurably positive improvement of the quality of the environmental conditions on a large scale (Belgian Part of the North-Sea). Of a temporary or permanent nature.	Very positive
+	Moderately positive	Measurably positive improvement of the quality of the environmental conditions on a limited scale (project area). Of a temporary or permanent nature.	Positive
0/+	Slightly positive	Small measurable positive improvement of the quality of the environmental conditions on a limited scale (project area). Of a temporary nature.	Neutral
0	None	Non-measurable effect, or irrelevant.	None
0/-	Slightly negative	Small measurable negative modification of the quality of the environmental conditions on a limited scale (project area). Of a temporary nature.	Negligible
-	Moderately negative	Measurably negative modification of the quality of the environmental conditions on a limited scale (project area) . Of a temporary or permanent nature.	Acceptable
--	Significantly negative	Measurably negative modification of the quality of the environmental conditions on a large scale (Belgian Part of the North Sea) . Of a temporary or permanent nature.	Unacceptable

0.4.1 Soil and water

0.4.1.1 Reference situation and autonomous development

0.4.1.1.1 Soil

The Belgian Part of the North Sea (BPNS) extends an area of about 3,500 km². BPNS soil topography consists of a complex of sand banks and swales, passages which reach a maximal depth of 30 to 40 metres below LAT (Lowest Astronomical Tide). BPNS sand banks are traditionally subdivided into the Hinderbanken, the Vlaamse Banken, the Kustbanken and the Zeeland banken.
The Rentel concession zone is situated in the South-West Schaar between the Thorntonbank and the Lodewijkbank, which are part of the Zeeland banks. Here, water depth ranges from 22 metres to 36.8 metres below TAW (General Second Water Passing). The Zeeland banks are roughly SW-NE oriented. The surface contains mainly sand, and sometimes even gravel.

The top layer of the sea bed with on top the sea banks is marine sediment which was deposited during the Quaternary. Quaternary sediments on the BPNS are very thin and fragmented, resulting in the older underlying layers to appear at the sea bed surface in the passages between the sand banks. Below the Quaternary lays the Tertiary which top layer is an erosive surface forming discordance between the older, underlying tertiary sediments and the overlying quaternary sediments. The tertiary layers have clearly been cut off.

An exploratory seismic campaign has already been conducted by G-tec (2012) in the Rental concession zone. Seismic profiles show how tertiary layers lean towards the NE. In the W to SW part of the project area, the quaternary deck is very thin, and only consisting of the thickness from recent sand dunes. On dune slacks, the thickness can reach 8 metres, while in the troughs between the sand dunes the thickness of the Quaternary is often less than 4 metres. In other areas where the Tertiary almost reaches the surface, a coarse grained layer was found at the sea bed i.e. a transgression or base gravel. which thickness ranges from 10 to 30 cm. Similar coarse layers are likely to occur in the Rentel concession zone.

In the NE part the thickness of the Quaternary increases, filling the depressions, cut into the Tertiary substrate. These resections are likely to match a small river resection ending in the valley of the river Meuse. Meuse valley resections are often filled with estuarine sediments of Eem age. They may also occur in the Rentel area.

During the Holocene, around 7,000 years ago, tide banks and interbedded passages were formed, such as the Lodewijk bank and the Thorntonbank with interbedded South-West Schaar. Tide banks consisted of a material which originated from local erosion which resulted in passage formation. Older quaternary sediments therefore only occur below the tidal banks where it was protected, or in older river cuts (Mathys *et al.*, 2009).

Sand banks are tidal banks which result from the interaction from sand and SW-NE oriented tidal movements. Their formation requires large amounts of sand and an average spring-tide flow velocity of more than 90 cm/s at the water surface, or about 55 cm/s at the bottom in 30 m water depth (Belderson, 1986). Failing to reach this velocity results in tidal banks not being formed, and sand dunes being the main soil structures.

A fundamental process for the existence of sand banks is the presence of separate ebb and flow passages at each side of the bank. This causes a circular sand movement over and around the bank

which sustains bank stability. Zeeland banks have a steep eastern flank and the maximum flow velocity is flow-oriented (high-tide / NE) (Lanckneus *et al.*, 2001). This would indicate a counterclockwise circular sand movement around the Zeeland banks, unlike the rest of the BPNS.

An important phenomenon on sand banks and in the interbedded passages is sand dunes. Dunes are significantly smaller than sand banks - a couple of metres high - but are more dynamic and eminently present in the BPNS. In the Rentel area there are mainly dunes ranging from 2 to 4 metres, and in its NE area dunes of 4-7 metres can be found. There are two areas with sand dunes: an area with high, shallow dunes in the SE border of the area, spurs of the dunes on the Thorntonbank, and an isolated area with slightly lower sand dunes in the NW half of the concession zone. Between both areas only a couple of individual sand dunes can be found.

At the sea bed there is mainly average sand with a median diameter of 300-350 µm. In a limited area there is also some finer sand with D50 250-300 µm and coarser sand (D50 350-400 µm). In the project area gravel has also been found (Van Lancker et al., 2007).

Wave heights largely depend on soil morphological differences in the BPNS. An analysis of 18 years of measurements on the Westhinder (1990-2008), show a SW and WSW dominant wave direction. Significant wave have heights of less than 1.0 m for more than 50% of the time and are larger than 2.0 m for about 10% of the time, with an average of around 90 cm. Peak wave periods are between 3 and 8 s for 90% of the time, with an average of 5.5 s. Wind and waves generally show similar trends. The same wave climate is expected in the Rentel project area (IMDC, 2012b).

To have an idea of the natural local flow velocities and sediment transports in the Rentel project area, a numeric modelling has been conducted. Details on the design of the model can be found in report IMDC (2012b), added as Annex G. Simulations have been conducted for two type of situations: a summer situation, where only tidal flow is important, and a winter situation where waves are also taken into account. Largest average velocities have been observed at the top of the Lodewijkbank and the Thorntonbank. Also at the location of the sand dune field in the NW half of the Rentel area and above the dune spurs of the Thorntonbank a high level of flow velocities has been observed. In both summer and winter conditions local maximum flow velocities of 0.98 m/s are observed in the SW Schaar during a neap tide - spring tide cycle.

In the Rentel area the residual sediment transport is mainly NO-oriented. Sediment transport in the area is rather small. It does not exceed $4.10^{-5} m^3/s/m$ during spring tide in summer conditions and $3.10^{-6} m^3/s/m$ during neap tide in summer conditions. In winter conditions (storm) the maximum sediment transport in the Rentel area is $5.10^{-5} m^3/s/m$ during spring tide.

0.4.1.1.2 Water

Temperature values vary between 1 ℃ and 20 ℃ (BBM , 2010). Average water temperature in the BPNS is around 11 ℃. This means seasonal variation s occur with an order of magnitude of 8 to 9 ℃ in relation to the average temperature.

Salinity in the BPNS is on average 31-35 g/kg. There is a minor seasonal variation due to the influence of the river supply (Ospar, 2000a). Salinity at the water surface is higher and more constant (32 ppt) than at the sea bed (25 to 31 ppt).

It can be assumed that natural concentrations of metals are relatively low in the project area. The most important organotin compound is tributyltin (TBT). It is a biocide which is used as "antifouling" in the aquatic environment. The concentration of offshore tributyltin is <1 ng/l. Bunker oil and lubricating oils are the most important sources of oil pollution in the North Sea. Oil spills from drilling for the offshore oil and gas industry has reduced significantly over the past 10 years (to more than 80%).

Human influence on the nutrient balance can clearly be observed at the coastal area and can less be detected at the project area.

Turbidity or clarity of sea water is determined by the amount of floating (suspended) substances in the water. Specific information for the project area has not been found, but it can be assumed that average concentrations are below 15 mg/l.

0.4.1.1.3 Autonomous development

Climate change will cause changes in flow characteristics on the BPNS (Van den Eynde et al., 2009) and in the chemical characteristics of the sea water. Even during the exploitation period, changes will already be perceivable. For example, it is generally expected that the sea level will increase about 1 m by 2100 due to greenhouse effects (Reid *et al.*, 2011).

Besides changes in general and average values of the sea level, temperature, etc., extreme climate events are also likely to increase. Therefore, an increase of extreme storms will most definitely influence sediment dynamics, as sediment transport largely occurs during extreme hydraulic conditions.

Next, anthropogenic influence on water quality in the marine environment will continue to decrease more. Concentrations of TBT, heavy metals, nutrient supply by river, etc., for instance, will probably show a positive decreasing trend in the future.

0.4.1.2 Descriptions and evaluation of environmental impact

0.4.1.2.1 Soil impact

Construction phase

When using monopiles (MP) or jacket foundations (JF), for half of the foundations - regardless of the configuration - a levelling of the sea bed will be required. Dredged sand (13,300 m³/MP and 11,200 m³/JF) will then be stocked permanently in the concession zone. Monopiles require erosion protection to be placed afterwards.

When installing gravity foundations, a foundation excavation is dredged first (63,000 m³/GBF - Gravity Base Foundation). After applying a foundation layer, the GBF is installed, next the excavation is backfilled with the temporarily stocked material, and the GBF is then finally filled with ballast. If suitable this can also be done with prior stocked material. Afterwards, an erosion protection is applied.

About 30% of the sand will disappear during stocking due to dredging and deposition losses. Material will also be lost during excavation backfilling and backfill of the GBF with the stocked material. If the quaternary top layer is less than 7 m, and the firm tertiary layers are reached first, the excavation can be made less deep and less sand will have to be dredged and stocked. Tertiary layers consist of clay or clayey sand which could lead to an increased sediment transport and increased turbidity in the water column. These layers are compacted, however, which means that the impact will be limited.

The sand surplus which is obtained when levelling the monopile and jacket locations and excavation dredging at the GBF needs to be stocked on a location with minimum impact on the global morpho-dynamics of the area. Maximum height of the stock should be in the same order of magnitude as the natural sand dunes in the area, and on a minimal surface area, in order to limit the disturbance of the benthos to a minimum (BMM, 2006a; BMM, 2007). By choosing a stocking height of 5 m the balance between both conditions is met. With monopiles the permanently deposited sand, taking dredging and deposition losses into account, uses about 6.7 ha (basic conf.) to 10.6 ha (conf. 1) if it is stocked

with a thickness of 5 m. With GBF the temporarily assumed surface is 62 to 101 ha. With GBF foundations morphological changes are considered medium negative.

The deposition area should be located as close as possible to the wind turbines which need to be installed and at the SW of the wind turbines, enabling the stocked sand to be diffused over the concession zone by the predominant high tidal flows in a NE direction. The option to stock per turbine is - despite assuming a relatively large surface area - both from the morphological point of view (faster distribution from smaller piles of sand) and professional-technical point of view (shorter distance between dredging and point of unloading) not rejected.

Dredging and deposition losses will occur again when the deposited material of the GBF will bereused. Therefore more sand than what will have been deposited will be needed when backfilling the foundation pit. Taking into account a loss of 30%, each foundation will require about 88.600 m³ of dredged sand to obtain the necessary 62.000 m³ backfill and infill. In a worst case scenario (conf. 1) this will result in a loss of 2.048.200 m³ of extra material that will need to be dredged. This effect is regarded as moderately negative.

The hypothetical chance of an accidental dumping of pollutants in the water will not lead to soil pollution, considering the current flow conditions and the sandy character of the superficial soil sediments.

At the implementation of erosion protection both gravel (calibre 10-28 mm) and quarrystone (calibre 50-500 mm) are being used. When using geologically pure materials for erosion protection, the chemical soil quality will (hardly) not be affected.

Operational phase

By applying erosion protection, erosion pits are avoided. Such erosion pits can have proportions which would endanger the stability of the total wind turbine construction. Applying erosion protection is therefore a positive measure for the soil structure and for management. This erosion protection constitutes a heterogeneity in the sandy soil. As erosion protection is placed below the original level of the sea bed, erosion protection does not form a vertical break-through of the soil structure; it can even be expected that sand will move naturally on top of the erosion protection.

Although locally at wind turbine level the natural sediment transport will be interfered, this will hardly affect the global natural processes in the concession zone. This is because the effect of every construction - by the presence of the erosion protection - is too small and the distance between wind turbines is too big. Impact of wind turbines on global morphodynamics of the BPNS can be neglected for each configuration alternative.

Applying erosion protection is necessary for the stability of the construction and mitigates the impact of local erosion on the soil by the presence of a construction. Although erosion protection forms a heterogeneity as such towards the sandy sea bed, it is considered that applying the erosion protection will have an insignificant negative impact on the environment.

Dismantling phase

In case of a piled monopile or jacket foundation there will be no additional impact on the geological construction of the soil packages involved or on the morphodynamics as such foundations remain partly in their current position. If the suction bucket technique was being used, foundations can even be removed completely. Excavations can then be filled with sand or erosion protection material.

With gravity foundations everything is removed and only an excavation for each turbine remains. Again there will be no additional consequences for geology towards the constructional and

operational phase. Again it is suggested to fill them with sand, as this excavation would grow by local erosion.

Opting for possible erosion protection removal (not applicable to jacket foundations) will be determined at the end of the exploitation based on monitoring, state of the art and already acquired experience. In case of removal the original geological construction is re-established. Leaving the construction in place creates a permanent geological artefact for each turbine location on the BPNS.

Cabling

Park cables will be installed 1 m deep by means of jetting. The export cable will possibly be installed outside of the passage by ploughs 2 m below the sea bed. In the navigation channel a combination of dredging and jetting or ploughing will be required. The impact of cable installation is negligible.

Cables are placed on a sufficient depth to ensure that the chance of the cable to be disposed is rather slim. On locations with Tertiary clay the depth is also limited to 1 m, depending on feasibility. Generally Tertiary layers are more compact and contain more clay horizonts than the Quaternary layers they cover. When crossing these types of areas a higher turbidity in the water can develop temporarily and locally (see 'Water').

Damage to cables by anchors at navigation channel level will be avoided by installing the cable in the navigation channel on a suitable depth. Moreover, the cable track will be monitored annually to prevent cable disposal. A possible effect by local erosion where cables form obstructions on the sea bed is considered to be slightly negative.

Opting to possibly remove the cables will be determined at a later stage. If the cables are removed, insignificant effects will occur, similar to the effects which occur during the construction phase. No effects occur if the cables remain in place.

Finally, the presence of the cable has an insignificant impact on soil temperature.

0.4.1.2.2 Water impact

Construction phase

During the construction phase - before both cable and wind turbine installation - hydrodynamics are not affected, regardless of the type of foundation. Effects on currents and waves are very local and can be neglected (BMM, 2007).

As with heavy metals, the potential impact of the release of organical pollutants from the top sediment layer during installation is rather small, as sand is mainly being extracted with a low percentage of discrete particles and organic material. As the North Sea has been designated as a special area (according to MARPOL 73/78) for waste since 1991 and for oil since 1999, this activity cannot lead to waste or oil dumping in accordance with the legal prohibition of waste or oil dumping (by ships larger than 400 tons). Dredging can cause a temporary increase of nutrients in the water column. The antifouling paint which is being applied to ships used during the installation phase is TBT-free. No impact is being expected on temperature, dissolved oxygen and salinity.

During the construction of the foundation a local increase of turbidity will be noticed, both by pile-driving works or when using the suction bucket method during dredging and deposition. Normally the work will be carried out under calm weather conditions, hence assuming low natural turbidity. This also means that the settling of the eroded sediment will occur relatively rapidly and in a small circle around the activities.

Within the framework of this project a plume modelling study was done to calculate the turbidity during the dredging of the foundation pit of a GBF (IMDC, 2012c, cf. external annex). The dredging of

the foundation pit of 90,000 m³ was estimated on 14 cycles of dredging and depositing, taking roughly 1.5 day. To approach the effects in a worst case scenario, a spring tide was used in the simulations. The results of the modelling show that the background value in the region of 4 mg/l (Van den Eynde, 2010) is not exceeded for longer than 3.5h (10% of the time) during the entire dredging activities of 1 foundation pit. It is mainly the depositing activities that cause the highest turbidity. During this 3.5h period the dredging plume will have covered a distance of about 5 km, crossing the borders of the concession zone and passing the Dutch border. The plume itself is never larger than 800 m across. In the scenario when depositing in the south-west edge of the project area, the limit of 10 mg/l outside the Rentel zone will only be exceeded for 2% of the time (40 min), and within the Rentel zone for 7% of the time (2.5h). In a scenario when depositing in the centre of the project area, the limit of 10 mg/l will not be exceeded outside the Rentel zone. Within the Rentel zone the limit will only be exceeded for 2h (5% of the total time).

The construction of the foundation will cause a local and temporary increase of turbidity for every means of implementation and type of foundation, with an slightly negative impact compared to turbidity concentrations which naturally occur during storms.

Operational phase

The construction of a wind turbine does not significantly influence the current. A sea wind turbine causes small changes of flow velocity on both sides of the pole and turbulence at the lee side of the pole. Waves will not be significantly influenced by the presence of a foundation construction and overhead wind turbine.

No long term effects on water quality can be expected. Risk of an accidental dumping with acute impact on water quality is very slim.

Except for insignificant local turbidity near the foundation by releasing sand near the soil, the activity does not affect turbidity during exploitation, regardless of the foundation type.

Dismantling phase

The effects during the dismantling phase (which consist of removing the poles and possible removal of the erosion protection and subterranean park and export cables) will be similar to those of the installation phase. Impact of most effects will be more insignificant than during the installation phase.

Cabling

Installing cables will cause a temporary increase of turbidity. Impact for both cable types and installation types will be considered very temporary and local.

During the operational phase subterranean cables do not influence turbidity. Only if the cable would be disposed after a certain amount of time on a specific location, a temporary increase of turbidity can locally occur when reburying the cable.

0.4.1.3 Mitigating measures

To decrease the impact of the stocked material it is preferred to keep the interruption area as small as possible, but stock should not be higher than the natural sand dunes of the environment. An optimal phasing of the project is inevitably required when temporarily stocking sand, to limit the different losses to a minimum.

As part of the global safety system a clear procedure needs to available which describes how actions can be taken and who will take those actions at the moment when a calamity occurs with negative consequences on water quality (e.g. oil leakage) during the installation, exploitation or dismantling.

0.4.2 Climate and atmosphere

0.4.2.1 Reference situation and autonomous development

The Belgian climate is characterized by a moderate sea climate, with quite a lot of precipitation and wind, as well as small temperature variations between the seasons. To a great extent, the climate conditions prevailing on land also apply to the climate in the area of the projected wind farm. However, on average, at sea there is more constant wind climate and a higher wind speed. On average, the wind speed at a height of 100 m above sea level ranges from 8,5 to 10 m/s, the prevailing wind direction being (W)SW.

As far as the global climate is concerned, the greenhouse effect and the warming-up of the earth are of particular importance within the context of this project. The rise in the atmospheric concentration of CO_2, CH_4 and N_2O is by far the most important cause of the warming of the climate. In order to reduce the emission of greenhouse gases, we will need to switch to environmentally friendly energy sources, such as solar energy, biomass energy, wind energy, and so on.

Data collected by the VMM measuring stations with regard to the air quality reveal that, for the relevant parameters (SO_2, NO_x, dust, ozone and CO), the air quality targets are more than met, and that, as a result, there still is a sufficient capacity for absorbing the impact of additional emissions.

With regard to the autonomous development, it can be stated that if the wind farm is not built, there will not be any emissions resulting from the materials used, or from the construction or dismantling of the wind farm. As a consequence, there will be no temporary impact on the local air quality. In the absence of far-reaching reduction measures, the CO_2 concentrations in the atmosphere will keep on rising, thereby further contributing to the greenhouse effect. The avoided emissions resulting from the electricity production in the wind farm will nonetheless be realized.

0.4.2.2 Description and assessment of the environmental impacts

0.4.2.2.1 Construction phase

In the course of the installation of the wind park, there will be no relevant impact to both the global climate and the local wind climate.

The construction phase not only includes the construction 'as such' of the wind farm. It also includes the extraction of raw materials needed for the production of the different parts and components of the wind turbines. This phase also involves manufacturing of parts and pre-assembly (if any) of the wind turbines and their components in a nearby port, as well as their transportation to the concession area and the actual construction of the wind farm itself. During the production phase, energy consumption and any associated emissions will be far greater than during the transportation and construction phases.

With regard to the entire construction of the turbines and the wind farm, the additional emissions will only have a negligible negative impact on the air quality.

0.4.2.2.2 Operational phase

During the operational phase, only a limited energy consumption will be required for inspection and maintenance of the turbine park. However, because the Belgian concession area will be blocked for sea traffic, ships will need to travel longer distances. This will result in an minor additional emission of greenhouse gases.

The most important effect during the operational phase is however the avoided emission on land as a result of the fact that the net electricity output of the wind farm will not be generated using classical production methods, whether or not in combination with nuclear power generation. In practice, these emissions will not be avoided in the strict sense, but the increase of the total emissions will be slowed down.

The annually avoided emissions, as calculated on the basis of the emission factors for classical electricity production, amount to 4.2% (900 GWh) ~ 7.9% (1700 GWh) of the Belgian emissions from classical production for all pollutants. The annually avoided emissions, as calculated on the basis of the emission factors for combined classical and nuclear production, amount to 2,3% ~ 4,3% of the Belgian emissions from classical production for all pollutants.

If the electricity generated by this wind farm would actually lead to a significant reduction of the electricity production on land by means of classical thermal generation, this would have a significantly positive impact on the air quality on land in general and on the greenhouse effect and the acid deposition in particular. In reality however, the project will only lead to a slowing-down of the rise in the emissions that contribute to the greenhouse effect.

Although the positive impact on the greenhouse effect will be negligible on a global scale, the emission reduction will still be significant in light of the Belgian reduction targets for CO_2. The European Union has set new targets for Belgium, imposing a reduction of at least 15% of the emission of greenhouse gases in the non-ETS sectors by 2020 compared to 2005 levels (LNE, 2012). Although the Third Flemish Climate Policy Plan for the above period is still awaiting completion, we can already say that the effectively avoided emissions as a result of the construction of the wind farm will significantly contribute to meeting this target.

Reduction targets for SO_2 and NO_x have also been set within the framework of the NEC Directive (2001/81/EC). For 2010, emission ceilings for SO_2 and NO_x of 99,000 and 176,000 tonnes/year respectively were imposed on Belgium. The actual avoided emissions, calculated on the basis of the emission factors for classical production, amount to 0.63 ~ 1.18% of the emission for SO_2 and 0.36 ~ 0.68% of the emission ceiling for NO_x, which is also significant. In the thematic strategy for air pollution of the European Commission, a review of the NEC Directive is provided. This review does not involve any adjustment of the emission ceilings of 2010, but will set the emission ceilings for 2020. The review of the NEC Directive has not been finished yet.

The impact of the wind farm on the local wind climate (wind speed, turbulence) will be limited to a number of relative local effects. Also the negative impact of the heat emission of the buried cables on the local temperature climate will be limited to a very small surrounding area in the seabed.

0.4.2.2.3 Dismantling phase

During the dismantling of the wind farm, there will be no relevant effects on the global climate and the local wind climate.

The dismantling phase has a positive influence on the energy consumption because about 80% of the turbine material can be reused. Winning or extraction of new raw materials can therefore be minimized.

The impact on the air quality as a result of emissions by vessels used for the dismantling is, just like in the construction phase, of a local nature (in the vicinity of the wind turbines) and limited in time and in every respect very limited when compared to the total emission from sea traffic in the Channel, so that the negative impact on the air quality will be very small. Furthermore, we may assume that the emissions per transport unit due to transportation during the demolition phase will be inferior when

compared to the construction phase, as within 20-25 years from now the emission factors of transport vessels will be far lower than today.

0.4.2.3 Mitigating measures

As, globally speaking, wind turbines account for a significant reduction in emissions compared to the emissions caused by classical power plants on land and in light of the very limited impact on air quality during the construction and dismantling phases, there will be no need for any mitigating measures or compensations with regard to the atmospheric discipline.

0.4.3 Noise and vibrations

0.4.3.1 Reference situation and autonomous development

Both offshore and onshore, wave noise determines the background noise level above water level. The lowest sound levels can be expected during a calm sea, with a background sound level of around 45 dB(A) at the Thorntonbank and around 35 to 40 dB(A) near apartment blocks onshore at night time. During a rough sea sound levels can increase by more than 10 dB(A). The background sound level 25 m off the shoreline is between 50 to 65 dB(A). Moreover, sound levels depend on wind direction and wind speed. Highest sound levels occur with sea breezes, and with increasing wind speeds.

Below water level, ambient are determined by natural sounds on the one hand and anthropogenic sounds on the other hand. In favourable weather conditions (2-3 Beaufort, sea 1-2, clapotis to minor oscillating sea) a natural background sound level of around 95 to 100 dB (re 1µPa) was measured in the frequency area of 10 to 2,000 Hz at the Thorntonbank. In less favourable weather conditions (3-4 Beaufort, sea 2-3, minor oscillating to oscillating sea) the low frequent noise level increased to 130 dB. In summertime the background sound level can increase by 7 dB. Passing ships can cause a temporary increase in background sound level (up to +10 dB to the max. background sound level) in the same frequency area.

As far as noise and vibrations are concerned, no significant changes can be expected globally for the autonomous development of the area. Underwater sound will hardly evolve as no increase of navigation will be expected in the project area (in case the Rentel windmill park would not be constructed). Only (further) construction and exploitation of the windmill parks of C-Power, Belwind, Northwind and Norther will cause a change.

0.4.3.2 Descriptions and evaluation of environmental impact

0.4.3.2.1 Construction phase

As the specific aspects of construction works are concerned, three relevant sound sources can be distinguished: pile-driving work for foundations (for monopile or jacket foundations), dredging (for gravity foundations and half of monopiles and jacket foundations) and navigation (for transport of foundation and turbine elements).

Above water level

Pile drivers make much noise. Especially the strongly pulsating character can cause much nuisance (30-60 beats per minute with every beat a duration of around 50 to 100 ms). At a short distance from a hydraulic pile driver (about 15 m) sound pressure levels of 106 dB(A) can occur. However, these are maximum sound levels (peak level) during the beat. The highest sound level of 50-65 dB(A) on 25 m off the coast line is not increased by the beat of the pile hammer.

Dredging machines are, opposed to a passing ship, a continuous sound source for several days a week in a specific exploitation area. In a moderate stressful situation the sound propagates spherically, and reaches a sound level of 45 dB(A) at a distance of 0.6 km and 40 dB(A) at a distance of 1.1 km when one of the dredging machines is active in the project area. Even if several dredging machines are being used simultaneously, the specific sound at the shoreline still does not exceed the current background sound level.

A passing ship will cause a temporary increase of ambient noise below and above water level. However, the influence of passing ships on the current total ambient sound above water level can globally be neglected at sea in relation to current navigation.

Below water level

When driving the foundation poles for monopile and jacket foundations, the source sound observed below water level depends greatly on the pole diameter and length, local geology and bathymetry. The first two factors influence the amount of energy which is needed for pile-driving work of the poles, the last factor determines the efficiency of the distribution of sound. Using multiple tools for simultaneously pole driving can cause a potential expansion of the impact area. Literature shows that during pile-driving works an average sound level of 250 dBp-p (re 1 µPa) at a distance of 1 m is present with a pole diameter of 4-5 m. As a consequence, sound levels can still be observed at a distance of 20 km during foundation driving works (higher than the background noise level of 105 dB (re 1µPa)).

In favourable weather conditions the underwater noise during dredging can be significantly higher at a few kilometres of the source than the present background sound level.

The influence of passing ships on the current ambient underwater sound at sea can globally be neglected in relation to current navigation.

0.4.3.2.2 Operational phase

Above water level

In a moderate stressful situation the sound propagates spherically, and reaches a sound level of 45 dB(A) at a distance of 0.9-1.3 km and 40 dB(A) at a distance of 1.9-2.5 km. At the border of the safety zone (area of 500 m around the park) the sound level will be lower than 50 dB(A). This can be compared to the sound level caused by minor car traffic on 30 m, rain, a fridge, washing machine or ambient sounds in the woods.

The specific sound calculated at observer level at the coast is around 0-13 dB(A) depending on the scenario chosen for the Rentel windmill park.

Below water level

Taking a transmission loss of Thiele into account, there will be a transmission loss of 40 dB at a distance of 500 m under water (=border of the safety zone) off the wind turbine, resulting in a possibly masked specific wind turbine under water sound by the background sounds as measured at the Thorntonbank. For a group of wind turbines, as measured in the Baltic Sea, a maximum under water sound level of 110 dB can be expected at a distance of 500 m, this at a wind speed of 8-10 m/s (5 Beaufort).

Only insignificant negative effects will be expected due to the underwater sound during exploitation for all described implementation scenarios. Relative impact on the wind concession or the BPNS can therefore be neglected.

0.4.3.2.3 Dismantling phase

When dismantling the wind mill park, monopile and jacket foundation structures are dismantled up to 2 m below the sea bed. The soil around the turbine is excavated and then the wind turbine is cut off. Using a sawing machine under water will cause an increased under water sound level. Gravity foundations are emptied and then as a whole transported to the main land. Here, sound emissions by tools are lower compared to monopile or jacket foundations.

By transporting the wind turbines on ships there will be a temporary increase of maritime freight traffic, comparable to the construction phase.

0.4.3.2.4 Cabling

Cabling may cause a temporary sound increase, both above and below water level. This increase originates from one ship only, will be observed over a short period of time and will move in function of the location of the ship. The increase of sounds above and below water level will have an insignificant impact on daily sound emissions by navigation on the North Sea.

0.4.3.3 Mitigating measures

For the protection of the environment of underwater fauna several moderate measures can be indicated when installing offshore wind turbine parks. These are discussed into more detail in the chapter 'Fauna, flora and biodiversity'.

The number of offshore observers, which will frequently observe the sound of wind turbines is so limited that it is unnecessary to suggest mitigating measures for sound above water level.

0.4.4 Fauna, flora and biodiversity

The fauna & flora section discusses four different groups of organisms, namely the benthos (macro- and epibenthos), the fish, the birds and the marine mammals. As hard substrates constitute a new habitat with a specific fauna and flora, these are discussed as an additional fifth group.

0.4.4.1 Reference situation and autonomous development

0.4.4.1.1 Benthos and fish

Marine organisms living on the seabed (or: benthos) play an important role within the entire food web. Here, we will make a further distinction between the macrobenthos, being organisms of >1 mm living in or under the seabed and the epibenthos, being the organisms living on the seabed. They are prey to numerous other organisms, such as demersal fish. They also constitute an important factor for maintaining productivity and biodiversity of the sea and they also are an important indicator as to the health status of the marine environment. Our study of the fish will mainly focus on the demersal fish. This is because this group of fish is most likely to be directly affected by the projected activities.

The description of the reference situation and the effects on benthos and fish is primarily based on research carried out as part of the C-Power project with regard to the reference situation on the Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) and the monitoring results for year 1 (Reubens *et al.*, 2009a, Vandendriesschie *et al.*, 2009), year 2 (Coates & Vincx, 2010; Derweduwen *et al.*, 2010) and year 3 (Coates *et al.*, 2011; Vandendriessche *et al.*, 2011; Reubens *et al.*, 2011). A number of other recent studies (including monitoring reports) were used in which data coming from different research projects were compiled in order to come to a full description of the benthos communities in the entire BPNS.

Along the onshore-offshore gradient of the BPNS, we find four distinct widespread macrobenthic communities. In between them, six other transitional communities can be identified. Each of these communities is characterized by its own specific species, diversity and density and each of them is observed within a specific and well-defined environment. On the basis of the habitat suitability model of Degraer *et al.* (2008), it appears that the project area is mainly suited for housing the poorer *N. cirrosa* and *O. limacina* communities, and, to a more limited extent, also for the richer *A. alba* community. As these predictions are based on a model, it is impossible to render or map the actual distribution of these communities with 100% certainty.

According to the Biological Valuation Map, the project area is characterized by an average to high biological value for the macrobenthos (Derous *et al.*, 2007). In Degraer *et al.* (2009), the Thorntonbank is not mentioned as a potential Habitat Directive Area (habitat type 1110 – sandbanks) with a special ecological value. However, the Lodewijkbank does meet the conditions for being considered as a potential Habitat Directive Area, on the basis of the biological value and the density of the *N. cirrosa* biotope. The project area is only poorly suitable for the formation of *Lanice conchilega* aggregations.

All analyses regarding species composition, density, biomass, diversity and length frequency of the epibenthos indicate a marked difference between the sand bank stations and the gully stations on the Thorntonbank, with higher densities (up to 6 times higher) occurring in the gullies. Samples taken from the gullies however showed a larger mutual variation when compared to samples taken from the sand bank. The demonstrated seasonal, interannual and spatial variation was mostly due to the varying proportions of a number of common epibenthic species, such as brown shrimp, two species of brittle stars, hermit crab, swimming crab, Sepiola and European common squid. The adjacent gullies are thus, generally speaking, richer and more diverse than the sand banks themselves, although the entire project area continues to be of less ecological importance when compared to the richer coastal zones. The same argumentation applies to the demersal fish fauna: the gullies are more diverse and rich than the sand banks, especially in the spring season. In terms of density, the prevailing species during spring are sprat and herring, as well as reticulated dragonet. In autumn, the prevailing fish species are horse mackerel, lesser weever, both pitfish, and sand goby, solenette and dab. In general, fish densities tended to be higher in autumn than in spring (except for the clupeids).

The Thorntonbank also appears to be an important spawning area for sprot and herring, and to a somewhat lesser extent for species like dab and solenette (De Maersschalck *et al.*, 2006; Ter Hofstede *et al.*, 2005). However, the first two above-mentioned species were mostly found on the tops of the sand banks. Additional research is possibly required for confirming these trends for the entire project area.

As for the autonomous development, one may say that the benthos communities and the demersal fish fauna would not undergo any substantial changes if no wind farm were to be constructed and exploited. As a matter of fact, long term trends and recent monitoring results don't suggest any significant changes in the dominant species, but just a general increase in density and diversity of species. However, other activities such as fishing and aggregate extraction, as well as climate changes, may have an impact on these communities.

0.4.4.1.2 Birds

From the period 2008-2009 onwards, the Rentel concession area has been intensively monitored along the Thorntonbank - *Lodewijkbank* trajectory. The results of these countings reveal the great ornithological importance of this marine region. Also the biological valuation map of Derous *et al.* (2007) shows that the project area is of high to very high ecological value. Several species of sea

birds occur in high densities, such as Northern gannet, Lesser Black-backed Gull, Kittiwake, Razorbill and Guillemot (Vanermen & Stienen, 2009). These species should be considered as widespread and common for the entire BPNS, without the exact location of the project zone having any particular importance on these species. However, due to their general occurrence they are nonetheless considered as suitable monitoring species (Vanermen *et al.*, 2010). In addition, the Thorntonbank is also of importance for some less common and European protected sea birds, such as the Little Gull, Sandwich Tern and Common Tern. These three species namely appear in the Annex I of the European Birds Directive. The Thorntonbank is less important for the Great skua, the Red-throated diver, the Grebe, the Northern fulmar, the Common scoter and the Herring gull.

If the Rentel wind turbine park were not to be constructed, one may well suppose that the value for birds living on and around the site will remain almost the same. However, the presence of other wind farms in the vicinity may have an impact on the autonomous development.

0.4.4.1.3 Marine mammals

The marine mammal species which are considered indigenous to the Belgian waters are the Harbour porpoise, the Common seal and the Grey seal, the Bottlenose dolphin and the White-beaked dolphin (Haelters, 2009; 2010). Until 2003, marine mammals were only sporadically observed during seabird counting in the Belgian marine waters (Courtens *et al.*, 2006). These observations mainly involved seals (both the Common seal and the Grey seal) and Harbour porpoises. Since the spring of 2003, an increasing number of marine mammals has been reported, with a marked dominance of Harbour porpoise and White-beaked dolphins. The cause of this phenomenon may possibly be found in the heavily deteriorating foraging conditions in the northern distribution areas of these species, although other causes cannot be excluded (Courtens *et al.*, 2006).

All mammals are protected species, for which Belgium has assumed the responsibility to protect them and to avoid any negative impacts as much as possible. As a matter of fact, whales and seals are species which have been included in the European Habitat Directive (Annexes II and IV). This means that they may not be intentionally disturbed during wintering, reproduction and migration (Article 12). Within the framework of ASCOBANS (Agreement on the Protection of Small Cetaceans on the Baltic Sea and the North Sea), Belgium also accepted that the parties should strive towards avoiding any significant disturbance, especially disturbances of an acoustic nature (Conservation and Management Plan in Annex to the Agreement) (BMM, 2007).

During migration, a large part of the Harbour porpoise population of the North Sea uses the BPNS. That is why the BPNS is considered as seasonally important for the Harbour porpoise within Europe, especially from late winter until early spring (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2010b). As the Harbour porpoise occurs in much larger numbers than the other marine mammal species in the BPNS, and as the Harbour porpoise appears to be very sensitive to disturbance, the impact description focusses on the Harbour porpoise.

0.4.4.1.4 Hard substrates

At present, there are no hard substrates in the concession area of Rentel, which means that, strictly speaking, there is need to discuss any reference situation with regard to the fauna of hard substrates. In the following paragraphs, a brief description is nonetheless given of the reference situation of the six turbines currently installed on the Thorntonbank, in order to clarify the effects of the future wind farm.

The sampling methodology and the results of the monitoring of the epifauna and the fish communities on hard substrates on the Thorntonbank were described by Kerckhof *et al.* (2009, 2010, 2011) and

Reubens *et al.* (2009b, 2010, 2011). For the purposes of this description, epifauna is considered as being all organisms (>1 mm) living on hard substrates (foundations, turbines, scour protection).

The colonization process of the first 6 wind turbines on the Thorntonbank occurred fast and intense. Already after about 3 and a half months, the sub-tidal part of the foundation appeared to be covered with a close biofouling of epibionts, which also was the case for the intertidal zone (Kerckhof *et al.*, 2009). In 2008, a clear depth zonation could already be observed, with an intertidal-splash zone, a transitional zone with *Jassa* barnacles and an extensive subtidal zone (richest in species) with, amongst others, the bryozoan *E. pilosa* and several small mobile species such as crabs, small shrimp, and sea anemones. In total, 75 taxa (mostly species) were identified, 13 of which were exclusively found in the intertidal zone (Kerckhof *et al.*, 2010). Forty-two species had not yet been encountered in earlier research. In addition to the previously observed depth zonation, a strong seasonal influence was found in the structure of the biofouling community. In comparison with the results of 2008 (Kerckhof *et al.*, 2009) the subdivision of the intertidal zone had become more detailed: by the summer of 2009, a mussel belt had clearly established itself in the *Jassa* - barnacle zone, while in the splash-zone a zone with common barnacles had originated. Macro-algae remained to be rare.

A number of species as high as 75 is quite a lot for the BPNS when compared with other hard substrates, and certainly in light of the short colonization period of the foundations. Despite differences in the substrate, these first results show that the global structure of the biofouling community on the foundations of the wind turbines on the Thorntonbank is similar to that encountered on the foundations of wind turbines in Germany, Denmark and the Netherlands, as well as on other hard substrates in the North Sea (Kerckhof *et al.*, 2010). Moreover, a total of 8 non-indigenous species were found as early as 2011 (Kerckhof *et al.*, 2011).

The first results for the fish communities of hard substrates in Belgium were collected by Reubens *et al.* (2010). In total, seven distinct fish species were encountered, of which four species were regularly occurred: pouting, cod, horse mackerel and mackerel. The visual observations, carried out between July and October, revealed the presence of a population of at least 29,000 pouts around one single wind turbine. Also the prey species of the pouting (*Jassa herdmani* and *Pisidia longicornis*) occurred in very high densities as epifauna on the foundations of the wind turbines. (Reubens *et al.*, 2010).

Research by Reubens *et al.* (2011) into the behaviour and habitat use of cod in the vicinity of wind turbines suggested that, on the one hand, they felt attracted by the turbines, and that, on the other hand, the small-scale spatial distribution (i.e. choice of habitat) of individual cod is influenced by the diurnal cycle. Further research is however required.

As for the autonomous development, it can be stated that the number of hard substrates as a potential habitat for epifauna and fish will further increase in the future due to the increasing number of (newly) licensed wind farms and the possibilities that are created for the growing of bivalve molluscs using suspended cultivation (RD 07/10/2005). And last but not least, also shipwrecks constitute an ideal habitat for epifauna and fish communities living on hard substrates. However, no increase is expected in this regard.

0.4.4.2 Description and assessment of the environmental impacts

0.4.4.2.1 Benthos

In general, it is expected that the respective impacts on the macrobenthos and the epibenthos will be of a similar nature. As a consequence, we will discuss these impacts for the benthos taken as a whole.

Construction phase

The most important potential impacts during the construction phase are: loss of biotope and disturbance, loss of organisms, sedimentation and noise and vibrations. With the exception of the loss of biotope and loss of organisms, all these effects are of a temporary nature.

As a result of the installation of the foundations, the scour protection barriers of the wind turbines, and the two OHVS (offshore high-voltage substations), part of the original soft biotope (predominantly sand with scattered gravel beds) will be occupied by new structures and/or the biotope will be destroyed as a result of the levelling or dredging of the foundation pits (direct loss of biotope). In addition, the biotope will also be disturbed as a result of the storage of dredged sand, for instance in the case of the gravity based foundations (indirect disturbance of the biotope). The disturbance of the biotope will depend on the number of structures, the type of foundation and also on the dimensions of the scour protection.

For the monopile and jacket foundations that will not require prior levelling of the sea floor, the direct loss of biotope per turbine is estimated at 1,018-1,104 m² and 16-28 m² respectively (depending on the type of turbine), and 26,350 m² for the gravity based foundations. For the monopiles and jacket foundations, which do require levelling of the sea floor, the direct loss of biotope per turbine is 9,450 m² and 9,400 m² respectively. Depending on the type of foundation, the total direct loss of sandy biotope as a result of the construction of the entire wind farm (including the transformer substations) will vary between 5 ha (basic configuration, MP with dynamical scour protection) and 312 ha (conf. #1, GBF), or respectively 0.3%-11.6% of the concession area. We may thus conclude that the direct loss of biotope varies from nearly nihil (MP with dynamical scour protection) to moderately negative (GBF).

In case one opts for gravity based foundations, this will result in a substantial disturbance of the biotope due to the (temporary or not) storage of the dredged sand (+/- 63,000 m³/GBF). As for the monopiles and jacket foundations, which require prior leveling of the sea floor, the volume to be dumped is approx. 13,300 m³/MP and 11,200 m³/JF, respectively. The surface of the disturbance of the sea floor due to storage of dredged sand will depend on the chosen storage scenario and will, in a worst case scenario (conf. GBF), vary between 504 ha (1 m storage) and 101 ha (5 m storage).

There is a marked scaling-up of the total loss of biotope (direct and indirect) if one chooses for a gravity based foundation when compared to the monopile or jacket foundations. This great difference is mainly due to the absent or very limited loss of biotope due to sand storage with monopiles or jacket foundations. In case a scenario involving the storage of the dredged sand (GBF) in layers of 5 m thick, this would mean a decrease of the disturbance level by approx. 80%. The total disturbance of the biotope (scour protection + storage) in the '5 m storage' scenario (the most probable one) for the gravity based foundation remains acceptable (9.1% (basic conf., GBF) to 16.9% (conf. 1, GBF) of the concession area), and certainly in comparison with the entire BPNS (< 0.1%). Moreover, the project area is not characterized by special natural values, so it can be concluded that the loss of biotope for benthic organisms will only have a limited (MP, JF) to moderate (GBF storage 5 m) negative impact on the marine ecosystem.

The loss of benthic organisms is directly proportional to the loss/disturbance of the biotope. Despite the absence of site-specific data (biomass and population structure), the lethal effect can be derived from data contained in the reference study for the Thorntonbank, where the loss of biomass (macro- and epibenthos) is estimated at approx. 33 g/m² (De Maersschalck *et al.*, 2006). If one opts for a monopile or jacket foundation, the negative impact is considered slightly negative. In case of a gravity based foundation, we see a significant rise in the loss of organisms when compared to the other two

foundation types. Here, the impact of the mortality on the biomass or on the functioning of the local ecosystem is expected to be moderately negative. Moreover, re-colonization of the moved sand (storage) is very likely to happen within the first year. Furthermore, because the project area will be closed for trawler fishing, a refugium will be created for the benthos. The loss of sea floor organisms due to fishing (mortality of 5-65%) can thus be avoided (E-connection, 2007).

The dredging activities required for placing the foundations and the dumping of the dredged sand (gravity based) will not only lead to a (temporary) loss of biotope, but will also result in an increased sedimentation and turbidity in the immediate vicinity of the works. Moreover, the Rentel project area is situated in relatively limpid Channel water. Less light will pass through the water column as a result of the turbidity. This may potentially prevent the growth (primary production) of the phytoplankton, which might have an impact on the food chain. A dredging plume modelling study (IMDC, 2012c – external annex) shows that when dredging a single foundation pit, the background turbidity of 4 mg/l will not be exceeded for more than 10% of time during the dredging activities (3,5h). Concentrations higher than 4 mg/l will not spread further than 5 km of the dumping zone and the plume itself will never be larger than 800 m across. It can be expected that the disturbance through sedimentation as a result of the dredging activities for the Rentel project will have a moderately negative impact if one opts for the construction of gravity based foundations. For monopile or jacket foundations, the impact will only be slightly negative.

Underwater noise probably has the greatest impact on fish and marine mammals. However, vibrations and pressure variations caused by noises can also have an effect on invertebrates, such as crustaceans (Popper *et al.*, 2001). Research conducted on Horns Rev and Nysted however revealed that the noise impact on benthic communities due to piling activities is negligible (Dong Energy *et al.*, 2006).

Operational phase

During the operational phase, the potential effects on the benthos are limited to changes in the hydro-physico-chemical condition of the project zone and impacts due to noise and vibrations.

The water quality will not be negatively influenced by a potential release or spill of oil or the presence of scour protection. Also, no effects are expected to the oxygen regime. As a consequence, it is expected that there will be no significant impact on underwater life.

As the negative influence of noise on the benthos during the operational phase is considered negligible, the impact during the exploitation phase is evaluated as practically non-existent for all configuration alternatives.

Also, no negative effects on the original benthic communities were detected with regard to the changes in the hydro-dynamics caused by the presence of wind farms on the sea floor structure (Bio/consult as, 2005; Dong energy *et al.*, 2006).

Because birds and fish may find themselves attracted by the presence of the wind farms, for instance because of the increased availability of prey, the predation pressure on the benthic communities may possibly increase (Leonhard & Pedersen, 2006).

Dismantling phase

Generally speaking, one may say that the impacts during the dismantling phase will be similar to those of the construction phase, but with a far lower intensity and frequency.

Cabling

The most important impact due to cabling on benthos are biotope disturbance, turbidity, the appearance of electromagnetic and potential heating.

Both during the preparation works and during the offshore installation of the cables, a temporary and local disturbance of the biotope will occur. In the course of the preparation works, this will be especially so during leveling or pre-sweeping and pre-run, because a kind of dragging and/or dredging technique will be utilized which will result in local churning-up of the sea floor. As this disturbance is of rather limited in size or scope when compared to the entire BPNS, the impact of the biotope disruption on the benthos can be considered as negligible. Furthermore, one may assume that a natural recovery of the benthos communities will occur after completion of the works.

The increased turbidity caused by the preparation works and the laying of the cables for the Rental wind farm will be of a much less magnitude than that described for the construction phase and is considered practically non-existent.

The transmission of electricity via the sub-sea cables will lead to the creation of electrical and electromagnetic fields. The nature of these electromagnetic fields will depend on the type of cable used. Some invertebrates will probably be more sensitive to electromagnetic fields, but, on the basis of the currently available knowledge, the magnitude of the impact and the causal relationship are not yet sufficiently understood (Gill *et al.*, 2005; Dong Energy *et al.*, 2006, BERR, 2008).

The buried cables will produce a certain amount of heat. Because the cables are laid a certain depth, they will only cause very local warming of the seabed surface. The effect is considered from non-existent (for epibenthos) to negligible (for macrobenthos).

0.4.4.2.2 Fish

Construction phase

Some of the impacts on fish during the construction phase are similar to those described in the 'Benthos' section, e.g. habitat loss and biotope disruption. The loss of organisms will however be less severe, given the greater mobility of fish.

All life stages of fish will also be temporarily disrupted due to the churning-up of the sea floor, underwater movements and other activities on the sea floor. However, it is very likely that these fish will move away from the spot where the works are carried out, so that the impact will be smaller than with the sedentary organisms (IMDC, 2010a). This means that the negative effect should only be temporary and that the organisms will quickly return to the project area as soon as the building phase is over. It is possible that the mating and spawning areas are disturbed during the construction phase, but it is expected that they will recover quickly and that they will regain their attractiveness during the operational phase. As such, the disturbance may also have a positive impact, namely an increased availability of prey species as a result of, for instance, the churning-up of the sediment (Grontmij, 2006).

An important disturbance during the construction phase is the production of noise and vibrations due to piling activities (for monopile and jacket foundations), the cable laying activities and the increase of marine traffic. It is however not evident to determine the magnitude of the disturbance, as there still exist many uncertainties about transmission losses and the corresponding degree or intensity of the noise disturbance. This disturbance can lead to significant effects (hearing damage, bleeding, mortality, changes in behaviour) with certain species of fish. Besides their potential effects on the adult fish populations, also the fish larvae may be affected by the piling activities. According to Prins *et al.* (2008; 2009), one may assume that mortality will occur within a radius of 1 km of the noise

source (worst case scenario), although other studies point out that this must be nuanced (Bolle *et al.*, 2011).

Despite this uncertainty, it is clear that the effect of piling will increase proportionally to the number of turbines to be installed and also to the diameter(s) of the piles. On the basis of the available literature, the impact of piling on fish populations is judged to be moderately negative for those configurations where monopile or jacket foundations are pile-driven into the sea bed. Although the piling activities are of a relatively short duration, a project using monopiles or jacket foundations is only acceptable provided that a number of mitigating measures are implemented and that a monitoring program is put in place, in order to maximally minimize the significantly negative effects. The impact of noise for gravity based foundations is almost nil in comparison with the other two foundation types. With gravity based foundations, only the noise of dredging vessels is of importance and that noise is considered far lower than the noise produced by piling, increased vessel traffic and the pouring of the scour protection. Also when the suction bucket principle is used, whereby monopiles and jacket foundations are not pile-driven into the sea floor, the impact of noise and vibrations will disappear.

Operational phase

As already discussed for the benthos, no effects are anticipated during this phase with regard to water quality, oxygen regime and hydro-dynamics. In addition to the more common forms of disturbance, we will more specifically deal with the impact on fish populations of noise and vibrations produced during the operational phase.

Norro *et al.* (2011) have indicated that a slight increase of the sound pressure level occurs around the gravity based foundations on the Thorntonbank when compared to the ambient noise level as measured prior to construction. A significant increase of the sound pressure level has been observed around monopile foundations. Such noise emissions are far lower than during the construction phase, especially where pile-driving is required in the course of the construction phase. However, any such operational noise emissions will occur during the entire lifespan of the wind farm.

Most fish react strongly to low frequencies (below 50 Hz). These frequencies only occur in the immediate vicinity of the wind turbines (over a few hundred meters max.). Frequencies between 500-2000 Hz will have practically no impact on fish, especially because the influence of the wind turbines is similar to that of ambient noise (Hoffmann *et al.*, 2000; Thomsen *et al.*, 2006). Inside the safety zone (500m) , it is expected that the underwater noise caused by the wind turbines will be masked (for majority of the frequencies) by the prevailing background noise and, consequently, will have little or no impact on most fish species. Habituation is also expected to occur due to the continuous nature of the noise produced by wind farms. At high wind speeds (≥ 13 m/s), it is expected that the more sensitive fish species will stay at a distance of minimum 4 meter from the wind turbine (Wahlberg & Westerberg, 2005), which will be an obstacle for permanent settlement of these fish on the rubble surrounding the foundation. Monitoring conducted on the Horns Rev wind farm in Denmark has also shown that fish are not really affected or embarrassed by any such noise and vibrations and that some new species have even settled in the area (Leonhard & Pedersen, 2005). Despite the uncertainty regarding the quantitative assessment of the noise impact on fish in the course of the operational phase of the wind farm, one may well suppose that these impacts will of a lesser importance and also that technological improvements are likely to lead to further reduction of this type of impact. As a result, this type of impact is evaluated as slightly negative for all considered configuration alternatives.

There is also the possibility that the area will be closed for other economic activities, as a result of which the concession area will no longer be disturbed or disrupted by destructive forms of fishery (especially bottom trawling). This will have a positive effect on the fish population (refugium effect).

Dismantling phase

Generally speaking, the effects of the dismantling phase will be similar to those of the construction phase. However, their intensity and frequency will be far lower. The significant noise disturbance caused by the piling activities (monopile/ jacket foundation) during the construction phase will no longer be present. Also the loss of habitat and the correlated loss of organisms will be limited to the surface areas that are actually being disturbed during the dismantling phase. The effects vary from (practically) none to a slight negative effect, depending on the configuration alternative.

Cabling

The effects due to cabling on the demersal fauna are: biotope disturbance, increased turbidity and the appearance of electromagnetic fields. The impacts with regard to biotope disturbance and turbidity are analogous to the impacts on the benthos.

The transmission of electricity over the sub-sea cables will generate electric and magnetic fields, which will also be detectable outside of the cable. The nature of these electromagnetic fields depends on the type and capacity of the cable (33 – 66 kV for wind-park cables versus 150 kV à 220 kV for export cables). Electromagnetic fields may affect certain sensitive fish species, especially with regard to their orientation behaviour, migration behaviour, hunting behaviour and their general occurrence close to the cables. However, the magnitude of the impact and the causal relationship cannot as yet be accurately assessed on the basis of the currently available knowledge (especially for the 220 kV cable). The best documented and most intense impact is the one on rays and sharks, both species being practically absent from the project area. In the light of this fact and on the basis of the local nature of the impact and the fact that the cables will be buried at a depth ranging from 1m (wind-park cables) to ≥ 2 m (export cable), which will have a mitigating effect (reduction directly proportional to the depth squared), one may assume for now that there will only be a slightly negative impact on the fish fauna.

The buried cables will produce a certain amount of heat. Because the cables are laid at a certain depth, this will only generate a very limited and very local warming of the seabed surface. The impact on fish is considered non existent.

0.4.4.2.3 Birds

Construction phase

During the construction phase, the following impacts may cause a significant disturbance for certain species as a result of the construction activities: barrier effects due to noise disturbance, sedimentation and changes in the availability of food.

During the works, a barrier effect may occur which might affect migrating birds. This barrier effect will mainly be due to the noise production in and around the concession area and the presence of vessels. Bird species sensitive to disturbance may want to temporarily avoid the area, while other species may possibly benefit from the construction activities because of a temporary rise in the availability of food sources as a result of the churning-up of the seabed and the increased ship activity (Stienen *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006). However, the Thorntonbank is not of significant importance to these disturbance-sensitive species (Vanermen & Stienen, 2009), as result of which no general significant negative effects are expected.

If gravity based foundations are used, then a huge amount of sand will need to be dredged and moved. Whirling-up of the soil sediment may impact the foraging capabilities of bird species, such as tern, who rely on their visual capacities when hunting prey. However, this effect will only be temporary and will only cover a restricted area. As a consequence, no significantly negative effects are expected with regard to visually hunting birds. This type of impact is evaluated as slightly negative.

Negative effects on fish larvae may arise due to the pile-driving activities. Recruitment of the species concerned may be affected and may lead to a decreased availability of prey for certain fish-eating bird species. This might have a slightly negative effect on birds.

Operational phase

During the operational phase, wind turbines can cause problems for birds in several ways. Firstly, they can collide with parts of the turbines and get killed or injured (collision aspect). Secondly, birds can be disturbed by the turbines, whereby distinction must be made between the direct effects in the form of loss of foraging and resting areas and restriction of flyways for the birds and indirect effects such as disturbance due to the physical presence, movement or noise production of the turbines (disturbance aspect) (Stienen *et al.*, 2002).

With regard to the collision aspect, the impact will mainly depend on the number of birds passing (flux), as well as their flying height. On the basis of presently available monitoring results (Vanermen & Stienen, 2009) it may be expected that especially large gulls (Great black-backed gull, Lesser black-backed gull and Herring gull) are more likely to collide with the wind turbines due to their body size and flying height (chance of 1/500). Other species such as the Great skua and the Northern gannet are also vulnerable to collision due to their large body dimensions and their low manoeuvrability. Razorbills and Guillemots never fly at rotor height. On the basis of currently available monitoring results, only slight differences are expected with regard to the collision risk in relation to the types of wind turbines used. One may however assume that the more turbines are installed, the higher the collision risk will be.

In the course of the monitoring research conducted on the Thorntonbank and Bligh Bank in 2010, surprisingly significant effects were already found which are directly due to the presence of the offshore wind turbines (Vanermen *et al.*, 2011). Especially on the Thorntonbank, the populations of Common tern and Sandwich tern showed a marked increase within the impact area since the construction of the first turbines in 2008. The same is true for the Common gull and the Herring gull on the Bligh Bank. Whereas there had been initial fears for a loss of habitat, the first (preliminary) results show that birds tend to be attracted by the wind farms, rather than trying to avoid them (Vanermen *et al.*, 2011). On the other hand, at present only 6 out of the 54 planned wind turbines have been constructed on the Thorntonbank, as a result of which these results must be considered as 'highly preliminary'. The fact that birds tend to be attracted to the wind farm may however result in a negative impact with regard to the collision risk.

With regard to Annex I 'Bird Species' of the EU Birds Directive, the collision risk for Common tern and Sandwich tern is assessed as limited. Based on their low disturbance sensitivity and also on the fact that Little gulls tend to fly relatively low over the water, one may expect that the future implantation of offshore wind turbines along the migratory route of this species will not cause any important impact on this species as well.

Dismantling phase

It is expected that the effects during the dismantling phase will be similar to those occurring during the construction phase. Therefore, these effects can be evaluated as being slightly negative.

Cabling

The cable-laying activities may lead to a temporary disturbance of the avifauna. Both cable route alternatives run through the Birds Directive Area 'SBZ-V3 Zeebrugge'. The dedicated marine reserve 'Baai van Heist' and the Habitat Directive Area 'SBZ-H Vlakte van de Raan' (notified at European level) are not crossed. However, these effects are of a temporary and limited nature and can thus be considered as being moderately negative. Also during the berming activities of the C-Power cable in Ostend, no major disturbances were observed (BMM, 2009).

The presence of the cables during the operational phase will probably have no direct effect on the sea birds.

0.4.4.2.4 Marine mammals

Construction phase

During the construction phase, marine mammals may be affected by changes in food availability, as well as by disturbances caused by the different construction activities, the increase in ship traffic and the vibrations and noise due to the pile-driving and dredging activities.

The construction of wind farms may have an impact on the food sources, as a result of which some areas may become less attractive for marine mammals. For instance, there is the extra noise due to the pile-driving of monopiles or jacket foundations, which may lead to avoidance behaviour of fish up to several kilometres from the noise source. As a result of the decreased availability of food, or because the area is no longer suitable as a breeding area, marine mammals might (temporarily) leave the area (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Given the limited number of additional transports when compared to the present ship movements in the BPNS (mainly on the existing shipping lanes), and given the non-permanent nature of this, no additional negative effects in the form of disturbances are expected to occur resulting from the overall construction activities for the wind farm (BMM, 2009). It is expected that the marine mammals will abandon the actual site of the works and its immediate vicinity, after which they will simply avoid the site for the time being. However, upon completion of the construction phase, they should return to the site.

As far as noise disturbance is concerned, it is assumed that pile-driving of monopiles and jacket foundations will have a significantly negative impact on marine mammals in the immediate vicinity of the pile-driving locations. Decisive factors for the occurrence of effects on marine mammals due to pile-driving activities are: the sound pressure level of the source (which strongly depends on the diameter and the length of the pile and therefore also on the foundation type), the power of the pile strokes, the water depth and the local properties of the sea bed (determining factors for noise propagation), the duration of the pile-driving activities and the period in which these activities are carried out. Disturbance may chase away harbour porpoise and other marine mammals out of the areas that are most suited for feeding. Considering the seasonal high density of harbour porpoise in Belgian waters and the large distances on which disturbance may occur, behavioural changes can be expected for hundreds to thousands of animals. Although the pile-driving activities will only take a relatively short period of time, a project that uses monopiles or jacket foundations will only be acceptable provided that a number of mitigating measures are taken and a monitoring program is put in place in order to minimize the hearing damage and other significantly negative impacts on marine mammals. In contrast to monopile and jacket foundations, gravity based foundations do not require ramming of piles, which means that no high-level 'impulsive' sounds will be generated. The noise level will also be far lower if the suction bucket technique is used.

Operational phase

During the operational phase, impacts on marine mammals may occur, such as disturbances due to the vibrations and noises produced by the wind turbines, the loss of habitat resulting from the physical presence of the wind turbines, or disturbances caused by maintenance works and possible changes in the availability of food sources.

Marine mammals possess an advanced sonar system which allows them to navigate and hunt without using any other sense organs (echolocation). This echolocation ability may potentially be affected by the noise produced by the wind turbines during operation (Bach *et al.*, 2000). Harbour porpoise can hear the noise produced by the wind turbines during operation up to a distance of about 50 m (Henriksen *et al.*, 2003). For seals, the noise is audible up to a distance of 1 km (Dolman *et al.*, 2003). However, these effects are not likely to occur over large distances. Given its continuous and uninterrupted sound level, the noise produced by the turbines will nonetheless have a disturbing impact on marine mammals in the immediate vicinity of the wind farm (Tougaard *et al.*, 2008).

During the operational phase, an increase of the number of marine mammals in and around the wind farm may possibly occur, as a result of the cessation of fishing activities in the area, the increased availability of food, and the availability of new food sources resulting from the physical presence of hard substrates. This effect will be greatest where gravity based foundations are used, given the large surface area covered by the scour protection barrier.

Dismantling phase

In a worst case scenario, it is expected that the effects during the dismantling phase will be similar to those occurring during the construction phase, which means that a disturbance of the marine mammals will occur. However, as no pile-driving and dredging activities are required during the dismantling phase and as the hard substrates will remain in place, this disturbance will have a less negative impact when compared to the construction phase. As a consequence, the dismantling phase is evaluated as slightly negative for marine mammals.

Cabling

The installation of the cables during the construction phase may have a disturbing effect on marine mammals. This effect is however temporary, limited in scope and therefore considered as being slightly negative. After the installation of the cable, the surrounding environment will restore itself. The currently available knowledge about the impact of electromagnetic fields on marine mammals is either limited or simply non-existent (for the 220 kV cable). However, there is only a limited chance that marine mammals will be exposed to these electromagnetic fields.

0.4.4.2.5 Hard substrates

Construction phase

The introduction of the hard substrates, the so-called reef-effect, in sea areas consisting mainly of sandy sediments can be considered as the main effect of the building of the wind farm (Dong energy *et al.*, 2006). It will lead to a more heterogeneous habitat and a new community typical for hard substrates. The total surface hard substrates possibly available for colonisation depends on the number of foundations (turbines), the sort of foundations, the dimensions (diameter, subtidal and intertidal part) and the characteristics of the erosion protection (dimensions, location compared to the sea bed).

For all the configuration alternatives, the total surface of hard substrate will vary between 83,100 m² (basic conf., MP) and 376,800 m² (conf. 1, GBF). The choice of gravity based foundations will increase the area which could need to be colonised, because of the bigger erosion protection.

The first C-Power monitoring results (Kerckhof *et al.*, 2009, 2010) show that this colonisation happens quickly and intensely. After more or less 3.5 months nearly all of the subtidal and intertidal part of the foundations seemed to be covered with epibionts and there was a clear depth zoning. On top of that the study also showed a high diversity compared with other artificial substrates in the area. It is very likely a mussel area will be created and oysters and also tube worms will be present in the future. Long term studies show it takes 5 to 6 years for a stable community is formed, dominated by filter feeders (mussels e.g.) and permanent brown and red algae (Jensen *et al.*, 2000; Leonhard and Pedersen, 2005)

Depending on the point of view, this effect can be positive (increased bio-mass and diversity, attraction of fish) or negative (disruption of natural habitat, attraction of non-indigenous animals). Whether this impact is positive or negative, its size is difficult to gauge for the offshore wind farms in the North Sea. The total surface of hard substrates is very much dependent on the type of foundations (with or without erosion protection), how complex the foundations are and the number of turbines. It is clear, however, that the surface of hard substrates will be bigger in the case of gravity based foundations than with monopiles and if a configuration is chosen with a larger number of turbines. Although jacket foundations do not need an erosion protection they could also attract large numbers of organisms due to their more complex structure. The part which will in reality be available for colonisation by organisms will be restricted however, no matter what foundations are used, because the foundations and the erosion protection both will be fully or partially dug into the sea bed and therefore fully covered by the present sandy biotope. It is therefore to be expected that, notwithstanding the change compared to the original situation, the effect can be considered acceptable (0/- or 0/+) because the available surface for the development of a new community will be relatively small compared to the BPNS (smaller or less than 0.01%).

Operational phase

During the operational phase, the possible effects of hard substrates will be restricted to changes in the hydro-physico-chemical situation of the project zone and possible noise pollution by working turbines, as discussed for the benthos.

Dismantling phase

Dismantling of the wind farm could lead to a complete disappearing of the hard substrates. The question has to be asked if this is a good or a bad thing because on the one hand the original sandy substrates are restored but on the other hand there is a loss of bio-diversity and other possible functions the artificial reef has done during operations (stepping-stone, spawning area, attraction of certain organisms). The impact of this however cannot be calculated yet because only initial results are available about the introduction of hard substrates into a mainly sandy environment.

Cables

The main effects as a result of the cables for the epibenthos and the demersal fish fauna of the hard substrates are biotope disruption, increased turbidity, the creation of electromagnetic fields and possible heating up. These will be the same as the ones discussed for benthos and fish.

0.4.4.3 Mitigating measures

0.4.4.3.1 Benthos

Foundations need to be dug and cables need to be laid with the best possible technology available so as not to disturb the sea bed. Building materials and rock dumps will consist as much as possible of natural products and will not contain rubbish or secondary raw materials. The foundation holes and

the sand dredged for the cables need to be refilled and replaced as much as possible with the same quality sand as the original and after finishing the building works, repair of the site is required.

In order to have as little impact as possible, it is preferable to bundle the cables of the different wind farms. It is Rentel's intention to follow as much as possible the cable routes of the existing offshore wind farms insofar there are no technical or safety issues (e.g. lack of space).

0.4.4.3.2 Fish

The mitigating measures and compensations valid for benthos, remain valid here as well. There is uncertainty about the importance of the project area as spawning area. If this is the case, an agreement needs to be reached to execute if possible the most disturbing building works outside of the most vulnerable periods.

0.4.4.3.3 Birds

During the evaluation process, the following important points of impact have been noted: the loss of habitat, the impact of barriers and collisions. The same mitigating measures (EIA Norther, EIA Northwind, EIA Belwind, and EIA C-Power) have been included for these points as in the previous EIAs: a bird friendly composition, the use of sound or visual signals and switching off the farm during periods with lots of movement (e.g. when birds migrate) or in bad visibility conditions. It is also best to execute work outside of periods with high bird concentrations or when there is an increased possibility of the presence of marine mammals (Stienen *et al.*, 2002).

0.4.4.3.4 Marine mammals

Although the pile-driving will only take a short while, a project using monopiles or jacket foundations is only acceptable if a number of mitigating measures or a monitoring program is applied. Possible measures are the use of an acoustic deterrent device and the application of a 'ramp-up procedure', where the first pile-drivers are done with minimal force and the power is 'ramped-up' afterwards. The efficiency of many of these proposed measures is doubtful however, so research into their efficiency is required (Boon *et al.*, 2010).

0.4.4.3.5 Hard substrates

As for the mitigating measures for benthos, attention is mainly paid to decent monitoring strategies and extra scientific research.

0.4.5 Seaview and cultural heritage

0.4.5.1 Reference situation and autonomous development

The North Sea seems to be one uniform water surface, stretching all the way to the horizon and it is one of the few unspoiled landscapes of real ecological importance left in Belgium. This clear horizon, as a unique landscape, is an important natural value of the North Sea. From most places on Belgium's coastline the seaview is perfect and there is no doubt that it is this view which is a very important factor for Belgium's coastal tourism. On good days, ships can be seen far away on the horizon whereas in the proximity of the harbours, there will usually be more activity with the coming and going of container ships, dredgers, fishing and leisure boats. If you look from the coast inland, then you will find the Belgian coast dominated by a small 67 km long strip of high-rise, starkly dividing the sea and the polders.

The cultural heritage at sea consists mainly of ship wrecks. Based on information from existing databases of ship wrecks and from an inventory of ship wrecks executed within the GAUFRE (Maes

et al., 2005) project framework, we can deduce that in the Rentel 2 project area, wrecks can be found and also along both of the alternative routes of the export cable, several wrecks can be found. Apart from ship wrecks, there is a growing interest in sunken paleo-landscapes as a new subject of cultural heritage. Alleged (reinstated) remains of the medieval islands of Wulpen, Koezand and Waterdunen can be found near the current Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010, Mathys, 2009).

The cultural heritage on land consists of landscapes and relicts of traditional landscapes, more particularly polders and dunes, the IJzer Estuary and the Zwin, with its exceptional landscape ecological value as mud flats and salt marsh areas.

As far as the autonomous development is concerned, (further) erecting of licensed wind farms (C-Power, Belwind, Northwind and Norther) will change the seaview. The impact of these farms on the seaview from the coast will mainly be determined by the distance between coast and farms. The seaview will possibly also be changed by the developments in the shipping industry. Growth of harbours and demand for bigger ships could change the existing view. As far as autonomous development of the cultural heritage on land is concerned, there are at the moment no developments planned which can change that heritage.

0.4.5.2 Description and assessment of the environmental impacts

0.4.5.2.1 Construction phase

Considering the wind farm will be built far into the sea, the building activities will be barely visible and the impact of these activities on how tourists and locals will experience their seaview will be insignificant to negligible. It is also important to state that when the Rentel wind farm is being built, other wind farms closer to the coast will already be built, therefore rendering the visual impact of farms further away even less important.

The preparatory activities on land (such as the pre-assembly of turbines and other parts of the farm) in a nearby harbour will have a local visual impact, but the presence of materials and the activities can be considered a temporary touristic activity. The negative experience for the locals can be counter balanced by the positive experience for tourists. Generally speaking we can categorise this activity as neutral because of its temporary character and possible positive impact.

Considering the protection of the cultural heritage, it is very important to avoid two known wrecks in the project area when applying erosion protection and digging foundations. If these two can be successfully avoided, then the impact on the maritime cultural heritage can be kept to a minimum.

0.4.5.2.2 Operational phase

Theoretically speaking, the Rentel wind farm, which will be located at least 31 km from the coast, is visible from the coast with clear weather. There are only a few days per year though that seaview is possible for 20 to 30 km because on a yearly basis, only 10% of the time seaview is possible for more than 20 km and only 1% of the time for more than 30 km (Grontmij, 2008). The contrast between farm and sky depends on the weather and on the direction of sight relative to the position of the sun. Because it will be located behind other wind farms, seaview from the coast with or without the Rentel wind farm will not change dramatically.

A recent poll (Grontmij, 2010) shows that only 6 in 1,000 people experience the wind farm by the port of Zeebrugge as annoying (5%) and only 3 (2.5%) the wind farm at sea. When watching a picture showing a simulated view of 3 future wind farms (C-Power, Northwind and Belwind) from the beach in Blankenberge, nearly 78% of the polled people considered the view as (very) acceptable (Grontmij, 2010). A smart and considered choice of wind farm lay-out together with its pattern and orientation

are factors which can positively influence their experience and acceptability. Informing the public beforehand can also contribute to a project's acceptability and is considered to add extra value.

For fencing-off and lighting, work is executed according to the IALA and ICAO guidelines and possible further guidelines of the authorities.

The operation of the wind farm will more than likely not have a direct or indirect impact on the (maritime) cultural heritage. The exact location of fossil mammal remains around the Thorntonbank is not known and the impact of the Rentel wind farm on archaeological remains cannot be determined.

0.4.5.2.3 Dismantling phase

The impact of the dismantling stage on the seaview and the cultural heritage will be the same as during the building phase.

0.4.5.2.4 Cables

Laying the export cables from the wind farm to the coast can have an impact on the maritime cultural heritage because along both alternative routes there are several (known) wrecks. The maritime archaeological heritage does not have any preference of route because there are wrecks alongside both but when the wrecks can be completely avoided, the impact on the heritage can be kept to a minimum.

0.4.5.3 Mitigating measures

To inform the public beforehand can have a positive effect on the acceptance of a seaview influenced by the planned wind farm.

In order to avoid ship wrecks being damaged, it is to be recommended to have a side scan sonar or comparable survey done before the building of the wind farm and laying of the export cable(s) or to at least use the already existing data of surveys already done for the laying of other cables.

0.4.6 Interaction with other human activities

0.4.6.1 Reference situation and autonomous development

Human activities in the Belgian marine zones concern mainly economic activities and several of these activities use specially fenced off zones for, for example, fishing, marine culture, shipping, sand and gravel extraction, dredging and dumping of dredging waste, wind farms, military use, gas pipes and telecommunication cables, tourism and leisure and scientific research.

The concession zone is located fully within the area destined for the build and operation of installations for renewable electricity (KB 17/05/2004, adjusted by KB 03/02/2011). It has also been decreed that this activity takes priority over possible other activities in this area. The three alternative routes which can land in Zeebrugge, cross the Special Protected Zone at Zeebrugge (SBZ-V3) and the shipping route 'Het Scheur'.

In this non-technical summary, we shall only discuss the activities which actually take place within the concession zone. Considering there are no possible interactions with other activities in the immediate area or further along the BPNS, these activities are not included here. It is further discussed though in the corresponding chapter.

0.4.6.1.1 Fishing

Shrimp and demersal fish, mainly sole, ray and plaice (Tessens and Velghe, 2011; Vanderperren and Polet, 2009) are the most important fish caught with cod, dab and whiting of less importance. Fishing

is mainly take place in the channels between the sandbanks where shrimp fishing is mainly carried out at the sandbanks and takes place closer to land.

At the start of 2011 the Belgian offshore fishing float consisted of 89 boats, making the BPNS for the Belgian offshore fishing industry of less socio-economic importance, because nearly 65% of its fish caught comes from the central and southern parts of the North Sea. The offshore fishing industry does however face international and national socio-economic problems because of a continuous diminishing of biomass in the higher trophic levels of the North Atlantic area since 1950 and an increasing fishing activity between 1950 and 1975. Researchers have concluded that the current fishing levels cannot be maintained and that the higher trophic levels of fish will be gone completely within a few decennia in the North Atlantic area (Dickey *et al.*, 2010). This also shows in the statistics showing nearly all kind of fish 'outside of safe biological limits'.

This is mostly also the case for the Belgian fishing industry. Only between 1950 and 1955 an increased supply took place after which the supply and size of the fleet steadily declined. Since the start of the Nineties the supply by Belgian fishing boats has declined nearly every year and we now have more or less 50% less supply than 20 years ago.

0.4.6.1.2 Military activities

Military activities and exercises regularly take place within the BPNS and in the western corner of the Rentel wind farm there is a zone for shooting exercises. Considering this military zone mostly overlaps the wind farm zone, the government has agreed not to hold military exercises within the offshore zone (cf. Concession KB).

0.4.6.1.3 Cables and pipes

There is only the one inactive telecommunication cable Rembrandt 2 crossing the concession zone. The usual recommended safety distance is 250 m, but because Rembrandt 2 is no longer in use, BMM has given written permission for a 50 m safety distance for the wind farm's several lay-out configurations. There are no gas pipes in the Rentel concession zone.

The three proposed alternatives for the export cable will cross several telecommunication cables and gas pipes.

An artificial island, i.e. an offshore transformer station ('an alpha platform'), is also planned by ELIA (ELIA, 2011). The timing of this platform is still unknown, but ELIA's authority has already been extended to the sea. A procedure to request permission to build the platform has not been started either.

0.4.6.1.4 Sand and gravel extraction

Exploration and extraction of sand and gravel is regulated by the law of 13 June 1969, as it was subsequently changed by the law of 20 January 1999, and 22 April 1999. Since 2004 the concession zones for extraction of aggregates have been changed following KB 01/09/2004 and now there are three 'control zones' and one 'exploration zone' (IMDC, 2010).

The western alternative cable route runs along the western edge of the Belgian concession zone. At that location, however, there is a small overlap between the Belgian concession zone and the concession zone 1A for sand and gravel extraction. This area is only seldom used though and is mostly a monitoring area without any extractions.

In the near future the amounts of sand extracted will increase significantly for the realisation of amongst others the Masterplan Coastal Safety which includes for example the Integrated Coastal Safety Plan and the OW plan including Ostend and the Zwin Project.

0.4.6.2 Description and assessment of the environmental impacts

0.4.6.2.1 Fishing industry

The potential loss of access to the traditional fishing grounds is generally speaking considered to be the main negative aspect of the development of wind farms at sea (Mackinson *et al.*, 2006). The loss of fishing grounds could lead to loss of income and job losses but because of the lack of specific financial data, a detailed economic analysis is very difficult. The Rentel wind farm will cause an extra maximum loss of fishing grounds (ca. 0.6% of the BPNS), but because of the small surface (21.5 km², including 500 m safety zone) and the fact that the concession is of minor importance for the fishing industry, this direct loss can be considered as negligible. The impact on the fishing industry as a result of the wind farm is therefore only slightly negative and a lot less relevant than the loss of income as a result of fluctuating fuel prices and the restrictions imposed by the European fishing policy.

When the full concession zone for wind farms will be in use (240 km²), this will equate to ca. 7% of the BPNS closed for the fishing industry. Despite the bigger loss compared to just the Rentel wind farm, we can conclude that, following the previous reasoning, this still is slightly negative because the small fleet mainly works within the 12 mile zone, which only slightly overlaps the concession zone.

Apart from the loss of square mileage, the fishermen are also worried about the short and long term impact during the construction and operation of the wind farm. During the construction phase, the pile-driving (preferably monopole/jacket foundation) is considered to be the main factor for changes in fish behaviour and the digging of foundations (if gravity based foundations are chosen) and the laying of cables will cause sediment disruption. The most important impact during the operational phase will be the change in fish behaviour as a result of hard substrates' introduction.

The development of the wind farms does not only have a negative impact, there are also opportunities, such as the creation of spawning areas and protected nature reserves. The closure of this zone for the fishing industry will also inevitably lead to the absence of the disruptive influence of the beam trawl which rummages through the sea bed and destroys organisms (Dayton *et al.*, 2002; Lindeboom 2002)

There is at last also the positive impact on the fish harvest in the area. Scientific research (Roberts *et al.*, 2001) has shown that even small (10-25 km²) marine reserves can have a significant impact on the fishing industry in the area. This impact can lead to a significant increase (46 – 90%) in the amount of fish caught in the neighbouring area within a relatively short space of time of five years. Although it is still to be proven if these data are applicable within the special case of the BPNS, there is a considerable amount of agreement within the scientific world about the 'spill-over effect' of protected maritime areas, which is even more intense in a network of marine reserves.

0.4.6.2.2 Military activities

In view of the regular communication with the department concerned within the Navy, the low intensity of military activities and the recent adjustments of the military zones, no impact is expected as a result of the Rentel project.

0.4.6.2.3 Cables and pipes

Considering that within the concession zone the required (reduced) safety zone for the telecommunication cable Rembrandt 2 will be respected, no impact is expected on the existing cables and pipes as a result of the implantation and operation of the wind farm.

Depending on the alternative chosen, the export cable will have to cross several telecommunication cables, interconnector, the Seapipe gas pipes and the export cables of existing farms. It is reasonable to expect though that measures will be taken to prevent damage to existing cables and pipes.

0.4.6.2.4 Sand and gravel extraction

The Rentel concession zone is far enough removed from the control zones and exploration zone 4. The proposed west-route for the export cable at the edge of the Belgian concession zone is however also on the edge of control zone 1A. However, only little extraction takes place there and it is mainly anticipated to be a reference zone for farm activities. Therefore, no conflicts are expected and the impact of the wind farm on the sand and gravel extraction can be considered as minimal.

0.4.6.3 Mitigating measures

No mitigating measures or compensations are proposed for other human activities during the Rentel wind farm development.

0.4.7 Risks and safety

The description of the reference situation and the evaluation of impact for shipping, oil pollution, radar and shipping communication is discussed in the 'cumulative effects' § 0.4.9 of the non-technical summary.

In this chapter shall only discuss the safety aspects of the installations.

0.4.7.1 Reference situation and autonomous development

In this chapter the safety risks of the installations and the possible consequences of an accident are briefly discussed. An estimate of the safety risks linked with the infrastructure of the wind farm itself is based on data from literature. The described risks are valid for any configuration. Labour risks are not discussed in this EIA.

At the moment, there are no installations in the Rentel concession zone.

0.4.7.2 Description and assessment of the environmental impacts

Nowadays all wind turbines are subject to several category systems and that is also the case for the wind turbines of this project. In order to categorise these turbines, they are checked as a whole and on their parts (blades, nacelle, electrical equipment, foundation, pylon . . .). The turbines are IEC 61400 certified.

SGS expects the fail frequency to be the highest for the small parts in the nacelle at 0.0012 per year or once every 833 year. For all the other parts there is an even lower fail frequency, making it a very low risk and the fail impact of the installations is acceptable.

As far as safety is concerned, it is important to check how objects and activities in the immediate area can be affected by for example a broken off blade. In case of an overspeed situation with a 3 MW turbine, we expect the maximum throw distance to be more or less 440 m and for that to be more or less the same for 6 and 10 MW turbines. So, in theory, this is covered by the 500 m exclusion for ships around the farm.

Provisions in order to protect the environment are part of the standard equipment of the turbines and the OHVS. Leakage of fluids (oil, grease etc.) from the installations is avoided or restricted by the presence of several collection devices (drips, edges, containment systems) and also by the way the

installation parts have been constructed. This is not the case if a turbine were to topple as a result of extreme weather or a collision with a ship. If, in such a situation, tanks or pipes break or tear, then it is possible all oil and grease within the turbine will be released into the environment. In view of the existing categorisation and certification systems, the chance is not non-existent but it is highly unlikely for a turbine to topple by itself during its lifespan. There are more or less 1,000 litres of oil and grease in each turbine (hydraulic system, gear case). For a description of risks and impact caused by collision with ships, please see the chapter 'cumulative effects' (paragraph 0.5.9) of the non-technical summary.

0.4.7.3 Mitigating measures

Where important amounts of oil or grease can enter the environment, appropriate sensors can be placed or regular check-ups can be executed in order to quickly identify leaks.

When as a result of an accident or a defect, materials end up in the water which threaten the environment, then these need to be removed and either treated or dumped following the applicable regulations.

0.5 CUMULATIVE EFFECTS

0.5.1 Introduction

The possible effects of a combination of several wind farms can, combined with other human activities at sea, lead to an accumulation of effects. It could be just a case of a sum of all effects of the separate activities, but it could also be a case of certain effects reinforcing each other, or on the contrary fully or partially cancelling each other out. Or it could also be the case that although the separate effects need to be added together, this does not lead to significant problems for all sealife and their habitats, until a previously unknown threshold is crossed after which all of a sudden significant problems do occur. In that case we have to do with a non-linear response.

This chapter deals with the possible cumulative effects resulting from the four licensed wind farms in the Belgian part of the North Sea (Northwind + Belwind + C-Power + Norther) combined with the Rentel wind farm.

C-Power NV is licensed to build a farm at the Thorntonbank and operate it for 20 years. In 2008 they installed six 5MW turbines (gravity based foundations) which are currently operational. March 2012 saw the start of the second phase with thirty 6.15MW turbines (jacket foundations) and in 2013 the last eighteen 6.5MW turbines will be installed (jacket foundations). There will be a total surface of 8 square miles used for a maximum installed power of 325 MW.

Belwind is licensed for a large scale wind farm of 363MW at the Bligh Bank. They received an area concession of 14 square miles and their farm will consist of one hundred and ten 3MW turbines, of which 55 (with monopile foundations) are already operational. It is presumed the other 55 will also be installed using monopile foundations.

Northwind is licensed for the building and operation of seventy-two 3MW turbines (total surface: 5.5 square miles) at the Lodewijkbank, situated at about 24 miles from the coast, with a combined installed power of 216MW. It is more than likely that for all turbines monopile foundations will be used.

Norther received on 18 January, 2012 a license to build a wind farm south-east of the Thorntonbank. This 17 square mile park will be located at 13 miles from the coast and therefore closest to it. The

exact configuration is not known yet but the total installed power will vary between 320 to 420MW with in between 47 to 86 turbines delivering it.

Seastar has also received a zone concession to build and operate a farm, but the license procedure has not started yet, so that park has not been included.

Only those effects will be discussed which have a non-negligible (positive or negative) influence on a certain discipline, for it is assumed that if a certain effect is completely negligible for each farm separately, their cumulative effect will also be negligible. The exception to this rule can be if the effects of separate farms approach a certain threshold, causing the cumulative effect to be in a different category of effects (medium to significant).

0.5.2 Soil

The cumulative effect will only be non-negligible for wind farms using gravity based foundations. In the most probable scenario, the Norther wind farm will install monopiles, while the Rentel wind farm will install jacket foundations (conf. 2: 60 x 7 MW JF). In this case roughly 1 m cubic metre of sand will need to be stored for all wind farms. In a worst case scenario, when both Norther and Rentel choose gravity based foundations about 8.6 m cubic metres of sand will need to be stored, as a result of all dredging activities. For the other wind farms, it is presumed the current decisions concerning foundation type are kept: Belwind and Northwind (monopile); C-Power (combination of gravitational and jacket foundation). Storage will take place in stages because it takes 2 years to build a farm and the building period per farm will be different. At the BPNS for example, approximately 1.9 m cubic metre of sand and gravel is yearly extracted and at different locations 16 m cubic metres has been dredged and dumped back in sea at the provided locations. The cumulative effect therefore, will be smaller than the sum of the individual effects.

The impact on the BPNS morphodynamics caused by the laying of cables is negligible. A combined installation of cables with routes close to each other causes less of an impact than when different routes would be used for each project. Local erosion caused by the construction works is beforehand avoided because of erosion protection applied for each farm, except for the jacket foundations. If monopiles are chosen, it can be decided that the erosion protection is sufficient. When gravity based foundations are chosen, there is some doubt because of lack of scientific research and experience and that is why the contractors include an even bigger safety margin when calculating the erosion protection. The cumulative is by far smaller than the sum of the individual effects and should there be local erosion, then this can easily be solved by additional dumping of erosion protection.

If the erosion protection is removed, a hole will be created near the foundation and the repair of the foundation holes cannot be estimated in time or space based on our current knowledge. The cumulative effect will not be bigger than the sum of the individual effects.

0.5.3 Water

The foundation construction will cause a local and temporary increase in turbidity which will be greatest for the Rentel configuration 1 with 78 gravity based foundations. However, when compared to natural increased turbidity during storms, this is considered to be an acceptable effect notwithstanding the cumulative effect. The cumulative effect will be the sum of the individual effects. The impact on the turbidity when laying farm and export cables is considered as very temporary and local, definitely when compared to the impact of foundations (see higher). This effect is also considered acceptable.

0.5.4 Climate and atmosphere

An important effect during the operational phase are the emissions which are avoided on land as a result of the fact that the net electricity production of the farms does not have to be produced by classic means, be that in combination with nuclear facilities or not.

By the end of 2012, the Flemish Government will have developed a Climate plan in order to have the carbon dioxide emissions reduced by 30% by 2020. The avoided emissions of the five wind farms will play an important part in this.

0.5.5 Noise and vibrations

The pile-driving noise can be heard under water for quite a distance with only a little attenuation. But because the impulse noise is not produced continuously and the driving is only a temporary activity, the cumulative effect will not be bigger than the sum of the effects per farm. There is only a small chance that the impulse noise of all parks will happen together.

The noise of dredging can be heard under water for quite a distance (further than the farms) with only a little attenuation. But because dredging is only a temporary activity and will only take place at half the monopile and jacket foundation locations, and in case of gravity based foundations, the cumulative effect will not be bigger than the sum of the effects per wind farm.

During the operational phase the noise under water caused by the turbines will remain restricted to the area between the turbines and will not exceed the 500 m safety zone around the farm and the cumulative effect therefore is equal to the sum of the individual effects.

When the farms are working simultaneously in a moderately taxing situation, there will only be an increased noise level above water in the zones between the farms relative to the individual operating state of each farm and therefore we shall have a cumulative effect bigger than the sum of effects per farm.

0.5.6 Fauna, flora and biodiversity

For the majority of effects on benthos and fish (loss / disruption of biotope, loss of organisms, introduction hard substrate, noise and vibrations), the cumulative effect is the sum of the individual effects per wind farm. Additionally, they usually correspond with the surface area used. The total surface of the five farms (including safety zones) will remain relatively small compared to the BPNS and because the majority of the effects will only occur in a restricted area of the concession zones (gravitational > monopile/jacket), it can generally be decided that the effects will be acceptable. There is still a lot of uncertainty concerning the total cumulative effect of the underwater noise disruption and the electromagnetic radiation as a result of the cables and further research is needed.

As far as the birds are concerned, it is to be expected that the presence of a large number of farms in a relatively small area can cause a slight increase in the death of sea-birds and although there will probably be, relatively speaking, only a small number of collisions, in the long run it can have an important effect on the numbers of some bird populations (Drewitt and Langston, 2006). The presence of these farms can also cause the loss of habitat for some birds which are susceptible to disruption, mainly during winter, when large numbers of birds come to the BPNS before they migrate to their breeding grounds. The presence of the farms can also cause a loss of foraging areas for some birds susceptible to disruption, or it can cause a barrier effect which would mainly be important

for migrating birds. These cumulative effects however, can at the moment, on the basis of the available data not be correctly calculated and further research is necessary

For the sea mammals, it is expected that the majority of the cumulative effects (disruption, noise, physical presence of the farms…) will be the sum of the separate effects. Many aspects however remain gaps in knowledge.

0.5.7 Seaview and cultural heritage

The construction activities of a wind farm can have an effect on the experience of tourists, locals and fishermen. Shipping will increase and the construction works at sea can also influence the seaview. Building periods can happen concurrently and therefore shorten the disruption in length of time but on the other increase the intensity when they do happen. The works can also be seen as a tourist attraction however. Notwithstanding all this is the cumulative effect regarded as slightly negative.

Only the C-Power and Norther turbines will be visible from the coast and during a 2010 Grontmij poll concerning how acceptable the simulated view was of the three then already licensed farms (C-Power, Belwind and Northwind), 78% of the polled people declared the view as acceptable. When shown a simulated view of the worst case scenario with the whole of the concession zone filled with turbines, 62% of the polled people still called it acceptable. Because all the farms will be built in stages, it is possible people will slowly get used to the changing landscape. The cumulative effect is therefore considered acceptable.

Alongside the routes for the cables there are some shipwrecks. If side-scan sonar surveys (or a comparable survey) are executed beforehand along the route in order to avoid these wrecks, then the impact on the maritime cultural heritage can be kept to a minimum. The cumulative effect of laying all the cables for the four farms on the maritime archaeological heritage is also further reduced by bundling the cable routes for all the projects.

0.5.8 Interaction with other human activities

The installing of wind turbines in the whole of the concession zone will of course reduce even more the fishing possibilities in this area. If we reckon that the boats can fish in more or less 85% of the BPNS (Ecolas, 2003), then we can estimate another 7% loss of fishing grounds due to the five wind farms. The Rentel farm has only a small part to play in this however, as it is mainly the farms closer to the coast and on the sandbanks which intrude upon more important fishing grounds and therefore have a greater impact on the industry. Dekker *et al.* (2009) have calculated that fencing off the wind farm areas (and also the maritime protected zones) will only have a minimal impact on the amount of fish caught and therefore on the industry. Marine culture also gives the opportunity to partly take over the economic activity of the fishing industry. It is however possible that by fencing off the neighbouring areas, shipping time will increase.

Apart from the loss of space, the cumulative short and long term effects during the building and operational phases on the fish will play a part for the industry. Possible negative cumulative effects are the pile-driving (monopile, jacket foundations) and the electromagnetic radiation caused by the cables. At the moment there is still a lot of uncertainty concerning the impact of these effects. At the moment these effects are considered medium negative (pile-driving) to slightly negative (electromagnetic radiation), bur further research is required. With the use of mitigating measures, both effects can be considered acceptable.

Fencing off the area for fishing and the shipping industry can have a positive effect on fish population, just like the introduction of hard substrates can result in an increase in fish numbers.

The extensive monitoring within the concession zone will also have a positive influence on the scientific knowledge of the BPNS, whereas the possibility of joint research between the offshore wind industry and the Belgian universities and other scientific organisations offers new opportunities. The cumulative effect on the scientific research is considered to be medium positive.

0.5.9 Risks and safety

It is assumed that the most important cumulative effects for the chapter Risks and Safety will influence the aspects of 'Shipping industry' and 'Radar and ship communication'. We shall therefore only discuss these aspects.

The MARIN (2011a, 2011b) safety studies researched two cumulative scenarios. Scenario 1 includes the Norther, Belwind, Northwind and C-Power wind farms, whereas scenario 2 also includes Rentel and Seastar, two farms which also had received their zone concession. The additional MARIN study (2011b) quantified the effect in case of including the extra triangle at the southern edge of the concession area (scenario 2B) or not (scenario 2A).

0.5.9.1 Shipping industry

0.5.9.1.1 Reference situation and autonomous development

The Belgian sector of the North Sea has very intense shipping with the most important route being the east-west one in the direction of the Scheldt (Zeebrugge). As a result of the exclusion of ships in the Belgian wind concession zone, the intensity of shipping will increase around the edges of the concession zone as ships will need to adjust their routes.

Previous studies (Ecolas, 2003; Le Roy *et al.*, 2006, DNV, 2008) all show that it is very difficult to calculate the chance of ships colliding. Numbers change between several a year to less than 0.0005 per year depending on the area taken into account, the type of ship and the type of accident (collision with a ship / platform). A true insight into the real chances of an accident in the BPNS is very difficult to get. It seems to be that it is mainly RoRo (Roll on/Roll off) ships, cargo ships and to a lesser degree also container ships which are involved in a collision between two ships (DNV, 2008).

Concurrent with this, there seems to be a great difference in order to calculate the number of accidents which will give cause to pollution of the environment. The RAMA study (Le Roy *et al.*, 2006) shows that the chance of an accident with dangerous goods entering the environment (environmental pollution) is one every three years and this number is considered to be an exaggeration because of several reasons (a.o. characteristics of the model in combination with the sandbank system). MARIN (2011a) estimated one accident every 31 years and Ecolas (2003) states that one accident approximately every 30 years is considered to be an acceptable risk.

Compare these estimates with reality, and we have seen more or less 30 accidents in the last 40 years with oil, causing a potential danger for the Belgian coast. The leaked volumes vary between 10,000 tonnes and less than 10. Half of the pollution was caused by crudes while the other half has not been identified. So we have an average spill of more or less 1,500 tonnes for the whole of the polluted area and 500 for the BPNS. This large quantity is mainly caused by the British Trent accident in 1993, with a spill of approximately 5,000 tonnes. An analysis excluding this accident gives a spill of approximately 50 tonnes for the BPNS.

Because of this uncertainty, we need to approach these figures with caution. Because there are obviously no clear conclusions about the risk of accidents and incidents in the southern North Sea, the comparison with the extra risk caused by the project will be difficult to interpret.

0.5.9.1.2 Review and evaluation of the cumulative effects.

The chance of a collision with a turbine by a route bound or a non-route bound ship is relatively low for the Rentel far (once every 46 years), when compared to the farms at the NW and SE edges of the Belgian wind farm zone (once every 15 years for Belwind and once every 11 years for Norther). The total collision chance in the Rentel wind farm is only 8.2% of the total chance in all farms in scenario 2B. The total collision chance in all farms combined is estimated as once every 4 years (MARIN, 2011b).

The collision chance is mainly determined by the number of turbines, less so by their dimensions. The cumulative effect of all the wind farms (the increase in the number of turbines) on the collision chance is at the most equal to the sum of effects of each farm separately. The cumulative effect will probably even be less because when a farm is fenced off and the traffic is diverted, the number of turbines that can be hit, diminishes.

The difference between collision chances in scenario 1 and 2B is small (2.4%). This small difference is caused by the small amount of route-bound ships which uses the Thorntonbank to get to Maas West (through the Rentel andSeastar zones) and in scenario 2B these ships must travel via the South of Norther, using Westpit (MARIN, 2011b). The biggest collision chance is for the turbines along the south eastern edge of the Norther farm (closest to the route to and from Maas West).

Overall in the BPNS the amount of ships will not increase by adjusting the traffic following scenario 2B, compared to a basic scenario (Belwind, Northwind, C-Power). The greatest differences are for chemical tankers (+0.07%) and oil tanker (+0.13%).

The number of ships involved in a collision will increase by 0.13% because of the changed traffic situation in scenario 2B, compared to the basic scenario. The chance of a collision does increase exponentially together with the intensity. The cumulative effect caused by the wind farms, creating a higher density in the shipping routes around the Belgian wind farm zone, will therefore be bigger than the sum of each farm separately.

The risks of personal injury during a collision are very small and therefore the criteria for individual and group external risk are easily met.

The chance of bunker oil and oil cargo to be spilled in the BPNS increases as a result of the risk of a collision with a Norther wind farm turbine with 7.4% in scenario 2B whereas that risk is smaller for the Rentel wind farm because of its location in the middle of the Belgian wind farm zone.

These percentages are a 'worst case' scenario because the number of tankers with double skin increases, therefore reducing the risk of oil spill after a collision.

Dulière and Legrand studies (2011, in:BMM,2011) show that under heavy weather conditions (winds of 17 m/s) an oil spill can reach the Dutch zone in less than 3 hours and the French coast in approximately 18 hours. The vulnerable Belgian areas (SBZ-V, SBZ-H and the Zwin) can be reached in less than 6 hours whereas De Vlakte van de Raan en Voordelta can be reached within 3 and 6 hours respectively. Zeebrugge will be affected within 6 hours and the rest of the Belgian coast within 12 hours. Parts of the French and Dutch coast bordering the Belgian zone will be reached within 12 hours and zones further away like Duinkerke and The Hague, 24 hours and 24 to 36 hours respectively. In other words, there is not a lot of time to act after a spill

It is mainly the avifauna and possibly also the marine mammals who in the short term will suffer most from any oil spill. The impact of such a spill on the bird population is on the one hand depending on the kind of bird, their density and vulnerability and on the other hand the polluted surface. An oil disaster has immediate victims but can also have negative effects for the bird population and that is a long term effect but it is not always easy to discern the impact of a disaster from the natural fluctuations in a population.

When coming to the above mentioned solutions, it also has to be taken into account though that geographical, physiological, chemical and weather conditions can have an influence on the oil pollution. The cumulative effects of any pollution when several farms are involved, are possibly bigger than the sum of the effects from each farm separately. The increase of turbines with every new farm will make it more difficult to contain any spill because the containment ships will have to move more carefully.

0.5.9.2 Radar and maritime communication

0.5.9.2.1 Impact on observations of the SRK shore-based radar stations

There will be no significant changes in monitoring maritime traffic when realising the offshore wind farm within the defined Belgian concession zone, and this both for Flemish and Dutch SRK radar stations.

It should be noted that the secondary navigation route will change, which is important for the security of maritime traffic on these modified routes.

0.5.9.2.2 Impact on observations of the ship radar

In general there will be no significant change in the operational functioning of the ship radar as the maritime traffic monitoring is concerned, with a complete realisation of all offshore wind farms within the defined Belgian concession area on the BPNS. Most phenomena are already known when a sufficiently large object (in casu another ship) is located near that ship radar. In most cases it even concerns a mast or other object aboard of that ship which causes the erroneous image. Radar operators aboard are therefore sufficiently familiar with these phenomena. Only for maritime traffic monitoring in a wind farm, or for monitoring from a wind farm, it should be noted that dead zones can be caused behind wind turbines. Transparency, however, is sufficiently guaranteed between those turbines.

0.5.9.2.3 Impact on VHF communication and related maritime radio-telephone systems (AIS, RDF)

As the VHF radio stations are concerned, there will be no significant changes on Belgian or Dutch territory in maritime traffic monitoring at a full realisation of all offshore wind parks in the defined concession area on the BPNS. This is also the case for operations of the AIS and RDF system.

Again, the modified secondary navigation routes around the offshore wind farms are important for the security of maritime traffic, resulting in wind farm radio communication between ship and ship to be highly unlikely.

0.5.9.2.4 Conclusion

In general, the realisation and implementation of the single offshore wind farm Rentel will not significantly affect current maritime traffic security and communication. Possible cumulative effects of multiple wind farms within the defined concession area on the BPNS, will first be decided by the effects of the projects of Norther and C-Power in front of and on the Thornton bank, as these areas are still situated in the active area of both the Flemish and Dutch SRK radar stations and the VHF radio stations.

Next, it should be noted that this study only examines the effects of SRK radar security of navigation, radar observation by the ship radar and VHF radio communication (ship/shore and ship/ship). This study does not discuss the security of the wind farm itself (and several other wind farms). In order to do so, appropriate measures need to be taken, especially to adequately monitor maritime traffic around the more offshore part of the defined concession area on the BPNS. This can be done by means of an additional radar installation, on a suitable location and with a possible limited range. Obviously such an additional radar installation will be able to and will "control" all offshore wind mill parks (Norther, C-Power, Rentel, Northwind and possible other initiatives).

0.6 TRANSBOUNDARY EFFECTS

0.6.1 Climate

There are strong indications that immediately behind a wind mill park, wind speeds can decrease by 40%. A distance of 1400 m (14 rotor diameters) between turbines will lead to a loss of 6% in wind speed behind the park.

If in the future wind turbines would be installed in the nearby located Dutch wind energy area 'Borssele', the Belgian wind concession area could potentially disturb the wind in this area significantly. At the moment there is still uncertainty concerning the wind farm plans in the Dutch zone as well as the 'shadow effects' and the change in wind climate behind the Belgian wind farms. Further research on the 'shadow effects' of wind mill parks is needed.

0.6.2 Sound and sea view

Thanks to the large distance off the Dutch coast (around 30 km), wind turbines of the Rentel project will not cause visual or noise pollution.

A specific sound of around 50 dB(A) is expected above water level at the Dutch border.

0.6.3 Fauna and flora

There are two Natura 2000 areas over the Dutch border at less than 20 km off the Rental wind mill park: the "Vlakte van de Raan" and the "Voordelta".

The effect on benthos, fish, birds and sea mammals in Natura 2000 areas is considered acceptable due to the temporary and local type of interruption, the large distance to seal colonies in the Dutch Delta, the elaborate foraging area of seals and birds, and the ample distribution area of porpoises.

0.6.4 Risks and safety

Ship density in the traffic flows around wind farms, also on Dutch territory, will increase. This causes an increased risk of maritime accidents and oil pollution.

By navigating around the Belgian wind farms the economic costs and carbon emission increase in the Netherlands.

0.6.5 Conclusion

Looking at the position and distance of the installation off the border, only limited effects can be expected for the Netherlands. Looking at the distance off the Dutch coast, these effects are considered acceptable.

0.7 MONITORING

The monitoring system has to make it possible to notice any changes in the ecosystem as a result of the new wind farms. Considering many wind farms are brought into operation within the judicially outlined farm concession zones, the different monitoring programmes need to be synchronised.

In the different chapters of this EIS several propositions are done for monitoring. They are mainly based on the EIS's written for C-Power, Northwind, Belwind and Norther (Ecolas NV, 2003 and 2004; Arcadis, 2007, 2008 and 2011) and on the environment effect evaluations (EEE) executed by the government for those projects (BMM, 2004, 2006a, 2007, 2009 and 2011).

0.8 CONCLUSION

Rentel NV has been granted a domain concession for the construction and exploitation of an offshore wind farm at an offshore distance of around 31 km. The future park is built along the Dutch border in the South West Schaar. The jointly installed power for the Rentel wind mill park would not exceed 550 MW. The park will generate an annual return of around 900 GWh to 1,700 GWh, which equals the annual average use of around 286,000 to 550,000 standard families. The realisation of a wind farm will meet the goals of the government of sustainable energy.

For the decision-making on the licence application, the procedure for the environmental impact report with related environmental impact evaluations will be reviewed. This EIR is the basis of the licence application and discusses both the construction, the exploitation, the dismantling and the cabling of the Rentel wind mill park. In this EIR the environmental effects for wind turbines are discussed in a range of 4 MW to 10 MW, and three different foundation alternatives (monopile, jacket, gravity) are examined. Taking this into account, a number of alternatives (configurations + foundation type) for the Rentel wind farm are selected in deliberation with the board, which are discussed throughout this study. The number of turbines varies according to the chosen alternative: basic configuration (47 MP/JF/GBF * 6,15 MW); configuration 1 (78 MP/JF/GBF * 4 - 6,5 MW); configuration 2 (60 MP/JF/GBF * 6,5 - 7,5 MW); configuration 3 (55 JF/GBF * 7,5 - 10 MW). Next, energy is transported through subterranean cables (for the sea route the cables are buried in the sea bed) to Zeebrugge or to the alpha platform of Elia Offshore. The wind farm is also provided with necessary monitoring for security and control purposes, as well as the required beacons and marks for air and maritime traffic. The wind farm will be built in two phases and have an exploitation duration of at least 20 years.

During the construction phase the environment will temporarily be interrupted due to construction works. In case of GBF, a large number of dredged sand needs to be stocked in the concession zone. Temporary benthic habitat interruption occurs by stocking the dredged sand and benthic fauna and fish will temporarily be interrupted - an interruption which will also be limited. Due to the activities (navigation, dredging, pile-driving work, crane use,...) there will be a temporary increased sound level below and above water level. The extent of the impact of sound and vibration on maritime life is uncertain. Due to erosion protection and turbines there will a minor loss of sand soil as a living

environment. The creation of rough subchannels will lead to an increased and changing biodiversity. Species and sea mammals sensible to disturbance may leave the area temporarily. No further effects for other users in the BPNS are likely to occur.

During the operational phase a few effects also occur. There is potential erosion control at turbine level by priory installing and monitoring erosion protection when using a MP or GBF. Chances of water and soil pollution are negligible. During the exploitation of this wind farm up to almost 8% of greenhouse gas emissions is avoided compared to traditional plants (significantly positive effect). The wind mill park will hardly be noticeable from several coastal towns, as it is located behind the parks of Norther and C-Power. By the functioning of turbines it is also expected that underwater sound will increase in the direct environment of the turbines. There will also be an increased sound level above water, which can be heard to a max. distance of 5 km. There will be (hardly) no impact on most of the fauna-species. Birds which are sensible to disturbance and collisions can experience an insignificant to moderate negative effect (collision, disturbance) during the operational phase. Further radar examination is needed to confirm these preliminary estimates. Presence and behaviour of sea mammals can be influenced both positively and negatively by vibrations, sound, maintenance works and changes in food sources. An implicit positive effect (increased catch of fish) is expected on traditional fisheries in the close environment, by closing the wind farm area for beam trawling.

In general it can be stated that the impact of the dismantling phase will be similar to those of the construction phase, but that the intensity of prevention will be much lower. Sound disturbance will keep on occurring, although it will be limited to sounds produced by navigation involved and the dismantling activities (cutting off turbines up to 2 m below the sea bed, removing foundations). The significant sound pollution due to pile-driving work (MP/JF) during the construction phase will no longer be present during the dismantling phase. The loss of biotope and related loss of organisms will be limited to the surfaces which are actually disturbed by the dismantling phase. Effects vary from (hardly) any effect to an insignificant negative effect, depending on the alternative considered.

The main influence of cabling is the local disturbance of the soil and its organisms. This influence will be limited to the direct environment around the cable track and will disappear over time (insignificant negative effect). The influence of electromagnetic radiation and the local warming of the sea bed (by heat development in the electric cables) on benthos, fish and sea mammals during the exploitation of the wind mill park is uncertain, but is limited to the direct environment.

For the cumulative effects (joint effects of the five wind mill parks) only those effects are discussed which cannot be neglected for a single wind mill park. For these unnegligible effect the cumulative effect will usually be equal to or be less than the sum of the individual effects. Should be opted for a GBF at the Rentel and Norther wind mill park (other wind mill parks opt for MP and/or JF), a total of almost 8.6 million m³ sand will be stocked for the five wind mill parks, in the respective concession zones due to necessary excavation works. The prevented emissions of each wind mill park as such contribute greatly to the planned Belgian reduction objectives for sulphur dioxide, nitrogen oxide and carbon dioxide. Obviously, the cumulative contribution is even bigger and equals the sum of the individual contributions. During exploitation the underwater sound of the wind turbines is limited to the safety zone. The cumulative effect therefore equals the sum of the individual effects. For most effects on benthos and fish it is said that the cumulative effect is the sum of each separate effect - often directly proportional to the assumption of space which in total remains rather small towards the BPNS - for each wind mill park. For birds and sea mammals the cumulative effect is also the sum of the separate effects. There will only be a cumulative effect which is bigger than the sum of the effects for each wind mill park for the assumption of habitat for resting and foraging birds by the radiating operation of each wind farm. Here, the cumulative effect on the disturbance of the razorbill, guillemot

and gannet is considered moderately negative. No significant negative cumulative effects are expected for the several North Sea users. The chance of collision with wind turbines is rather low for the Rentel wind farm (once every 46 years), compared to the farms at the NW and SE ends of the Belgian wind mill area (once every 15 years for Belwind and once every 11 years for Norther). The total chance of collision of all farms together is estimated as once every 4 years. No significant negative influence is expected by the presence and exploitation of wind farms to the security of and communication with maritime traffic.

Looking at the position and distance of the installation off the border, only limited transboundary effects can be expected for the Netherlands. Looking at the distance off the Dutch coast, these effects are considered acceptable.

0. RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

0.1 AVANT-PROPOS

Selon la législation belge, un permis est requis pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien. En tant qu'élément nécessaire dans le cadre d'une demande de permis ou d'une reconduction d'un permis, un rapport d'incidences environnementales (RIE) des activités prévues doit être effectué.

Ce rapport est le RIE que l'initiateur utilisera en tant qu'élément faisant partie de la future demande de concession et celle en cours. Ce RIE traitera aussi bien des incidences environnementales lors de la construction, de l'exploitation et du démantèlement des éoliennes que des incidences environnementales relatives à la pose du câble et à l'éventuelle évacuation du câble.

Ce RIE est composé de deux parties : un résumé non technique (en néerlandais, anglais et en français) et une description exhaustive du projet proposé et des possibles incidences. Les annexes sont consultables à la fin du rapport.

Le résumé non technique peut être lu séparément par le lecteur intéressé qui est moins enclin à parcourir toutes les données techniques et les descriptions décrites de manière exhaustive dans les chapitres et les annexes du RIE.

Les aspects suivants sont abordés dans la description exhaustive :

Chapitre 1 :

- Détaille la vérification de l'obligation de RIE, de l'initiateur du projet, du coordinateur du RIE et de la composition de l'équipe d'experts.

Chapitre 2 :

- Donne une description technique de la technologie. Les différentes actions au niveau du projet sont décrites par phase du projet (construction, exploitation, démantèlement).

Chapitre 3 :

- Décrit les conditions annexes juridiques et politiques.

Chapitre 4 :

- Détaille les alternatives de configuration et d'exécution.

Chapitre 5 :

- Décrit par discipline la méthode utilisée, décrit la situation de référence et le développement autonome, décrit et évalue les incidences environnementales lors de chaque phase, les lacunes en matière de connaissances, décrit les mesures atténuantes et quel contrôle des incidences est prévu. Au sein de la discipline 'Faune, flore et biodiversité', une évaluation adéquate est également effectuée dans le cadre de la pose du câble d'exportation puisque celle-ci peut avoir des conséquences pour la Zone de protection spéciale désignée de Zeebrugge.

Chapitre 6 :

- Décrit les possibles effets cumulatifs dans le cadre de la présence de parcs déjà autorisés (C-Power, Belwind, Northwind et Norther) en combinaison avec le parc éolien Rentel.

Chapitre 7 :

- Décrit les incidences transfrontalières attendues dans le cadre du traité Espoo.

Chapitre 8 :

- Fournit une synthèse finale des incidences environnementales et des mesures atténuantes proposées par discipline et par phase.

Chapitre 9 :

- Reprend la liste des ouvrages consultés

Les annexes à la fin de ce rapport :

- Annexe A : La procédure de permis environnemental et le dossier de demande pour la conversion de THV Rentel en Rentel NV
- Annexe B : Les coordonnées de la concession de domaine obtenue
- Annexe C : La situation géographique et le plan de la zone de concession élargie
- Annexe D : Emplacement des trajets de câble alternatifs et explications quant aux projets STEVIN et quant au réseau de haute tension d'ELIA
- Annexe E : Emplacement des zones marines protégées
- Annexe F : Brochures des différents exemples typiques d'éoliennes
- Annexe G : Agrandissement de photos venant de la partie Vue sur la mer et Patrimoine culturel

Pour finir, un certain nombre d'études partielles ont été effectuées dans le cadre de ce RIE qui sont jointes comme des annexes séparées (annexes externes). Au sein de ces études partielles, l'on aborde de manière approfondie certains aspects partiels du RIE. Les principales conclusions sont toujours traitées dans le présent RIE.

Annexes externes :

- IMDC (2012b). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11397/12.072/LWA.
- IMDC (2012c). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11397/12.114/VBA.
- Flemtek-IMDC (2012). Etude concernant la possible influence du parc éolien "Rentel" quant aux installations de radar SRK, au radar de bateau et quant à la communication mariphone. A la demande de Rentel NV, en collaboration avec IMDC.

0.2 OBJECTIF ET ACTIVITÉ PRÉVUE

Rentel NV s'est vu confié une concession de domaine pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien à environ 31 km de la côte. Le parc prévu sera construit le long de la frontière avec les Pays-Bas au niveau de la Zuidwest-Schaar, une zone située au nord-ouest du Thorntonbank (concession de domaine C-Power) et au sud-est du Lodewijkbank (concession de domaine Northwind – anciennement Eldepasco). Le rendement annuel s'élèvera environ à 900 GWh à 1.700 GWh, ce qui correspond à une consommation annuelle moyenne d'environ 286.000 à 550.000 ménages moyens. Avant de pouvoir commencer la construction, un permis environnemental et un permis de pose de câbles doivent être demandés. Dans le cadre de la prise de décision concernant la demande de

permis, la procédure concernant les rapports d'incidences environnementales avec l'évaluation des incidences environnementales s'y rattachant doit être parcourue.

Un rapport d'incidences environnementales (RIE) doit être rédigé afin d'octroyer une place à part entière aux intérêts environnementaux lors de l'attribution de permis. Ce RIE est utilisé afin d'étayer la demande de permis et aborde aussi bien la construction, l'exploitation, le démantèlement que la pose des câbles du parc éolien Rentel.

L'initiateur ne peut à l'heure actuelle pas encore se prononcer quant au choix définitif en matière de fondation ou de turbine. En pratique, l'on ne fait un choix définitif qu'après une analyse du marché exhaustive et une procédure d'adjudication. Les références, les moyens financiers de différents fabricants, l'analyse économique, la 'proven technology' et bien d'autres facteurs jouent un rôle crucial. C'est pourquoi le RIE s'appuie sur une configuration de base et sur trois alternatives de configuration comprenant toute la gamme de possibilités d'installation. De cette façon, l'on tient compte en ce qui concerne la méthodique et les analyses au sein du RIE du principe d'une approche worst-case. Les dimensions et les spécifications de la turbine et des types de fondation finalement choisis doivent équivaloir ou être inférieures aux types décrits au sein du RIE.

Dans le RIE, les alternatives de configuration suivantes pour le parc éolien Rentel sont abordées :

Configuration	# Turbines	Diamètre du rotor	Capacité individuelle	Capacité totale installée	Type de fondation	protection contre les affouillements
La configuration de base	47	126 m	6,15 MW	289 MW	Monopylône	Oui: statique / dynamique
					Jacket	Non
					GBF	Oui
					seau d'aspiration	MP et JF identique
Configuration 1	78	120-130 m	4-6,5 MW	312-507 MW	Monopylône	Oui: statique / dynamique
					Jacket	Non
					GBF	Oui
					seau d'aspiration	MP et JF identique
Configuration 2	60	140-165 m	6,5-7,5 MW	390-350 MW	Monopylône	Oui: statique / dynamique
					Jacket	Non
					GBF	Oui
					seau d'aspiration	MP et JF identique
Configuration 3	55	150-160 m	7,5-10 MW	413-550 MW	Jacket	Non
					GBF	Oui
					seau d'aspiration	MP et JF identique

De cette façon, l'option avec le nombre de fondations le plus grand possible sera discutée (configuration 1), l'option avec le diamètre de rotor maximal (configuration 2) et l'option avec la puissance installée maximale individuelle et totale (configuration 3).

En résumé, la gamme de puissance de 4 à 10 MW par turbine (avec une puissance installée totale entre 289 et 550 MW) sera prise en compte pour l'agencement du parc. Le REpower 6M (6,15 MW) (configuration de base et configuration 1), le Vestas V164 (7 MW) (configuration 2) et le Clipper Windpower Britannia (10 MW) (configuration 3) seront élaborés dans le RIE comme des exemples typiques (en utilisant leurs données techniques disponibles).

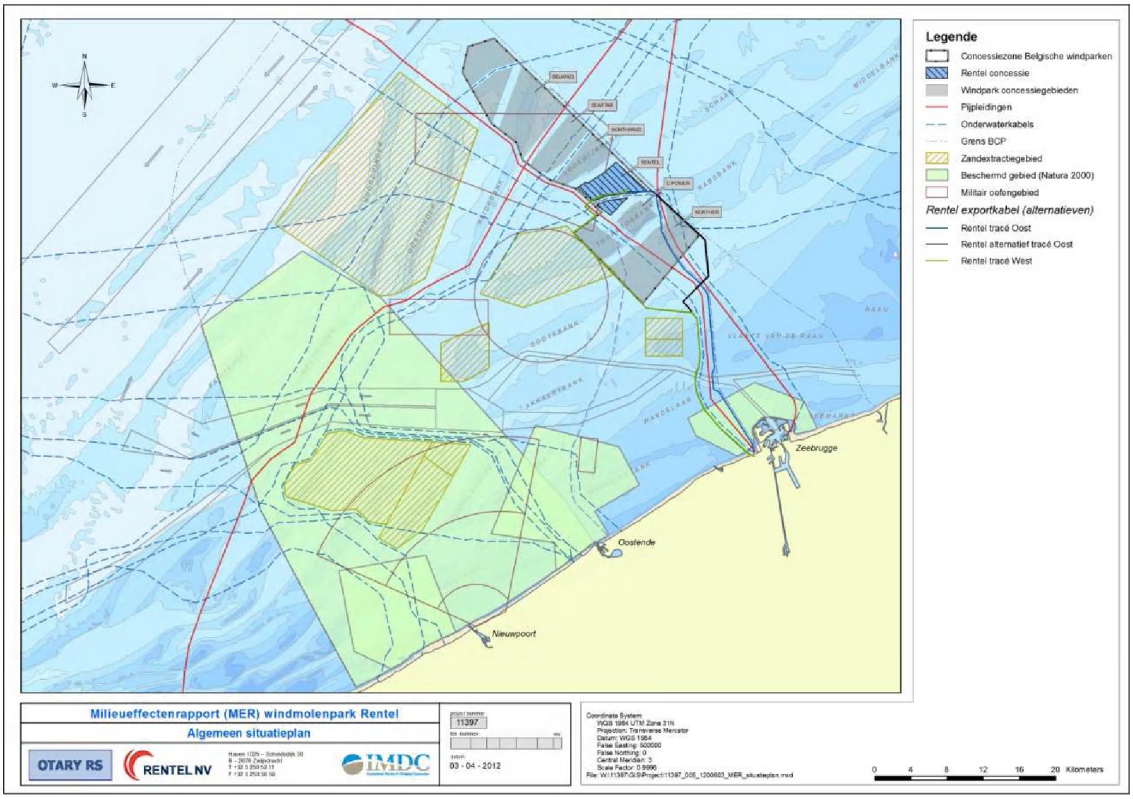
Pour finir, les incidences cumulatives du parc éolien Rentel seront abordées avec les quatre projets d'énergie éolienne déjà autorisés pour l'instant dans la mer du Nord belge (C-Power, Northwind, Belwind et Norther).

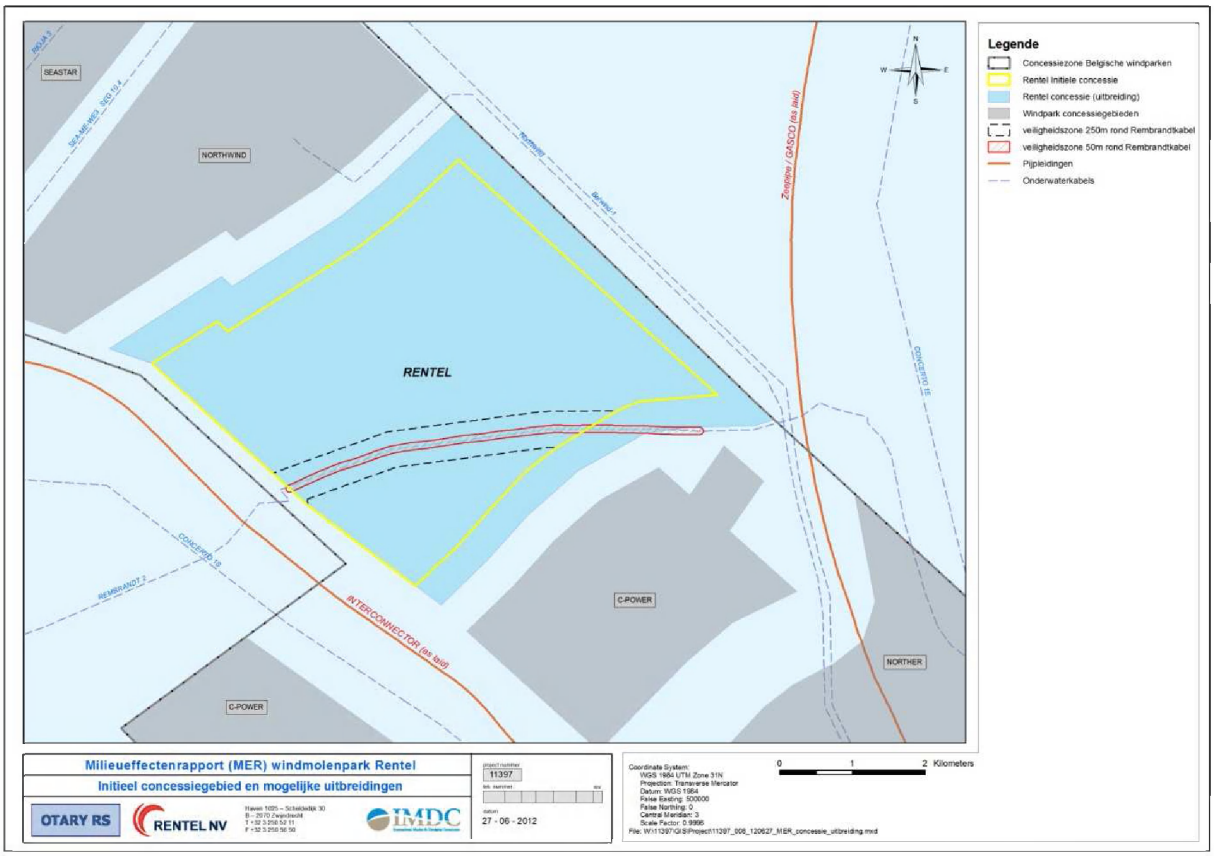
0.3 DESCRIPTION DU PROJET

Le 4 juin 2009, le Service Public Fédéral Economie, PME, Classes moyennes et Energie a octroyé une concession de domaine à la SCM THV Rentel, actuellement Rentel NV, pour la construction et l'exploitation d'installations dans le cadre de la production d'électricité à partir du vent dans les territoires marins Zuidwest-Schaar entre le Thorntonbank et le Bank zonder Naam (actuellement Lodewijkbank) (MB 04/06/2009 (EB-2009-0014-A) "attribution de la concession de domaine à la SCM Rentel").

La gamme de puissance va de 4 à 10MW par turbine, avec une puissance installée totale de max. 550 MW. L'énergie électrique extraite est transférée par le biais de câbles à haute tension se trouvant au fond de la mer vers un poste à haute tension situé sur la côté (Zeebrugge).

La construction du parc éolien Rentel est prévue durant la période 2014-2016.





Dans le tableau ci-dessous, les principales remarques du projet de conception sont représentées.

Sujet	Description
Lieu	
Situation géographique	• Situé à 31 km de la côte; • Au niveau de Zuidwest-Schaar entre le Thorntonbank (concession de domaine C-Power) et le Lodewijkbank (concession de domaine Northwind) le long de la frontière avec les Pays-Bas; • Le territoire du projet se trouve dans la zone délimitée pour l'implantation de parcs éoliens offshore fixée par l'AR du 20 décembre 2000, modifié par l'AR du 3 février 2011.
Superficie territoire de concession	La superficie totale est d'environ 18,5 km² avec une extension éventuelle allant jusqu'à 26,9 km²
Aménagement du parc	• Implantation : configuration de base et trois configurations alternatives, voir Annexe C ; • Profondeur du fond marin à hauteur du territoire de concession: -22 jusqu'à -38 m TAW; • Distances à respecter jusqu'au conduit de gaz Interconnector (500 m) et jusqu'au câble de télécommunication Rembrandt 2 (250 m), et la zone tampon devant être respectée de 500 m pour les parcs éoliens limitrophes.
Éoliennes	
Implantation	Configuration de base et trois configurations alternatives voir Annexe C ;
Type – Puissance – Diamètre du rotor	Environ. 4 à 10 MW par turbine; différentes turbines sont prises en considération. L'on utilise des exemples type pour les différentes configurations : • Configuration de base : diamètre du rotor 126 m, puissance individuelle de 6,15 MW, équivalant à une puissance installée totale d'environ 289 MW. Exemple type Turbine REpower 6M; • Configuration 1 : diamètre du rotor 120-130 m, puissance individuelle de 4-6,15 MW, équivalant à une puissance installée totale d'environ 480 MW Exemple type Turbine

Sujet	Description
	REpower 6M; • Configuration 2 : diamètre du rotor 140-165 m, puissance individuelle de 6,5-7,5 MW, équivalant à une puissance installée totale d'environ 450 MW. Exemple type Turbine Vestas V164; • Configuration 3 : diamètre du rotor 150-160 m, puissance individuelle de 7,5-10 MW, équivalant à une puissance installée totale d'environ 550 MW. Exemple type Turbine Clipper Windpower Britannia C-150.
Nombre	• Configuration de base : 47 turbines ; • Configuration 1 : 78 turbines ; • Configuration 2 : 60 turbines ; • Configuration 3 : 55 turbines.
Production	Environ 900 à 1.700 GWh/an
Fondation éoliennes	
Ou bien des monopylônes	Le monopylône est un poteau tubulaire en acier qui est enfoncé et/ou creusé dans le sol ou par le biais de la technique de suction bucket. La profondeur à laquelle il faut enfoncer afin d'obtenir une fondation stable dépend du profil du sol. Autour du poteau, une protection d'érosion sera fixée pouvant être aussi bien statique que dynamique. Le type de fondation peut être utilisé dans le cadre de la configuration de base et de la configuration 1 et 2.
Ou bien une fondation de type jacket	La fondation de type jacket est constituée d'un poteau à treillis, composé de tubes en acier avec quatre points de soutien. Les poteaux sont ou bien enfoncés ou bien fixés grâce à la technique de suction bucket. Rentel ne prévoit aucune protection d'érosion autour de ce type de fondation. Ce type de fondation peut être utilisé dans le cadre de toutes les configurations.
Ou bien gravitaire	Une fondation gravitaire est composée d'un bloc en béton massif qui converge vers une section plus étroite sur laquelle une éolienne est montée. La fondation est préfabriquée à terre et est descendue à partir d'un bateau ou d'un of ponton sur le fond marin préalablement aplani. Une protection contre l'érosion est placée autour de la fondation. Ce type de fondation peut être utilisé dans le cadre de toutes les configurations.
Mât de mesure éolien	
Nombre	Pas présent
Fondation stations de haute tension	
Type	Similaire à la fondation des turbines.
Infrastructure électrique	
Câbles de parc au sein du parc éolien	• Les éoliennes sont reliées en groupes de chaque fois environ 30 MW ou 60 MW à un câble de parc de 33 ou 66 kV et connectées à un SHTO ou directement à la plateforme alpha de ELIA en dehors de la zone de concession (ELIA, 2011); • Tracés du câble : voir Annexe D ; • Profondeur de pose des câbles : env. 1 m dans le fond marin.
Station de haute tension offshore (SHTO)	• Nombre : max. 2, dépendant du connexion avec l'alpha plat-forme (ELIA, 2011) • Transformateurs Step-up 33 kV → 150-220 kV ou 66 kV → 150-220 kV
Câbles vers la terre	• 3-phase de 150 kV ou le câble sous-marin 220 kV, en fonction de la capacité installée 2 x 1-2 x 150 kV ou 220 kV. • Tracé du câble : voir Annexe D ; • Le câblage se fera selon les consignes fixées par Accès maritime (département Mobilité et Travaux publics) et d'autres autorités compétentes; • Point de connexion: la nouvelle centrale électrique STEVIN de construction à Zeebrugge ou via un câble d'exportation court sur l'alpha plate-forme offshore ELIA
Exploitation	
Commande et surveillance parc	SCADA-system (Supervisory, Control And Data Aquisition)

Sujet	Description
éolien	
Fréquence entretien planifié	1 fois par an, sans l'entretien et les réparations non planifiés
Logistique – accès au parc éolien	Accès à l'aide de bateaux d'entretien (windcats) ou accès à l'aide d'hélicoptères

0.4 EVALUATION DES INCIDENCES

Dans ce chapitre, les principaux résultats de l'évaluation des incidences seront résumés par discipline, à chaque fois pour la phase de construction, des opérations et de démantèlement du projet, tout comme le câblage. En outre, il est indiqué quelles sont les mesures atténuantes possibles.

Les incidences environnementales associées ont été identifiées et évaluées sur base de la description de projet, des ouvrages disponibles et en concertation avec les parties intéressées. Afin de déterminer la pertinence d'un impact, l'on a tenu compte de l'ordre de grandeur, de l'importance ou de la portée et de la durée (permanente ou temporaire). Les incidences décrites sont représentées sous forme d'une évaluation relative de plus ou moins (*Tabel 0-1*). Les incidences positives indiquent une augmentation, un soutien ou un renforcement de la caractéristique (naturelle ou souhaitée) de l'environnement, une évaluation négative indique la disparition, la baisse ou une détérioration d'une certaine caractéristique (naturelle ou souhaitée).

Tableau 0-1 Définitions utilisées pour la description et l'évaluation des incidences environnementales

Symbole	Niveau de l'effet	Description	Evaluation environnement/organismes
++	Positif de manière significative	Amélioration positive mesurable au niveau de la qualité des conditions environnementales à grande échelle (PBMN). De caractère temporaire ou permanent	Très positif
+	Moyennement positif	Amélioration positive mesurable au niveau de la qualité des conditions environnementales à échelle restreinte (zone de projet). De caractère temporaire ou permanent	Positif
0/+	Peu positif	Amélioration positive mesurable au niveau de la qualité des conditions environnementales à échelle limitée (zone de projet). De caractère temporaire	Neutre
0	Aucun	Effet non mesurable ou non pertinent.	Aucun
0/-	Peu négatif	Amélioration négative mesurable au niveau de la qualité des conditions environnementales à échelle limitée (zone de projet). De caractère temporaire	Négligeable
-	Moyennement négatif	Amélioration négative mesurable au niveau de la qualité des conditions environnementales à grande échelle (PBMN). Caractère temporaire ou permanent	Acceptable
--	Négatif de manière significative	Amélioration négative mesurable au niveau de la qualité des conditions environnementales à échelle restreinte (zone de projet). De caractère temporaire ou permanent	Inacceptable

0.4.1 Fond et eau

0.4.1.1 Situation de référence et développement autonome

0.4.1.1.1 Fond

La PBMN s'étend sur une zone d'environ 3.500 km². La topographie du fond de la PBMN est composée d'un complexe de bancs de sables et de canaux . Les canaux en question ont une profondeur maximale de 30 à 40 m sous LAT. Les bancs de sable au niveau de la PBMN sont traditionnellement repartis en Hinderbanken, Vlaamse Banken, Kustbanken et Zeeland banken.
La zone de concession Rentel se trouve au niveau de la Zuidwest-Schaar entre le Thorntonbank et le Lodewijkbank, qui font partie des Zeelandbanken. Les profondeurs des eaux varient entre environ 22 m et 36,8 m sous TAW. Les Zeelandbanken sont approximativement orientés SO-NE. L'on retrouve essentiellement du sable à la surface,avec à certains endroits du gravier.

La couche supérieure du fond marin avec les bancs de sable au-dessus a été sédimentée lors du Quaternaire. Les sédimentations quaternaires au niveau de la PBMN sont très fines et fragmentées. Ce qui fait que les couches plus anciennes dans les canaux entre les bancs de sable se trouvent sur le fond marin. Sous le Quaternaire, se trouve le Tertiaire dont la partie supérieure est une surface érosive formant une discordance entre les sédimentations tertiaires sous-jacentes plus anciennes et les sédimentations quaternaires se trouvant au-dessus. Les couches tertiaires sont clairement coupées.

Au sein du domaine de concession Rentel, une campagne sismique d'exploration a déjà été effectuée par G-tec (2012). Au niveau des profils sismiques, l'on constate une inclinaison des couches tertiaires vers le NE. Dans la partie O jusqu'au SO de la zone de projet, la couche quaternaire est très fine, elle est uniquement constituée par l'épaisseur des dunes de sable récentes. A hauteur des crêtes de dune, l'épaisseur peut atteindre 8 m, dans les auges entre les dunes de sable, l'épaisseur du Quaternaire est souvent inférieure à 4 m. A l'ouest du Noordhinder, il y a également des zones où le Tertiaire se trouve presqu'à la surface (Mathys *et al.*, 2009). A ces endroits, une couche brute contenant du gravier a été constatée au niveau du fond marin ayant été considérée comme du gravier de base ou de transgression dont l'épaisseur varie entre 10 et 30 cm (Mathys *et al.*, 2009). Il est possible que des couches de gravier similaires surviennent au niveau du Domaine de concession Rentel. Au niveau de la partie NE, l'épaisseur du Quaternaire augmente, remplissant des dépressions échancrées dans le substrat tertiaire.

Dans le cadre d'une étude détaillée au niveau des Hinderbanken (Mathys *et al.*, 2009), il semble que l'échancrure de la vallée de la Meuse soit remplie de sédimentations estuariennes de l'époque Eem. Il est possible que celles-ci surviennent également dans la zone Rentel.

Lors de l'Holocène, il y a environ 7000 ans, la formation des bancs de marées et des canaux intermédiaires a été initiée, y compris le Lodewijkbank et le Thorntonbank avec la Zuidwest-Schaar intermédiaire. Le matériel dont les bancs de marée sont constitués, venait de l'érosion locale formant les canaux. De plus anciennes sédimentations quaternaires ne surviennent que sous les bancs de marée où elles ont été protégées ou dans des indentations de rivière plus anciennes (Mathys *et al.*, 2009).

Les bancs de sable sont des bancs de marée engendrés par l'interaction du sable et des courants de marée SO-NE. Leur formation exige de grandes quantités de sable et une vitesse de courant de grande marée moyenne de plus de 90 cm/s à la surface de l'eau, ou environ 55 cm/s au fond à une

profondeur des eaux de 30 m (Belderson, 1986). Lorsque ceci n'est pas respecté, aucun banc de marée n'est formé et les structures de fond dominantes sont alors des dunes de sable.

Un processus fondamental permettant aux bancs de sable d'exister est la présence de canaux séparés de marée haute et de marée basse des deux côtés du banc. Ceci occasionne un mouvement du sable circulaire au-dessus et autour du banc maintenant la stabilité du banc. Les Zeelandbanken disposent d'un flanc oriental en pente et la vitesse du courant maximale est orientée en direction de la marée haute (NE) (Lanckneus *et al.*, 2001). Ceci indiquerait un mouvement circulaire du sable autour des Zeelandbanken dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, contrairement au reste de la PBMN.

Les dunes de sable constituent un phénomène important au-dessus des bancs de sable et dans les canaux intermédiaires. Les dunes sont beaucoup plus petites que les bancs de sable – quelques mètres de hauteur – mais sont plus dynamiques et très présentes au sein de la PBMN. Au niveau du Thorntonbank, il y a selon les données des dunes de 2 à 4 m. Il n'y avait pas encore de données disponibles concernant le Lodewijkbank. Au sein de la zone Rentel, il y a surtout des dunes entre 2 et 4 m, avec une zone au NE regroupant des dunes de 4-6 m. Deux différentes zones avec des dunes de sable peuvent être distinguées : une zone avec des dunes hautes et peu profondes à la limite SE de la zone, des contreforts de dunes au niveau du Thorntonbank, et une zone isolée avec des dunes de sable légèrement plus basses dans la partie NO de la zone de concession. Entre les deux zones, il n'y a que quelques dunes de sable individuelles.

Au niveau du fond marin, l'on constate surtout du sable ayant un diamètre médian de 300-350 µm. Dans une zone plus restreinte, l'on retrouve également du sable un peu plus fin de D50 250-300 µm et du sable un peu plus grossier de D50 (350-400 µm). Au sein de la zone de projet, du gravier a également été constaté (Van Lancker et al., 2007).

Les hauteurs des vagues dépendent fortement des différences morphologiques du fond au niveau de la partie belge de la mer du Nord (PBMN). Une analyse de mesures de 18 ans au niveau du Westhinder (1990-2008) indique une direction de vague dominante vers le SO et l'OSO. Des hauteurs de vague significatives de moins de 1,0 m 50% du temps et de plus de 2,0 m environ 10% du temps, et une moyenne d'environ 90 cm. Le pic des périodes de vague se trouve entre 3 et 8 s 90% du temps, avec une moyenne de 5,5 s. En règle générale, le vent et les vagues se trouvent sur la même ligne. L'on s'attend au même climat de vague dans la zone de projet Rentel (IMDC, 2012a).

Afin d'avoir une bonne idée des vitesses de courant local naturel et des transports de sédimentation au sein de la zone de projet Rentel, une modélisation numérique a été mise en place. Les détails concernant l'objectif de ce modèle sont mentionnés dans le rapport IMDC (2012b), joint à l'annexe G. Des simulations ont été effectuées dans deux situations : une situation estivale, où seul le courant de marée joue un rôle et une situation hivernale prêtant attention aux vagues. Les plus grandes vitesses moyennes ont été mesurées au niveau des parties supérieures du Lodewijkbank et du Thorntonbank. Tout comme à hauteur du champ de dunes de sable dans la partie NO de la zone du Rentel et au-dessus des contreforts de dunes du Thorntonbank, il y a des vitesses de courant supérieures. Aussi bien dans le cadre de conditions estivales qu'hivernales, des vitesses de courant locales maximales de 0,98 m/s ont été mesurées au niveau de la Zuidwest-Schaar durant un cycle de grande marée et de petite marée.

Au sein de la zone Rentel, le transport de sédiments résiduels est surtout axé vers le NE. Le transport de sédiments au sein de la zone est en revanche particulièrement restreint, maximum $4.10^{-5}m^3/s/m$ lors de la marée haute dans des conditions estivales et pas plus de $3.10^{-6}m^3/s/m$ lors de la

petite marée dans des conditions estivales. Dans des conditions hivernales (tempête), le transport de sédiments maximal dans la zone Rentel est de $5\times10^{-5}m^3/s/m$ durant la grande marée.

0.4.1.1.2 Eau

L'on a constaté des valeurs de température entre 1 °C et 20 °C (BMM, 2010). La température moyenne de l'eau au niveau de la PBMN est d'environ 11 °C. Il y a donc des variations saisonnières avec un ordre de grandeur de 8 à 9 °C par rapport à la température moyenne.

La salinité au sein de la PBMN est en moyenne de 31-35 g/kg. Il y a une légère variation saisonnière grâce à l'influence de l'apport de la rivière (Ospar, 2000a). La salinité à la surface de l'eau est plus élevée et plus constante (32 ppt) qu'au fond de la mer (25 jusqu'à 31 ppt).

L'on peut supposer que pour la zone du projet les concentrations naturelles en matière de métaux seront relativement basses. La principale combinaison d'organotine est le tributylétain (TBT). Il s'agit d'un biocide utilisé dans les milieux aquatiques comme "antifouling". La concentration de tributylétain offshore est de <1 ng/l. Le mazout de soute et l'huile de moteur sont les principales sources de pollution à l'huile de la mer du Nord. Le déversement d'huile venant du forage pour le compte de l'industrie du gaz et du pétrole offshore a fortement été réduit ces dix dernières années (jusqu'à plus de 80 %). L'influence de l'homme sur l'équilibre des éléments nutritifs est surtout visible au niveau de la zone côtière et est moins détectable au niveau de la zone du projet.

La turbidité ou clarté de l'eau de mer est déterminée par la quantité de matériel en suspension dans l'eau. Des informations spécifiques quant à la zone du projet n'ont pas été retrouvées, mais l'on suppose que les concentrations seront certainement inférieures à 15 mg/l.

0.4.1.1.3 Développement autonome

Le changement de climat engendrera des modifications au niveau des caractéristiques du courant au sein de la PBMN (Van den Eynde et al., 2009) et au niveau des caractéristiques chimiques de l'eau de mer. Même au niveau du délai de la période d'exploitation, des changements seront déjà perceptibles. L'on s'attend par exemple à une hausse générale du niveau de la mer suite à l'effet de serre de maximum 1 m durant la période 1990-2100 (Reid *et al.*, 2011).

En plus des changements en ce qui concerne les valeurs moyennes et générales du niveau de la mer, de la température, etc…par exemple, l'on prévoit une augmentation des conditions climatiques extrêmes. Une augmentation des tempêtes extrêmes aura assurément une influence sur la dynamique de la sédimentation puisque le transport de sédiments a en grande partie lieu lors de conditions hydrauliques extrêmes.

L'on peut également s'attendre à ce que l'influence anthropogène au niveau de la qualité de l'eau dans l'environnement marin diminuera. Les concentrations en matière de TBT, de métaux lourds, d'apport d'éléments nutritifs via la rivière, etc. devraient par exemple baisser dans le futur.

0.4.1.2 Description et évaluation des incidences environnementales

0.4.1.2.1 Effets sur le fond

Phase de construction

En utilisant des fondations de type monopylône ou de type jacket, un nivellement du fond marin sera nécessaire pour la moitié des fondations – quelle que soit la configuration. Le sable dragué (13.300 m^3/MP et 11.200 m^3/JF) est dès lors stocké de manière permanente dans la zone de concession. En ce qui concerne les monopylônes, une protection anti-érosion sera ultérieurement installée.

En installant des fondations gravitaires, un puits de fondation sera d'abord dragué (63.000 m³/GBF). Après la pose d'une couche de fondation, la fondation gravitaire est placée et le puits de fondation est ensuite rempli (backfill) à l'aide du matériel stocké provisoirement, après quoi la fondation gravitaire sera remplie de ballast. Si cela est possible, cela se fait aussi avec du matériel stocké préalablement. Ensuite une protection anti-érosion sera installée.

Lors du stockage, environ 30% du sable disparaîtra à cause des pertes de dragage et de déversement. Lors du remplissage des puits de fondation et de la fondation gravitaire à l'aide du matériel stocké, du matériel disparaîtra à nouveau. Si la couche de couverture quaternaire est plus fine que 7 m, et que les couches tertiaires plus résistantes ont été atteintes plus tôt, il est possible d'excaver le puits de fondation moins profondément. Ce qui fait que moins de sable doit être dragué et stocké. Les couches tertiaires sont composées d'argile ou de sables argileux pouvant engendrer un transport de sédiments accru et une turbidité plus élevée dans la colonne d'eau. Ces couches sont en revanche compactées, l'influence sera donc assez restreinte (voir MEB norther !!!).

Le surplus de sable libéré lors du nivellement des emplacements des fondations de type monopylône et jacket et lors du dragage des puits de fondation dans le cadre de fondations gravitaires, doit être stocké à un endroit permettant de modifier le moins possible la morphodynamique de la zone. Il est préférable que la hauteur maximale du stockage corresponde au même ordre de grandeur des dunes de sable naturelles au sein de la zone, et sur une surface aussi restreinte que possible afin de perturber le moins possible la surface du benthos (BMM, 2006a; BMM, 2007). En optant pour une hauteur de stockage de 5 m, les deux conditions sont remplies. En ce qui concerne le monopylône, le sable déversé de manière permanente, tout en tenant compte des pertes de dragage et de déversement, prend environ 6,7 ha (conf. de base.) à 10,6 ha (conf. 1) lorsqu'il est stocké avec une épaisseur de 5 m. Pour les fondations gravitaires, la superficie temporairement utilisée varie de 62 à 101 ha et les modifications morphologiques sont considérées comme étant moyennement négatives.

Il vaut mieux choisir un lieu de déversement se trouvant le plus près possible des éoliennes devant être installées et au SO des éoliennes. De cette façon le sable stocké aura la possibilité par le biais des courants de marée dominants en direction du NE de se répartir sur la zone de concession avant d'être transporté. L'option de stocker par turbine – malgré une superficie relativement supérieure – est d'un point de vue morphologique (répartition plus rapide à partir de petits monticules de sable) tout comme d'un point de vue opérationnel et technique (distance courte entre le lieu de dragage et le lieu de dépôt) toujours envisageable.

Le risque hypothétique d'un déversement accidentel de matières polluantes dans l'eau n'engendrera, étant donné les conditions de courant et le caractère sableux des sédiments de fond superficiels, aucune contamination du fond.

Lors de l'installation de la protection anti-érosion l'on utilisera d'une part du gravier (calibre 10-28 mm) et d'autre part du libage (calibre 50-500 mm). En utilisant des matériaux purement géologiques pour la protection anti-érosion, cela n'aura (pratiquement) aucune incidence sur la qualité de fond chimique.

Phase opérationnelle

En installant une protection anti-érosion, l'on évite des fosses d'érosion. De telles fosses d'érosion peuvent en effet avoir des dimensions mettant en danger la stabilité de toute la construction de l'éolienne. L'installation d'une protection anti-érosion constitue donc une mesure positive pour la structure du fond et pour la politique d'entreprise. Cette protection anti-érosion forme en revanche une hétérogénéité au niveau du fond sableux. Comme la protection anti-érosion est installée sous le niveau initial du fond de la mer, la protection anti-érosion ne forme pas de rupture verticale de la

structure du fond. L'on peut même s'attendre à ce que le sable se déplace de manière naturelle au-dessus de la protection anti-érosion.

Bien qu'au niveau des éoliennes, cela engendre une perturbation du transport de sédiments naturel, les incidences sur les processus naturels globaux au sein de la zone de concession seront particulièrement limitées. L'incidence de chaque construction est en effet – grâce à la présence de la protection anti-érosion – trop limitée et la distance entre les éoliennes trop importante. L'effet des éoliennes sur la morphodynamique globale de la PBMN est considéré comme étant négligeable pour les différentes alternatives de configuration.

L'installation de protection anti-érosion est d'une part nécessaire pour la stabilité de la construction et atténue d'autre part les effets sur le fond de l'érosion locale à cause de la présence d'une construction. Bien que la protection anti-érosion forme en soi une hétérogénéité locale par rapport au fond marin sableux, l'installation de la protection anti-érosion est considérée comme une incidence peu négative pour l'environnement.

Phase de démantèlement

Dans le cadre d'une fondation de type monopylône ou jacket qui est enfoncée, il n'y aura pas d'incidences supplémentaires sur la construction géologique des packs de fond en question ou sur la morphodynamique puisque les fondations en question restent partiellement. Lorsque la technique de suction bucket est utilisée, les fondations peuvent même être entièrement enlevées. Les puits peuvent être remplis de sable ou de matériel de protection anti-érosion.

Dans le cadre de fondations gravitaires, tout est enlevé et il reste un puits par turbine. Ici non plus, il n'y aura pas d'incidences supplémentaires quant à la géologie par rapport à la phase de construction et opérationnelle. Ici aussi, l'on propose de les remplir avec du sable, si cette excavation se développait encore à cause de l'érosion locale.

La décision d'enlever ou pas la protection anti-érosion (n'est pas d'application pour les fondations de type jacket) sera prise à la fin de l'exploitation en se basant sur le contrôle, les avancées techniques et sur l'expérience acquise entre-temps. En l'enlevant, la composition géologique initiale sera rétablie. Laisser la protection crée un artefact géologique permanent par emplacement de l'éolienne au niveau de la PBMN.

Câblage

Les câbles du parc seront placés à 1 m de profondeur à l'aide de jetting. Le câble d'exportation en dehors du chenal sera vraisemblablement installé à 2 m sous le fond marin par les équipes. Au sein du chenal, il faudra faire appel à une combinaison de dragage, de jetting et de labourage. L'impact de la pose de câbles est négligeable.

Les câbles sont installés à une profondeur suffisante écartant ainsi le risque qu'un câble n'apparaisse. A des endroits avec de l'argile tertiaire, la profondeur est éventuellement restreinte à 1 m, en fonction de la faisabilité. Les dommages au niveau des câbles à cause d'ancres à hauteur des chenaux seront évités en plaçant le câble à une profondeur adaptée dans le chenal. Le tracé du câble est en outre contrôlé annuellement afin d'éviter que le câble n'apparaisse éventuellement. Une possible incidence à cause de l'érosion locale dans le cadre de laquelle les câbles constituent une obstruction au niveau du fond marin est évaluée comme peu négative.

La décision d'enlever ou pas les câbles sera prise ultérieurement. Si les câbles sont enlevés, des incidences non significatives surviennent qui sont comparables aux incidences constatées lors de la phase de construction. Si les câbles ne sont pas enlevées, il n'y aura pas d'incidences.

La présence du câble a pour finir un impact négligeable au niveau de la température du fond.

0.4.1.2.2 Incidences sur l'eau

Phase de construction

Lors de la phase de construction – aussi bien au niveau de la pose de câbles qu'au niveau des éoliennes– il n'y aura pas d'incidences sur l'hydrodynamique, quel que soit le type de fondation. Les incidences sur les courants et les vagues sont très locales et négligeables (BMM, 2007).

Tout comme pour les métaux lourds, l'impact potentiel dû à l'émanation de polluants organiques de la couche de sédiments supérieure lors de l'installation sera assez limité, étant donné que c'est surtout du sable qui est extrait possédant un pourcentage limité de particules fines et de matériel organique. Comme la mer du Nord est considérée comme une zone spéciale (selon MARPOL 73/78) en matière de déchets depuis 1991 et en matière d'huile depuis 1999, cette activité ne peut dès lors, étant donné l'interdiction légale de déversement de déchets et d'huile (par des bateaux de plus de 400 tonnes), pas engendrer le déversement de déchets et d'huile. Le dragage peut causer une petite augmentation temporaire d'éléments nutritifs au niveau de la colonne d'eau. La peinture anti-végétative qui est appliquée sur les bateaux lors de la phase d'installation ne contient pas de TBT. Aucune incidence n'est attendue au niveau de la température, de l'oxygène dissous et au niveau de la salinité.

Lors de la construction de la fondation, une augmentation locale de la turbidité pourra être constatée, aussi bien lors de l'enfoncement de poteaux que lors de l'application de la méthode de suction bucket, du dragage et du déversement de sable. Normalement, le travail sera effectué dans des conditions climatiques calmes (peu de pullulement et de courant). L'on peut dès lors supposer que la turbidité naturelle sera peu élevée. Cela signifie également que la sédimentation des sédiments déterrés se fera rapidement et dans un rayon limité autour des activités.

La construction de la fondation engendrera, pour chaque type d'exécution et de fondation, une augmentation locale et provisoire de la turbidité avec, en comparaison avec les concentrations de turbidité qui se forment naturellement lors de tempêtes, une incidence peu négative.

Phase opérationnelle

Il n'y a pas d'influence significative sur le courant lors d'une construction d'éolienne. Une éolienne en mer cause un changement restreint de la vitesse de courant des deux côtés du poteau et une turbulence du côté sous le vent du poteau. Les vagues ne seront pas non plus sujettes à un changement important grâce à la présence d'une construction de fondation et à l'éolienne se trouvant au-dessus.

L'on ne s'attend pas à une incidence à long terme sur la qualité de l'eau. Le risque de déversement accidentel ayant une grave incidence sur la qualité de l'eau est considéré comme très restreint.

A l'exception d'une turbidité locale non significative, proche de la fondation à cause du pullulement du sable près du fond, l'activité ne cause aucune incidence sur la turbidité lors de l'exploitation, quel que soit le type de fondation.

Phase de démantèlement

Les incidences lors de la phase de démantèlement (qui consiste à enlever les poteaux et à éventuellement enlever la protection anti-érosion et les câbles de parc et d'exportation souterrains) seront similaires à la phase d'installation. Pour la plupart des incidences, l'impact sera en outre plus restreint que lors de la phase d'installation.

Câblage

La pose de ces câbles engendrera une hausse provisoire de la turbidité .L'impact au niveau des deux types de câbles et au niveau des modes d'exécution est cependant évalué comme étant très provisoire et local.

Lors de la phase opérationnelle, les câbles souterrains n'ont aucune influence sur la turbidité. Ce n'est que lorsque le câble, après un certain laps de temps, se libère à un certain endroit qu'une augmentation provisoire de la turbidité peut survenir en enterrant à nouveau le câble.

0.4.1.3 Mesures atténuantes

Afin de réduire l'impact du matériel stocké, l'on préfère réduire au maximum la surface de perturbation, mais il ne vaut mieux pas stocker au-dessus des dunes de sables naturelles dans ce périmètre. Une bonne harmonisation des trajets partiels est de toute façon une exigence lors du stockage temporaire du sable. Ceci afin de limiter le plus possible différentes pertes.

En tant que partie intégrante du système de sécurité global, une procédure claire doit être disponible décrivant de quelle façon et par qui des actions ont été entreprises au moment où une calamité ayant des conséquences néfastes pour la qualité de l'eau (par ex. fuite d'huile) survient lors de l'installation, de l'exploitation ou du démantèlement.

0.4.2 Climat et atmosphère

0.4.2.1 Situation de référence et développement autonome

La Belgique connaît en général un climat maritime tempéré avec beaucoup de vent et de pluie et de légères variations de température entre les différentes saisons. Les caractéristiques climatiques qui règnent sur terre valent en grande partie également pour le climat au niveau du parc éolien prévu. En mer, il y a cependant un climat venteux plus constant et une vitesse du vent plus importante. En moyenne, la vitesse du vent à une hauteur de 100 m au-dessus du niveau de la mer est de 8,5 à 10 m/s et la principale direction du vent est (O)SO.

Quant au climat global, ce sont surtout l'effet de serre et le réchauffement de la planète qui sont d'importance dans le cadre de ce projet. L'augmentation des concentrations atmosphériques en matière de CO_2, CH_4 et de N_2O constitue de loin la principale cause du réchauffement du climat. Afin de réduire l'émission des gaz de serre, il faut opter pour l'énergie respectueuse de l'environnement, comme l'énergie solaire, l'énergie de biomasse, l'énergie éolienne, etc.

Il ressort de données de stations de mesure VMM relatives à la qualité de l'air que les objectifs en matière de qualité d'air sont largement respectés en ce qui concerne les paramètres pertinents (SO_2, NO, poussière, ozone et CO). Il y a par conséquent suffisamment de ressources permettant de faire face à l'incidence d'émissions supplémentaires.

Il est permis de dire dans le cadre du développement autonome que les émissions résultant de l'utilisation de matériel, de la construction et du démantèlement du parc éolien n'auront pas lieu. Ceci n'engendrera par conséquent aucune influence temporaire de la qualité d'air local. Les concentrations en matière de CO_2 dans l'atmosphère continueront à augmenter sans mesure de réduction importante et contribueront à l'effet de serre. Les émissions évitées suite à la production d'électricité par le parc éolien seront bien implémentées.

0.4.2.2 Description et évaluation des incidences environnementales

0.4.2.2.1 Phase de construction

L'installation du parc éolien n'aura aucune incidence significative au niveau du climat global et du climat venteux local.

La phase de construction ne comprend pas seulement la construction effective du parc éolien, mais commence déjà par l'extraction de matières premières nécessaires pour la production des différentes composantes des éoliennes. Cette phase comprend également la production des éléments, le montage préalable éventuel des éoliennes et des éléments dans un port limitrophe, le transport vers la zone de concession et la construction effective du parc éolien. La consommation énergétique et les émissions s'y rattachant sont largement plus importantes durant la phase de production que lors de la phase de transport et de construction.

Pour la construction complète des turbines et du parc éolien, les émissions supplémentaires auront une influence négative négligeable sur la qualité de l'air.

0.4.2.2.2 Phase opérationnelle

Durant la phase opérationnelle, il y aura une consommation énergétique restreinte pour l'inspection et l'entretien du parc éolien. En interdisant la zone de concession de vent belge au trafic maritime, les bateaux devront parcourir de plus longues distances en émettant par conséquent plus de gaz à effet de serre.

La principale incidence lors de la phase opérationnelle se situe tout de même au niveau des émissions évitées sur terre suite au fait que la production d'électricité nette du parc éolien ne soit pas réalisée par le biais de la production classique, en combinaison ou pas avec le nucléaire. Dans la pratique, ces émissions ne pourront pas être évitées de manière stricte, mais l'augmentation du nombre total d'émissions sera freinée.

Les émissions évitées chaque année, calculées sur base des facteurs d'émission pour la production d'électricité classique constituent entre 4,2% (900 GWh) et 7,9% (1.700 GWh) des émissions venant de la production classique en Belgique pour tous les polluants. Les émissions évitées sur l'année, calculées sur base des facteurs d'émission pour la production nucléaire et classique combinée, constituent entre 2,3% et 4,3% des émissions venant de la production classique en Belgique pour tous les polluants.

Si la production d'électricité venant de ce parc éolien engendre effectivement une diminution équivalente de la production d'électricité sur terre par le biais de la production thermique classique, ceci aura un effet positif significatif sur la qualité de l'air sur terre en général et sur l'effet de serre et le dépôt acide en particulier. En réalité, ce projet ne fera vraisemblablement que freiner les émissions croissantes contribuant à l'effet de serre.

L'impact positif sur l'effet de serre sera négligeable au niveau mondial, mais la réduction d'émission a son importance dans le cadre des objectifs de réduction belges en matière de CO_2. L'Union européenne a fixé un nouvel objectif pour la Belgique visant à réduire l'émission des gaz à effet de serre dans les secteurs non ETS d'au moins 15% en 2020 par rapport à 2005 (LNE, 2012). Bien que le 'Derde Vlaams Klimaatsbeleidplan' ne soit pas encore concrètement rédigé pour cette période, les émissions réellement évitées suite au parc éolien contribueront à atteindre cet objectif.

Pour le SO_2 et le NO_x des objectifs de réduction ont été déterminés dans le cadre de la directive NEC (2001/81/EG). Pour 2010, des seuils d'émission en matière de SO_2 et de NO_x ont été imposés, respectivement 99.000 et 176.000 tonnes/an. Les émissions réellement évitées, calculées sur base

des facteurs d'émissions pour la production classique, s'élèvent respectivement de 0,63 à 1,18% du seuil d'émission pour le SO_2 et de 0,36 à 0,68% du seuil d'émission pour le NO_x, ce qui est également significatif. Au sein de la stratégie thématique en matière de pollution de l'air de la Commission européenne, une révision de la directive NEC a été prévue. Cette révision n'implique aucune modification des seuils d'émission de 2010, mais stipule que les seuils d'émission seront imposés pour 2020. La révision de la directive NEC n'a pas encore été finalisée.

Les incidences du parc éolien quant au climat venteux local (vitesse du vent, turbulence) resteront limitées à des incidences relativement locales. L'effet négatif de l'émission de chaleur des câbles enfouis sur le climat de température local se limitera aux parties très limitrophes dans le sol.

0.4.2.2.3 Phase de démantèlement

Le démantèlement du parc éolien n'aura aucune incidence sur le climat global et le climat venteux local.

La phase de démantèlement a un effet positif sur la consommation énergétique car environ 80% du matériel de la turbine peut être récupéré. L'extraction de nouvelles matières premières est par conséquent limitée.

L'impact sur la qualité de l'air suite aux émissions des engins de navigation utilisés pour le démantèlement – comme dans la phase de construction - local (à hauteur de l'emplacement des éoliennes), sera limité dans le temps et très restreint en comparaison avec les émissions totales du trafic maritime, de sorte que l'impact négatif au niveau de la qualité de l'air soit restreint. Il peut en outre être envisagé que les émissions en matière de transport lors de la phase de démolition par unité de transport seront inférieures à celles de la phase d'aménagement et que les facteurs d'émission des bateaux de transport seront sensiblement inférieurs dans 20 à 25 ans par rapport à aujourd'hui.

0.4.2.3 Mesures atténuantes

Puisque les éoliennes sont d'un point de vue global responsables d'une importante réduction en matière d'émission par rapport aux centrales classiques à terre et que l'impact sur la qualité de l'air lors de la phase de construction et de démantèlement reste limité, des mesures atténuantes et des compensations relatives à la discipline atmosphérique ne s'imposent pas.

0.4.3 Son et vibrations

0.4.3.1 Situation de référence et développement autonome

Aussi bien en mer (offshore) qu'au niveau de la côte (onshore), le bruit des vagues est déterminant pour le niveau de bruit de fond au-dessus de l'eau. Lorsque la mer est calme, les niveaux sonores les moins élevés sont attendus équivalant à environ 45 dB(A) au niveau du Thorntonbank et à environ 35 à 40 dB(A) la nuit à proximité des appartements se trouvant sur la côté. Lorsque la mer est plus agitée, des augmentations sonores de plus de 10 dB(A) peuvent s'y rajouter. A 25 m de la ligne côtière, le niveau de bruit de fond correspond à 50 voir 65 dB(A). Le niveau sonore dépend en outre de la direction du vent et de la vitesse du vent. Les niveaux sonores les plus élevés sont constatés en cas de vent venant de la mer et en cas de vitesses du vent croissantes.

Sous l'eau, le bruit environnemental est d'une part déterminé par les bruits naturels et d'autre part par les sons anthropogènes. Lors de conditions climatiques favorables (2-3 Beaufort, houle 1-2, mer clapoteuse voir légèrement ondulante), un niveau de bruit de fond naturel d'environ 95 voir 100 dB (re 1µPa) a été mesuré sur le Thorntonbank au sein de la zone de fréquence de 10 à 2.000 Hz. Lors

de conditions climatiques moins favorables (3-4 Beaufort, houle 2-3, mer légèrement ondulante voir ondulante), le niveau de gazouillement à fréquence basse augmente pour atteindre 130 dB. Durant la période estivale, le niveau de bruit de fond peut en outre augmenter de 7 dB. Les bateaux qui passent , peuvent engendrer une hausse temporaire du niveau de bruit de fond (jusqu'à +10 dB par rapport au niveau de bruit de fond max.) au sein de la même zone de fréquence.

Au niveau du bruit et des vibrations, il n'y a globalement pas de changements significatifs prévus lors du développement autonome de la zone. Le bruit subaquatique n'évoluera pas trop puisque l'on ne s'attend pas à une augmentation du trafic maritime dans la zone de projet (au cas où le parc éolien Rentel ne se réalise pas). Il n'y a que la construction (continue) et l'exploitation des parcs éoliens de C-Power, Belwind, Northwind et Norther qui engendreront des changements.

0.4.3.2 Description et évaluation des incidences environnementales

0.4.3.2.1 Phase de construction

En ce qui concerne les aspects spécifiques des travaux de construction, l'on peut distinguer trois sources sonores pertinentes : l'enfoncement des fondations (pour la fondation de type monopylône ou de type jacket), le dragage (pour des fondations gravitaires et pour la moitié des fondations de type monopylône ou de type jacket) et le trafic maritime (pour les éléments de fondation et de turbine).

Au-dessus de l'eau

Une machine à enfoncer les pilotis est particulièrement bruyante. Surtout la nature très battante de son fonctionnement peut beaucoup perturber (30-60 coups par minute), la durée de chaque coup se situe entre 50 et 100 ms. Des niveaux de pression sonore de 106 dB(A) peuvent survenir à proximité d'une machine à enfoncer les pilotis de manière hydraulique (circa 15 m). Il s'agit en revanche de niveaux sonores maximaux (pic) lors du coup. Le niveau sonore actuel de 50-65 dB(A) à 25 m de la ligne côtière ne peut pas être augmenté à cause du coup du mouton de sonnette.

Les machines de dragage constituent, contrairement à un bateau qui passe, une source sonore continue durant plusieurs jours par semaine au sein d'une zone d'exploitation déterminée. Dans le cadre d'une situation moyennement préjudiciable, le son se déplace de manière sphérique et atteint à une distance de 0,6 km et à une distance de 1,1 km un niveau sonore de respectivement 45 et 40 dB(A) lors des activités d'une seule machine de dragage au sein de la zone de projet. Même si plusieurs machines de dragage sont utilisées simultanément, le son spécifique au niveau de la ligne côtière est toujours très inférieur au niveau de bruit de fond actuel.

Un bateau qui passe engendrera une augmentation temporaire du bruit environnemental au-dessus et sous l'eau. L'influence des bateaux supplémentaires quant au bruit environnemental total actuel au-dessus de l'eau en mer sera en revanche globalement négligeable par rapport au trafic maritime actuel.

Sous l'eau

En enfonçant les poteaux de fondation dans le cadre de fondations de type monopylône et jacket, le son de source constaté sous l'eau, dépend fortement du diamètre et de la longueur du poteau, de la géologie locale et de la bathymétrie. Les deux premiers facteurs sont d'influence sur la quantité d'énergie nécessaire afin d'enfoncer le poteau. Le dernier facteur détermine l'efficacité de la diffusion sonore. L'utilisation de plusieurs outils pour l'enfoncement simultané de poteaux peut engendrer une extension potentielle de la zone d'impact. Il ressort de données d'ouvrages spécialisées que lors de l'enfoncement un niveau sonore moyen de 250 dBp-p (re 1 µPa) est présent à 1 m de distance dans le cadre d'un diamètre de poteau de 4-5 m. Cela fait que lors de l'enfoncement des fondations, des

niveaux sonores peuvent encore être constatés à 20 km de distance qui sont supérieurs aux niveaux de bruit de fond de 105 dB (re 1 µPa).

Lors du dragage, le bruit subaquatique lors de conditions climatiques favorables sera, jusqu'à quelques kilomètres de la source, significativement supérieur au niveau de bruit de fond présent.

L'influence des bateaux supplémentaires quant au bruit subaquatique actuel est globalement négligeable par rapport au trafic maritime actuel.

0.4.3.2.2 Phase opérationnelle

Au-dessus de l'eau

Dans le cadre d'une situation moyennement préjudiciable, le son se déplace de manière sphérique et atteint à une distance de 0,9-1,3 km et à une distance de 1,9-2,5 km un niveau sonore de respectivement 45 et 40 dB(A). A la limite de la zone de sécurité (zone de 500 m autour du parc), le niveau sonore sera inférieur à 50 dB(A). Ceci est comparable au niveau sonore causé par un léger trafic automobile à 30 m, par la pluie, par un frigidaire, un lave-vaisselle et par le bruit environnemental en forêt.

Le bruit spécifique calculé à hauteur d'un observateur à la côte atteint environ 0-13 dB(A) en fonction du scénario choisi pour le parc éolien Rentel.

Sous l'eau

En tenant compte de la perte de transmission de Thiele, il y aura à une distance de 500 m (= limite zone de sécurité) de l'éolienne sous l'eau une perte de transmission de 40 dB, masquant vraisemblablement le bruit spécifique d'une éolienne sous l'eau grâce au bruit de fond mesuré au niveau du Thorntonbank. En ce qui concerne un groupe de turbines, comme cela a été mesuré dans la mer baltique, l'on peut s'attendre à un niveau sonore max. de 110 dB sous l'eau à une distance de 500 m du parc éolien et à une vitesse du vent de 8-10 m/s (5 Beaufort).

Un effet peu négatif est attendu suite au son subaquatique lors de l'exploitation dans tous les scénarios d'exécution décrits. L'impact relatif par rapport à la concession de vent ou à la PBMN est dès lors négligeable.

0.4.3.2.3 Phase de démantèlement

Lors du démantèlement du parc éolien, les structures de fondation de type monopylône et de type jacket sont démantelées jusqu'à 2 m sous le fond marin. Le fond autour de la turbine est excavé et l'éolienne est ensuite sciée. L'utilisation d'une scieuse sous l'eau engendrera un niveau sonore accru sous l'eau. La fondation gravitaire est vidée et évacuée entièrement vers la côte. L'émission sonore des outils est plus restreinte que pour la fondation de type monopylône ou de type jacket.

En évacuant les éoliennes par bateau, cela engendrera une augmentation temporaire du trafic maritime qui est comparable à la phase de construction.

0.4.3.2.4 Câblage

Suite au câblage, l'on s'attend à une augmentation temporaire du son aussi bien au-dessous que sous l'eau. Cette augmentation ne vient que d'un seul bateau, elle ne sera perceptible que durant un court laps de temps et se déplacera en outre en fonction de la position du bateau. Cette augmentation du son au-dessus et en-dessous de l'eau aura une incidence négligeable par rapport à l'émission sonore quotidienne engendrée par le trafic maritime en mer du Nord.

0.4.3.3 Mesures atténuantes

Pour la protection de l'habitat de la faune subaquatique, différentes mesures atténuantes peuvent être indiquées lors de l'installation de parcs éoliens offshore. Celles-ci seront abordées de manière plus détaillée dans le chapitre 'Faune, flore et biodiversité'.

Le nombre d'observateurs en mer (offshore) qui percevront fréquemment le bruit des éoliennes est tellement restreint qu'il est tout aussi inutile de proposer des mesures atténuantes pour le son au-dessus de l'eau.

0.4.4 Faune, flore et biodiversité

La partie faune et flore traite de quatre groupes d'organismes différents, étant le benthos (macrobenthos et épibenthos), les poissons, les oiseaux et les mammifères marins. Comme les substrats durs forment un nouvel habitat avec une faune et une flore spécifique, ceci sera analysé comme un cinquième groupe additionnel.

0.4.4.1 Situation de référence et développement autonome

0.4.4.1.1 Benthos et poissons

Les animaux vivant au niveau du fond marin (ou benthos) jouent un rôle important dans le cercle alimentaire. Le benthos est subdivisé en macrobenthos, étant des organismes >1mm vivant dans le sol et en épibenthos, les organismes vivant au fond. Ils constituent une proie pour de nombreux autres organismes comme les poissons démersaux. Ils apportent en outre une importante contribution à la productivité et à la biodiversité de la mer, et sont un indicateur important pour la santé de l'environnement marin. L'étude des poissons se focalise sur les poissons démersaux. Ce groupe de poissons sera directement le plus gêné par les activités prévues.

La description de la situation de référence et les incidences sur le benthos et les poissons est essentiellement basée sur les études effectuées dans le cadre du projet C-Power axées sur la situation de référence au niveau du Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) et le contrôle des résultats de l'année 1 (Reubens *et al.*, 2009a, Vandendriesschie *et al.*, 2009), année 2 (Coates & Vincx, 2010; Derweduwen *et al.*, 2010) et année 3 (Coates *et al.*, 2011; Vandendriessche *et al.*, 2011; Reubens *et al.*, 2011). L'on a ensuite fait appel à d'autres études récentes (y compris les rapports de contrôle) ayant compilé des projets de recherche afin d'obtenir une description couvrant le territoire quant aux communautés de benthos au niveau PBMN.

Le long du gradient onshore-offshore de la de PBMN, l'on peut distinguer quatre communautés macrobenthiques survenant de manière générale. L'on définit entre celles-ci encore six communautés de transition. Ces communautés sont chacune caractérisées par des espèces, une diversité et une densité propres, et sont observées chacune dans un environnement spécifique et bien défini. Sur base du modèle d'adaptabilité à l'habitat de Degrear *et al.* (2008), il semble que la zone de projet soit essentiellement adaptée aux communautés de *N. cirrosa* et *O. limacina* plus pauvres, et en moindre mesure à la riche communauté d'*A. alba*. Comme ces prédictions sont basées sur un modèle, la répartition effective des communautés ne peut pas être représentée avec certitude.

Selon la carte d'évaluation biologique, la zone de projet est caractérisée par une valeur biologique moyenne voire importante pour le macrobenthos (Derous *et al.*, 2007). Au sein de Degraer *et al.* (2009), le Thorntonbank n'est pas retenu comme zone de directive en matière d'habitat potentiel (type d'habitat 1110 – bancs de sable) à valeur écologique particulière. Le Lodewijkbank est

cependant retenu comme zone de directive en matière d'habitat potentiel en se basant sur la valeur biologique et la densité du biotope de *N. cirrosa*. La zone de projet n'est qu'adaptée de façon limitée à la formation d'agrégations de *Lanice conchilega*.

Toutes les analyses concernant la composition des sortes, de la densité, de la biomasse, de la diversité et de la fréquence de longueur de l'épibenthos ont démontré une différence nette entre les stations de bancs de sable et les stations de canal au niveau du Thorntonbank, où des densités supérieures (jusqu'à six fois) ont été notées dans les canaux. Des échantillons des canaux ont cependant démontré une plus grande variation mutuelle que les échantillons des bancs de sable. La variation saisonnière, interannuelle et spatiale démontrée était surtout la conséquence de proportions changeantes d'un certain nombre de sortes épibenthiques générales comme la crevette grise, deux sortes d'ophiures, le bernard l'hermite, le crabe nageur, la sépiole et l'encornet loliginidé. Les canaux limitrophes sont donc en général plus diversifiés et riches que les bancs de sable, mais plus riches, en comparaison avec les zones côtières, la zone de projet est moins importante écologiquement parlant.

Le même raisonnement s'applique aux poissons démersaux, les canaux sont plus diversifiés et plus riches que les bancs de sable, surtout au printemps. Au printemps, les espèces les plus importantes au niveau de la densité étaient le hareng, le sprat, en plus du dragonnet réticulé. En automne, il y avait surtout le chinchard, la petite vive, deux dragonnets, le têtard, la petite sole jaune et la limande. Les densités de poisson étaient en général plus importantes en automne qu'au printemps (excepté la famille des harengs).

Le Thorntonbank semble être en outre une frayère importante pour le sprat et le hareng et moins pour entre autres la limande et la petite sole jaune (De Maersschalck *et al.*, 2006; Ter Hofstede *et al.*, 2005). Ces premières espèces ont cependant surtout été constatées au niveau des parties supérieures des bancs de sable. Une enquête supplémentaire serait en revanche nécessaire afin de confirmer ces tendances pour la zone de projet.

En ce qui concerne le développement autonome, l'on peut affirmer que les communautés de benthos et la faune de poisson démersaux ne changeraient pas vraiment si aucun parc éolien n'était construit ou exploité. Les tendances à long terme et les récents résultats de contrôle ne montrent en effet pas de modifications significatives au niveau des espèces dominantes, uniquement une croissance générale en matière de densité et de richesse des espèces. D'autres activités comme la pêche et l'extraction d'agrégation, tout comme les changements climatiques, peuvent en revanche avoir une influence sur ces communautés.

0.4.4.1.2 Oiseaux

A partir de la période 2008-2009, le domaine de concession Rentel a été contrôlé de manière intensive au niveau du trajet Thorntonbank – Lodewijkbank. Les résultats de ces comptages montrent la grande importance ornithologique de ce territoire maritime. Selon la carte d'évaluation biologique de Derous *et al.* (2007), le territoire du projet dispose également d'une grande voire très grande valeur écologique. Plusieurs espèces d'oiseaux marins y sont présentes en densités importantes, comme le fou de Basson, le goéland brun, la mouette tridactyle, la mergule et le guillemot (Vanermen & Stienen, 2009). Ces espèces peuvent être considérées comme des espèces générales et fréquentes au niveau de la PBMN. Pour eux la zone d'impact n'est pas d'une importance spécifique, mais à cause de leur allure générale, elles sont quand même considérées comme des espèces de contrôle adaptées (Vanermen *et al.*, 2010). Le Thorntonbank est en outre également important pour un certain nombre d'oiseaux marins protégés en Europe et moins fréquents comme la mouette pygonée, la sterne caugek et l'estorlet. Ces trois espèces sont en effet mentionnées dans l'Annexe

de la directive européenne en matière d'oiseaux. Le Thorntonbank est moins important pour le grand stercoraire, le plongeon catmarin, le grèbe huppé, le fulmar, la macreuse noire et le goéland argenté.

En n'installant pas le parc éolien Rentel, l'on peut considérer que la valeur pour les oiseaux du site restera la même. La présence des parcs éoliens limitrophes peut en revanche influencer le développement autonome.

0.4.4.1.3 Mammifères marins

Les espèces de mammifères marins qui sont considérées comme étant des animaux indigènes vivant dans les eaux belges sont le marsouin, le phoque normal et gris, le souffleur et le lagénorhynque à bec blanc (Haelters, 2009; 2010). Jusqu'en 2003, les mammifères marins n'étaient observés que très rarement lors de comptages d'oiseaux marins dans les eaux marines belges (Courtens *et al.*, 2006). Il s'agissait principalement de phoques (aussi bien le phoque normal que le phoque normal) et de marsouins. Depuis le printemps 2003, de plus en plus de mammifères marins sont constatés, surtout les marsouins et les lagénorhynques à bec blanc sont très nombreux. La cause de ce phénomène est sans doute imputable aux très mauvaises conditions alimentaires dans la zone de répartition de ces espèces se trouvant au nord, bien que d'autres raisons ne puissent pas être exclues. (Courtens *et al.*, 2006).

Tous les mammifères marins sont des espèces protégées. La Belgique a adopté des obligations quant aux mammifères marins afin de les protéger et afin d'éviter le plus possible les impacts négatifs. Les cétacés et les phoques sont en effet des espèces qui sont reprises dans la Directive européenne relative à l'Habitat Annexe II et IV. Cela signifie qu'elles ne peuvent pas être dérangées délibérément lors de l'hibernation, de la reproduction et de la migration (article 12). La Belgique a également accepté dans le cadre d'ASCOBANS (Accord concernant la conservation des petits cétacés de la mer Baltique et de la mer du Nordi) que les différentes parties s'efforceraient d'éviter une perturbation importante, tout particulièrement de nature acoustique (Conservation and Management Plan en Annexe du Contrat) (BMM, 2007).

Lors de la migration, une grande partie de la population de marsouins de la mer du Nord utilise la PBMN. C'est pourquoi la PBMN est considérée comme étant très importante d'un point de vue saisonnier pour les marsouins en Europe, surtout à partir de la fin de l'hiver jusqu'au début du printemps (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2010b). Comme le marsouin est beaucoup plus présent que les autres espèces de mammifères marins au sein de la PBMN, et comme le marsouin semble être très sensible aux perturbations, l'on se focalise sur le marsouin lors de la description des incidences.

0.4.4.1.4 Substrats durs

En ce moment, il n'y a pas encore de substrats durs au sein du territoire de concession de Rentel. Il ne faut par conséquent strictement parlant pas analyser de situation de référence pour la faune des substrats durs. Afin de clarifier l'analyse des incidences du futur parc éolien, l'on présente déjà ici une description de la situation de référence des six turbines présentes au niveau du Thorntonbank.

La méthodique de prise d'échantillons et les résultats du contrôle de l'épifaune et les communautés de poissons de substrats au niveau du Thorntonbank sont décrits par Kerckhof *et al.* (2009, 2010, 2011) et Reubens *et al.* (2009b, 2010, 2011). L'épifaune est ici considérée comme tous les organismes (>1mm) vivant sur des substrats durs (fondations, turbines, protection contre l'érosion).

Le processus de colonisation des 6 premières éoliennes au niveau du Thorntonbank s'est déroulé de manière rapide et intensive. Après environ 3,5 mois, la partie subtidale de la fondation est déjà entièrement couverte d'une végétation dense d'épibiontes et cela était également le cas pour la zone

intertidale (Kerckhof *et al.*, 2009). En 2008, l'on a déjà constaté un zonage de profondeur clair avec une intertidale – la zone d'éclaboussure, une zone de transition avec des bernicles *Jassa* et une large zone subtidale (la plus riche en espèces) avec entre autre l'ectoprocte *E. pilosa* et différentes petites espèces mobiles comme les crabes, les petites crevettes, les vermiformes, les gammares et les anémones de mer. Au total 75 taxa (en général des espèces) ont été identifiés dont 13 sortes rien que dans la partie intertidale (Kerckhof *et al.*, 2010). 42 espèces n'ont pas encore été répertoriées dans une étude précédente. Hormis le zonage de profondeur déjà constaté, l'on a pu constater au sein de la structure de la communauté de croissance une forte influence saisonnière. En comparaison avec les résultats de 2008 (Kerckhof *et al.*, 2009), la subdivision du zonage au niveau intertidal s'est faite de manière plus détaillée : durant l'été 2009 une zone de moules claire s'était installée dans la zone de bernicles *Jassa* – et dans la zone d'éclaboussure, une zone avec des bernicles normaux s'était constituée. Les macroalgues restent rares.

Un nombre d'espèces se chiffrant à 75 est en comparaison avec d'autres substrats durs assez élevé pour la PBMN, surtout étant donné la période de colonisation restreinte des fondations. Malgré les différences dans le substrat, ces premiers résultats démontrent que la structure globale de la communauté de croissance sur les fondations des éoliennes du Thorntonbank est similaire à celle trouvée sur les fondations d'éoliennes en Allemagne, au Danemark et aux Pays-Bas et sur d'autres substrats durs en mer du Nord (Kerckhof *et al.*, 2010). Il semblait en outre déjà y avoir en 2011, 8 espèces non indigènes (Kerckhof *et al.*, 2011).

Les premiers résultats pour les communautés de poisson des substrats durs en Belgique ont été obtenus par Reubens *et al.* (2010). Au total, l'on a dénombré sept différentes espèces de poisson dont quatre sortes de manière régulière : le tacaud commun, le cabillaud, le chinchard commun et le maquereau. Les observations visuelles, effectuées entre juillet et octobre, ont démontré qu'une population de minimum 29 000 tacauds communs était présente autour d'une éolienne. Les espèces de proie du tacaud commun (*Jassa herdmani* et *Pisidia longicornis*) sont également présentes en densités très importantes sous forme d'épifaune sur les fondations des éoliennes. (Reubens *et al.*, 2010).

L'étude de Reubens *et al.* (2011) examinant le comportement et l'utilisation de l'habitat du Cabillaud à proximité des éoliennes a suggéré d'une part qu'il était attiré et d'autre part que la répartition spatiale à petite échelle (choix de l'habitat) du cabillaud individuel était influencée par le cycle diurne. Des recherches plus approfondies sont cependant nécessaires.

En ce qui concerne le développement autonome, l'on peut affirmer que le nombre de substrats durs faisant office d'habitat potentiel pour l'épifaune et pour les poissons augmentera suite au nombre de parcs éoliens (récemment) autorisés et aux possibilités créées au niveau de la production de mollusques bivalves dans les élevages sur filières (AR 07/10/2005). Pour finir, les épaves constituent également un habitat de prédilection pour l'épifaune et les communautés de poisson des substrats durs, mais aucune augmentation en nombre n'est prévue.

0.4.4.2 Description et évaluation des incidences environnementales

0.4.4.2.1 Benthos

L'on peut en général affirmer que les incidences pour le macrobenthos et l'épibenthos seront similaires. Ils sont par conséquent analysés ensemble sous la dénomination benthos.

Phase de construction

Les incidences possibles durant la phase de construction sont la perte et la perturbation de biotope, la perte d'organismes, la sédimentation et le bruit et les vibrations. Excepté la destruction du biotope et des organismes, les autres effets sont temporaires.

A cause de l'installation des fondations et de la protection contre l'érosion des éoliennes et des deux stations de haute tension offshore, une partie du biotope doux d'origine (sable avec ici et là des lits de gravier) est accaparée par de nouvelles structures et/ou le biotope est détruit lors du nivellement ou du dragage des puits de fondation (perte de biotope directe). Parallèlement, il y a également une perturbation de biotope momentanée ou pas suite au stockage du sable de dragage dans le cadre entre autres de la technique de fondation gravitaire (perturbation de biotope indirecte). La perturbation de biotope dépend du nombre de structures, du type de fondation et des dimensions de la protection contre l'érosion.

En ce qui concerne les monopylônes et la fondation de type jacket, la perte de biotope directe par turbine est respectivement de 1.018-1.104 m² et de16-28 m² (en fonction du type de turbine), alors que pour la fondation gravitaire cela s'élève environ à 26.350 m². En ce qui concerne les monopylônes et les fondations de type jacket nécessitant d'abord un nivellement, la perte de biotope directe s'élève respectivement à 9.450 m² et 9.400 m² par turbine. En fonction du type de fondation, la perte directe totale en matière de biotope sableux par le parc éolien entier (y compris les stations de transformateur) varie entre les 5 ha (conf. de base, MP avec protection contre l'érosion dynamique) et les 312 ha (conf. 1, GBF) ou respectivement 0,3%-11,6% du territoire de concession. La perte de biotope directe varie donc de pratiquement inexistante (MP avec protection contre l'érosion dynamique) jusqu'à modérément négative (GBF).

En optant pour les fondations gravitaires, une perturbation substantielle du biotope survient à cause du stockage –temporaire ou pas- de sable de dragage (environ 63.000 m³/GBF). Pour les monopylônes et les fondations de type jacket nécessitant un nivellement, le volume devant être déposé s'élève respectivement à environ 13.300 m³/MP et 11.200 m³/JF. La superficie de la perturbation du fond suite au stockage est tributaire du scénario de stockage choisi et varie dans la pire des situations possibles (conf. 1, GBF) entre 504 ha (1 m de stockage) et 101 ha (5 m de stockage).

Une économie d'échelle survient clairement en ce qui concerne la perte biotope totale (directe et indirecte) lors du choix entre la fondation gravitaire par rapport au monopylône ou à la fondation de type jacket. Cette grande différence est principalement imputable à l'absence ou à la présence limitée de perte de biotope indirecte au niveau du stockage de sable lors du choix entre un monopylône ou une fondation de type jacket. Le scénario optant pour un stockage du sable de dragage (GBF) dans une couche de 5 m signifie une baisse de la perturbation d'environ 80%. La perturbation de biotope totale (protection contre l'érosion + stockage) dans le scénario de 5 m de stockage (le plus probable) dans le cadre de la fondation gravitaire reste acceptable (9,1% (conf. de base, GBF) jusqu'à 16,9% (conf. 1, GBF) du domaine de concession), surtout en comparaison avec toute la PBMN (< 0,1%). Le territoire de projet est en outre caractérisé par des valeurs naturelles spéciales permettant de conclure que la perte de biotope pour les organismes benthiques aura une incidence négative restreinte (MP, FJ) voire modérée (GBF stockage de 5 m) au niveau de l'écosystème marin.

La perte d'organismes benthiques équivaut à la perte/perturbation de biotope. Malgré l'absence de données spécifiques du site (biomasse et structure de population), l'incidence létale peut être déduite des données de l'étude de référence du Thorntonbank au sein de laquelle la perte en matière de biomasse (macrobenthos et épibenthos) est estimée à environ 33 g/m² (De Maersschalck *et al.*,

2006). Si l'on opte pour un monopylône ou une fondation de type jacket, l'incidence négative sera considérée comme peu négative. En cas de fondation gravitaire, nous constatons une hausse significative de la perte d'organismes par rapport aux deux autres types de fondations. Ici, l'incidence de la mortalité sur la biomasse ou sur le fonctionnement de l'écosystème local aura vraisemblablement un impact modérément négatif. La recolonisation du sable déplacé (stockage) aura en outre de toute vraisemblance lieu endéans l'année. Comme le territoire est fermé à la pêche aux tangons, un refuge est également créé pour le benthos. La perte d'organismes de fond suite à la pêche (mortalité entre 5-65%) est donc ainsi évitée (E-connection, 2007).

Les activités de dragage nécessaires afin de déplacer les fondations et de déverser le sable de dragage (gravitaire) n'engendrent pas seulement une perte (temporaire) du biotope, mais aussi une sédimentation et une turbidité accrues dans la zone limitrophe aux travaux. Le territoire de projet Rentel est en outre situé dans de l'eau de Canal relativement claire. A cause de l'opacification de la colonne d'eau, la lumière arrive moins bien à percer. Ceci peut éventuellement rendre la croissance (production primaire) du phytoplancton plus difficile pouvant ainsi influencer la chaîne alimentaire. Parallèlement à ces constations, nous pouvons supposer que la perturbation par la sédimentation suite aux activités de dragage par Rentel aura une incidence modérément négative si l'on opte pour des fondations gravitaires. Dans le cas du monopylône ou des fondations de type jacket, cela n'aura qu'une incidence peu négative.

Le bruit sous-marin a vraisemblablement le plus d'influence sur les poissons et les mammifères marins. Des vibrations et des changements de pression suite au bruit peuvent quand même avoir une incidence sur les invertébrés comme les crustacés (Popper *et al.*, 2001). Il ressort en revanche d'études effectuées au niveau de Horns Rev et Nysted que l'impact sonore de l'enfoncement des poteaux est négligeable pour les communautés benthiques (Dong Energy *et al.*, 2006).

Phase opérationnelle

Lors de la phase opérationnelle, les possibles incidences sur le benthos se limitent aux changements de la situation hydro-physico-chimique du territoire de projet et aux incidences par le bruit et les vibrations.

La qualité de l'eau ne sera pas influencée de manière négative par l'huile pouvant s'échapper ou par la présence de protection contre la corrosion. Aucune incidence n'est attendue au niveau du bilan d'oxygène dans l'eau. L'on ne s'attend par conséquent à aucune incidence au niveau de la vie subaquatique.

Etant donné que l'incidence négative du bruit sur le benthos lors de la phase de construction est considérée comme négligeable, l'incidence lors de la phase d'exploitation est quasiment considérée comme inexistante pour toutes les alternatives de configuration.

Aucune incidence négative sur les communautés benthiques initiales (Bio/consult as, 2005; Dong energy *et al.*, 2006)²au niveau de la structure du fond marin n'est par ailleurs détectée suite aux changements en matière d' hydrodynamique dus à la présence de parcs éolien.

Comme les parcs éoliens peuvent attirer les oiseaux et les poissons, entre autres à cause d'une hausse des possibilités alimentaires, la pression de prédation sur les communautés benthiques peut s'accroître (Leonhard & Pedersen, 2006).

Phase de démantèlement

L'on peut en général affirmer que les incidences de la phase de démantèlement seront similaires à celles de la phase de construction, mais l'intensité d'apparition sera beaucoup moins élevée.

Câblage

Les principales incidences sur le benthos suite au câblage sont la perturbation du biotope, la turbidité, les champs électromagnétiques et le possible réchauffement.

Aussi bien durant les travaux de préparation que durant l'installation offshore des câbles, une perturbation de biotope temporaire et locale aura lieu. Lors des travaux de préparation, cela sera surtout le cas lors du nivellement ou du pre-sweeping et pre-run, puisqu'une espèce de technique de dragage et/ou de remorquage sera utilisée, retournant localement les fonds. Puisque cette perturbation en comparaison avec toute la PBMN peut être considérée comme étant limitée en importance, l'incidence de la perturbation de biotope sur le benthos est évaluée comme étant négligeable. L'on peut en outre supposer qu'après les travaux la communauté benthique se rétablira naturellement.

La turbidité accrue qui aura lieu à cause des travaux de préparation et la pose de câbles pour le parc éolien Rentel est d'un ordre de grandeur beaucoup plus restreint que celle décrite lors de la phase de construction et est considérée comme quasiment inexistante.

La transmission d'électricité par des câbles marins permettra de produire des champs électriques et magnétiques. Ces champs électromagnétiques dépendent du type de câble. Certains invertébrés sont vraisemblablement sensibles aux champs électromagnétiques, mais en se basant sur les connaissances disponibles, l'importance de l'impact et la relation de cause à effet ne sont pas encore suffisamment claires (Gill *et al.*, 2005; Dong Energy *et al.*, 2006, BERR, 2008).

Les câbles enfouis émettront une certaine quantité de chaleur. A cause de la position profonde des câbles, cela engendrera un réchauffement limité et très local du fond marin à la surface. L'incidence est considérée comme inexistante (épibenthos) voire négligeable (macrobenthos).

0.4.4.2.2 Poissons

Phase de construction

Un certain nombre d'incidences sur les poissons suite à la phase de construction sont similaires à celles décrites pour la partie 'Benthos', comme la perte d'habitat et la perturbation de biotope. La perte d'un organisme sera en revanche limitée étant donné la plus grande mobilité de poissons.

Tous les stades de la vie des poissons seront également temporairement perturbés en retournant les fonds marins, à cause des mouvements subaquatiques et à cause d'autres activités au niveau des fonds marins. Mais il est vraisemblable qu'ils partiront de cet endroit durant les travaux, réduisant ainsi l'incidence pour les organismes sédentaires (IMDC, 2010a). L'incidence négative ne sera donc que temporaire et les organismes reviendront vraisemblablement dans le territoire de projet après la phase de construction. Il est possible que les frayères et les zones de naissance soient perturbées lors de la phase de construction, mais ces zones se rétabliront et deviendront à nouveau attractives lors de la phase opérationnelle. Le perturbation peut en fait également avoir un impact positif : c'est-à-dire la disponibilité accrue des proies en retournant entre autres le sédiment (Grontmij, 2006).

Une perturbation importante lors de la phase de construction, est la production de bruit et de vibrations suite à l'enfoncement (dans le cadre de monopylônes et de fondations de type jacket), à la pose de câbles et au trafic maritime accru. Il n'est en revanche pas évident de déterminer l'importance de la perturbation puisqu'il existe encore beaucoup d'incertitudes concernant entre autres les pertes de transmission et donc également concernant la portée de la nuisance sonore. Cette nuisance peut avoir des incidences significatives (dommages auditifs, saignements, mortalité, changements de comportement) chez certains poissons. Hormis les possibles incidences sur les populations de poissons adultes, les activités d'enfoncement peuvent également avoir des incidences

sur les larves de poisson. Selon Prins *et al.* (2008; 2009), l'on peut considérer qu'il y a des cas de mortalité dans un rayon d'1 km autour de la source sonore (le scénario le plus négatif), bien que selon d'autres études, cela doit être nuancé (Bolle *et al.*, 2011).

Malgré l'incertitude, il est clair que l'incidence de l'enfoncement augmentera en fonction du nombre croissant de turbines devant être placées et du diamètre accru du poteau. En se basant sur les ouvrages disponibles, l'incidence de l'enfoncement sur les populations de poisson peut être considérée comme moyennement négative pour les configurations enfonçant les monopylônes ou les fondations de type jacket. Bien que les activités d'enfoncement soient d'une durée relativement courte, le projet faisant appel aux monopylônes ou aux fondations de type jacket, n'est uniquement acceptable à moins d'appliquer un certain nombre de mesures atténuantes et un programme de contrôle dans le but de limiter au maximum les incidences négatives significatives. L'impact du bruit dans le cadre d'une fondation gravitaire est pratiquement inexistant en comparaison avec les autres types de fondation. Ce n'est en effet que la perturbation sonore des bateaux de dragage qui est d'importance et que l'on évalue comme étant plus limitée que le bruit d'enfoncement, que l'augmentation du trafic maritime et que le dépôt de la protection contre l'érosion. Lorsque l'on fait appel au principe de suction bucket n'enfonçant pas les monopylônes et les fondations de type jacket, l'impact du bruit et des vibrations disparaît.

Phase opérationnelle

Comme pour le benthos, l'on ne s'attend pas à des incidences suite à la qualité de l'air, suite au bilan d'oxygène dans l'eau et suite à l'hydrodynamique. Hormis les formes générales de perturbation, l'on examine de près l'incidence du bruit et des vibrations lors de la phase opérationnelle sur les communautés de poissons.

Norro *et al.* (2011) ont démontré qu'il existe une légère augmentation du niveau de la pression sonore au niveau des fondations gravitaires du Thorntonbank par rapport au bruit d'environnement mesuré avant la construction. Une importante augmentation en matière de niveau de pression sonore a été détectée autour des fondations à monopylônes De telles émissions sonores sont beaucoup plus basses que lors de la phase de construction, surtout lorsque l'enfoncement de poteaux est nécessaire dans le cadre de la phase de construction. Ces émissions sonores opérationnelles surviendront en revanche durant toute la durée de vie du parc éolien.

La plupart des poissons réagissent fortement aux fréquences basses (en-dessous des 50 Hz). Ces fréquences surviennent uniquement dans la zone limitrophe aux éoliennes (max. quelques centaines de mètres). Les fréquences entre les 500-2000 Hz n'auront pratiquement aucune incidence sur les poissons, surtout parce que l'influence des éoliennes est similaire au bruit environnemental (Hoffmann *et al.*, 2000; Thomsen *et al.*, 2006). Le bruit subaquatique causé par les éoliennes sera vraisemblablement masqué au sein de la zone de sécurité (500 m) (pour la plupart des fréquences) par le bruit de fond régnant et n'aura aucune influence sur la plupart des espèces de poissons. Une accoutumance quant au bruit continu émis par les parcs éoliens surviendra également. En cas de vitesses du vent élevées (≥ 13 m/s), l'on s'attend à ce que les espèces de poissons sensibles resteront à une distance minimale de 4 mètres de l'éolienne (Wahlberg & Westerberg, 2005), rendant la présence permanente de poisson sur les pierres déversées difficile. Il ressort également du contrôle effectué au niveau du parc éolien Horns Rev au Danemark que les poissons ne sont pas gênés par le bruit et les vibrations et qu'un certain nombre de nouvelles espèces de poissons se sont même installées dans la zone (Leonhard & Pedersen, 2005). Malgré l'incertitude qui existe au niveau des évaluations quantitatives des incidences sonores sur les poissons durant la phase opérationnelle du parc éolien, l'on peut supposer que ces incidences sont moins importantes et que les améliorations technologiques peuvent engendrer plus de réductions de l'impact. Pour toutes les

alternatives de configuration prises en considération, cette incidence est considérée comme étant peu négative.

A cause d'une possible interdiction de certaines activités au sein du domaine, le domaine de concession ne continuera pas à être perturbé d'un autre côté par des formes de pêches destructives (surtout la pêche aux tangons). Ceci aura une incidence positive sur les ressources de pêche (incidence sur le refuge).

Phase de démantèlement

En règle générale, l'on peut affirmer que les incidences de la phase de démantèlement seront similaires à celles de la phase de construction, mais l'intensité d'apparition sera beaucoup plus restreinte. La perturbation sonore significative suite à l'enfoncement (monopylône/ fondation de type jacket) lors de la phase de construction n'est plus présente lors de la phase de démantèlement. La perte de biotope et la perte d'organismes s'y rattachant restent également limitées aux surfaces qui sont effectivement perturbées lors de la phase de démantèlement. Les incidences varient de (quasiment) aucune incidence à une incidence peu négative, en fonction de l'alternative de configuration).

Câblage

Les incidences suite au câblage pour la faune de poissons démersaux sont la perturbation du biotope, la turbidité accrue et l'apparition de champs électromagnétiques. Les incidences de la perturbation de biotope et de la turbidité sont analogues au benthos.

La transmission d'électricité par câbles marins engendrera la production de champs électriques et magnétiques, qui sont également détectables en dehors du câble. Ces champs électromagnétiques dépendent du type de câble et de la puissance du câble (câbles de parc de 33 – 66 kV par rapport au câble d'exportation de 150 kV à 220 kV). Les champs électromagnétiques peuvent avoir une incidence sur certaines espèces de poissons sensibles, tout particulièrement sur leur comportement en matière d'orientation, de migration et de chasse, et sur l'aspect général autour des câbles, mais en se basant sur les connaissances disponibles, l'importance de l'impact et la relation de cause à effet ne sont pas encore suffisamment claires (surtout pour le câble de 220 kV). L'incidence est surtout connue et considérée comme importante sur les raies et les requins qui ne surviennent pratiquement pas dans la zone de projet. Sur base de cette donnée, le caractère local de l'incidence et le fait d'enfouir jusqu'à 1 m (câbles de parc) à ≥ 2 m (câble d'export) de profondeur a un effet atténuant (réduction au carré de la profondeur), l'on peut pour l'instant supposer que l'incidence sur la faune de poissons ne sera que moyennement négative.

Les câbles enfouis émettront une certaine quantité de chaleur. A cause de la position profonde des câbles, cela engendrera un réchauffement limité et très local du fond marin à la surface. L'incidence sur les poissons est considérée comme inexistante.

0.4.4.2.3 Oiseaux

Phase de construction

Lors de la phase de construction, les incidences suivantes peuvent engendrer une perturbation significative chez certaines espèces suite aux travaux : l'effet-barrière par la perturbation sonore, la sédimentation et les changements en matière de disponibilité alimentaire.

Lors des travaux, un effet-barrière peut survenir par rapport aux oiseaux migrateurs. Cet effet-barrière sera essentiellement dû à une production sonore à hauteur du domaine de concession et à la présence de bateaux. Les espèces sensibles aux perturbations peuvent éviter la zone temporairement à cause du bruit, alors que d'autres espèces peuvent peut-être tirer profit des travaux

grâce à l'apparition temporaire d'aliments suite au sol retourné et à l'activité maritime accrue (Stienen *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006). Le Thorntonbank n'est cependant pas très important pour ces espèces sensibles aux perturbations (Vanermen & Stienen, 2009). Ce qui fait qu'en règle générale aucune incidence négative de taille est prévue.

En faisant appel à des fondations gravitaires, une grande quantité de sable doit être draguée et déplacée. A cause de la montée de sédiment du fond, des espèces d'oiseaux chassant à vue comme les sternes peuvent avoir des difficultés en fourrageant. L'incidence n'est cependant que temporaire et limitée au niveau de l'étendue. L'on ne s'attend par conséquent pas à des incidences négatives significatives quant aux oiseaux marins chassant à vue. L'incidence est évaluée comme étant peu négative.

L'enfoncement peut avoir des incidences négatives sur les larves des poissons. Le recrutement des espèces concernées peut être influencé et peut réduire l'alimentation des espèces d'oiseaux mangeant du poisson. Cela peut avoir une légère incidence négative sur les oiseaux.

Phase opérationnelle

Lors de la phase opérationnelle, les oiseaux peuvent être gênés de différentes manières par les éoliennes. Ils peuvent tout d'abord toucher les turbines et être tués ou blessés (aspect de collision). Les oiseaux peuvent également être perturbés par les turbines. Ici, il faut faire une distinction entre les incidences directes sous forme de disparition de zones de repos et de territoires fourragers, de limitation des routes de vol des oiseaux et les incidences indirectes par la perturbation, par la présence, par le mouvement ou par le bruit des turbines (aspect de perturbation) (Stienen *et al.*, 2002).

En ce qui concerne l'aspect de collision, cette incidence est surtout déterminée par la quantité d'oiseaux qui y passent (flux) et par la hauteur de vol. Sur base des résultats de contrôle déjà disponibles (Vanermen & Stienen, 2009), l'on peut s'attendre à ce que ce le risque de collision s'applique surtout aux grandes mouettes (goéland marin, goéland brun, goéland argenté) (risque d'1/500) à cause de leur grande taille et de la hauteur de vol. D'autres espèces comme le grand stercoraire et le fou de Bassan risquent également une collision à cause de leur grande taille et faible flexibilité. Le mergule et le guillemot ne volent jamais à hauteur du rotor. En se basant sur les résultats de contrôle actuels, l'on ne s'attend pas à de grandes différences quant à la collision en fonction du type d'éolienne. L'on peut par contre penser que plus il y a de turbines, plus le risque de collision est important.

Lors de l'étude de contrôle au niveau du Thorntonbank et du Bligh Bank en 2010, l'on a déjà constaté des incidences significatives étonnantes suite à la présence d'éoliennes offshore (Vanermen *et al.*, 2011). Le nombre de sternes ordinaires et de sternes caugek a en effet augmenté au sein de la zone d'impact depuis la construction des premières turbines en 2008. Cela vaut également pour le goéland cendré et le goéland argenté au niveau du Bligh Bank. Alors qu'au début, l'on a surtout craint pour la perte d'habitat, il ressort des résultats très provisoires que les oiseaux se sentent plutôt attirés par les parcs éoliens au lieu de les éviter. (Vanermen *et al.*, 2011). D'un autre côté, il n'y a actuellement toujours que 6 des 54 éoliennes planifiées au niveau du Thorntonbank. Ces résultats restent de toute façon très provisoires. L'attraction des oiseaux par rapport au parc éolien peut en revanche engendrer une incidence négative quant au risque de collision.

En ce qui concerne l'Annexe I espèces d'oiseaux, le risque de collision pour les sternes ordinaires et les sternes caugek est limité. En se basant sur la faible sensibilité aux perturbations et sur le fait que la mouette pygonée vole relativement bas au-dessus de l'eau, l'on peut s'attendre à ce que

l'implantation prochaine des éoliennes offshore au niveau du trajet migratoire de cette espèce n'ait également qu'un impact limité.

Phase de démantèlement

L'on s'attend à ce que les incidences lors de la phase de démantèlement soit de la même nature que celles lors de la phase de construction. Elles peuvent par conséquent être évaluées comme peu négatives.

Câblage

La pose de câbles peut perturber temporairement la faune aviaire. Les deux alternatives de câble traversent toutes les deux SBZ-V3 Zeebrugge. La réserve marine 'Baai van Heist' et la SBZ-H Vlakte van de Raan (mention européenne) sont épargnées. Etant donné que ces incidences ne sont que temporaires et limitées en importance, elles sont évaluées comme étant peu négatives. Lors des travaux de mise à terre du câble de C-Power à Oostende, de grandes perturbations ont également été constatées (BMM, 2009).

La présence des câbles lors de la phase opérationnelle n'aura vraisemblablement aucune incidence directe sur les oiseaux marins.

0.4.4.2.4 Mammifères marins

Phase de construction

Lors de la phase de construction, les mammifères marins peuvent être gênés par les changements en matière de disponibilité alimentaire, la perturbation suite à différentes activités de construction, le trafic maritime accru et par la perturbation engendrée par les vibrations et les bruits suite aux travaux d'enfoncement et de dragage.

La construction de parcs éoliens peut influencer les sources alimentaires, rendant les territoires moins attractifs pour les mammifères marins. C'est ainsi que le son produit par l'enfoncement des monopylônes ou de fondations de type jacket peut faire fuir les poissons jusqu'à quelques kilomètres de la source sonore. Les mammifères marins peuvent quitter (temporairement) la zone à cause de la faible disponibilité alimentaire ou parce que la zone n'est plus adaptée comme territoire de couvaison (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Etant donné le nombre restreint de transports supplémentaires en comparaison avec le nombre actuel de mouvements de bateau déjà présents au sein de la PBMN (surtout au niveau des routes maritimes), et étant donné l'influence non permanente, l'on ne s'attend pas à des incidences négatives complémentaires sous forme de perturbation attendue suite aux activités générales de construction du parc éolien (BMM, 2009). L'on suppose que les mammifères marins vont quitter le site et la zone limitrophe où les activités de construction ont lieu, vont éviter temporairement le site et qu'après la finalisation de la phase de construction ils retourneront au parc éolien.

En ce qui concerne la perturbation sonore, l'on suppose que l'enfoncement des monopylônes et des fondations de type jacket auront une incidence négative significative sur les mammifères marins se trouvant à proximité des endroits d'enfoncement. Les facteurs déterminants pour l'apparition d'incidences sur les mammifères marins suite aux activités d'enfoncement sont le niveau de pression sonore de la source (qui dépend fortement du diamètre et de la longueur du poteau et donc également du type de fondation), la profondeur de l'eau et les caractéristiques du sol sur place (déterminant pour la propagation du bruit), la durée des activités d'enfoncement et la période durant laquelle ces activités ont lieu. Une telle perturbation peut faire fuir les marsouins et d'autres mammifères marins des zones les plus adaptées à leur alimentation. Etant donné la densité saisonnière élevée de marsouins dans les eaux belges, et les distances où des perturbations

peuvent survenir, l'on peut s'attendre à des changements de comportement pour des centaines voire des milliers d'animaux. Bien que les activités d'enfoncement soient d'une durée relativement courte, le projet faisant appel à des monopylônes ou des fondations de type jacket est uniquement acceptable à moins d'appliquer un certain nombre de mesures atténuantes et un programme de contrôle afin de réduire au maximum les risques de dommages auditifs et d'autres incidences négatives significatives chez les mammifères marins. Contrairement aux monopylônes et aux fondations de type jacket, les fondations gravitaires ne font pas appel à des poteaux enfoncés, ne produisant pas de sons 'impulsifs' d'un niveau sonore élevé. Même si la technique de suction est utilisée, le niveau sonore sera particulièrement bas.

Phase opérationnelle

Lors de la phase opérationnelle, des incidences sur les mammifères marins peuvent survenir suite à des vibrations et à des bruits venant des éoliennes, tout comme la perte d'habitat suite à la présence physique d'un parc éolien, la perturbation par des travaux d'entretien et des changements au niveau des sources alimentaires disponibles.

Les mammifères marins disposent d'un système de sonar avancé qui leur permet de naviguer et de chasser sans devoir utiliser d'autres sens (écholocalisation). Cette écholocalisation pourrait être perturbée par le son venant des éoliennes opérationnelles (Bach *et al.*, 2000). Le son des éoliennes opérationnelles peut être entendu par les marsouins jusqu'à une distance d'environ 50 m (Henriksen *et al.*, 2003), par les phoques jusqu'à une distance d'1 km (Dolman *et al.*, 2003). L'on ne s'attend cependant pas à ce que les incidences soient détectables à grande distance, et qu'étant donné leur niveau continu, elles perturbent les mammifères marins dans la zone limitrophe au parc (Tougaard *et al.*, 2008).

Lors de la phase opérationnelle, il est éventuellement possible qu'il y ait une augmentation du nombre de mammifères marins dans le parc ou dans la zone limitrophe au parc, à cause de la disparition de la pêche dans la zone, de la disponibilité alimentaire accrue et à cause de la présence de substrats durs. Cette incidence sera la plus importante au niveau des fondations gravitaires suite à la grande superficie de la protection contre l'érosion.

Phase de démantèlement

L'on s'attend à ce que les incidences lors de la phase de démantèlement dans le pire des cas soient similaires à celles de la phase de construction et qu'il y ait par conséquent une perturbation des mammifères marins. Comme l'on ne procède pas à des activités d'enfoncement et de dragage durant la phase de démantèlement et que les substrats durs sont normalement laissés, cette perturbation aura une incidence moins négative que durant la phase de construction. Le démantèlement est évalué comme peu négatif pour les mammifères marins.

Câblage

La pose de câbles durant la phase de construction peut avoir un effet perturbateur sur les mammifères marins. Cette incidence n'est cependant que temporaire, limitée en importance et par conséquent considérée comme peu négative. Après la pose du câble, l'environnement se rétablira. Les connaissances concernant l'impact de champs électromagnétiques sur les mammifères marins sont jusqu'à présent limitées ou manquantes (cas 220 kV). Le risque que les mammifères marins soient exposés à ces champs électromagnétiques est cependant restreint.

0.4.4.2.5 Substrats durs

Phase de construction

L'introduction du substrat dur, ce qu'on appelle l'effet récif, dans les zones marines qui sont quasiment essentiellement composées de sédiments sableux, peut être considérée comme la principale incidence de la construction du parc éolien (Dong energy *et al.*, 2006). Cela engendrera une augmentation de l'hétérogénéité de l'habitat, et la création d'une nouvelle communauté propre aux substrats durs. La superficie totale de substrat dur qui devient potentiellement disponible dépend du nombre de fondations (turbines), du type de fondation, des dimensions de la fondation (du diamètre, de la partie subtidale et intertidale) et des caractéristiques de la protection contre l'érosion (dimensions, situation par rapport au fond marin).

En ce qui concerne les différentes alternatives de configuration, la superficie totale du substrat variera entre environ 83.100 m² (conf. de base, MP) et 376.800 m² (conf. 1, GBF). En optant pour des fondations gravitaires, cela engendre une augmentation de nouvelles zones potentielles devant être colonisées, ce qui est imputable aux dimensions plus importantes en matière de protection contre l'érosion.

Il ressort des premiers résultats de contrôle de C-Power (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) que le processus de colonisation se déroule vite intensément. Après environ 3,5 mois, la partie intertidale tout comme la partie subtidale des fondations étaient entièrement recouvertes d'épibiontes de manière opaque et un zonage de profondeur clair était perceptible. Une grande diversité est en outre constatée en comparaison avec les autres substrats artificiels dans les environs. Une zone de moules se créera vraisemblablement et des huitres et des sédentaires s'y installeront. Des études à long terme montrent que cela peut prendre certainement 5-6 ans avant qu'une communauté stable soit installée et dominée par des organismes filtrants (entre autres des moules) et des algues brunes et des algues rouges permanentes (Jensen *et al.*, 2000; Leonhard & Pedersen, 2005).

En fonction de la perspective, cette incidence peut être évaluée de manière positive (entre autres la biomasse et la diversité accrues, attraction pour les poissons) comme de manière négative (entre autres la perturbation de l'habitat naturel, attraction des espèces non indigènes). L'importance de l'impact, que l'évaluation soit positive ou négative, est difficilement évaluable pour les parcs éoliens offshore en mer du Nord. La superficie totale du substrat dur dépend fortement du type de fondation (avec ou sans la protection contre l'érosion), de la complexité de la fondation et du nombre de turbines. Il est clair que la superficie de substrat dur introduit est plus importante en cas de fondation gravitaire que par rapport à un monopylône, ET dans ce cas l'on opte pour la configuration 1 (nombre de turbines plus important). Bien qu'une protection contre l'érosion ne soit pas nécessaire pour les fondations de type jacket, elles pourraient tout de même attirer bon nombre d'organismes à cause de la structure plus complexe. La partie effectivement disponible en matière de colonisation par les organismes est – quel que soit le type de fondation- cependant limitée étant donné qu'aussi bien les fondations que la protection contre l'érosion sont partiellement ou entièrement enfouis à cause du biotope sableux présent. L'on peut donc s'attendre à ce que malgré la modification par rapport à la situation originale, l'incidence soit considérée comme étant acceptable (0/- ou 0/+) puisque la superficie disponible destinée au développement d'une nouvelle communauté est relativement restreinte par rapport à la PBMN (≤ 0,01%).

Phase opérationnelle

Lors de la phase opérationnelle, les possibles incidences de substrats durs resteront limitées aux changements de la situation hydro-physico-chimique de la zone de projet et à une perturbation sonore possible des turbines tournantes, comme cela a été analysé pour le benthos.

Phase de démantèlement

Le démantèlement du parc éolien engendrerait la disparition presque totale des substrats durs. L'on peut se poser la question de savoir si cela doit être évalué de manière positive ou négative puisque d'une part l'état d'origine des substrats sableux est ainsi obtenu, mais que d'autre part cela engendre la perte de la biodiversité et d'autres possibles fonctions effectuées par le récif artificiel durant l'exploitation (par ex. lieu d'incubation, stepping-stone, attraction pour certains organismes). L'incidence en la matière ne peut en revanche pas encore être évaluée étant donné que pour l'instant seuls des résultats initiaux sont disponibles concernant l'incidence de l'introduction de substrats durs au sein d'un environnement principalement sableux.

Câblage

Les principales incidences suite au câblage de l'épibenthos et de la faune de poissons démersaux de substrats durs sont la perturbation du biotope, une turbidité accrue, la création de champs électromagnétiques et le possible réchauffement. Celles-ci sont similaires à celles analysées pour le benthos et les poissons.

0.4.4.3 Mesures atténuantes

0.4.4.3.1 Benthos

En ce qui concerne l'installation de fondations et la pose de câbles, la meilleure technologie disponible doit être utilisée afin de perturber le moins possible le fond marin. Les matériaux de construction et les deversements de pierres doivent le plus possible être constitués de matériaux naturels et ne contiendront pas de déchets ni de matières premières secondaires. Le remplissage des puits de fonction et le déversement de sable dragué pour les câbles doit le plus possible se faire à l'aide de sable de la même qualité que le sable d'origine. Après les travaux, il est préférable que le site se rétablisse.

Afin de réduire au maximum l'incidence, il faut lors de la pose de câbles chercher à réunir les tracés de câbles des différents parcs éoliens. Rentel a l'intention de suivre le mieux possible le tracé de câbles des parcs éoliens offshore existants si cela ne pose pas de problèmes techniques ou si cela n'altère pas la sécurité (par ex. manque de place).

0.4.4.3.2 Poissons

Les mesures atténuantes et les compensations mentionnées dans le cadre du benthos restent également d'application. L'importance de la zone de projet comme frayère et zone de couvaison reste incertaine. Si cela est le cas, il faut alors tout mettre en phase afin d'effectuer les travaux de construction les plus perturbateurs si possible en dehors des périodes les plus vulnérables.

0.4.4.3.3 Oiseaux

Lors de l'évaluation des incidences, les incidences importantes suivantes ont été décrites : l'effet-barrière, l'aspect de collision et la perte d'habitat. Pour ces incidences, des mesures atténuantes sont proposées qui ont également été reprises dans les précédents RIE (RIE Norther, RIE Northwind, RIE Belwind et le RIE de C-Power) : une configuration respectueuse des oiseaux, l'utilisation de signaux sonores ou de signaux visuels et la mise hors service des turbines durant les périodes caractérisées par un nombre accru de mouvements de vol (par exemple la période de migration) ou dans de mauvaises conditions visuelles. Egalement en ce qui concerne les travaux, il vaut mieux les effectuer en dehors des périodes de grandes concentrations d'oiseaux ou de probable présence accrue de mammifères marins (Stienen *et al.*, 2002).

0.4.4.3.4 Mammifères marins

Bien que les activités d'enfoncement soient de durée relativement courte, le projet faisant appel aux monopylônes ou aux fondations de type jacket est uniquement acceptable à moins d'appliquer un certain nombre de mesures atténuantes et un programme de contrôle. L'utilisation d'un moyen de dissuasion sonore et l'application d'une procédure de 'ramp-up', au sein de laquelle une force minimale progressive est utilisée lors des premiers enfoncements est une possible mesure. L'efficacité d'un bon nombre de mesures atténuantes est cependant fortement mise en cause (Boon *et al.*, 2010). Il est par conséquent avisé de réaliser des études quant à cette efficacité.

0.4.4.3.5 Substrats durs

Tout comme pour les mesures atténuantes du benthos, l'accent est mis sur des stratégies de contrôle qualitatives et sur des études scientifiques supplémentaires.

0.4.5 Vue sur la mer et patrimoine culturel

0.4.5.1 La situation de référence et le développement autonome

La mer du Nord semble être une surface d'eau uniforme qui s'étend jusqu'à l'horizon et est un des rares paysages intacts de la Belgique. Son importance écologique est importante. Un horizon libre, comme paysage unique, est une valeur naturelle importante de la mer du Nord. La vue sur la mer est dans la plupart des endroits libre à partir de la ligne côtière belge. La vue sur la mer est sans aucun doute un élément d'attraction touristique important de la côte belge. Lorsqu'il y a une bonne visibilité, il est possible de suivre le trafic maritime jusque loin en mer. A proximité des ports, il y a en général plus d'activités à cause entre autres des bateaux à conteneurs, des bateaux de plaisance, des bateaux de pêche et des dragueurs rentrant et sortant du port. En observant à partir de la zone côtière les terres intérieures, l'image principale de la côté belge est celle d'une bande étroite de constructions en hauteur serrées de 67 km de long qui sépare de manière abrupte la mer et les polders.

Le patrimoine culturel de la mer est essentiellement composé d'épaves. En se basant sur les banques de données concernant les épaves et sur l'inventaire des épaves réalisé dans le cadre du projet GAUFRE (Maes *et al.*, 2005), l'on peut conclure qu'au niveau de la zone de concession de Rentel 2 se trouvent des épaves. Le long des deux tracés alternatifs du câble d'exportation, il y a également différentes épaves. Hormis les épaves, les paysages paléolithiques inondés suscitent un intérêt grandissant en tant que nouvel élément du patrimoine culturel. C'est ainsi qu'il y aurait des restes (retravaillés) des îles moyenâgeuses de Wulpen, Koezand et Waterdunen à hauteur de l'actuelle Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010, Mathys, 2009).

Sur terre, le patrimoine culturel est composé de paysages et de restes de paysages traditionnels. Il s'agit entre autres des territoires des dunes et des polders, de l'IJzermonding et du Zwin avec sa valeur exceptionnelle en matière de paysage et d'écologie en tant que zone de laisse et de limon.

En ce qui concerne le développement autonome, la construction (continue) des parcs éoliens actuellement autorisés (C-Power, Belwind, Northwind et Norther) continuera à modifier la vue sur la mer. L'impact de ces parcs éoliens sur la vue sur la mer à partir de la côte dépend essentiellement du parc éolien jusqu'à la ligne côtière. Hormis la construction de parcs éoliens, la vue sur la mer pourrait être modifiée par les développements dans le secteur maritime. La croissance des ports et la demande en matière de bateaux plus importants pourraient modifier l'image existante. En ce qui concerne le développement autonome du patrimoine culturel, l'on peut affirmer qu'actuellement aucun développement n'est prévu à terre pouvant modifier le patrimoine culturel.

0.4.5.2 Description et évaluation des incidences environnementales

0.4.5.2.1 Phase de construction

Comme le parc éolien sera construit à une grande distance en mer, les activités de construction ne seront presque pas visibles. L'incidence des activités de construction quant à la vue sur la mer perçue par les touristes et les habitants sera restreinte et négligeable. Il faut en outre ajouter qu'au moment de la réalisation du parc éolien Rentel, d'autres éoliennes dans des zones plus proches de la côte auront déjà été réalisées pouvant encore limiter plus l'impact visuel des turbines dans les zones plus lointaines.

Les activités de préparation sur la terre (comme entre autres le montage préalable des turbines et d'autres éléments du parc éolien) dans un port limitrophe, auront bien au niveau local un impact visuel temporaire; la présence du matériel et les travaux peuvent temporairement être considérés comme une activité touristique. L'expérience négative due à la perturbation de la quiétude des habitants équivaut à l'expérience positive pour les touristes. Dans son intégralité, cette activité peut être considérée comme neutre au niveau visuel grâce au caractère temporaire et aux incidences potentiellement positives.

Dans le but de protéger le patrimoine culturel, une attention toute particulière doit être prêtée afin d'éviter les deux épaves connues dans le domaine de concession lors de la réalisation des fondations et de la protection contre l'érosion. En essayant d'éviter au maximum les épaves, l'incidence sur le patrimoine culturel maritime est réduite au maximum.

0.4.5.2.2 Phase opérationnelle

En théorie, le parc éolien Rentel, qui se trouve au minimum à une distance de 31 km de la côte, est visible à partir de la côté dans de bonnes conditions visuelles. Il n'y a cependant que quelques jours par an que la vue sur la mer soit visible jusqu'à 20 à 30 km. A l'année, la vision dépassant les 20 km n'est que de 10% du temps et une portée de 30 km ne survient que pendant 1% du temps (Grontmij, 2008). Le contraste entre les turbines et l'air dépend du type de temps et de la direction de visualisation par rapport à la position du soleil. Comme il se trouvera derrière d'autres parc éoliens, la vue à partir de la côte avec ou sans les turbines Rentel ne changera pas en réalité.

Il ressort d'une enquête récente (Grontmij, 2010) que seulement 6 sur les 1.000 répondants trouvent les éoliennes du port de Zeebrugge dérangeantes (5%) alors qu'il n'y a que 3 personnes (2,5%) qui disent la même chose au sujet des éoliennes en mer. En regardant une photo montrant une simulation de la vue sur les 3 futurs parcs éoliens (C-Power, Northwind et Belwind) à partir de la plage de Blankenberge, presque 78% des répondants ont considéré cette vue comme étant (très) acceptable (Grontmij, 2010). Un choix bien pensé de la disposition des éoliennes et le modèle et l'orientation du parc éolien constituent des facteurs pouvant influencer positivement l'expérience et l'acceptabilité des parcs éoliens sur mer. Le fait d'informer le grand public peut contribuer de manière positive à l'acceptabilité d'un projet et est considéré comme une valeur ajoutée.

En ce qui concerne la délimitation et l'illumination, l'on respecte les directives IALA et ICAO tout comme les directives supplémentaires pouvant être édictées par les autorités compétentes.

L'exploitation du parc éolien n'aura vraisemblablement aucune incidence directe ou indirecte quant au patrimoine culturel (maritime). La localisation exacte de restes de mammifères fossiles autour du Thorntonbank constitue une lacune au niveau des connaissances. L'incidence de la construction du parc éolien Rentel sur les restes archéologiques ne peut pas être déterminée.

0.4.5.2.3 Phase de démantèlement

Les incidences quant à la vue sur la mer et au patrimoine culturel seront durant la phase de démantèlement similaires à celles durant la phase de construction.

0.4.5.2.4 Câblage

La pose de câble(s) d'exportation du parc éolien vers la côte peut avoir un impact sur le patrimoine culturel maritime étant donné que le long des deux tracés alternatifs plusieurs épaves (connues) sont présentes. Du point de vue du patrimoine archéologique maritime, il n'y a aucune préférence quant à un tracé précis puisque le long des deux tracés se trouvent des épaves. Lorsque l'on essaie d'éviter au maximum les épaves de bateau, l'incidence sur le patrimoine culturel maritime est limitée au maximum.

0.4.5.3 Mesures atténuantes

En informant au préalable le grand public, cela peut contribuer de manière positive à l'acceptabilité de l'influence de la vue sur la mer par le parc éolien.

Afin d'éviter l'endommagement des épaves, il est indiqué d'effectuer avant la construction du parc éolien et de la pose du/des câble(s) d'exportation un side scan sonar survey (ou une observation similaire), ou d'au moins faire appel à des données déjà disponibles des études effectuées dans le cadre de la pose d'autres câbles d'exportation.

0.4.6 Interaction avec d'autres activités humaines

0.4.6.1 Situation de référence et développement

Au sein des territoires marins belges, les activités humaines équivalent surtout à des activités économiques. Bon nombre de ces activités utilisent les zones spéciales qui ont été délimitées ou déterminées en ce sens, comme la pêche, la mariculture, la navigation, l'extraction de sable et de gravier, le dragage et les déblais de dragage, l'énergie éolienne, l'utilisation, militaire, les conduites de gaz et les câbles de télécommunications, le tourisme et la récréation, et les recherches scientifiques.

Le domaine de concession se situe entièrement endéans cette zone pour la construction et les exploitations d'installations pour la production d'électricité issue de ressources renouvelables (AR 17/05/2004, modifié par l'AR 03/02/2011). Il est également stipulé que cette activité est prioritaire à toutes les autres activités pouvant avoir lieu dans cette zone. Les trois tracés de câble alternatifs avec accostage à Zeebrugge traversent la Zone de protection spéciale à Zeebrugge (SBZ-V3) et la route maritime 'Het Scheur'.

Dans ce compte-rendu non technique, seules les activités étant réellement réalisées au sein du domaine de concession seront abordées. Comme il n'y a pas d'interactions potentielles avec d'autres activités dans la zone limitrophe ou plus loin dans la PBMN, ces activités ne seront pas abordées de manière détaillée. Le chapitre s'y rattachant abordera la question.

0.4.6.1.1 Pêche

Les principales espèces pêchées sont les crevettes et les espèces de poissons démersaux comprenant surtout la sole, la raie et la plie (Tessens & Velghe, 2011; Vanderperren & Polet, 2009). La pêche au cabillaud, au merlan et à la limande est moins importante. L'intensité de la pêche se focalise plus sur les canaux entre les bancs de sable que sur les bancs de sable. Alors que la pêche à la crevette s'orientera plus sur les bancs de sable et a principalement lieu dans les zones se trouvant plus proches de la côte.

Au début de l'année 2011, la flotte de pêche belge comptait 89 navires de pêche. D'un point de vue socio-économique, l'importance de la PBMN est assez restreinte pour la pêche belge. Presque 65% de la pêche belge vient de la zone centrale et australe de la mer du Nord. Aussi bien au niveau international que national, le secteur de la pêche a en revanche des problèmes socio-économiques d'une part à cause de la baisse progressive de la biomasse existante dans les niveaux trophiques supérieurs du territoire nord-atlantique depuis 1950, et d'autre part à cause d'une intensité poissonnière accrue entre 1950-1975. Des chercheurs ont conclu que l'exploitation actuelle du poisson ne peut pas continuer de la sorte et que le niveau trophique supérieur des poissons aura complètement disparu dans quelques décennies au niveau de la zone nord-atlantique (Dickey *et al.*, 2010). Cela est également étayé par le fait que la réserve de poisson de presque toutes les espèces est catégorisée comme 'en dehors des limites biologiques sûres'.

Cette tendance presque quasiment identique au sein de la pêche belge. Un apport accru a uniquement été identifié entre 1950 et 1955, après quoi une baisse progressive au niveau de l'apport et de la taille de la flotte a été notée. Depuis le début des années '90, l'apport total des navires de pêche belge baisse de manière quasiment interrompue et s'élève aujourd'hui à environ la moitié du volume d'il y a 20 ans.

0.4.6.1.2 Activités militaires

Au sein de la PBMN à des intervalles réguliers, des activités et exercices militaires sont organisés. Dans la partie ouest du parc éolien Rentel, se trouve une zone destinée aux exercices de tir. Comme cette zone militaire équivaut en grande partie à la zone de concession du vent, un accord a été signé au sein du gouvernement stipulant qu'aucun exercice militaire ne sera organisé au sein de la zone offshore (cf. concession AR).

0.4.6.1.3 Câbles et pipelines

Le domaine de concession est uniquement traversé par le câble de télécommunication Rembrandt 2 hors service. La distance de sécurité prescrite s'élève normalement à 250 m, mais comme Rembrandt 2 n'est plus utilisé, la BMM a donné une autorisation écrite visant à respecter une distance de sécurité de 50 m en ce qui concerne les différentes configurations d'implantation des turbines. Aucun conduit de gaz ne se trouve dans la zone de concession Rentel.

Les trois alternatives proposées pour le câble d'exportation croiseront différents câbles de télécommunication et des conduites de gaz.

Une île artificielle est en outre planifiée, c'est-à-dire une station de transformateur offshore ('plateforme alpha') par ELIA (ELIA, 2011). Le programme relatif à la plateforme alpha est encore inconnu, mais la compétence d'ELIA est déjà étendue jusqu'en mer. Une demande de permis pour la construction de la plateforme alpha n'a pas encore été faite.

0.4.6.1.4 Extraction du sable et du gravier

L'exploration et l'exploitation du sable et du gravier ont été réglementées par la loi du13 juin 1969, et modifiées par la loi du 20 janvier 1999 et la loi du 22 avril 1999. Depuis 2004, les zones de concession pour l'extraction des agrégats ont été modifiées par l'AR 01/09/2004. Il existe à présent trois ' zones de contrôle ' et une ' zone d'exploration ' (IMDC, 2010).

Le tracé de câble alternatif se trouvant à l'ouest suit la limite occidentale du domaine de concession belge. A cet endroit, il y a cependant un chevauchement entre la zone de concession belge et la zone de concession 1A destinée à l'extraction de sable et de gravier. Cette zone de concession n'est cependant pas souvent utilisée et est composée en grande partie d'une zone de contrôle où il n'y a pas d'extraction.

Dans un futur proche, les quantités de sable extrait vont considérablement augmenter entre autres dans le cadre du Masterplan Kustveiligheid qui comprend entre autres le Geïntegreerd Kustveiligheidsplan (GKVP), l'OW-plan Oostende et le projet du Zwin.

0.4.6.2 Description et évaluation des incidences environnementales

0.4.6.2.1 Pêche

La perte potentielle d'accès aux zones de pêche traditionnelles est en général considérée comme l'incidence négative la plus importante du développement de projets éolien en mer (Mackinson *et al.*, 2006). La perte de territoires de pêche peut engendrer des pertes de revenus et le chômage. A cause du manque de données financières spécifiques, l'on a déjà évoqué qu'une analyse économique détaillée est difficilement réalisable. Le parc éolien Rentel engendrera une perte maximale supplémentaire en matière de territoires de pêche (env. 0,6% de la PBMN). Etant donné la superficie limitée (21,5 km² comprenant 500 m de zone sécurisée) et le fait que la zone de projet n'ait qu'une importance limitée pour la pêche, cette perte directe peut être considérée comme négligeable. L'impact pour la pêche suite au parc éolien décrit est donc relativement restreint et est en outre bien moins pertinent que la perte de revenus suite aux prix fluctuants du carburant et aux limitations imposées par la politique européenne en matière de pêche.

Lorsque toute la zone de concession pour les parcs éoliens est utilisée (240 km²), cela correspond environ à 7% de la PBMN interdisant la pêche. Malgré la perte plus importante en comparaison avec uniquement le parc éolien Rentel, l'on peut évaluer cette perte directe comme relativement restreinte en suivant la même logique exposée plus haut. La petite flotte vit essentiellement de la pêche dans la zone des 12 miles, et le domaine de concession ne chevauche que très partiellement cette zone.

Hormis la perte spatiale, les pêcheurs se font du souci quant aux incidences à court et à moyen terme lors de la phase de construction et de la phase opérationnelle. Lors de la phase de construction, l'on considère l'enfoncement des poteaux (lors du choix monopylône/ fondation de type jacket) comme étant la principale raison pour les changements au niveau de la pêche, alors que l'installation de fondations (en optant pour la fondation gravitaire) et la pose de câbles engendreront la perturbation de sédimentation. Les principales incidences lors de la phase opérationnelle sont les changements au niveau de la pêche suite à l'introduction de substrats durs.

Hormis ces incidences négatives sur la pêche, le développement du parc éolien engendre également des opportunités, c'est-à-dire la création des lieux d'incubation et des zones naturelles protégées. L'interdiction de pêcher au sein d'un territoire empêchera en outre inévitablement l'influence perturbatrice du chalut retournant le fond et attrapant les organismes (Dayton *et al.*, 2002; Lindeboom 2002).

Il y a pour finir l'incidence positive d'un territoire fermée à la pêche dans la zone en question. Il ressort d'une étude scientifique (Roberts *et al.*, 2001) que des petites réserves (10-25 km²) marines peuvent également avoir une influence positive significative sur la pêche dans les environs. Cette influence peut engendrer une hausse importante (46-90%) des prises dans les zones limitrophes durant une période relativement courte de cinq ans. Bien que l'applicabilité de ces données dans le cas spécifique de la PBMN doit encore être prouvée, il existe un important consensus au sein du monde scientifique concernant le 'spill-over effect' des territoires marins protégés, qui au sein d'un réseau de réserves marines peut être encore plus intense.

0.4.6.2.2 Activités militaires

A cause de la communication régulière avec les instances compétentes de la Marine, de l'intensité limitée des activités militaires et des modifications récentes des territoires militaires, aucune incidence n'est attendue suite au projet Rentel.

0.4.6.2.3 Câbles et pipelines

Comme au sein du territoire de concession, la zone de sécurité requise (réduite) par rapport au câble de télécommunication Rembrandt 2 est respectée, l'on peut considérer qu'il n'y aura aucune incidence sur les câbles et les pipelines suite à l'implantation et à l'exploitation du parc éolien.

Le câble d'exportation devra en fonction de l'alternative choisie croiser les différents câbles de télécommunication, la conduite de gaz Interconnector et Seapipe et les câbles d'exportation des parcs déjà réalisés. L'on s'attend toutefois à ce que les mesures nécessaires soient prises afin d'éviter l'endommagement des câbles et des pipelines.

0.4.6.2.4 Extraction de sable et de gravier

Le domaine de concession Rentel se trouve à une distance suffisante des zones de contrôle et de la zone d'exploration 4. La route occidentale proposée pour le câble d'exportation à la limite de la zone de concession belge se trouve en revanche également à la limite de la zone de contrôle 1A. A cet endroit, il n'y a que peu d'extraction et cet emplacement est surtout prévu comme territoire de référence pour les activités éoliennes. L'on ne s'attend par conséquent pas à des conflits et l'incidence du parc éolien sur l'extraction de sable et de gravier peut être considérée comme inexistante.

0.4.6.3 Mesures atténuantes

Aucune mesure atténuante ni compensation est proposée lors du développement du parc éolien Rentel en ce qui concerne les autres utilisateurs.

0.4.7 Risques et sécurité

La description de la situation de référence et l'analyse des incidences pour le trafic maritime, la pollution d'huile et pour la communication de navire sont abordées dans la partie 'incidences cumulatives' (paragraphe 0.4.9 du résumé non technique).

Ce chapitre abordera uniquement les aspects de la sécurité des installations.

0.4.7.1 Situation de référence et développement autonome

Cette partie aborde brièvement les risques en matière de sécurité des installations elles-mêmes et les conséquences éventuelles d'un incident. L'identification des risques en matière de sécurité liés à l'infrastructure du parc éolien est basée sur des données d'ouvrages spécialisés. Les risques décrits valent pour toutes les alternatives de configuration. Les risques de travail ne sont pas traités dans le RIE.

Pour l'instant, il n'y a pas encore d'installations à hauteur du domaine de concession Rentel.

0.4.7.2 Description et évaluation des incidences environnementales

Les éoliennes sont aujourd'hui soumises à différents systèmes de classification. Cela vaut également pour les éoliennes du présent projet. Afin d'appartenir à une certaine classe, les turbines sont certifiées dans leur intégralité et au niveau de leurs éléments (pales, gondole, installation électrique,

mât, fondation…). Les éoliennes disposent d'une certification type conforme à l'IEC 61400 ou à quelque chose de similaire.

Il ressort de la valeur d'anticipation recommandée par SGS que la fréquence de défaillance est la plus élevée pour les petits éléments de la gondole, soit 0,0012 par an, ce qui équivaut à une fois tous les 833 ans. Pour les autres éléments le risque de défaillance est encore plus bas. Ce risque est donc particulièrement restreint et les incidences en matière de défaillance des installations sont acceptables.

En ce qui concerne la sécurité, il est important de vérifier dans quelle mesure les objets et les activités se trouvant à proximité des turbines, peuvent être touchés par exemple par une pale de rotor cassée. La distance de rejet maximale durant une situation dépassant le mode de fonctionnement normal semble pour une éolienne de 3 MW être d'environ 440. Pour une éolienne de 6 MW et de 10 MW, l'on s'attend à ce que la distance de rejet sera du même ordre de grandeur. Un tel risque est en principe couvert par la zone de sécurité de 500 m pour les bateaux autour du parc éolien. .

Des précautions afin de protéger l'environnement appartiennent à l'équipement standard des de éoliennes et de l'OHVS. La fuite de liquides (huile, graisses, etc.) venant des installations est évitée ou limitée par la présence de différents systèmes de récupération (bacs de récupération, rebords, encuvages) tout comme par le mode de construction des parties des installations. Ceci n'est pas le cas lorsqu'une éolienne tombe suite à des conditions climatiques extrêmes ou suite à une collision par des bateaux. Dans ce cas, lorsque les réservoirs ou les conduites cassent ou se déchirent lors de l'accident, les huiles et les graisses présentes dans la turbine peuvent se libérer et se répandre dans l'environnement. Etant donné la classification existante et les systèmes de certification, le risque qu'une turbine tombe d'elle-même durant la durée de vie du projet n'est pas inexistant mais est très faible. La quantité d'huiles présentes dans la turbine s'élève environ à 1.000 litres par turbine (armoire de roue dentée, système hydraulique). L'on réfère en ce qui concerne une description des risques et des incidences par collision/propulsion des éoliennes par les bateaux à la partie 'incidences cumulatives' (paragraphe 0.4.9 du résumé non technique).

0.4.7.3 Mesures atténuantes

Là où dans le cadre de fuites des quantités significatives d'huile ou de graisse sont déversées en mer, des capteurs adéquats peuvent être prévus aux endroits indiqués tout comme des inspections régulières afin de détecter rapidement les fuites.

Lorsque suite à une défaillance ou un accident, des matériaux ou des matières se retrouvent en mer formant une menace pour l'environnement, il faut essayer d'enlever le plus rapidement possible ces matériaux ou ces matières et de les traiter ou bien de les dépoter selon la réglementation en vigueur.

0.5 INCIDENCES CUMULATIVES

0.5.1 Introduction

Les possibles incidences d'une combinaison de plusieurs éoliennes peuvent de concert avec d'autres activités humaines en mer engendrer une accumulation d'incidences. Il peut s'agir d'une addition relativement simple de toutes les incidences des activités séparées, mais il est également possible que certaines incidences se renforcent ou s'éliminent partiellement ou entièrement. Pour finir, il est également possible que des incidences séparées doivent bien être comptabilisées, mais que cela n'engendre aucun problème significatif en ce qui concerne la vie sur et en mer et les habitats

concernés, jusqu'à ce qu'un seuil inconnu soit dépassé, après quoi des problèmes significatifs peuvent apparaître soudainement. Dans ce dernier cas, il est bien question d'une réponse non linéaire.

Ce chapitre aborde les possibles incidences cumulatives suite aux quatre parc éoliens actuellement autorisés dans la partie belge de la mer du Nord (Northwind + Belwind + C-Power + Norther) en combinaison avec le parc éolien Rentel.

C-Power NV détient les permis nécessaires afin de construire au niveau du Thorntonbank un parc éolien et de l'exploiter durant 20 ans. En 2008, les six premières turbines de 5 MW ont été installées (fondations gravitaires) et elles sont actuellement déjà opérationnelles. Au mois de mars 2012, la seconde phase a débuté avec la construction de 30 turbines de 6,15 MW (fondations de type jacket) et en 2013 les 18 dernières turbines de 6,15 MW seront placées (fondations de type jacket). Au total, une superficie de 19,9 km² sera nécessaire afin de garantir une puissance installée maximale de 325 MW.

Belwind a obtenu les permis nécessaires pour un projet éolien de grande envergure (363 MW) au niveau du Bligh Bank. Une concession de domaine a été obtenue pour une superficie de 35,4 km². Le parc éolien sera composé de 110 turbines de 3 MW. Actuellement 5 turbines (avec des fondations de type monopylône) sont déjà opérationnelles. Les 55 turbines restantes seront vraisemblablement placées à l'aide de fondations de type monopylône.

Northwind a obtenu une concession de domaine pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien de 72 turbines (superficie totale : 14,30 km²) situé au niveau de Lodewijkbank à environ 38 km de la côte belge, avec une puissance installée commune de 216 MW; la puissance individuelle des éoliennes s'élèvera à 3 MW. L'on utilisera vraisemblablement pour toutes les turbines la fondation de type monopylône.

Norther a obtenu le 18 janvier 2012 un permis environnemental pour la construction d'un parc éolien au sud-ouest du Thorntonbank. Ce parc de 44 km² se trouvera le plus proche de la côte belge, à environ 21 km. La configuration exacte n'est pour l'instant pas encore connue mais la puissance installée totale s'élèvera à 320 voire 420 MW, et le nombre de turbines variera entre 47 et 86.

Pour finir, Seastar a également obtenu une concession de domaine pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien, mais comme la procédure de permis n'a pas encore été initiée, ce parc n'est pas abordé ici.

Seules ces incidences ayant une influence (positive ou négative) non négligeable quant à une certaine discipline seront abordées. L'on suppose en effet que lorsque une certaine incidence est totalement négligeable au niveau de l'environnement pour chaque parc éolien séparé, l'incidence cumulative sera négligeable. Il peut être dérogé à cette règle lorsque les incidences des parcs éoliens séparés se rapprochent d'un certain seuil, positionnant l'incidence cumulative dans un tout autre ordre de grandeur d'incidences (moyen voire significatif).

0.5.2 Sol

En optant pour la fondation gravitaire pour les parcs éoliens Rentel et Norther (le worst case scenario), environ 8,6 millions m³ de sable seront au total stockés pour les cinq parcs éoliens autorisés suite à l'excavation nécessaire. Pour les autres parcs éoliens, l'on s'est basé sur les décisions actuelles concernant le type de fondation : Belwind et Northwind (monopylône); C-Power (combinaison de fondation gravitaire et fondation de type jacket). Ce stockage est réalisé en phases dans le temps : la construction par parc dure 2 ans, la période de construction par parc éolien

différera. En comparaison, au niveau de la PBMN, ces dernières années un volume annuel d'environ 1,9 millions m³ d'extraction de sable et de gravier a été utilisé commercialement parlant et a été dispersé à un certain nombre d'endroits. Environ 16 millions m³ ont été dragués et déversés à nouveau dans la mer au niveau des points de dépôt prévus. L'incidence cumulative sera plus restreinte que la somme des incidences individuelles.

L'impact sur la morphodynamique de la PBMN par la pose de câbles est négligeable. Une installation commune de câbles (trajets se trouvant proches) signifie un impact plus faible que lorsque chacun des quatre projets emprunte différents trajets. L'érosion locale par les constructions est contrecarrée par tous les parcs éoliens par la mise en place préalable d'une protection contre l'érosion (à l'exception des fondations de type jacket). En optant pour les monopylônes, l'on peut conclure que la protection contre l'érosion est dans tous les cas assez grande. En optant pour les fondations gravitaires, il existe une certaine incertitude à cause du manque de recherches scientifiques et d'expérience pratique et c'est pourquoi les initiateurs prennent une plus grande marge de sécurité au niveau des dimensions de la protection contre l'érosion. L'incidence cumulative est certainement plus petite que la somme des incidences individuelles. Si une érosion locale survient quand même, cette incidence peut d'une façon assez simple être effacée en effectuant des réparations et en déversant plus de protections contre l'érosion.

En enlevant la protection contre l'érosion, un puits sera en fait créé au niveau de chaque fondation. En fonction des connaissances actuelles, il est impossible d'évaluer le temps et la place nécessaire afin de réparer ces puits de fondation. L'incidence cumulative ne sera pas plus grande que la somme des incidences individuelles.

0.5.3 Eau

La construction de la fondation engendrera une hausse locale et temporaire de la turbidité. Celle-ci sera la plus grande pour l'alternative de configuration Rental 1 disposant de 78 fondations gravitaires. En revanche en comparaison avec les concentrations de turbidité survenant naturellement lors des tempêtes, cela est évalué comme une incidence acceptable malgré le scénario cumulatif scenario. L'incidence cumulative sera la somme des incidences individuelles.

L'impact sur la turbidité quant à la pose de câbles de parc et d'exportation est considéré comme très temporaire et local, surtout en comparaison avec cet impact durant l'installation de fondations (voir plus haut). L'incidence est également évaluée comme étant acceptable.

0.5.4 Climat et atmosphère

Une importante incidence lors de la phase opérationnelle sont les émissions évitées sur la terre suite au fait que la production d'électricité nette des parcs éoliens ne doive pas être réalisée par une production classique, étant ou non combinée avec le nucléaire.

D'ici la fin 2012, un Vlaams Klimaatplan sera mis au point afin d'optimiser les objectifs flamands dans le but d'obtenir une réduction de CO_2 de 30% d'ici 2020. Les émissions évitées par les cinq parcs éoliens y contribueront grandement.

0.5.5 Bruit et vibrations

Le bruit provoqué par l'enfoncement des poteaux de fondation peut sous l'eau se propager jusqu'à une distance relativement grande avec seulement une faible atténuation. Mais comme lors de

l'enfoncement un bruit d'impulsion (non continu) est émis et que les activités d'enfoncement ne surviennent que temporairement, l'incidence cumulative ne sera pas plus grande que la somme des incidences par parc éolien. Le risque que l'impulsion de l'enfoncement à hauteur des différents parcs survienne en effet au même moment est très restreint.

En draguant, le son subaquatique peut être perçu jusqu'à une distance relativement grande (dépassant les parcs éoliens) avec un faible étouffement sonore. Comme le dragage ne survient que temporairement et uniquement dans le cas de la moitié de la jacket et les lieux de fondation monopylône, et en optant pour une fondation gravitaire, l'incidence cumulative ne sera pas plus grande que la somme des incidences par parc éolien.

Lors de l'exploitation, le son subaquatique des éoliennes se limite au territoire entre les turbines et ne dépasse pas la limite de sécurité de 500 m autour du parc éolien; l'incidence cumulative est par conséquent égale à la somme des incidences individuelles.

Lors du fonctionnement cumulatif des parcs éoliens au sein d'une situation modérément perturbatrice, il n'y aura au-dessus de l'eau uniquement un niveau sonore accru dans les zones entre les parcs éoliens par rapport à la situation de fonctionnement individuel de chaque parc éolien, l'incidence cumulative sera par conséquent plus grande que la somme des incidences par parc éolien.

0.5.6 Faune, flore et biodiversité

Pour la plupart des incidences sur le benthos et les poissons (perte/perturbation de biotope, perte d'organismes, introduction de substrat dur, bruit et vibrations), il prévaut que l'incidence cumulative équivaut à la somme des incidences séparées par parc éolien. Celles-ci sont en outre souvent proportionnelles à l'espace emprunté. La superficie totale des cinq parcs réunis (comprenant les zones de sécurité) reste relativement petite par rapport à la PBMN. Comme la plupart des incidences ne surviennent qu'au niveau d'une petite partie des concessions de domaine (gravitaire > monopylône/jacket), l'on peut conclure qu'en règle générale les incidences seront acceptables. Il règne encore une grande incertitude quant à l'importance de l'incidence cumulative de la perturbation sonore et du rayonnement électromagnétique suite au câblage. Des contrôles approfondis sont indiqués.

En ce qui concerne les oiseaux, l'on peut s'attendre à ce que la présence d'un grand nombre de parcs éoliens dans une zone relativement restreinte peut engendrer une mortalité légèrement accrue des oiseaux marins au niveau de la population. Même s'il n'y aura vraisemblablement que relativement peu de victimes de collision, cela peut quand même à court terme avoir une incidence significative sur la population de certaines espèces (Drewitt & Langston, 2006). La présence des parcs éoliens peut en outre signifier la perte de l'habitat d'espèces d'oiseaux marins sensibles aux perturbations. Cela est en effet surtout le cas lors de la période hivernale durant laquelle un grand nombre d'oiseaux marins se concentrent sur la PBMN avant de partir pour les zones de couvaison. La présence des parcs peut en outre engendrer une diminution de la zone fourragère pour certaines espèces d'oiseaux sensibles aux perturbations ou entraîner un effet-barrière qui est surtout d'importance pour les oiseaux migrateurs. Ces incidences cumulatives ne peuvent en revanche pas être évaluées de manière univoque sur base des données actuelles. Des études supplémentaires sont nécessaires.

Pour les mammifères marins, l'on s'attend à ce que la plupart des incidences cumulatives (perturbation, son, présence physique, parcs éoliens, modification de la disponibilité alimentaire …)

équivalent à la somme des incidences séparées. Il y a cependant beaucoup de lacunes au niveau de la connaissance.

0.5.7 Vue sur la mer et patrimoine culturel

Les activités de construction d'un parc éolien peuvent avoir une incidence sur l'expérience des touristes, des habitants et des pêcheurs. Le trafic maritime augmentera et les activités de construction en mer influenceront également la vue sur la mer. Les périodes de construction peuvent partiellement se chevaucher réduisant la durée de la perturbation, mais engendrer une intensité accrue de la perturbation. D'un autre côté, les travaux peuvent également être considérés comme une attraction touristique supplémentaire. Hormis cet élément, l'incidence cumulative peut être évaluée comme peu négative.

A partir de la côte, les turbines de C-Power et de Norther seront uniquement visibles. Il ressort d'une enquête de Grontmij (2010) concernant l'acceptabilité de la vue simulée des trois parcs autorisés à cette époque (C-Power, Belwind et Northwind) que 78% des personnes interrogées considéraient la vue comme acceptable. En voyant une simulation de la pire des possibilités représentant un domaine de concession complètement rempli par des éoliennes, la vue a encore été considérée comme étant acceptable par 62% des personnes interrogées. Comme les différents parcs sont construits en phases, il est possible qu'une accoutumance lente s'opère par rapport au paysage changeant. L'incidence cumulative est également considérée comme étant acceptable.

Le long des tracés pour les câbles d'exportation se trouvent quelques épaves. En s'efforçant d'éviter au maximum les épaves de bateaux en utilisant un side-scan sonar survey préalable (ou une étude similaire) le long du trajet, l'incidence sur le patrimoine culturel maritime sera réduite au maximum. L'incidence cumulative en prévoyant le câblage des quatre parcs éoliens sur le patrimoine archéologique maritime est en outre réduite en réunissant le plus possible les tracés de câbles des différents projets.

0.5.8 Interaction avec des activités humaines

En remplissant toute la zone de concession avec des éoliennes, cela limite un pourcentage plus élevé de possibilités de pêche dans cette région. Si nous nous basons sur une évaluation approximative estimant qu'il est possible de pêcher dans 85% de la PBMN (Ecolas, 2003), cela équivaudrait à une perte supplémentaire pour la pêche traditionnelle d'environ 7% suite aux cinq parcs éoliens. La contribution de la zone de concession Rentel n'est que très limitée; surtout en ce qui concerne les zones se trouvant proches de la côte et les bancs de sable sont plus intéressants en tant que territoire de pêche et ont en ce sens un impact plus important sur le secteur. Dekker *et al.* (2009) ont calculés que la fermeture des parcs éoliens (et également les territoires marins protégés) n'aura qu'une incidence minimale sur la quantité de poissons pêchée et donc sur la pêche. La mariculture offre également des possibilités afin de remplacer partiellement l'activité économique de la pêche. La fermeture d'un grand territoire uni peut en outre avoir comme conséquence que la durée de navigation des bateaux de pêche augmente.

Hormis la perte spatiale, les incidences cumulatives à court et à moyen terme lors de la phase de construction et de la phase opérationnelle sur les poissons peuvent jouer un rôle pour le secteur de la pêche. De possibles incidences cumulatives négatives sont engendrées par l'enfoncement des poteaux (monopylône, fondations de type jacket) et par la création de rayonnements électromagnétiques (câbles). Pour l'instant, il existe encore beaucoup d'incertitude quant à l'impact de ces incidences. Pour l'instant, cette incidence est évaluée comme légèrement négative (son de

l'enfoncement durant la construction) voire peu négative (rayonnement électromagnétique), mais des études approfondies sont souhaitables. A condition d'utiliser des mesures atténuantes, les deux incidences peuvent être considérées comme acceptables.

Une interdiction de pêcher et de naviguer dans la zone peut en outre avoir une incidence positive sur les populations de poissons. L'introduction des substrats durs peut engendrer une augmentation de la population de poissons.

Le contrôle exhaustif au niveau de la zone de concession contribuera de manière positive aux connaissances scientifiques de la PBMN. La possibilité d'étude scientifique entre l'industrie éolienne offshore et les universités belges et d'autres institutions scientifiques offre de nouvelles opportunités. L'incidence cumulative sur l'étude scientifique est donc évaluée comme légèrement positive.

0.5.9 Risques et sécurité

L'on s'attend à ce que les principales incidences cumulatives pour la discipline Risques et sécurité seront d'application pour les éléments 'Trafic maritime' et 'Radar et communication de navire'. C'est pourquoi, l'on abordera uniquement ces aspects.

Dans les études de sécurité de MARIN (2011a, 2011b), deux scénarios cumulatifs ont été examinés. Le scénario 1 comprend Norther, Belwind, Northwind et C-Power, alors que dans le cadre du scénario 2 les deux parcs éoliens pour lesquels à l'époque une concession de domaine a été obtenue, ont été rajoutés, c'est-à-dire Rentel et Seastar. Au sein de l'étude supplémentaire MARIN (2011b), l'incidence de l'intégration ou pas d'un triangle supplémentaire du côté sud de la zone de concession (scénario 2A, sans triangle, scénario 2B avec triangle) a été quantifiée.

0.5.9.1 Trafic maritime

0.5.9.1.1 Situation de référence et développement autonome

La partie belge de la mer du Nord est caractérisée par un trafic maritime très intense. La route de navigation principale est orientée est-ouest en direction de l'Escaut (Zeebrugge).

Il ressort d'études précédentes (Ecolas, 2003; Le Roy *et al.*, 2006, DNV, 2008) que l'estimation des accidents maritimes dans les eaux territoriales belges constitue un calcul très difficile. Les chiffres varient de plusieurs collisions par an à moins de 0,0005/an en fonction de la zone considérée, du type de bateau et du type d'accident (collision/propulsion, avec un bateau/plateforme) pris en considération. Il est difficile d'évaluer les risques réels d'accident au sein de la PBMN. Il semble en outre que ce sont surtout les bateaux RoRo (Roll on/Roll off), moins les cargos et les conteneurs qui sont concernés par la collision entre 2 navires (DNV, 2008).

Il semble en outre qu'il existe une grande variation en ce qui concerne l'estimation du nombre d'accidents pouvant effectivement engendrer une pollution. L'étude RAMA (Le Roy *et al.*, 2006) mentionne que le risque d'un accident de déversement de marchandises dangereuses (pollution) est estimé à une fois tous les 3 ans. Ce chiffre est plutôt considéré comme une surestimation à cause de différentes raisons (entre autres les caractéristiques du modèle en combinaison avec le système de banc de sable). MARIN (2011a) a calculé que le risque équivalait à une fois tous les 31 ans. Ecolas (2003) mentionne que BMM considère 3 incidents engendrant une pollution tous les 100 ans, ou une fois tous les 30 ans environ, comme étant un risque acceptable.

Une évaluation de ces estimations par rapport à la réalité montre que durant les 40 dernières années, l'on a dénombré environ 30 incidents avec de l'huile engendrant un risque potentiel pour la côte belge. Les volumes perdus varient cependant entre 10.000 tonnes et moins de 10 tonnes. La moitié

de la pollution a été causée par le mazout, l'essence, les 'crudes', alors que l'autre moitié n'est pas identifiée. Cela a donc eu comme conséquence que la moyenne des quantités perdues s'élevait environ à 1.500 tonnes pour toute la zone polluée et à 500 tonnes pour la PBMN. Cette grande quantité est principalement imputable à l'accident du British Trent (1993) déversant environ 5.000 tonnes en mer. Une analyse excluant cet accident donne pour la PBMN une quantité moyenne perdue d'environ 50 tonnes.

A cause de l'incertitude, ces chiffres doivent être interprétés avec la plus grande des prudences. Comme il n'existe apparemment aucune conclusion univoque concernant les risques d'accidents et incidents au niveau de la partie australe de la mer du Nord, la comparaison avec le risque supplémentaire engendré par le projet sera difficilement interprétable.

0.5.9.1.2 Analyse et évaluation des incidences cumulatives

Le risque de collision au niveau des éoliennes par des navires obligés de suivre une route et ceux n'étant pas obligés de le faire est pour le parc éolien Rentel relativement restreint (une fois tous les 46 ans), en comparaison avec les parcs aux extrémités NO et SE de la zone de parc éolien belge (une fois tous les 15 ans pour Belwind et une fois tous les 11 ans pour Norther). Le risque total de collision et de propulsion au niveau du parc éolien Rentel n'est que de 8,2% du risque total de collision et de propulsion de tous les parcs éoliens du scénario 2B. Le risque total de collision et de propulsion suite à tous les parcs réunis est évalué à une fois tous les 4 ans (MARIN, 2011b).

Le risque de collision et de propulsion est surtout déterminé par le nombre de turbines, dans une moindre mesure par ses dimensions. L'incidence cumulative des différents parcs éoliens (augmentation du nombre de turbines) quant à une collision au niveau des turbines est au maximum équivalente à la somme des incidences de chaque parc séparé. L'incidence cumulative sera vraisemblablement même plus petite, parce qu'à cause des flux de trafic circulants lors de la fermeture d'un parc, le nombre d'éoliennes pouvant être heurtées est réduit.

Les différences en matière de risque de collision/propulsion entre le scénario 1 et le scénario 2B ne sont pas tellement grandes (2,4%). Cette petite différence est causée par le petit flux de trafic suivant la route Thornton en naviguant de et vers Maas West (à travers la zone de concession de Rentel et de Seastar) et qui conformément au scénario 2B doit faire un détour en naviguant au sud de Norther, par le biais de Westpit (MARIN, 2011b). Le plus grand risque de collision vaut pour les éoliennes du côté sud-ouest du parc éolien Norther (se trouvant le plus proche de la route de et vers Maas West).

Au niveau de la PBMN, le nombre de bateaux n'augmentera vraisemblablement pas suite à la modification des flux de trafic selon le scénario 2B, par rapport à un scénario de base (Belwind, Northwind, C-Power). Les différences sont les plus importantes pour les navires-citernes chimiques (+0,07%) et les pétroliers (+0,13%).

Le nombre de bateaux mêlés à une collision augmentera de 0,13%, par la situation de trafic changeante dans le cadre du scénario 2B, par rapport au scénario de base. Le risque de collision augmente de manière exponentielle à cause de l'intensité. L'incidence cumulative de la construction de parcs éoliens, augmentant de manière continue la densité des routes de navigation autour de la zone de parcs éoliens belge, sera donc supérieure à la somme des incidences de chaque parc séparé.

Le risque de blessure physique lors d'une collision ou d'une propulsion est particulièrement restreint. Les critères au niveau du risque externe, aussi bien le risque individuel que le risque de groupe, sont largement respectés.

Le risque de fuite de mazout de soute et d'huile de chargement au niveau de la PBMN s'accroît de 7,4% suite au risque de collision au niveau d'une turbine du parc éolien Norther dans le cadre du scénario 2B. Le risque de fuite de mazout de soute et d'huile de chargement au niveau de la PBMN suite au risque de collision au niveau d'une turbine du parc éolien Rentel dans le cadre du scénario 2B est plus restreint à cause de la situation du parc au milieu de la zone de parcs éoliens belge.

La fuite d'huile modelée est une approche 'worst case'. Comme le pourcentage de navires-citernes à double conque augmente, le risque de fuite d'huile après une collision au niveau d'une éolienne diminue.

Il ressort de simulations de Dulière et Legrand (2011, in: BMM, 2011b) qu'en cas de conditions météorologiques rudes (vent de 17 m/s), l'huile peut atteindre la zone néerlandaise en moins de 3h et les côtes françaises en environ 18h après le déversement. Les zones sensibles belges (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) peuvent être impactées endéans les 6h. La Vlakte van de Raan et la Voordelta peuvent être atteintes endéans respectivement environ 3h et 6h après déversement. Un premier échouement peut être attendu 6h après le déversement à proximité de Zeebrugge et endéans environ 12h à un autre endroit de la côte belge. L'huile peut atteindre les côtes néerlandaises et françaises endéans les 12h après déversement en ce qui concerne les zones limitrophes à la zone belge et plus tard pour les zones plus lointaines (environ 24h pour Dunkerque et 24-36h pour Den Haag). Il y a donc un laps de temps relativement court pour intervenir en cas de déversement d'huile.

Surtout la faune aviaire, et vraisemblablement aussi les mammifères marins, sera touchée par les principales incidences à court terme de la pollution à l'huile. L'impact de la fuite au niveau des populations d'oiseaux est d'une part tributaire des espèces présentes, de leur densité et de leur vulnérabilité et d'autre part de la surface polluée. Hormis les victimes directes suite à une catastrophe, il y a vraisemblablement aussi des conséquences négatives pour la population (incidence de longue durée). Il n'est cependant pas toujours facile de distinguer l'incidence de la catastrophe des fluctuations naturelles au niveau de la population.

Au niveau des conclusions mentionnées ci-dessus, il faut tout de même tenir compte du fait que de telles incidences dépendent fortement des circonstances géographiques, physiologiques, chimiques et météorologiques pouvant influencer la pollution à l'huile. Les incidences cumulatives de la pollution en cas de présence de plusieurs parcs éoliens seront vraisemblablement plus grandes que la somme des incidences de chaque parc séparé. Le nombre accru d'éoliennes de chaque parc rendra l'endiguement plus difficile parce que les navires de lutte anti-pollution devront manœuvrer de manière plus précautionneuse.

0.5.9.2 Radar et communication de navire

0.5.9.2.1 L'impact sur les observations des stations de radar à quai SRK

Il n'y aura pas de réelles modifications en ce qui concerne le suivi du trafic maritime dans le cadre de la réalisation des parcs éoliens offshore au sein du domaine de concession belge délimité, aussi bien au niveau des stations de radar SRK flamandes que néerlandaises.

Il faut par contre remarquer que les routes de navigation secondaires changeront et que cette modification mérite une attention toute particulière en ce qui concerne la sécurité du trafic maritime sur ces routes modifiées.

0.5.9.2.2 L'impact sur les observations du radar de bateau

En règle générale, l'on peut affirmer que dans le cadre du fonctionnement opérationnel du radar de bateau, il n'y a pas de changements réels au niveau du suivi du trafic maritime lors de la réalisation

complète de tous les parcs éoliens offshore au sein du domaine de concession délimité de la PBMN. La plupart des phénomènes sont déjà connus actuellement lorsqu'un objet suffisamment grand (en l'occurrence un autre bateau) se trouve à proximité du propre radar de bateau. Dans la plupart des cas, il s'agit même d'un mât ou d'un autre objet se trouvant à bord du propre bateau qui constitue la cause d'une image fautive. Les opérateurs radar à bord connaissent suffisamment bien ces phénomènes. Il faut uniquement remarquer que pour le suivi du trafic maritime au sein du parc éolien ou pour le suivi à partir du parc éolien il est possible que des zones mortes surviennent directement derrière les éoliennes. Mais la transparence reste entre-temps suffisamment garantie.

0.5.9.2.3 L'impact sur la communication VHF et les systèmes mariphones similaires (AIS, RDF)

En ce qui concerne les stations radio VHF, il n'y aura pas des changements réels au niveau du territoire belge ou néerlandais en ce qui concerne le suivi du trafic maritime dans le cadre d'une réalisation complète de tous les parcs éoliens offshore au sein du domaine de concession délimité de la PBMN. Cela vaut aussi bien pour le fonctionnement du système AIS que pour le système RDF.

Il faut à nouveau prêter une attention toute particulière aux routes de navigation secondaires autour des parcs éoliens offshore en ce qui concerne la sécurité du trafic maritime. La communication radio à travers des parcs éoliens entre bateaux sera en effet quasiment impossible.

0.5.9.2.4 Conclusion

En règle générale, l'on peut donc affirmer que la réalisation et l'implantation du parc éolien offshore singulier Rentel n'aura aucune influence notable sur la surveillance et sur la communication du trafic maritime, comme cela est le cas pour l'instant. De possibles effets cumulatifs engendrés par plusieurs parcs éoliens au sein du domaine de concession délimité de la PBMN, seront d'abord déterminés par les effets des projets Norther et C-Power devant et sur le Thorntonbank, puisque ces territoires se trouvent au sein de la zone active des stations de radar SRK flamandes et néerlandaises tout comme des stations radio VHF.

Il faut en outre remarquer que cette étude n'aborde que les effets de la surveillance radar SRK du trafic maritime, l'observation radar pour le radar de bateau et la communication radio VHF (bateau/quai et bateau/bateau). La surveillance du parc éolien en question (et des différents autres parcs éoliens) n'a pas été traitée au sein de cette étude. Pour ce faire, il faut bien évidemment prendre des mesures adaptées, surtout afin de suivre de manière adéquate le trafic maritime autour de la partie se trouvant plus vers la mer du domaine de concession délimité de la PBMN. Il est par exemple possible d'installer une installation radar supplémentaire à un endroit adapté et avec éventuellement une portée limitée. Il est cependant évident qu'une telle installation radar supplémentaire peut et pourra 'desservir' immédiatement tous les parcs éoliens offshore(Norther, C-Power, Rentel, Northwind, Belwind et éventuellement d'autres initiatives).

0.6 INCIDENCES TRANSFRONTALIÈRES

0.6.1 Climat

Juste derrière le parc éolien, la vitesse du vent peut descendre de 40% et même aller jusqu'à 100% lorsque les turbines sont placées les unes à côté des autres.

Si l'on tient en revanche suffisamment compte de la distance entre les parcs belges et néerlandais, l'incidence sur le vent restera restreint. Il est à conseiller de réaliser d'autres études quant aux 'incidences d'ombre' des parcs éoliens.

0.6.2 Son et la vue sur la mer

Etant donné la grande distance jusqu'à la côte néerlandaise (env. 30 km), les éoliennes du projet Rental n'engendreront aucune nuisance visuelle et sonore.

Au-dessus de l'eau à la frontière néerlandaise, l'on s'attend à un son spécifique d'environ 50 dB(A).

0.6.3 Faune et flore

Il y a deux zones Natura 2000 de l'autre côté de la frontière néerlandaise à moins de 20 km du parc éolien Rentel : la Vlakte van de Raan et la Voordelta.

Les incidences sur le benthos, les poissons, les oiseaux et les mammifères marins dans les zones de Natura 2000 sont considérées comme acceptables à cause de la nature temporaire et locale de la perturbation, de la grande distance par rapport aux colonies de phoques dans la Nederlandse Delta, de la zone étendue de fourrage des phoques et des oiseaux et à cause de la vaste zone de répartition des marsouins.

0.6.4 Risques et sécurité

La densité des bateaux au sein des flux maritimes autour des parcs éoliens augmentera. Ceci est également le cas sur le territoire néerlandais. Cela accroît aussi les risques d'accidents maritimes et de pollution à l'huile.

En passant par les parcs éoliens belges, les frais économiques et l'émission de CO2 augmenteront aux Pays-Bas.

0.6.5 Conclusion

Etant donné la position et la distance de l'implantation par rapport à la frontière, l'on ne peut s'attendre qu'à quelques incidences limitées vers les Pays-Bas. Etant donné la distance par rapport à la côte néerlandaise, les incidences peuvent être considérées comme acceptables.

0.7 CONTRÔLE

Le contrôle doit permettre de détecter d'éventuels changements dans l'écosystème suite à l'implantation du parc éolien. Comme actuellement différents parc éoliens sont opérationnels au sein de la zone de concession de vent juridiquement délimitée, il est nécessaire de mettre en phase les différents programmes de contrôle.

Dans les différents chapitres thématiques du présent RIE, des propositions en matière de contrôle sont formulées. Ces propositions sont principalement basées sur les différents RIE réalisés pour les parcs éoliens de C-Power, Northwind, Belwind et Norther (Ecolas NV, 2003 et 2004; Arcadis, 2007, 2008 et 2011) et les évaluations d'incidences environnementales (EIE) effectuées par les autorités gouvernementales pour les mêmes projets (BMM, 2004, 2006a, 2007, 2009 et 2011).

0.8 CONCLUSION

Rentel NV a obtenu une concession de domaine pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien offshore à environ 31 km de la côte. Le parc prévu sera construit le long de la frontière avec les Pays-Bas dans la Zuidwest-Schaar. La puissance installée commune du parc éolien Rentel s'élèverait à maximum 550 MW. Le parc générera annuellement un rendement d'environ 900 GWh à 1.700 GWh, ce qui équivaut à une consommation annuelle moyenne d'environ 286.000 à 550.000 ménages normaux. Grâce à la réalisation du parc éolien, les objectifs du gouvernement sont remplis en matière d'énergie durable.

La procédure des rapports en matière d'incidences environnementales avec l'évaluation des incidences environnementales s'y rattachant est parcourue au profit de la prise de décision quant à la demande de permis. Ce RIE sert à étayer la demande de permis et traite aussi bien la construction, l'exploitation, le démantèlement que la pose de câble du parc éolien Rentel. Au sein de ce RIE, les incidences environnementales pour les éoliennes seront abordées au sein d'un domaine d'application de 4 MW à 10 MW. Trois différentes alternatives de fondation sont étudiées (monopylône, jacket, gravitaire). En tenant compte de ces éléments, un certain nombre d'alternatives (configurations + type de fondation) ont été après concertation avec l'administration retenues pour le parc éolien Rentel. Celles-ci seront abordées de manière détaillée dans les différents chapitres. Le nombre d'éoliennes varie en fonction de l'alternative choisie : la configuration de base (47 MP/JF/GBF * 6,15 MW); configuration 1 (78 MP/JF/GBF * 4 - 6,5 MW); configuration 2 (60 MP/JF/GBF * 6,5 - 7,5 MW); configuration 3 (55 JF/GBF * 7,5 - 10 MW). L'énergie est ensuite transportée par le biais de câbles souterrains (pour le trajet en mer, les câbles ont été enterrés dans le fond marin) en direction de Zeebrugge ou de la plateforme alpha d'Elia Offshore. Le contrôle nécessaire pour la surveillance et la commande du parc éolien est également prévu tout comme la délimitation et le marquage exigés pour le trafic aérien et maritime. Le parc éolien sera construit en deux phases et une durée d'exploitation de minimum 20 ans est prévue.

Lors de la phase de construction, il y aura une perturbation environnementale temporaire suite aux activités. En ce qui concerne les fondations gravitaires, une quantité considérable de sable de dragage devra être stockée au sein de la zone de concession. Une perturbation de l'habitat benthique temporaire aura lieu à cause du stockage du sable dragué tout comme une perturbation limitée et temporaire de la faune et des poissons benthiques. Suite aux activités (naviguer, draguer, enfoncer, utilisation d'une grue, …), il y aura temporairement un niveau sonore accru au-dessous et sous l'eau. Il subsiste des incertitudes quant à l'importance de l'impact du son et des vibrations sur la vie marine. Suite à la protection anti-érosion et aux éoliennes, il y aura une perte restreinte au niveau du fond sableux tout comme au niveau de l'habitat. La création de substrats durs engendrera une biodiversité accrue et modifiée. Il est vraisemblable que des espèces et des mammifères marins sensibles aux perturbations quitteront temporairement la zone. Aucune incidence n'est prévue pour les autres utilisateurs au sein de la PBMN.

Lors de la phase opérationnelle, certaines autres incidences surviennent également. L'érosion potentielle à hauteur des éoliennes est empêchée grâce à la pose préalable et au contrôle d'une protection anti-érosion dans le cadre de l'utilisation d'un monopylône ou d'une fondation gravitaire. Le risque de pollution de l'eau et du sol est négligeable. Lors de l'exploitation de ce parc éolien, l'on évite jusqu'à presque 8% d'émissions en matière de gaz à effet de serre en comparaison avec les centrales classiques (incidence significativement positive). Le parc éolien ne sera presque pas perceptible à partir des différentes villes balnéaires, puisqu'il se situe derrière les parcs de Norther et C-Power. A cause du fonctionnement des éoliennes, l'on s'attend également à un son subaquatique

accru à proximité des éoliennes. Au-dessus de l'eau, il y aura également un son accru, qui sera au maximum audible jusqu'à une distance de 5 km. Pour la plupart des sortes de faune, il n'y aura (presque) pas d'incidences. Les espèces d'oiseaux sensibles aux perturbations et collisions peuvent être sujettes à une incidence négative restreinte voire moyenne (collision, perturbation) lors de la phase opérationnelle. Une étude au radar approfondie est en revanche souhaitable afin de confirmer ces estimations provisoires. La présence et le comportement des mammifères marins peuvent être influencés de manière positive ou négative par les vibrations, le son, les travaux d'entretien et les changements au niveau des ressources alimentaires. L'on s'attend à une incidence positive indirecte (pêche accrue) sur la pêche traditionnelle à proximité, en interdisant la pêche au chalutier dans la zone du parc éolien.

En règle générale, l'on peut affirmer que les incidences de la phase de démantèlement sont similaires à celles de la phase de construction, mais que l'intensité de présence sera beaucoup moins élevée. La perturbation sonore persistera, mais restera limitée aux sons produits par le trafic maritime en question et par les activités de démantèlement (scier les éoliennes jusqu'à 2 m sous le fond marin ; enlever les fondations). La perturbation sonore significative suite à l'enfoncement (MP/FJ) lors de la phase de construction n'est donc plus présente lors de la phase de démantèlement. La perte de biotope et la perte en matière d'organismes s'y rattachant reste limitée aux superficies effectivement perturbées lors de la phase de démantèlement. Les incidences vont de (pratiquement) aucune incidence à une incidence négative restreinte, en fonction de l'alternative considérée.

L'influence principale du câblage est la perturbation locale du fond et des organismes qui y vivent. Cette influence sera limitée aux alentours du tracé du câble et disparaîtra après un certain temps (incidence négative restreinte). L'influence des rayons électromagnétiques et du réchauffement local du fond marin (à cause de la chaleur produite par les câbles électriques) sur le benthos, les poissons et les mammifères marins lors de l'exploitation du parc éolien est incertaine, mais se limite aux alentours.

En ce qui concerne les incidences cumulatives (incidences communes des cinq parcs éoliens), l'on abordera que les incidences qui ne sont pas négligeables pour un parc éolien singulier. L'incidence cumulative de ces incidences non négligeables sera en général égale ou inférieure à la somme des incidences individuelles. Si l'on opte pour une fondation gravitaire au niveau du parc éolien Rentel et Norther (d'autres parcs éoliens optent pour MP et/ou FJ), l'on stockera en totalité pour les cinq parcs éoliens réunis presque 8,6 millions de m^3 de sable dans les domaines de concession respectifs suite à l'excavation requise. Les émissions évitées de chaque parc éolien séparé contribuent déjà grandement aux objectifs fixés en matière de réduction de SO_2, NO_x et CO_2. La contribution cumulative est bien entendu encore plus grande et équivaut à la somme des contributions individuelles. Lors de l'exploitation, le son subaquatique des éoliennes reste limité à la zone de sécurité. L'effet cumulatif est par conséquent égal à la somme des incidences individuelles. Il prévaut pour la plupart des incidences sur le benthos et les poissons que l'incidence cumulative constitue la somme des incidences séparées – souvent de manière proportionnelle à l'espace nécessité qui reste assez restreint par rapport à la PBMN- par parc éolien. Il prévaut également pour les oiseaux et les mammifères marins que l'incidence cumulative constitue la somme des incidences séparées. Il n'y a qu'au niveau de la prise d'habitat pour les oiseaux se reposant et fourrageant à cause du fonctionnement de chaque parc éolien qu'une incidence cumulative survient qui est plus importante que la somme des incidences par parc éolien. L'incidence cumulative sur la perturbation du mergule, du guillemot, du fou de Basan est considérée comme moyennement négative. Aucune incidence cumulative négative notable est attendue pour les différents usagers de la mer du Nord. Le risque de

collision par rapport aux éoliennes est relativement peu élevé pour le parc éolien Rentel (une fois tous les 46 ans), en comparaison avec les parcs aux extrémités NO et SE de la zone éolienne belge (une fois tous les 15 ans pour Belwind et une fois tous les 11 ans pour Norther). Le risque total de collision et de propulsion de tous les parcs est évalué à une fois tous les 4 ans. L'on ne s'attend donc pas à une influence négative significative suite à la présence et à l'exploitation des parcs éoliens quant à la surveillance et à la communication avec le trafic maritime.

Etant donné la position et la distance de l'implantation par rapport à la frontière, l'on peut s'attendre à certaines incidences transfrontalières limitées vers les Pays-Bas. Etant donné la distance par rapport à la côté néerlandaise, les incidences sont considérées comme acceptables.

1. INLEIDING

1.1 DOELSTELLING VAN DIT RAPPORT

Op 4 juni 2009 werd door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, een domeinconcessie toegekend aan toenmalige THV Rentel, thans Rentel NV, voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in de zeegebieden Zuidwest-Schaar tussen Thorntonbank en de Bank zonder Naam (tegenwoordig Lodewijkbank) (MB 04/06/2009 (EB-2009-0014-A) "toekenning domeinconcessie aan THV Rentel").

De locatie ligt op ca. 31 km afstand van de kust en de gemiddelde waterdiepte bedraagt hier 30 m. De ligging en inplanting van het project (Figuur 2-3, Figuur 2-4) is afgebakend door het volgens de domeinconcessie gedefinieerde blok met in Bijlage 1 van EB-2009-0014-A vermelde coördinaten (totale oppervlakte van het gebied = 18,5 km^2), met uitsluiting van de veiligheidszone van 250 m aan weerszijden van de Rembrandt 2 telecomkabel. Rekening houdend met de voorziene bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen dit gebied bedraagt de beschikbare ruimte toegekend voor installatie van windturbines ca. 15,3 km^2, hierna aangeduid als concessiegebied sensu stricto.

Het voorziene windmolenpark wordt gebouwd op de Zuidwest-Schaar, een zone gelegen ten noordwesten van de Thorntonbank (domeinconcessie C-Power) en ten zuidoosten van de Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind – vroeger Eldepasco).

De in de concessieaanvraag voorgestelde inplanting van 48 turbines met 6 MW geïnstalleerd vermogen per turbine wordt als basisconfiguratie gehanteerd. Op basis van de actuele 'Best Beschikbare Technieken (BBT)' en de nog steeds evoluerende markt in de windturbinetechnologie zal deze basisconfiguratie de volgende periode verder technisch en financieel geoptimaliseerd worden. Onderhavig MER behandelt daarom drie alternatieve configuraties, i.e. 'omhullende alternatieven' waarbinnen verschillende uitvoeringsmogelijkheden en combinaties mogelijk zijn:

1. 78 WTG's met rotordiameter 120-130 m– individueel vermogen 4-6,5 MW
2. 60 WTG's met rotordiameter 140-165 m – individueel vermogen 6,5-7,5 MW
3. 55 WTG's met rotordiameter 150-160 m – individueel vermogen 7,5-10 MW

Configuratie 1 voorziet een maximaal aantal windturbines (i.e. 78 WTG's), configuratie 2 toont een optimale configuratie voor een type windturbine met de grootste rotordiameter (i.e. 165 m) en de laatste configuratie voorziet in een optimale inplanting naar maximaal geïnstalleerd vermogen (i.e. 550 MW). Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen varieert aldus tussen het in de concessieaanvraag gedefinieerde totaal geïnstalleerd vermogen van 288 MW en een maximaal potentieel van 550 MW. Preliminaire opbrengstberekeningen tonen een jaarlijks gegenereerde opbrengst van om en bij 926 GWh voor de basisconfiguratie van de concessieaanvraag. Bij de hierna verder uitgewerkte omhullende alternatieven varieert de opbrengst tussen ca. 1.000 GWh en 1.760 GWh. De aldus gegenereerde opbrengst komt overeen met het gemiddeld jaarverbruik van 286.000 tot 550.000 doorsnee gezinnen.

Gerelateerd aan de snelheid waarmee netwerkbeheerder ELIA de aansluiting op het Belgisch hoogspanningsnet verzekert, wordt het Rentel offshore windmolenpark gefaseerd uitgevoerd vanaf begin 2015. Een eerste helft van de voorziene windturbines staat nu gepland voor realisatie en operationele aansluiting op het net tegen eind 2015/begin 2016, terwijl de tweede helft van het park gerealiseerd wordt tegen midden 2016.

Voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark is volgens de Belgische wetgeving een vergunning vereist. Als noodzakelijk onderdeel van een vergunningsaanvraag of –verlenging moet er een milieueffectenrapport (MER) van de voorziene activiteiten uitgevoerd worden, volgens het KB van 7 september 2003 (publicatie 17/09/2003) betreffende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België (Vigin & Di Marcantonio, 2003 in Bijlage A.1).

Analoog volgt uit de Wet Mariene Milieu en het Koninklijk Besluit van 12 maart 2002 (publicatie 09/05/2002) met betrekking tot de voorschriften voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee en de exploitatie van niet-levende rijkdommen dat voor het leggen en exploiteren van kabels een milieueffectenrapport bij de vergunningsaanvraag dient gevoegd te worden.

Dit rapport vormt het MER dat de initiatiefnemer als onderdeel van hun lopende of toekomstige concessieaanvraag zal gebruiken. Dit MER zal in één document zowel de milieueffecten tijdens de bouw, de exploitatie en de ontmanteling van de windturbines behandelen als de milieueffecten gerelateerd aan de kabellegging en eventuele verwijdering van de kabel. Bovendien worden de geplande geofysische en geotechnische site surveys beschreven in de activiteiten bij de ontwikkelingsfase van het project (cf. § 2.6.2).

Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt geopteerd om de effecten van diverse technische haalbare alternatieven te beschrijven, naast het basisproject met turbines van 6,15 MW. Op die manier kan de range aan milieugevolgen van de turbines binnen de volledige technische range van vermogens, aantal turbines, rotordiameters, etc. in beeld gebracht worden (zie beschrijving van de alternatieve scenario's in hoofdstuk 4).

1.2 INITIATIEFNEMER

Het initiatief tot opstellen van dit MER werd genomen door de THV Rentel. THV Rentel is een Tijdelijke Handelsvereniging met als specifiek doel de voorbereiding en realisatie van onderhavig project, nl. de bouw en exploitatie van een offshore windmolenpark in de Belgische territoriale zee. THV Rentel is voor 50% eigendom van Rent-a-Port en voor 50% van Electrawinds. Door het combineren van beide firma's wordt de nodige knowhow in projectfinanciering, projectontwikkeling en het bouwen en exploiteren van windenergieparken samengebracht. Deze kennis en ervaring is aanwezig via beide partners en hun aandeelhouders. De THV wordt omgezet in een projectvennootschap onder de vorm van een Naamloze Vennootschap. In een schrijven van 21 maart 2012 (O. Ref. REN12-S004) werd aan de bevoegde instanties van FOD Economie kennis gegeven van enerzijds de oprichting van Rentel NV en anderzijds van de overdracht van de hierboven omschreven domeinconcessie en alle gerelateerde initiatieven van THV Rentel naar Rentel NV en van de aanvraag hiertoe (zie Bijlage A.2). Aansluitend op het positief advies van CREG is de aanvraag goedgekeurd en bij deze de formele overgang bevestigd in het KB.

Rent-a-Port
Haverstraat 1
2000 Antwerpen
Gemandateerd vertegenwoordiger voor THV Rentel:
Geert Dom
Tel. 03/203 4790
Mob 0475/221768

Electrawinds
John Cordierlaan 9
8400 Oostende
Raoul Vanlambalghen
Tel 059/56 97 51
Fax 059/56 97 01
Mob 0494/ 52 60 43

Contactpersoon en technisch aanspreekpunt voor het MER:
Marc Huygens
DEME
Haven 1025 - Scheldedijk 30
2070 Zwijndrecht
Tel 03/210 68 37
Fax 03/250 56 50
Mob 0470/89 12 52

In RENTEL NV (op 16 december 2011 opgericht voor notaris Lemmerling te Brussel), met maatschappelijke zetel te Slijkensesteenweg 2, 8400 Oostende, participeren niet alleen Rent-a-Port NV en Electrawinds NV, de oprichtende partijen van de THV Rentel, via Electrawinds Offshore NV en Rent-a-Port Energy, maar ook 7 bijkomende partners teneinde een nog bredere expertise en draagkracht te verzekeren. Deze partners zijn Aspiravi Offshore, DEME NV, SRIW Environment SA, Z-kracht NV, Power@Sea NV, Socofe SA en Otary RS NV. Otary RS NV is op haar beurt een holdingvennootschap samengesteld uit voorgaande 8 partners met de intentie de nodige kennis en financiering te bundelen voor de ontwikkeling van offshore windmolenparken.

1.3 MER-DESKUNDIGEN

Het team van deskundigen voor de opmaak van het milieueffectenrapport is samengesteld uit:

Tabel 1-1: MER-deskundigen

Onderdeel van het MER	Deskundige
Coördinatie	Ir. Marc Sas
Inleiding, projectbeschrijving, juridische en beleidsmatige randvoorwaarden, beschrijving van de alternatieven	Dr.ir. Renaat De Sutter, Dr.lic. Mieke Mathys
Bodem & water	Dr.lic. Mieke Mathys, Ir. Marc Sas

Onderdeel van het MER	Deskundige
Fauna, flora & biodiversiteit	Lic. Michiel Smits, Lic. Cleo Pandelaers
Lucht & klimaat, Interactie met andere menselijke activiteiten	Dr.lic. Mieke Mathys, Lic. Cleo Pandelaers
Geluid & trillingen	Ing. Chris Neuteleers
Risico's & veiligheid	Dr.ir. Renaat De Sutter, Dr.lic. Mieke Mathys
Zeezicht & cultureel erfgoed	Dr.lic. Mieke Mathys, Lic. Cleo Pandelaers

Voor specifieke expertises werden extra deskundigen ingeschakeld:

- G-tec voor de uitvoering en interpretatie van bathymetrisch en seismisch onderzoek.
- Flemtek (prof. Dr. Ir. Johan Catrysse) voor de uitvoering en interpretatie van een bijkomende studie inzake effecten op radar- en scheepscommunicatie, geassisteerd door IMDC.
- IMDC voor het modelleren van het natuurlijk sediment transport in het gebied en het modelleren van pluimdispersie bij het baggeren van een funderingsput.

In deze deelstudies wordt dieper ingegaan op bepaalde deelaspecten van het MER, de belangrijkste besluiten ervan zijn steeds verwerkt in voorliggend MER. Onderstaande rapporten worden integraal, als afzonderlijke bijlagen toegevoegd aan het milieuvergunningsaanvraagdossier.

Externe bijlagen:

- IMDC (2012b). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11397/12.072/LWA.
- IMDC (2012c). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11397/12.114/VBA.
- Flemtek-IMDC (2012). Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark "Rentel" met betrekking tot: de SRK-radarinstallaties, de scheepsradar en de marifone communciatie. In opdracht van Rentel NV, in samenwerking met IMDC.

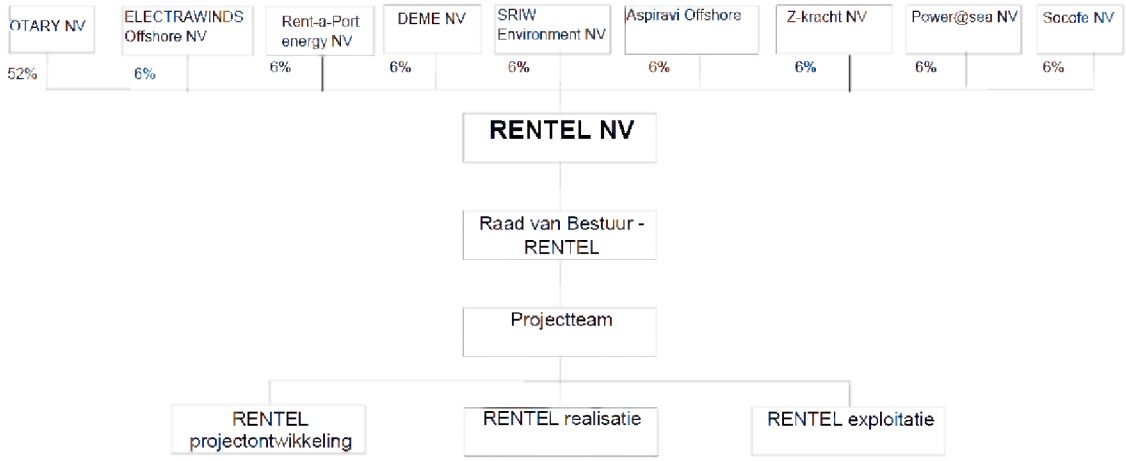
2. BESCHRIJVING VAN HET PROJECT

2.1 DE INITIATIEFNEMERS

Voor de voorbereiding en realisatie van onderhavig project ('Bouw en exploitatie van een offshore windmolenpark in de Belgische territoriale Zee') werd de THV Rentel opgericht. De THV werd omgezet in een projectvennootschap onder de vorm van een Naamloze Vennootschap.

In RENTEL NV (op 16 december 2011 opgericht voor notaris Lemmerling te Brussel), met maatschappelijke zetel te Slijkensesteenweg 2, 8400 Oostende, participeren niet alleen Rent-a-Port NV en Electrawinds NV, de oprichtende partijen van de THV Rentel, maar ook 7 bijkomende partners.

Deze partners zijn: Aspiravi Offshore, DEME NV, SRIW Environment SA, Z-kracht NV, Power@Sea NV, Socofe SA en Otary RS NV (Figuur 2-1).



Figuur 2-1 Structuur van Rentel NV

Vanuit de NV werd Geert Dom als contactpersoon en projectleider aangesteld (geert.dom@rentaport.be). Als dusdanig treedt hij op als juridisch-administratief gemandateerd vertegenwoordiger van de Rentel NV. De feitelijke technische opvolging wordt vanuit de Rentel NV verzorgd door Marc Huygens (huygens.marc@deme.be).

Door het combineren van beide firma's wordt de nodige knowhow in project financiering, project ontwikkeling en het bouwen en exploiteren van windenergieparken samengebracht. Deze kennis en ervaring is aanwezig via beide partners en hun aandeelhouders.

2.1.1 Rent-a-Port

Rent-a-Port, ingeschreven in de Kruispuntbank der Ondernemingen te Antwerpen onder RPR/BTW nummer 0885.565.854, is een in Antwerpen gevestigde investeringsvennootschap die technische kennis en ervaring in mariene bouwwerken combineert met de technische en financiële slagkracht van zijn aandeelhouders om mariene investeringsprojecten te ontwikkelen. Rent-A-Port werd opgericht in 2006 door Marc Stordiau – gewezen CEO van DEME - en Marcel Van Bouwel – gewezen bestuurder van DEME samen met de aandeelhouders Ackermans & van Haaren (AvH) en CFE voor het samenbrengen en ontwikkelen van investeringen in haven- en mariene projecten (co-investeringsvehikel). In 2007 verwierf Rent-A-Port 100% van de aandelen van IPEM (International

Port Engineering and Management) en kan zo bogen op meer dan 12 jaar internationale ervaring in mariene knowhow en investeringen.

Eén van de belangrijkste realisaties van Rent-A-Port/IPEM is een joint venture met Vietnamese partners in Haiphong (Vietnam) voor de bouw van een diepzeehaven en de ontwikkeling van 1 000 ha industriële zone.

Aandeelhouders Rent-A-Port:

Ackermans & van Haaren (45%)

CFE (45%)

Management (10%)

Raad van Bestuur Rent-A-Port:

Leo Baron Delwaide (voorzitter)	Marc Stordiau	Werner Poot
Marcel Van Bouwel	Renauld Bentégeat	
Jacques Ninanne	Luc Bertrand	

2.1.2 Electrawinds

Electrawinds, met maatschappelijke hoofdzetel te Wetenschapspark 1, B-8400 Oostende, ingeschreven in de Kruispuntbank der Ondernemingen te Oostende onder RPR/BTW nummer 0499.826.315, is een Belgische groenestroomproducent die gespecialiseerd is in de ontwikkeling, bouw en exploitatie van hernieuwbare energieprojecten. Sinds de start in 1998 is Electrawinds gegroeid van een familieonderneming tot een Europees referentiebedrijf dat actief is in meerder landen van de EU en in Afrika. Electrawinds heeft een sterk business plan waarin resoluut wordt gekozen voor diversificatie en internationalisering. Het energiebedrijf investeert in verschillende technologieën (wind, biomassa én solar) en beschikt over een gespecialiseerd en gemotiveerd team van medewerkers dat het ontwikkelingstraject van begin tot einde beheerst.

Electrawinds werkt aan kwaliteitsvolle en innovatieve projecten met een minimale impact op mens en milieu. Door te investeren in hernieuwbare energie helpt Electrawinds de wereldwijde uitstoot van CO_2 verminderen die mee verantwoordelijk is voor de opwarming van de aarde.

Vandaag bestaat het managementteam uit

Luc Desender	| CEO (sinds 1998)
Paul Desender	| Executive Director, Manager Legal (sinds 1998)
Jurgen Ackaert	| Controller (sinds 1998)
Peter Goderis	| Manager Project Realizations (sinds 2002)
Filip Dewulf	| Manager Commercial Business Development (sinds 2003)
Jan Dewulf	| Manager Business Development (sinds 2004)
Patrick Meersseman	| Manager Human Resources (sinds 2007)
Marleen Vanhecke	| Manager PR & Communication (sinds 2008)
Andries Teerlynck	| Manager Procurement & Sales (sinds 2007)

Dirk Dewettinck	| Manager Operations (sinds 2010)
Anne Vleminckx	| Manager Participations (sinds juni 2011)
Xavier Costenoble	| Manager Innovations & Vertical Integration (sinds 2010)
Eddy Baeke	| CFO (sinds 2011)

De Raad van Bestuur bestaat uit volgende leden

Luc Desender	| Gedelegeerd bestuurder (sinds 1998)
Paul Desender	| Executive Director (sinds 1998)
Bertrand Bornhauser	| Bestuurder namens Mindest (sinds 2007)
Paul Vandekerkchove	| Voorzitter Raad van Bestuur (sinds 2006)
Manu Vandenbulcke	| Bestuurder namens DG Infra+ (sinds 2009)
Carlos Bourgeois	| Waarnemend lid namens Gemeentelijke Holding (sinds 2008)
Rudi Vander Vennet	| Bestuurder namens FIPM (sinds 2009)
Werner Decrem	| Bestuurder namens PMV (sinds 2009)
Peter Maenhout	| Bestuurder namens Gimv-XI (sinds 2009)
Dirk Dewals	| Bestuurder namens Gimv-XI (sinds 2010)
Alexandre Vandekerckhove	| Bestuurder namens Winpar NV (sinds 2009)
Stéphane Villecroze	| Waarnemend lid namens Demeter Partners (sinds 2011)
Jo Cornu	| Onafhankelijk bestuurder (sinds 2010)

2.1.3 Aspiravi Offshore

Aspiravi Offshore (voorheen Groene Energie Maatschappij) is een volle dochteronderneming van Aspiravi Holding NV waarin alle offshore activiteiten zijn gebundeld. Aspiravi ontwikkelt, investeert, bouwt en exploiteert hernieuwbare energie projecten in België. Dit zijn voornamelijk on en offshore windprojecten, biogas motoren en biomassa centrales. De aandeelhouders van Aspiravi Holding zijn 4 intercommunales die 95 Belgische gemeenten vertegenwoordigen. Deze aandeelhouders geven de financiële zekerheid voor Aspiravi voor het realiseren van haar doelen.

2.1.4 DEME NV

DEME heeft als marine contractor de nodige technische expertise en speelt wereldwijd een vooraanstaande rol in mariene bouwwerken, alsook in de bouw van windenergieparken op zee. DEME is marktleider in het installeren van grote offshore windturbines en ondersteuningsconstructies. DEME heeft de focus op innovatie en de ontwikkeling van nieuwe technologieën en toepassingen. DEME was een van de initiators voor het eerste Belgische Offshore project (C-Power) waarin ze nog steeds aandeelhouder zijn. De grootste aandeelhouders van DEME, Ackermans & van Haaren and CFE, zijn beiden beursgenoteerde ondernemingen in België.

2.1.5 SRIW Environment SA

SRIW Environment is eigendom van de SRIW Group, een Belgische Holding met als doel het financieel participeren in bedrijven die in België en het buitenland actief zijn met het promoten van de economische ontwikkeling van Wallonië. SRIWE is met name gericht op participaties in bedrijven die zich in de duurzame energie sector bewegen.

2.1.6 Z-kracht NV

Z-kracht is een dochtervennootschap van NUHMA, met de hoofdzakelijke focus op offshore wind energie. NUHMA vertegenwoordigt 44 Limburgse gemeenten met als doel het investeren in duurzame energie projecten. Zo is Nuhma 45% aandeelhouder in Aspiravi en een belangrijke aandeelhouder in het C-Power project, het eerste offshore windmolenpark voor de Belgische kust.

2.1.7 Power@Sea NV

Power@Sea is een Belgische onderneming die grote offshore windmolenparken ontwikkelt en tevens aandeelhouder in het C-Power project is.

2.1.8 Socofe SA

Socofe behartigt de belangen van de Waalse intercommunales en gemeenten en investeert onder andere ook in duurzame energie projecten, via Power@Sea, SRIW en C-power Hold co is het een belangrijke aandeelhouder in het C-power project.

2.1.9 Otary RS NV

Otary RS NV is op haar beurt een holdingvennootschap samengesteld uit voorgaande 8 partners met de intentie de nodige kennis en financiering te bundelen voor de ontwikkeling van offshore windmolenparken.

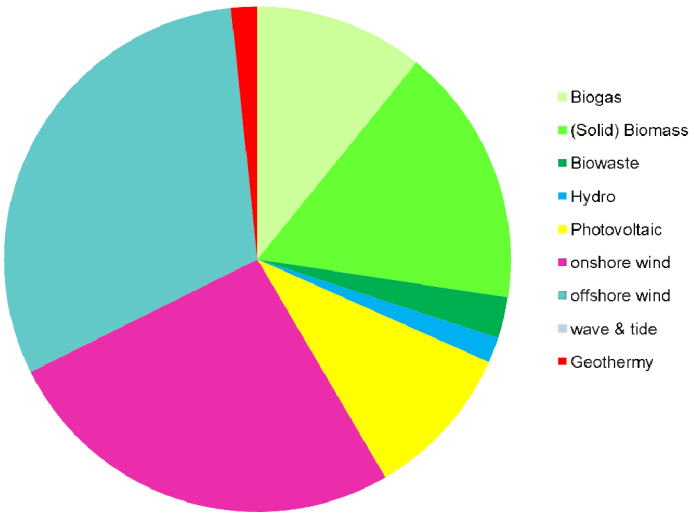
2.2 DOELSTELLING EN MOTIVERING VAN HET PROJECT

Acht Belgische spelers in offshore wind bundelen hun ervaring en knowhow in een nieuw kenniscentrum voor windenergie op zee. Deze nieuwe vennootschap is actief in de bouw en exploitatie van offshore windmolenparken in België en mogelijk ook in het buitenland als de gelegenheid zich voordoet. Het samenwerkingsverband Otary RS (via Otary RS NV) verenigt de groenestroomproducenten Electrawinds en Aspiravi, de investerings- en ontwikkelings-vennootschappen Rent-A-Port en Power@Sea, de baggergroep en waterbouwspecialist DEME, de Waalse milieuholding SRIW Environnement en de Vlaamse en Waalse energie- en nutsparticipatiemaatschappijen Nuhma en Socofe. Het zijn partners die alle al betrokken zijn bij de ontwikkeling van offshore wind via participaties in één of meerdere projecten op de Noordzee. Otary RS zal zich in een eerste fase toeleggen op de ontwikkeling en bouw van offshore windmolenparken in België. Het zijn dan ook de leden van deze projectvennootschap die zich hebben verenigd in Rentel NV voor de voorbereiding en realisatie van onderhavig project.

Het doel van aanvrager Rentel NV is het realiseren van een offshore energiepark dat een maximale bijdrage kan leveren tot het behalen van de Belgische doelstellingen op het vlak van hernieuwbare

energie binnen het gegeven gebied, daarbij handelend als een verantwoord en innovatief bedrijf door gebruik te maken van gedifferentieerde productiemiddelen en mits toepassing van de BBT rekening houdend met de laatste technologische vernieuwingen. Het uitgangspunt daarbij is een zo intensief mogelijk gebruik van de beschikbare ruimte, door middel van een geoptimaliseerde lay-out van de installaties rekening houdend met technische en economische beperkingen.

De bijdrage tot de RES-doelstellingen voor België (Belgian National Renewable Energy Plan pursuant the Directive 2009/28/EG) wordt kort hieronder weergegeven. Op basis van interne berekeningen gaat de aanvrager ervan uit dat de plaatsing van één offshore windturbine de hoeveelheid CO_2 emissies van elektriciteitsproductie vermindert met 188 tot 740 g CO_2 eq/kWh afhankelijk van het moment van productie. Gemiddelde CO_2-emissie reducties voor elektriciteitsproductie op het Belgisch net zijn 256 g CO_2 eq/kWh (volgens www.co2logic.com).



Figuur 2-2 Energieverdeling van de Belgische RES elektriciteitsproductie in 2020 (REPAP-study 2010)

Voor de basisopstelling van het offshore energiepark zoals voorgesteld wordt een gemiddelde energieproductie van ongeveer 900 GWh/jaar verwacht. Het netto-equivalent van deze energieproductie resulteert in een jaarlijkse reductie van de CO_2 emissie van 225.000 ton/jaar.

De Europese richtlijn 2009/28/EG betreffende hernieuwbare energie legt de lidstaten van de Europese Unie een globale doelstelling op van 20% primair verbruik van hernieuwbare energie tegen 2020. De doelstelling voor België bedraagt 13% (totale energieverbruik voor verwarming, elektriciteit en transport). Het nationaal streefcijfer voor 2020 voor het aandeel energie in elektriciteit uit hernieuwbare bronnen (naast verwarming en koeling, en vervoer) is 20,9%, wat overeenstemt met een elektriciteitsproductie van 23 TWh op basis van de verbruiksvoorspellingen voor België voor 2020. De onderstaande tabel geeft – uitgedrukt in MW en GWh – het traject tot 2020 weer van de bijdrage van elk productiemiddel voor elektriciteit, zoals voorzien in het Belgische actieplan voor hernieuwbare energie.

Tabel 2-1 Voorziene bijdrages hernieuwbare energie tot 2020 (CONCERE-ENOVER, 2010)

	2010		2015		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Waterkracht	112,3	362,2	122,5	390,7	140,0	440,0
Geothermische energie	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	29,1
Zonne-energie	350,0	304,0	713,1	610,2	1 340,0	1 139,0
Windenergie	733,2	990,5	2 048,6	6 084,1	4 320,0	10 474,0
Biomassa	617,6	3 006,9	1 290,2	5 952,4	2 451,5	11 038,5
Totaal	**1 813,2**	**4 663,6**	**4 174,3**	**13 037,4**	**8 255,0**	**23 120,6**

Het geplande park zal – in zijn basisconfiguratie - bestaan uit 48 windturbines van 6 MW, die jaarlijks ca. 900 GWh zullen produceren. De doelstelling van de bijdrage van windenergie aan de totale hernieuwbare doelstelling voor België in het jaar 2020 is een 10,5 TWh/jaar. Dit offshore energiepark zal dus voor ca. 9% bijdragen aan de Belgische windenergiedoelstelling voor het jaar 2020.

Zeker voor wat windenergie betreft is de hoge urbanisatiegraad van Vlaanderen een obstakel voor het realiseren van (grootschalige) windmolenparken en het behalen van de algemene doelstellingen inzake hernieuwbare energie. Bijgevolg wordt naar alternatieve inplantingsplaatsen uitgezien zoals offshore gebieden gesitueerd op het Belgisch Deel van de Noordzee (BDNZ). De investerings- en exploitatiekosten zijn voor offshore windenergie significant hoger dan bij onshore projecten. Offshore windenergieprojecten zijn dan ook enkel haalbaar door hun schaalgrootte en door het hogere windaanbod op zee. De initiatiefnemer heeft dan ook als doelstellingen:

- Het energetisch optimaal benutten van de oppervlakte binnen het toegekende concessiegebied op het BDNZ;
- Het minimaliseren van de milieu-impact van het project;
- De veiligheidsrisico's voor bouw –en onderhoudspersoneel zo laag mogelijk houden;
- Realisatie van het windmolenpark in de periode 2014-2015;
- Het op een verantwoorde en kostenefficiënte wijze bouwen en exploiteren van een offshore windmolenpark.

Hiertoe zullen de BBT maximaal worden aangewend om zowel technisch als economisch een kwalitatief hoogstaand project uit te bouwen. De initiatiefnemer heeft zich immers als doel gesteld een zo intensief mogelijk gebruik van de toegekende domeinconcessie binnen de bij KB vastgestelde zone voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden te realiseren en dit op basis van volgende basisprincipes:

- Een maximaal geïnstalleerd vermogen gecombineerd met een maximale jaarproductie aan energie ten einde maximaal bij te dragen tot de doelstellingen van de overheid inzake productie van hernieuwbare energie.

- Het aanwenden van de BBT rekening houdende met de laatste technologische vernieuwingen inzake windturbines, elektrische infrastructuur, funderingen,….

De Rentel NV beschikt via haar onderliggende partijen over de adequate ervaring, de nodige middelen, het goed opgeleid personeel en de relevante expertise om de realisatie, optimale instandhouding en uitbating van het offshore energiepark gedurende de volledige looptijd van de domeinconcessie te garanderen. De partners en achterliggende partijen van de Rentel NV zijn lid van nationale en internationale organisaties en onderzoekscentra waardoor ze aan de bron zitten van de nieuwste evoluties in hernieuwbare technologieën. Zodoende beschikt de initiatiefnemer over de nodige flexibiliteit om gepast te kunnen inspelen op evoluties in de energiesector.

De definitieve selectie van de installaties op basis van de BBT is voorzien voor 2013/2014 en de initiatiefnemer houdt zich het recht voor om ten tijde van de selectie en aanbesteding andere types te kiezen dan de in dit MER als voorbeeldtype gebruikte turbines (weliswaar binnen de range van de in dit MER onderzochte scenario's) als blijkt dat bijvoorbeeld:

- het voorkeurstype voor windturbine of funderingsvorm op de gewenste tijdstippen niet leverbaar is;
- de energieopbrengst kan verhoogd worden, mits aangepaste configuratie of inplanting;
- het algemene juridische en/of administratieve kader verandert;
- er geen consensus over de juridische en commerciële condities bereikt wordt tussen de projectleiding en de leverancier.

De term BBT (Beste Beschikbare Technieken) wordt gebruikt in het kader van de milieuregulering (hoofdzakelijk milieuvergunningen) en heeft tot doel bedrijven aan te zetten om zo milieuvriendelijk mogelijk te werken. Navraag bij het BBT-Kenniscentrum van de VITO wees uit dat er momenteel geen BREF- of BBT-studies in verband met windenergie bestaan. Het begrip 'beste beschikbare techniek' wordt in titel I van het VLAREM (art. 1, 29°) als volgt gedefinieerd:

"Het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen, of wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken"

- *"technieken": zowel de toegepaste technieken als de wijze waarop de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld;*
- *"beschikbare": op zodanige schaal ontwikkeld dat de technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, economisch en technisch haalbaar in de industriële context kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;*
- *"beste": het meest doeltreffend voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel.*

Met andere woorden: BBT zijn technieken die, in vergelijking met alle gelijkaardige technieken, het best scoren op milieugebied én betaalbaar zijn én technisch uitvoerbaar zijn.

2.3 RUIMTELIJKE SITUERING VAN HET PROJECT

Het offshore windmolenpark Rentel is gelegen in de 'Zuidwest-Schaar' in de Belgische Exclusieve Economische Zone (EEZ) op het Belgisch Deel van de Noordzee. Het park bevindt zich tussen de Thorntonbank en wat vroeger de Bank zonder Naam genoemd werd, tegenwoordig de Lodewijkbank. De site ligt 31 km uit zee, er heerst een waterdiepte van ongeveer 30 m.

2.3.1 Motivatie van de locatiekeuze

De keuze voor de inplantingsplaats voor het Rentel windenergieproject (Figuur 2-3) is, binnen de voorbereidende studies van de concessieaanvraag, gebaseerd op de volgende elementen:

- Het Koninklijk Besluit van 20 december 2000, gewijzigd door het Koninklijk Besluit van 17 mei 2004, 28 september 2008 en 3 februari 2011: dit Koninklijk Besluit en zijn wijzigingsbesluiten bepalen de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen overeenkomstig het internationaal zeerecht. In het KB van 17 mei 2004 werd een preferentiële zone voor de ontwikkeling van offshore windmolenparken bij wet afgebakend, aangepast door het KB van 3 februari 2011. Het projectgebied van Rentel ligt volledig binnen de afgebakende zone;
- Uit een globale analyse van de mogelijke impact van de installatie op alle toegestane activiteiten in de betreffende zeegebieden werd geconcludeerd dat de locatie "Zuidwest-Schaar" slechts een geringe impact op de toegestane activiteiten in de zeegebieden heeft;
- Preliminaire technisch-economische haalbaarheidstudies illustreren duidelijk de potenties van de ontwikkeling van offshore windmolenparken in de aangeduide zone op het BDNZ;
- Een specifiek uitgewerkt businessplan toont, rekening houdend met conservatieve premissen en met voldoende veiligheden en reserves om flexibel in te spelen op veranderende randcondities, dat het Rentel-project een stevige financiële basis heeft. Verdere optimalisatie van de energetische opbrengsten, vermindering van investerings- en exploitatiekosten, maximalisatie van opbrengst (valorisatie van groene energie) en minimalisatie van de interestvoet van vreemd vermogen zal het financieel rendement van het project alleen maar verhogen;
- Ligging tussen twee reeds in ontwikkeling zijnde windmolenparken, met name C-Power op de Thorntonbank aan de zuidflank en Northwind (vroeger Eldepasco) op de Lodewijkbank (aan de noordzijde).

De coördinaten van de hoekpunten van de door Rentel NV verkregen domeinconcessie zijn gegeven in Bijlage B.

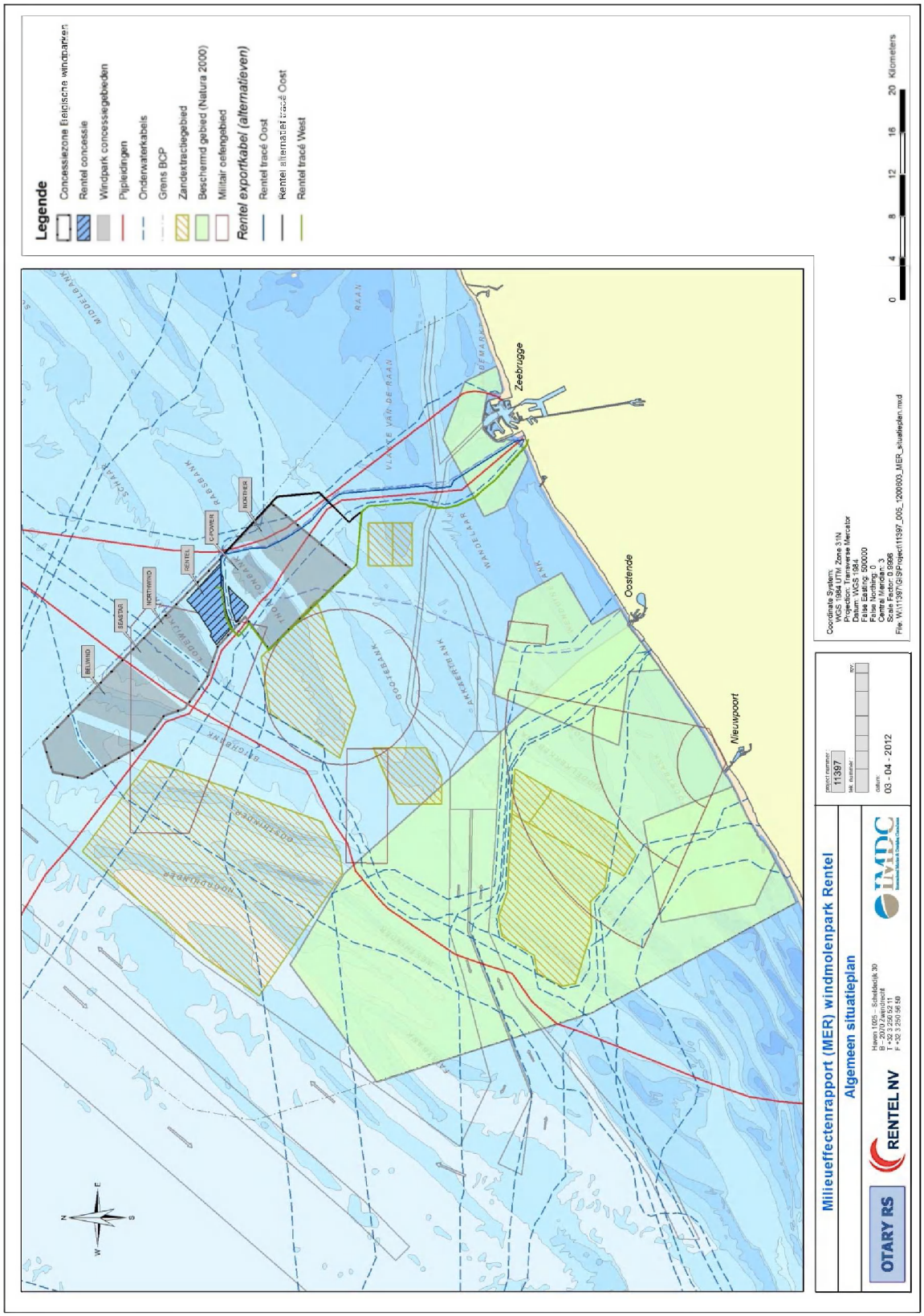
2.3.2 Ruimtelijke situering t.o.v. andere gebruikers

Bijgevoegd is het algemene situeringsplan van de Rentel concessiezone, conform het KB van 20 december 2000 en KB van 3 februari 2011 is aangegeven (Figuur 2-3 en Bijlage C):

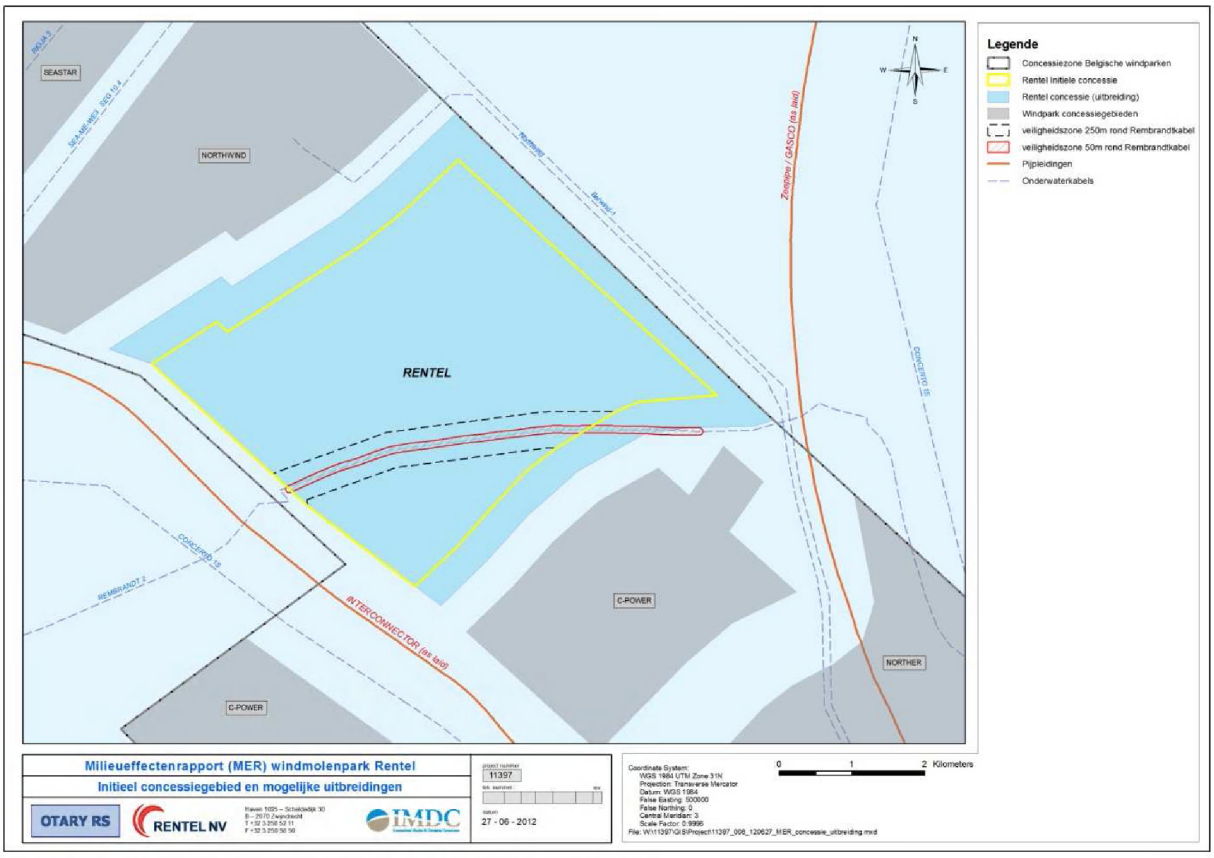
- De afbakening van de in deelgebieden gesplitste domeinconcessie waarvoor de aanvraag wordt ingediend, met verduidelijking van de lokalisering van de installatie in verhouding tot de maritieme activiteiten die er worden verricht;
- De aanduiding van de grenzen van de eventuele naburige blokken waarvoor reeds een concessie werd toegekend;
- Het geplande tracé voor de kabels van de door de installaties geproduceerde elektriciteit tot aan de voor de aansluiting op het net geplande vertakking.

Het Rentel concessiegebied wordt omringd door volgende activiteiten (Figuur 2-4):

- De C-Power concessie op de Thorntonbank in het zuidoosten;
- De Northwind (vroeger Eldepasco) concessie in het noordwesten op de Lodewijkbank;
- De geplande Northwind (Eldepasco) en reeds bestaande Belwind landingskabels in het noordoosten;
- Gasleiding Interconnector in het zuidwesten;



Figuur 2-3 Ligging Rentel concessiezone t.o.v. andere gebruikers van het Belgisch Deel van de Noordzee



Figuur 2-4 Situering Rentel projectgebied t.o.v. omliggende concessiezones, kabels en pijpleidingen. Geel: de bekomen domeinconcessie; blauw gebied: aangevraagde uitbreiding

2.3.2.1 Lay-out van het park

Heel specifiek is met betrekking tot de aanwezige kabels en leidingen bij de lay-out van het Rentel park rekening gehouden met:

- In de voorbereidende fase is de ligging van de Rembrandt 2 telecom kabel bepaald op basis van de gegevens uit de database Kingfisher Information Services – versie februari 2010 (www.seafishmarineservices.com en www.ksisca.org.uk) waar relevante Oil&Gas installaties en zeekabels in de Noordzee zijn verzameld. In een recente verkennende site survey wordt door middel van magnetometrie specifiek de correcte ligging van deze Rembrandt 2 kabel meer gedetailleerd in kaart gebracht (zie verder).

- Initieel, bij de concessieaanvraag voor de basisconfiguratie, werd de inplanting van de windturbines en transformatorplatforms op minimaal 250 m van de communicatiekabel Rembrandt 2 (conform de opgelegde veiligheidszone 250 m) die dwars door het park loopt, voorzien. Omwille van deze kabel werd het totale park in twee deelgebieden opgesplitst (Figuur 2-4).

- Inplanting van de windturbines en transformatorplatforms op minimaal 500 m van de ten zuidwesten van het park gelegen Interconnector gasleiding (conform opgelegde veiligheidszone 500 m). Voor het bepalen van de positie van de Interconnector is er uitgegaan van de exacte coördinaten van de Interconnector ligging zoals bepaald in de

recente site survey. Het verschil tussen de ligging van de Interconnector op de kaart met haar werkelijke positie bedraagt ca. 20 m naar het noordoosten.

- De windturbines en transformatorplatforms liggen volledig binnen het aangevraagde concessiedomein. Er wordt een bufferzone voorzien van 500 m die volledig gelegen is op het Belgisch Deel van de Noordzee.

- Langs de Noordoostelijke grens van de concessie werd een maximale corridor voorzien om voldoende ruimte te laten voor de elektriciteitskabels van Belwind en eventueel toekomstige projecten die mogelijk verder op zee, in de voor windenergie gereserveerde zone, vergund worden. Indien de exportkabel (volgens kabelroute Oost) hetzelfde traject volgt als die van Belwind wordt een veiligheidszone van 50 m gerespecteerd (conform KB van 12 maart 2002).

De totale oppervlakte van het concessiegebied bedraagt zo'n 18,5 km^2, waarbij in de basisconfiguratie – rekening houdend met de aldaar gehanteerde veiligheidsafstanden voor de bufferzones rond kabels, pijpleidingen en naburige windmolenparken – een effectief beschikbare ruimte voor installatie van windturbines van 15,3 km^2 is weerhouden.

2.3.3 Mogelijke concessieuitbreiding

Hieronder wordt stap voor stap een potentiële uitbreiding van het initiële concessiegebied in kaart gebracht in opeenvolgende modificaties van het werkgebied.

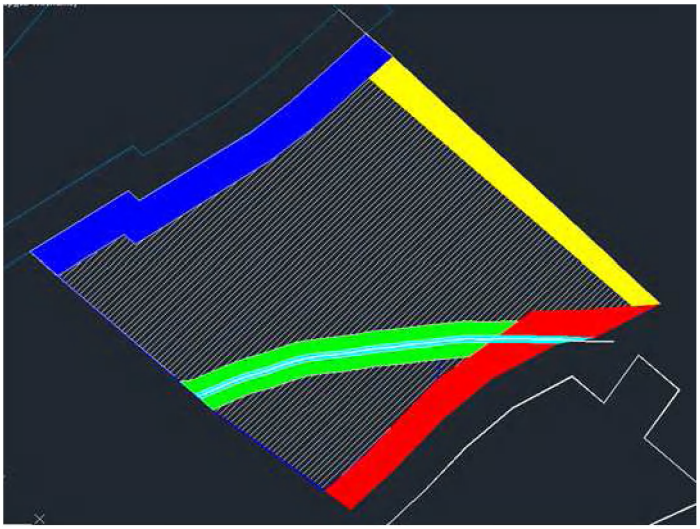
Zoals hiervoor vermeld wordt het Rentel concessiegebied doorsneden door de Rembrandt 2 telecomkabel in een zone Rentel A en een zone Rentel B (Figuur 2-4, gele contour). De wettelijk vastgelegde veiligheidsmarge rond een operationele telecommunicatiekabel is 250 m aan beide zijden (KB van 12 maart 2002). In het kader van het Norther dossier (BMM, 2011a) heeft de FOD Economie toestemming gegeven tot een kleinere veiligheidsafstand van 50 m omdat de bewuste Rembrandt 2 kabel niet meer operationeel is. Na formele bevestiging van alle betrokken partijen (KPN Internationaal en KPN Qwest nv) is vastgesteld dat de betreffende Rembrandt 2 telecommunicatiekabel effectief buiten dienst is en niet meer in dienst genomen zal worden. Als dusdanig dient met deze niet-operationele kabel verder geen rekening te worden gehouden bij de bouw van het windmolenpark Rentel (cf. FOD Economie – G. Van Bavinckhove – 22 mei 2012). Voor de inplanting van de verschillende configuraties mag dan ook van een minimale veiligheidsmarge van 50 m langs beide zijde van deze Rembrandt 2 kabel uitgegaan worden (BMM – 6 maart 2012) (Figuur 2-4, zwart gestreepte contour). Deze eerste aanpassing (mod1) levert een uitbreiding van de oppervlakte van om en bij 1,7 km^2 op.

In overeenstemming met de expliciet door FOD Economie gesuggereerde uitbreiding van de concessie – om aldus een optimale benutting van het beschikbare gebied te realiseren – (mededeling G. Van Bavinckhove – 14 maart 2012 in het kader van aanvraagdossier overdracht THV-NV) is een aanpassing van het concessiegebied naar de Belgisch-Nederlandse grens hier expliciet als tweede modificatie (mod2) vooropgesteld voor een uitbreiding met 1,8 km^2.

Wat betreft de afstand tot de naburige windmolenparken werd initieel een veiligheidsmarge van 500 m voorzien rond elk park, wat resulteert in een totale corridorbuffer van 1000 m. Om de bufferzone tussen twee windmolenparken echter optimaal te benutten, bvb. voor de inplanting van extra winturbines en het leggen van kabels, wordt overwogen om een uitbreiding van de domeinconcessie aan te vragen. In overeenstemming met de veiligheidsafstanden vermeld in het recente KB van 11 april 2012 (publicatie op 1 juni 2012) wordt hierbij een totale

veiligheidsafstand/corridor van minimaal 500 m tussen twee naburige windmolenparken gehanteerd bij de respectievelijke potentiële uitbreiding naar C-Power (op de Thorntonbank) en Northwind (op de Lodewijkbank) toe. In een kennisgeving aan deze respectievelijke naburige windmolenparken werd bovenstaande benadering en de bijhorende potentiële uitbreiding van het concessiegebied Rentel als alternatief binnen de MER-studie voorgesteld. Uiteraard maken deze uitbreidingen (respectievelijk mod3 zuidwaarts naar C-Power toe en mod4 noordwaarts naar Northwind toe) onderwerp uit van verdere besprekingen waarbij in onderling overleg (vanuit een filosofie van goed nabuurschap) de inplanting van de naburige windturbines afgestemd zullen worden om een daling van energie-efficiëntie (windvang) door de kleinere tussenafstanden te voorkomen.

Alle bovenstaande uitbreidingen van het initiële concessiegebied tot een maximale verruiming van het beschikbare concessiegebied zijn hieronder samengevat.



Figuur 2-5 Potentiële uitbreidingen van het initiële concessiegebied, kleurencode uitgelegd in Tabel 2-2

Tabel 2-2 Potentiële uitbreidingen van het initiële concessiegebied

ID (Figuur 2-5)	Omschrijving	Uitbreiding oppervlakte (km²)	Beschikbare oppervlakte (km²)
	Basis		18,5
Mod1 (groen)	Rembrandt 2 kabel	1,7	20,2
Mod2 (geel)	Naar BE-NL grens	1,8	22,0
Mod3 (rood)	Naar C-Power	2,1	24,1
Mod4 (blauw)	Naar Northwind	2,8	26,9

Met deze verruimingen van het "potentieel beschikbare" concessiegebied zal verder rekening worden gehouden bij de inplanting van de windmolens in het gebied. Door de verruiming wordt het oppervlak van het concessiegebied uitgebreid van 18,5 km² tot 26,9 km² en kan het aantal turbines uiteraard worden vergroot (Figuur 2-4, blauwe zone). Deze maximale verruiming tot 26,9 km² wordt dan ook meegenomen als "uitgebreid concessiegebied (Ext.)" in het vervolg van de MER-analyse.

2.4 OMHULLENDE CONFIGURATIES

De in de concessieaanvraag voorgestelde inplanting van 48 turbines met 6 MW geïnstalleerd vermogen wordt als initiële concessieconfiguratie gehanteerd. Op basis van de actuele 'Best Beschikbare Technieken (BBT)' en de nog steeds evoluerende markt in de windturbinetechnologie wordt deze basisconfiguratie de volgende periode verder technisch en financieel geoptimaliseerd. Bovendien zal een uitbreiding van het concessiegebied worden aangevraagd waardoor het aantal turbines en de capaciteit per oppervlakte kan vergroot worden.

Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt geopteerd om naast de licht aangepaste basisconfiguratie met 47 windturbines van 6,15 MW, drie alternatieve scenario's te bespreken (met elk hun range van vermogen en rotordiameter en een maximaal aantal turbines), waarbij voor elk van de scenario's telkens de 'worst-case' situatie zal onderzocht worden op vlak van milieu-impact. Op deze manier passen alle mogelijke toekomstige configuraties (zowel qua aantal turbines, rotordiameter en vermogen per turbine) in de hoger vermelde scenario's die als 'omhullende configuraties' verder zullen beschreven worden.

Naast het basisscenario, zullen de volgende drie omhullende configuraties beschreven worden, die zich in de eerste plaats onderscheiden in aantal turbines en individueel vermogen:

0. Basisconfiguratie: 47 WTG's in het initiële concessiegebied, met rotordiameter (RD) 126 m - individueel vermogen 6,15 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M turbine.
1. 78 WTG's in het uitgebreide concessiegebied, met rotordiameter 120-130 m - individueel vermogen 4-6,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M (6,15 MW, 126 m RD).
2. 60 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 140-165 m - individueel vermogen 6,5-7,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Vestas V164-7.0 MW (7 MW, 164 m RD).
3. 55 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 150-160 m - individueel vermogen 7,5-10 MW. Een typevoorbeeld is de Clipper Windpower Britannia C-150 (10 MW, 150 m RD).

Op die manier wordt de optie met het maximaal aantal mogelijke funderingen besproken (configuratie 1), de optie met maximale rotordiameter (configuratie 2) en de optie met maximaal geïnstalleerd individueel en totaal vermogen (configuratie 3).

Samenvattend wordt voor de park lay-out rekening gehouden met een vermogensrange van 4 MW tot 10 MW per turbine (met een totaal geïnstalleerd vermogen tussen 289 en 550 MW, waarbij de REpower 6M (6,15 MW), de Vestas V164 (7 MW) en de Clipper Windpower Britannia (10 MW) als typevoorbeelden (met gebruik van hun beschikbare technische gegevens) worden uitgewerkt in het MER (Tabel 2-3).

Tabel 2-3 Overzicht van geïnstalleerd vermogen, uitgewerkt voor het typevoorbeeld bij elke omhullende configuratie

	Area	WTG capaciteit (MW)	# WTG's	Opp. (km^2)	Rotor Diam. (m)	Geïnstalleerd Vermogen (MW)	Capaciteit densiteit (MW/km^2)
Basisconfiguratie	init	6,15	47	18,5	126	289	15,71
Configuratie 1	ext	6	78	26,9	126	468	17,42
	init	7	44	18,5	164	308	16,60
Configuratie 2	ext	7	60	26,9	164	420	15,64
	init	10	36	18,5	150	360	19,40
Configuratie 3	ext	10	55	26,9	150	550	20,48

Voor de basisconfiguratie zal de impact besproken worden van vier funderingsmogelijkheden: gravitaire fundering (GBF), monopile (MP), jacket en 'suction bucket' principe (Tabel 2-4). Ook voor configuratie 1 en 2 wordt de milieu-impact van deze vier funderingsmogelijkheden afgewogen. Bij configuratie 3 worden de GBF, jacket en suction bucket opties beschreven. Het suction bucket principe wordt gezien als een alternatief voor het inheien bij monopile en jacket funderingen.

Tabel 2-4 Besproken funderingstypes per configuratie

	Configuratie			Funderingstype			
	Area	Capaciteit	# WTG's	GBF	MP	JF	Suction bucket
Basisconfiguratie	**init**	6,15 MW	47	+	+	+	+
Configuratie 1	**ext**	6 MW	78	+	+	+	+
Configuratie 2	**ext**	7 MW	60	+	+	+	+
Configuratie 3	**ext**	10 MW	55	+	**X**	+	+

Bij configuratie 2 wordt de impact op het milieu van een uitvoering met GBF en jacket kleiner ingeschat dan de situatie in configuratie 1 waar het *aantal* turbines veel groter is. Dimensies van GBF funderingen zijn niet significant afhankelijk van de turbinegewichten (i.e. het verschil tussen 5-6-7 MW turbines) en ook de pootdiameter in het jacket design is vrij onafhankelijk van het turbinegewicht. Het is dus enkel het aantal GBF of jacket funderingen dat bepalend is voor de milieu-impact.

Bij configuratie 3 is een uitvoering met MP fundering technisch niet meer mogelijk wegens een te zware MP voor de beschouwde turbine (10 MW) en mede door de lokale waterdieptes. Bij turbines met een vermogen van 10 MW verschillen de dimensies van de GBF en jacket funderingen

voldoende van deze in configuraties 1 en 2 zodat deze funderingstypes in een aparte omhullende configuratie beschreven worden.

De basisconfiguratie en de drie omhullende configuraties beschrijven een specifiek aantal windturbines van een bepaald vermogen. De milieu-impact van een type fundering zal besproken worden voor de situatie waarbij alle turbines binnen de configuratie met dezelfde fundering worden uitgevoerd. In werkelijkheid is een combinatie van funderingstechnieken mogelijk binnen het windmolenpark.

Rentel NV zal in de loop van het project zijn uiteindelijke keuze maken voor een windturbine met een vermogen in de range van 4-10 MW en op basis van die keuze de uiteindelijke park- configuratie definiëren. De afmetingen van de uiteindelijk gekozen turbine en funderingstypes, dienen equivalent of inferieur te zijn aan de binnen het MER beschreven types.

Bij de drie omhullende configuraties gaat het telkens om het maximum aantal windturbines in de *uitgebreide* concessiezone ("ext"). Dit is telkens het 'worst-case' scenario, het dekt ook de situatie in het initiële aangevraagde concessiegebied ("init") met een kleiner aantal turbines en dus kleinere milieu-impact (Tabel 2-3).

Tabel 2-5 Weerhouden combinaties van configuratie en type fundering

Configuratie	Aantal turbines	Rotordiameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderingstype	erosiebescherming
Basisconfiguratie	47	**126 m**	**6,15 MW**	**289 MW**	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 1	78	120-130 m **126 m**	4-6,5 MW **6 MW**	312-507 MW **468 MW**	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 2	60	140-165 m **165 m**	6,5-7,5 MW **7 MW**	390-350 MW **420 MW**	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 3	55	150-160 m **150 m**	7,5-10 MW **10 MW**	413-550 MW **550 MW**	Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF

2.5 TERMIJN EN FASERING VAN HET PROJECT

Op basis van de actuele status van het betreffende Rentelproject en de reeds eerder voorgestelde projectinvulling in de concessieaanvraag, wordt hieronder een geactualiseerde planning weergegeven.

1.	Vergunningen en voorbereiding	10/2011–01/2013
2.	Preliminair ontwerp/takenpakket / voorbereiding	01/2012–12/2012
3.	Aanbesteding en contract	12/2012-04/2013
4.	Afronding financiën	04/2014-12/2014
5.	Funderingen – finaal ontwerp	06/2013-01/2014
6.	Funderingen – Aankoop + Onshore constructie	08/2013-07/2015
7.	Funderingen – Offshore installaties	08/2014-10/2015
8.	WTG – finaal ontwerp	06/2013-04/2014
9.	WTG – Aankoop + Onshore constructie	04/2014-06/2015
10.	WTG – Offshore installaties	08/2014-11/2015
11.	OHVS-Socket@Sea	10/2015-02/2016
12.	Bekabeling (parkbekabeling +Offshore transport)	11/2014-03/2016
13.	Op land netverbinding (Stevin)	04/2015-06/2015

Bovenstaande planning sluit als dusdanig ook aan bij de externe planning van o.a. netwerkbeheerder ELIA. De netwerkbeheerder ELIA verzekert een verbeterde en meer uitgebreide aansluiting op het Belgisch hoogspanningsnet in de kustzone tegen 2015. Een eerste helft van de voorziene windturbines staat nu gepland voor realisatie en operationele aansluiting op het net tegen eind 2015, terwijl de tweede helft van het park gerealiseerd wordt tegen voorjaar 2016.

2.6 BESCHRIJVING VAN DE ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN

2.6.1 Algemeen

Globaal genomen kunnen de activiteiten van het project als volgt worden gedefinieerd:

1. De ontwikkelingsfase (2011 – 2014):
   - Studie, voorbereiding en opmaak concessiedossier en doorlopen concessieprocedure;
   - Opmaak MER en vergunningsaanvragen;
   - De vergunningsprocedures;
   - Engineering, opmaak lastenboeken, offertevragen en onderhandelingen met betrekking tot de windturbines, de offshore hoogspanningsstations (Offshore High Voltage Station of

OHVS), de elektrische bekabeling binnen het park en de exportkabel, de netkoppeling, etc.;

- Geotechnisch onderzoek, funderingsontwerp, opmaak lastenboeken, prijsvragen en onderhandelingen m.b.t. de realisatie van de funderingen;
- De financiële analyse en de onderhandelingen inzake de financiering van het project;
- De investeringsbeslissingen en toewijzing van de opdrachten.

2. De constructiefase (2013 – 2016):
   - De inrichting van de preassemblage plaats in de haven;
   - Voorbereiding en opbouw in de haven van de funderingen voor de windturbines, de windturbines zelf en de OHVS (indien van toepassing);
   - Voorbereiding op zee van de bouwplaats van windturbines en de OHVS;
   - Aanvoer en plaatsing van de funderingen op zee;
   - Installatie van transitiestukken (indien van toepassing);
   - Installatie van parkbekabeling;
   - Installeren van erosiebescherming (indien van toepassing);
   - Installeren van de OHVS;
   - Voorbereidende baggerwerkzaamheden ter hoogte van de vaargeul voor de aanleg van de exportkabel(s);
   - Installeren van exportkabel(s);
   - In werking zetten van alle elektrische componenten;
   - Aanvoer en oprichting op zee van de windturbines en de OHVS;
   - In werking zetten van de windturbines;
3. De exploitatiefase (2016 – 2036):
   - De windturbines produceren elektriciteit die via de vermogenkabels naar het land wordt gevoerd en geïnjecteerd wordt in het openbare elektriciteitsnet;
   - Op geregelde tijdstippen wordt gepland (preventief) onderhoud uitgevoerd ten einde de installatie in optimale conditie te houden en storingen te vermijden;
   - Volgens noodzaak wordt er storingsonderhoud uitgevoerd;
   - Voor de dagelijkse exploitatie van het windmolenpark zal men beroep doen op een centraal controlecenter;
   - Een team van gekwalificeerde technici zal worden belast met preventieve en curatieve onderhoudstaken.
4. De ontmantelingsfase

- Demontage en afvoer van de windturbineonderdelen en de OHVS;
- Verwijdering van de funderingen;
- Verwijdering van de elektrische kabels.

Hierna volgt per uitvoeringsfase het benodigd materieel en een beschrijving van de activiteiten en uitvoeringswijzen. Voor technische details wordt verwezen naar §2.7: Beschrijving van de technologie.

2.6.2 De ontwikkelingsfase (2011-2014)

Aan de bouw van een offshore energiepark gaat een uitgebreide voorbereiding vooraf. Er is een belangrijk gedeelte dataverwerving, data-analyse, engineering en vooronderzoek noodzakelijk alvorens te kunnen starten met de bouw van de installaties op zee. Voor het definitieve ontwerp van de technische installatie zullen aanvullende locatiespecifieke gegevens verworven en geanalyseerd worden.

Het verwerven van deze locatiespecifieke gegevens gebeurt door middel van:

- een deskstudie met als doel om in eerste grootte-orde de omgevingsparameters voor het ontwerp van de windturbines, funderingen en andere structuren vast te leggen. Volgende onderwerpen worden in de deskstudie behandeld:
  - Windklimaat;
  - Morfologie;
  - hydrodynamisch klimaat;
  - bodemkarakteristieken.
- een geofysisch onderzoek op de offshore locatie: bathymetrie (multibeam sonar (MBES)), side-scan sonar (SSS), seismische metingen en magnetometrische metingen;
- een geotechnisch onderzoek op de offshore locatie (sonderingen, boringen) en laboproeven;
- meteorologische en oceanografische studie en analyse.

2.6.2.1 Geofysisch onderzoek

Het geofysisch onderzoek omvat onder andere bathymetrische (MBES), side-scan sonar, seismische en magnetometrische metingen.

Geofysische metingen zijn van het grootste belang voor het bepalen van:

- de inplantingsplaats van de installaties;
- het kabeltracé van de exportkabel en de tracés van de kabels binnen het offshore energiepark (parkkabels).

Door middel van geofysisch onderzoek:

- kan de bodemdiepte van het aangevraagde domeinconcessiegebied bepaald worden;

- kunnen bestaande hindernissen zoals kabels, leidingen, wrakken enzovoort gelokaliseerd worden;
- kan de gelaagdheid van de ondergrond bepaald worden;
- kan de morfologische stabiliteit van de inplantingzone gecontroleerd worden.

De resultaten van het seismische onderzoek, dat de gelaagdheid van de ondergrond registreert, worden later gekalibreerd door middel van het geotechnisch onderzoek dat toelaat de waargenomen lagen kwalitatief te bepalen.

Voor het geofysisch onderzoek wordt een hydrografisch meetvaartuig ingezet uitgerust met:

- een nauwkeurig plaatsbepalingsysteem
- dieptemetingsapparatuur (MBES)
- side-scan sonar apparatuur (SSS)
- seismische zend- en ontvangapparatuur
- magnetometrische gradiënt zend – en ontvangstapparatuur
- dataverwerkingssystemen

2.6.2.1.1 Bathymetrische metingen

Het is belangrijk om een juist beeld te hebben van de zeebodem, zowel op de locatie van de fundering van de installaties, als langs het traject van de diverse zeekabels.

Uit de bathymetrie kan afgelezen worden wat de waterdiepte is waarvoor de fundering moet ontworpen worden.

Bijkomend zal, door het vergelijken van bathymetrieën genomen op verschillende tijdstippen, een idee gevormd worden van de morfodynamiek en de stabiliteit van de zeebodem.

2.6.2.1.2 Side-scan sonar metingen

Met SSS kan een meer gedetailleerd beeld van de zeebodem bekomen worden dan met MBES. SSS wordt gebruikt voor het (visueel) in kaart brengen van o.a. ook niet-metalen voorwerpen op de zeebodem (houten wrakken, afval, ed).

2.6.2.1.3 Seismische metingen

Het doel van het uitvoeren van seismische metingen is het in kaart brengen en interpreteren van de reflecties die duiden op de scheiding tussen verschillende grondlagen met verschillende geofysische / geotechnische eigenschappen. Het resultaat van deze metingen wordt daarvoor gecombineerd met het geotechnisch onderzoek.

De grondgelaagdheid zal mede het aanzetpeil van de funderingen bepalen.

2.6.2.1.4 Magnetometrische metingen

Het doel van deze metingen is om de aanwezigheid van metalen voorwerpen zoals kabels, (delen van) scheepswrakken, ankers, niet ontplofte munitie, mijnen en dergelijke in het aangevraagde domeinconcessiegebied en in het exportkabeltracé te bepalen omdat deze de lay-out van het energiepark en de kabeltracés kunnen beïnvloeden.

Tijdens de magnetometrische meetcampagne worden door het meten van de afwijking van aardmagnetische straling ijzer- of staalhoudende anomalieën in de ondergrond gelokaliseerd en gekwalificeerd.

Voor het geofysisch onderzoek wordt ondermeer volgend materieel ingezet:

- Opnameschip
- Plaatsbepalingssystemen
- Sonar en magnetometrische apparatuur

2.6.2.2 Geotechnisch onderzoek

Het geotechnisch onderzoek heeft tot doel het karakteriseren van de ondergrond ter plaatse van de funderingen en langsheen het tracé van de kabels. Het geotechnisch onderzoek omvat sonderingen, boringen en laboproeven.

Op basis van de resultaten van het seismisch onderzoek zal op diverse locaties in situ een diepsondering en/of een boring worden uitgevoerd en zullen al dan niet geroerde grondmonsters ter hoogte van deze locaties worden verzameld. Langsheen het kabeltracé zullen verschillende ondiepe sonderingen en monsternames gebeuren. Op de monsters worden in het laboratorium diverse analyses uitgevoerd.

Voor het geotechnisch onderzoek wordt ondermeer volgend materieel ingezet:

- Hefeiland
- Sleepboot
- Sondeer– en boorapparatuur
- Plaatsbepalingssystemen

2.6.2.2.1 Sonderingen (CPT)

De sonderingen zullen uitgevoerd worden met behulp van een elektrische piëzoconus. Hierbij worden de conusweerstand, de wrijvingsweerstand en de poriënwaterspanning gemeten langsheen het volledige traject van de sondering. Per funderingslocatie wordt één CPT uitgevoerd.

2.6.2.2.2 Boringen

Het uitvoeren van boringen op de relevante funderingslocaties geeft zowel via de boorparameters als via de boorspecie (geroerde of ongeroerde monsters) een continu beeld van de ondergrond. Al deze gegevens worden verzameld in een beschrijvende boorstaat.

Tijdens de uitvoering van de boring kan de boring indien nodig onderbroken worden om lokaal in situ pressiometerproeven (Ménard) uit te voeren. Hierbij wordt in een geboord gat een ballonvormige cel gelaten, die vervolgens wordt opgeblazen, waarna het gemeten verband tussen druktoename en volumevergroting de exacte stijfheid van de grond aangeeft.

Op regelmatige afstand wordt er een geroerd grondmonster genomen. Afhankelijk van de noodzaak en gebaseerd op eerder uitgevoerd onderzoek, wordt bepaald op welke diepte en hoeveel ongeroerde monsters nodig zijn ten behoeve van de laboproeven. De ongeroerde monsters worden genomen met behulp van een steekboor/puls aangepast aan de te verwachten grondsoort.

Het aantal en de inplanting van de boringen wordt bepaald op basis van de resultaten van het geofysisch onderzoek (seismiek) en de resultaten van de CPT's.

2.6.2.2.3 Laboproeven

Het uitvoeren van laboproeven resulteert in een verhoogde kennis van de eigenschappen van de bodem, nadat deze al in grote lijnen is vastgelegd via bovenvermelde methodes.

Afhankelijk van het type van fundering en de aard en de diepteligging van een bepaalde grondlaag, zullen een aantal laboproeven uitgevoerd worden op al dan niet geroerde monsters.

Op basis van de proeven zal er een beter beeld gevormd kunnen worden van diverse karakteristieken van de bodem:

- Korrelverdeling
    - Geroerd monster
    - Bepaling van organische stof en kalkgehalte
    - Via gekalibreerde zeven wordt de grondsamenstelling ontleed naar korrelverdeling
- Dichtheids-, volume- en massabepalingen
    - Geroerde en ongeroerde monsters
    - Minimum en maximum dichtheid
    - Proctorproeven
    - Watergehaltebepalingen
    - Permeabiliteit (K-waarde)
- Sterktemetingen
    - Ongeroerd monster
    - Triaxiaalproeven ter bepaling van geconsolideerde en niet-geconsolideerde, gedraineerde en ongedraineerde cohesie en hoek van inwendige wrijving. Uit deze proeven kan ook een elasticiteitsmodulus en samendrukkingsmodulus van de grond afgeleid worden.
    - Ter bepaling van het dynamisch gedrag van de grond worden de triaxiaalproeven ook met een cyclische variërende belasting uitgevoerd.
- Thermische geleidbaarheid, belangrijk voor het dimensioneren van de elektriciteitskabels

2.6.2.3 Meteorologische en oceanografische data en analyse

Windkarakteristieken, golf – en stromingsgegevens zijn van belang voor:

- de prognose van de energieopbrengst van het offshore energiepark;
- het bepalen van de ontwerpparameters (design basis) van funderingen, turbines, kabels en OHVS (Offshore High Voltage Station of hoogspanningsstation);

- het bepalen van de werkbaarheid van het materieel dat wordt ingezet bij de bouw en het onderhoud van het offshore energiepark.

In eerste instantie zal een verdere analyse uitgevoerd worden van de beschikbare data afkomstig van de bestaande meetstations die zich in de buurt van het aangevraagde domeinconcessiegebied bevinden, zowel uit Nederland, België als het Verenigd Koninkrijk. Deze data worden statistisch gecombineerd om een representatief windklimaat te bekomen en de extreme waarden van golven, stromingen en waterniveau's te bepalen. Hieruit volgen dan de nodige karakteristieke waarden voor het verdere ontwerp.

Indien noodzakelijk, zullen door middel van bijkomende meetcampagnes locatie-specifieke wind-, golf- en stromingsdata verzameld worden.

2.6.2.4 ontwerpfase

De resultaten van het hierboven beschreven onderzoek vormen samen met de overige beschikbare data, waaronder de technische gegevens van het vooropgestelde type generatoren en de eisen van alle interfererende partijen, de basis voor het ontwerp van het offshore energiepark.

2.6.3 Constructiefase (2013-2016)

2.6.3.1 Beschrijving van het materieel

Het aanbod aan materieel dat kan ingezet worden voor de realisatie van offshore windmolenparken is in sterke ontwikkeling. Hieronder worden enkele voorbeelden gegeven van 'in de markt' beschikbaar materieel.

Er dient rekening gehouden te worden met de werkbare dagen op de Noordzee die, gezien de weerscondities, zich hoofdzakelijk bevinden tussen april en oktober. Men opteert echter ook steeds meer om door te gaan met het bouwen tijdens de wintermaanden: stil en koud weer is eveneens geschikt voor constructiewerkzaamheden.

2.6.3.1.1 Mobiele kranen

Verschillende types mobiele kranen dienen ingezet te worden:

- 50 ton mobiele kraan,
- 100 ton mobiele kraan,
- 150 ton mobiele kraan,
- 600 ton mobiele kraan.

Deze kranen worden gebruikt om de turbines grotendeels vooraf aan wal te monteren zodat de moeilijkere mariene interventies tot een minimum herleid kunnen worden.



Figuur 2-6 Montage en laden van turbine onderdelen met mobiele kranen aan wal (bron: DEME)

2.6.3.1.2 Installatievaartuig

Indien een installatievaartuig ingezet wordt moet beroep gedaan worden op een multifunctioneel zeeschip geschikt voor het manipuleren van zware lasten. Typische afmetingen zijn: 85 m lang en 45 m breed met een diepgang van 6 m en een hefcapaciteit omstreeks de 3.000 ton. Van belang bij de keuze van het schip voor zijn hijscapaciteiten zullen de hoogte van de toren en het gewicht van de gondel zijn. Een aantal schepen werden omgebouwd tot installatievaartuigen met als speciaal doel offshore windmolenpark toepassingen. Ze werden dan ook speciaal voorzien om zo efficiënt mogelijk funderingen op de offshore locaties te brengen en op te stellen. Voorbeelden hiervan zijn de 'Stanislav Yudin' van het bedrijf Seaway Heavy lifting, de 'Jumbo Javelin' van het bedrijf Jumbo, 'Sea Power' en de 'Sea Energy' van het bedrijf A2SEA en het schip 'Mayflower Resolution' van het bedrijf MPI.



Figuur 2-7 Illustratie van een installatievaartuig (Rambiz) (bron: DEME)

2.6.3.1.3 Jack-up pontons of hefeilanden

Voor het plaatsen van funderingen en windturbines wordt gebruik gemaakt van een jack-up ponton. Dit is in wezen een groot ponton dat door middel van het laten zakken van ingebouwde spudpalen op de zeebodem kan staan. Daarna wordt het ponton opgetild tot boven de hoogst te verwachten

waterstand. Op deze manier kunnen de mariene werken met een grotere veiligheid en nauwkeurigheid uitgevoerd worden. Het jack-up ponton wordt op positie gebracht door middel van een sleepboot. Een variante op de jack-up pontons zijn de jack-up schepen. Dit zijn schepen die voorzien zijn van spudpalen om zowel zelfnavigerend te zijn als zichzelf te kunnen opduwen boven het wateroppervlak.



Figuur 2-8 Illustraties van jack-up pontons (Goliath en Vagant) (bron: DEME)

2.6.3.1.4 Transportpontons

Een transportponton kan worden gebruikt voor het transporteren van de windturbines en de transitiestukken naar de site. Het transportponton wordt voortgetrokken door een sleepboot. Als transportponton kan een jack-up ponton ingezet worden (dat aldus bij aankomst op de offshore bouwplaats zichzelf eveneens uit het water kan heffen). Gezien de lange vaartijd van haven naar locatie zal gezocht worden naar een oplossing waarbij het aanleveren van de onderdelen optimaal gebeurt.



Figuur 2-9 Illustratie transportponton voortgetrokken door een sleepboot (bron: DEME)

2.6.3.1.5 Barge

Een barge kan ingezet worden voor de aanvoer van funderingen en transitiestukken. Een barge is een transportschip met platte bodem, het bezit meestal een eigen motor voor voortstuwing (geen sleepboot noodzakelijk) en dient specifiek voor het transport van zware materialen.

2.6.3.1.6 Multicat

Voor het aanleveren van alle klein materieel kan eveneens een klein, multifunctioneel werkschip voorzien worden.

2.6.3.1.7 Sleepboten

Twee types sleepboten kunnen worden ingezet:

- Een zeesleper, voor het zware sleepwerk;
- Een assistentie sleepboot, voor de fijn-positionering van een hefeiland.

2.6.3.1.8 Werkschip met graafwerktuig, baggerschip en steenstortschip

De windturbinelocaties dienen voorbereid te worden, indien gewerkt wordt met gravitaire funderingen (GBF) of indien gewerkt wordt met een statische erosiebescherming bij het monopile funderingstype. Hiertoe wordt een werkschip met graafwerktuig en/of een baggerschip ingezet. Voor het aanbrengen van een erosiebescherming wordt gebruik gemaakt van een steenstortschip (een schip dat op een gecontroleerde manier stenen op de zeebodem kan storten, al dan niet via valpijpen).



Figuur 2-10 Illustratie van een sleephopperzuiger (bron: DEME)



Figuur 2-11 Illustratie van een steenstortschip, type zijstorten (bron: DEME)



Figuur 2-12 Illustratie van een steenstortschip 'Rollingstone', type valpijpstorten (bron: DEME)

2.6.3.1.9 Heigereedschap

Voor het heien van de funderingspalen (indien van toepassing) dient een schip of hefeiland met zware heihamer voorzien te worden. Als heihamer kan worden gebruik gemaakt van een type IHC in zijn zware uitvoering zoals de IHC S 600 à 1.200 of een 'hydro hammer' zoals van het type 'Menck MHU-800'. Het heien en afwerken van elke monopile neemt ongeveer 2 dagen in beslag (bij geschikt weer slechts 1 dag).

2.6.3.1.10 Jetting technieken

Voor het leggen en het ingraven van kabels in een zanderige bodem kan gebruik gemaakt worden van een kabellegschip of een kabelleg barge uitgerust met een 'jet trencher'. Door water onder druk in de zeebodem te spuiten, kan de kabel in de gefluïdizeerde bodem zakken. Na een korte tijd keert de bodem terug naar zijn oorspronkelijke staat en bedekt deze de kabel.



Figuur 2-13 Illustraties van kabelleggers (bron: DEME)

2.6.3.1.11 Ploegen

Voor het leggen van de kabels kan eveneens gebruik gemaakt worden van een ploeg. Er zijn in principe twee types ploegen:

- Grondverplaatsende ploeg: De grondverplaatsende ploeg maakt een brede (tot 5 m), open V-vormige sleuf in de zeebodem waar de kabel in komt te liggen. Een grondverplaatsende ploeg is geschikt voor de meeste sedimenttypes, inclusief zacht gesteente.
- Niet-grondverplaatsende ploeg: Deze ploeg snijdt (met een soort zwaard) de zeebodem open zonder de grond te veel te verplaatsen (30 cm tot 1 m). De kabels lopen doorheen de hiel van de ploegschaar en worden op die manier in de bodem gedrukt. Deze techniek kan worden gebruikt in vrijwel alle soorten sediment, maar minder goed in sedimenten die door hun samenstelling een grote interne wrijving hebben. Om die reden is er ook een zogenaamde 'jet ploeg' ontwikkeld die de zeebodem rond het ploegzwaard weker maakt door middel van waterstralen onder druk. De jet ploeg is inzetbaar in alle sedimentsoorten.
- Een andere ontwikkeling van de niet-grondverplaatsende ploeg is de vibroploeg, die trillingen gebruikt om de wrijving op de ploegschaar te verminderen.



Figuur 2-14 Illustratie van een niet-grondverplaatsende kabelploeg Sea Stallion IV (bron: VSMC)

2.6.3.1.12 Horizontal Directional Drilling

Voor de aanlanding van kabels en de duinkruising kan de techniek van gestuurde horizontale boringen (Horizontal Directional Drilling) worden aangewend. Met een boormachine wordt een boorgat geboord van op een hefeiland, onder het strand en de duinen door waarna de kabels erdoor worden getrokken, desgevallend kan dit ook via een caisson op het strand.



Figuur 2-15 Illustratie van het doortrekken van de exportkabel onder de duinen (bron: IMDC i.o.v. C-Power, april 2012)

2.6.3.2 De funderingen

2.6.3.2.1 Monopile fundering

In geval geopteerd wordt voor de basisconfiguratie of configuraties 1 en 2 kan gekozen worden voor een monopile fundering.

Uitvoeringswijze

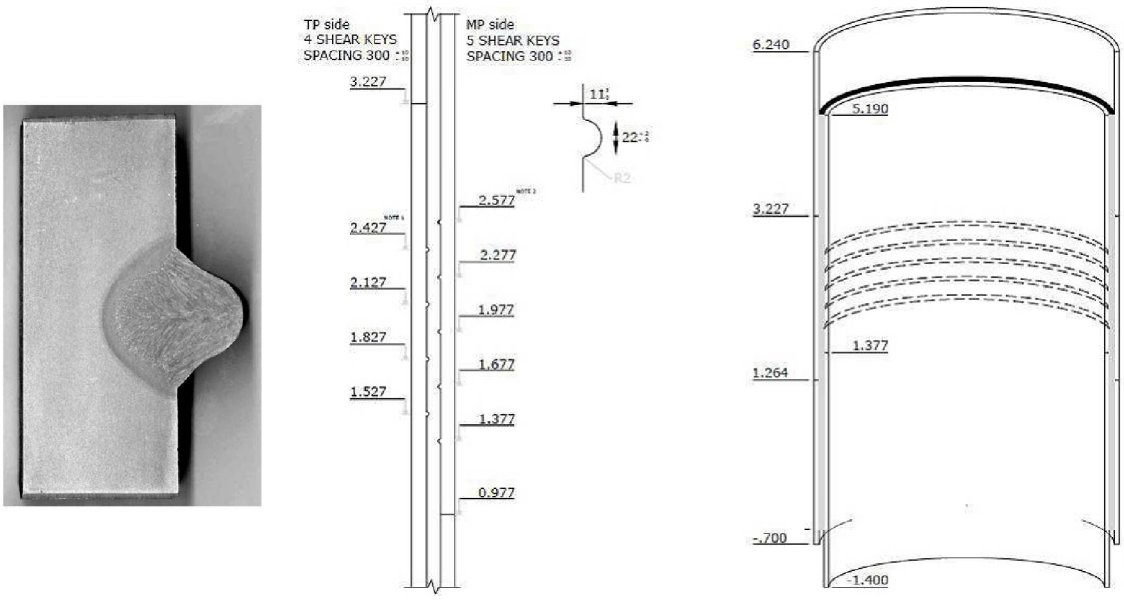
Indien voor dit funderingstype gekozen wordt, zijn de **dimensies** naar verwachting als volgt:

- Paaldiameter: 6,2-7,2 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 1); indicatieve paaldiameter van 7,5 m voor een 7MW Vestas V164 (configuratie 2);
- Indicatieve inheidiepte: 35 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 1); identieke waarden voor Vestas V164 (configuratie 2);
- Indicatieve totale paallengte: 65-75 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 1); 75-85 m voor Vestas V164;

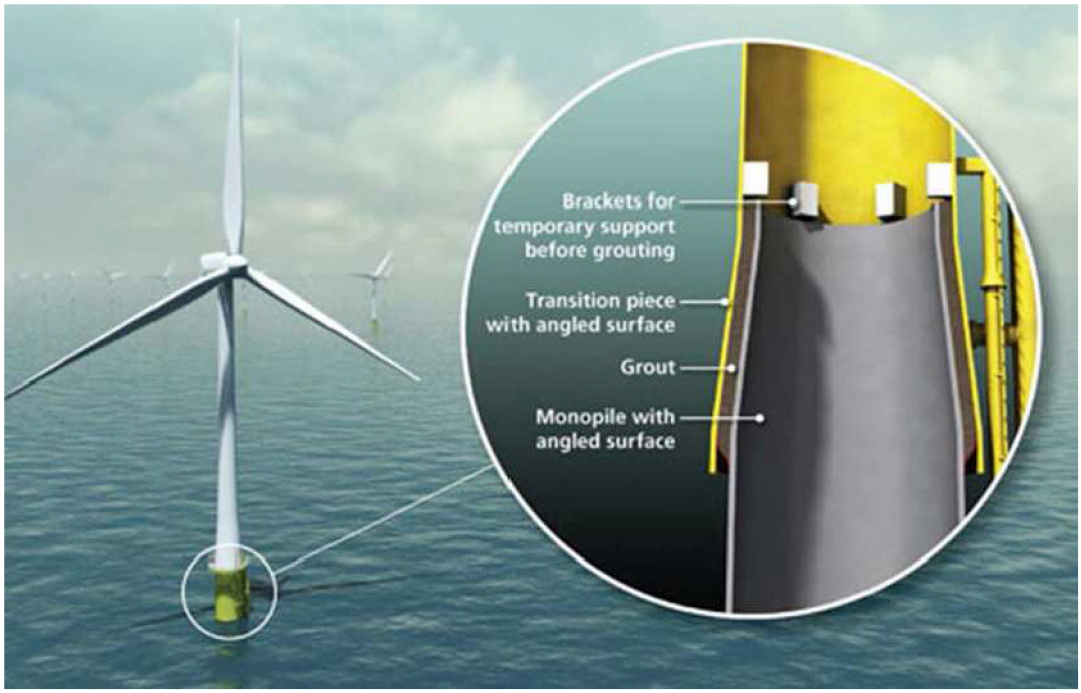
Benodigd materieel voor het plaatsen van de monopile funderingen:

- Jack-up ponton (= hefeiland), jack-up schip of installatievaartuig, uitgerust met:
  - Kabelkraan met grote hijscapaciteit;
  - Elektrische lieren of hydraulische cilinders waarmee het jack-up ponton of jack-up schip zichzelf uit het water tilt;
  - GPS installatie ter bepaling van de juiste positie voor het inheien;
  - Hydraulische heihamer;
  - Meetapparatuur ter bepaling van inheidiepte en verticaliteit van de monopile;
  - Behuizingsfaciliteiten voor het personeel.
- Een barge of een jack-up: voor de aanvoer van de stalen palen (monopiles), het transitiestuk, en andere onderdelen. De monopiles kunnen eventueel ook drijvend aangevoerd worden. In de drijvende aanvoer worden op de uiteinden van de palen pile-plugs geplaatst waardoor de paal luchtdicht is en blijft drijven. Deze pile-plugs zijn stoppen die door middel van een hydraulisch systeem het uiteinde van de paal luchtdicht afsluiten. De palen worden vervolgens drijvend naar de site gebracht met sleepboten.
- Transitiestuk: het transitiestuk wordt vastgezet op de monopile door injectie van grout (krimpvrije mortel) in de smalle holte tussen de monopile en het transitiestuk. Hierbij worden twee concepten van groutconnectie overwogen:
  - Concentrische connectie met shear keys: shear keys zijn stalen uitstulpsels op zowel de monopile als de binnenkant van het transitiestuk (Figuur 2-16). De shear keys hebben gemiddeld een hoogte van 11 mm en een breedte van 22 mm;
  - Conische vorm van zowel monopile als transitiestuk zonder shear keys (Figuur 2-17).

  Deze beide types van groutconnectie worden overwogen omwille van de recente onderzoeken m.b.t. verschuivingen van transitiestukken. De transitiestukken bij het Noordzeewind project in IJmuiden (Nederland) vertoonden verzakkingen, waardoor een herziening is gebeurd van de norm voor het ontwerp van de groutconnectie. Hierdoor zijn bovenstaande oplossingen naar voor geschoven als meest optimale.



Figuur 2-16 Illustratie van transitiestuk met concentrische connectie met shear keys



Figuur 2-17 Illustratie van transitiestuk met conische vorm van zowel monopile als transitiestuk zonder shear keys (bron: DNV, 2011)

Uitvoering: De monopile, het transitiestuk en andere onderdelen worden verscheept naar de offshore locatie. Het jack-up ponton wordt naar de locatie gebracht met een sleepboot (een jack-up schip vaart zelf). Na bepaling van de exacte positie wordt het hefeiland via kabels verankerd. Vervolgens zullen de 4 poten van het hefeiland uitgeschoven worden en hijst het werkplatform zich naar de vereiste hoogte om onafhankelijk van de golfslag operaties te kunnen uitvoeren.

Een funderingspaal wordt van het transportschip (de barge), van de jack-up of uit het water genomen via de hijskraan en wordt op de vereiste coördinaten in het water neergelaten en gepositioneerd. Nadat de positie en verticaliteit van de monopile zijn gecontroleerd, kan het heiblok op de monopile worden geplaatst waarna het heiwerk kan starten en de monopile tot de gewenste diepte wordt ingeheid, al dan niet via een eerste fase van intrillen. Zodra de monopile op diepte is, wordt de 'as-built' positie ingemeten. Met behulp van deze gegevens kan het transitiestuk op de juiste wijze op de monopile geplaatst worden. Dit transitiestuk dient om een eventuele scheefstand van de monopile – welke tijdens het heiwerk is opgetreden – te corrigeren. Het transitiestuk dient dan ook binnen de toleranties verticaal te worden gesteld. De spleet tussen het transitiestuk en de monopile wordt met grout opgevuld. Na het aanbrengen van het transitiestuk kan overgegaan worden tot het aanbrengen van voorzieningen die nodig zijn voor de inkomende en uitgaande kabels.

Aanbrengen erosiebescherming

Omwille van de grote hydraulische belasting, afkomstig van de (getijde)stroming als van de golven, wordt een aanzienlijke erosie verwacht in de bovenste zandlaag. Om ondermijning van de fundering te voorkomen wordt een erosiebescherming aangebracht. Bij het monopile funderingstype zijn twee types erosiebescherming mogelijk: statische of dynamische erosiebescherming.

Indien gekozen wordt voor de **statische erosiebescherming**, dient de windturbinelocatie vóór plaatsing van de fundering vlak gebaggerd te worden (een bodemvlak van 30 m x 60 m met hellingen van 1/5 en 1/8). Het 'reference seabed level' wordt ingeschat op 2-4 m onder het actuele zeebodemniveau. Aan de hand van bathymetrische en seismische gegevens kon ingeschat worden dat deze mobiele laag volledig zal weggebaggerd worden op ca. 50% van de locaties. Daarna wordt een eerste bescherming aangelegd: de filter layer is een onderlaag van kleinere stenen (grind met kaliber van 4 tot 32 kg; Dn50 = 50 mm) met een dikte van ca. 100 cm. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de paal diameter.

Na aanleg van de filter layer kan de monopile fundering geplaatst worden. Kort nadien volgt de afwerking van de erosiebescherming, namelijk door aanleg van de amour layer, i.e. een toplaag van breukstenen (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm). De amour layer heeft een dikte van ca. 100 cm. De grootste stenen worden voorzien voor de ondiepste locaties (waar de impact van golfslag het grootst verwacht wordt).

Indien gekozen wordt voor de **dynamische erosiebescherming**, wordt de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd. De monopile fundering wordt zonder voorbereiding van de zeebodem geplaatst en na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieput rondom de paal toegestaan. Deze put wordt vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag.

Ter hoogte van de Bligh Bank (het Belwind windmolenpark) werd de diepte van de erosieputten gemonitord, enkele dagen na beëindiging van het inheien van de monopiles (5 februari 2010). De eerste monopile werd geïnstalleerd op 8 september 2009. De dieptemetingen van de erosieputten toonden een variatie van 2 tot 6,5 m (Degraer *et al.*, 2010).

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine

- Plaatsen monopile en opzetten transitiestuk: ca. 2 dagen per fundering (bij geschikt weer), waarvan 4h effectief geheid wordt. Voor configuratie 1 komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 5 maand, voor configuratie 2 en 3 is dit ongeveer 4 maand (zonder weerverlet).

- Aanbrengen erosiebescherming: ca. 2-3 dagen per fundering in geval van een statische erosiebescherming; ca. 1 dag per fundering in geval van een dynamische erosiebescherming.

2.6.3.2.2 Multipode fundering

In geval geopteerd wordt voor de basisconfiguratie of configuraties 1, 2 of 3, kan een jacket funderingstype ingezet worden. De milieu impact zal bij configuratie 2 lager liggen dan bij configuratie 1, daar het aantal funderingen veel groter is terwijl er quasi geen verschil is in uitvoering tussen een jacket voor een 6 MW of 7 MW turbine.

Uitvoeringswijze

Indien voor dit funderingstype gekozen wordt, zijn de **dimensies** voor elke paal van de jacket naar verwachting als volgt:

- Paaldiameter: 2,25 m voor een REpower 6M windturbine; 3 m voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Indicatieve inheidiepte in de zeebodem: 20-55 m voor zowel een REpower 6M windturbine als voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;

Het **benodigd materieel** is volledig gelijkaardig aan dat voor de monopile fundering.

Uitvoering:

De jacket is een complexe structuur bestaande uit vele individuele stalen balken die zeer nauwkeurig aan elkaar gelast dienen te worden op land.

De vakwerkstructuur of jacket wordt, eens voorgemonteerd en uitgerust met het transitiestuk, op zee op 3 of 4 monopiles vastgezet.

De fundering kan ofwel 'post-piled' of 'pre-piled' uitgevoerd worden. De meer traditionele manier om jackets te installeren is via *post-piling*, i.e. de funderingspalen worden door kokers gedreven aan de basis van de jacket poten. Nadat de jacket neergelaten is worden de palen in de zeebodem geheid of getrild. De verbinding tussen de kokers en de funderingspalen wordt verzekerd met grout. Post-piling wordt echter weinig gebruikt voor windmolenparken, in tegen stelling tot de olie- en gasindustrie waar slechts één structuur geïnstalleerd moet worden.

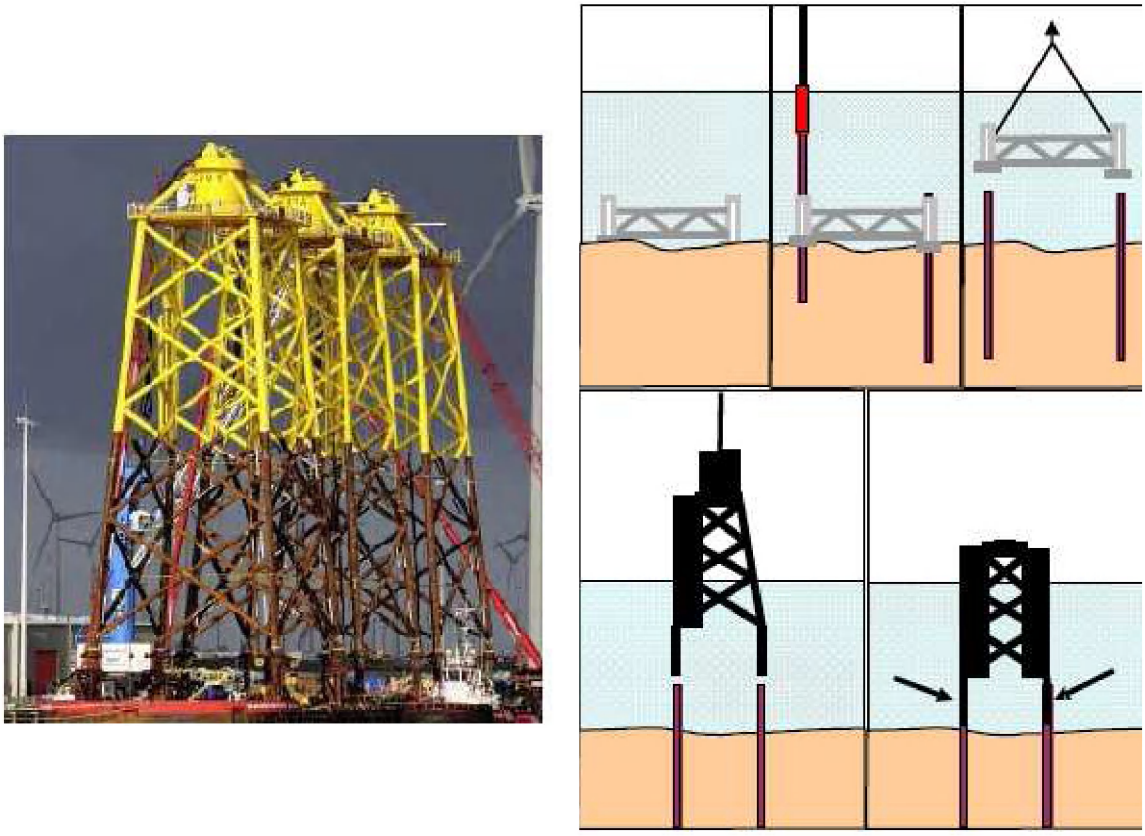
Bij de *pre-piled* installatie worden de funderingspalen eerst in de bodem geheid of getrild met een mal. Pas na het inheien wordt de jacket op de zeebodem neergelaten, waar de punten aan de uiteindes van de poten in de palen passen (Figuur 2-18). Pre-piling is sneller dan post-piling en er kunnen kleinere schepen gebruikt worden voor het inheien. Ook de grotere schepen kunnen efficiënter ingezet worden voor het installeren van de jackets op de voorgeïnstalleerde palen. Bij post-piling spenderen de dure grote schepen meer tijd per locatie.

Aangezien bij het design en de constructie van Jackets wordt gekozen voor een beperkt aantal types (bvb. één type voor elke 3 m bodemverschil) en er rekening moet gehouden worden met een maximale 'stick up' van de pre-piles (max. 8 m), worden egalisatiebaggerwerken voorzien op de locaties met grote (mogelijk mobiele) zandduinen.

Het projectgebied vertoont in het NW en ZO nogal wat zandduinen die mogelijks ook mobiel zijn en hoogtes hebben tot 7 m boven de omringende zeebodem. Vanuit de voorlopige inplanting bevinden ca. 50% van de funderingen zich in de zones met zandduinen. Op die locaties zal een baggerput

gemaakt worden met afmetingen van 50 m x 80 m (grondvlak en hellingen van 1/5 en 1/8) en 0,5 tot 2,5 m diep.

De installatie van de kleine monopiles is verder volledig gelijkaardig aan deze voor de monopile fundering (afgezien van het feit dat de paaldiameters kleiner zijn wat de heibaarheid ten goede komt).



Figuur 2-18 Illustratie van jacket constructies op land en rechts: de installatie door middel van pre-piling op zee: plaatsing mal, inheien palen in mal, verwijderen mal, plaatsing jacket op de palen

Aanbrengen erosiebescherming

Gezien de beperkte diameter van de verankeringspalen bij een jacketstructuur is het niet aanbrengen van erosiebescherming en het laten ontstaan van de (beperkte) erosiekuil voor dit funderingstypes een optie. Op basis van resultaten van reeds uitgevoerd studies acht Rentel de aanleg van een erosiebescherming rondom de jacket fundering voor het project niet noodzakelijk. Indien echter toch een erosiebescherming noodzakelijk zou blijken, dan kunnen dezelfde aannames genomen worden als voor een monopile fundering.

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine

Heien palen en plaatsen jacket: ca. 2-3 dagen per fundering (bij geschikt weer), waarvan vier keer 3h effectief geheid wordt met tussenpozen van 2 uur. Voor configuratie 1 komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 8 maand, voor configuratie 2 en 3 is dit ongeveer 6 maand (zonder weerverlet).

2.6.3.2.3 Gravitaire fundering

Voor de basisconfiguratie en configuraties 1, 2 en 3 kan een gravitaire fundering ingezet worden. In geval de gravitaire fundering wordt toegepast, zal deze opgebouwd worden op een bouwlocatie in de haven om vervolgens op een barge of ponton te worden gehesen en naar de opstellingsplaats te

worden gebracht. Er mag van uitgegaan worden dat op de bouwlocatie verschillende funderingen tegelijkertijd in aanbouw zullen zijn. De klassieke technieken voor constructies in gewapend beton zullen hier worden gehanteerd (bekisten, wapenen, storten van beton…).

Uitvoeringswijze

Dimensies: Afhankelijk van de hydrodynamische condities en de uitvoeringsmethode is de diameter aan de voet van de GBF fundering tussen 25 en 40 m, de hoogte van een GBF kan variëren tussen 40 en 60 m. De zwaarste uitvoering zal besproken worden naar milieueffecten.

Benodigd materieel: De 'lege' fundering wordt via een transportponton of barge naar het windmolenpark gebracht. De gravitaire fundering kan echter zo ontworpen worden dat ze drijft en zodoende naar de locatie gesleept kan worden. Dit reduceert de kosten voor zware liftschepen. De werkzaamheden voor het plaatsen van de gravitaire fundering gebeuren van op een jack-up ponton uitgerust met een zware hijskraan. Materiaal voor erosiebescherming wordt afgezonken met een steenstortschip, bvb. de 'Thornton 1' of 'Vlaanderen XXI' (DEME, 2008).

Uitvoering:

Een GBF moet ten allen tijde gefundeerd worden in een "niet mobiele" laag en op een goede ondergrond, en dus niet op bvb. een kleilaag die onderhevig is aan vervorming en degradatie. Om de draagkracht van de zeebodem ter hoogte van de opstellingsplaats van de gravitaire fundering te verhogen zijn er volgende mogelijkheden:

- Grondverbetering/verdichting van de zeebodem ter hoogte van de gravitaire fundering door compacteren en/of injecties;

- Verwijderen (wegbaggeren) van de toplaag van de zeebodem (tot 'reference seabed level') en aanbrengen van een stabiele en vlakke laag zand/grind. De hoeveelheid baggerwerk wordt bepaald door: het verschil tussen RSBL en ASBL ('actual seabed level'), de kwaliteit van de ondergrond, de dikte van de funderingslaag en de mogelijks benodigde inklemming. Voor de Rentel site is het op heden niet heel duidelijk hoe dik de Quartaire lagen exact zijn en hoe mobiel deze zijn. Ook is het niet helemaal geweten wat de 'bearing capacity' is van de onderliggende Tertiaire lagen. Rekening houdend met een RSBL dat gemiddeld voor alle locaties op ongeveer 2 m onder ASBL ligt en een funderingslaag van 1,3 m wordt een funderingsput met diepte van 7,5 m voorgesteld.

  De zone ter hoogte van de inplantingplaats van de windturbine wordt tot max. 7,5 m onder de zeebodem uitgebaggerd waardoor een put ontstaat met taluds van ca. 1/5 en 1/8 en aan de basis een oppervlakte van ca. 4.000 m² (50 x 80 m). Nadien wordt een funderingsbed van zand of grind aangelegd van 1,3 m dik.

  Op plaatsen waar het Tertiair minder diep ligt dan 7,5 m onder het ASBL en dit Tertiair uit klei bestaat zal sowieso minder diep worden gebaggerd en zal het design van de funderingen locatiespecifiek worden uitgewerkt. Mogelijks is op deze locaties het gebruik van een GBF niet meer mogelijk. De bovenstaande diepte kan dus als een maximum beschouwd worden.

- Tegenwoordig worden ook alternatieven onderzocht om de gravitaire fundering rechtstreeks op de erosiebescherming te zetten, zonder voorbereiding van de opstellingsplaats.

De tweede optie, met wegbaggeren van de toplaag, zal de zwaarste milieu-impact hebben en zal in onderhevig MER besproken worden.

De gravitaire fundering is een constructie die geprefabriceerd wordt in de haven (premontagelocatie):

- Ze wordt uitgevoerd in gewapend beton, het verbindingsstuk voor de windturbinetoren is ingegoten;
- De gravitaire fundering is in een bepaalde mate 'hol' om het gewicht minimaal te houden voor hijsen en transport;

De gravitaire fundering wordt in de haven op een barge of ponton geladen en naar het windmolenpark gesleept; ter plaatse wordt de prefabconstructie afgezonken op de vlak gemaakte zeebodem.

De gravitaire fundering wordt vervolgens gevuld met ballast: zand/grind/water. De ballast kan tot 2/3 van het finale gewicht uitmaken.

Daarna volgt de opvulling van de bouwput met het eerder uitgebaggerde zand (backfill) zodat de GBF ingeklemd zit.

Na installatie wordt een bescherming aangebracht rond de structuur om bodemerosie te vermijden, zogenaamde 'scour protection'.

De opeenvolging van funderingslaag, backfill en erosiebescherming zijn gevisualiseerd in Figuur 2-19.

Aanbrengen erosiebescherming

Om erosie rond de gravitaire fundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit en hogere belasting door stromingen tegen te gaan) wordt rond elke fundering een erosiebescherming aangebracht. Bij een gravitaire fundering wordt een statische erosiebescherming aangebracht:

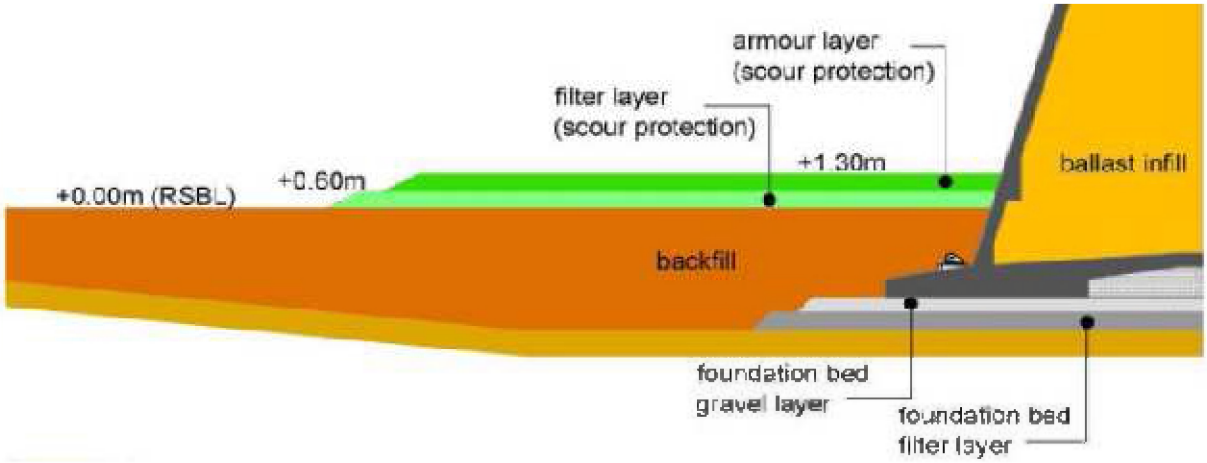
- In eerste instantie wordt de put die is uitgebaggerd terug aangevuld met uitgebaggerd zand (backfill);

Daarboven wordt een specifieke erosiebeschermingsfilter aangebracht in verschillende lagen:

- Filter layer met grind: laagdikte ca. 60 cm; kaliber 2-120 mm; oppervlakte is ongeveer 5 m in diameter meer dan de armour layer.
- Armour layer: steenbestorting met breuksteen: laagdikte ca. 70 cm; mengsel van 5-200 kg; oppervlakte is plaatsafhankelijk ca. 2,5-3 keer de GBF doorsnede aan het zeebodemoppervlak.

De zandbalans wordt besproken in hoofdstuk 5.1: 'Beschrijving en beoordeling van de effecten op Bodem en Water'.





Figuur 2-19 Illustratie van het aanbrengen van de backfill en erosiebescherming bij een gravitaire fundering (bron: DEME, 2008)

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine

- Voorbereiden opstellingsvlak gravitaire fundering: 8-10 dagen per fundering;
- Plaatsen gravitaire fundering: 1-2 dagen per fundering;
- Heraanvullen funderingsput en aanbrengen erosiebescherming: ca. 8-10 dagen per fundering.

2.6.3.2.4 Suction bucket principe

De suction bucket fundering kan gezien worden als een alternatieve uitvoeringswijze bij monopile of jacket structuren (basisconfiguratie en configuraties 1, 2 en 3). Het principe vormt een alternatief voor het inheien of intrillen van de stalen buispalen bij de monopile en jacket fundering. Als dusdanig vormt een suction bucket - eens de bucket geplaatst in de bodem - een zelfde type fundering en

blijven dus alle andere uitvoeringsactiviteiten zoals het nivelleren of het al dan niet aanbrengen van erosiebescherming bij monopile en jacket nagenoeg hetzelfde.

Uitvoeringswijze

Dimensies:

De typische opbouw van een suction bucket fundering voorziet een brede "rok" (skirt) met een diameter van 15 – 20 m die in de bodem wordt gebracht. Via een overgangsstuk ("lid") wordt boven de bestaande zeebodem de aansluiting naar de schacht ("shaft") gerealiseerd. Deze schacht vormt dan de verdere verbinding met de toren waarop de windturbine wordt gemonteerd. De schacht heeft vergelijkbare dimensies met de monopile, terwijl de rok – in functie van de lokale geotechnische bodemcondities – een gepaste diameter en hoogte (10-12 m) krijgt.

Het **benodigd materieel** is volledig gelijkaardig aan dat voor de monopile en multipode jacket fundering. Nagenoeg elk schip kan het zuigproces uitvoeren.

Uitvoering: constructie op land en het transport van de monopile of jacket structuur is hiervoor beschreven. Suction buckets zelf kunnen al drijvend naar de installatielocatie getransporteerd worden (Figuur 2-20). De installatie van dit type fundering is gebaseerd op 'zuiging'. De volledige bucket (skirt+lid) wordt verticaal op bodem geplaatst. Na de indringing van de bodem onder eigen gewicht, wordt een vacuüm gecreëerd in de bucket waardoor de constructie onder zijn eigen gewicht verder verticaal in de bodem dringt. De rok wordt voorzien van pijpen waarlangs overtollig (grond)water continu wordt afgevoerd door geïnstalleerde pompen (Figuur 2-21 en Figuur 2-22). Dit gecontroleerde proces van onderdruk en waterafpomping verzekert de verticaliteit van de plaatsing. Via de pijpen kan de draagstructuur gestuurd worden wanneer die in de ondergrond dringt. Ter verdere ondersteuning van de bodempenetratie bij lokale bodeminsluitsels of ter assistentie bij de verticaliteitscontrole kan gebeurlijk ook de onder de onderrand van de rok verweekte bodemlaag expliciet worden weggezogen. Na installatie dienen de pompen daarna verwijderd te worden met behulp van tevoren geplaatste takels. Naast een uitgebreide meetcontrole bij de plaatsing (om absolute verticaliteit te verzekeren) gebeurt een visuele controle door middel van een Remote Operated Vehicle (ROV) zodat duikers in de meeste gevallen niet langer nodig zijn.

Tijdens de laatste fase van de installatie kan een kleine hoeveelheid sediment (10-20 m^3) uit de rok gezogen worden om volledig contact tussen zeebodem en rokbovenkant te verzekeren. Het materiaal is vloeibaar gemaakt in zeewater in verhouding 1/4. Het materiaal wordt in de waterkolom vrijgelaten nabij de zeebodem. Het materiaal is gelijkaardig aan wat tijdens natuurlijke golf- en getijstroming zou bewogen worden.

Aanbrengen erosiebescherming

De grote diameter van de rok die in de bodem wordt geplaatst, wordt ter hoogte van de zeebodem gereduceerd naar de monopile dimensies van de schacht. Het overgangselement ("lid") vangt een stuk de potentiële erosieaanzet op, maar dat neemt niet weg dat er rond deze constructie ook een zelfde type erosiebescherming dient te worden voorzien als bij een standaard monopile fundering.

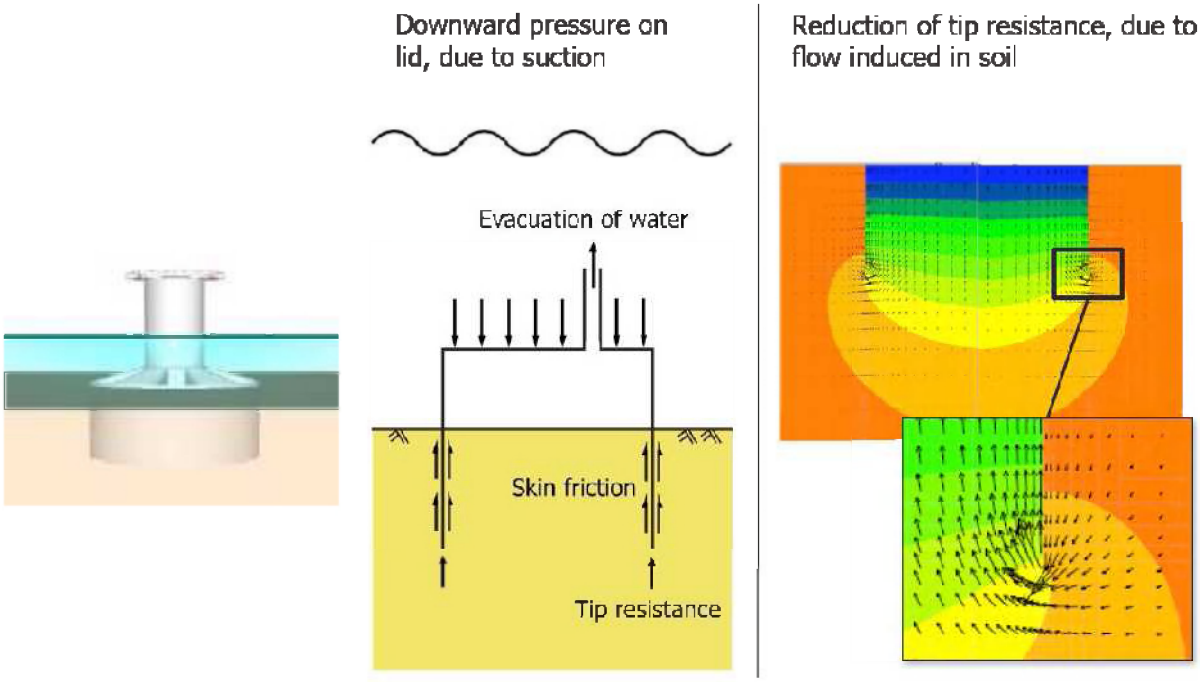
In het geval het suction bucket principe gebruikt wordt ter vervanging van het inheien van een jacket zal er geen erosiebescherming nodig zijn.

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine

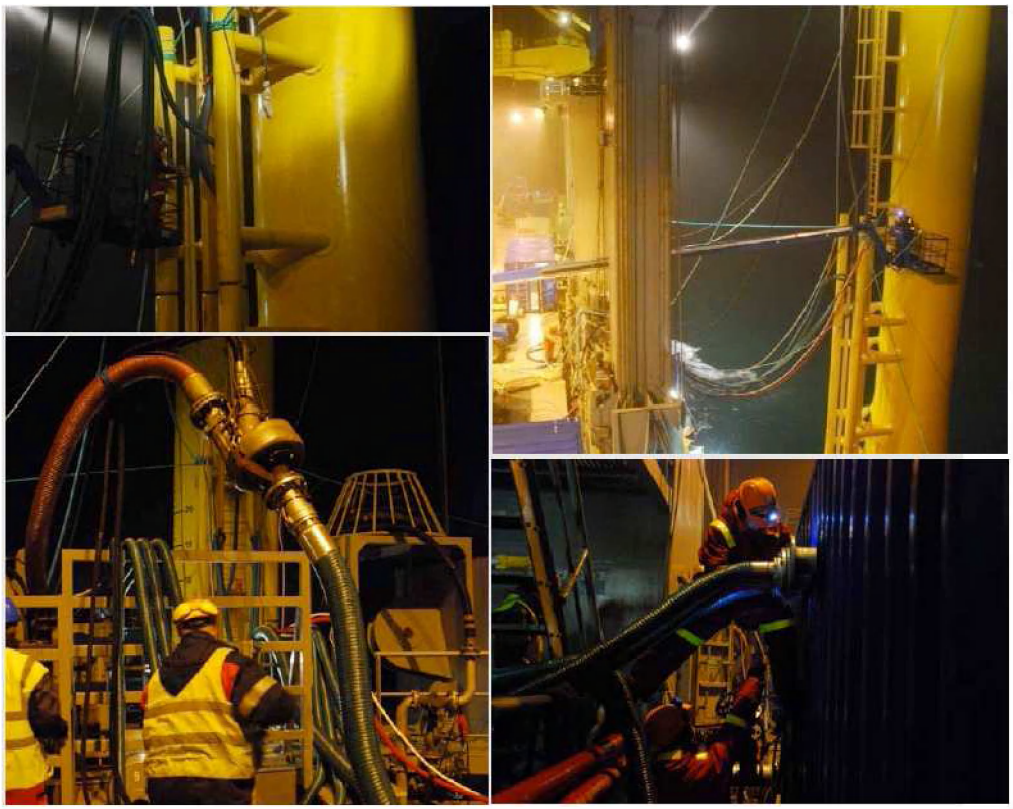
Het suction penetratieproces zelf duurt ongeveer 6-8 uur. De positionering en het neerlaten wordt geschat op 2-4 uur.



Figuur 2-20 Transport van een suction bucket via het water (bron: Le Blanc Bakmar 2009)



Figuur 2-21 Illustraties bij het suction bucket principe (bron: Le Blanc Bakmar 2009)



Figuur 2-22 Illustraties bij het suction bucket principe: pompinstallatie (bron: Le Blanc Bakmar 2009)

2.6.3.3 De windturbines

Voor de premontage van de windturbines en andere onderdelen van het windmolenpark en als werkbasis voor personeel en de installatievaartuigen zal een bouwlocatie in een nabij gelegen haven (waarschijnlijk Vlissingen, Oostende of Zeebrugge) worden ingericht.

De constructie van de gondel met alle interne uitrusting, de rotor en de wieken gebeurt in de werkplaatsen van de windturbineconstructeur (Duitsland, Denemarken…). De constructie van de toren(mast)-delen gebeurt in de werkplaatsen van specifieke onderaannemers (in diverse Europese landen). Het transport van de bovengenoemde windturbineonderdelen vanuit de werkplaatsen van de constructeur naar de bouwlocatie in de haven zal gebeuren per schip of per vrachtwagen (afhankelijk van de plaatsen van herkomst en de dimensies van de onderdelen). De componenten van de windturbine worden als volgt op de kade aangeleverd:

- Een enkel, twee of drie voorgemonteerde segmenten van de toren, volledig uitgerust met rustplatforms, ladder, etc.;
- De volledig voorgemonteerde windturbinegondel (met as, mechanische transmissie, generator, en krui- inrichting);
- De naaf van de rotor;
- Drie rotorbladen.

De windturbines worden in onderdelen naar de site vervoerd met een (gesleept) jack-up ponton en ter plaatse geassembleerd of worden samengebouwd op een jack-up ponton of installatieschip en geassembleerd naar de site vervoerd. Deze assemblage gebeurt als volgt:

- De segmenten van de toren worden op het ponton/schip gezet met behulp van een grote mobiele kraan, en een bijkomende kleine mobiele kraan, die zorgt voor de nodige geleiding om de segmenten zonder beschadiging uit horizontale positie naar verticale positie te brengen. De torensegmenten worden later op de site d.m.v. inwendige boutverbindingen aan elkaar bevestigd. Afhankelijk van het type windturbine en de beschikbare hijscapaciteit kan de toren ook volledig in de haven worden gemonteerd en in zijn geheel naar de site worden gevaren voor installatie;
- Het werkplatform, de hijsinrichtingen en de elektrische infrastructuur die deel uitmaakt van de windturbine zelf, worden gemonteerd;
- Daarna wordt de windturbinegondel met de grote mobiele kraan op het ponton/schip gezet;
- De rotor van de windturbine wordt op de grond, in horizontale positie, samengebouwd, met behulp van de kleine mobiele kraan;
- De rotors worden dan op de as van de windturbine gemonteerd, met behulp van de grote mobiele kraan. De kleine mobiele kraan zorgt opnieuw voor de nodige geleiding. De kleinere turbinetypes gaat men vaak blad per blad installeren offshore terwijl de turbines vanaf 4-6 MW tot nu toe steeds werden geïnstalleerd met een volledig geassembleerde rotor;
- De windturbine wordt vervolgens op het ponton of installatieschip aan een elektrische voeding aangesloten om de nodige testen te kunnen uitvoeren. Na het testen wordt de windturbine terug losgekoppeld en klaargemaakt voor transport;

Voor de plaatsing van de windturbines op de funderingen wordt verder gewerkt met het installatievaartuig of wordt gebruik gemaakt van een tweede ponton (een jack-up ponton). De installatievolgorde is als volgt :

- Het ene of de meerdere torenelement(en) worden opgehesen door de hijskraan om op de fundering te worden gemonteerd;
- Als de toren of het torenelement staat, worden alle bouten geplaatst en aangedraaid;
- De hijskraan wordt losgekoppeld van de toren of het torenelement;
- De windturbine, met voorgemonteerde bladen, wordt opgehesen door de hijskraan en op de toren gemonteerd;
- Als de windturbine staat, worden alle bouten geplaatst en aangedraaid;
- De hijskraan wordt losgekoppeld van de windturbine;
- Het installatievaartuig/ponton wordt verplaatst naar de volgende positie.

Voor wat betreft het assembleren van de windturbines op het transportponton of installatieschip wordt aangenomen dat 1 windturbine per 24h kan worden geassembleerd. Met betrekking tot het plaatsen van de windturbines op de funderingen wordt aangenomen dat er 1 windturbine per 24h kan worden geplaatst (bij geschikt weer). Er zal enkel gewerkt kunnen worden wanneer de zee het rustigst is (met name voorjaar en zomer) en alle werken zullen uitgevoerd worden in volcontinu dienst (24 u op 24 u, 7 dagen per week).







Figuur 2-23 Illustraties van de installatie van WTG en rotor (bron: DEME, C-Power fase 2)

2.6.3.4 Elektrische infrastructuur

Er worden twee opties overwogen voor de aansluiting van de turbines op een offshore hoogspanningsstation. Eén optie is de aansluiting op twee standaard hoogspanningsstations binnen het concessiegebied, waarna de OHVS met land verbonden worden door middel van een exportkabel. Een tweede optie is de aansluiting op een nabijgelegen artificieel platform buiten het concessiegebied. In overeenstemming met de vooropgestelde invulling door ELIA (ELIA, 2011) wordt de aansluiting vanuit het Rentelgebied voorzien op het offshore transformatorstation, het zogenaamde alfa-platform. De exacte locatie van dit artificieel eiland is nog niet gekend (IMDC, 2011a). Indien het alfa-platform technisch gezien te ver van het concessiegebied zou ingeplant worden dient ook in dit geval de aansluiting van de turbines te gebeuren op één (of twee) OHVS binnen het concessiegebied. Een exportkabel verbindt dan de OHVS met het alfa-platform. Indien het alfa-platform echter dichtbij het Rentel concessiegebied geplaatst wordt, kunnen de turbines rechtstreeks aangesloten worden op het alfa-platform. In dat geval is geen exportkabel nodig binnen het Rentel project.

2.6.3.4.1 Het offshore hoogspanningsstation

De offshore hoogspanningsstations bestaande uit transformator(en), schakelapparatuur, stuur- en controlekasten, worden volledig op land samengebouwd. De complete stations worden op land bekabeld en getest. Alle apparatuur wordt in een gesloten behuizing ingebouwd die op een metalen draagstructuur rust. Het transport van het OHVS gebeurt op een barge. Voor de installatie op de fundering wordt een zwaar hefkraanschip gebruikt (Figuur 2-24). De fundering van de offshore hoogspanningsstations wordt apart geleverd en geïnstalleerd, gelijkaardig aan de funderingen van de windturbines.



Figuur 2-24 Illustratie van de installatie van een OHVS

2.6.3.4.2 De verbinding met de landkabel

De exportkabel voor het windmolenpark wordt vanaf de kust in de richting van het windmolenpark gelegd of vanaf het windmolenpark in de richting van het alfa-platform. Gezien de grote lengte van de kabels en het hoge specifieke gewicht van de kabel per lopende meter, is een speciaal uitgerust kabellegschip vereist voor de installatie van de kabels. In het geval het OHVS verbonden wordt met land, zal dit schip de kabel ophalen op de fabricageplaats vanwaar het schip onmiddellijk naar het aanlandingspunt vertrekt. De kruising met de zeedijk gebeurt door middel van een gestuurde boring, waarna de exportkabel verbonden wordt met de landkabel. Op het strand wordt de kabel in een sleuf geplaatst met een diepte van 1,5-2 m onder het zand. De bespreking hiervan valt buiten deze vergunningsaanvraag. Van zodra de kabel over een voldoende lengte doorheen de gestuurde boring is getrokken start het effectieve leggen van de kabel zeewaarts.

2.6.3.4.3 Het leggen van de exportkabel(s)

Vooreerst wordt een bathymetrische survey uitgevoerd over een breedte van 50 m over de voorgestelde kabeltracés. Bovendien wordt de route ook overvaren met een dreganker, om te verzekeren dat er zich geen ongeïdentificeerde kabels, pijpleidingen of ander objecten bevinden langsheen de tracés.

Ook zeewaarts gebeurt het kabelleggen met een kabellegschip of barge (Figuur 2-13). Het schip is uitgerust met:

- Een oppervlaktereferentiesysteem: GPS;
- Een onderwaterreferentiesysteem: sonar;
- Eventueel dynamisch positioneersysteem;
- Een onder water ploeg of jet-ingravingsuitrusting.

Tijdens het kabelleggen zal regelmatig een ROV ingezet worden voor visuele inspectie van de kabelconfiguratie en de plaatsing op de zeebodem. Het kabellegschip of barge zal geassisteerd worden door multi-inzetbare schepen voor het neerlaten van de ankers en tijdens sterke stroming.

Over het ganse traject wordt de kabel daarna op 2 m onder de zeebodem ingegraven, behalve ter hoogte van de kruising met de vaargeul waar de kabel minimaal op -25 m LAT wordt gelegd.

Verschillende technologieën komen in aanmerking voor het begraven van de kabels:

- **Jetting:** In de zeebodem wordt met een water straal onder hoge druk een beperkte sleuf gemaakt waardoor de bodem ter plaatse gefluïdiseerd wordt. De druk hiervan wordt geregeld in functie van de bodemkenmerken. Onder zijn eigen gewicht zakt de kabel onmiddellijk tot op de vereiste diepte in de sleuf, zijnde twee meter diep (buiten de vaargeul). Door de natuurlijke stroming en turbulentie sluit deze sleuf zich op heel korte tijd na het leggen. Deze techniek veroorzaakt een zeer lokale en tijdelijke verstoring van de bodem met een verhoogde turbiditeit tot gevolg. Deze techniek is toepasbaar tot maximaal 3 meter diepte, afhankelijk van de bodemgesteldheid.

- **Ploegen:** Deze techniek bestaat uit een ploeg dewelke achter het kabellegschip wordt bevestigd en de bodem open ploegt tot op de vereiste diepte. De kabel wordt afgerold in de aldus ontstane sleuf dewelke zich op een natuurlijke wijze op korte tijd terug sluit door de natuurlijke stroming en getijde werking. De maximaal toepasbare diepte bedraagt ongeveer 3 meter.

- **Injectoren:** Injectoren zijn een gecombineerde technologie van jetting en ploegen. Een grote ploeg is uitgerust met hoge druk spuitkoppen dewelke zowel voor als onder de ploeg de bodem los woelen waardoor er zich een gleuf achter de ploeg vormt. Door de combinatie van beide technologieën zijn grotere dieptes haalbaar, in functie van de bodemkenmerken zelfs tot 8 meter diepte. Ook hier sluit de sleuf zich op korte termijn op een natuurlijke wijze. De diepte is instelbaar langsheen het traject.

- **Baggeren:** waar de vereiste diepte niet bereikt kan worden door de aanwezigheid van bvb. stijve klei, zal er een geul gebaggerd worden door middel van een Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD). In een vaargeul zal deze geul na het leggen van de kabel opgevuld worden met zand.

- **Baggeren + jetting of ploegen**: Aangezien de haalbare diepte van de klassieke jetting en ploeg methodes gelimiteerd is tot een maximale diepte van ongeveer 3 meter is een combinatie van een voorgebaggerde sleuf met één van deze technieken vereist om de minimale diepte in de vaargeul te kunnen garanderen als alternatief voor injectoren. Gezien de beperkte diepte kan ook hier aangenomen worden dat deze voorgebaggerde geul zich snel zal sluiten van zodra het kabellegschip zijn kabel zal gelegd hebben in deze sleuf.

De meest waarschijnlijke methode is ploegen of jetten buiten de vaargeulen en een combinatie van baggeren en ploegen of jetten in de vaargeul. Er valt te verwachten dat het gebruik van ploegen of injectoren of het uitbaggeren van een sleuf een grotere milieuverstoring veroorzaken dan jetting. Voor de kruisingen van de vaarroutes is er waarschijnlijk geen valabel alternatief voor de combinatie van baggeren en ploegen of jetting.

Buiten de vaargeul zal de exportkabel (150 kV-220 kV) waarschijnlijk begraven worden op de vereiste diepte door middel van een ploeg, bvb. de Sea Stallion IV. De ploeg wordt vanaf het kabellegschip (bvb. de Stemat Oslo Multi-inzetbare kraan barge) neergelaten en glijdt op ski's op een afstand van ongeveer 100 m achter het schip over de zeebodem. In principe is deze methode een 'post-lay 'begraafmethode omdat de kabel eerst op de zeebodem gelegd wordt en dan pas begraven op de vereiste diepte.

2.6.3.4.4 Het leggen van de parkkabels

Individuele turbines worden in lijnstrengen (interarray cables) met elkaar verbonden en aangesloten ofwel op een traditioneel OHVS-platform ofwel rechtstreeks naar het nabijgelegen transformatorplatform (alfa-platform cf. Elia, 2011). Per lijn wordt een 33 kV of 66 kV parkkabel voorzien om de aansluiting met het transformatorstation te realiseren. Afhankelijk van de gekozen kabel, kunnen er meer of minder turbines per lijnstreng aangesloten worden. De parkkabels kruisen elkaar niet en liggen op tussenafstanden van minimum 50 m, zoals beschreven in KB van 12 maart 2002. De totale lengte aan parkkabel varieert tussen ca. 35 km voor 55 windturbines en 50 km voor 78 windturbines.

De parkkabels (33 kV of 66 kV) zullen tot de vereiste diepte begraven worden door middel van jetting. Gezien de zone binnen het windmolenpark niet meer toegankelijk zal zijn voor andere doeleinden wordt voorgesteld om deze kabels op een diepte van 1 meter onder de bodem te leggen. Tegenwoordig kunnen de jetting systemen van op afstand bediend worden door gebruik te maken van een speciaal ontwikkelde 'heavy duty' ROV met jetting apparatuur. Na lancering vliegt de ROV vrij richting kabel, in plaats van gesleept te worden zoals vroeger gebeurde.

Ter hoogte van de turbines worden de kabels in een zogenaamde J-Tube gebracht, dit zijn stalen buizen aan de zijde van de windturbine die met een bocht vertrekken ter hoogte van de erosiebescherming en die de kabel naar de binnenzijde van de turbine leiden boven de hoogwaterlijn. Op de bodem heeft deze J-Tube een flexibel stuk om het aanlanden van de kabel te vergemakkelijken. Dit flexibel stuk van maximaal een tiental meter wordt samen met de kabel met steenbestorting beschermd tot op dezelfde afstand als de erosiebescherming rond de funderingspaal. Dit wil zeggen dat het kabelleggen zelf geen bijkomende erosiebescherming impliceert ter hoogte van de aanlanding in de turbines.

In geval er geen erosiebescherming voorzien is zullen de kabeldelen die blootgesteld blijven beschermd worden met breuksteen of manueel ingegraven worden (ROV/duiker). De rotsbescherming zal gelijkaardig zijn aan deze voorgesteld voor de armour laag van de eventuele erosiebescherming.

2.6.3.4.5 Het kruisen van vaargeulen, kabels en pijpleidingen

Er worden twee kabeltracés met elk een alternatief voorgesteld: een west-tracé, met als alternatief een aansluiting op het alfa-platform van ELIA (ELIA, 2011) en het oost-tracé voorgesteld tijdens de concessieaanvraag, met een alternatief buiten de Norther concessie (zie kaart in hoofdstuk 4 en 0).

Het west-tracé kruist, in volgorde van windmolenpark tot land:

- de Interconnector gasleiding
- de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel
- de operationele Concerto South 1S telecommunicatiekabel
- de C-Power exportkabels
- de vaargeul 'Scheur'
- afhankelijk van de definitieve locatie van het STEVIN hoogspanningsstation dienen de Interconnector en de Concerto South 1S opnieuw gekruist te worden.

De alternatieve west-route verbindt het Rentel windmolenpark met een offshore substation (alfa-platform) ten westen van de Northwind (vroeger Eldepasco) concessiezone. De route kruist dan minstens de Interconnector gasleiding en de Concerto South 1S telecommunicatiekabel.

Het oost-tracé, volgens concessieaanvraag, kruist in volgorde van windmolenpark tot land:

- het Norther concessiegebied
- de vaargeul 'Scheur'

De alternatieve oost-route die niet door het Norther consessiegebied loopt, kruist achtereenvolgens:

- exportkabels van Belwind en Northwind (vroeger Eldepasco)
- de Seapipe gasleiding
- de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel (3 keer)
- de Concerto 1E telecommunicatiekabel (2 keer)
- nogmaals de Seapipe gasleiding
- de exportkabels van Belwind, Northwind en Norther
- de Interconnector gasleiding
- de Concerto South 1S telecommunicatiekabel
- een westelijke exportkabel van Norther
- de vaargeul 'Scheur'

Kruising met de vaargeul

Wat betreft het kruisen van de vaargeul wenst Rentel NV zich te conformeren aan de veiligheidsvoorschriften zoals beschreven in bijlage 2.1.2. van het KB van 12 maart 2002 over het leggen van offshore kabels, d.w.z.. dat voor de kruising met de zeevaartroutes de diepte bepaald wordt in functie van de bestaande en toekomstige toestand, en de randvoorwaarden en bijzondere voorwaarden die door het Vlaams Gewest worden gesteld (pers. comm. N. Dewalque, Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare werken, Haven- en Waterbeleid, maart 2012).

In de zone van de huidige vaarroutes, inclusief een veiligheidszone van 250 m langs weerszijden van de vaargeul, dient de bovenkant van de kabel dieper te liggen dan -25 m LAT. De kabeleigenaar zal er voor zorgen dat de baggerwerken met sleephopperzuiger tot een diepte van -22 m LAT altijd wordt gegarandeerd zonder bijkomende voorwaarden.

Om de vereiste begravingsdiepte onder de toekomstige toestand van de geul te garanderen, dient de kabel dus ingegraven te worden op een diepte van -25,22 m TAW. Deze diepte houdt rekening met een externe kabeldiameter van 22 cm.

Aangezien de haalbare diepte van de klassieke ploeg methodes gelimiteerd is tot een maximale diepte van ongeveer 3 meter is een combinatie van een voorgebaggerde sleuf met deze techniek vereist om de minimale begravingsdiepte in de vaargeul te kunnen garanderen als alternatief voor injectoren.

Vóór het kabellegschip met ploeg ter hoogte van de vaargeul passeert zal dus een sleuf uitgebaggerd worden. De sleuf zal minstens 10 m breed zijn aan de bodem en zal stabiele hellingen hebben (1/3-1/4). De sleuf zal reeds tot een diepte van -25,22 m TAW uitgegraven worden voor de ploeg arriveert. Dieper inploegen van de kabel is dus in principe niet nodig. Om te verzekeren dat de vereiste minimumdiepte van de sleuf bereikt is zal aan de start van de kabellegwerken een multibeam meetcampagne uitgevoerd worden. In het geval er zich locale zandafzettingen in de sleuf zouden bevinden, zal de exportkabel toch verder ingegraven worden met de ploeg. Na het leggen van de kabel zal de voorgebaggerde sleuf opgevuld worden met het eerder weggebaggerde materiaal dat tijdelijk gestockeerd wordt op bvb. dumplocatie S1.

De uitgevoerde stortingen op de vergunde stortzone mogen geen verondiepingen met zich meebrengen. In- en napeilingen op de gebruikte stortzones zullen worden uitgevoerd. Dit in het bijzonder wanneer er gebruik wordt gemaakt van de baggerstortzone Sierra Ventana. Deze zone zal niet aan de noordelijke zijde worden gebruikt. Dit om te vermijden dat de Westpitroute aan de zuidelijke zijde wordt gecompromitteerd.

Vooraleer de voorbereidende werken en het kabelleggen zelf te starten, zal er contact worden opgenomen met de afdeling Scheepvaartbegeleiding, waarbij een werkvergadering zal gepland worden met alle betrokken operationele overheidsdiensten van de Federale en Vlaamse overheid, waaronder de nautisch dienstchef van de afdeling Scheepvaartbegeleiding van MDK, de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA), de havenautoriteiten / havenkapiteinsdiensten, Rentel zelf en de uitvoerder van de werken.

De baggerwerken geven steeds voorrang aan alle verkeer in de vaarroute. De baggerwerken zullen uitgevoerd worden vóór de kabellegwerken van start gaan.

Kruising van kabels en pijpleidingen

Wat betreft de kruising van pijpleidingen en kabels heeft Rentel NV naast de bepalingen van het KB ook rekening gehouden met de ICPC (2007) aanbevelingen. Het principe van de kruising zal afhankelijk van de locale condities uitgevoerd worden met matten en/of bestorting. In het geval van een combinatie van matten en bestorting gebeurt de uitvoering als volgt:

- De bestaande gasleiding of kabel wordt beschermd over een lengte van 10 meter met een 50 meter lange beschermingsmat van milieuvriendelijk materiaal.
- De Rentel kabel wordt ter hoogte van de kruising niet ingejet maar gewoon aan de oppervlakte over de beschermingsmat heen gelegd. Het inploegen of injetten stopt op een vooraf bepaalde afstand vóór de te kruisen kabel of leiding. De ploeg wordt binnengehaald en het kabellegschip zet zijn taak verder over de te kruisen kabel of leiding heen tot op een afstand na de kruising.
- Nadat de Rentel kabel is gelegd wordt ook deze afgedekt met beschermingsmatten om het risico op beschadiging tijdens de daaropvolgende steenstortwerken te beperken.
- De Rentel kabel wordt beschermd door middel van een erosiebescherming van ongeveer 1m hoog, zijnde natuurlijke breuksteen en dit over de ganse lengte waar de kabel niet op een diepte van 2 meter is ingegraven (ongeveer 50 meter) en over een breedte van 10 meter.

Afhankelijk van de werkelijke diepte van de kabels en/of gasleiding zou het nodig kunnen blijken om een metalen ondersteuningsstructuur te installeren om een voldoende afstand tussen de elektriciteitskabel en de kabels of pijpleiding te garanderen. Dit is echter een beperkt lokale structuur

met enkel een ondersteuningsfunctie. Deze zal enkel aangebracht worden indien detailonderzoek de noodzaak hiervan aantoont.

2.6.3.5 Transportbewegingen tijdens de constructiefase

De keuze om eventueel gebruik te maken van het suction bucket principe heeft geen effect op het aantal transportbewegingen bij de voorbereiding, aanvoer van onderdelen of aanbrengen van erosiebescherming, daar dit principe enkel als alternatief voor het inheien of intrillen bij monopile en jacket gezien wordt, en dus alle andere uitvoeringsactiviteiten hetzelfde blijven. Elke transportbeweging bevat zowel de heen- als terugvaart, dus de dubbele afstand kust-concessiegebied. Het aantal bewegingen werd berekend op basis van het aantal windturbines per configuratie plus twee hoogspanningsstations per configuratie.

2.6.3.5.1 Transportbewegingen voorbereiding offshore bouwlocatie

Voor de helft van de funderingslocaties, wanneer gekozen wordt voor monopile of jacket funderingen, en voor alle funderingslocaties wanneer gekozen wordt voor gravitaire foundering, dient de offshore bouwlocatie vooraf klaargemaakt te worden. Deze voorbereiding vereist het transport van twee schepen bij monopile en GBF: een baggerschip (voor de nivellering) en een stortschip (voor het plaatsen van funderingsbed bij gravitaire fundering of filter laag bij monopile). Er wordt verondersteld dat de twee schepen elk drie funderingen kunnen voorbereiden vooraleer terug te moeten keren naar de haven. In het geval van gravitaire fundering blijft het baggerschip ter plaatse om na plaatsing de backfill te voorzien. In het geval van jackets is enkel een baggerschip vereist.

Tabel 2-6 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voorbereiding bouwlocatie per configuratie.

Configuratie	Aantal turbines +OHVS	Funderingstype		Aantal transportbewegingen
Basisconfiguratie	47+2	Monopile	Statische erosiebescherming	18
			Dynamische erosiebescherming	n.v.t.
		Jacket		9
		GBF		32
Configuratie 1	78+2	Monopile	Statische erosiebescherming	27
			Dynamische erosiebescherming	n.v.t.
		Jacket		14
		GBF		53
Configuratie 2	60+2	Monopile	Statische erosiebescherming	21
			Dynamische erosiebescherming	n.v.t.
		Jacket		11
		GBF		41
Configuratie 3	55+2	Jacket		10
		GBF		37

2.6.3.5.2 Transportbewegingen aanvoer funderingen en transitiestukken

Voor de aanvoer van de funderingen voor de turbines en de OHVS naar de offshore bouwlocatie wordt gebruik gemaakt van een barge of jack-up, waarbij een aantal funderingen worden aangeleverd per transport. Het aantal is zeer sterk afhankelijk van enerzijds de dimensies van de funderingsonderdelen en anderzijds van de dimensies van het transportmiddel. De nieuwste generatie jack-ups (bvb. Neptune of Innovation van DEME) kunnen 4-6 monopiles vervoeren. We gaan uit van de worst-case situatie, nl. 4 jackets of monopile funderingen per transport. Gezien de afmetingen van een gravitaire fundering worden deze per stuk aangeleverd. Monopiles, suction buckets en gravitaire funderingen kunnen eventueel ook drijvend aangevoerd worden. Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie wordt weergegeven in

Tabel 2-7. De funderingen zullen aangevoerd worden vanaf de plaats van hun fabricage. Dit kan een zelf ingerichte site zijn langsheen de Belgische kust of een bestaande site in één van de buurlanden bvb. Frankrijk.

Tabel 2-7 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van funderingen per configuratie

Configuratie	Aantal turbines +OHVS	Funderingstype	Aantal transportbewegingen
Basisconfiguratie	47+2	Monopile	13
		Jacket	13
		GBF	49
Configuratie 1	78+2	Monopile	20
		Jacket	20
		GBF	80
Configuratie 2	60+2	Monopile	16
		Jacket	16
		GBF	62
Configuratie 3	55+2	Jacket	15
		GBF	57

Indien het monopile funderingstype toegepast wordt, dienen eveneens transitiestukken afzonderlijk naar de offshore bouwlocatie getransporteerd te worden. Bij het jacket funderingstype is het transitiestuk ingebouwd in de vakwerkstructuur en het gravitaire funderingstype vereist geen transitiestuk tussen de fundering en de mast van de windturbine.

De aanvoer van transitiestukken kan net zoals voor de aanvoer van de funderingen plaatsvinden met een barge of jack-up, waarbij 4 transitiestukken per transport aangeleverd worden, of met een groot installatieschip, waarbij 10 transitiestukken per keer aangevoerd worden. Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie wordt weergegeven in Tabel 2-8.

Tabel 2-8 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van transitiestukken per configuratie

Configuratie	Aantal turbines +OHVS	Funderingstype	Aantal transportbewegingen met barge of jack-up	Aantal transportbewegingen met groot installatieschip
Basisconfiguratie	47+2	Monopile	13	5
		Jacket	n.v.t.	n.v.t.
		GBF	n.v.t.	n.v.t.
Configuratie 1	78+2	Monopile	20	8
		Jacket	n.v.t.	n.v.t.
		GBF	n.v.t.	n.v.t.
Configuratie 2	60+2	Monopile	16	7
		Jacket	n.v.t.	n.v.t.
		GBF	n.v.t.	n.v.t.
Configuratie 3	55+2	Jacket	n.v.t.	n.v.t.
		GBF	n.v.t.	n.v.t.

2.6.3.5.3 Transportbewegingen aanvoer erosiebescherming

Rondom de monopile fundering en de gravitaire fundering wordt een erosiebescherming aangelegd. Rond de jacket wordt momenteel geen erosiebescherming voorzien.

In het geval van gravitaire fundering zijn er bijkomende activiteiten: opvulling met ballast en backfill. Voor het opvullen van de gravitaire fundering met ballast worden extra transporten voorzien indien het locaal gestockeerde gebaggerde materiaal uit de bouwput niet geschikt of onvoldoende is als ballast. Er wordt verondersteld dat drie funderingen gevuld kunnen worden vooraleer terug te moeten keren naar de haven. De backfill na plaatsing en opvullen van de fundering gebeurt met het baggerschip dat nog ter plaatse lag na de nivellering, dus impliceert enkel het terugkeertransport naar de kust.

De aanvoer en aanleg van de erosiebescherming zelf gebeurt met één steenstortschip. Er wordt verondersteld dat het steenstortschip drie funderingen van een erosiebescherming kan voorzien vooraleer terug te moeten keren naar de haven. In geval van statische bescherming bij monopile dient enkel nog de armour laag aangebracht te worden in dit stadium, filter en armour laag in geval van dynamische bescherming bij monopile, filter en armour laag in geval van gravitaire fundering.

Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie wordt weergegeven in Tabel 2-9.

Tabel 2-9 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van erosiebescherming per configuratie

Configuratie	Aantal turbines +OHVS	Funderingstype		Aantal transportbewegingen
Basisconfiguratie	47+2	Monopile	Statische erosiebescherming	17
			Dynamische erosiebescherming	17
		Jacket		n.v.t.
		GBF		35
Configuratie 1	78+2	Monopile	Statische erosiebescherming	27
			Dynamische erosiebescherming	27
		Jacket		n.v.t.
		GBF		55
Configuratie 2	60+2	Monopile	Statische erosiebescherming	21
			Dynamische erosiebescherming	21
		Jacket		n.v.t.
		GBF		43
Configuratie 3	55+2	Jacket		n.v.t.
		GBF		39

2.6.3.5.4 Transportbewegingen aanvoer geassembleerde windturbines, offshore hoogspanningsstations en meteomast

De windturbines worden ofwel in onderdelen (turbinegondel, toren, rotorbladen) naar de site vervoerd met een (gesleept) jack-up ponton en ter plaatse geassembleerd en geïnstalleerd met behulp van een tweede jack-up ponton dat ter plaatse blijft en zich enkel tussen de turbineposities beweegt.

Ofwel worden de turbines samengebouwd op een gesleept jack-up ponton of een installatieschip en geassembleerd naar de site vervoerd. In het geval van een jack-up ponton is ook hier een tweede ponton nodig voor de installatie van de turbines. In het geval van een installatieschip gebeurt de installatie van op het schip zelf.

De nieuwste generatie jack-up pontons kan gemiddeld drie complete turbines per keer verschepen. Een groot installatieschip kan tot tien geassembleerde turbines tegelijk vervoeren. Hierbij bestaat de optie om de locatie van de haven waar de turbines ingescheept worden verder weg van de Belgische kust te kiezen.

Ook de offshore hoogspanningsstations (2 stuks) en de meteomast worden geassembleerd naar de site vervoerd. Dit kan eveneens op een jack-up ponton (per stuk), waarbij een tweede ponton nodig is voor de installatie of op aan installatieschip dat de installatie zelf verzorgt. De meteomast wordt op één van de hoogspanningsstations geplaatst en wordt er samen mee getransporteerd.

Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie en per transportalternatief wordt weergegeven in Tabel 2-10.

Tabel 2-10 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van windturbines, de offshore hoogspanningsstations en de meteomast per configuratie

Configuratie	Aantal turbines +OHVS	Funderingstype	Aantal transportbewegingen met twee pontons*	Aantal transportbewegingen met groot installatieschip
Basisconfiguratie	47+2	Monopile	19	5
		Jacket	19	5
		GBF	19	5
Configuratie 1	78+2	Monopile	29	8
		Jacket	29	8
		GBF	29	8
Configuratie 2	60+2	Monopile	23	7
		Jacket	23	7
		GBF	23	7
Configuratie 3	55+2	Jacket	22	6
		GBF	22	6

* het tweede hulpponton gaat slechts 1x heen en terug tussen kust en concessiegebied

2.6.3.5.5 Transportbewegingen voor de aanleg van kabels

De export- en parkkabels worden in één beweging gelegd en ingejet of ingeploegd door een kabellegschip. De lengte van de exportkabel is afhankelijk van het kabeltracé tussen 36 km en 43 km. De totale afgelegde afstand binnen het park is ongeveer 35 km in geval van configuratie 3 en 50 km in geval van configuratie 1. Bij de gebeurlijke rechstreekse verbinding naar het nabijgelegen alfa-platform wordt een extra kabellengte van om en bij 5 km voorzien voor de 5-6 stringkabels tussen het park en het platform. Extra transportbewegingen worden voorzien voor assisterende schepen. Het aantal transporten wordt zo geschat op 5 (minstens tot aan het concessiegebied en terug).

Bij het west-tracé naar land worden bovendien minstens 4 kabels en leidingen gekruist en 1 keer de vaargeul. De alternatieve west-route naar het alfa-platform zal minstens 1 kabel en 1 gasleiding kruisen. Het oost-tracé doorheen het Norther concessiegebied kruist enkel de vaargeul. Het alternatieve oost-tracé kruist 12 kabels en leidingen en 1 keer de vaargeul.

Voor de kruising met de vaargeul wordt 1 extra transportbeweging voorzien met een baggerschip voor het baggeren van de sleuf en 1 extra transportbeweging voor het terugstorten van de specie die tijdelijk op bvb. S1 werd gedumpt. Voor het kruisen van kabels of leidingen worden extra scheepsbewegingen voorzien voor de plaatsing van de beschermingsmatten en steenbestorting. Er wordt verondersteld één barge met beschermingsmatten en één steenstortschip minstens 3 kruisingen met kabels en gasleidingen kan uitvoeren.

2.6.3.5.6 Transportbewegingen personeel

Personeelstransport per schip gedurende de constructiefase worden geraamd op 100 transporten, onafhankelijk van de gekozen configuratie. De transportbewegingen voor het personeel vinden plaats over de gehele duur van de constructiefase. Er wordt uitgegaan van het feit dat het personeel aan boord blijft bij de installatieschepen.

2.6.4 Exploitatiefase (2016-2036)

2.6.4.1 Organisatie – algemeen

De exploitatie zal verlopen conform de geldende regelgeving betreffende veiligheid, gezondheid en milieu. Voor de dagelijkse exploitatie van het windmolenpark zal men beroep doen op een centraal controlecenter. Een team van gekwalificeerde technici zal worden belast met preventieve en curatieve onderhoudstaken.

Rentel NV staat in voor de supervisie van de technische werkzaamheden van de windturbineleverancier en van andere dienstverleners, de kwaliteitsbewaking van uitgevoerde werken, het netbeheer, het vermarkten van de geproduceerde elektriciteit en certificaten, het juridisch-financieel-administratieve beheer van de vennootschap, etc.

2.6.4.2 Bedrijfszekerheid van de windturbines

De bedrijfszekerheid van de windturbines wordt bepaald door de beschikbaarheid en de bereikbaarheid. Op land is de bedrijfszekerheid circa 97% tot 98%. Op offshore locaties is dit lager doordat storingen niet altijd direct verholpen kunnen worden vanwege de lagere bereikbaarheid door:

- De afhankelijkheid van de beschikbare transportmiddelen;
- De relatief lange reistijd;
- De afhankelijkheid van weerscondities en seizoensinvloeden.

De mogelijke beschikbaarheid van de windturbine op zich kan gemaximaliseerd worden door:

- Een zeer doorgedreven monitoring- en besturingssystemen (SCADA systeem);
- De redundante uitvoering van systemen/componenten;
- Een uitgekiende planning van de preventieve onderhoudsbeurten.

De bedrijfszekerheid voor de windturbines wordt contractueel met de leverancier vastgelegd.

2.6.4.3 Afstandscontrole en besturing

Het Rentel windmolenpark wordt uitgerust met een afstandscontrole- en besturingssysteem (SCADA). Hiertoe wordt een centrale, geautomatiseerde eenheid voorzien. Deze eenheid kan via een glasvezelverbinding, geïntegreerd in de transportkabels, communiceren met een bewakingscentrum op de wal. Dezelfde centrale eenheid kan via de glasvezelverbinding in de verbindingskabels tussen de windturbines communiceren met iedere afzonderlijke windturbine. De afstandsbediening laat het melden van storingen toe, alsook het corrigeren van storingen van op afstand en het monitoren van de nodige werkingsparameters, met het oog op preventief onderhoud.

2.6.4.4 Onderhoud funderingen en windturbines

Voor wat betreft de funderingen worden preventieve maatregelen genomen, hoofdzakelijk bestaande uit het aanbrengen van de nodige coatings aan de buitenzijde van de funderingspalen en het voorzien van een kathodische bescherming. Ook kan een continue monitoring worden voorzien van de bodemerosie rond de funderingspalen.

Ook voor wat betreft de windturbines moet het onderhoud zoveel als mogelijk op preventieve basis worden uitgevoerd, steunende op statistieken en vooral continue metingen/opvolging van de relevante werkingsparameters.

Een jaarlijkse visuele inspectie (boven de waterlijn) wordt standaard voorzien. Daarbij wordt gekeken naar zichtbare oppervlaktebeschadigingen, deuken, roestvorming.... Tijdens deze visuele inspectie wordt er ook gekeken naar de toestand van reddingsmiddelen en navigatieverlichting.

Een beperkte stock aan (kleine) reserveonderdelen wordt aan land voorzien.

Om de meerdere jaren wordt het onderwatergedeelte door een ROV geïnspecteerd, waarbij wordt gecontroleerd op visuele gebreken en corrosie, en de werking van de kathodische bescherming wordt nagekeken. Deze controle houdt verband met de certificeringeisen. De invoer van de voedingskabels wordt visueel gecheckt.

Om de meerdere jaren wordt een groot onderhoud uitgevoerd, waarbij herstel en vernieuwing van het schilderwerk boven de waterlijn is inbegrepen.

2.6.4.5 Onderhoud van de elektrische installatie

Op de elektrische kabels worden enkel herstelwerkzaamheden voorzien, geen preventief onderhoud. Deze moeten zo snel mogelijk worden uitgevoerd om de beschikbaarheid van het windmolenpark te maximaliseren. Het repareren van een kabel verloopt als volgt:

- Via een impuls-echo meting aan één van de kabeluiteinden wordt bepaald waar de storing aan de kabel zich bevindt. Dit kan met een nauwkeurigheid van beter dan 1%;
- De kabel wordt dan 20 tot 50 meter aan beide zijden van de foutplaats opengelegd;
- Op de foutplaats wordt de kabel doorgeknipt en beide delen worden op pontons naar boven gebracht.
- Door het indringen van water zal een gedeelte van de kabel moeten worden verwijderd;
- Daarna worden de beide kabeldelen met een stuk reservekabel en twee moffen aan elkaar verbonden;
- De herstelde kabel wordt terug op de bodem van de zee gebracht, waarna hij wordt ingegraven met de gekende technieken.

De inspectie van de elektrische infrastructuur op de windturbines zelf kan worden gecombineerd met de jaarlijkse inspectie op de windturbines.

2.6.4.6 Toegang voor het onderhoudspersoneel

Er zal toegang tot de windturbines zijn met behulp van een onderhoudsschip, eventueel kan de mogelijkheid voor toegang met behulp van helikopters worden voorzien (bijvoorbeeld bij nood, of bij dringende interventies in slechte weersomstandigheden). In dit laatste geval zouden personeelsleden via het 'top-mounted' platform via helikopter kunnen worden geëvacueerd in geval van nood.

2.6.4.7 Aangepaste werk- en vaartuigen

Voor de werkzaamheden die op land worden uitgevoerd (bij de windturbineleverancier of bij Rentel) worden de klassieke werktuigen en uitrusting gehanteerd.

Er bestaan twee mogelijkheden betreffende de inzet van het onderhoudsschip:

- Een eerste optie bestaat erin om met een schip van op het land (bijvoorbeeld vanuit de haven van Oostende) dagelijks af en aan te varen naar het windmolenpark;
- Bij de tweede optie – het floating service concept – blijft een groot schip (een hotelschip) gedurende enkele weken ter hoogte van het windmolenpark. Vertrekkend vanuit dit moederschip wordt vervolgens met kleinere schepen onderhoud van de afzonderlijke turbines uitgevoerd. Om de twee weken keert het moederschip terug naar land voor aflossing van de crew.

Enkel bij zware breuk (vervangen van een volledige rotor of gondel) zal een 'jack-up' met hijsinrichting worden ingezet.

2.6.4.8 Transportbewegingen tijdens de exploitatiefase

Transportbewegingen tijdens de exploitatiefase beperken zich tot de onderhoudswerken zoals hiervoor beschreven.

2.6.5 Ontmantelingsfase

2.6.5.1 Algemeen

Na afloop van de exploitatieperiode van 20 jaar, zal het windmolenpark ontmanteld worden of wordt een verlenging van de vergunningen aangevraagd. Op het Belgisch deel van de Noordzee is tot nu toe nog geen enkel windmolenpark ontmanteld, dus praktische werkervaring is er niet beschikbaar. Daardoor zullen volgende documenten als richtlijn gebruikt worden: DECC (2011), DTI (2006), DEFRA (2002), IMO (1989), UNCLOS (1982) en de OSPAR richtlijnen voor offshore windmolenparken.

Andere relevante wetgeving zijn de afvalrichtlijnen uitgegeven door de Britse regering (UK Government, 2005) , de 'London Convention 1972' en de 1996 protocol (IMO, 1972, 1996) over de preventie van mariene vervuiling door afvaldumping.

2.6.5.2 Verwijdering van de turbines

De windturbines zullen verwijderd en ontmanteld worden door de installatie en transport methodologie zoals hierboven beschreven in omgekeerde volgorde uit te voeren. De onderdelen die ontmanteld zullen worden zijn: de gondel, de rotor en de mast, met al zijn onderdelen zoals ladders e.d.

Voor de ontmanteling zal er voorbereidend werk gebeuren zoals het verwijderen van losse onderdelen en vloeistoffen (oliën en transformatorvloeistoffen), de installatie en certificatie van hefpunten en het 'hot bolting' van bouten om het verwijderen van bouten te vergemakkelijken.

2.6.5.3 Verwijdering van de funderingen

Voor de ontmanteling van een jacket of monopile fundering wordt gestart met het doorsnijden van de structuur net boven de zeebodem. Daarna wordt de volledige structuur verscheept met een transportponton naar een recyclage- en verwerkingsbedrijf voor verdere ontmanteling. De steunpalen worden afgezaagd op een diepte van 2 m onder de zeebodem eens het bovenliggend zand en de betonspecie verwijderd is. Een deel van de fundering blijft dus in de bodem achter. Wanneer de monopile of jacket geplaatst werden door middel van het suction bucket principe echter, kan de

fundering eenvoudig en volledig verwijderd worden. Onder druk wordt de gehele draagstructuur dan van de bodem gelicht (§2.7.2.4). Eventuele uitschuringsholtes rond de funderingen, zullen binnen enkele dagen na het verwijderen van de poten zich natuurlijk opvullen.

Bij een GBF wordt de fundering leeggemaakt en vrijgemaakt. Vervolgens wordt de fundering ter plaatse op zee gesloopt en worden de onderdelen naar land getransporteerd voor verwijdering en recuperatie.

De afvalverwerking zal uitgevoerd worden in overeenstemming met de relevante wetgeving op dat moment. Er zal geprobeerd worden om alle verwijderde materialen (staalstructuren, ijzer, koper,…) en componenten te hergebruiken, te recycleren of op land te bergen. Tijdens het ontmantelingsproces zal Rentel NV erop toezien dat er geen afvalmateriaal op zee wordt gedumpt.

2.6.5.4 Verwijdering van de bekabeling

In het Koninklijk besluit van 12 maart 2002 betreffende o.m. de regels voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee wordt geen verplichting opgelegd om de mariene kabels te verwijderen. Wel wordt er op gewezen dat de 'definitieve afstand in optimale en veilige omstandigheden en met respect voor het milieu' dient te gebeuren (Art.5-11°).

De keuze voor het al of niet verwijderen van de elektrische kabels en de uitvoeringswijze moet op het einde van de exploitatie bepaald worden in samenspraak met de vergunningverlener en dit op basis van:

- Technisch-financiële evaluatie van de beschikbare technologieën;
- Ecologische criteria.

Voor de eventuele elektrische installaties op land wordt eveneens een ontmanteling voorzien.

2.6.5.5 Transportbewegingen tijdens de ontmantelingsfase

De windturbines zullen verwijderd en ontmanteld worden door de installatie en transport methodologie zoals hierboven beschreven in omgekeerde volgorde uit te voeren. Het aantal transportbewegingen zal dus maximaal hetzelfde zijn als tijdens de constructiefase.

2.7 BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE

In onderstaande tabel wordt een korte samenvatting gegeven van de parkinrichting en de basisparameters gebruikt voor het ontwerp van het Rentel windmolenpark:

Onderwerp	Omschrijving
Locatie	
Situering	• Gelegen op 31 km van de kust; • In de Zuidwest-Schaar tussen Thorntonbank (domeinconcessie C-Power) en Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind, vroeger Eldepasco) langs de grens met Nederland; • Het projectgebied ligt in de zone afgebakend voor de inplanting van offshore windmolenparken vastgelegd door het KB van 20 december 2000, laatst gewijzigd door het KB van 3 februari 2011.
Oppervlakte concessiegebied	Totale oppervlakte bedraagt ca. 18,5 km² met een eventuele uitbreiding tot 26,9 km²
Parkinrichting	• Inplanting: basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties , zie Bijlage C;

Onderwerp	Omschrijving
	• Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -22 tot -38 m TAW; • Te respecteren afstanden tot de Interconnector gasleiding (500 m) en de telecommunicatiekabel Rembrandt 2 (250 m gereduceerd tot 50 m), en de te respecteren bufferzone van 500 m voor naburige windmolenparken.
Windturbines	
Inplanting	Basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties zie Bijlage C
Type – Vermogen – Rotordiameter	Ca. 4 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de verschillende configuraties wordt gewerkt met typevoorbeelden: • Basisconfiguratie: rotordiameter 126 m, individueel vermogen 6,15 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 289 MW. Typevoorbeeld REpower 6M turbine; • Configuratie 1: rotordiameter 120-130 m, individueel vermogen 4-6,15 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 480 MW. Typevoorbeeld REpower 6M turbine; • Configuratie 2: rotordiameter 140-165 m, individueel vermogen 6,5-7,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 450 MW. Typevoorbeeld Vestas V164 turbine; • Configuratie 3: rotordiameter 150-160 m, individueel vermogen 7,5-10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 550 MW. Typevoorbeeld Clipper Windpower Britannia C-150 turbine.
Aantal	• Basisconfiguratie: 47 turbines; • Configuratie 1: 78 tubines; • Configuratie 2: 60 turbines; • Configuratie 3 : 55 turbines.
Productie	Ca. 900 tot 1.700 GWh/jaar
Fundering windturbines	
Ofwel monopiles	De monopile is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt, of via de suction bucket techniek geplaatst wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht, die zowel statisch als dynamisch kan zijn. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1 en 2.
Ofwel jacket	De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten. De palen worden ofwel geheid ofwel via de suction bucket techniek aangebracht. Rentel voorziet geen erosiebescherming rondom dit funderingstype. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3.
Ofwel gravitair	Een gravitaire fundering bestaat uit een holle betonnen kegel, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem. Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3.
Windmeetmast	
Aantal	Principieel niet voorzien in het Rentel park
Fundering hoogspanningsstations	
Type	Gelijkaardig aan de fundering van de turbines.
Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windmolenpark	• De windturbines worden in groepen van telkens ca. 30 MW of 60 MW verbonden op resp. een 33 of 66 kV parkkabel en aangesloten op een OHVS of rechtstreeks op het alfa-platform van ELIA buiten het concessiegebied (ELIA, 2011); • Kabeltracés: zie Bijlage D; • Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS)	• Aantal: maximum 2, afhankelijk van de interarray bekabeling en de externe aansluiting op het nabijgelegen alfa-platform (ELIA, 2011);

Onderwerp	Omschrijving
	• Step-up transformatoren 33 kV → 150-220 kV of 66 kV → 150-220 kV
Kabels naar land	• 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV kabel; afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen 2 x 150 kV of 1-2 x 220 kV. • Kabeltracé: zie 0 • Bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid (departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven- en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties; • Aansluitingspunt: het nieuw te bouwen hoogspanningsstation STEVIN in Zeebrugge of via een korte exportkabel op het alfa-platform van ELIA offshore
Exploitatie	
Besturing en bewaking windmolenpark	SCADA-systeem (Supervisory, Control And Data Aquisition) vanuit een controlekamer op het lang
Frequentie gepland onderhoud	1 maal per jaar, exclusief ongepland onderhoud en reparaties
Logistiek – toegang naar windmolenpark	Toegang met behulp van onderhoudsschepen of toegang met behulp van helikopters

Hierna worden de volgende componenten in meer detail besproken: windturbines, funderingen, erosiebescherming, windmeetmast, de offshore hoogspanningsstations en de bekabeling. In hoofdstuk 4 zullen de verschillende alternatieven wat betreft inplantingsconfiguratie, kabeltracé en uitvoering nog eens kort besproken worden.

2.7.1 Windturbines

2.7.1.1 Mogelijke types windturbines

Rentel beoogt voor het geplande windmolenpark de best beschikbare technologie (BBT) in te zetten. Hieronder wordt alvast een overzicht gegeven van de reeds beschikbare en in ontwikkeling zijnde windturbines. Op het moment van deze MER-studie zijn er nu reeds windturbines op de markt beschikbaar met een geïnstalleerd vermogen tot 6 MW. Tabel 2-11 hieronder geeft een overzicht van de huidig beschikbare offshore windturbines.

Tabel 2-11 Overzicht van beschikbare windturbines

Constructeur	Vermogen	Rotordiameter
Acciona AW3000	3,0 MW	100 m
Vestas V112	3,0 MW	112 m
Siemens SWT 3.6	3,6 MW	107 m
GE Energy 4.1-113	4,1 MW	113 m
Gamesa G11X	5,0 MW	128 m
ArevaMultibrid M5000	5,0 MW	116 m
BARD 5.0	5,0 MW	122 m
REpower 5M	5,0 MW	126 m
REpower 6M	6,15 MW	126 m

Momenteel testen diverse leveranciers prototypes uit met grotere vermogens. Via persberichten wordt daarenboven aangekondigd dat de evolutie naar nog grotere en krachtigere windturbines zich volop doorzet tot een vermogen van 10 MW. Een overzicht van de windturbines die in ontwikkeling zijn en die in de toekomst zullen gecommercialiseerd worden, is hieronder verzameld.

Tabel 2-12 Prototypes windturbines in ontwikkeling

Constructeur	Vermogen	Rotordiameter	Beschikbaar
Alstom Haliade 6MW	6,0 MW	150 m	Prototype 2012 – productie 2014
Siemens SWT 6.0	6,0 MW	120 en 154 m	2014
Nordex N150	6,0 MW	150 m	Prototype 2013 – productie 2015
Acciona	6,0 MW		
2B Energy	6,0 MW	horizontaal	Prototype 2011
Mitshubishi Power Systems Europe (Sea Angel)	7,0 MW	165 m	Prototype 2013
Samsung Heavy Ind.	7,0 MW		
Vestas V164	7,0 MW	164 m	Prototype 2011- productie 2014
Gamesa GX14-7MW	7,0 MW	140 à 150 m	
Clipper Britannia C150	10,0 MW	150 m	

Gezien het feit dat nog geen aanbestedingsprocedure is doorlopen, kan op dit ogenblik niet eenduidig bepaald worden welk type turbine zal gekozen worden en wat het nominaal vermogen per turbine zal zijn. Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt geopteerd om gebruik te maken van typevoorbeelden die garant staan voor de volledige range van 4 tot 10 MW, namelijk de 6,15 MW REpower 6M turbine, de 7 MW Vestas V164 en de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower voor respectievelijke configuraties 1, 2 en 3.

2.7.1.2 Algemene turbinekenmerken

De gekozen windturbines zijn ontworpen voor een technische levensduur van minimaal 20 jaar en zijn gecertificeerd door een erkend orgaan voor volgende specifieke elementen:

- Bouwtechnisch en mechanisch ontwerp;
- Vermogen curve;
- Power quality.

Van de drie typevoorbeelden van windturbines wordt een brochure opgenomen in 0.

Een windturbine zet windenergie om in mechanische energie die door een generator wordt geconverteerd in elektrische energie. De voornaamste componenten zijn de rotor, de gondel, de mast, de elektrische en besturingscomponenten.

2.7.1.2.1 Rotor

Elke windturbine beschikt over een rotor die de windenergie vangt en omzet in een draaiende beweging (mechanische energie). In essentie wordt de rotor gevormd door een as waarop drie bladen zijn gemonteerd. De technische kenmerken van de rotor zijn:

- Aantal bladen (wieken): 3;
- De bladen worden voorzien van bliksembeveiliging;
- Draaizin: wijzerzin;
- Toerental: 7-12 rpm voor REpower 6 M windturbine; 4,8-12,1 rpm voor de 7 MW Vestas V164 en 6-11,5 rpm voor de Britannia C-150 windturbine van Clipper Windpower;
- Opstart bij windsnelheid: 3-5 m/s (cut-in wind speed);
- Stop bij windsnelheid 25-32 m/s (cut-out wind speed). Uit veiligheidsoverwegingen worden de windturbines stilgezet bij storm wat betekent dat de wieken in vaanstand worden gezet;
- Rotordiameter: 126 m voor REpower 6M windturbine; 164 m voor de 7 MW Vestas V164; naar verwachting circa 150 m voor de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Bladmateriaal: composietmateriaal (glasvezel versterkte kunststoffen);
- Pitch systeem voor onafhankelijke regeling van de bladstand van elke wiek.

2.7.1.2.2 Gondel

De gondel die zich boven op de mast bevindt, is de eigenlijke machinekamer van de windturbine. Aan de gondel is de rotor opgehangen. In de gondel bevinden zich:

- De generator die de draaiende beweging omzet in elektrische energie op laagspanning:
    - De trage as verbindt de traag draaiende rotor met de tandwielkast;
    - Via de tandwielkast wordt de trage draaibeweging omgezet naar het veel hogere toerental van de generator;
    - Bij sommige windturbines wordt gewerkt met een direct aangedreven ring-generator (bestaande uit een stator en rotor); er is bijgevolg geen tandwielkast;
- Randapparatuur van de windturbine zoals ventilatoren om de gondelruimte te koelen (verwijderen van overtollige warmte opgewekt door de generator), kruimotoren, hydraulische systemen ten behoeve van het pitchen van de wieken, etc.;
- Elektrische installatieonderdelen opgesteld in elektrische kasten (vermogengedeelte en stuurgedeelte);
- De machineonderdelen in de gondel zijn gemonteerd op een stalen frame. Rond dit frame is een gondelbehuizing gemaakt uit glasvezelversterkte kunststof. De vormgeving is afhankelijk van de windturbineleverancier;

In de gondel zijn een aantal toegangen en uitgangen voorzien:

- Toegang vanuit toren (via lift of ladder) naar de gondel (meest gebruikte toegang);
- Takelopening om bepaalde componenten naar beneden te laten;
- De gondel kan bovenaan opengemaakt worden indien grote onderdelen uit de gondel via een externe kraan moeten verwijderd worden;

Vanuit de elektrische kasten in de gondel vertrekken vermogen- en stuurkabels die in de windturbinemast zijn opgehangen en naar de voet van de windturbine lopen;

De dimensies van de gondel zijn van de grootteorde:

- Lengte: ca. 15-25 m;
- Breedte/hoogte (in geval van kubusvormige gondel): ca. 12 m/6 m.

De gondel is uitwendig uitgerust met sensoren voor meting van windrichting en windsnelheid.

2.7.1.2.3 Tandwielkast

De meeste windturbines zijn uitgerust met een tandwielkast die de traag draaiende beweging van de rotor omzet naar een hoog toerental geschikt voor het aandrijven van de generator via een flexibele koppeling.

In de tandwielkast bevindt er zich smeerolie:

- Olievolume in de tandwielkast: ca. 750-1000 liter;
- De ontwerpwaarde voor de standtijd van de olie is 5 jaar; d.w.z. dat om de 5 jaar de olie wordt vervangen en afgevoerd naar een erkende verwerker op land;
- De tandwielkast is uitgerust met een oliekoelsysteem (circulatiepomp en koeling). De tandwielkast is uitgerust met diverse sensoren (drukmetingen, olietemperatuurmetingen, temperatuurmetingen in lagers, trillingsmetingen, etc.).

2.7.1.2.4 Elektrisch systeem

Het elektrisch systeem omvat alle componenten die de mechanische energie opgewekt door de rotor omzetten in bruikbare elektrische energie d.w.z. aangepast aan de vereisten van het elektriciteitsnet waarop de energie geïnjecteerd zal worden. Het elektrisch systeem wordt hieronder beknopt beschreven.

- De windturbines uitgerust met een tandwielkast werken met een klassieke generator (bestaande uit statoren een snel draaiende rotor) die de elektriciteit opwekt op wisselspanning (laagspanning);
- De opgewekte stroom wordt via stroomkabels naar de voet van de windturbine gevoerd;
- Bij een windturbine zonder tandwielkast wordt gelijkspanning opgewekt via gelijkrichters en vervolgens door middel van invertoren omgezet in wisselspanning (laagspanning).

In de voet van elke windturbine bevinden zich de transformatoren (naar verwachting 1 – 4 per turbine) waarvan de capaciteit is aangepast aan het vermogen van de windturbine. De transformatoren kunnen eveneens opgesteld zijn in de gondel.

De transformatoren zijn ofwel van het droge type ofwel oliegekoeld (ca. 1 000 liter olie per transformator; voorzien van inkuiping). De transformatoren in de windturbines transformeren de opgewekte elektriciteit van laagspanning naar het spanningsniveau 33 of 66 kV van de interaaray kabels.

Elke windturbine is via de parkbekabeling aangesloten op een offshore hoogspanningsstation van het windmolenpark (transformatorplatform); elke turbine is uiteraard uitgerust met de nodige elektrische beveiligingen (netbewaking, synchronisatie-eenheid, lastschakelaars, vermogensschakelaars, aarding, etc.).

2.7.1.2.5 Besturing

Het besturingssysteem van de windturbine dient ervoor te zorgen dat de windturbine op een veilige en efficiënte manier werkt. Het besturingssysteem van elke windturbine heeft volgende functies:

- Het zich richten van de windturbine naar de wind; daarbij wordt de rotor gedraaid naar de wind (aansturen van de kruimotoren) en worden de wieken in optimale positie geplaatst (pitch-regeling);
- Alle elektrische regelsystemen voor het opwekken van de elektriciteit overeenkomstig de vereiste karakteristieken voor het net;
- Regeling van randapparatuur zoals koeling van de gondel, oliekoeling tandwielkasten (indien aanwezig), koeling van elektrische kasten, etc.;
- Een 'vibratiemonitoringssysteem' CSM (Condition Monitoring System) staat in verbinding met het supervisiesysteem van de windturbineleverancier op land en met een centraal controlecenter. Het rapporteert continu veranderingen in vibraties. Specialisten interpreteren de data om eventueel windturbines te kunnen uitschakelen in geval van sterk veranderde vibratiepatronen (in de generator, de tandwielkast, …). Het systeem werkt onafhankelijk van het SCADA systeem.
- Databewakings- en verwerkingssysteem (SCADA-systeem) dat via datakabels in verbinding staat met het supervisiesysteem van de windturbineleverancier op land en met een centraal controlecenter. Volgende signalen worden doorgegeven naar het supervisiesysteem (niet-limitatieve lijst):
    - Windsnelheid en –richting;
    - Temperaturen (omgeving, gondel, elektrische kasten, etc.);
    - Rotor- en generatorsnelheid;
    - Gegevens opgewekte energie (per fase) (frequentie, spanning, stroomsterkte, etc.);
    - Vermogen;
    - Pitch positie bladen, kruipositie;
    - Trillings- en temperatuurgegevens van bepaalde lagers;
    - Generatortemperatuur (in de wikkelingen);
    - Operation status (manueel of automatisch);

- Temperatuur, druk, niveau van olie in tandwielkast, hydraulische systemen, etc.;
- Kabeltorsie;
- Toestandsgegevens van back-up batterijen;
- Videogegevens van camera's opgesteld in het windmolenpark;
- Gegevens van de meteomasten.

2.7.1.2.6 Mast (toren)

De mast is de verbinding tussen de gondel (machinekamer) en de fundering van de windturbine. De mast is een stalen buis opgedeeld in 3 tot 5 segmenten. De toren is voorzien van een inwendige en uitwendige conservering (coating) aangepast voor offshore staalconstructies. De dimensies van de toren van de typevoorbeelden van windturbine zijn:

- Interface level (bovenste stuk van transitiestuk waarop de windturbine wordt geplaatst): ca. 17 m boven LAT;
- Naafhoogte: de naafhoogte (gerekend boven gemiddeld zeeniveau) bedraagt ca. 95 m voor de REpower 6M turbine; 107 m voor de 7 MW Vestas V164 en ca. 100 m voor de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Diameter aan de voet: ca. 7 m voor de REpower 6M windturbine; ca. 7,5 m voor de 7 MW Vestas V164 en 7,3 m voor de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower.

De mast is inwendig voorzien van:

- Een technische dienstlift ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden;
- Een ladder met klimgeleiding (mits gebruik van de valbeveiliging);
- Kabelgeleidingen;
- Diverse tussenplatformen.

In het onderste gedeelte van het eerste mastdeel (de voet van de windturbine) bevinden zich de elektrische beveiligingssystemen voor de aansluiting naar het elektrische net. Eventueel zijn ook de transformator(en) opgesteld in de voet van de windturbine. In dit eerste mastdeel bevindt zich de toegangsdeur tot de mast (wat de normale toegang is tot de windturbine) met er rond een toegangsplatform.

2.7.1.2.7 Specifieke ontwikkelingen voor het offshore concept

Bij offshore toepassing van windturbines zijn de volgende zaken specifiek:

- Redundante uitvoering van bepaalde componenten, wat betekent dat de turbine uitgevoerd wordt met meervoudig aanwezige onderdelen. Gezien toegankelijkheid tot de windturbines bemoeilijkt kan worden door weersomstandigheden, is het ontwerp van offshore windturbines gericht op het minimaliseren van interventies. Bijgevolg zullen bepaalde componenten redundant uitgevoerd worden, zodat het geheel goed blijft functioneren wanneer een of meer onderdelen defect raken of verloren gaan;
- Corrosiebescherming: gezien de vochtige en zouthoudende omgeving zal de corrosiebescherming van de windturbine specifiek hieraan aangepast zijn;

- Alle in de windturbine aanwezige elektromechanische componenten worden extra beschermd tegen contact met de vochtige en zilte omgeving. De gondel is voorzien van een klimaatregelaar, die de lucht van buitenaf filtert en verwarmt indien nodig. De zilte lucht wordt niet rechtstreeks binnen gelaten in de turbine en luchtvochtigheid wordt op een bepaald peil gehouden;
- Intern kraansysteem in de gondel. Dit kraansysteem zorgt voor een korte responstijd bij problemen waardoor het mogelijk is om zonder hulp van een externe kraan bepaalde onderdelen uit de gondel te hijsen;
- Op zee worden verhoudingsgewijs lagere ashoogtes toegepast voor de windturbines dan op land;
- Zeer sterk doorgedreven en uitgewerkt SCADA-systeem voor maximale controle en interventie vanaf land;
- Uitgekiende planning van het noodzakelijke en het preventieve onderhoud.

2.7.1.2.8 Corrosiebescherming

De stalen mast (toren) die bloot staat aan de buitenomgeving wordt voorzien van meerlagige corrosiebescherming die wordt aangebracht in de werkhuizen van de mastleverancier. Andere metalen onderdelen van de windturbine die bloot staan aan de buitenomgeving zijn de toegangstrap/platform, bevestigingsstructuren van sensoren op de gondel, etc. Deze worden doorgaans uitgevoerd in gegalvaniseerd staal of kunststof. De gondelbehuizing evenals de wieken zijn uitgevoerd in hoogwaardig kunststof en zijn bijgevolg niet onderhevig aan corrosie. Metaalconstructies binnen in de windturbinetoren en/of gondel worden uitgevoerd in gegalvaniseerd staal, roestvrij staal of aluminium.

De corrosiebescherming zal gekozen worden volgens de actuele voorgeschreven normen DIN en ISO 12944-1 of NORSOK M-501. Volgende corrosiebescherming is een voorbeeld dat binnen deze normering valt:

- Mast van de windturbine + transitiestukken + secundair staal boven de spatwaterzone: categorie C5-M, drie lagen 2-component epoxyhars (bvb. Hemapdur 45703/45753) en één laag 2-component polyurethaan (bvb. Hemapdur 55210/55610);
- Buitenkant van secundair staal in de spatwaterzone: corrosiebeschermingscategorie Im2;
- Buitenkant van secundair staal onder de spatwaterzone zal beschermd worden met een kathodisch corrosiebeschermingssysteem (passieve Al-Zn anodes);
- Binnenkant transitiestuk en mast windturbine: categorie C5-M, twee lagen 2-component epoxyhars (bvb. Hemapdur 17633) en één laag 2-component polyurethaan (bvb. Hemapdur 55210/55610).

In Ecolas (2003) werd berekend dat de vrijstelling van Al uit deze anodes verwaarloosbaar lage concentraties aan Al in het zeewater veroorzaakt. Voor de bescherming van het milieu zal er geen coating gebruikt worden die lood of chromaat bevat.

2.7.1.2.9 Olie- en vetopvang binnen de turbine

Op volgende plaatsen in de windturbine wordt olie en/of vet gebruikt:

- De tandwielkast (in geval er een tandwielkast aanwezig is) met filter- en koelcircuit:
    - De tandwielkast bevat grootteorde 750-1.000 liter olie;
    - De ontwerpwaarde voor de standtijd van deze olie is 5 jaar;
    - Gezien de vereiste lange standtijd van de olie en de belasting wordt hiervoor doorgaans synthetische olie gekozen;
    - Een accidentele lekkage kan voorkomen door lekken van dichtingen of door het accidenteel loskomen van soepele leidingen;
    - Onder de tandwielkast is een lekbak voorzien. Lekken van dichtingen worden hierin opgevangen;
    - In geval van breuk in een soepele leiding kan gedurende korte tijd een bepaalde hoeveelheid olie vrij komen in de gondel (de circulatiepomp zal immers stoppen wanneer een drukval in het circuit gedetecteerd wordt); de vrijgekomen olie wordt opgevangen in de gondelbodem en wordt bij het curatief onderhoud verwijderd;
    - Bij een eventuele lekkage van tandwielkastolie is er bijgevolg geen olie-emissie vanuit de windturbine naar de omgeving.
- Hydraulisch systeem:
    - Ten behoeve van remmen, gondelverplaatsing, etc. wordt dikwijls gebruik gemaakt van hydraulische systemen. Deze bevatten per unit 10 tot 150 liter hydraulische olie of in totaal ongeveer 200-300 liter hydraulische olie;
    - Voor elk hydraulisch systeem is een lekbak voorzien. Lekken van dichtingen worden hierin opgevangen;
    - In geval van breuk in een soepele leiding kan gedurende korte tijd een bepaalde hoeveelheid olie vrij komen in de gondel. De vrijgekomen olie wordt opgevangen in de gondelbodem en wordt bij het curatief onderhoud verwijderd.
    - Bij een eventuele lekkage van een hydraulisch systeem is er bijgevolg geen olie-emissie vanuit de windturbine naar de omgeving.
- Lagers en geleidingen:
    - Lagers van de trage as, kruilagers, bladlagers, etc. worden gecontroleerd gesmeerd d.w.z. dat volgens de specificaties vet geïnjecteerd wordt. De totale hoeveelheid vet aanwezig in de diverse smeersystemen bedraagt circa 200-300 kg;
    - Er zijn lekbakken voorzien voor opvang van eventueel uittredend overtollig vet. Er is bijgevolg geen emissie van smeervetten vanuit de windturbine naar de omgeving.
- Transformatoren:
    - Deze kunnen opgesteld zijn hetzij in de gondel, hetzij in de voet van de windturbine;
    - Vermoedelijk zal gebruik gemaakt worden van droge transformatoren en niet van oliegekoelde transformatoren;

- Indien toch gekozen wordt voor oliegekoelde transformatoren zullen deze worden opgesteld in een aangepaste inkuiping zodat emissie van olie naar de omgeving onmogelijk is.

Er is geen olieopslag in de windturbines. Wanneer olie wordt vervangen van tandwielkasten, of olie/vet uit opvangsystemen moet worden verwijderd, dan wordt dit steeds afgevoerd naar erkende verwerkers.

2.7.1.2.10 Bebakening

Er wordt steeds gewerkt volgens de IALA richtlijnen en volgens mogelijke bijkomende richtlijnen van scheepvaartveiligheid. Om tijdens de bouw en ontmanteling van het windmolenpark de aanwezigheid van offshore structuren voor de scheepvaart te signaliseren wordt voorzien in een signalisatie conform met de aanbevelingen van de IALA Maritime Buoyage System (MBS richtlijnen). Naar verwachting zal de zone ingenomen door het windmolenpark, met inbegrip van een bufferzone van 500 m, voorzien worden als een veiligheidszone verboden voor scheepvaartverkeer (met uitzondering van de vaartuigen vereist voor bouw, onderhoud en monitoring van de installaties). De zone wordt als dusdanig aangeduid op de navigatiekaarten en gemarkeerd met boeien.

Het windmolenpark zal voorzien worden van een 'Automatic Identification System' (AIS) dat een signaal uitzendt naar alle zeeverkeer. Het signaal bevat de grenzen van het park en andere relevante details. Daarnaast zal het park bebakend worden met lichten, misthoorns en radar reflectoren.

De synchronisatie van de diverse signalisatiesystemen wordt verzekerd d.m.v. een door GPS-satellieten gecontroleerd signaal. Daarnaast zullen zowel de bladen, de gondel als de torens gemarkeerd worden met rode banden conform de aanbevelingen van Belgocontrol. Indien blijkt dat de bebakeningsvereisten kunnen verminderd worden, om zo ook de visuele impact van de flitslichten te beperken, kunnen mogelijkheden tot optimalisatie overwogen worden.

Communicatie/informatieverstrekking aan alle betrokken partijen (Scheepvaartpolitie, Bestuur Maritieme Zaken en Scheepvaart, Zeevisserijsector, Marine…) van alle informatie die relevant is m.b.t. de nautische veiligheid van het windenergiepark zal uitgewerkt worden in een communicatieplan.

Verlichting

Het verlichtingsplan dat voorgelegd zal worden aan de Maritieme Dienstverlening en Kust, Afdeling Scheepsvaartbegeleiding, is gebaseerd op de IALA aanbevelingen:

- Iedere windturbine op een hoek of iedere windturbine waar de vorm van het windenergiepark verandert (een zogenaamde Significant Peripherical Structure (SPS)) wordt voorzien van een geel flitsende maritieme lantaarn met een zichtbaarheid van minimaal 5 NM (nautical miles) bij een ATF (atmosferische transmissie factor) van 0.74 en een morse code <U> iedere 15 seconden.

- Indien de afstand tussen twee SPS-en die aan dezelfde rand van het windenergiepark liggen groter is dan 2 NM, een tussenliggende windturbine van een geel flitsende maritieme lantaarn zal worden voorzien. Deze maritieme lantaarn heeft een bereik van minimaal 2 NM en een afwijkend karakter t.o.v. de maritieme lantaarn van een SPS.

- De scheepvaart verlichting heeft een minimale beschikbaarheid van 99,0% (IALA category 2).

- De maritieme lantaarns worden op een hoogte tussen 6 m en 15 m boven HAT-zeeniveau, en in ieder geval onder het laagste punt van de rotor, geïnstalleerd en zijn vanaf de buitenzijde van het windenergiepark zichtbaar.

- Alle windturbines worden voorzien van een ´retro reflectief´ materiaal met een gele kleur. Dit materiaal wordt aangebracht vanaf +1 m HAT tot +15 m HAT hoogte, of tot de hoogte van de maritieme lantaarn (indien aanwezig), afhankelijk van welke hoogte het hoogst boven HAT-zeeniveau ligt.

- Iedere windturbine wordt voorzien van een 50 candela (cd) rood luchtvaart obstructielicht op de gondel welke onder alle omstandigheden vanuit iedere richting te zien zal zijn. Ook de offshore hoogspanningsstations of eventueel het 'alfa-platform' van ELIA worden van hetzelfde licht voorzien.

- Het transformatorstation wordt, wat de verlichting betreft, behandeld als integraal onderdeel van het windenergiepark.

- Definitie van een veiligheidsperimeter van minimaal 500 m uit het park met aangepaste boeien; enkel vaartuigen gekoppeld aan de bouw- en/of exploitatie van het park hebben toegang tot deze zone. De bebakening zal reeds voorzien worden tijdens de bouw van het windenergiepark.

Misthoorns en radar reflectoren

- Het windenergiepark wordt van voldoende misthoorns voorzien om een dekking van 2 NM rondom het windenergiepark te garanderen. De misthoorn zal een morse code <U> blazen om de 30 seconden. Het geluidssignaal treedt in werking bij een meteorologische zichtbaarheid van 2 NM of minder, gedetecteerd door een mistdetector geplaatst op elke SPS.

- Alle windturbines aan de buitenrand van het windenergiepark worden voorzien van een radar reflector. Indien de bevoegde autoriteiten hiervan willen afwijken in verband met mogelijk teveel reflectie worden minder turbines van radar reflectoren voorzien, dit in overleg met de betrokken instanties. De reflectoren worden geplaatst op het werkplatform op 17 m LAT.

Specifieke markering tijdens de constructiefase

De markering op de site tijdens constructie is afhankelijk van de fase waarin de werken zich bevinden en zal bepaald worden in nauwe samenwerking met de locale kustwacht. Tijdens constructie wordt het gebied gemarkeerd volgens de IALA Maritime Buoyage System en zal er een veiligheidsschip standby zijn op site. Van zodra een fundering geïnstalleerd is zal een wit flitslicht geplaatst worden op een tijdelijk platform met herlaadbare batterij. Omdat de fundering de aeronautische obstructiehoogte nog niet bereikt heeft (30 m) is hiervoor nog geen verlichting nodig. Van zodra de structuur meer dan 30 m boven het water uitsteekt dient een rood waarschuwingslicht geïnstalleerd te worden van minstens 50 candela. Geluidssignalen worden geproduceerd door de schepen op site tijdens de constructiewerken.

2.7.1.2.11 Geluid

Geluidsemissie van windturbines wordt gegenereerd door:

- De wrijving van de wieken in de wind (aerodynamisch geluid);

- Elementen in de gondel zoals tandwielkast, generator, ventilatoren, pompen… (mechanisch geluid). De gondel is inwendig bekleed met geluidsabsorberend materiaal.

Globaal genomen wordt op basis van geluidsemissiemetingen van operationele windturbines een bepaling gedaan van de geluidsbronvermogens (zijnde de som van het aerodynamische en het mechanische geluid). Deze bronvermogens zijn afhankelijk van de windsnelheid.

- REpower 6M: bronvermogen 111 dB(A) bij een representatieve windsnelheid;
- 7 MW Vestas V164: ingeschat bronvermogen 110-111 dB(A) bij een representatieve windsnelheid;
- Beste inschatting voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower: bronvermogen 110 dB(A) bij een representatieve windsnelheid.

2.7.2 Funderingen

De keuze van het type fundering is nog niet eenduidig vastgelegd en zal afhangen van de bodemkarakteristieken, waterdieptes en de belastingen uitgeoefend door de turbine. Bijgevolg worden hieronder verschillende funderingswijzen beschreven, namelijk:

- 'monopile' fundering, met 'suction bucket' principe als alternatief;
- 'jacket' multipode structuur (tripode of quadruped), met 'suction bucket' principe als alternatief;
- 'Gravity Based Foundation' (GBF) of gravitaire fundering;

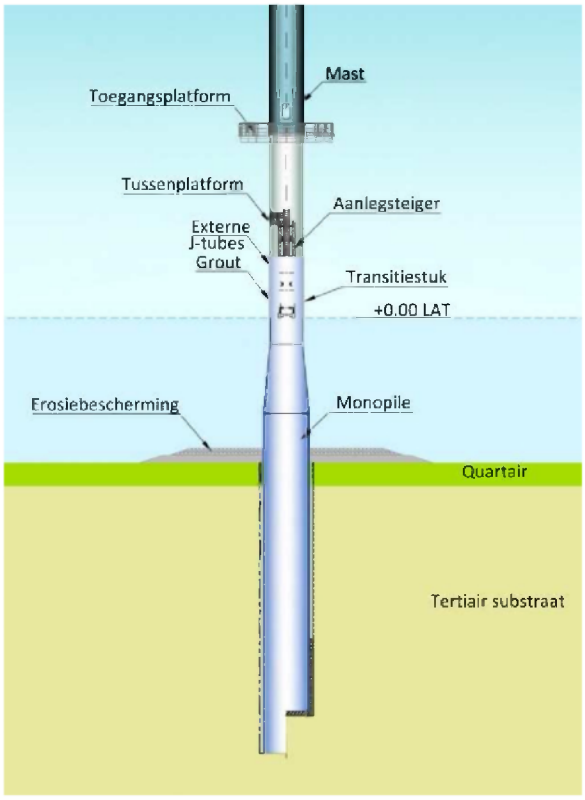
Monopile funderingen worden het meest gebruikt voor de bouw van windmolens wegens hun eenvoud in fabricage en installatie. Maar uit de ervaringen van de verschillende projectpartners in vorige windmolenparken (niet enkel op het Belgisch Continentaal Plat) weten we dat monopiles in grote waterdieptes niet zo haalbaar zijn als bvb. multipode structuren. Tripodes en quadrupeds worden tegenwoordig beschouwd als de meest 'straight forward' en kosteffectieve oplossingen, maar ook de andere types funderingen zullen besproken worden. GBF and suction bucket fundering zijn kostefficiënt en worden gezien als betrouwbare alternatieven. GBF gedragen structuren zijn, naast de monopiles, het tweede meest voorkomende type. Maar ook hier is de waterdiepte de beperkende factor. Bij toenemende waterdiepte moet ook de massa van de GBF toenemen, wat problemen veroorzaakt voor transport en installatie. Het suction bucket principe zal behandeld worden als een optie bij monopile en jacket funderingen.

2.7.2.1 Monopile fundering

Bij een monopile fundering (die al veelvuldig toegepast werd voor 2 – 3,6 MW offshore turbines) wordt elke windturbine op 1 stalen buis gezet die voorafgaandelijk in de zeebodem is geboord en geheid (Figuur 2-25). Een monopile fundering is eenvoudig in ontwerp en productie, wat berekeningen en uitvoering gemakkelijk maakt. De eenvoudige vorm vereist echter ook een grote diameter. Daardoor ondervindt een monopile grote hydrodynamische krachten die de structuur veel meer beïnvloeden dan bvb. een multipode bestaande uit verschillende kleinere buizen. De flexibele monopile ondervindt veel ombuiging en vibraties, vooral in dieper water. Hierbij wordt niet alleen de diameter van de monopile maar ook de wanddikte van de monopile verzwaard, wat uiteindelijk leidt tot vrij zware gewichten en navenante moeilijke handling en installatie.

Dit funderingstype kan ingezet worden bij configuratie 1 en 2. In geval van configuratie 3 is de WTG te zwaar en is een monopile niet langer haalbaar.

- Paaldiameter: 6,2-7,2 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 1); indicatieve paaldiameter 7,5 m voor een Vestas V164 (configuratie 2);
- Indicatieve inheidiepte: 35 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 1); identieke waarden voor Vestas V164: 35 m (configuratie 2);
- Het inheien/boren gebeurt van op een jack-up vaartuig met verlengbare 'benen' dat het vaartuig in staat stelt zich op de zeebodem vast te zetten en op die manier een stabiel platform te bieden van waaruit de werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. De buispalen worden in de zeebodem geheid met behulp van een hydraulische hamer en een trilblok.



Figuur 2-25 Illustratie monopile fundering (bron: Technum-IMDC)

Eens de monopile voldoende diep geheid of getrild is, volgt de installatie van het transitiestuk (een passtuk met bootaanlandingsinfrastructuur) dat de basis vormt waarop de windturbine zal staan. Dit transitiestuk kan een eventuele scheefstand van de monopile, ten gevolge van heiwerk en grondeigenschappen, corrigeren.

De bovenzijde van het transitiestuk bestaat uit de flens waarop de windturbinemast geplaatst wordt. Het transitiestuk is uitgerust met een bordes, op een hoogte waar een veilig gebruik bij alle zeecondities mogelijk is. De ruimte tussen de monopile en het transitiestuk wordt opgevuld met betonspecie (Eng.: grout).

Deze verbinding vormt een zwak punt in het monopile concept. Alle krachten en het gewicht van de windturbine komen via deze verbinding op de fundering terecht. Na verloop van tijd kan de betonspecie verbrokkelen door de bewegingen en vibratie van de toren onder invloed van wind en

golven. Actueel worden binnen een zogenaamd JIP-onderzoek (DNV,2010), geschikte oplossingen uitgewerkt om aan deze zwakke verbinding tussen de monopile en het transitiestuk betere, efficiëntere en operationele oplossingen te bieden.

Een alternatief voor het inheien of intrillen van de monopile is het gebruik van het 'suction bucket' principe, waarbij de voorziene stalen buis van de monopile niet geheid wordt maar door middel van aangepaste onderdruk in de bodem wordt 'gezogen'. Dit principe wordt verder uitgebreid beschreven (§2.7.2.4).

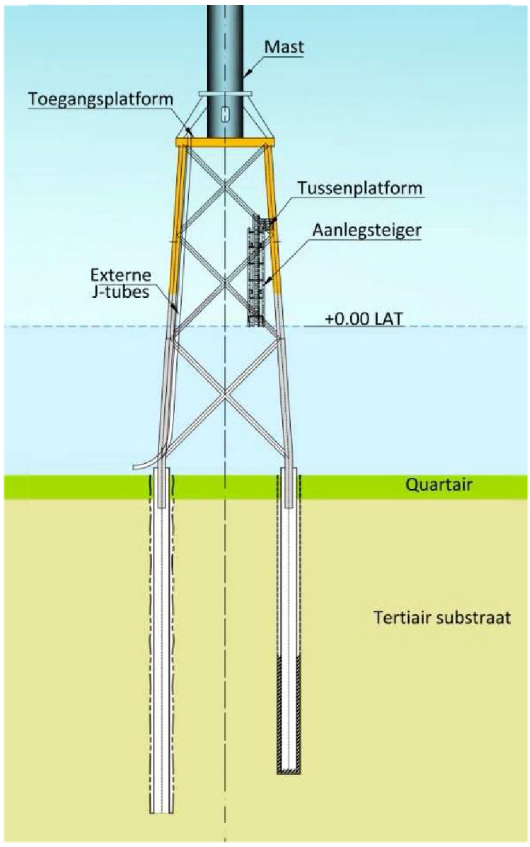
2.7.2.2 Multipode fundering

Een variante op de monopile fundering is de multipode fundering; deze kan worden toegepast indien één monopile niet volstaat om de krachten uitgeoefend op de fundering op te vangen. In dat geval worden meerdere (kleinere) monopiles voorafgaandelijk in de zeebodem geheid of getrild waarop dan een vakwerkstructuur met aangepast transitiestuk gezet wordt waarop de windturbine geplaatst wordt. Indien gekozen wordt voor het multipode funderingstype voor de installatie van windturbines, wordt doorgaans gebruik gemaakt van de quadruped jacket, waarbij de vakwerkstructuur steunt op vier poten (Figuur 2-26). De beschrijving van de milieueffecten zal gebeuren op basis van de jacket fundering, gezien dit het meest frequent gebruikte multipode funderingstype bij offshore windturbines is.

Dit funderingstype wordt beschreven voor configuraties 1, 2 en 3:

- Paaldiameter: 2,25 m voor een REpower 6M windturbine; 3 m voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Indicatieve inheidiepte in de zeebodem: 20-55 m voor zowel een REpower 6M windturbine als voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Pre-pile installatie: de funderingspalen worden eerst in de bodem geheid of getrild doorheen een mal (nivellering van de zeebodem op voorhand is nodig in 50% van de voorziene locaties). De vakwerkstructuur (die volledig is voorgemonteerd en uitgerust is met het transitiestuk) wordt nadien op de 4 palen vastgezet;

De uitvoeringswijze voor de kleine palen is verder volledig gelijkaardig aan deze voor de monopile fundering (afgezien van het feit dat de paaldiameter kleiner is wat de heibaarheid ten goede komt). Ook hier kan het suction bucket principe als alternatief voor het inheien of intrillen gebruikt worden (§2.7.2.4).



Figuur 2-26 Illustratie jacket fundering (bron: Technum-IMDC)

2.7.2.3 Gravitaire fundering

Bij de gravitaire fundering (of GBF) wordt op de zeebodem een betonnen constructie neergezet met ingebouwd aanzetstuk voor de windturbinemast (Figuur 2-27). De stabiliteit van deze funderingswijze wordt verzekerd door het gewicht van de constructie. Dit type fundering wordt beschreven voor configuraties 1, 2 en 3.

De gravitaire fundering wordt geprefabriceerd aan land. Vervolgens wordt de 'lege' fundering via een ponton naar het windmolenpark gebracht en afgezonken op de geprepareerde zeebodem, om vervolgens met zand of grind verzwaard en gestabiliseerd te worden. De gravitaire fundering kan zo ontworpen worden dat ze drijft en zodoende naar de locatie gesleept kan worden. Dit reduceert de kosten voor zware liftschepen.

Om de draagkracht van de zeebodem ter hoogte van de opstellingsplaats van de gravitaire fundering te verhogen zijn er volgende mogelijkheden:

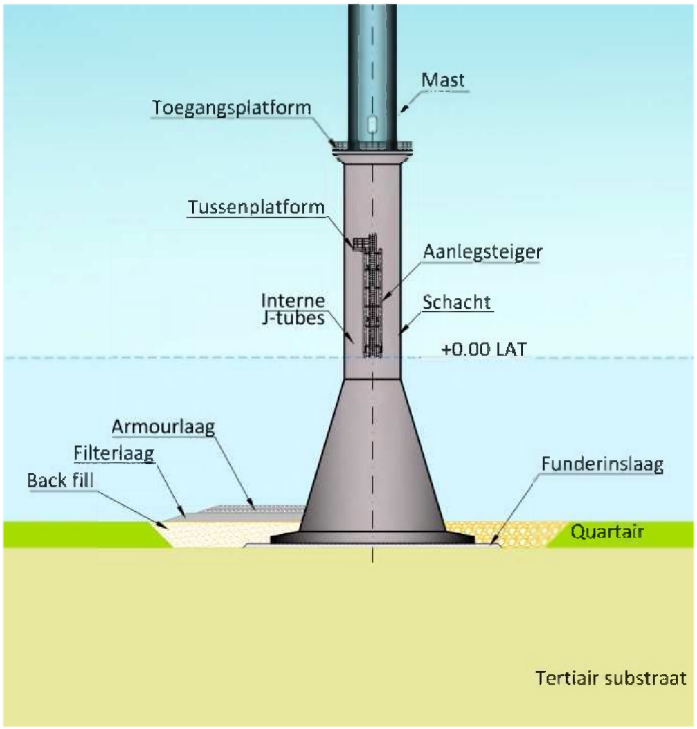
- Grondverbetering/verdichting van de zeebodem ter hoogte van de gravitaire fundering door compacteren en/of injecties;
- Verwijderen (wegbaggeren) van de toplaag van de zeebodem en aanbrengen van een stabiele en vlakke laag zand/grind.
- Tegenwoordig worden ook alternatieven onderzocht om de gravitaire fundering rechtstreeks op de erosiebescherming te zetten, zonder voorbereiding van de opstellingsplaats.

De tweede optie, met wegbaggeren van de toplaag, zal de zwaarste milieu-impact hebben en zal in onderhevig MER besproken worden.

Na installatie wordt een erosiebescherming aangebracht rond de structuur om bodemerosie te vermijden, zogenaamde 'scour protection'.

Een voordeel van een gravitaire fundering is dat de betonnen constructie tot 100 jaar kan meegaan zonder veel onderhoud. Een bijkomend voordeel is dat bij gravitaire funderingen er geen aangroeiwerende verf gebruikt wordt.

Een nadeel van een GBF is de kostprijs. De kost van een afgewerkte structuur is over het algemeen evenredig met de diepte in het kwadraat.



Figuur 2-27 Illustratie gravitaire fundering (bron: Technum-IMDC)

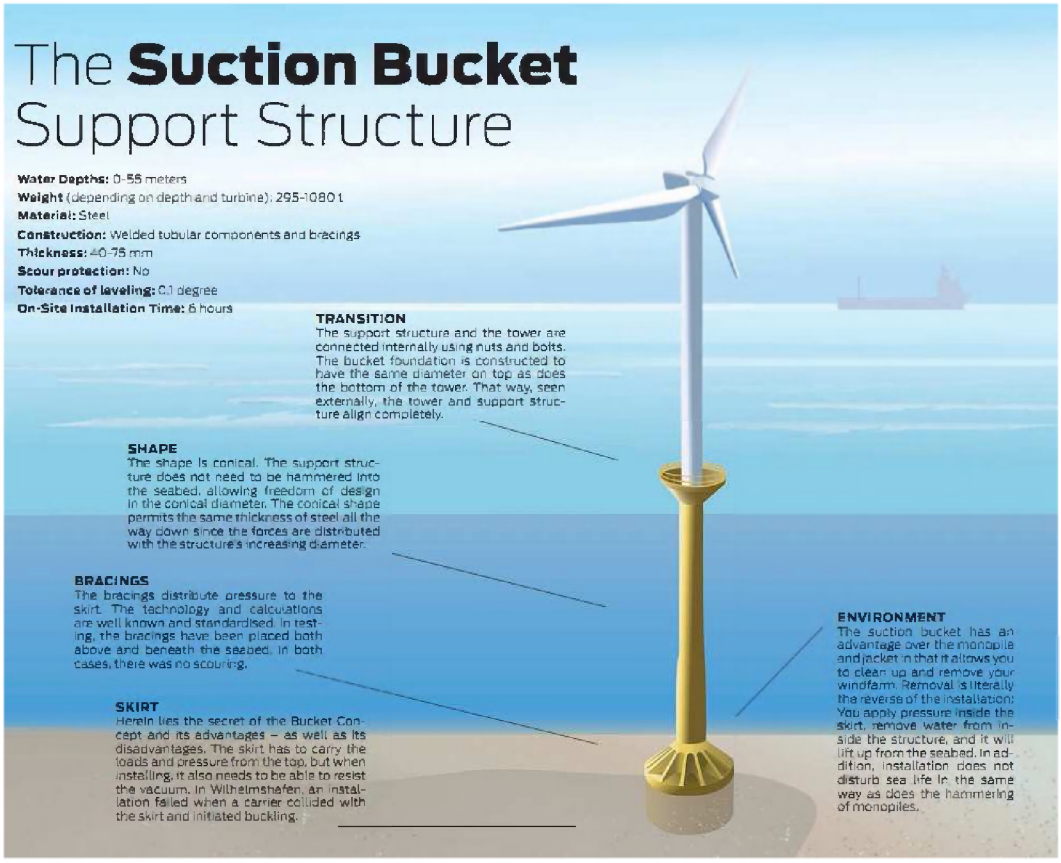
2.7.2.4 Suction bucket principe

Het 'suction bucket' principe is een nieuw funderingsconcept. Dit type fundering kan gezien worden als een alternatieve uitvoeringswijze bij monopile of jacket structuren (configuraties 1, 2 en 3). Momenteel is het als prototype geïnstalleerd in Frederikshavn in Denemarken voor een 3 MW Vestas WTG en in het Horns Rev 2 Offshore wind park in de Noordzee (Le Blanc Bakmar, 2009). Het wordt gezien als een veelbelovend concept omwille van zijn lichte constructie en betaalbare prijs in verhouding tot de relatief grote diepte waarop het gebruikt kan worden. Bovendien is het concept milieuvriendelijk wegens zijn stille plaatsing (er is geen hamer nodig) en omkeerbare installatie. De structuur is stijver dan een monopile wat belangrijk is op grotere waterdieptes. Mogelijke nadelen zijn dat de fabricage van de structuur complexer is, dat de fundering enkel gebruikt kan worden in bepaalde bodemtypes, dat om de bucket drijvend naar site te transporteren een voldoende diepe haven nodig is en dat de installatie zelf meer 'high-tech' is dan bij een monopile, waardoor er makkelijker iets fout kan gaan. Momenteel wordt vooral gekeken naar installatiemogelijkheden in gelaagde en kleihoudende ondergrond, en wordt mogelijke 'scouring' gemonitord rond de prototypes (Le Blanc Bakmar, 2009).

In praktijk bestaat de structuur uit, van bodem tot top, een fundering, i.e. een brede cilinder met een gesloten top en geen bodem (Figuur 2-28). De wand van de cilinder heet de 'rok' ('skirt'), de diameter van de cilinder kan tot 15-20 m breed zijn. Grote steunen ('bracings') verbinden de top van de cilinder ('lid') met de schacht ('shaft') (Figuur 2-29). De toren is een conische buis die boven het wateroppervlak eindigt in een flens (opstaande rand). De diameter van de toren komt hier overeen met de diameter van de te installeren turbine toren. De aanhechting gebeurt met schroeven en bouten.



Figuur 2-28 Voorbeeld van een suction bucket fundering (bron: Le Blanc Bakmar, 2009)



Figuur 2-29 Het principe van de 'suction bucket' fundering (bron: http://www.lorc.dk/Knowledge/Wind/Support-structures/The-suction-bucket-monotower)

De installatie van dit type fundering is gebaseerd op 'zuiging'. De draagstructuur wordt in de bodem geplant door middel van een vacuüm. Dit heeft als voordeel dat de installatietijd sterk verkort wordt. Verder kan nagenoeg elk schip het zuigproces uitvoeren en wordt de draagstructuur niet geschonden door te hameren zoals bij de standaard monopile en jacket funderingen wel het geval is.

De rok wordt voorzien van pijpen en pompen waarlangs overtollig grondwater continu afgevoerd wordt wanneer de draagstructuur in de ondergrond dringt. De spoeling ondersteunt de zuigkracht. Bovendien kan via de pijpen de draagstructuur gestuurd worden wanneer die in de ondergrond dringt. De installatie gebeurt met een snelheid van 2 meter per uur, en met behulp van de pijpen kan een maximale inclinatie van 0,1°bekomen worden ten opzichte van de verticale.

De pompen dienen daarna verwijderd te worden met behulp van een tevoren geplaatste takels. Behoudens een uitgebreide meetcontrole bij plaatsing en een visuele controle door middel van een ROV zijn duikers niet vereist.

Tijdens de laatste fase van de installatie kan een kleine hoeveelheid sediment (10-20 m^3) uit de rok gezogen worden om volledig contact tussen zeebodem en rokbovenkant te verzekeren. Het materiaal is vloeibaar gemaakt in zeewater in verhouding 1/4. De suspensie wordt in de waterkolom vrijgelaten nabij de zeebodem. Het materiaal is gelijkaardig aan wat tijdens natuurlijke golf- en getijstroming wordt bewogen.

De suction bucket mono-toren kan ook eenvoudig opnieuw verwijderd worden. Onder druk wordt de gehele draagstructuur dan van de bodem gelicht. Dit gebeurt ook wanneer tijdens de installatie bvb. grote stenen de weg versperren. Het vacuüm wordt in druk veranderd waardoor de toren opgetild kan

worden en verplaatst om verderop een nieuwe poging te ondernomen. De spoeling- en zuigmethodologie beperkt de toepasbaarheid van het suction bucket principe tot bepaalde bodemtypes. Het kan enkel uitgevoerd worden in losse sedimenten waar geen rotsen voorkomen.

Eens geïnstalleerd werkt de fundering als een GBF: de bodem gevangen in de stalen 'bucket' werkt als gewicht. Berekeningen en testen tonen aan dat het gevangen sediment binnenin de rok zich gedraagt als een massief blok.

2.7.3 Erosiebescherming

Om erosie rond de windturbinefundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit) tegen te gaan kan rond een fundering een erosiebescherming aangebracht worden.

Rond de monopile en GBF wordt steeds een erosiebescherming aangelegd.

Gezien de beperkte diameter van de verankeringspalen bij een jacketstructuur is het niet aanbrengen van erosiebescherming en het laten ontstaan van de (beperkte) erosiekuil voor dit funderingstypes een optie. Op basis van resultaten van reeds uitgevoerd studies acht Rentel de aanleg van een erosiebescherming rondom de jacket fundering voor het project niet noodzakelijk.

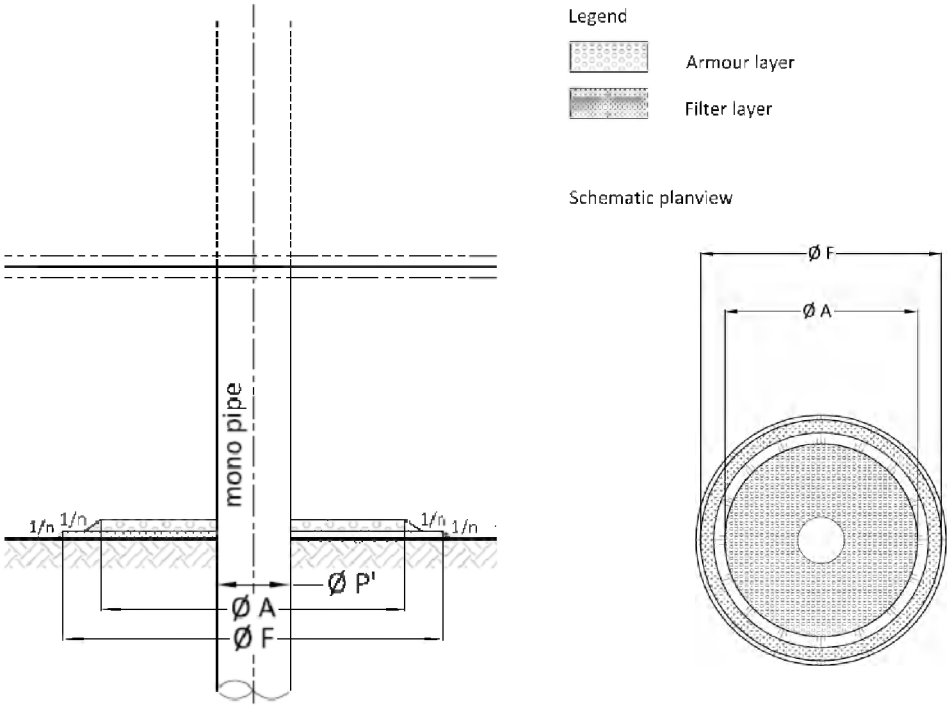
Bij gebruik van het suction bucket principe, wordt de grotere diameter van de rok die in de bodem wordt geplaatst, ter hoogte van de zeebodem gereduceerd naar monopile dimensies van de schacht. Het overgangselement ("lid") vangt een stuk de potentiële erosieaanzet op, maar dat neemt niet weg dat er rond deze constructie ook een zelfde type erosiebescherming dient te worden voorzien als bij een standaard monopile fundering. Indien het suction bucket principe gebruikt wordt bij jacket, wordt de grotere diameter van de rok ter hoogte van de zeebodem gereduceerd naar jacket paaldimensies. Gezien de beperkte diameter van de verandkerinspalen bij een jacketstructuur is ook hier geen erosiebescherming nodig.

2.7.3.1 Bij monopile

Voor de monopile fundering zijn twee types erosiebescherming mogelijk: statische of dynamische erosiebescherming.

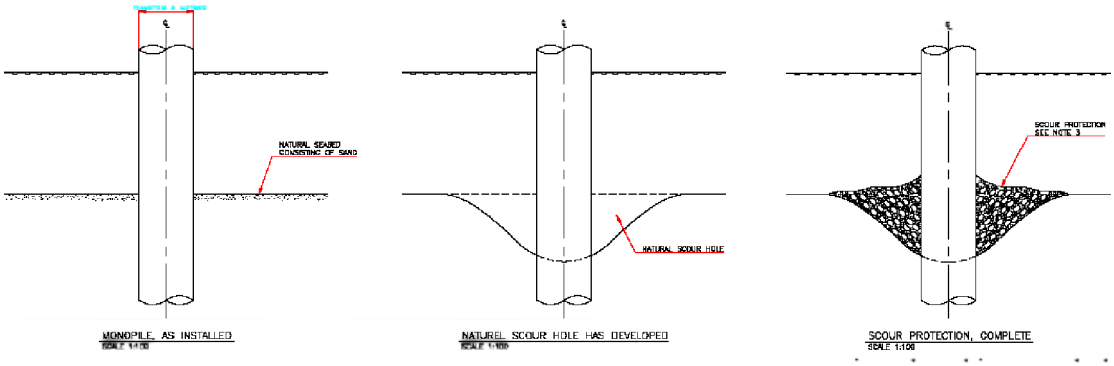
- Indien gekozen wordt voor de **statische erosiebescherming**, dient de windturbinelocatie vóór plaatsing van de fundering vlak gebaggerd te worden (een vlak van 30 m x 60 m, 2-4 m diep, in 50% van de funderingslocaties gebaseerd op interpretatie multibeam data). De filterlaag is een onderlaag van kleinere stenen (grind met kaliber van 4 tot 32 kg; Dn50 = 50 mm) met een dikte van ca. 100 cm. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de paaldiameter.

  Na aanleg van de filterlaag kan de monopile fundering geplaatst worden. Kort nadien volgt de afwerking van de erosiebescherming, namelijk door aanleg van een laag stenen met voldoende hydraulische stabiliteit, i.e. een armour layer of een toplaag van breukstenen (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm). De amour layer heeft een dikte van ca. 100 cm. De grootste stenen worden voorzien voor de ondiepste locaties



Figuur 2-30 Illustratie statische erosiebescherming (IMDC, 2010c)

- Indien gekozen wordt voor de **dynamische erosiebescherming**, wordt de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd. De monopile fundering wordt zonder voorbereiding van de zeebodem geplaatst en na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieput rondom de paal toegestaan (Figuur 2-31). Deze put wordt vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag.



Figuur 2-31 Illustratie dynamische erosiebescherming (bij deze illustratie zonder filterlaag) (Hansen and Gislason, 2002 in: Technum-IMDC, 2009).

2.7.3.2 Bij GBF

Bij een GBF wordt een statische erosiebescherming aangebracht.

- In eerste instantie wordt de put die is uitgebaggerd terug aangevuld met uitgebaggerd zand (backfill);
- Daarboven wordt een specifieke erosiebeschermingsfilter aangebracht in verschillende lagen:
    - Filter layer met grind: laagdikte ca. 60 cm; kaliber 2-120 mm; oppervlakte is ongeveer 5 m in diameter meer dan de armour layer.
    - Armour layer: steenbestorting met breuksteen: laagdikte ca. 70 cm; mengsel van 5-200 kg; oppervlakte is plaatsafhankelijk ca. 2,5-3 keer de GBF doorsnede.

2.7.4 Windmeetmast of meteomast

Het windklimaat is een cruciale maar oncontroleerbare factor voor de energieopbrengst van een windmolenpark en voor het integreren van een voorspellingssysteem voor de productie van windenergie. Een optimale kennis van het lokaal windklimaat is van groot belang. Een meteorologische meetmast zal toelaten de opbrengst van het windmolenpark nauwgezet op te volgen en de totale energieproductie van het windmolenpark en het klassieke productiepark optimaal te plannen (verificatie van de powercurve). Deze mast dient op minimum 2 rotordiameters van de windturbines geplaatst te worden om een te grote vertekening van de metingen te vermijden. Een mogelijke inplantingsplaats is bovenop een offshore hoogspanningsstation of transformatorplatform (§2.7.5).

De meteomasten zijn als volgt opgebouwd en omvatten:

- Een metalen mast waar op verschillende hoogtes diverse sensoren zijn aangebracht voor meting van windsnelheid, windrichting, luchtdruk, temperatuur, luchtvochtigheid, etc. De meteomast hoogte zal gekozen worden in functie van de masthoogte van de windturbines en zal normaliter ca. 150 m bedragen;
- De stroomvoorziening gebeurt door zonnepanelen of met kabel van het hoogspanningsstation;
- De gemeten informatie wordt verwerkt via dataloggers en doorgestuurd naar het parksupervisiesysteem.

2.7.5 Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform)

Er worden twee opties overwogen voor de aansluiting van de turbines op een offshore hoogspanningsstation. Eén optie is de aansluiting op standaard hoogspanningsstations (Offshore High Voltage Station of OHVS) binnen het concessiegebied. De tweede optie is de rechtstreekse aansluiting op het eerder reeds besproken nabijgelegen offshore transformatorplatform (cf. ELIA: alfa-platform). Hierbij kan in principe de verbinding rechtstreeks met de windturbines in het park gemaakt worden. De eerste optie wordt hieronder toegelicht, de tweede optie wordt uitgebreid besproken in hoofdstuk 4: de alternatieven. In functie van de actuele ontwikkelingsstrategie van Elia, als netwerkbeheer recent nu ook met offshore bevoegdheden (elektriciteitswet 05/01/2012), zal de meest geschikte aansluitingsoptie in een later ontwikkelingsstadium finaal worden vastgelegd – in nauw overleg met alle betrokken partijen.

De door het windmolenpark geproduceerde energie van 33 kV of 66 kV wordt ter hoogte van een offshore hoogspanningsstation verder getransformeerd naar 150-220 kV (wisselspanning) zodat op een economisch haalbare wijze de energie direct in het onshore ELIA transmissienet geïnjecteerd kan worden. Er worden in het voorontwerp twee offshore hoogspanningsstations voorzien met een theoretisch vermogen van 288 MVA voor de basisconfiguratie. Dankzij de recente technologische ontwikkelingen is het echter mogelijk dat in de nabije toekomst één enkel station gebouwd kan worden dat de volledig geïnstalleerde energie (van ca. 288-550 MW) aankan conform alle veiligheidsregulaties.

De hoogspanningsstations bevatten de volgende elektrische componenten opgesteld in een gebouw:

- 36 kV middenspanning schakel- en verdeeltoestel van het GIS- type (gas-insulated switchgear),
- 250 kV hoogspanning schakel- en verdeeltoestel van het GIS- type (gas-insulated switchgear),
- hoofdtransformator
- stroomvoorziening voor SCADA
- utiliteitsvoorzieningen zoals beveiligingssystemen, (nood)verblijf voor technici, brandbestrijdingssysteem, landingsplaats voor helikopter, controleruimte, etc.
- communicatievoorzieningen
- Platform hulpsystemen
- hulptransformators
- dieselgenerator die in staat is om de transformatorpost en de windturbines van voldoende vermogen te voorzien voor alle essentiële functies: klimaatregeling, controle- en veiligheidssystemen, bebakening, voeding hulpsystemen (bv. de kruimotoren)
- gelijkstroom (DC) gelijkrichter inclusief distributie
- Batterijen – Uninterruptible Power Supply – Low Voltage switchgear
- Hoogspanning en middenspanning kabelbundels

Voor het finale ontwerp van de hoogspanningsstations zal rekening gehouden worden met:

- Het aantal te verbinden park- en exportkabels;
- Het aantal benodigde J-tubes op fundering niveau voor deze verbindingen;
- De te installeren elektrische apparatuur (voor verbinding, collectie, transformatie, veiligheid,…);
- Gepaste lay-out van het modulaire systeem (compartimenten) om een optimaal en veilig energietransport te garanderen;
- Offshore toegang tot het platform voor onderhoud en reparaties;

- De installatie van een windmeetmast.op één van beide hoogspanningsstations

Tussen beide offshore hoogspanningsstations (OHVS) wordt een hoogspanningskabel van 150 of 220 kV aangelegd. Dergelijke kabel is opgebouwd uit drie kerndraden met een diameter van 1400 mm². Dergelijke 150 kV kerndraad kan theoretisch 224 MVA transporteren, wat voldoende is om bijna de helft van het maximaal geïnstalleerd vermogen van configuratie 3 (550 MW) te transporteren. Terwijl dit voor de 220 kV kabel bij secties van 1000 mm² tot 350 MVA is.

De fundering van de hoogspanningsstations zal gelijkaardig zijn als deze van de windturbines. De te dragen massa en de locale waterdiepte zullen de grootte en het design van de fundering bepalen.

2.7.6 Bekabeling

De netaansluiting bestaat uit een bekabeling in het windmolenpark zelf, waarbij de verschillende windturbines onderling of met een transformatorplatform (OHVS) aangesloten worden (parkkabels). Indien twee OHVS ingepland worden, worden deze met elkaar verbonden. Vanaf één van de OHVS loopt een exportkabel: ofwel extern aan het windmolenpark naar de kust waar die wordt aangesloten aan het elektriciteitsnet op het land met behulp van een landkabel, ofwel extern aan het windmolenpark naar het alfa-platform (ELIA 2011). Indien dit nabijgelegen offshore alfa-platform voldoende dicht bij het Rentel-gebied wordt ingeplant, kunnen de ingelijnde windturbines via gepaste parkkabels rechtstreeks met dit offshore transformatorplatform worden verbonden. De verdere offshore exportkabel tussen dit alfa-platform en het onshore transmissienet van Elia valt dan buiten de scope van deze studie.

De configuratie van de netaansluiting van het windmolenpark ziet er als volgt uit:

- De energieproductie op het niveau van de windturbines gebeurt op 690 V tot 6.000 V wisselspanning.
- Elke windturbine is uitgerust met een laagspanning/middenspanning transformator (LS/MS). Dit zijn 690V-6000V/33-66kV transformatoren van een brandvrij type (ofwel droog ofwel gevuld met siliconenolie). Elke windturbine is eveneens uitgerust met de nodige schakelapparatuur (vermogenschakelaars) om de veilige werking van de installaties te verzekeren. De LS/MS-transformatoren in elke turbine verhogen de spanning naar 33 of 66 kV. Voor het transport van de geproduceerde elektriciteit binnen het windmolenpark werden twee mogelijke spanningsniveaus geselecteerd: 33 kV en 66 kV.
- De windturbines worden in series verbonden d.m.v. een 33 kV verbindingskabel of een 66 kV verbindingskabel. Een 33 kV kabel heeft een theoretische transitcapaciteit van ca. 30 MW, er kunnen dus afhankelijk van het individueel vermogen (4-10 MW) 3 tot 7 turbines op aangesloten worden. Een 66 kV kabel heeft een theoretische transitcapaciteit van ca. 60 MW, er kunnen dus afhankelijk van het individueel vermogen (4-10 MW) 6 tot 15 turbines op aangesloten worden. Een vergroting van de doorstroomsectie van de kabel (in 'afwaartse' richting) kan een verhoging van de doorvoercapaciteit bieden waardoor bvb. zes 6 MW turbines op een 33 kV kabel kunnen aangesloten worden.
- de 33 of 66 kV verbindingskabels, worden aangesloten aan een 33/150-220 of 66/150-220 kV transformator op het transformatorplatform. De juiste spanning en het aantal transformatorplatformen zal bepaald worden in samenspraak met de gekozen leveranciers.

- Transformatorplatformen worden onderling verbonden met een hoogspanningskabel (150-220 kV) opgebouwd uit drie kerndraden met diameter 1400 mm².

2.7.6.1 Bekabeling in het park

De verbinding tussen de turbines onderling en tussen de turbines en de OHVS wordt als volgt gerealiseerd.

Individuele turbines worden in lijnstrengen met elkaar verbonden en aangesloten op een OHVS binnen het concessiegebied of rechtstreeks op het alfa-platform buiten het concessiegebied. Per lijn wordt een 33 kV of 66 kV parkkabel voorzien om de aansluiting met het transformatorstation te realiseren. Rentel opteert wat de bekabeling van het volledige windenergiepark betreft voor toepassing van de 'best beschikbare technologie' waarbij de inerte kunststof XLPE (cross linked polyethyleen) met goede elektrotechnische eigenschappen aangewend wordt. Daarnaast worden de telecommunicatiekabels in de zogenaamde 'holle ruimtes' van deze energiekabels geïntegreerd, wat mogelijk wordt door gebruik te maken van 3-fasige energiekabels. Afzonderlijk leggen van telecommunicatiekabels is bijgevolg overbodig. De telecommunicatiekabels staan in voor de afstandsbediening en –bewaking van het windenergiepark. Figuur 2-32 geeft een type dwarsdoorsnede van een XLPE kabel.



Figuur 2-32 Voorbeelden van een XLPE onderwater kabelsysteem (bron: ABB user's guide)

2.7.6.2 Transportkabels naar de kust

Het ontwerp van de offshore stroomafvoer hangt af van de configuratie van de hoogspanningsstations en de mogelijke locatie van het alfa-platform (IMDC, 2011a). In de standaard OHVS configuratie wordt één van beide OHVS via een exportkabel met land verbonden. Indien echter kan aangesloten worden op het offshore transformatorplatform van ELIA, kan de aansluiting van de turbines rechtstreeks gebeuren als het alfa-platform dicht genoeg bij het concessiegebied ligt. Dan valt de exportkabel tussen alfa-platform en land niet binnen het Rentel project. Indien het alfa-platform te ver verwijderd is van het concessiegebied worden de turbines toch eerst aangesloten op een OHVS binnen het park en wordt de OHVS via exportkabel met het alfa-platform verbonden.

De offshore verbinding met de elektrische exportkabel gebeurt op een 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV wisselspanning. De 150 kV kabel kan, bij een sectie van 1400 mm^2, tot 224 MVA vermogen naar de kust transporteren, terwijl dit voor de 220 kV kabel bij secties van 1000 mm^2 tot 350 MVA is. Er zal – in functie van de uiteindelijk geïnstalleerde configuratie - gewerkt worden met twee kabels van 150 kV, of één/twee kabel(s) van 220 kV. Een derde alternatief – een exportkabel van 380 kV – kan gebeurlijk tot 550 MVA vermogen naar de kust brengen. Vandaag echter is dit type 380 kV kabel (sectie van 1000 mm^2 verondersteld die 550 MVA aankan) nog niet operationeel/commercieel beschikbaar.

2.7.6.2.1 Standaard OHVS

Vanaf één van beide OHVS gaat een onderzeese kabel naar de kust, waar deze toekomt in de z.g. aanlanding en overgaat in de ondergrondse kabel tot aan de ELIA hoogspanningspost in Zeebrugge. De bekabelingsdiepte zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid (departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven- en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties. Dit is minstens 2 m over de gehele lengte met uitzondering van twee locaties: de kruising met de 'Scheur' en de aanlanding op het strand. In de Scheur wordt regelmatig gebaggerd, daar is een bekabelingsdiepte van -25 m LAT vereist. Op het strand moet een bekabelingsdiepte van minstens 1,5-2 m gerespecteerd worden onder het zand.

Voor de verbinding van het OHVS met het substation op land zijn verschillende opties mogelijk:

- een hoogspanning wisselstroomaansluiting van 220 kV. Een typische kabel dat dit soort stromen aankan is de FXBTV 3x1000 mm² 245 kV kabel van ABB (Figuur 2-32). Dit is een XLPE kabel voor 220 kV ontworpen als offshore windmolenpark exportkabel. De totale stroom kan over één kabel getransporteerd worden. Er wordt geen reserve voorzien. In geval van kabelpanne valt het windmolenpark stil. De doorstroomcapaciteit van deze kabel is 350 MWA, voldoende voor de afvoer van het maximaal geproduceerde vermogen bij de basisconfiguratie (288 MW) en configuratie 2 (350 MW).
- Het maximaal geproduceerd vermogen bij configuraties 1 en 3 is respectievelijk 507 MW en 550 MW. Daarvoor zal een combinatie van kabels aangewend worden. Alternatieven zijn combinaties van 150 kV (1400 mm² draagt 224 MVA, 630 mm² draagt 161 MVA) en 220 kV kabels (1000 mm^2 draagt tot 350 MVA). De installatie van 2 exportkabels 150 kV heeft echter de voorkeur ten overstaan van 1 kabel van 220 kV aangezien deze redundantie biedt bij de uitval van 1 exportkabel.

Bij toenemend geïnstalleerde vermogen van de windturbines zullen niet alleen de OHVS grotere dimensies krijgen, maar zullen de kabelsecties van de 220 kV kabels ook groter worden. Er wordt verwacht dat in de toekomst kabelsecties van 1200 mm² zullen kunnen worden uitgevoerd. Indien dit niet zou volstaan, kan worden overgeschakeld naar de bestaande technologie van 3 éénfasige zeekabels op een spanning van 380 kV. Deze technologie werd al gerealiseerd in Noorwegen in 2006 ("Ormen Lange" 420 kV XLPE 1 x 1200mm²). Bij deze hogere spanning van 380 kV worden in principe de kabelverliezen geminimaliseerd omdat de getransporteerde stroom reduceert. Voor een zelfde elektrisch vermogen nemen de elektrische verliezen kwadratisch toe met de getransporteerde stroom. Een type 380 kV kabel die 550 MVA aankan is momenteel nog niet operationeel/commercieel beschikbaar en zal niet meegenomen worden als alternatief.

Een maximale kabelvariant wordt op zijn milieugevolgen onderzocht: zie ook beschrijving van de alternatieve projectscenario's in hoofdstuk 4. Het betreft maximaal 2 kabels (voor ruimtebeslag en bodemverstoring) en 220 kV.

2.7.6.2.2 Alfa-platform

Voor de verbinding tussen de OHVS binnen het concessiegebied en het alfa-platform wordt een 220 kV kabel voorzien, identiek aan de standaard exportkabel. De verbinding tussen het offshore transformatoreiland (alfa-platform cf. ELIA) en het substation op land valt dan buiten de scope van dit MER. Er zal waarschijnlijk een hoogvoltage wisselstroomaansluiting van minimum 220 kV voorzien worden, een alternatief is 380 kV.

De kabels zullen de opgewekte energie van zowel de Rentel site, als de Seastar site en mogelijk ook van de verst offshore gelegen concessiezone naar land transporteren. Een totale transitcapaciteit van 1000 MVA wordt voorzien. Daarvoor zullen een aantal 220 kV of 380 kV kabels in parallel gelegd worden. Daar de kabels het merendeel van de tijd onder hun theoretische capaciteit functioneren zal een deel overbodig zijn. Dit heeft als voordeel dat bij een kabelpanne toch een groot deel (of zelfs het geheel) van de opgewekte energie over de overgebleven kabels naar land kan getransporteerd worden. Enkel het aantal windmolens die de hoeveelheid stroom leveren die normaal gezien door de defecte kabel zou lopen zullen dan stilvallen.

2.7.6.3 Landkabels

Na de aanlanding gaat elke onderzeese kabel over op een landkabel die via een leidingenstraat en langsheen de openbare weg het aansluitpunt op het elektriciteitsnetwerk bereikt.

Op land wordt een onderstation voorzien voor de nodige spanningsaanpassingen en de installaties die door ELIA opgelegd worden in het kader van het Technisch Reglement op transportnetten. Vanaf dit onderstation vertrekken kabels naar het aansluitingspunt in de post van ELIA. In de ELIA hoogspanningspost wordt de geproduceerde energie verder opgetransformeerd naar 380 kV en geïnjecteerd in het hoogspanningsnet.

De onshore aansluiting is ingetekend binnen het nieuw te bouwen hoogspanningsstation in Zeebrugge, als onderdeel van het STEVIN –project. Dit project maakt deel uit van de uitbouw van het ELIA-elektriciteitsnetwerk in de kustregio (waarbij o.a. de nodige faciliteiten worden voorzien om de geleverde stroom van de windmolenparken op zee vlot naar de grote verbruikerscentra worden gevoerd (Vlaams Regeerakkoord, juli 2009). Met het project STEVIN voorziet ELIA immers in een expliciete netversterking om aan drie behoeften te voldoen:

- Het project maakt het mogelijk om de windenergie van windmolenparken op zee aan land te brengen en verder naar het binnenland te transporteren
- Het project creëert de mogelijkheid tot een verdere interconnectie van het Belgische net met een onderzeese verbinding naar het Verenigd Koninkrijk en een verdere uitbreiding naar de Noordzee en de duurzame energiemix uit Noord-Europa
- De uitbreiding van het 380 kV-net naar de kust is strikt nodig om de zekerheid van elektriciteitsbevoorrading in de Westvlaamse regio te verbeteren (inclusief de strategisch economische ontwikkeling van de groeipool rond de haven van Zeebrugge)

Actuele planningsstudies (voorlopige vaststelling tot Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan GRUP) voorzien de inplanting van dit hoogspanningsstation STEVIN nabij Zeebrugge op het militair domein ten oosten of ten westen van de N31 en in het noorden begrensd door de kustweg. Vanuit dit hoogspanningsstation wordt – binnen hetzelfde STEVIN-project - dan ook de verder landinwaartse 380 kV-verbinding (ontdubbeld met een vermogen van 2 x 3000 MVA) naar Zomergem voorzien. In

functie van het verloop van de vergunningsprocedures voorziet de planning in een einde van de werken tegen eind 2014.

2.7.6.4 Elektrische beveiligingen

De beveiligingen voor het windmolenpark Rentel situeren zich op 4 niveaus:

- Op niveau van de individuele windturbine: de beveiliging heeft tot doel de generator, de vermogenselektronica en de transformator te beschermen. Fouten worden onderbroken door een lastschakelaar en zekeringen of door een vermogenschakelaar die door een overstroomrelais, een differentieel relais of een homopolair relais aangestuurd wordt;
- Op niveau van de aankomst van elke parkkabel op een offshore hoogspanningsstation: elke aankomst is uitgerust met een vermogenschakelaar welke de cluster van windturbines kan afschakelen bij een fout op de parkkabel d.m.v. eenrichtingsgevoelig overstroomrelais;
- Op niveau van de 33/150-220 of 66/150-220 kV transformator: de transformator is beveiligd tegen interne fouten d.m.v. differentieelrelais, thermisch beeldrelais en Buchholz. Dit vereist vermogenschakelaars aan beide zijden van de transformator;
- Op niveau van de 150 kV of 220 kV export kabel: bij een kabelfout zal deze worden afgeschakeld d.m.v. het openen van de 150 kV of 220 kV vermogenschakelaars aan beide uiteinden van de kabel, dit door middel van overstroomrelais en afstandsrelais.

3. JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN

3.1 JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN

3.1.1 Algemeen

Vooraleer vergund of geweigerd te worden, dient elk windmolenproject een milieuvergunningsprocedure te doorlopen (zie Bijlage A), conform de wet ter bescherming van het mariene milieu (20 januari 1999), kortweg de Wet Mariene Milieu, en twee Koninklijke besluiten. Deze twee Koninklijke besluiten, en dus de milieuvergunningsprocedure, werden in 2003 gewijzigd (publicatie Belgisch Staatsblad 17 september 2003). Samengevat houdt deze regelgeving een milieueffectenbeoordeling (MEB) in door de BMM, die gebaseerd is op het milieueffectenrapport (MER) ingediend door de aanvrager. Analoog volgt uit de Wet Mariene Milieu en het Koninklijk Besluit van 12 maart 2002 (publicatie 9 mei 2002) met betrekking tot de voorschriften voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee en de exploitatie van niet-levende rijkdommen, dat voor het leggen en exploiteren van kabels een milieueffectenrapport bij de vergunningsaanvraag dient gevoegd te worden.

Voorliggend MER behandelt de milieueffecten van zowel de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines, als van de kabellegging en eventuele verwijdering van de kabels. De aanvragen worden ingediend bij de FOD Economische zaken, die de minister van Energie adviseert. Het MER is opgesteld in overeenkomst met het Koninklijk Besluit van 9 september 2003, met betrekking tot de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de Wet Mariene Milieu.

Naast de milieuvergunningsprocedure is er een procedure voor het toekennen van een domeinconcessie volgens het KB van 20 december 2000 (gewijzigd door het KB van 17 mei 2004, 28 september 2008 en 3 februari 2011) betreffende de voorwaarden en procedures voor het verkrijgen van een domeinconcessie voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden in de zeegebieden waar België zijn jurisdictie kan laten gelden. Hierin wordt bepaald dat domeinconcessies voor windenergieparken in Belgische mariene wateren kunnen worden verleend voor een periode van 20 jaar (met een mogelijke verlenging tot maximaal 30 jaar). Een domeinconcessie kan toegekend worden vóór de milieuvergunning, doch zij wordt pas geldig wanneer ook de milieuvergunning een feit is.

3.1.2 Wetgeving in België

De wet van 13 juni 1969 inzake de exploratie en exploitatie van niet-levende rijkdommen van de territoriale zee en het Continentaal Plat (publicatie Belgisch Staatsblad 8 oktober 1969) werd gedeeltelijk herzien in de wet van 20 januari 1999 betreffende de bescherming van het mariene milieu en in de wet van 22 april 1999 betreffende de exclusieve economische zone. In de wet van 13 juni 1969 art. 4 staat vermeld dat voor het leggen van kabels en pijpleidingen een machtiging vereist is die wordt verleend volgens de regels die de Koning bepaalt.

De wet ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België van 20 januari 1999 (publicatie Belgisch Staatsblad 12 maart 1999, gewijzigd bij wet van 17 september 2005 en bij wet van 21 april 2007), i.e. de Wet Mariene Milieu, vormt een mijlpaal in de marine wetgeving. Deze wet bepaalt verschillende principes die de gebruikers van de Belgische

mariene wateren dienen in acht te nemen. Daartoe behoren de volgende internationaal erkende principes:

- het voorzorgsprincipe
- het preventieprincipe
- het principe van duurzaam beheer
- het vervuiler-betaalt-principe
- het herstelprincipe

Die principes moeten bijgevolg in acht genomen worden tijdens de bouw, uitbating en ontmanteling van het windmolenpark alsook tijdens het uitvoeren van de werken en de bekabeling.

Aansluitend bij het 5de principe (herstelprincipe) wordt het beginsel van objectieve aansprakelijkheid vastgelegd. Dit bepaalt dat bij elke schade of milieuverstoring van de zeegebieden veroorzaakt door bijvoorbeeld een ongeluk of een inbreuk op de wetgeving, deze verplicht moet hersteld worden door diegene die de schade of milieuverstoring heeft veroorzaakt, zelfs al heeft hij geen fout begaan.

Naast de algemene beginselen, hierboven opgesomd, werd in de wet op de bescherming van het mariene milieu ook de basis gelegd voor de instelling van mariene reservaten en de bescherming van planten en dieren.

Verder worden in Art. 25 van de Wet Mariene Milieu de activiteiten opgesomd, waaronder de activiteiten van burgerlijke bouwkunde zoals het oprichten van windturbines, die onderworpen zijn aan een voorafgaande vergunning of machtiging verleend door de minister.

Bij deze milieuvergunningsprocedure horen volgende gewijzigde Koninklijke Besluiten (KB):

- KB van 7 september 2003 (publicatie Belgisch Staatsblad 17 september 2003) houdende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Een vergunning wordt verleend voor een termijn van hoogstens 20 jaar (art. 41 §1). Een machtiging wordt verleend voor de termijn vereist voor de voltooiing van de gemachtigde activiteit (max. 5 jaar, met uitzonderlijk verlenging met 5 jaar) (art. 41 §1); Art. 19 van dit koninklijk besluit stelt dat: Wanneer de aanvraag een activiteit met grensoverschrijdende dimensie betreft, zendt het bestuur een exemplaar van de aanvraag naar de bevoegde overheden van een lidstaat van de Europese Unie of Verdragsluitende Partij bij het Verdrag van ESPOO in de gevallen waar door het bestuur is vastgesteld dat de voorgenomen activiteit aanzienlijke effecten kan hebben op de mens of het milieu in deze lidstaat of Verdragsluitende Partij en in de gevallen waar de bevoegde overheden van deze lidstaat of Verdragsluitende Partij hierom verzoeken omdat de voorgenomen activiteit er vermoedelijk aanzienlijke effecten zal hebben. Gezien de ligging van het project op de grens met Nederland is dit artikel bijgevolg van toepassing.

- KB van 9 september 2003 (publicatie Belgisch Staatsblad 17 september 2003) houdende de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België specificeert de te volgen procedure en de inhoud van het milieueffectenrapport;

Op federaal vlak is ook het KB van 12 maart 2002 (publicatie Belgisch Staatsblad 9 mei 2002) betreffende het leggen van elektriciteitskabels op het Continentaal Plat onder de rechtsbevoegdheid van België van belang.

De wet betreffende de exclusieve economische zone van België in de Noordzee van 22 april 1999 (publicatie Belgisch Staatsblad 10 juli 1999) breidt de Belgische jurisdictie uit buiten de territoriale wateren voor een aantal zaken op het vlak van milieu en milieubescherming, beheer en exploitatie van levende en niet-levende rijkdommen, en de opwekking van energie uit water, wind en stromen. Deze wet is ook van toepassing op de te leggen kabels voor het windmolenpark.

Op basis van de bovengenoemde wetten en besluiten is een machtiging vereist voor de bouw van het windmolenpark, voor de exploitatie van het windmolenpark is een vergunning vereist. Er is eveneens een machtiging vereist voor de te leggen kabels en er is ook een machtiging vereist als er geulen moeten worden gegraven, evenals een vergunning voor de exploitatie van de kabels. Zoals eerder genoemd is een MER een essentieel onderdeel van de vergunningsaanvraag.

Vervolgens zijn ook een aantal Koninklijke Besluiten van kracht met betrekking tot de bescherming van soorten en habitats die hun oorsprong vinden in de Wet Mariene Milieu en de Europese Habitat- (92/43/EEG) en Vogelrichtlijn (79/409/EEG) (zie ook § 3.1.3.1):

- Het KB van 21 december 2001 betreffende de bescherming van de soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België: hier worden verschillende beschermingsmaatregelen voorgelegd ter bescherming van wilde/bedreigde flora en fauna, voor de instandhouding van de natuurlijke habitats en de biodiversiteit en ter voorkoming van schade aan gewassen, visgronden en andere vormen van eigendom.

- Het KB van 14 oktober 2005 betreffende de instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België:

    - Binnen het KB werden vijf Speciale Beschermingszones (SBZ's) ingesteld: drie Vogelrichtlijngebieden (SBZ-V's of SPA's, Special Protection Areas) en twee Habitatrichtlijngebieden (SBZ-H of SAC's, Special Areas of Conservation). De Vogelrichtlijngebieden zijn een zone van 110,01 km² te Nieuwpoort (SBZ-V1), een zone van 144,80 km² te Oostende (SBZ-V2) en een zone van 57,71 km² ter hoogte van Zeebrugge (SBZ-V3) en dit op basis van het voorkomen van vier beschermde vogelsoorten (fuut, grote stern, visdief en dwergmeeuw). De twee Habitatrichtlijngebieden zijn de 'Trapegeer Stroombank' (181 km²) en de 'Vlakte van de Raan' (19,17 km²). In het arrest nr. 179.254 van de Raad van State van 1 februari 2008 vernietigt de Raad van State echter de aanduiding van de Vlakte van de Raan als Speciale Beschermingszone. Het gebied blijft echter wel aangemeld op Europees niveau;

    - Het KB definieert die speciale beschermingszones als de zones die als speciale beschermingzones worden aangewezen in Art. 7 §2 van de wet ter bescherming van het mariene milieu en Art. 4 van de Vogelrichtlijn;

    - Het KB (art. 5) verbiedt volgende activiteiten binnen de Speciale Beschermingszones: activiteiten van burgerlijke bouwkunde, industriële activiteiten en activiteiten van publicitaire en commerciële ondernemingen;

- Het KB (art. 6) eist een passende beoordeling voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar dat afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied en dit volgens de procedures van KB 9 september 2003. De beoordeling dient rekening te houden met de instandhoudingsdoelstellingen van het betrokken gebied;
- Het KB geeft aan waarvoor de Minister een gebruikersovereenkomst afsluit en binnen de 3 jaar een eerste beleidsplan opstelt.

- Het KB van 14 oktober 2005 betreffende de voorwaarden, sluiting, uitvoering en beëindiging van gebruikersovereenkomsten en het opstellen van beleidsplannen voor de beschermde mariene gebieden in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België:
  - Een beleidsplan houdt minstens volgende gegevens in: informatie over de van toepassing zijnde beschermingsmaatregelen, informatie over de gebruikersovereenkomst en andere relevante maatregelen, de resultaten van de monitoring, beschrijving van het effect van de opgenoemde maatregelen;
  - Verder kan het ook voorstellen inhouden tot een herziening van de van toepassing zijnde bescherming in het gebied of tot instelling van nieuwe mariene beschermde gebieden en hun beschermingsmaatregelen.

- Het KB van 5 maart 2006 tot instelling van een gericht marien reservaat, de 'Baai van Heist' (6,76 km²). Dit reservaat grenst aan Speciale Beschermingszones (SBZ-V3) aan de oostelijke strekdam van Zeebrugge en sluit aan op het bestaande Vlaamse natuurreservaat Baai Van Heist (zie kaart in Bijlage E). Hier geldt een verbod van alle activiteiten behoudens deze die onder de gebruikersovereenkomst vallen. Het KB eist een passende beoordeling voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar dat afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied en dit volgens de procedures van KB 9 september 2003. Het KB geeft aan waarvoor de Minister een gebruikersovereenkomsten afsluit en binnen de 3 jaar een eerste beleidsplan opstelt.

- In juli 2010 werd door de dienst Marien Milieu (FOD Leefmilieu) een nieuw Habitatrichtlijngebied bij de Europese Commissie aangemeld, genaamd 'Vlaamse Banken'. Het nieuwe Habitatrichtlijngebied is ca. 1.000 km² groot en omvat zowel zandbanken, biodiverse grindbanken en schelpkokerworm-aggregaties. Het omvat tevens het volledige al aangemelde Habitatrichtlijngebied Trapegeer-Stroombank. De Europese Commissie heeft dit gebied in september 2011 opnemen in de Europese lijst van de 'Gebieden van Communautair Belang'. De volgende stap is de aanwijzing van het gebied (conform Belgisch recht) waarna een beleidsplan zal opgesteld worden.

Het concessiegebied situeert zich niet binnen één van voorgenoemde beschermde gebieden. Het milieueffectenrapport voorziet 3 alternatieve kabeltracés met aanlanding ter hoogte van de Westelijke Strekdam te Zeebrugge. De drie alternatieve kabeltracés kruisen de speciale beschermingszone SBZ-V3 (Zeebrugge).

Op basis van het KB 14 oktober 2005 (art. 6) dient een passende beoordeling opgemaakt te worden voor de aanleg van het kabeltracé daar zij mogelijks significante gevolgen kan hebben voor het gebied. Indien uit de passende beoordeling blijkt dat het project een significant negatieve invloed kan

hebben op het beschermde gebied moet in de eerste plaats gezocht worden naar alternatieve oplossingen. Indien er geen alternatieve oplossingen voorhanden zijn, dient aangetoond te worden dat het project wordt uitgevoerd om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard. Mits de nodige compenserende maatregelen kan eventueel toch een toestemming verleend worden.

Verder is ook de wet van 1 juni 2005 tot wijziging van de wet betreffende de regulering van de elektriciteitsmarkt van 29 april 1999 van belang (gewijzigd 8 januari 2012, 15 december 2009). De wet betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt voorziet in het uitwerken van een ondersteunend systeem dat de elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen moet stimuleren. Deze hebben een juridische basis gekregen door het KB van 16 juli 2002, gewijzigd door KB van 5 oktober 2005 en KB van 31 oktober 2008 die de bijzondere bepalingen betreffende de toekenning van groenestroomcertificaten voor elektriciteit bepaalt en de tariefmaatregelen vastlegt die een minimum prijs waarborgen voor de verschillende soorten groene stroom, ongeacht hun productieplaats.

In analogie met de Kaderrichtlijn Water is op 17 juni 2008 de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (2008/56/EG) opgesteld (zie § 3.1.3.1.1). In 2010 werd in navolging van deze Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie een nieuw federaal kader gecreëerd om een goede oppervlaktewatertoestand te bereiken, met het KB van 23 juni 2010 betreffende de vaststelling van een kader voor het bereiken van een goede oppervlaktewatertoestand. De nieuwe regeling treedt in werking op 23 juli 2010 en geldt voor de kustwateren. Het nieuwe besluit bevat geen echte concrete maatregelen, maar legt in hoofdzaak de verplichtingen van de bevoegde federale diensten vast. De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie streeft ook tegen 2020 een goede milieutoestand (GMT) na voor de mariene wateren. De omschrijving van deze goede milieutoestand voor de Belgische mariene wateren is momenteel in openbare consultatie en zal op 15 juli 2012 aan de Europese Commissie worden voorgelegd.

Tenslotte, werd in het KB van 11 april 2012 (publicatie Belgisch Staatsblad 1 juni 2012) een veiligheidszone ingesteld rond kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit o.a. winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid. Dit KB heeft enkel betrekking op de toegang rondom en in de windmolenparken en legt geen beperkingen op wat betreft de inplanting van het park. Vanaf de exploitatieperiode wordt een veiligheidszone van 500 m ingesteld vanaf de buitengrens van een windmolenpark en individuele windmolens. Voor een windmolen dient gerekend te worden vanaf de buitendiameter van de rotorbladen, voor een windmolenpark wordt gerekend vanaf coördinaten van de toegekende domeinconcessie. De veiligheidszone van 500 m geldt ook voor de totale Belgische windmolenparkzone. Binnen deze veiligheidszone is de toegang verboden, uitgezonderd voor o.a. oorlogsschepen, middelen van de concessiehouder zelf, onderzoeksschepen, onderhoudsschepen van kabels en pijpleidingen en schepen in nood.

3.1.3 Internationale wetgeving

3.1.3.1 Europese richtlijnen

- De EIA richtlijn (85/337/EG) gewijzigd bij richtlijn 97/11/EG en 2003/35/EG: Environmental Impact Assessment. Deze richtlijn is van toepassing op de milieueffectenbeoordeling van openbare en particuliere projecten die aanzienlijke gevolgen kunnen hebben voor het milieu.

Onder projecten worden bouwwerken, ingrepen in de natuur en landschappen en ook ontginningen van bodemschatten verstaan.

Voor projecten die een aanzienlijk milieueffect kunnen hebben, door hun aard, omvang of ligging, moeten de lidstaten de nodige maatregelen treffen om een beoordeling van hun effecten op te tekenen, alvorens een vergunning wordt verleend.

Bij de milieueffectenbeoordeling worden de directe en indirecte effecten van een project op passende wijze geïdentificeerd, beschreven en beoordeeld naar de volgende factoren:

- mens, dier en plant;
- bodem, water, lucht, klimaat en landschap;
- materiële goederen en het culturele erfgoed;
- de samenhang tussen de in het eerste, tweede en derde punt genoemde factoren.

- De SEA richtlijn (2001/42/EG): Protocol on Strategic Environmental Assessment. Het doel van de SEA richtlijn is om te garanderen dat mogelijke milieu-impacten van bepaalde plannen of projecten geïdentificeerd zijn vooraleer ze toegelaten worden, en in overweging worden genomen bij een eventuele uitvoering ervan. Dit gebeurt aan de hand van een milieubeoordeling waarvoor de SEA systematische gebruiken/regels opstelt. SEA zal verplicht zijn voor een brede waaier aan plannen en projecten (vb. bosgrond, energie, industrie, transport, afvalmanagement, toerisme, landgebruik), die significante milieueffecten kunnen veroorzaken. De richtlijn voorziet ook een extensieve publieke participatie in het beslissingsproces van de regering over verschillende ontwikkelingssectoren.

- De Europese richtlijn (2001/77/EG) van 27 september 2001 over de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt werd vervangen door de Europese richtlijn Hernieuwbare Energiebronnen (2009/28/EG). Voor wat België betreft lag de doelstelling voor het aandeel van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen op 6% tegen 2010. Naar de toekomst toe is de doelstelling voor België opgetrokken naar 13% hernieuwbare energie tegen 2020. In de Europese richtlijn (2009/28/EG) wordt ook een vermindering van de broeikasuitstoot vastgelegd op 20% tegen 2020. Naar België vertaald zich dit in een uitstootvermindering van 15% tegen 2020. (zie 3.2.1 en 3.2.2)

- De Kaderrichtlijn Mariene Strategie 2008/56/EG (KRMS) werd op 17 juni 2008 goedgekeurd en trad op 15 juli 2008 in werking. Het is een van de belangrijkste wettelijke instrumenten van de Europese Unie (EU) voor de bescherming van het mariene milieu en de bijbehorende ecosystemen en biodiversiteit. Het werd ontwikkeld als de juridische follow-up van de Thematische strategie inzake de bescherming en het behoud van het Mariene milieu dat op 25 oktober 2005 door de Europese Commissie werd voorgesteld. De strategie heeft ten doel Europa's zeeën en oceanen te beschermen en te herstellen. De KRMS stelt een kader vast om maatregelen te nemen om uiterlijk in 2020 een goede milieutoestand van het mariene milieu te bereiken of te behouden. Hieronder wordt de omschrijving gegeven van de goed milieutoestand (GMT) van de Belgische mariene wateren wat betreft fauna, flora en biodiversiteit, hydrografische eigenschappen en onderwatergeluid. De omschrijving van deze GMT is momenteel in openbare consultatie.

- Aanbeveling van het Europese Parlement en de Raad van 30 mei 2002 betreffende de uitvoering van een geïntegreerd beheer van kustgebieden in Europa (2002/413/EG) en de mededeling van de commissie aan de Raad en het Europese Parlement over geïntegreerd beheer van kustgebieden: Een strategie voor Europa (COM(2000) 547 definitieve versie) van 27 september 2000.

- De EG-Vogelrichtlijn (79/409/EEG en gecodificeerde versie 2009/147/EG) en de EG-Habitatrichtlijn (92/43/EEG) ter bescherming van bedreigde vogelsoorten en hun natuurlijke leefmilieu. Ter verduidelijking van de implicaties van de vogel- en habitatrichtlijngebieden wordt verder een korte bespreking gegeven. Voor een situering van de gebieden die als EG-Vogel- en Habitatrichtlijngebied afgebakend werden, wordt verwezen naar de discipline fauna en flora (§5.4) en Bijlage E.

  Geselecteerde Habitatrichtlijngebieden en Vogelrichtlijngebieden vormen een ecologisch netwerk: het NATURA 2000 netwerk. Dit is een netwerk van gebieden met soorten en/of habitats van communautair belang, en vormt de ruggengraat van het Europese milieubeleid m.b.t. beschermde gebieden. Het beheer van deze beschermde gebieden moet het behoud en herstel van de habitats en soorten garanderen, en moet, indien mogelijk, rekening houden met socio-economische factoren.

3.1.3.1.1 Kaderrichtlijn Mariene strategie: omschrijving goede milieutoestand

De definitie van de GMT wordt uitgedrukt als een kwalitatieve beschrijving van hoe de GMT er zou uitzien wanneer die voor elk van de beschrijvende elementen zou worden bereikt. Dit wordt dan geschraagd door een reeks van meer gedetailleerde kwantitatieve milieudoelen op basis van vastgelegde milieudrempels/limieten met betrekking tot de toestand, de druk of de impact (Art. 10). Waar geen kwantitatieve milieudoelen konden worden bepaald, werd er gebruik gemaakt van kwalitatieve of trendgebaseerde doelen.

In juli 2010 heeft de Europese Commissie criteria en 11 kwalitatief beschrijvende elementen (descriptors) uitgebracht voor een goede milieustatus voor gebruik door de lidstaten.

Deze 11 beschrijvende elementen zijn:

1. Biodiversiteit
2. Niet-inheemse soorten
3. Commerciële visbestanden
4. Mariene voedselketens
5. Eutrofiëring
6. Integriteit van de zeebodem
7. Hydrografische eigenschappen
8. Verontreiniging
9. Verontreinigende stoffen in zeevruchten
10. Zwerfvuil op zee
11. Energie, waaronder onderwatergeluid.

Hieronder worden enkele van deze beschrijvende elementen kort toegelicht

Biodiversiteit, voedselketens en integriteit van de zeebodem

De gewenste toestand van het ecosysteem kan onder meer worden beschreven door zijn biodiversiteit. Gezien biodiversiteit zowel de functionele als de structurele aspecten van alle niveaus van de biologische organisatie dekt, omvat ze tevens de toestand van de commerciële visbestanden en voedselketens. Integriteit van de zeebodem verwijst expliciet naar zowel de fysisch-chemische en biologische troeven van de zeebodem, inclusief de inherente structuur en processen.

De GMT voor biodiversiteit, voedselketens en integriteit van de zeebodem wordt bereikt wanneer:

- De habitattypes en de grootte, de spreiding en de toestand van de samenstellende soorten minimaal voldoen aan de onder de Initiële beoordeling van Belgische wateren (2012) beschreven toestand.
- De Goede toestand volgens de Kaderrichtlijn Water (meer bepaald Goede Ecologische Toestand), de Habitat- en vogelrichtlijnen (meer bepaald gunstige staat van instandhouding) en het OSPAR verdrag (meer bepaald ecologische kwaliteitsdoelen) is bereikt. Zeldzame en bedreigde habitattypes en soorten, die in de bestaande regelgeving en verdragen zitten vervat, zijn beschermd zoals in die regelgeving en die verdragen wordt beoogd.
- De diversiteit binnen de verschillende componenten van de ecosystemen (meer bepaald plankton, benthos, vissen, zeevogels en zeezoogdieren) blijft behouden.
- Levensvatbare populaties van soorten gevrijwaard zijn, wat betreft de belangrijkste langlevende soorten die zich slechts traag voortplanten, evenals voor de toppredatorsoorten in alle habitattypes.
- De habitattypes op structureel en functioneel vlak gevarieerd en productief zijn.
- De fysieke verstoring van de zeebodem wordt beperkt tot een duurzaam minimumniveau waarbij rekening wordt gehouden met de relatieve gevoeligheid van de habitattypes.

Niet-inheemse soorten

De GMT voor niet-inheemse soorten wordt bereikt wanneer er zich geen nieuwe introductie van door de mens geïntroduceerde niet-inheemse soorten voordoet en evenmin een betekenisvolle stijging van de relatieve dichtheid van niet-inheemse soorten in verhouding tot de Initiële beoordeling van 2012. Met soorten waarover taxonomische onenigheid bestaat en waarvoor de veranderingen als gevolg van een permanente introductie, met inbegrip van de voortplanting, verwaarloosbaar zijn, wordt geen rekening gehouden.

Hydrografische eigenschappen

De GMT voor hydrografische eigenschappen wordt bereikt wanneer:

- De aard en de omvang van alle veranderingen op langere termijn van de heersende hydrografische eigenschappen als gevolg van menselijke activiteiten (van individuen en van gemeenschappen) in het mariene milieu niet langer een uitgesproken negatieve impact hebben op soorten, populaties of een ecosysteemniveau.
- Dit minimaal inhoudt dat de betrokken menselijke activiteiten niet resulteren in een - permanent - markante toename van de concentratie zwevende deeltjes en dat de erosie en de sedimentatie in evenwicht blijven.

- De impact als permanent wordt beschouwd als aan een van de volgende voorwaarden – met betrekking tot de bodemstress op een 14-daagse springtij/doodtij cyclus berekend volgens gevalideerde wiskundige modellen – wordt voldaan:
  - Er is een toename van meer dan 0,05 Pa van de gemiddelde schuifspanning op de bodem
  - De variatie van de ratio tussen de duur waarin de schuifspanning op de bodem kleiner is dan 0,5 Pa en de duur waarin de schuifspanning groter is dan 0,5 Pa ligt buiten het "-5% - + 5%" bereik.

Energie, waaronder onderwatergeluid

In het kader van de KRMS werd er een indicator bepaald die van toepassing is op het heien van palen onderwater (Tasker *et al.*, 2010). Het is de verhouding van het aantal dagen per jaar waarin in een bepaalde oppervlakte de antropogene geluidsbron (hier dus het heien) ofwel het SEL van 183 dB (re 1µPa²s) ofwel het geluidsniveau van 224 dB_{p-p} (re 1 µPa) overschrijdt (gemeten op 1 m) (Tasker *et al.*, 2010). Het aantal dagen dat deze niveaus overschreden mogen worden werd echter niet bepaald.

Voor de Belgische mariene wateren wordt de GMT bereikt indien de toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, op een niveau is dat het mariene milieu geen schade berokkent (KRMS, Art. 9), en wanneer impulsgeluiden en regionale geluidsbronnen met lage frequentie geen negatieve impact hebben op mariene organismen.

De milieudoelen naar de toekomst toe en daarmee samenhangend indicatoren zijn (KRMS, Art. 10):

- Het niveau van antropogene impulsgeluiden is kleiner dan 185 dB re 1 µPa (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron. (Beschikking 2010/477/EU van de Commissie, geëxpliciteerd)
- Geen positieve tendensen in de jaarlijkse gemiddelde omgevingslawaainiveaus binnen de 1/3-octaafbanden 63 en 125 Hz. (Beschikking 2010/477/EU van de Commissie)

3.1.3.1.2 De Vogelrichtlijn

In 1979 werd door de Europese Commissie de Vogelrichtlijn uitgevaardigd (Richtlijn 79/409/EEG, 2 april 1979; in 2009 werd een gecodificeerde versie uitgebracht nl. richtlijn 2009/147/EG). Deze richtlijn voorziet in een bevordering van een betere bescherming van vogels in de Europese Gemeenschap en de instandhouding van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten op het Europese grondgebied. Volgens Art. 4 van de Vogelrichtlijn moeten in de leefgebieden van de soorten uit Bijlage I speciale beschermingsmaatregelen getroffen worden opdat deze soorten daar waar zij nu voorkomen, kunnen voortbestaan en zich kunnen voortplanten. Bovendien moet men ook de broed-, rui-, overwinterings- en rustplaatsen van enkele niet op Bijlage I voorkomende trekvogelsoorten beschermen. De lidstaten moeten de naar aantal en oppervlakte voor de instandhouding van deze soorten meest geschikte gebieden als speciale beschermingszones aanwijzen en beheren, waarbij rekening wordt gehouden met de bescherming die deze soorten behoeven (Art. 4 lid 1). Deze soorten dienen ook door andere maatregelen beschermd te worden, zoals een verbod om op deze vogels te jagen of ze opzettelijk te verstoren (Art. 5).

Criteria die als basis dienden voor het opnemen van soorten in de Bijlage I zijn de volgende:

- soorten die dreigen uit te sterven;
- soorten die gevoelig zijn voor bepaalde wijzigingen van het leefgebied;

- soorten die als zeldzaam worden beschouwd omdat hun populatie klein is of omdat zij slechts plaatselijk voorkomen;
- andere soorten die omwille van specifieke kenmerken van hun leefgebied speciale aandacht verdienen.

De Belgische overheid heeft op tweeërlei wijze uitvoering gegeven aan de verplichtingen van de Vogelrichtlijn (zie ook § 3.1.2). In de eerste plaats voorziet het KB van 21 december 2001 in de bescherming van soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en ten tweede heeft de federale overheid drie Speciale Beschermingszones voor Vogels (SBZ-V) in de Belgische mariene wateren goedgekeurd (KB 14 oktober 2005).

3.1.3.1.3 De Habitatrichtlijn

In 1992 werd door de Europese Commissie de Habitatrichtlijn uitgevaardigd (Richtlijn 92/43/EEG, 21 mei 1992). Deze Richtlijn bevat een Bijlage met belangrijke habitats (waaronder zandbanken), en een Bijlage met belangrijke soorten (zonder de vogels) die in de Europese Gemeenschap beschermd moeten worden. Eén van de middelen om deze soorten en habitats efficiënt te beschermen, is het aanduiden van Habitatrichtlijngebieden (of SAC's, Special Areas of Conservation).

Via het KB 14 oktober 2005 waarbij twee Speciale Beschermingszones voor Natuurbehoud (SBZ-H) voor de Belgische mariene wateren werden aangeduid, heeft de federale overheid deze richtlijn vertaald in nationale wetgeving (zie ook § 3.1.2). In het arrest nr. 179.254 van de Raad van State van 1 februari 2008 vernietigt de Raad van State echter de aanduiding van de Vlakte van de Raan als Speciale Beschermingszone. Het gebied blijft echter wel aangemeld op Europees niveau.

Vanuit het standpunt van dit soort projecten is het interessant om het art. 6.3 en 6.4 van de Habitatrichtlijn aan te halen:

Art. 6.3. Voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied, wordt een passende beoordeling gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingdoelstellingen van dat gebied. Gelet op de conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied en onder voorbehoud van het bepaalde in lid 4, geven de bevoegde nationale instanties slechts toestemming voor dat plan of project nadat zij de zekerheid hebben verkregen dat het de natuurlijke kenmerken van het betrokken gebied niet zal aantasten en nadat zij in voorkomend geval inspraakmogelijkheden hebben geboden.

Art. 6.4. Indien een plan of project, ondanks negatieve conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied, bij ontstentenis van alternatieve oplossingen, om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard, toch moet worden gerealiseerd, neemt de Lidstaat alle nodige compenserende maatregelen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 bewaard blijft. De Lidstaat stelt de Commissie op de hoogte van de genomen compenserende maatregelen.

Wanneer het betrokken gebied een gebied met een prioritair type natuurlijke habitat en/of een prioritaire soort is, kunnen alleen argumenten die verband houden met de menselijke gezondheid, de openbare veiligheid of met voor het milieu wezenlijke gunstige effecten dan wel, na advies van de Commissie, andere dwingende redenen van groot openbaar belang worden aangevoerd.

3.1.3.2 Internationale overeenkomsten en richtlijnen

Naast de hierboven beschreven nationale regelgeving en Europese richtlijnen zijn een aantal internationale verdragen en reglementeringen van belang. Zonder in detail te willen treden over de inhoud ervan, worden ze hieronder kort opgesomd.

- Het Zeerechtverdrag (1982) dat het juridische kader vormt voor het gebruik van de oceanen;
- COLREG inzake het voorkomen van aanvaringen (1972);
- Het SOLAS-verdrag inzake veiligheid van mensenlevens op zee (1974/1978);
- UNCLOS (1982) inzake het gebruik van de oceanen en hun grondstoffen. Kuststaten hebben soevereine rechten in de Exclusieve Economische Zone (EEZ) met betrekking tot natuurlijke rijkdommen en bepaalde economische activiteiten, en het uitoefenen van jurisdictie over marien wetenschappelijk onderzoek en milieubescherming. Art. 60 en Art. 17 zijn specifiek gericht op installaties in de EEZ. Zo kan waar nodig een veiligheidszone tot 500 m opgelegd worden rond installaties en kunstmatige eilanden om de veiligheid van scheepvaart en de installaties zelf te garanderen. Deze installaties en veiligheidszones er rond mogen echter de internationale vaarroutes niet hinderen en onschuldige doorgang van schepen mag niet belemmerd worden. De gedefinieerde Belgische windmolenconcessie voldoet aan deze voorwaarden.
- Het GNB-verdrag, verdrag inzake het Gemeenschappelijk Nautisch Beheer in het Scheldegebied (Middelbrug, 21 december 2005). Het GNB-verdrag vormt de bekroning van een nautische samenwerking tussen Nederland en Vlaanderen die in 1839 is gestart, met de uitdaging om het veiligheids- en vlotheidsniveau verder te verbeteren, ondanks de schaalvergroting van de scheepvaart. De door het verdrag opgerichte Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA) oefent het dagelijks nautisch beheer uit onder toezicht van de Permanente Commissie (PC). Art. 12 vermeldt o.a. dat de Verdragsluitende Partijen elkaar tijdig informeren over belangrijke beleidsvoornemens en plannen die van invloed kunnen zijn op het nautisch beheer in het Scheldegebied.
- Internationale conventie inzake controle van aangroeiwerende systemen (2001).

Vanuit het oogpunt van de natuurbescherming zijn de volgende verdragen, overeenkomsten en reglementeringen van belang:

- De Vijfde Internationale Conferentie over de Bescherming van de Noordzee (Bergen-Noorwegen, 20-21 maart 2002), waarin de aanpak van het ecosysteem voor de verdere ontwikkeling van de Noordzee duidelijk naar voren wordt geschoven;
- Het Protocol van Kyoto bij het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatverandering (UNFCCC) van 11 december 1997 om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Een wereldwijde klimaatstrategie, die een beperking van de emissie van broeikasgassen inhoudt, is overeengekomen in het kader van de United Nations Climate Convention (1992), en zijn implementatie in het Kyoto Protocol (1997). Voor België betekent dit een reductie van 7,5% van de uitgestoten broeikasgassen tegen 2012 ten opzichte van 1990. In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 15% emissievermindering tegen 2020. De recente klimaatconferentie in Durban (12/2011) werd

afgesloten met een politiek akkoord over een mogelijk verlengstuk van het Kyoto Protocol na december 2012, echter zonder de drie belangrijkste landen: Canada, Rusland en Japan.

- Het OSPAR-verdrag van 1992 voor de bescherming van het mariene milieu van de NO-Atlantische Oceaan (25/03/1998) heeft als belangrijkste doel:
  - het voorkomen en beëindigen van de verontreiniging van het mariene milieu;
  - het beschermen van het zeegebied tegen de nadelige effecten van menselijke activiteiten om de gezondheid van de mens te beschermen en het mariene ecosysteem in stand te houden;
  - indien mogelijk de aangetaste zeegebieden te herstellen;
  - bescherming van het mariene ecosysteem en de biologische biodiversiteit (Bijlage V – 1998);
- Het ESPOO-verdrag van 1991 "Convention on environmental impact assessment in a transboundary context" voorziet dat voor projecten met grensoverschrijdende effecten het land waar die effecten zich voordoen geconsulteerd dient te worden. Het verdrag is getekend en geratificeerd door zowel België als Nederland. Aangezien de uiteindelijk geplande omvang van het project dusdanig groot is vergeleken met andere projecten, dat de locatie op de grens gepland is en dat er effecten kunnen optreden die grensoverschrijdend zijn, betekent dat het verdrag van toepassing is, en dat Nederland bijgevolg dient geconsulteerd te worden. De bevoegde nationale instanties zorgen ervoor dat deze procedure wordt gevolgd.
- Het RAMSAR-verdrag (1971-1975) over internationaal belangrijke watergebieden voor vogels en de bescherming van die gebieden (beperkt tot op een diepte van 7 m). Voor een situering van deze beschermingsgebieden wordt naar Bijlage E verwezen;
- Het Verdrag van Bonn (1979) inzake bescherming van trekkende (wilde) soorten en de verwante ASCOBANS-overeenkomst (1992) ter bescherming van kleine walvisachtigen in de Noordzee en de Oostzee;
- Het Verdrag van Bern (1979) inzake behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijke leefmilieu;
- Het Verdrag inzake Biodiversiteit van Rio de Janeiro door België ondertekend en goedgekeurd (11/05/1995, gepubliceerd 2/04/1997). De conventie erkent dat biologische diversiteit meer omvat dan planten, dieren, micro-organismen en hun ecosystemen, het gaat ook over mensen en hun voedselzekerheid, medicijnen, gezonde lucht en water, en een proper en gezond milieu om in te leven. Het doel van de CBD - Conventie (Convention on Biological Diversity) is:
  - het behouden van de biologische diversiteit;
  - het duurzaam gebruik van zijn componenten;
  - het eerlijk verdelen van de opbrengsten die voortkomen uit de natuurlijke rijkdommen;
- Hoofdstuk 17 van Agenda 21 met betrekking tot de bescherming van zee- en kustgebieden;

- Van minder direct belang zijn de volgende conventies en verdragen gerelateerd aan operationele lozingen en vervuiling ten gevolge van een ongeval;
- Het OPRC (1990) omtrent het paraat zijn, de samenwerking en de bestrijding van olievervuiling;
- Het MARPOL 73/78 Verdrag en de bijlagen I (olie) en V (scheepsvuilnis). Dit Internationaal Verdrag stelt zich ten doel zeeverontreiniging door schepen te beperken en te voorkomen. Voor bijlage I en bijlage V is de Noordzee een 'Speciale Zone';
- MARPOL bijlage VI bevat normen voor de emissies naar de lucht van zeeschepen. De volgende normen zijn van toepassing sinds 1 juli 2010:
    - Het zwavelgehalte in brandstofolie mag nu maximaal 3,5% bedragen (sinds 1 januari 2012). Deze limiet zal progressief aangepast worden tot 0.5% vanaf januari 2020. In de zogenoemde SECA-gebieden (SO2 emission control areas) mag dit slechts maximaal 1,0% bedragen en slechts 0,1% tegen 2015. De Baltische zee en de Noordzee zijn aangewezen als SECA.
    - Een aanscherping voor schepen die langer dan 2h in de havenbekkens liggen, naar 0,1% zwavel werd in 2010 ingevoerd (EU zwavelrichtlijn).
    - Voor de NOx -uitstoot van motoren van na 1 januari 2011 zijn eveneens normen vastgesteld. De verwachting is dat dit leidt tot een NOx -reductie van ca. 30%. Deze normen zijn gerelateerd aan het toerental.
- De internationale conventies omtrent burgerlijke aansprakelijkheid inzake schade door vervuiling met olie (International Conventions on Civil Liability for Oil Pollution Damage ook gekend als CLC 1969 en CLC 1992) omtrent de verplichte verzekering van de tankereigenaar;
- De internationale conventies voor de oprichting van een Internationaal Fonds voor de Compensatie van Olievervuilingsschade (IOPC Fund 1971 en 1992) ter aanvulling van de CLC 1969 en CLC 1992;
- De Internationale conventie omtrent de burgerlijke aansprakelijkheid van vervuilingsschade door bunkerolie (maart 2001). Deze conventie werd van kracht op 21 november 2008;
- De London Convention (1972) en 1996 Protocol omtrent het voorkomen van mariene vervuiling door afvaldumping.
- Het Akkoord van Bonn (1983) tussen de Noordzeestaten en de EG inzake wederzijdse hulp en samenwerking in bestrijding van (olie)vervuiling, en bewaking en controle ter voorkoming van overtreding van reglementen ter bescherming en bestrijding van pollutie.

3.2 BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN

3.2.1 Doelstellingen voor Europa

De vooruitzichten voor ontginning en gebruik van de huidige energievormen en de steeds stijgende vraag naar energie leiden tot een Europese beleid dat enerzijds gericht is op een reductie van het energieverbruik en anderzijds op een streven naar het gebruik van nieuwe duurzame energievormen. De redenen daarvoor zijn velerlei, maar enkele belangrijke zijn:

- De Europese Unie streeft ernaar zoveel mogelijk zelf in te staan voor haar energievoorziening en bijgevolg zoveel mogelijk onafhankelijk te zijn van de buitenlandse energiemarkt. Op dit ogenblik is de Unie sterk gebonden aan de markt buiten de Unie voor haar huidige energievoorziening. De Conferentie van Rio van 1992 heeft de aanzet gegeven tot een duurzame ontwikkeling met als doel een betere verdeling van de bronnen (sociale billijkheid) en een levenskwaliteit die schade toebrengt noch aan het milieu noch aan de toekomst van de volgende generaties. De zwakke punten van fossiele brandstoffen evenals de problemen met kernenergie die aan het licht zijn gekomen, noodzaken tot een waardering van andere en nieuwe energievormen;
- In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009: 2009/28/EG) waarmee het wettelijk kader werd gecreëerd om de doelstellingen die in 2007 door de Lentetop werden vooropgesteld, te realiseren:
  - De broeikasgasuitstoot tegen 2020 met 30% te verminderen t.o.v. het referentiejaar 1990 als bijdrage tot een globaal en omvattend klimaatakkoord;
  - De broeikasgasuitstoot tegen 2020 met minstens 20% te verminderen t.o.v. het referentiejaar 1990 in afwachting van een dergelijk akkoord;
  - Tegen 2020 aan 20% van de energievraag met hernieuwbare energie te voldoen.

  Er werd overeenstemming bereikt over de verdeling van deze inspanningen over de 27 lidstaten. Voor België betekent dit dat in de sectoren die niet onder de emissiehandel vallen, de uitstoot in 2020 met 15% moet verminderen ten opzichte van 1990 en dat 13% van het finale energieverbruik van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn. De emissies van de industrie worden op Europees vlak aangepakt binnen het emissiehandelssysteem, waar de veiling van emissierechten geleidelijk aan wordt opgetrokken. Verder werden nog maatregelen genomen om de uitstoot van auto's te verminderen en om een kader te creëren voor de opslag van CO_2 in de ondergrond. Op de klimaattop van Durban van december 2011 (COP 17) werd geen 'legally binding' internationaal klimaatakkoord bereikt, maar slechts een aanzet gegeven voor een 'legal forced' akkoord vanaf 2020. Over een verlengstuk van het Kyoto Protocol dat eind dit jaar (2012) afloopt is er een politiek akkoord bereikt (zonder de drie belangrijkste landen: Canada, Rusland en Japan).

Het is ook van belang om de doelstellingen van de Europese Unie te vermelden voor een geïntegreerd kustzonebeheer, de bescherming van de (zee)biodiversiteit en de reductie van de zeevervuiling.

De mededelingen van de EG met betrekking tot het geïntegreerd kustzonebeheer (COM(2000) 547 en COM(2000) 545) wijzen op het belang van een aantal principes (breed perspectief op lange

termijn, het plaatselijke perspectief, het werken met natuurlijke processen, de betrokkenheid van alle partners, actoren en besturen, en de correcte mix van instrumenten) waarmee rekening gehouden moet worden bij het beheer en de ontwikkeling van de kustzone. De principes van duurzame ontwikkeling zijn hier bijgevolg eveneens van belang.

De Europese Kaderrichtlijn Mariene strategie (2008/56/EG) van 17 juni 2008 stelt een kader vast om maatregelen te nemen om uiterlijk in 2020 een goede milieutoestand van het mariene milieu te bereiken of te behouden. Hierbij moet ook de impact van verschillende gebruikers van de Noordzee in beschouwing genomen worden.

3.2.2 Doelstellingen voor België en Vlaanderen

Op basis van het huidig protocol van Kyoto moet ook België zijn broeikasgassenemissie reduceren. Onder de Burden Sharing Agreement tussen de Europese lidstaten, afgesloten volgens artikel 4 van het Kyoto Protocol heeft België een reductiedoelstelling vastgelegd van 7,5% ten opzichte van 1990 voor de periode 2008-2012. Zoals reeds vermeld in voorgaande paragrafen, werd in december 2008 door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 15% emissievermindering tegen 2020 en waarbij 13% van het finale energieverbruik van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn. Tegen eind 2012 zal echter een Vlaams Klimaatplan uitgewerkt worden om de Vlaamse doelstellingen op te trekken tot een CO_2 reductie van 30% tegen 2020.

Het aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitsverbruik in Vlaanderen bedroeg eind 2010 ca. 3,5% (aps.vlaanderen.be, 2011). Begin 2010 bracht EDORA (de Franstalige beroepsfederatie voor hernieuwbare energie) een studie uit over het realiseerbaar potentieel in 2020 voor hernieuwbare energie in België (EDORA, 2010). In deze studie wordt het routeplan tot het behalen van de doelstelling van 13% hernieuwbare energie beschreven dat ontwikkeld werd voor het invullen van het Nationale Actieplan dat elke lidstaat moest indienen bij de Europese Commissie tegen uiterlijk 30 juni 2010. De studie toont aan dat 16 tot 18% van de bruto energievraag in België uit hernieuwbare energiebronnen kan komen tegen 2020. Van de vraag naar elektriciteit – goed voor een kwart van ons energieverbruik – zou bijna voor 28% uit hernieuwbare bronnen kunnen komen, vooral dankzij windturbines op land en op zee en via zonnepanelen. De studie voorziet ondermeer 2.800 MW opgesteld vermogen aan windturbines op zee. Om dit toekomstbeeld te verwezenlijken zijn aangepaste en dringende beleidsmaatregelen vereist. Zo zal het noodzakelijk zijn voor het installeren van 2.800 MW windturbines op zee om snel een nieuw concessiegebied open te stellen specifiek voor offshore windenergie.

Zowel op federaal als op Vlaams niveau blijven de groenestroomcertificaten de belangrijkste steunmaatregel ter bevordering van hernieuwbare energie. Zeker nu de fiscale aftrek voor energiebesparende maatregelen drastisch wordt afgebouwd. Al zal dit mogelijk gecompenseerd worden door maatregelen van de Vlaamse Overheid. Het Vlaamse Gewest heeft in het Elektriciteitsdecreet van 17 juli 2000 (gewijzigd bij decreet van 18 december 2009 en het zogenaamde Groenestroomdecreet van 8 mei 2009) het systeem van groenestroomcertificaten opgenomen dat gestart is op 1 januari 2002. Dit verplicht de elektriciteitsleveranciers om een gedeelte van de geleverde stroom in te vullen met groene stroom. De groenestroomquota zijn vastgelegd in het Groenestroomdecreet van 8 mei 2009 (publicatie 26 juni 2009) en nemen toe in de tijd: 7% in 2012 tot 13% in 2021. Een leverancier kan aan die verplichting voldoen door zelf groene stroom te produceren of door groenestroomcertificaten aan te kopen op de markt. Zij zullen jaarlijks groenestroomcertificaten moeten voorleggen, en dit voor het opgelegde minimum percentage van

hun leveringen. Indien de leverancier niet voldoet aan deze opgelegde minima, dan wordt hem een administratieve geldboete opgelegd. Op het federale niveau zijn de specifieke maatregelen ter bevordering van elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen vervat in het KB van 16 juli 2002, gewijzigd door KB 5 oktober 2005 en KB van 31 oktober 2008 betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen. Volgens artikel 2 van het wijzigingsbesluit van 31 oktober 2008 is de netbeheerder verplicht, in het kader van zijn taak van openbare dienstverlening, groenestroomcertificaten aan te kopen die zijn afgeleverd krachtens dit besluit en krachtens de elektriciteitsdecreten en -ordonnantie, van de groenestroomproducent die hierom verzoekt, tegen een minimale prijs die bepaald is in functie van de gebruikte productietechnologie. Voor offshore windenergie bedraagt deze prijs 107 €/MWh voor elektriciteit opgewekt met installaties die het voorwerp uitmaken van een domeinconcessie en voor de productie die volgt uit de eerste 216 MW geïnstalleerde capaciteit, en 90 €/MWh voor elektriciteit opgewekt met installaties die het voorwerp uitmaken van dezelfde domeinconcessie en voor de productie die voortvloeit uit een geïnstalleerde capaciteit boven de eerste 216 MW.

Deze aankoopverplichting begint bij de inwerkingstelling per productie-eenheid van offshore windenergie voor een periode van 20 jaar.

Daarnaast biedt de Wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt, gewijzigd door de wet van 1 juni 2005, een rechtszeker kader voor de ontwikkeling van offshore windmolenparken, door volgende maatregelen:

- De verplichting voor de beheerder van het nationaal transmissienet van elektriciteit om groenestroomcertificaten aan te kopen tegen een minimumprijs en deze daarna te verkopen;
- de verplichting voor de beheerder van het nationaal transmissienet van elektriciteit om in te staan voor één derde van de kostprijs van de onderzeese kabel, aansluitingsinstallaties, uitrustingen en de
- aansluitingsverbindingen van de offshore windinstallaties en dit met een maximumbedrag van 25 miljoen euro;
- de verplichtingen van de netbeheerder met betrekking tot de productieafwijking.

Het huidig nucleaire energiebeleid is daarenboven gericht op een afbouw van het bestaande nucleaire energiepark op relatief korte termijn (2015-2025) (deactivering van kerncentrales ouder dan 40 jaar) (wet van 31 januari 2003, publicatie 28 februari 2003). Dit betekent dat een bijkomende druk zal ontstaan om hernieuwbare energiebronnen te gebruiken voor elektriciteitsproductie om een te groot conflict met de Kyoto doelstellingen te voorkomen.

Naast de doelstellingen betreffende de energieproductie en -consumptie, en de doelstelling inzake de uitstoot van broeikasgassen en klimaatveranderingen dienen ook andere beleidsdoelstellingen gecontroleerd te worden. Vooral de Belgische of Vlaamse beleidsdoelstellingen inzake geïntegreerd kustzonebeleid en de mariene vervuiling lijken hier relevant. Dit heeft onder andere geleid tot de oprichting van het Coördinatiepunt voor Geïntegreerd Beheer van Kustgebieden en de Kustwacht.

3.2.3 Het aandeel van de geleverde energie door Rentel in de federale verplichting inzake hernieuwbare energie en CO_2 uitstoot

De bouw van windmolenpark Rentel, zal een positieve bijdrage leveren aan de federale beleidsdoelstellingen op twee vlakken: de uitstoot van CO_2 zal verminderen onder de vorm van 'vermeden emissies' en het project zal bijdragen tot de beleidsdoelstelling van 13% hernieuwbare energie.

Het nationale streefcijfer voor elektriciteitsverbruik in 2020 is 110.000 GWh (CONCERE-ENOVER, 2010). Het nationaal streefcijfer voor 2020 voor het aandeel elektriciteit uit hernieuwbare bronnen is 20,9%, wat overeenstemt met een elektriciteitsproductie van 23.000 GWh. De doelstelling van de bijdrage van windenergie aan de totale hernieuwbare doelstelling voor België in het jaar 2020 is 10.500 GWh/jaar (Tabel 2-1).

Rekening houdend met een geproduceerd vermogen van ongeveer 36% van het geïnstalleerd vermogen, zal het windmolenpark Rentel 900 tot 1.700 GWh/jaar produceren. Dit betekent ongeveer 8,6 tot 16,2% van de windenergiedoelstelling voor ons land tegen 2020.

Bovendien zal de bouw van het Rentel windmolenpark helpen de uitstoot van CO_2 te verminderen onder de vorm van 'vermeden emissies'. In hoofdstuk 5.2 'Klimaat en atmosfeer' zal bepaald worden welke emissies vermeden worden door het project. De vermeden emissies zijn diegene die ontstaan bij een 'klassieke installatie' voor een vergelijkbare elektriciteitsproductie (om een vergelijkbare energiebehoefte te dekken), en die bij de installatie van een windmolenpark niet meer zullen geproduceerd worden.

4. BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN

4.1 CONFIGURATIEALTERNATIEVEN

Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt geopteerd om naast de licht aangepaste basisconfiguratie met 47 windturbines van 6,15 MW, drie alternatieve scenario's te bespreken (met elk hun range van vermogen en rotordiameter en een maximaal aantal turbines), waarbij voor elk van de scenario's telkens de naar verwachting 'worst-case' situatie zal onderzocht worden op vlak van milieu-impact.

Naast het basisscenario, zullen de volgende drie omhullende configuraties beschreven worden, die zich in de eerste plaats onderscheiden in aantal turbines en individueel vermogen:

0. Basisconfiguratie: 47 WTG's in het initiële concessiegebied, met rotordiameter (RD) 126 m - individueel vermogen 6,15 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M turbine.
1. 78 WTG's in het uitgebreide concessiegebied, met rotordiameter 120-130 m - individueel vermogen 4-6,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M (6,15 MW, 126 m RD).
2. 60 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 140-165 m - individueel vermogen 6,5-7,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Vestas V164-7.0 MW (7 MW, 164 m RD).
3. 55 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 150-160 m - individueel vermogen 7,5-10 MW. Een typevoorbeeld is de Clipper Windpower Britannia C-150 (10 MW, 150 m RD).

Op die manier wordt de optie met het maximaal aantal mogelijke funderingen besproken (configuratie 1), de optie met maximale rotordiameter (configuratie 2) en de optie met maximaal geïnstalleerd individueel en totaal vermogen (configuratie 3).

Samenvattend wordt voor de park lay-out rekening gehouden met een vermogensrange van 4 MW tot 10 MW per turbine met een totaal geïnstalleerd vermogen tussen 289 en 550 MW, en zullen drie typevoorbeelden turbines uitgewerkt worden in het MER. De drie alternatieve inplantingsconfiguraties worden weergegeven in Bijlage C.2, C.3 en C.4.

Per configuratie zijn meerdere funderingstypes mogelijk. De volgende combinaties zullen verder bestudeerd worden in het MER:

Tabel 4-1 Weerhouden combinaties van parkconfiguratie en type fundering (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	Aantal turbines	Rotordiameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderingstype	erosiebescherming
Basisconfiguratie	47	126 m	6,15 MW	289 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF

Configuratie	Aantal turbines	Rotordiameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderingstype	erosiebescherming
Configuratie 1	78	120-130 m	4-6,5 MW	312-507 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 2	60	140-165 m	6,5-7,5 MW	390-350 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 3	55	150-160 m	7,5-10 MW	413-550 MW	Jacket	nee
					GBF	ja
					Suction bucket	Idem MP en JF

4.2 ALTERNATIEVE KABELTRACÉS EN SPANNINGSNIVEAU VAN DE KABELS

De offshore verbinding met de elektrische exportkabel gebeurt op een 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV wisselspanning. De 150 kV kabel kan, bij een sectie van 1400 mm^2, tot 224 MVA vermogen naar de kust transporteren, terwijl dit voor de 220 kV kabel bij secties van 1000 mm^2 tot 350 MVA is. Er zal – in functie van de uiteindelijk geïnstalleerde configuratie - gewerkt worden met twee kabels van 150 kV, of één/twee kabel(s) van 220 kV. Een derde alternatief – een exportkabel van 380 kV – kan gebeurlijk tot 550 MVA vermogen naar de kust brengen. Vandaag echter is dit type 380 kV kabel (sectie van 1000 mm^2 verondersteld) nog niet operationeel/commercieel beschikbaar. Voor de parkkabels zullen 33 kV of 66 kV kabels gebruikt worden.

Verschillende technieken komen in aanmerking voor het begraven van de exportkabels: jetting, ploegen (met grondverplaatsende, niet-grondverplaatsende of vibro- ploeg), gebruik van injectoren, baggeren en combinatie baggeren en jetting of ploegen. De meest waarschijnlijke methode is ploegen buiten de vaargeulen en een combinatie van baggeren en ploegen in de vaargeul. Het type ploeg zal afhangen van het bodemtype. De parkkabels zullen door middel van jetting begraven worden.

Bij de voorgestelde tracés wordt rekening gehouden met volgende factoren:

- De export kabel volgt zoveel mogelijk bestaande onderzeese kabels of pijpleidingen, zodat de ruimte inname beperkt blijft;
- Er wordt rekening gehouden met een beschermde zone (250 m) en een voorbehouden zone (50 m) rond kabels zoals beschreven in de bijlage van het KB van 12 maart 2002.

- Interactie met het zandwinningsgebied (sector 3A voor winning – sector 3B voorlopig nog gebruikt als losplaats voor baggerspecie S1) wordt vermeden.

Het definitieve kabeltracé voor de offshore exportkabel is vandaag nog niet vastgelegd. Toch kan nu al wel gesteld worden dat het tracé volledig op Belgische grondgebied zal lopen en als dusdanig niet over de grens met Nederland lopen.

Principieel zijn er twee scenario's voor deze export kabel voorzien vanuit een vooropgestelde onshore aanlanding aan de westzijde van de haven van Zeebrugge (zie verder onshore STEVIN hoogspanningsstation van ELIA), elk met een alternatief:

- een west-tracé, met als alternatief een aansluiting op het alfa-platform van ELIA (ELIA, 2011) (zie Figuur 4-1, Bijlage D.1 en D.2)
- en het oost-tracé voorgesteld tijdens de concessieaanvraag, met een alternatief buiten de Norther concessie (zie Figuur 4-1 en Bijlage D.1).

Een definitief kabeltracé vormt – mede gelet op de actuele ontwikkelingsstrategie van Elia – het voorwerp van een gepast milieuvergunningsaanvraagdossier voor deze offshore exportkabel.

4.2.1 Scenario 1: West-tracé

Deze zogenaamde **"West route"** (groen tracé in Figuur 4-1) vertrekt westwaarts vanaf een OHVS uit het Rentel-gebied en kruist in de directe omgeving van de concessiezone de Interconnector-gasleiding. Deze 235 km lage gasleiding transporteert jaarlijks zo'n 20.10^9 m^3 gas van het compressiestation in Bacton (UK) naar Zeebrugge (BE) en in omgekeerde richting zo'n $25{,}5.10^9$ m^3 gas. Even verderop wordt eerst de niet-operationele Rembrandt 2 en dan de operationele Concerto South 1S telecommunicatiekabel tussen Zeebrugge (BE) en Thorpeness (UK), gekruist. Beide kruisingen worden maximaal loodrecht op deze beide leidingen ingetekend om minimale verstoring en aanpassingswerken te verzekeren.

De exportkabel loopt aan de westzijde van de nabijgelegen concessiezones voor C-Power en Norther. Hierbij wordt het afgebakende gebied voor zand- en grindexploitatie aan deze westzijde van beide concessiezones slechts aan de uiterste oostrand doorlopen. Dichter onder de kust worden ook de twee 150 kV exportkabels van het C-Power project op de Thorntonbank (naar Oostende) gekruist. Ten zuiden van de voorziene zones voor offshore windmolenparkontwikkeling op het BDNZ sluit de exportkabel aan op het tracé van de telecommunicatiekabel Concerto South 1S aan de westzijde (om aldus minimale ruimte-inname te genereren). Hierbij wordt dan wel eerst met een ruime bocht omheen het afgebakend zandwinningsgebied op Sierra Ventana (sector 3A-3B) gelopen.

In dit westelijke traject (totale lengte = 42,7 km) wordt de onshore aanlanding in Zeebrugge ten westen van zowel de Interconnector-gasleiding, Concerto South 1S telecomkabel als de exportkabels van Norther voorzien. Afhankelijk van de definitieve locatie van het STEVIN hoogspanningsstation in Zeebrugge dienen zowel de Interconnector als Concerto 1S leiding nogmaals gekruist worden op het land (aansluiting in havengebied Zeebrugge voorzien).

Als een alternatief bij dit westelijke traject wordt een **aansluiting op** de door ELIA geplande **offshore substations** (zogenaamde alfa- en beta-platforms) meegenomen bij dit westelijke traject (geel tracé in Figuur 4-1). Hierbij wordt – in overeenstemming met de ELIA-visie rond de verdere uitbouw van het offshore grid – een directe aansluiting van de parkkabels (op 33 kV of 66 kV) van de Rentel-zone voorzien op het alfa-platform, zonder tussenliggende OHVS. Volgens de voorlopige

inplantingsschetsen, zou het alfa-platform zich onmiddellijk ten westen van de aangeduide concessiezone voor Northwind (vroeger Eldepasco), ter hoogte van de Lodewijk bank (vroeger Bank zonder Naam), bevinden. Zoals aangegeven in het plan (geel tracé in Figuur 4-1) wordt de lengte van deze transportkabels vanuit de grens van het park tot aan het platform nu ingeschat op zo'n 4,2 km.

Indien het alfa-platform technisch gezien te ver van het concessiegebied zou ingeplant worden dient in dit geval de aansluiting van de turbines toch te gebeuren op één (of twee) OHVS binnen het concessiegebied. Een exportkabel verbindt dan de OHVS met het alfa-platform.

De voorziene offshore substations (alfa en beta) maken deel uit van een door ELIA vooropgestelde ontwikkeling van een vermaasd net op zee. Dergelijk net biedt voordelen naar

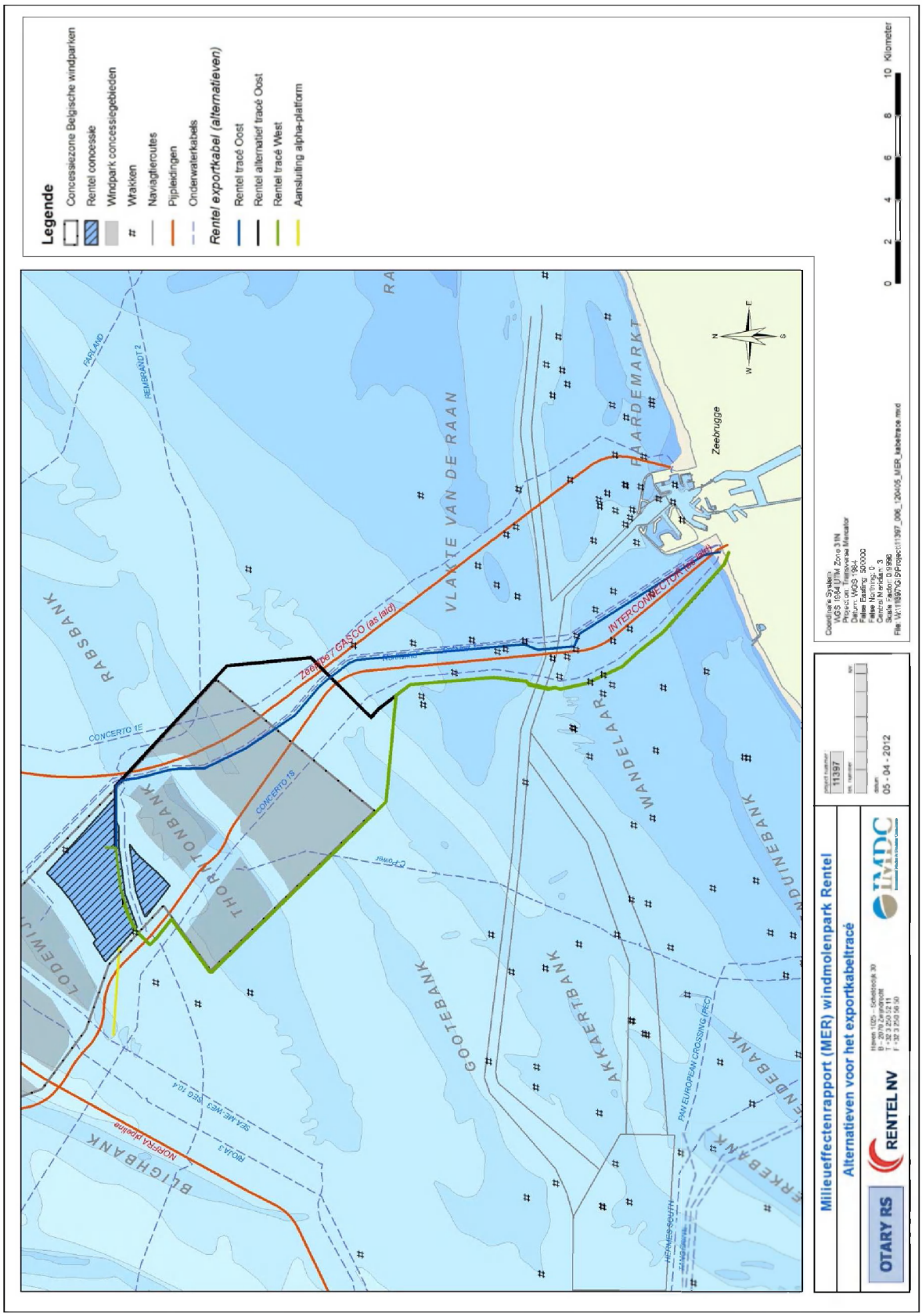
- Betrouwbaarheid, dankzij redundantie door de gecreëerde vermazing
- Optimalisering in de investeringen bij aanleg van offshore transportkabels
- Reductie in het aantal inkomende aansluitingskabels op het landnet

In het Federaal Ontwikkelingsplan 2010-2020 (versie dd. 15/09/2010) dat door ELIA werd opgesteld in samenwerking met FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie en met het Federaal Planbureau, is vermeld dat ELIA de mogelijkheid onderzoekt om een dergelijk centraal aansluitingspunt in zee uit te bouwen. Als meest belovende optie wordt hier voorgesteld

- Twee platforms van 600 MW in 220 kV wisselstroom
- Uitgerust met 3 transformatoren (300 MW) voorzien van secundaire windingen
- Onafhankelijk van elkaar op het onshore 380 kV net aan te sluiten via 220 kV kabels

Hiertoe is dan expliciet de ontwikkeling van twee platformen (alfa- en beta-platform) in de Noordzee die via 220 kV verbindingen onshore aansluiten op het STEVIN-station voorzien. Dergelijk technisch concept voorziet in een volwaardig hoogspanningsstation van het GIS-type dat transformatoren bevat om inkomende transportkabels op 66 kV/220 kV vanuit de respectievelijke windmolenparken te ontvangen en "door te schakelen" naar het onshore distributienet.

In dit concept beperkt de offshore verbinding buiten het concessiegebied zich tot de (rechtstreekse) aansluiting van de windturbines op het alfa-platform (Elia, 2011).



Figuur 4-1 Alternatieve exportkabeltracés

4.2.2 Scenario 2: Oost-tracé

Een alternatieve route ligt aan de oostzijde van de concessiezone. Deze zogenaamde **"Oost route"** volgt de Belgisch-Nederlandse grens, aan de westzijde van de reeds aangelegde Belwind exportkabel en de voorziene Northwind (vroeger Eldepasco) connectie. Hierbij dient de minimaal te respecteren tussenafstand van 50 m tussen elke kabel voorzien te worden waardoor, mede gelet op de te vrijwaren tussenafstand met de structuren uit de windmolenparken (C-Power en Norther concessie), de vrije corridor voor de aanleg van deze exportkabel vrij beperkt wordt. Daarbij dient ook een voldoende veiligheidsafstand ten oosten van de aardgasleiding Zee-pipe worden voorzien. Dit tracé loopt – samen met de reeds gelegde Belwind 1 en de voorziene Eldepasco (Northwind) kabel – **doorheen** de voorziene doorgangszone van het **Norther-concessiegebied** (blauw tracé in Figuur 4-1). Het Rentel-tracé voorziet voldoende tussenafstand met de Northwind-kabel zodat een gebeurlijke exportkabel van Norther er nog kan tussen gelegd worden. De passage van de bundel exportkabels onder de vaargeul "Scheur" vormt een potentieel kritisch issue ter hoogte van de passage van de vaargeul "Scheur" en – in mindere mate - bij de knik ter hoogte van Wespit. Bij de passage onder de vaargeul "Scheur" zijn de vooropgestelde veiligheidsafstanden (tussen de exportkabels onderling en met de Interconnector-gasleiding) niet optimaal gerespecteerd. De onshore aanlanding gebeurt hier net ten oosten van de veiligheidszone rond de Interconnector-gasleiding. In de huidige intekening is geen enkele kruising met bestaande, operationele leidingen en/of kabels voorzien. In lengte vormt deze oostelijke route wel de kortste (totale lengte = 35,7 km)

Bij het initieel ingetekende kabeltracé in deze oost-optie (domeinconcessie-aanvraag Rentel, 20/05/2008) doorkruist de offshore exportkabel de concessiezone van Norther. Het ingetekende tracé van de exportkabel voor Rentel volgt hierbij de tracés van de reeds vergunde en gedeeltelijk aangelegde exportkabels voor Belwind en Northwind (Eldepasco). De doorkruising van het Norther-concessiegebied voorziet in de MER-studie hiertoe een ruime veiligheidszone rond deze elektrische exportkabels, in combinatie met de aardgasleiding Zee-pipe. Precies in deze bufferzone kan de passage van de offshore exportkabel voor Rentel ingetekend worden (mits inachtneming van de onderlinge veiligheidsafstanden).

Vanuit operationeel en praktisch standpunt lijkt het wel logischer dit kabeltracé dusdanig aan te passen dat het kabeltracé volledig **buiten de Norther-concessie** valt en niet door de aangeduide buffer-corridor loopt. Temeer daar bovenstaande tracé ook kritisch werd naar veiligheidsafstanden bij de passage van de vaargeul "Scheur". Hiertoe werd een alternatieve "oost"-route voorgesteld (zwart tracé in Figuur 4-1). In dit alternatief "oost"-tracé worden onmiddellijk buiten de Rentel-concessiezone de aanwezige elektrische transportkabels en de aardgasleiding Zeepipe gekruist zodat de Rentel-exportkabel ten oosten van en buiten de respectievelijke concessiezones van C-Power en Norther loopt. In de corridor tussen deze concessies en de Belgisch-Nederlandse grens worden zowel de Rembrandt 2 en Concerto 1E gekruist. Ten zuiden van de concessiezone loopt het traject verder westwaarts met kruising van de Zeepipe, de tussengelegen exportkabels (Belwind, Eldepasco en Norther) en de Interconnector om dan verder onshore te lopen, na kruising van Concerto 1S, langsheen het westelijke alternatief voor de Norther-exportkabel. Hierbij is er vrije ruimte voor de kruising van de vaargeul "Scheur", net als bij het hierboven reeds aangeduide west-traject (waar het ook mee samenloopt vanaf deze locatie). De totale lengte van deze exportkabel bedraagt 42,0 km.

In beide scenario's wordt een kruising van de vaargeul "Scheur" voorzien, respectievelijk ten westen en ten oosten van de aansluiting op Pas van Zand (toegang naar Zeebrugge-haven). De bekabelingsdiepte zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid

(departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven- en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties.

4.2.3 Onshore aansluiting

De onshore aansluiting is ingetekend binnen het in STEVIN–project voorziene nieuw te bouwen hoogspanningsstation in Zeebrugge (zie Bijlage D.3). Dit project maakt deel uit van de uitbouw van het ELIA-elektriciteitsnetwerk in de kustregio waarbij o.a. de nodige faciliteiten worden voorzien om de geleverde stroom van de windmolenparken op zee vlot naar de grote verbruikerscentra worden gevoerd (Vlaams Regeerakkoord, juli 2009). Met het project STEVIN voorziet Elia immers in een expliciete netversterking om aan drie behoeften te voldoen:

- Het project maakt het mogelijk om de windenergie van windmolenparken op zee aan land te brengen en verder naar het binnenland te transporteren
- Het project creëert de mogelijkheid tot een verdere interconnectie van het Belgische net met een onderzeese verbinding naar het Verenigd Koninkrijk en een verdere uitbreiding naar de Noordzee en de duurzame energiemix uit Noord-Europa
- De uitbreiding van het 380 kV-net naar de kust is strikt nodig om de zekerheid van elektriciteitsbevoorrading in de Westvlaamse regio te verbeteren (inclusief de strategisch economische ontwikkeling van de groeipool rond de haven van Zeebrugge)

Actuele planningsstudies (voorlopige vaststelling tot Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan GRUP) voorzien de inplanting van dit hoogspanningsstation STEVIN op het militair domein ten oosten of ten westen van de N31 en begrensd door de kustweg ten noorden. Vanuit dit hoogspanningsstation wordt – binnen hetzelfde STEVIN-project - dan ook de verder landinwaartse 380 kV-verbinding (ontdubbeld met een vermogen van 2 x 3000 MVA) naar Zomergem voorzien. In functie van het verloop van de vergunningsprocedures voorziet de planning in een einde van de werken tegen eind 2014.

4.3 ALTERNATIEVEN NAAR UITVOERING

4.3.1 Type windturbine

Het vermogen van de windturbine blijkt, binnen bepaalde grenzen, relatief weinig effect te hebben op de te verwachten milieueffecten daardoor zal voor BBT gekozen worden. Een belangrijke opmerking daarbij is dat het echter moet gaan om een technologie die voldoende betrouwbaar is.

Voor het Rentel project zal er voor de best beschikbare technologie ("BBT") gekozen worden. Dat betekent dat de windturbines op het ogenblik van bestelling aan volgende algemene specificaties zullen moeten voldoen:

- commercieel beschikbaar zijn voor offshore toepassingen en met een bewezen staat van dienst (geen prototypes);
- gecertificeerd zijn conform IEC 61400 voor offshore omstandigheden;

- inzake aantal en vermogen passen binnen de aangevraagde/toegekende concessie en vergunning;
- passen in het financieel plan inzake kostprijs en te verwachten energieproductie;
- passen binnen het algemeen ontwerp van fundering en elektrische infrastructuur;

In bovenstaande projectbeschrijving werd reeds een overzicht gegeven van de huidig bekende beschikbare of in ontwikkeling zijnde windturbines. Gezien de snelle evolutie van de offshore windturbines in het laatste decennium, wordt voor het Rentel project verwacht dat er op het moment van het bouwen van het windmolenpark (2014-2015) voldoende geschikte windturbines in het vermogenbereik van 4 tot 10 MW beschikbaar zullen zijn.

De typevoorbeelden windturbines die uitgewerkt zullen worden in het MER zijn de REpower 6M (6,15 MW, 126 m RD) voor configuratie 1, de Vestas V164-7.0 MW (7 MW, 164 m RD) voor configuratie 2 en de Clipper Windpower Britannia C-150 (10 MW, 150 m RD) voor configuratie 3. Een overzicht van de belangrijkste karakteristieken gebruikt voor de beschrijving van de milieueffecten worden samengevat in Figuur 4-2.

Figuur 4-2 Alternatieven windturbines MER

Typevoorbeeld	Vermogen	Rotordiameter (m)	Naafhoogte (m) t.o.v. MSL	Hoogste rotorpunt t.o.v. MSL
REpower 6 M	6,15 MW	126	95 m	158 m
Vestas V164-7.0 MW	7 MW	164	107 m	189 m
Clipper 10 MW turbine	10 MW	150	100 m	175 m

4.3.2 Type fundering

Diverse alternatieven qua funderingstype worden overwogen. Het type fundering is afhankelijk van:

- waterdiepte;
- geotechnische eigenschappen van de bodem; de exacte dikte van de Quartaire zandlaag en de grondmechanische bodemkarakteristieken;
- windgegevens;
- golf- en stromingsgegevens;
- de karakteristieken van de gekozen windturbine (lasten, naafhoogte, rotordiameter, …) met daaruit voortvloeiende krachten uitgeoefend op de mast en de fundering van de windturbine;
- de 'Best Beschikbare Technieken' inzake funderingen voor offshore windturbines op het ogenblik van de realisatie van het windmolenpark;
- economische situatie op het ogenblik van de realisatie van het windmolenpark (bvb. staalprijs, massaproductie van GBF in Frankrijk, …)

Binnen het MER worden drie alternatieve funderingen geëvalueerd:

- Monopile fundering
- Jacket fundering
- Gravitaire fundering

Daarnaast wordt ook het 'suction bucket' principe in acht genomen dat als alternatief wordt voorgesteld voor het heien bij monopile en jacket funderingen (Tabel 4-1).

In § 2.7.2 worden illustraties getoond van de verschillende types funderingen. In § 2.6.3.2 wordt de installatie uitvoering besproken.

4.3.2.1 Monopile fundering

Bij een monopile fundering wordt elke windturbine op één stalen buis gezet die voorafgaandelijk in de zeebodem is geheid. Monopiles hebben de volgende voordelen ten opzichte van de alternatieven:

- Eenvoudige constructie;
- Geen effening van de zeebodem vereist indien gewerkt wordt met een dynamische erosiebescherming;
- Geschikt voor een niet-horizontaal bodemverloop.

Mogelijke nadelen van een monopile zijn:

- het bodemprofiel moet heien over een voldoende diepte toelaten;
- Heiwerkzaamheden op zee zijn tijdrovend; de duur van de heiwerkzaamheden is bepalend voor de bouwplanning;
- Gevoelig voor metaalvermoeidheid ten gevolge van hydrodynamische belasting.

Bij het monopile funderingstype zijn twee type erosiebescherming mogelijk: statische of dynamische erosiebescherming. Deze beide types worden besproken in onderstaande paragrafen.

4.3.2.1.1 Statische erosiebescherming

- Bij statische erosiebescherming dient de windturbinelocatie vóór plaatsing van de fundering vlak gebaggerd te worden: een bodemvlak van 30 m x 60 m met hellingen van 1/5 en 1/8).
- Het 'reference seabed level' wordt ingeschat op 2-4 m onder het actuele zeebodemniveau. Aan de hand van bathymetrische en seismische gegevens kon ingeschat worden dat deze mobiele laag volledig zal weggebaggerd worden op ca. 50% van de locaties. Het worst-case scenario van 4 m zal geëvalueerd worden in het MER.
- Daarna wordt een eerste bescherming aangelegd: de filter layer is een onderlaag van kleinere stenen (grind met kaliber van 4 tot 32 kg; Dn50 = 50 mm) met een dikte van ca. 100 cm. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de paal diameter.
- Na aanleg van de filter layer kan de monopile fundering geplaatst worden.
- Kort nadien volgt de afwerking van de erosiebescherming, namelijk door aanleg van de amour layer, i.e. een toplaag van breukstenen (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm).

De amour layer heeft een dikte van ca. 100 cm. De grootste stenen worden voorzien voor de ondiepste locaties (waar de impact van golfslag het grootst verwacht wordt).

4.3.2.1.2 dynamische erosiebescherming

- Bij de dynamische erosiebescherming wordt de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd.
- De monopile fundering wordt zonder voorbereiding van de zeebodem geplaatst en na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieput rondom de paal toegestaan.
- Deze put wordt vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag.

4.3.2.2 Jacket fundering

Een alternatief voor de monopile fundering is de jacket fundering (een type multipode fundering met 4 poten). Deze kan toegepast worden indien één monopile niet volstaat om de krachten uitgeoefend op de fundering op te vangen (bij zware turbines) en in grotere waterdieptes. Bij een jacket fundering voor een windturbine worden meerdere (kleinere) stalen buizen voorafgaandelijk in de zeebodem geheid of getrild waarop dan een aangepaste vakwerkstructuur en de windturbine geplaatst worden (i.e. pre-piling: sneller en efficiënter dan post-piling). In ongeveer 50% van de locaties zal de bodem op voorhand genivelleerd dienen te worden (bouwput met grondvlak 50 x 80 m, 0,5-2,5 m diep, worst case van 2,5 m zal geëvalueerd worden in het MER. Voordelen van dit type fundering zijn:

- Door de kleinere diameter zijn de palen van een jacket fundering makkelijker/sneller te heien.
- Minder gevoelig voor erosie rondom de palen.

Nadelen zijn:

- De moeilijke bereikbaarheid van de windturbines in ondiepe wateren; het vakwerk van een jacket, boven de zeebodem, beperkt de diepgang rond de turbine, die bij ondiepe wateren problematisch kan zijn voor de toegang tot de turbine;
- Heiwerkzaamheden op zee zijn tijdrovend; de duur van de heiwerkzaamheden is bepalend voor de bouwplanning.

4.3.2.3 Gravitaire fundering

Bij deze type fundering wordt een zware betonnen ballastvoet gebouwd waarop de volledige structuur verder aangebouwd wordt. Hierbij wordt de windturbine niet in het sediment geheid, maar staat op de geëgaliseerde bodem en ingeklemd door 'backfill' materiaal. In plaats van de toplaag te verwijderen kan ook de grond verbeterd worden door compacteren en/of gebruik van injecties. Enkel de eerste optie zal besproken worden in het MER wegens de zwaardere milieu-impact. Voordelen van dit type fundering zijn:

- Beperkte installatiewerkzaamheden op zee; gravitaire funderingen worden aan land gebouwd. Na voorbereiding van de ondergrond, brengt men de gravitaire funderingen ter plaatse (kan drijvend gebeuren) en laat deze op een eenvoudige manier op de bodem zakken, heien is niet noodzakelijk. Bij buitendienststelling kunnen ze gemakkelijk worden opgelicht;

- Grote stijfheid; een gravitaire fundering biedt een grotere stijfheid dan een monopile. Hierdoor zijn trillingen van de structuur, fundering t.o.v. windturbine kleiner. Dit komt de levensduur van de windturbines ten goede.

Nadelen van een gravitaire fundering zijn:

- Scheefstand van de fundering is slechts beperkt corrigeerbaar tijdens de installatie; de goede effening van de zeebodem is kritisch voor de verticaliteit van de fundering;
- Omvangrijke bouwfaciliteiten aan land zijn vereist; een uitgestrekt bouwterrein (met hoge draagkracht) en een loskade met voldoende diepgang moeten over de hele duur van het project beschikbaar zijn. De afmetingen van het droogdok zijn bepalend voor de bouwplanning.

4.3.2.4 Suction bucket techniek

De suction bucket fundering kan gezien worden als een alternatieve uitvoeringswijze bij monopile of jacket structuren . Het principe vormt een alternatief voor het inheien of intrillen van de stalen buispalen. Als dusdanig vormt een suction bucket - eens de bucket geplaatst in de bodem - een zelfde type fundering en blijven dus alle andere uitvoeringsactiviteiten zoals het nivelleren of het al dan niet aanbrengen van erosiebescherming bij monopile en jacket nagenoeg hetzelfde.

De structuur bestaat uit een brede cilinder met een gesloten top en geen bodem. De wand van de cilinder heet de 'rok' ('skirt'), grote steunen ('bracings') verbinden de top van de cilinder ('lid') met de schacht ('shaft'). De toren is een conische buis die boven het wateroppervlak eindigt in een flens (opstaande rand). De installatie van dit type fundering is gebaseerd op 'zuiging'. De draagstructuur wordt in de bodem geplant door middel van een vacuüm.

Het 'suction bucket' principe is een nieuw funderingsconcept. Momenteel is het als prototype geïnstalleerd in Frederikshavn in Denemarken en in het Horns Rev 2 Offshore wind park in de Noordzee (Le Blanc Bakmar, 2009). Voordelen zijn:

- De installatietijd wordt sterk verkort in vergelijking met monopile;
- Nagenoeg elk schip het zuigproces uitvoeren;
- De draagstructuur wordt niet geschonden door te hameren zoals bij de standaard monopile en jacket funderingen wel het geval is;
- De lichte constructie en betaalbare prijs in verhouding tot de relatief grote diepte waarop het gebruikt kan worden;
- Het concept is milieuvriendelijk wegens zijn stille plaatsing (er is geen hamer nodig);
- De installatie is omkeerbaar;
- De structuur is stijver dan een monopile wat belangrijk is op grotere waterdieptes.

Mogelijke nadelen zijn:

- De fabricage van de structuur is complexer;
- De fundering kan enkel gebruikt worden in bepaalde bodemtypes (losse sedimenten);

- Om de bucket drijvend naar site te transporteren is een voldoende diepe haven nodig;
- En de installatie zelf is meer 'high-tech' dan bij een monopile, waardoor er makkelijker iets fout kan gaan.

4.3.2.5 Erosiebescherming

Bij monopile en gravitaire fundering wordt per windturbine een erosiebescherming voorzien.. Bij een jacket fundering is het mogelijk om zonder erosiebescherming te werken en een erosiekuil te laten ontstaan. De dimensies van de erosiebescherming verschillen per type fundering. In het geval van een gravitaire fundering wordt het aangebrachte volume erosiebescherming aanzienlijk hoger geschat.

Tabel 4-2 Diameter benodigde erosiebescherming

Configuratie	Aantal turbines	Individueel vermogen	Funderingstype	Erosiebescherming Diameter (m)
Basisconfiguratie	47	6,15 MW	Monopile	36
			Jacket	n.v.t.
			GBF	60
			Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 1	78	6 MW	Monopile	36
			Jacket	n.v.t.
			GBF	60
			Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 2	60	7 MW	Monopile	37,5
			Jacket	n.v.t.
			GBF	60
			Suction bucket	Idem MP en JF
Configuratie 3	55	10 MW	Jacket	n.v.t.
			GBF	60
			Suction bucket	Idem MP en JF

4.3.3 Kruising van exportkabel met pijpleidingen en kabels

Het principe van de kruising van de exportkabel met aanwezige kabels en pijpleidingen zal afhankelijk van de locale condities uitgevoerd worden met matten en/of bestorting.

Afhankelijk van de werkelijke diepte van de kabels en/of gasleiding zou het nodig kunnen blijken om een metalen ondersteuningsstructuur te installeren om een voldoende afstand tussen de elektriciteitskabel en de kabels of pijpleiding te garanderen. Dit is echter een beperkt lokale structuur met enkel een ondersteuningsfunctie. Deze zal enkel aangebracht worden indien detailonderzoek de noodzaak hiervan aantoont.

Een ecologische beter alternatief voor het gebruik van breuksteen en beschermingsmatten bij het kruisen van andere kabels en pijpleidingen is dat ondergraven wordt in plaats van te overkruisen. Dit is echter vanuit technisch en economisch oogpunt hoogstwaarschijnlijk onhaalbaar.

4.3.4 Het ingezette materieel

Hierbij gaat het in principe om het gebruik van schepen en pontons. Bij het gebruik van de schepen kan er op gelet worden dat gebruik gemaakt wordt van lage emissie brandstoffen.

Monopile funderingen kunnen aangevoerd worden op een barge of jack-up of al drijvend. De nieuwste generatie jack-ups (bvb. Neptune of Innovation van DEME) kunnen 4-6 monopiles vervoeren. We gaan uit van de worst-case situatie, nl. 4 jackets of monopile funderingen per transport. Ook GBF kunnen drijvend (per stuk) aangevoerd worden of via een installatieschip of transportponton.

De aanvoer van transitiestukken kan net zoals voor de aanvoer van de funderingen plaatsvinden met een barge of jack-up, waarbij 4 transitiestukken per transport aangeleverd worden, of met een groot installatieschip, waarbij 10 transitiestukken per keer aangevoerd worden.

De windturbines kunnen in onderdelen vervoerd worden met een jack-up en ter plaatse geassembleerd en geïnstalleerd worden met behulp van een tweede jack-up dat ter plaatse blijft. Of de winturbines kunnen op land samengebouwd worden en daarna op een gesleept jack-up ponton of installatieschip vervoerd worden. In het geval van een jack-up ponton is ook hier een tweede ponton nodig voor de installatie van de turbines. In het geval van een installatieschip gebeurt de installatie van op het schip zelf.

De nieuwste generatie jack-up pontons kan gemiddeld drie complete turbines per keer verschepen. Een groot installatieschip kan tot tien geassembleerde turbines tegelijk vervoeren. Hierbij bestaat de optie om de locatie van de haven waar de turbines ingescheept worden verder weg van de Belgische kust te kiezen.

Voor het onderhoud van het windmolenpark kan gekozen worden voor een dagelijkse transit naar de haven (tijdens de periode van onderhoud) of het gebruik van een moederschip met kleinere onderhoudsschepen dat maar om de twee weken naar de haven terugkeert.

5. BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE

In dit hoofdstuk worden de potentiële milieueffecten per discipline beschreven en geëvalueerd, telkens voor de constructie-, operationele en ontmantelingsfase van het project (inclusief de voorbereidende en begeleidende in situ surveys), alsook de bijhorende elektrische bekabeling. Tevens wordt aangegeven welke leemten in de kennis er nog bestaan, welke milderende maatregelen mogelijk zijn en hoe de effecten gemonitord kunnen worden.

Milderende maatregelen worden voorgesteld voor ingrepen in het projectgebied, die een blijvende negatieve impact op het milieu zullen veroorzaken. Toepassing van de milderende maatregelen zal de negatieve effecten vermijden, opheffen, verzachten of compenseren.

De geassocieerde milieueffecten werden geïdentificeerd en geëvalueerd op basis van de projectbeschrijving, de beschikbare literatuur en door overleg met de belanghebbende partijen. Om de significantie van een impact te bepalen, werd rekening gehouden met de grootorde, de omvang of reikwijdte en de duur (tijdelijk of permanent karakter). De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven (Tabel 5-1). Positieve effecten duiden op een verhoging, ondersteuning of versterking van de betrokken (natuurlijke of gewenste) eigenschap van het milieu, een negatieve beoordeling wijst op het verdwijnen, een verlaging of een aantasting van een bepaalde (natuurlijke of gewenste) eigenschap.

Tabel 5-1 Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten.

Symbool	Effect niveau	Beschrijving	Beoordeling milieu/organismen
++	Significant positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BDNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Zeer positief
+	Matig positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Positief
0/+	Gering positief	Meetbaar kleine positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Neutraal
0	Geen	Onmeetbaar effect of niet relevant.	Geen
0/-	Gering negatief	Meetbaar kleine negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief	Meetbaar negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Aanvaardbaar
--	Significant negatief	Meetbaar negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BDNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Onaanvaardbaar

5.1 BODEM EN WATER

5.1.1 Methodologie

Er wordt eerst een beschrijving van de referentiesituatie gegeven: de geologie (zowel Quartair als Tertiair, tegenwoordig Paleogeen genaamd), de morfologie, de stroming, het sedimenttransport en de granulometrie. Daarbij wordt telkens vertrokken van de wetenschappelijke literatuur voor de Noordzee aangevuld met de meest recente beschikbare literatuur en data voor het projectgebied. Voor zover beschikbaar worden de parameters kwantitatief beschreven.

Daarenboven werd een numerieke modelleerstudie uitgevoerd voor het kwantificeren van de stroming, het sedimenttransport en de morfologische evolutie in het projectgebied onder natuurlijke omstandigheden. Dit zowel voor een zomersituatie, zonder meteorlogische invloed, en in een wintersituatie, mét invloed van een storm met terugkeerperiode van 1 jaar.

De recente meetcampagnes uitgevoerd in opdracht van Rentel (G-tech, 2012)) zijn zeer interessante bronnen van informatie. Er wordt ook aandacht geschonken aan de autonome ontwikkeling van het gebied.

Bij de effectbespreking wordt uitgebreid aandacht besteed aan de veranderingen in de bodemtopografie en de bodemsamenstelling die het gevolg zal zijn van het volgen van één van funderinsalternatieven. De beschouwingen worden ondersteund door berekeningen op basis van beschikbare data. Daarnaast komen ook de potentiële effecten op de hydrodynamica, het globale sedimenttransport, de tijdelijke verhoging van turbiditeit en nefaste effecten op de waterkwaliteit in dit hoofdstuk aan bod.

De verhoging van turbiditeit ten gevolge van baggeractiveiten werd ingeschat op basis van een numerieke modelleerstudie en uitgezet ten opzichte van de natuurlijke achtergrondwaarde.

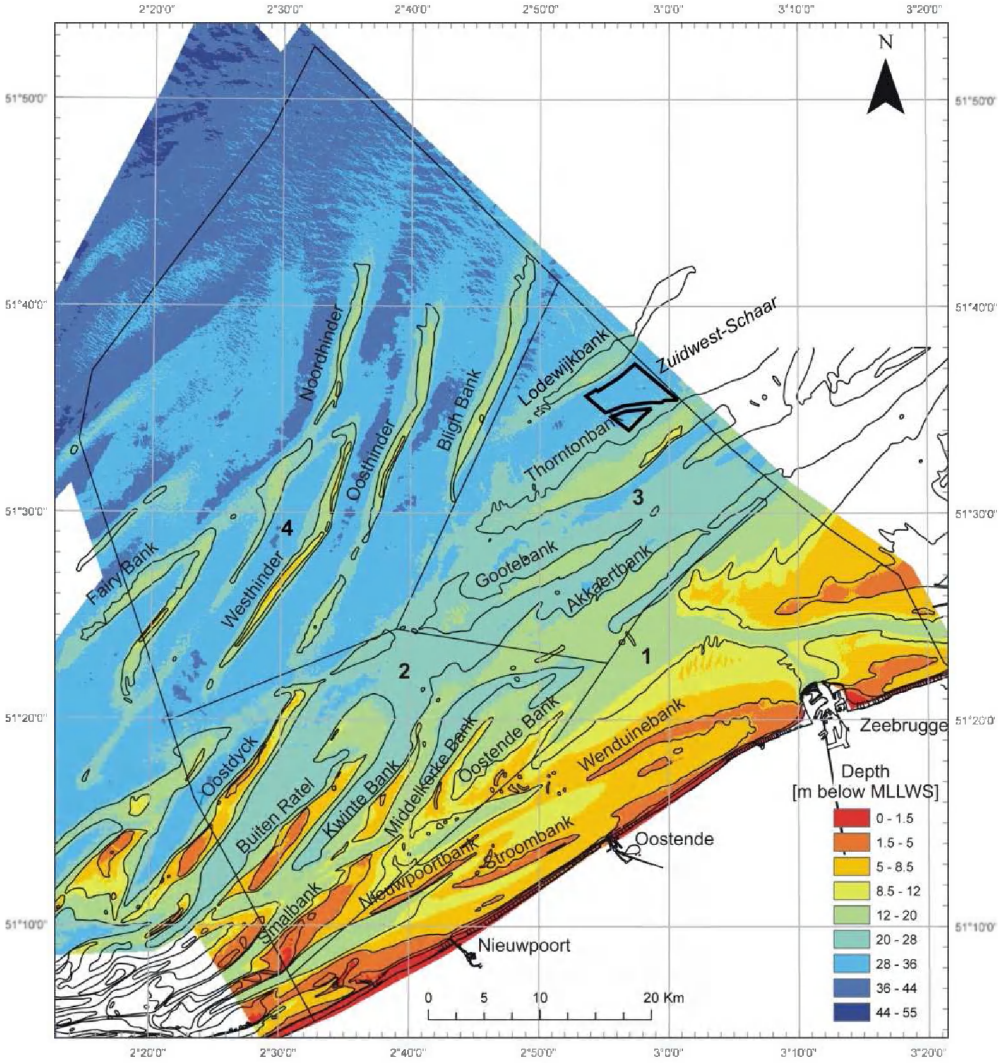
Tot slot wordt een monitoringsprogramma voorgesteld, eventuele milderende maatregelen en worden de leemten in kennis samengevat.

5.1.2 Referentiesituatie

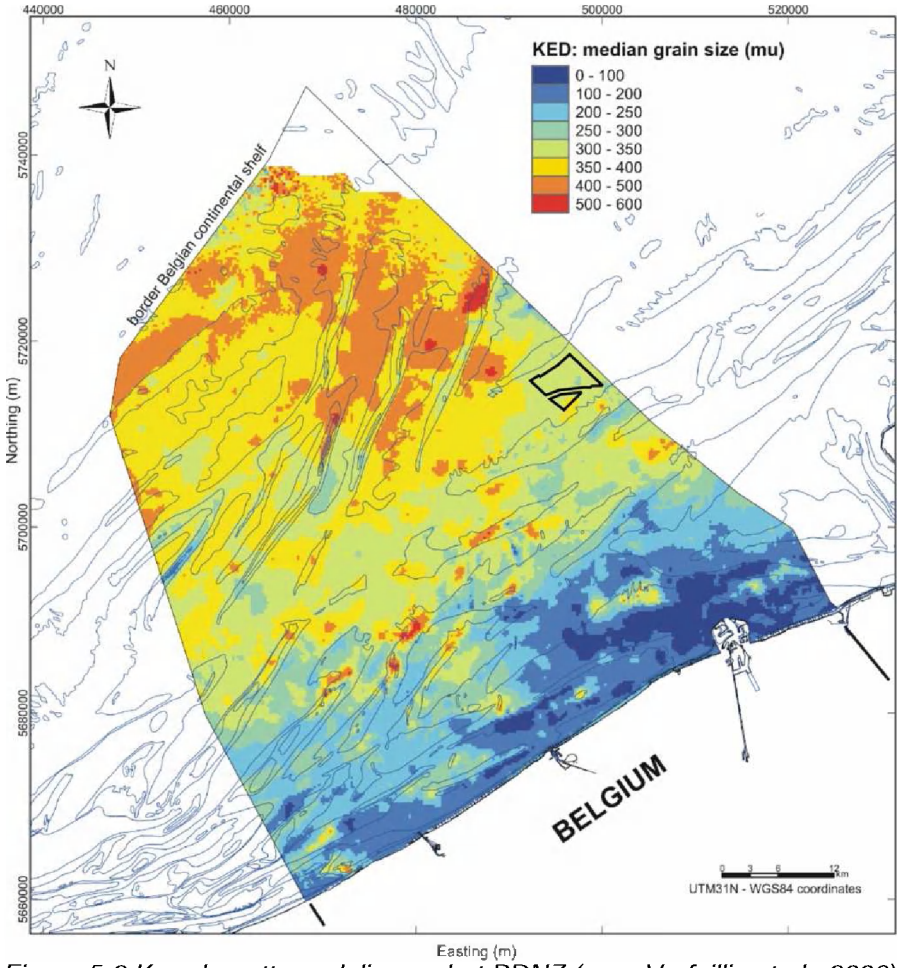
5.1.2.1 Algemene beschrijving

Het BDNZ strekt zich uit over een gebied van ongeveer 3.500 km²: in het westen zijn de Franse territoriale wateren gelegen, de Engelse wateren in het Noorden en in het Oosten de Nederlandse territoriale wateren.

De Rentel concessiezone ligt in de Zuidwest-Schaar tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank (vroeger Bank zonder Naam), die deel uitmaken van de Zeelandbanken (Figuur 5-1). Waterdiepten variëren tussen ongeveer 22 m en 38 m onder TAW. Aan de oppervlakte wordt voornamelijk zand teruggevonden, met op bepaalde locaties grind (Figuur 5-2 en Figuur 5-21).



Figuur 5-1 De bathymetrie van het BDNZ (in meter onder GLLWS) (data van AWZ-WWK Zeebrugge, aangevuld met data van de Nederlandse en Engelse Hydrografische Diensten, compilatie door Van Lancker et al., 2007). Het Belgisch deel van de Noordzee is rijk aan zandbanken. Deze worden ingedeeld in vier groepen: 1) de Kustbanken; 2) de Vlaamse Banken; 3) de Zeelandbanken; en 4) de Hinderbanken



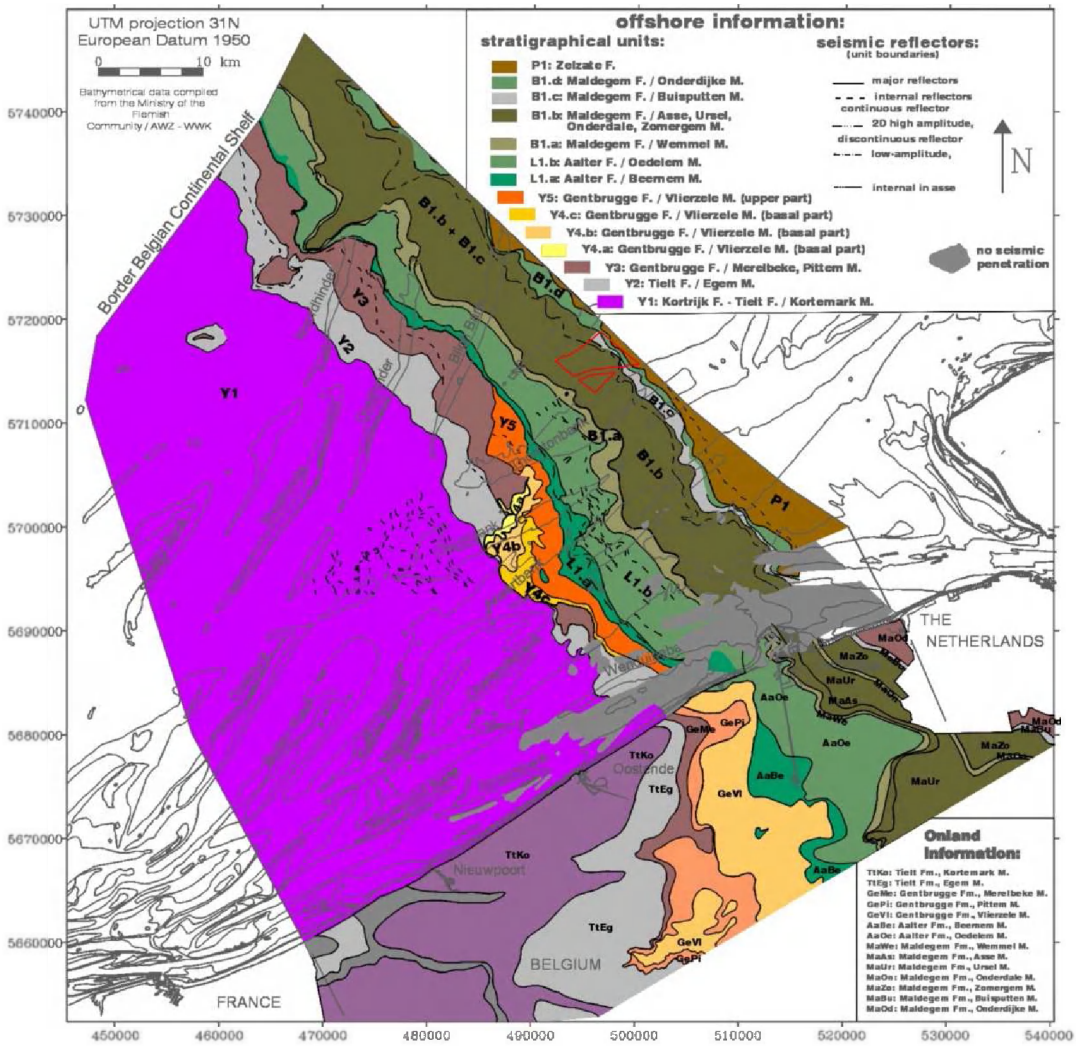
Figuur 5-2 Korrelgrootteverdeling op het BDNZ (naar Verfaillie et al., 2006)

5.1.2.2 Geologie

5.1.2.2.1 Algemeen

De Paleozoische sokkel van het BDNZ bevindt zich nabij de Franse grens op een diepte van 250 m en nabij de Nederlandse grens op een diepte van 450 m. Het is een relatief stabiel continentaal blok, het Londen-Brabant Massief genaamd. Tijdens het Laat-Krijt (waarschijnlijk Maastrichtiaan en Campaniaan) werd het Massief voor het eerst overstroomd en werd er krijt afgezet waarvan de minimale dikte 50 m is tussen Nieuwpoort en Oostende en snel toeneemt tot 220 m in het gebied ten noorden van de Rentel concessiezone. De top van het Krijt, en tevens de basis van het Tertiair, bevindt zich op een diepte van 150 tot 350 m, toenemend naar het NO (De Batist, 1989).

Bovenop de kalkafzettingen bevinden zich de Tertiaire afzettingen, die lokaal dagzomen aan de zeebodem onder een discontinu Quartair sediment dek. De Tertiaire sedimenten werden voornamelijk afgezet vanaf het Thanetiaan (ongeveer 58 Ma geleden) tot het Rupeliaan (eindigde 28 Ma geleden). De top van deze afzettingen bevindt zich op een diepte van 10 tot 60 m, toenemend in zeewaartse richting. De afzettingen hebben een dikte van 110 tot 280 m, toenemend naar het ONO (De Batist, 1989). In het grootste deel van het interessegebied bestaat de Tertiaire ondergrond uit de Formatie van Maldegem, Leden van Asse, Ursel, Onderdale en Zomergem (B1.b). In de NO rand van het concessiegebied komen Lid van Buisputten en Onderdijke (B1.c) voor, eveneens behorend tot de Formatie van Maldegem. Aan de meest NO rand van het concessiegebied komt ook nog Formatie van Zelzate (P1) voor onder de Quartaire afzettingen (Figuur 5-3).



Figuur 5-3 De Tertiaire afzettingen die voorkomen onder de niet-geconsolideerde Quartaire afzettingen (naar Le Bot et al., 2003)

De Formatie van Maldegem bestaat in de concessiezone van onder tot boven en van ZW tot NE vermoedelijk uit (Le Bot *et al.*, 2003):

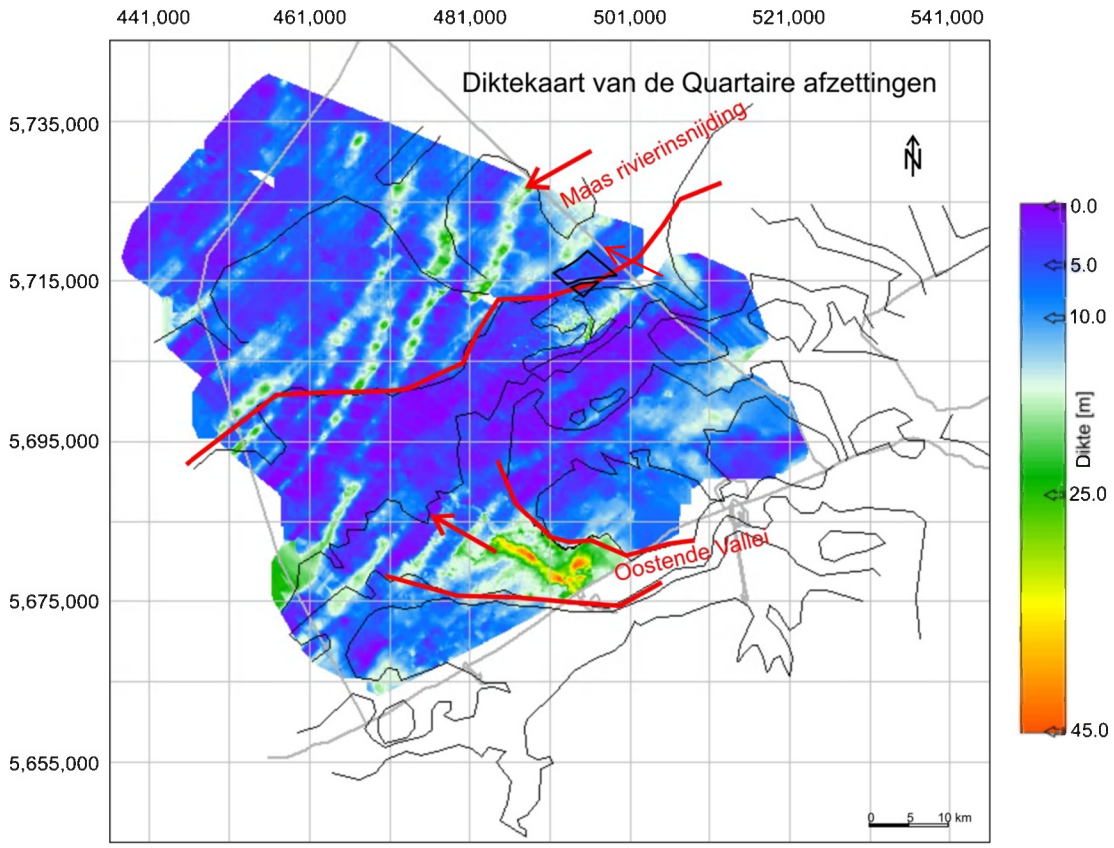
- Lid van Asse: gebioturbeerde kleiige zanden en zandige kleien
- Lid van Ursel: blauw-grijze gebioturbeerde massieve klei met pyrietconcreties
- Lid van Onderdale: kleiige zanden
- Lid van Zomergem: sterk gebioturbeerde blauw-groene klei
- Lid van Buisputten: zand
- Lid van Onderdijke: stijve tot zeer harde klei, met variërende hoeveelheden silt en zand bijmenging

De Formatie van Zelzate bestaat waarschijnlijk uit stijve, weinig zandige groen-grijze klei (Le Bot *et al.*, 2003). Geotechnische sonderingen en staalnames zullen hierover uitsluitsel moeten geven.

De top van het Tertiair is een erosief oppervlak dat een discordantie vormt tussen de oudere, onderliggende Tertiaire afzettingen en de bovenliggende Quartaire afzettingen. Dit oppervlak vormt de basis van het Quartair en wordt gekenmerkt door een grindlaag. Verder wordt dit erosieoppervlak gekenmerkt door een aantal diepe rivierinsnijdingen en afvlakkingen gemodelleerd tijdens de laatste ijstijden en tussenijstijden (i.e. tijdens het Pleistoceen). De Rentel concessiezone ligt op de rand van een Maas rivierinsnijding gevormd tijdens de voorlaatste ijstijd (Saale) (Mathys, 2009) (Figuur 5-4).

De bovenste laag van de zeebodem met daarop de zandbanken, werd afgezet tijdens het Quartair. Het Quartair is een periode die loopt van 2,6 miljoen jaar geleden en nog steeds voortduurt. De periode wordt ingedeeld in het oudere Pleistoceen en het huidige Holoceen. Het Pleistoceen kende een afwisseling van ijstijden en tussenijstijden, overeenstemmend met zeespiegeldalingen en zeespiegelstijgingen. Het huidige Holoceen startte ongeveer 10.000 jaar geleden, na de laatste ijstijd.

De Quartaire afzettingen op het BDNZ zijn zeer dun en gefragmenteerd. Bijna 40% van het oppervlak is slechts bedekt met een laag van 5 m dik. Het is een onvolledig overblijfsel van een lange periode van complexe en dynamische veranderingen in de afzettingsomstandigheden. De dikste pakketten worden aangetroffen in Pleistocene riviervalleien en onder de Holocene zandbanken.



Figuur 5-4 Diktekaart van de Quartaire afzettingen, met de aanduiding van de morfologische structuren in het Top-Tertiair (fijne zwarte lijn) (naar Mathys 2009)

De zandbanken op het BDNZ zijn gevormd tijdens verschillende geologische fasen, waardoor de samenstelling van de banken heel divers is. Het is enkel het bovenste, zandige gedeelte dat kenmerkend is voor de huidige getijdenstromingen en dat de eigenlijke getijdenbank voorstelt. De

basis van de banken bestaat uit heel ander materiaal en vertelt het verhaal van de vroegere afzettingen die niet in open zee gevormd werden (Mathys, 2009).

Daar waar de zandbanken nog een volledige opeenvolging van afzettingen toont, bestaat deze van onder naar boven uit:

(1) Pleistocene estuariene sedimenten afgezet in een vroegere riviervallei, in een milieu vergelijkbaar met de huidige Westerschelde;

(2) Holocene schorren, slikken en getijdengeulen zoals men terugvindt in de ondergrond van de huidige Kustvlakte, afgezet landwaarts van een kustbarrière;

(3) Resten van Holocene kustnabije banken, gevormd onder storminvloed;

(4) Geërodeerde en herwerkte resten van vroegere schorren en slikken, afgezet na het terugschrijden van de kustlijn en sterke erosie ter hoogte van de Westerscheldemonding. Deze afzettingen liggen mede aan de oorsprong van het fijne sediment in de kustnabije zone (Figuur 5-2);

(5) de eigenlijke getijdenbank, gevormd ongeveer 7000 jaar geleden onder een hydrodynamisch regime vergelijkbaar met het huidige.

Door de vorming van de getijdenbanken uit lokaal aanwezig materiaal zijn de Quartaire afzettingen sterk geërodeerd en gefragmenteerd. Meestal komen enkel onder de getijdenbanken oudere Quartaire afzettingen voor en is er in de geulen tussen de getijdenbanken weinig bewaard gebleven.

5.1.2.2.2 In het projectgebied

In het Rentel concessiegebied werd reeds een verkennende seismische campagne uitgevoerd door G-tec (2012). Op de seismische profielen is te zien hoe de Tertiaire lagen hellen in NE richting. De interpretatie van de Tertiaire reflectoren is als volgt (G-tec, 2012):

Onder de R7 reflector: de Formatie van Aalter. Daarboven de Formatie van Maldegem (van onder tot boven):

- Tussen R4 en R7: Lid van Asse en Lid van Ursel, moeilijk te onderscheiden
- R3-R4: Lid van Onderdale
- R2-R3: Lid van Zomergem
- R1-R2: Lid van Buisputten
- Boven R1 tot Basis Quartair: Lid van Onderdijke

De top van het Tertiair is een erosief oppervlak dat een discordantie vormt tussen de oudere, onderliggende Tertiaire afzettingen en de bovenliggende Quartaire afzettingen. De Tertiaire lagen zijn duidelijk afgesneden. Dit oppervlak vormt de basis van het Quartair (aangeduid in groen op Figuur 5-6,Figuur 5-8-Figuur 5-10).

In het W tot SW deel van het projectgebied is het Quartaire dek zeer dun, het bestaat enkel uit de dikte van de recente zandduinen (Figuur 5-6, Figuur 5-8). Ter hoogte van de duinkammen kan de dikte 8 m bereiken, in de troggen tussen de zandduinen is het Quartair dikwijls dunner dan 4 m.

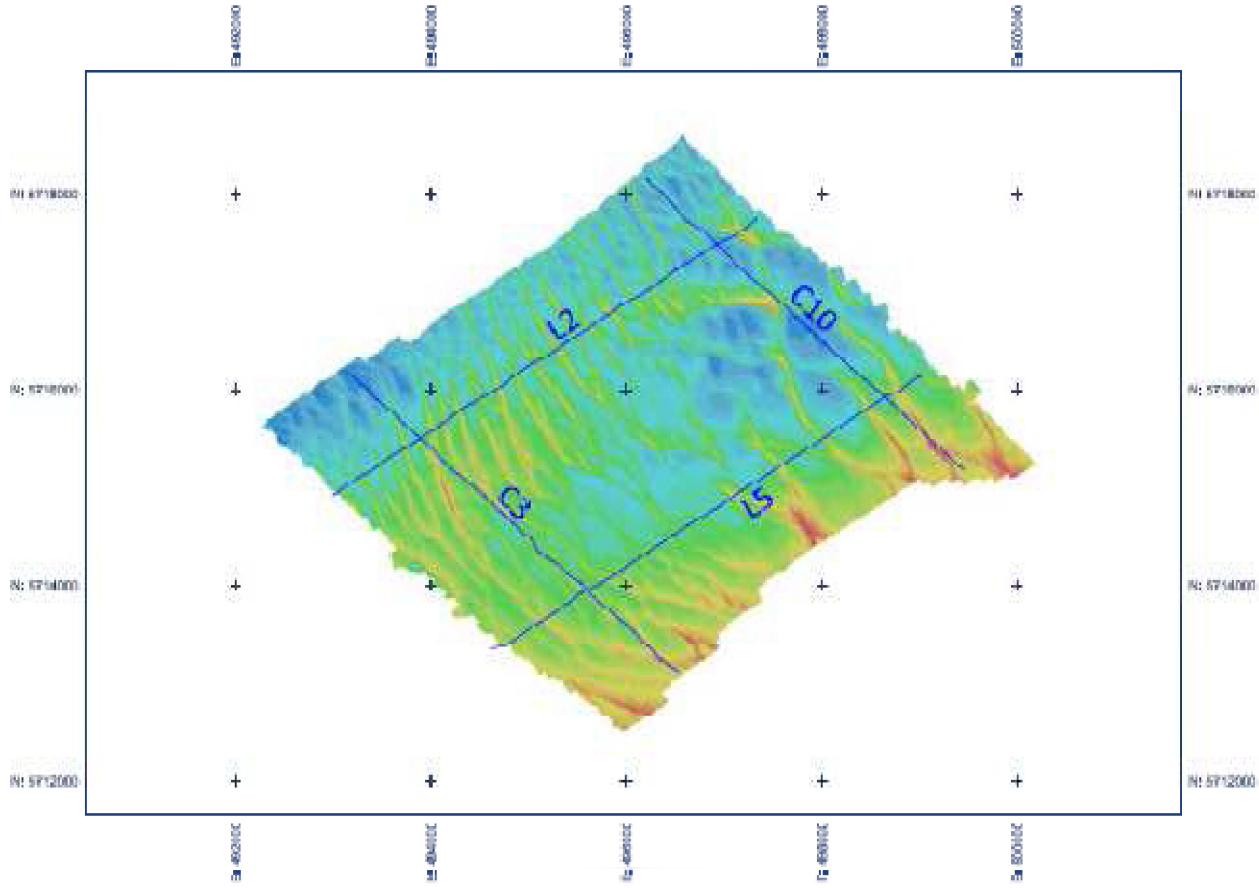
Ten westen van de Noordhinder zijn er eveneens zones waar het Tertiair bijna aan het oppervlak ligt (Fig. 2.7 in: Mathys *et al.*, 2009). Op die locaties werd een grove, grindhoudende laag aangetroffen op de zeebodem die geïnterpreteerd werd als een transgressie- of basisgrind waarvan de dikte varieert tussen 10 en 30 cm (Mathys *et al.*, 2009). Het is mogelijk dat gelijkaardige grindlagen

voorkomen in het Rentel Concessiegebied. Figuur 5-20 toont inderdaad de aanwezigheid van grind in westelijk deel van het projectgebied.

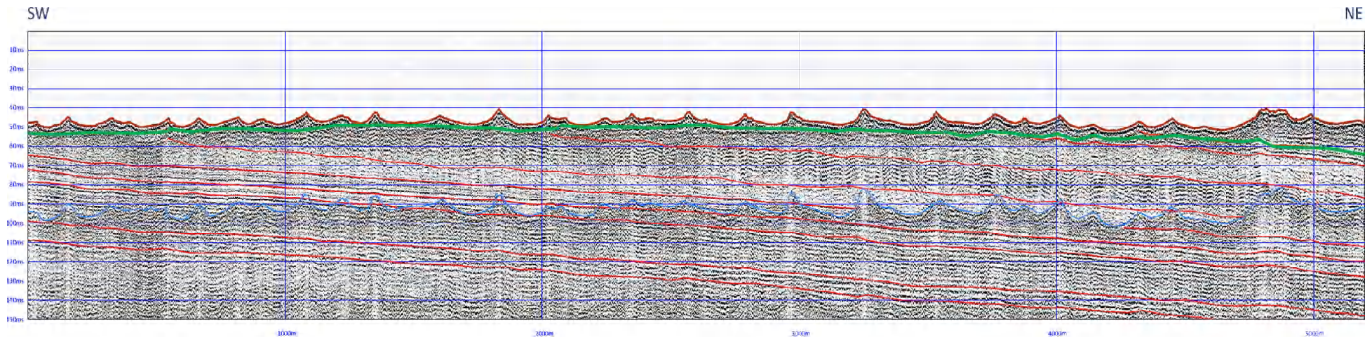
In het NE deel daarentegen, neemt de dikte van het Quartair toe, het vult depressies op, ingesneden in het Tertiair substraat (Figuur 5-8, Figuur 5-10). Vermoedelijk komen deze insnijdingen overeen met een kleinere rivierinsnijding die in de Maasvallei uitmondt (Figuur 5-4).

Bij gedetailleerd onderzoek op de Hinderbanken (Mathys *et al.*, 2009), bleek dat de Maasvallei insnijding opgevuld is met estuariene afzettingen van Eem ouderdom. Mogelijk komen ook deze voor in het Rentel gebied.

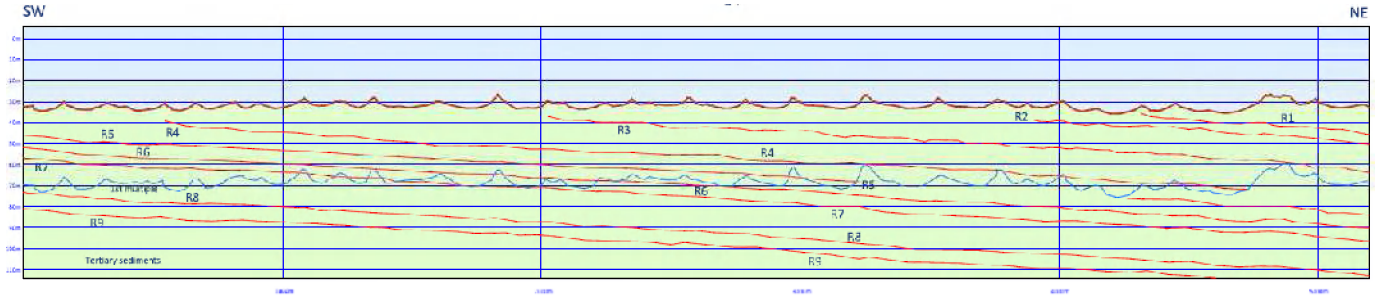
Tijdens het Holoceen, rond 7.000 jaar geleden, begon de vorming van de getijdenbanken en de tussenliggende geulen, waaronder de Lodewijkbank en de Thorntonbank met tussenliggende Zuidwest-Schaar. Het materiaal waaruit de getijdenbanken werden opgebouwd, was afkomstig van locale erosie waardoor de geulen werden gevormd. Oudere Quartaire afzettingen komen dan ook enkel voor onder de getijdenbanken waar het bleef afgeschermd of in oudere rivierinsnijdingen (Mathys *et al.*, 2009).



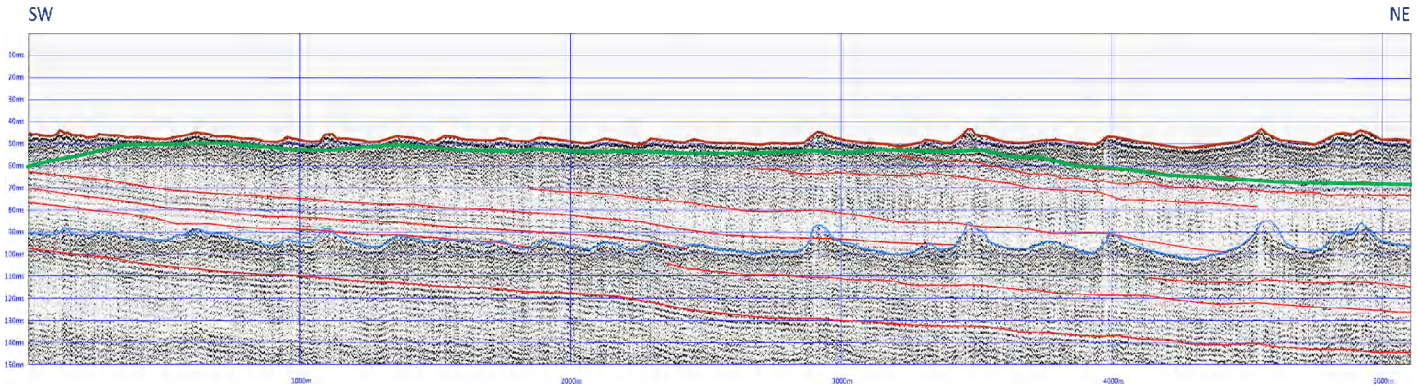
Figuur 5-5 Situering van vier seismische profielen in het Rentel projectgebied



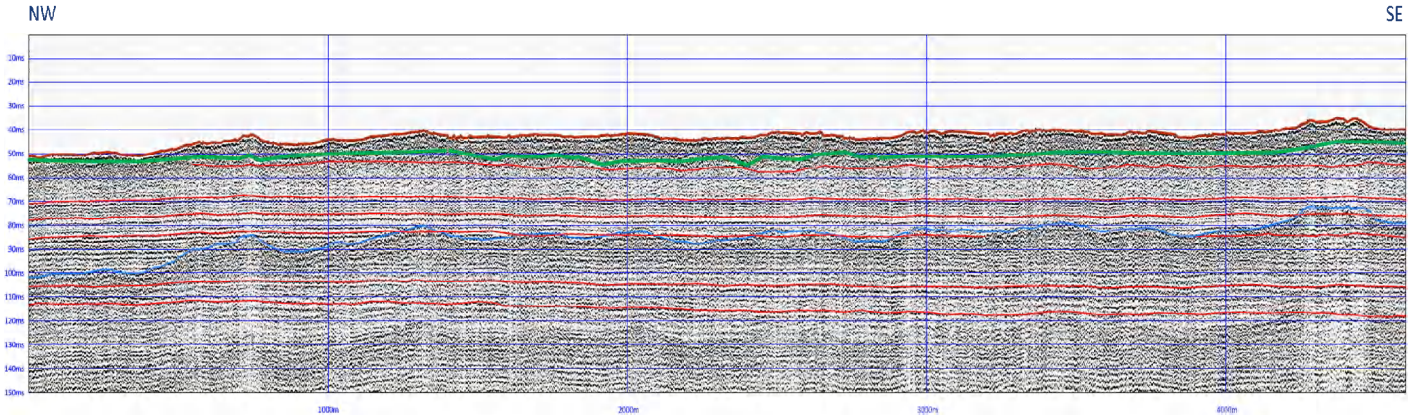
Figuur 5-6 Seismisch profiel L2, diepte in ms TWT (verticale onderverdeling 10 ms = ca. 8 m, horizontale onderverdeling 1.000 m), groene lijn = Basis Quartair



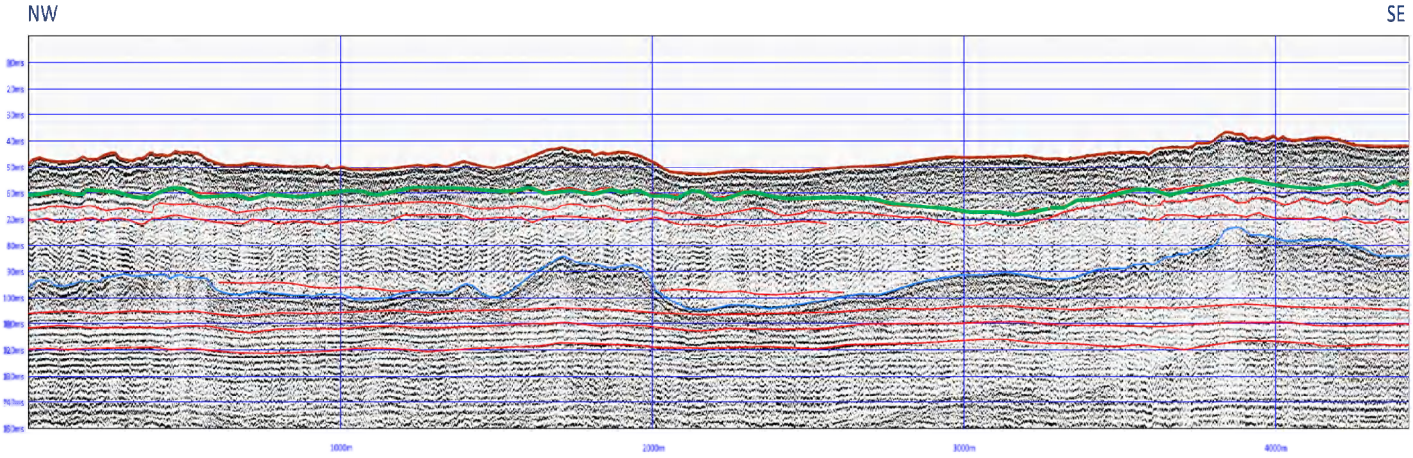
Figuur 5-7 Interpretatie van seismisch profiel L2, diepte in m TAW (verticale onderverdeling 10 m, horizontale onderverdeling 1.000 m) (G-tec, 2012)



Figuur 5-8 Seismisch profiel L5, diepte in ms TWT (verticale onderverdeling 10 ms = ca. 8 m, horizontale onderverdeling 1.000 m), groene lijn = Basis Quartair



Figuur 5-9 Seismisch profiel C3, diepte in ms TWT (verticale onderverdeling 10 ms = ca. 8 m, horizontale onderverdeling 1.000 m), groene lijn = Basis Quartair



Figuur 5-10 Seismisch profiel C10, diepte in ms TWT (verticale onderverdeling 10 ms = ca. 8 m, horizontale onderverdeling 1.000 m), groene lijn = Basis Quartair

5.1.2.3 Morfologie

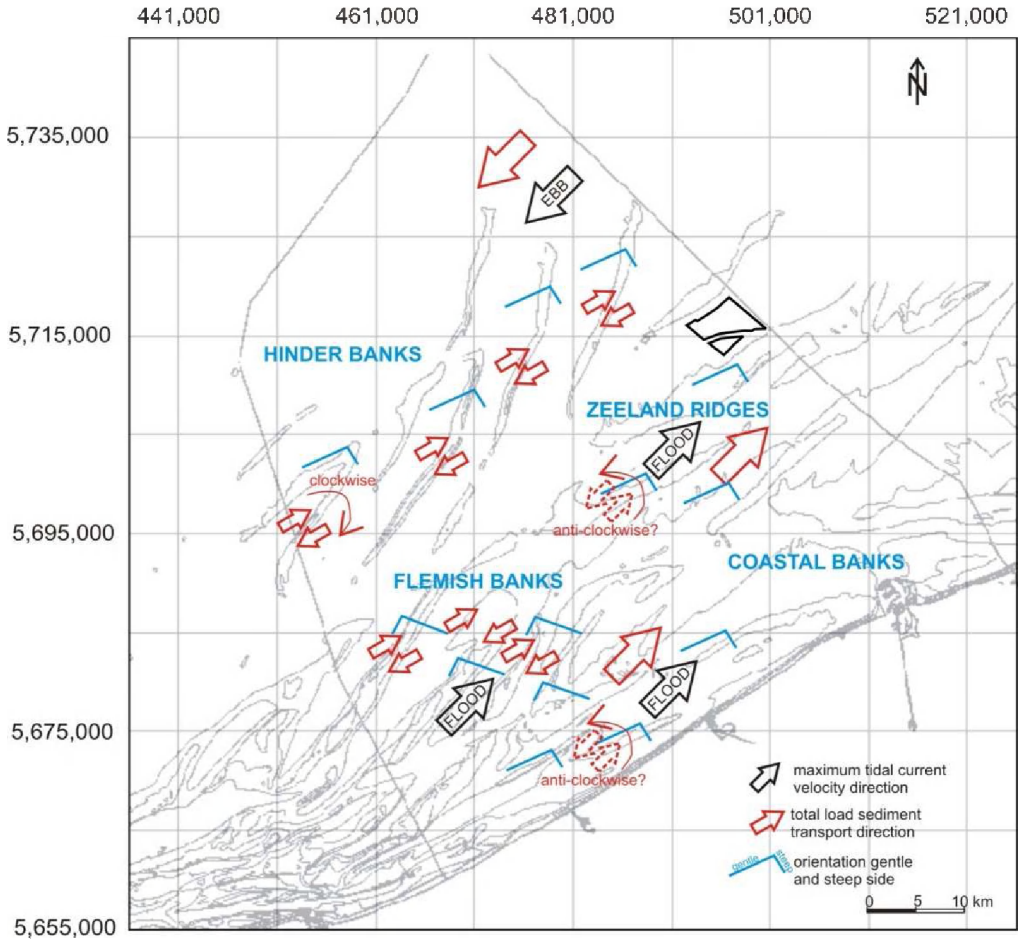
5.1.2.3.1 Algemeen

De bodemtopografie van het BDNZ bestaat uit een complex van zandbanken en geulen, waarbij de geulen een maximale diepte van 30 tot 40 m onder LAT bereiken. De zandbanken op het BDNZ worden traditioneel ingedeeld in de Hinderbanken, de Vlaamse Banken, de Kustbanken en de Zeeland banken. De Zeelandbanken zijn grofweg ZW-NO georiënteerd. Ze bestaan van noord naar zuid uit de Lodewijkbank, de Thorntonbank, de Gootebank en de Akkaertbank. Deze banken maken deel uit van een groep die zich ook op het Nederlands grondgebied bevindt. Het projectgebied ligt in de Zuidwest-Schaar, ten zuidoosten van de Lodewijkbank en gedeeltelijk op de noordoostelijke zacht hellende flank van de Thorntonbank.

De zandbanken zijn getijdenbanken die voortvloeien uit de interactie van zand en ZW-NO georiënteerde getijdenstromingen. Hun vorming vereist grote hoeveelheden zand en een gemiddelde springtij stroomsnelheid van meer dan 90 cm/s aan het wateroppervlak, of ongeveer 55 cm/s aan de

bodem in 30 m waterdiepte (Belderson, 1986). Als hieraan niet voldaan wordt worden geen getijdenbanken gevormd, en zijn de dominante bodemstructuren eerder zandduinen.

Een fundamenteel proces voor het bestaan van zandbanken is de aanwezigheid van aparte eb- en vloedgeulen aan weerzijden van de bank. Dit veroorzaakt een circulaire zandbeweging over en rond de bank die de stabiliteit van de bank in stand houdt. Normaal gezien is er een asymmetrie in de stroomsterkte aan weerszijde van de banken. Dit is doordat de zandbanken een kleine hoek maken met het getij, waardoor één zijde van de bank meer blootstaat aan de vloedstroom, terwijl de andere meer blootstaat aan de ebstroom (Dyer en Huntley, 1999). De sterkste stroming erodeert meestal één zijde van de bank en onderhoudt op die manier de steilste flank. De Zeelandbanken hebben een steile oostelijke flank en de maximale stroomsnelheid is gericht in de vloedrichting (NO) (Lanckneus *et al.*, 2001). Dit zou duiden op een circulaire zandbeweging rondom de Zeelandbanken in tegenwijzerszin, dit in tegenstelling tot de rest van het BDVN.



Figuur 5-11 Schematische visualisatie van de richtingen van de maximale getijstroomsnelheid (zwarte pijlen) en het totale sedimenttransport (rode pijlen) (uit Mathys 2009, data uit Lanckneus et al. 2001)

De Kust Banken en een deel van de Vlaamse Banken vertonen een grote globale stabiliteit over tientallen of zelfs honderden jaren, ondanks de zeer dynamische omgeving (Van Cauwenberghe 1971; Ceuleneer en Lauwaert, 1987; Van Lancker *et al.* 2009). Ook de Zeelandbanken worden als stabiel beschouwd (Houbolt, 1968). Het optreden, de onderlinge afstand en de morfologie van de

zandbanken en tussenliggende geulen als geheel zijn over het algemeen niet drastisch veranderd in de afgelopen 200 jaar.

Een belangrijk fenomeen bovenop zandbanken en in de tussenliggende geulen zijn de zandduinen. Duinen zijn aanzienlijk kleiner dan zandbanken - enkele meters hoog - maar meer dynamisch en zeer prominent aanwezig in het BDNZ. Algemeen komen de hoogste zandgolven voor op het noordelijk uiteinde van de Vlaamse Banken (tot 8 m) en in het noordelijk deel van de Hinderbanken. Velden van hoge structuren komen eveneens voor in het noordelijk deel van de Hinderbanken waar ze in grote mate in de geulen geobserveerd kunnen worden (tot 11 m, Deleu, 2001). Duinen kunnen sterk migreren (vb. tot meer dan 50 m op 1,5 jaar voor duinen op de Westhinder; Deleu *et al.*, 2004), zij het soms in een oscillerende beweging. Zandduinen zijn loodrecht gericht op de overheersende stromingsrichting, aan weerskanten van de bank zijn ze meestal naar de kam van de bank toe gericht.

De banken van de Zeelandbanken groep zijn langgerekte ruggen tussen 19 km en 34 km lang, die stijgen tot 18 m boven de omringende zeebodem. In dwarsdoorsnede zijn ze meestal asymmetrisch. Zoals gezegd is in de meeste gevallen de oostelijke helling steiler.

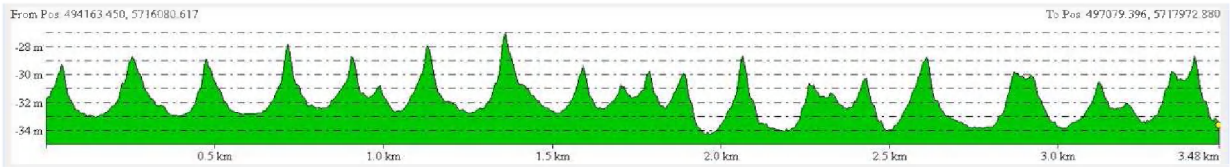
5.1.2.3.2 In het projectgebied

Figuur 5-19 toont het voorkomen van zandduinen in de regio rondom het Rentel concessiegebied (Van Lanker *et al.*, 2007). Op de Thorntonbank komen volgens de data duinen voor tussen 2 en 4 m. Van de Lodewijkbank waren toen nog geen data beschikbaar. In het Rentel gebied komen vooral duinen tussen 2 en 4 m voor, met een zone in het NO met duinen van 4-6 m en een zone langsheen de Thorntonbank met duinen van 5-6 m.

Een meer gedetailleerde bathymetrische kaart wordt getoond in Figuur 5-12. Ze is gebaseerd op een verkennende multibeam meetcampagne recent uitgevoerd in de Rentel concessiezone.

Er kunnen twee verschillende zones met zandduinen onderscheiden worden: een zone met hoge ondiepe duinen in de ZO rand van het gebied, uitlopers van de duinen op de Thorntonbank, en een geïsoleerde zone met iets lagere zandduinen in de NW helft van de concessiezone. Tussen beide gebieden komen slechts enkele individuele zandduinen voor.

De duinen in de NW helft van het concessiegebied zijn tussen 2 en 6 m hoog en hebben een spacing van ongeveer 200-300 m (



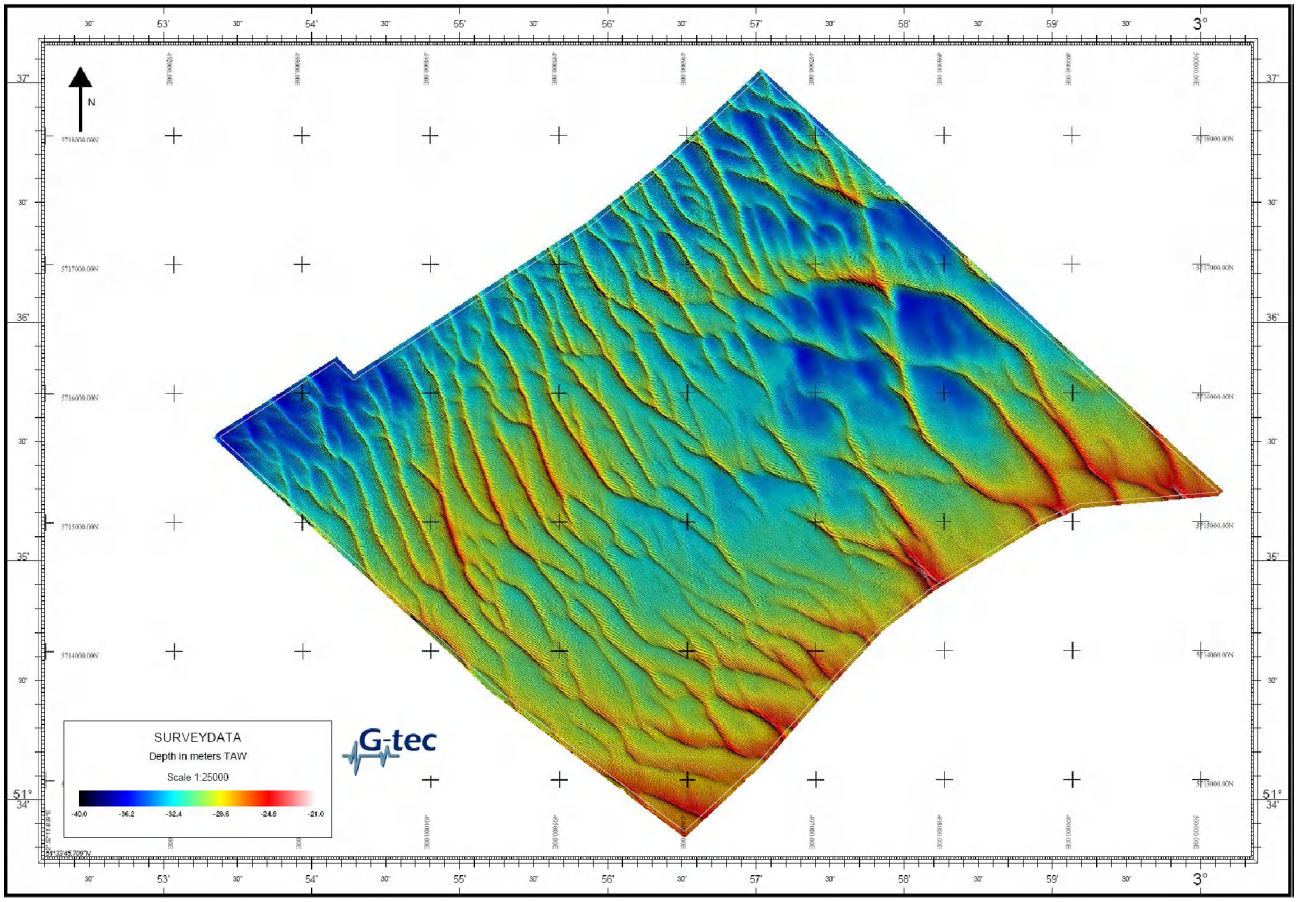
Figuur 5-15 en **Error! Reference source not found.**). Deze duinen worden gedefinieerd als heel grote duinen (Ashley, 1990). Bij de hoogste duinen langs profiel P1 is de steilste zijde naar het ZW gericht. De steilste helling langheen profiel P1 is 12°, de gemiddelde helling is 2,16°. Langs profiel P2 is een deel van de duinen symmetrisch, zijn er duinen met een steile NO flank en duinen met een steile ZW flank.

De duinen aan de rand van de Thorntonbank zijn langs profiel P5 tussen 1 en 5 m hoog (Figuur 5-17), langs profiel P6 zijn de duinen 5 tot 6 m hoog. De spacing tussen individuele duinen is veel groter (ca. 500 m) dan in het gebied in het NW. Ook deze duinen worden gedefinieerd als heel grote duinen (Ashley, 1990).

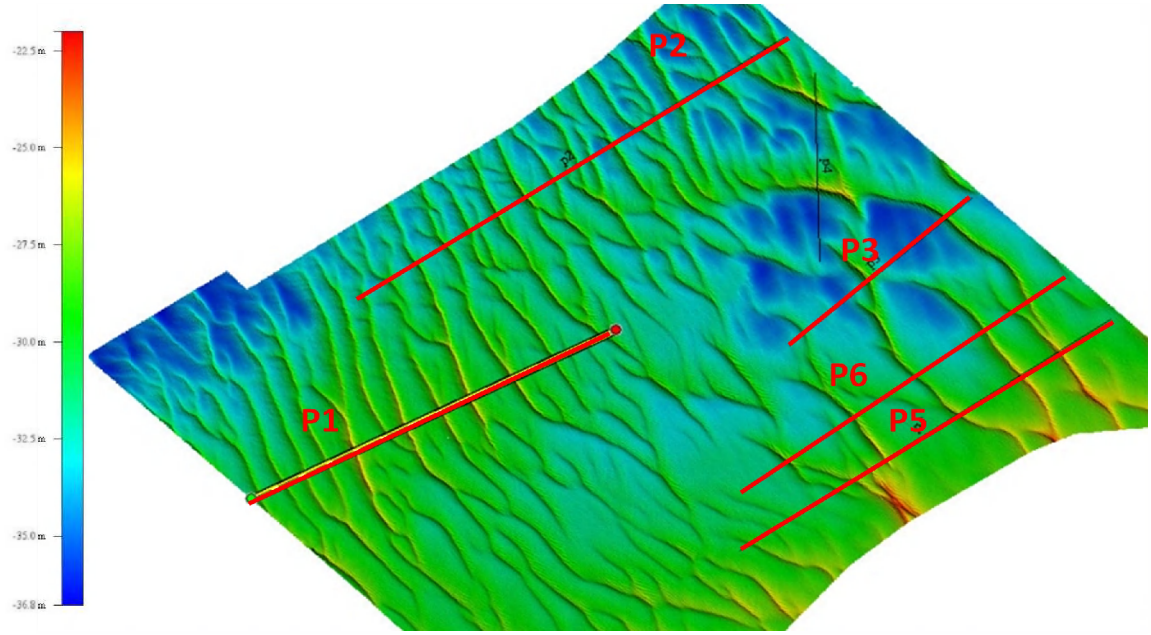
In de tussenliggende zone (Zuid-West-Schaar) met minder zandduinen is de spacing ca. 750 m en komen duinen voor tot 7 m hoog boven de omliggende bodem, de steilste zijde is ZW waarts gericht (Figuur 5-16). Ook deze duinen worden gedefinieerd als heel grote duinen (Ashley, 1990).

De ebgedomineerde (ZW gerichte steile zijde) duinen komen voornamelijk voor op de westelijke flank van de Thorntonbank (P5 en P6). In de geul tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank komen zowel ebgedomineerde, vloedgedomineerde als symmetrische duinen voor. Naar het westen toe komen meer vloedgedomineerde duinen voor.

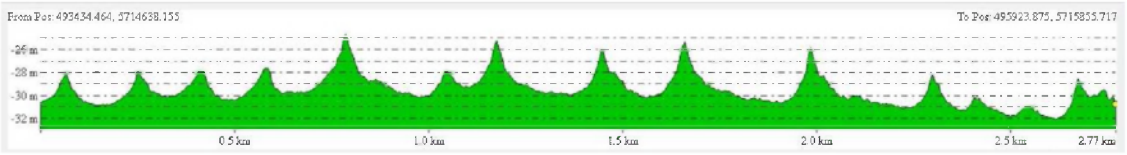
Daar grote tot heel grote duinen zich trager aanpassen aan veranderingen in stromingssterkte geven de grote duinen een goed beeld van de richting van het nettozandtransport over een langere periode (Deleu, 2001).



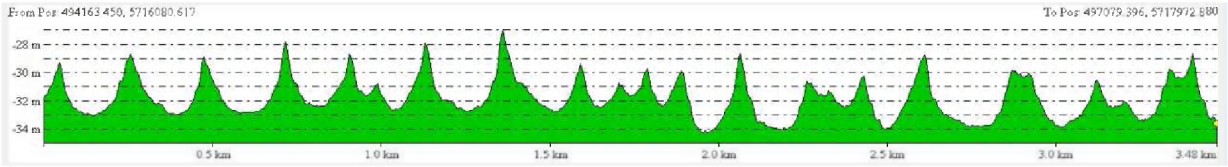
Figuur 5-12 Bathymetrische kaart van het Rentel concessiegebied op basis van multibeam data (diepte in m TAW) (G-tec, 2012)



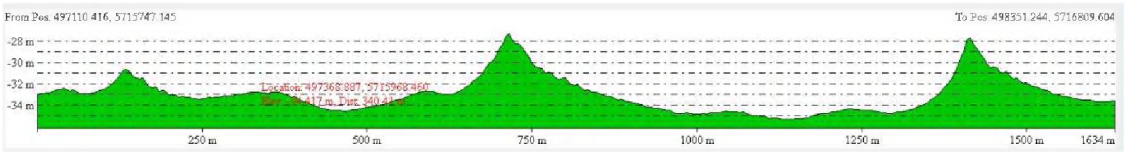
Figuur 5-13 Localisatie van een aantal verticale profielen doorheen het projectgebied Rentel.



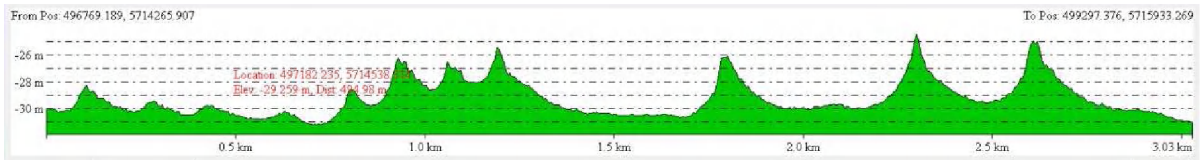
Figuur 5-14 Verticaal profiel P1: 2,772 km lang, ondieptste punt langsheen het profiel: -24,66 m TAW, diepste punt langsheen het profiel: -32,13 m TAW, steilste helling: 12°, gemiddelde helling: 2,16°



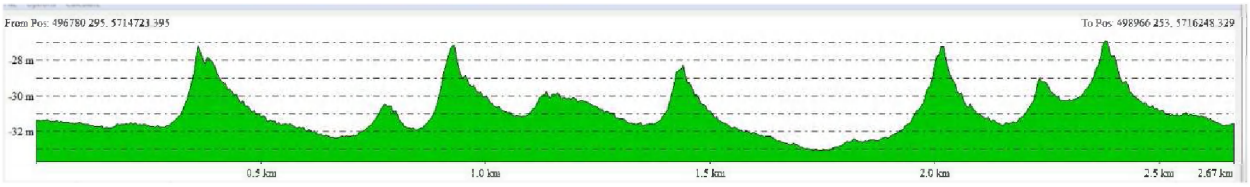
Figuur 5-15 Verticaal profiel P2: 3,478 km lang, ondieptste punt langsheen het profiel: -26,986 m TAW, diepste punt langsheen het profiel: -34,237 m TAW, steilste helling: 12°



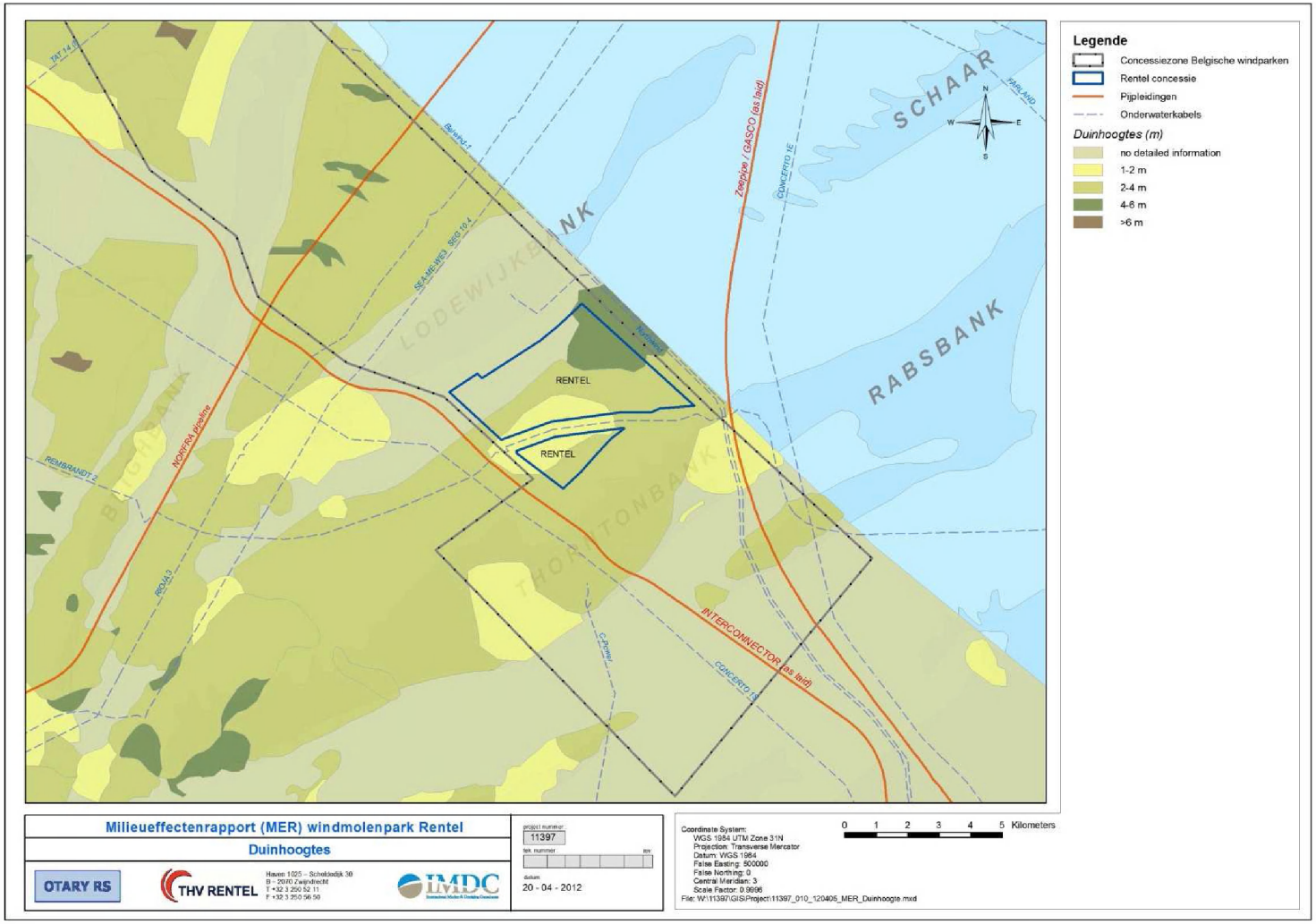
Figuur 5-16 Verticaal profiel P3: 1,634 km lang, ondieptste punt langsheen het profiel: -27,25 m TAW, diepste punt langsheen het profiel: -35,34 m TAW, steilste helling: 14°, gemiddelde helling: 1,63°



Figuur 5-17 Verticaal profiel P5



Figuur 5-18 Verticaal profiel P6: 2,666 km lang, ondieptste punt langsheen het profiel: -26,93 m TAW, diepste punt langsheen het profiel: -33,10 m TAW, steilste helling: 9,19°

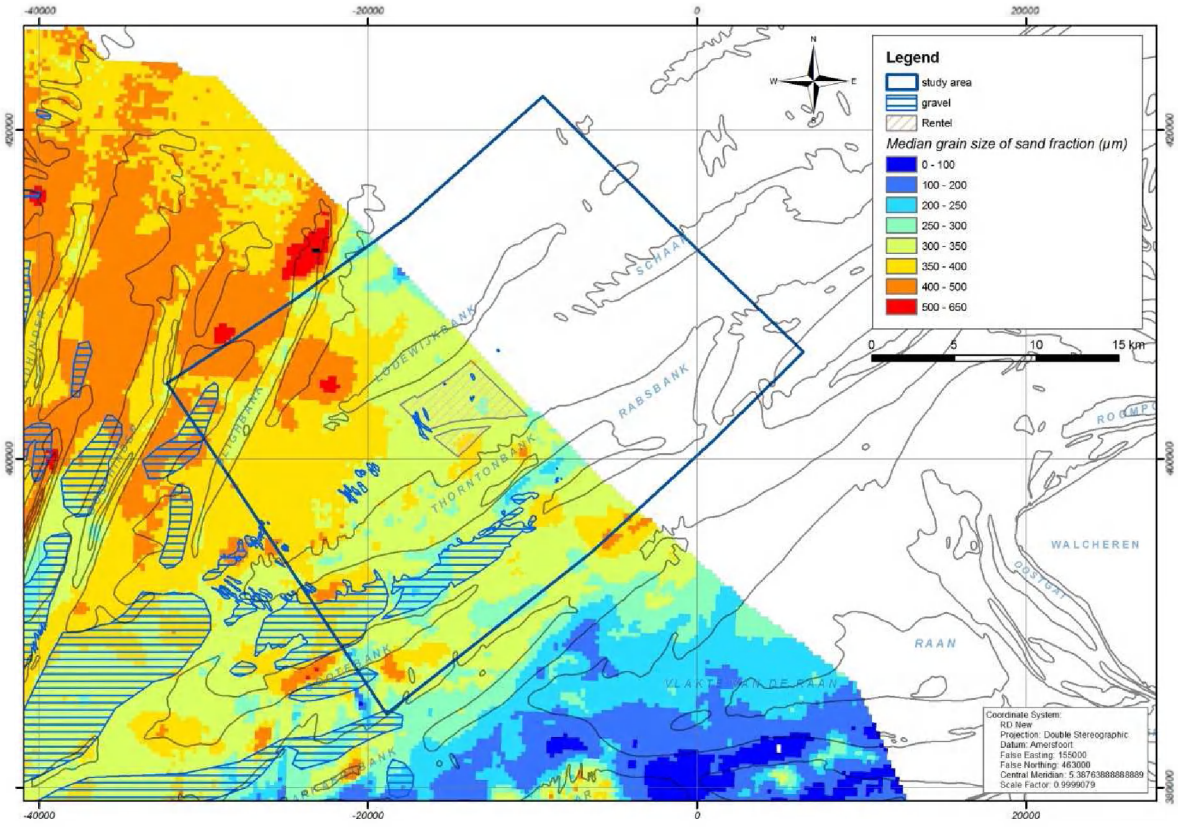


Figuur 5-19 Voorkomen van zandduinen in concessiegebied Rentel (naar Van Lancker et al, 2007)

5.1.2.4 Sedimentkarakteristieken

5.1.2.4.1 Granulometrie – korrelgrootteverdeling

Figuur 5-20 toont de korrelgrootteverdeling in het Rentel projectgebied. Aan het zeebodemoppervlak komt vooral gemiddeld zand met mediane diameter 300-350 µm voor. In een beperkt gebied komt ook wat fijner zand voor met D50 250-300 µm en wat grover zand D50 (350-400 µm). In het projectgebied werd er ook grind waargenomen (Van Lancker *et al.*, 2007).



Figuur 5-20 Korrelgrootteverdeling en voorkomen van grind op het BDNZ, ingezoomd op het gebied rond de Rentel concessiezone (blauw frame = omtrek modellergrid, IMDC 2012b als externe bijlage) (naar Verfaillie et al., 2006 en Van Lancker et al., 2007)

5.1.2.4.2 Chemische samenstelling van de bodem

Op basis van de data uit de BMDC databank als steekproef (BMM, 2012) stelt men vast dat, voor alle opgenomen waarden voor open zee op het BDNZ, voor metalen meestal maximale waarden worden vastgesteld tussen streefwaarde en grenswaarde en voor TBT maximale waarden hoger dan de grenswaarde. TBT of Tributyltin is een stof die sinds het begin van de jaren 1970 soms in verf zat die gebruikt werd om de aangroei van algen en zeepokken op de scheepsrompen tegen te gaan. Sinds 2003 is het gebruik ervan op schepen verboden.

Zowel in open zee als in de buurt van havens liggen de meeste waarden, zowel voor zware metalen als voor TBT, onder de streefwaarden. Voor meer informatie per parameter wordt verwezen naar het MER van het windmolenpark van Northwind (Ecolas, 2008).

5.1.2.5 Stromingskarakteristieken

De hydrodynamica van vele ondiepe gebieden, zoals onder andere de Zeelandbanken regio, wordt gedomineerd door getijwerking.

5.1.2.5.1 Waterdieptes

De gemiddelde waterdiepte (onder TAW) in het projectgebied is -30,5 m. De maximale waterdiepte is -36,8 m in de noordwestelijke hoek en de minimale is -22,0 m op de kam van een zandduin op de flank van de Thorntonbank.

5.1.2.5.2 Golfhoogtes

De windgolven worden beschreven in termen van karakteristieke golfhoogtes en karakteristieke golfperiodes. De hoogste golven in de Noordzee vindt men terug bij noord tot noordwestelijk wind. De golfhoogte is het verschil in hoogte tussen een golfkam en het daaropvolgende golfdal. Naast wind, wordt de golfhoogte ook bepaald door de onderliggende topografie van het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ). De golfperiode is het verschil in tijd tussen twee opeenvolgende tijdstippen waarop de gemiddelde golfhoogte wordt bereikt.

Analyse van 18 jaar metingen op de Westhinder (1990-2008), toont een ZW en WZW dominante golfrichting. Significante golfhoogtes kleiner dan 1,0 m voor meer dan 50% van de tijd en groter dan 2,0 m voor ongeveer 10% van de tijd, met een gemiddelde van ongeveer 90 cm. De piek golfperiodes liggen tussen 3 en 8 s voor 90% van de tijd, met een gemiddelde van 5,5 s. Over het algemeen liggen wind en golven in dezelfde lijn. Hetzelfde golfklimaat wordt in het Rentel projectgebied verwacht (IMDC, 2012b)

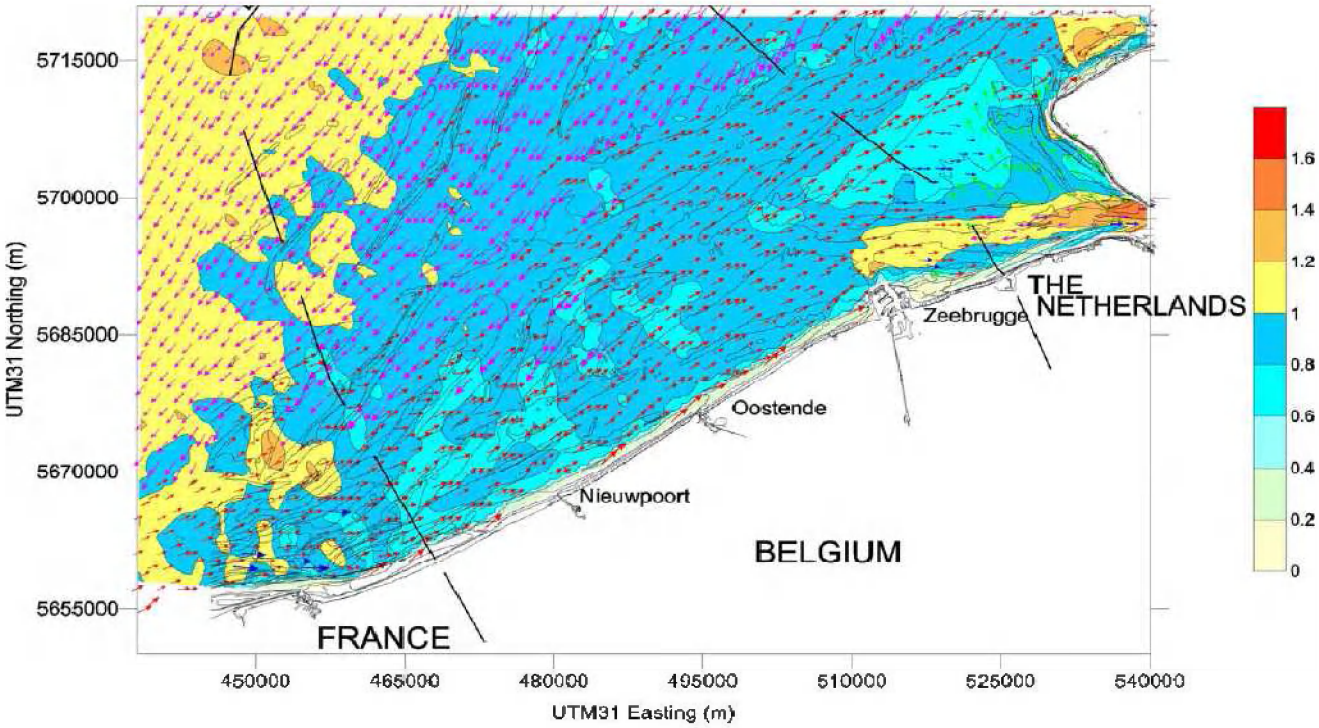
Tussen 1977 en 2002 varieerde de maximale significante golfhoogte tussen 5 en 6 m ter hoogte van het dichtst bijgelegen meetpunt op het BDNZ ('Akkaert Zuid' op de Goote Bank ten ZW van de Lodewijkbank, NB 51° 25' 59' OL 02° 48' 0 9'), wat overeenkomt met stormen met terugkeerperiode tussen 5 en 50 jaar (Meetnet Vlaamse Banken, 2012). Uit analyse van de golfdataset van de Westhinder (1990-2010) kon afgeleid worden dat een storm met retourperiode van 1 jaar een significante golfhoogte heeft van ongeveer 4,35 m (IMDC, 2012b).

5.1.2.5.3 Stroomsnelheden

Algemeen

Een eerste indicatie over stroomsnelheden kan worden gegeven op basis van de morfologische kenmerken aanwezig in de projectgebieden. Grootschalige bodemstructuren zoals aanwezig in het projectgebied, ontstaan bij typische (bodem) stroomsnelheden tussen 0,5 en 1,5 m/s (Ashley, 1990).

Figuur 5-21 toont de gemodelleerde maximale stroomsnelheden over het BDNZ. In het kustnabije gedeelte en langs de Vlaamse Banken bereiken de getijdenstroomsnelheden hun maximum tijdens vloed (naar NO), terwijl de maximale stroomsnelheden langs de Hinderbanken voornamelijk in ebrichting gericht zijn (ZW). De Zeelandbanken liggen op een overgangszone. Ter hoogte van de Akkaertbank en de Gootebank zijn de maximale stroomsnelheden vloedgericht. Op de NW flank van de Thorntonbank is de stroming ebgedomineerd, terwijl in de Zuidwest-Schaar de maximale stromingsrichting vloedgericht is. Op de Lodewijkbank is opnieuw de ebstroming dominant.



Figuur 5-21 Maximale stroomsnelheden (m/s) over het BDNZ. Gegevens uit het BMM mu-BCZ model (uit: Lanckneus et al., 2001). De gekleurde vectoren groeperen de stroomrichtingen per kwadrant.

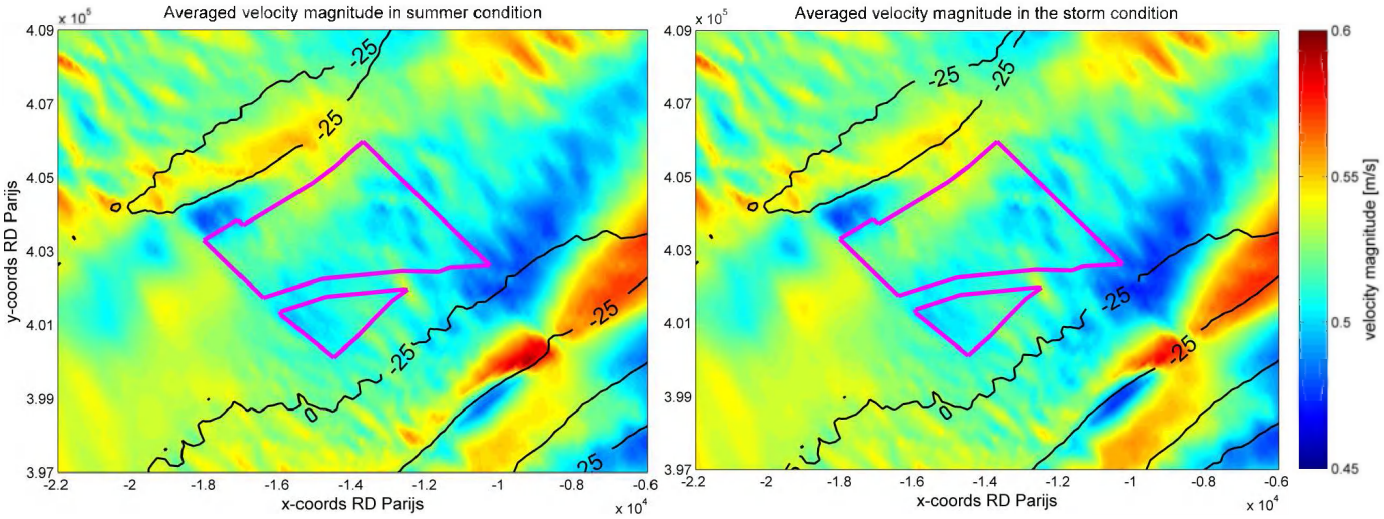
In het projectgebied

Om een idee te hebben van de natuurlijk locale stroomsnelheden en sedimenttransporten in het Rentel projectgebied werd een numerieke modellering uitgevoerd. Details over de opzet van het model worden gegeven in rapport IMDC (2012b), bijgevoegd als externe bijlage bij dit MER. De modelleerstudie had als doel de natuurlijke situatie te simuleren, dus zonder de aanwezigheid van windmolens. Het model heeft een resolutie van ongeveer 200 m dus processen op schaal van individuele zandduinen konden niet gesimuleerd worden, wel de processen die zich afspelen op het niveau van zandbank-getijdengeul. Simulaties werden uitgevoerd over een springtij-doodtij periode voor twee situaties: een zomer situatie, waar enkel getijdenstroming een rol speelt zonder meteorologische invloeden, en een winter situatie met meteorologische invloeden wanneer ook wind en golven van belang zijn. Voor de wintersituatie werd een storm met terugkeerperiode van 1 jaar gekozen.

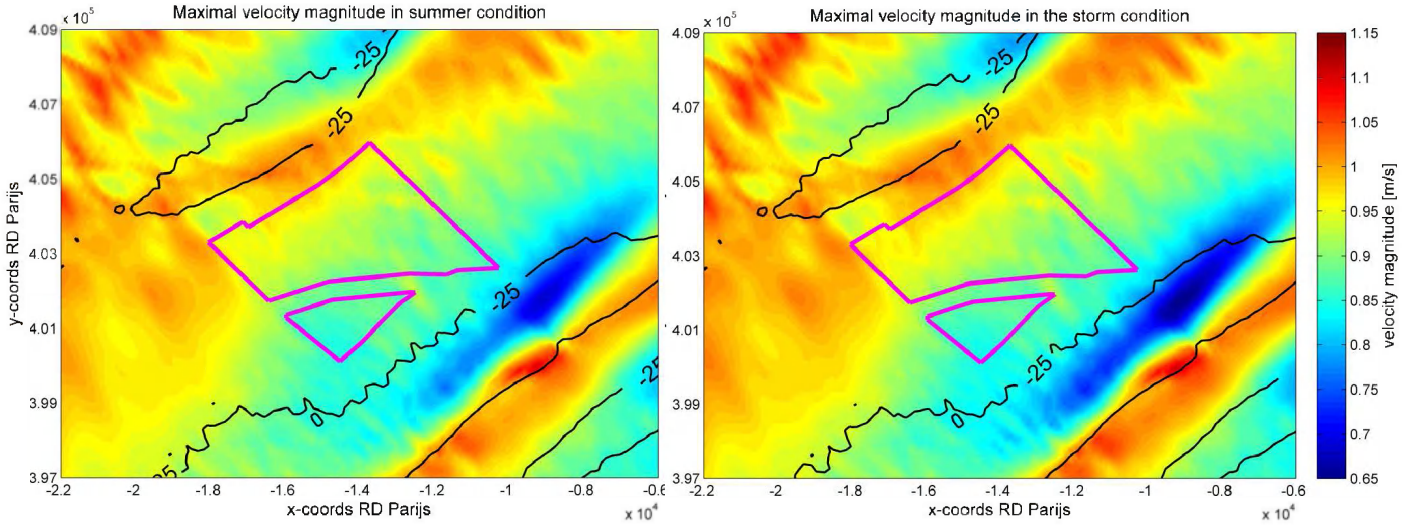
Figuur 5-22 toont de stroomsnelheden gemiddeld over de doodtij-springtij cyclus tijdens zomercondities en wintercondities binnen het projectgebied. Er zijn weinig verschillen tussen beide situaties, de waardes variëren tussen 0,47 en 0,54 m/s voor zomer en wintercondities. De grootste gemiddelde snelheden worden waargenomen op de toppen van de Lodewijkbank en de Thorntonbank. Ook ter hoogte van het zandduinenveld in de NW helft van het Rentel gebied en boven de duinuitlopers van de Thorntonbank heersen hogere stroomsnelheden.

Tijdens zowel zomer- als wintercondities worden lokaal maximale stroomsnelheden waargenomen van 0,98 m/s in de Zuidwest-Schaar binnen een doodtij-springtij cyclus. Enkel het gebied waarbinnen deze snelheden gelden is iets uitgebreider tijdens de beschouwde winterstormcondities dan tijdens de zomer (Figuur 5-23). Figuur 5-24 toont de gemiddelde

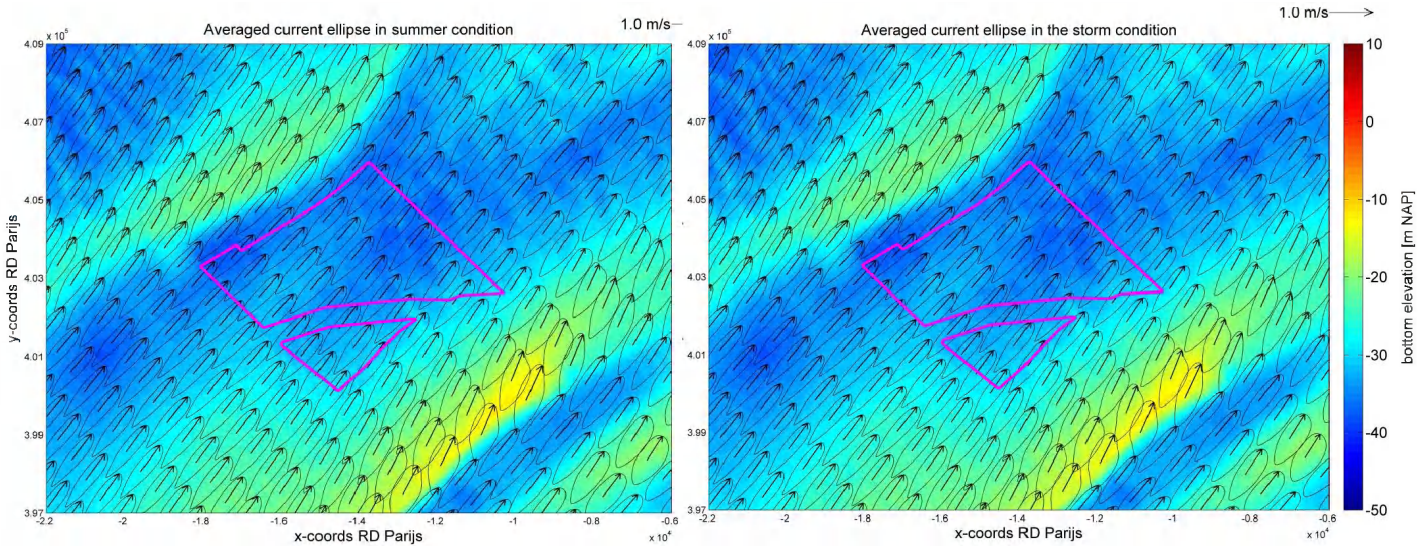
stromingrichtingsellipsen, ook voor deze parameter is er weinig verschil tussen zomer en winter. Tijdens winteromstandigheden vertonen de stromingsellipsen kleinere snelheden langs de korte as van de ellips.



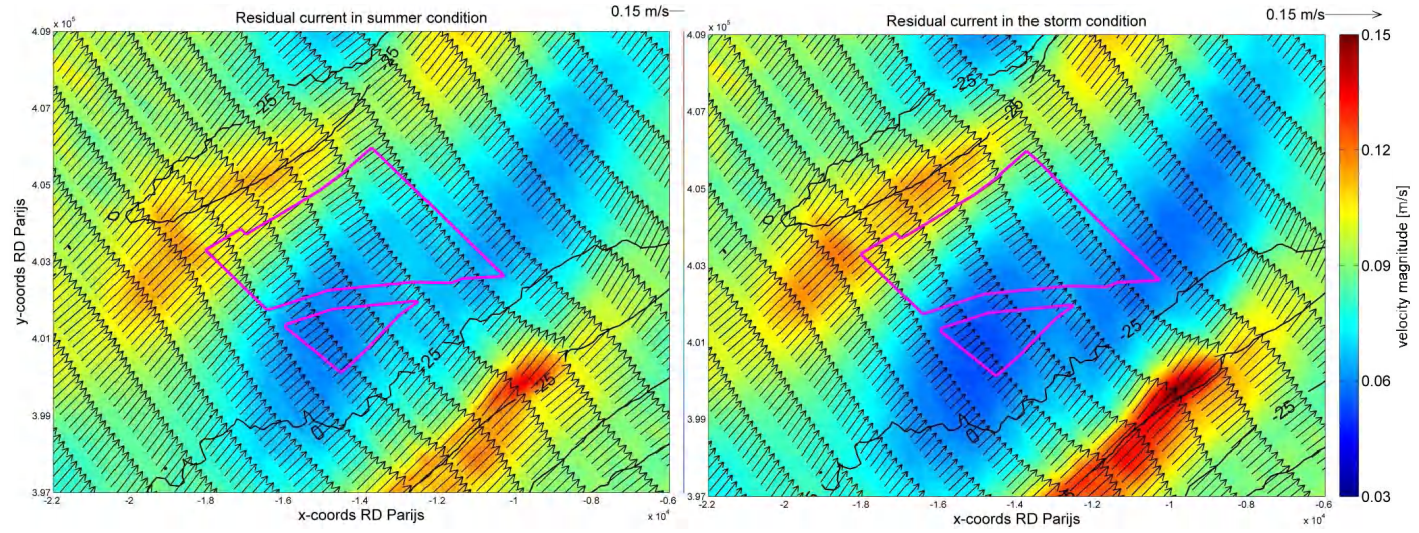
Figuur 5-22 Gemiddelde stroomsnelheden over een doodtij-springtij cyclus tijdens zomercondities (links) en wintercondities (rechts)



Figuur 5-23 Maximale stroomsnelheden over een doodtij-springtij cyclus tijdens zomercondities (links) en wintercondities (rechts)



Figuur 5-24 Gemiddelde stroomsnelheidsellipsen tijdens zomercondities (links) en tijdens wintercondities (rechts) (over doodtij-springtijcylcus), bathymetrie als achtergrond



Figuur 5-25 Residueel watertransport tijdens zomercondities (links) en tijdens wintercondities (rechts) (over doodtij-springtijcylcus)

Figuur 5-25 toont het residueel watertransport over een doodtij-springtij cyclus, rekening houdend met de waterdiepte (getijhoogte) op elk moment. De schijnbare tegenstelling tussen de richting van het residuele watertransport en de maximale stromingsrichting (Figuur 5-21) kan verklaard worden door het feit dat het vloedgedeelte van langere duur is en residueel gezien zal het watertransport dan ook in die richting zijn die over de ganse getijcyclus gezien domineert.

5.1.2.6 Sedimenttransport

5.1.2.6.1 Algemeen sedimenttransport op het BDNZ

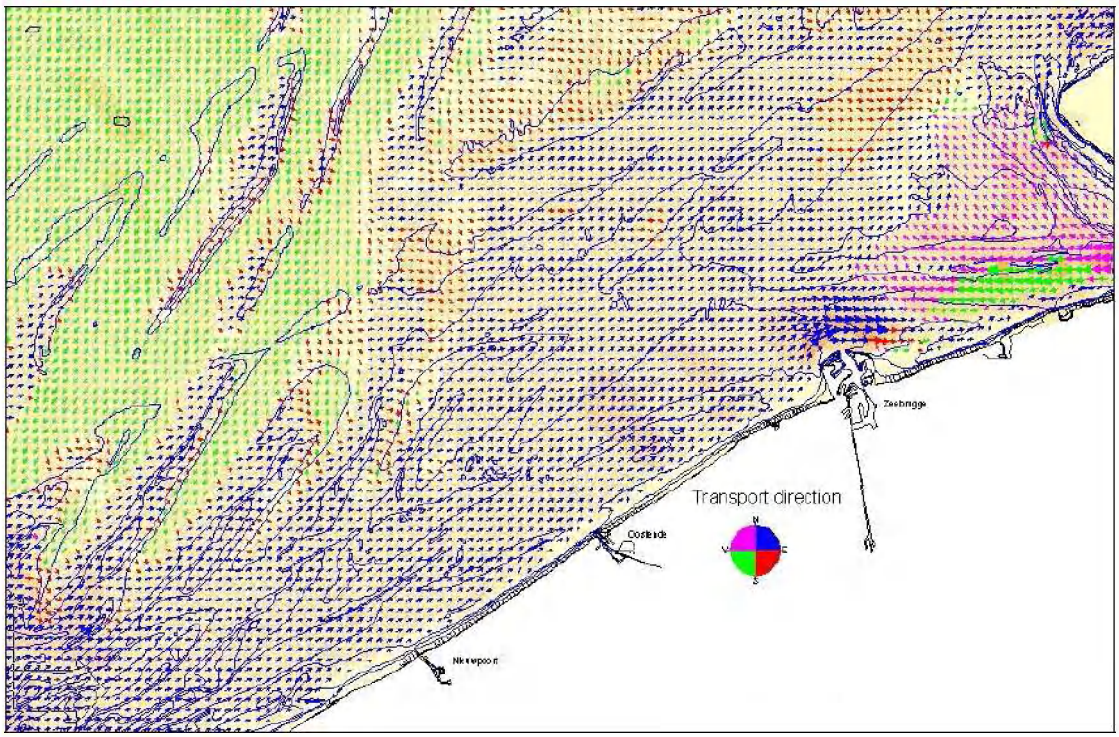
Vanuit de vastgestelde lange termijnstabiliteit van de getijdenbanken op het BDNZ, werd in het verleden aangenomen dat een aanzienlijke hoeveelheid zand vanuit het Nauw van Calais wordt aangevoerd (BMM, 2006b). Na periodes van erosie door storm of zandextractie kon dan een proces van regeneratie optreden tijdens perioden van kalm weer, waarbij materiaal langsheen de flanken terug de zandbank op wordt getransporteerd (BMM, 2006b).

De laatste jaren is echter door voortschrijdend inzicht een groter onderscheid gemaakt tussen de sedimentbalans van fijner materiaal en van zand. Terwijl voor het slib wordt aangenomen dat er ongeveer 20 miljoen ton droge stof per jaar naar het BDNZ wordt getransporteerd door het Nauw van Calais (Van Lancker *et al.*, 2007), is dit voor de zandfractie veel minder zeker. De volumetoenames en –afnames van zandbanken op het BDNZ zouden eerder het gevolg zijn van lokale herschikkingen (BMM, 2006b).

Een van de eerste technieken om het residueel bodemtransport te achterhalen was het bepalen van de asymmetrie van bodemstructuren die dwars op de stroomrichting voorkomen (Lanckneus *et al.*, 2001). Ook nu nog zijn bodemstructuren de belangrijkste indicatoren voor bodemtransport. De steile zijde van een asymmetrische bodemstructuur geeft de actuele voortschrijdingrichting aan. Hierbij is de strekking van de kam meestal loodrecht gericht op de stroming. In een getijdensysteem wordt de sedimenttransportrichting bepaald door het feit dat tijdens eb (of vloed) een grotere hoeveelheid zand wordt getransporteerd dan tijdens vloed (of eb). De asymmetrie van de bodemstructuren wordt dus in eerste instantie gedefinieerd door de dominante stroomrichting.

Zowel kleine tot gemiddelde duinen (megaribbels) als grote tot heel grote duinen werden gebruikt als transportindicatoren op het BDNZ. Op een groot aantal zandbanken zoals de Vlaamse Banken en de Hinderbanken, is de residuele vloedstroom verantwoordelijk voor de vloedasymmetrie van de bodemstructuren op de westelijke bankflank en in het oostelijk deel van de geul en leidt de residuele ebstroom tot een ebasymmetrie op de oostelijke bankflank en in het westelijk deel van de geul. Dit mechanisme is verantwoordelijk voor een convergentie van zand naar de bankas toe wat leidt tot een sedimentophoping op de banktop.

Daarnaast kan ook een numeriek zandtransportmodel inlichtingen geven over de residuele sedimenttransportrichting (Figuur 5-26). Hieruit blijkt dat het bodemtransport in de Zeelandbanken regio niet eenduidig is. De Zeelandbanken bevinden zich opnieuw op een overgangszone tussen de Hinderbankenregio, waar het residueel bodemtransport ZW (eb) gericht is, en de Vlaamse Banken regio, waar het residueel bodemtransport NO (vloed) gericht is.



Figuur 5-26 Sediment transport vectoren verkregen uit een 2D transport model (totale bodemtransport) (uit Lanckneus et al., 2001). De gekleurde vectoren groeperen de transportrichting per kwadrant)

5.1.2.6.2 Sedimenttransport in het projectgebied

In het Rentel projectgebied kunnen de algemene transportrichtingen in eerste instantie begroot worden op basis van de assymmetrie van de zandduinen. De asymmetrie van de grote duinen heeft bewezen een betrouwbare indicator van sedimenttransport te zijn op de lange termijn (Lanckneus *et al.*, 2001).

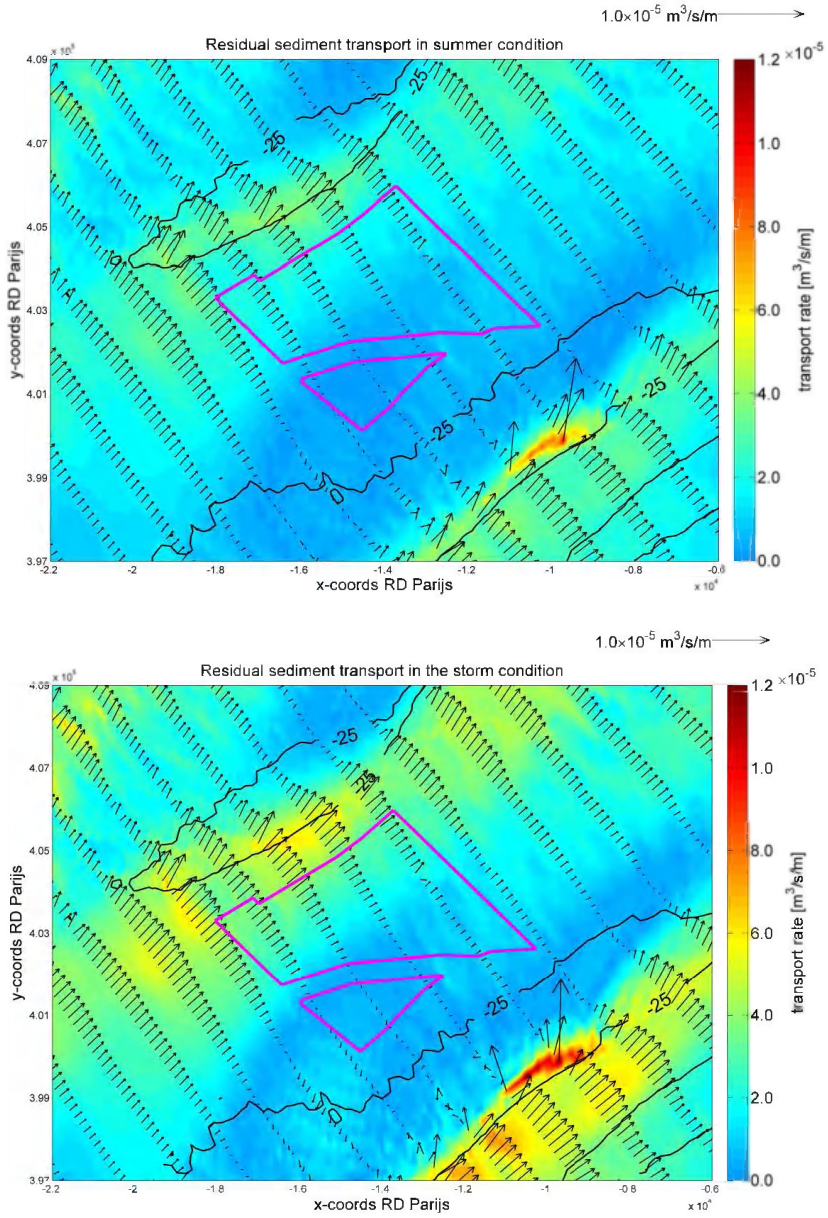
De ebasymmetrische (ZW gerichte steile zijde) duinen komen voornamelijk voor op de noordwestelijke flank van de Thorntonbank. In de geul tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank komen zowel ebgedomineerde, vloedgedomineerde als symmetrische duinen voor. Naar het noordwesten toe van de geul komen meer vloedasymmetrische duinen voor. Dit zou er op wijzen dat de westelijke flank van de Thorntonbank en de oostelijke kant van de Zuidwest-Schaar ebgedomineerd zijn en dat de westelijke kant van de Zuidwest-Schaar vloedgedomineerd is. Dit is in overeenstemming met de maximale stroomsnelheidsresultaten uit de regionale modellering van BMM (Figuur 5-21).

Daarnaast geeft ook het numeriek zandtransportmodel inlichtingen over de residuele sedimenttransportrichting (Figuur 5-27, IMDC, 2012b). Het meeste transport vindt plaats op de kamlijn van de Thorntonbank, de richting van het sedimenttransport is echter niet helemaal dezelfde als de richting van het residueel watertransport (Figuur 5-25). Tijdens de gesimuleerde wintercondities (met bijkomend 1-jarig golfklimaat naast getijvariatie) wordt het sedimenttransport op de kamlijnen van de Lodewijkbank en Thorntonbank versterkt.

In het Rentel gebied is het residueel sedimenttransport voornamelijk in NO richting gericht. Het sedimenttransport in het gebied is echter vrij klein, maximum 4.10^{-5} $m^3/s/m$ tijdens springtij bij

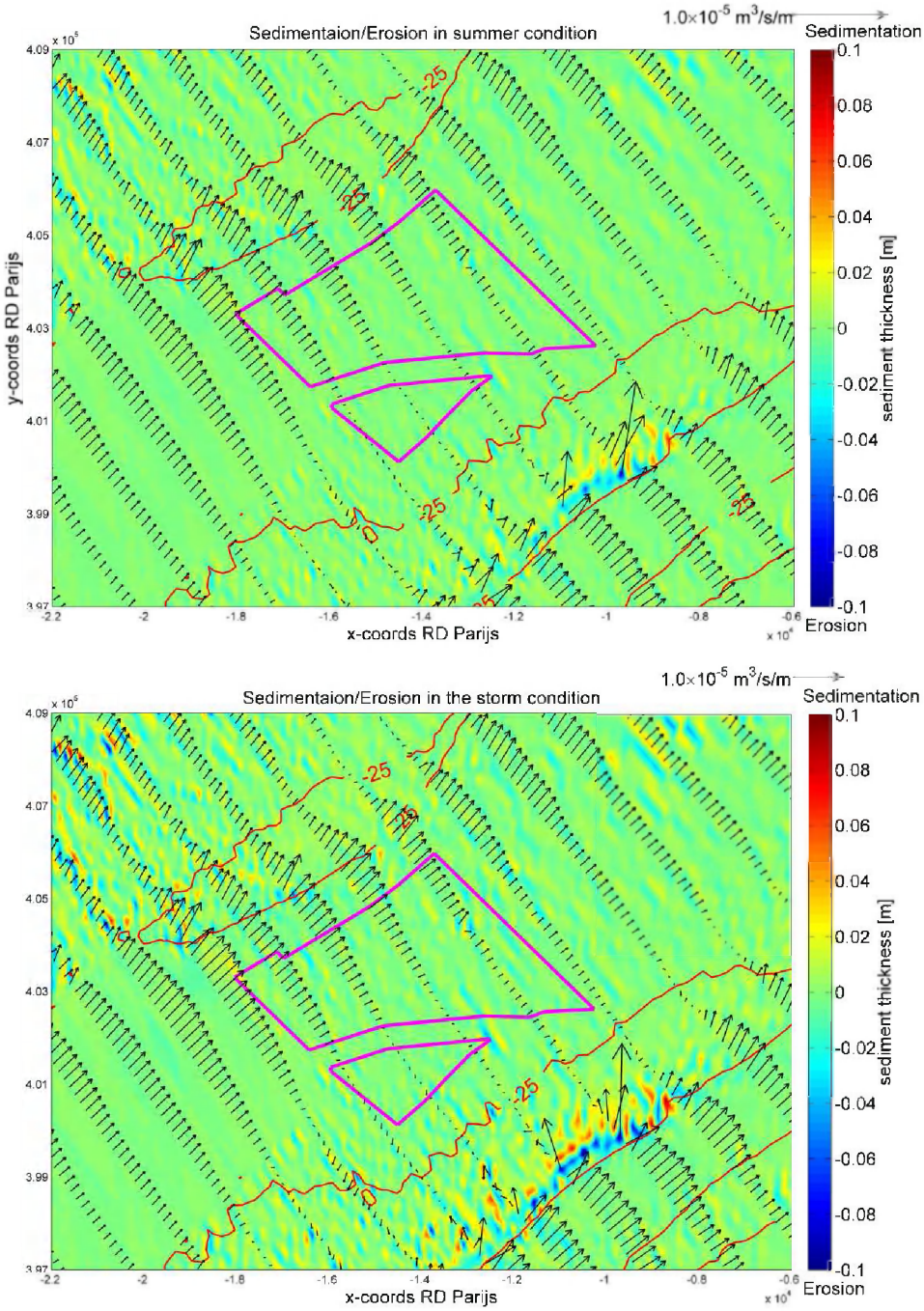
zomercondities en niet meer dan 3.10^{-6} $m^3/s/m$ tijdens doodtij bij zomercondities. Tijdens wintercondities (storm) is het maximaal sedimenttransport in het Rentel gebied 5.10^{-5} $m^3/s/m$ tijdens springtij.

De oriëntatie van de waargenomen zandduinen in het gebied is in overeenstemming met de modelresultaten. Het noordwestelijk deel van het Rentelgebied wordt gekenmerkt door een dominant vloedgerichte residueel sedimenttransport (Figuur 5-27). Dit komt overeen met de waargenomen vloedsymmetrische duinen in dat deel van het gebied. De noordwestelijke duinuitlopers van de Thorntonbank vertonen echter een duidelijke ebasymmetrie die niet direct naar voor komt in de gemodellerde residuele sedimenttransporten. De richting van in het overeenkomstige gebied is niet ebgericht, maar de waardes zijn wel zeer klein en niet dominant vloedgericht.



Figuur 5-27 Residueel sedimenttransport over een doodtij-springtij cyclus voor zomercondities (boven) en wintercondities (onder)

De uiteindelijk zones met erosie en depositie worden gevisualiseerd in Figuur 5-28. Op de top van de Thorntonbank is er duidelijk meer erosie en sedimentatie tijdens stormcondities. Het Rentel gebied is morfologisch redelijk stabiel. Over een doodtij-springtij cyclus is de verandering in diepte beperkt tot 0,02 m.



Figuur 5-28 Erosie-sedimentatiepatronen over een doodtij-springtij cyclus voor zomercondities (boven) en wintercondities (onder)

5.1.2.7 Waterkwaliteit

5.1.2.7.1 Fysico-chemische parameters

Er worden in de BMDC-databank temperatuurwaarden teruggevonden tussen 0,05°C en 19,8°C (BMM, 2012). De gemiddelde watertemperatuur in het BDNZ is ongeveer 11°C. Er treden dus seizoenale variaties op met een grootteorde van 8 à 9°C ten opzichte van de gemiddelde temperatuur. Van oktober tot maart is de temperatuur van het water hoger aan de bodem dan aan het wateroppervlak (maximaal 0,6°C), maar vanaf maart wordt het wateroppervlak warmer dan de waterkolom t.h.v. de zeebodem door de stijgende luchttemperaturen.

Er worden in de BMDC-databank saliniteiten teruggevonden tussen 24 en 36 ppt (BMM, 2012). De saliniteit in het BDNZ bedraagt gemiddeld 31-35 g/kg. Er is een lichte seizoenale variatie door de invloed van de riviertoevoer (Ospar, 2000a). De saliniteit aan het wateroppervlak is hoger en constanter (32 ppt) dan aan de zeebodem (25 tot 31 ppt).

Men kan voor het projectgebied aannemen dat de natuurlijke concentraties aan metalen relatief laag zijn. Uit de BMDC databank (BMM, 2012) haalt men de volgende gemeten waarden in open zee: zink 0,1 – 2,6 µg/l; kwik max. 0,001 µg/l; cadmium max. 0,035 µg/l; lood max. 0,31 µg/l; koper max. 1,0 µg/l. Ospar (2000a) haalt men de volgende richtwaarden voor open zee (niet specifiek voor de Noordzee): cadmium 10-50 ng/l, kwik 0,1-2 ng/l, lood 50-60 ng/l, koper 600-700 ng/l: de teruggevonden waarden voor het BDNZ (als steekproef) liggen inderdaad in de grootte-orde van de richtwaarden voor open zee.

De belangrijkste organotinverbinding is tributyltin (TBT). Het is een biocide dat in het aquatische milieu als "antifouling" gebruikt wordt. De concentratie tributyltin offshore bedraagt <1 ng/l. De waarde in frequent gebruikte vaarroutes ligt opmerkelijk hoger en kan oplopen tot ca. 100 ng/l (OSPAR, 2000b). In de BMDC databank (BMM, 2012) werd voor TBT geen specifieke recente waarde voor het BDNZ teruggevonden. Het gebruik van TBT is reeds verboden voor vaste structuren die zich volledig of gedeeltelijk onder water bevinden en vanaf 2008 mogen deze producten op geen enkel schip meer voorkomen.

De belangrijkste persistente organische componenten zijn PCB's (polychloorbifenyl) en PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen). Door hun lage oplosbaarheid is de concentratie in het water meestal laag en bovendien moeilijk te detecteren (Ecolas, 2008).

Bunkerolie en smeerolie zijn de belangrijkste bronnen van olievervuiling in de Noordzee. De olielozing afkomstig van boringen voor de offshore olie- en gasindustrie is over de laatste 10 jaar sterk gereduceerd (tot meer dan 80%). Deze afname is vooral het gevolg van een vervanging van oliegebaseerde boorkleien naar boorkleien die op water gebaseerd zijn.

De aanvoer van stikstof (N) in het marien milieu kan op twee manieren plaatsvinden: via het water en via de atmosfeer. 65-80% van de nutriënteninput van stikstof in de Noordzee gebeurt via de rivieren. Voor fosfor (P) bedraagt dit zelfs 80-85% (OSPAR, 2000b). Nutriënten (N, P, Si) spelen een heel belangrijke rol in aquatische ecosystemen omdat ze aan de basis liggen van de primaire productiviteit. De zones die sterk beïnvloed zijn door menselijke activiteiten worden gekenmerkt door te hoge nutriëntenconcentraties en afwijkende nutriëntratio's. De menselijke invloed op de nutriëntenbalans is voornamelijk merkbaar ter hoogte van de kustzone en minder detecteerbaar ter hoogte van het projectgebied. De nutriëntenconcentratie is tijdens de winter hoger dan tijdens de zomer. Dit is het gevolg van de natuurlijke verhoogde periodieke algenontwikkeling (primaire productie) in de lente en zomer.

5.1.2.7.2 Turbiditeit en zwevend stof

De turbiditeit of helderheid van het zeewater wordt bepaald door de hoeveelheid zwevend (in suspensie) materiaal in het water. De lichtinval is sterk gecorreleerd met de hoeveelheid zwevend materiaal en fytoplankton in de waterkolom.

Volgens satellietbeelden, die de hoeveelheid zwevend stof in de bovenste waterlaag meten, is er een duidelijke ruimtelijke variatie in concentraties met een afname van de Belgische kust naar de zee toe. In het gebied van de Vlaamse Banken is er altijd een geringere gemiddelde concentratie (< 10 mg/l; Lauwaert *et al.*, 2004) dan ter hoogte van de kust (bijvoorbeeld Zeebrugge, waar de hoogste concentraties voorkomen) omwille van het zandige sediment. Specifieke informatie voor het projectgebied werd niet teruggevonden, maar monitoringscampagnes op de nabijgelegen Thorntonbank en Bligh Bank, tonen natuurlijke achtergrondwaardes van gemiddeld 4 mg/l tijdens zowel zomer als winter.

Bij storm kunnen de maximumconcentraties tot 15 maal hoger liggen dan bij goed weer. Offshore liggen de maximale concentraties rond 300 mg/l maar ze treden slechts occasioneel op (onder stormcondities) (Fettweis *et al.*, 2005). In de BMDC-databank worden, als steekproef, concentraties aan zwevende stof in open zee teruggevonden tussen 1 en 545 mg/l (BMM, 2012).

Concentraties zijn normaliter lager in lente en zomer dan in winter en herfst, voornamelijk door de variatie van toevoer via de Straat van Dover, meer storm in de winter en een snellere bezinkingssnelheid van sedimentvlokken bij hogere temperatuur (Fettweis *et al.*, 2005).

5.1.3 Autonome ontwikkeling

Getijdenbanken zijn stabiele structuren die zich begonnen te vormen ongeveer 7000 jaar geleden toen het getijklimaat vergelijkbaar werd met het huidige. Getijdenbanken zijn voornamelijk opgebouwd uit materiaal dat lokaal aanwezig was. Dit blijkt uit het sterk erosieve karakter van de basis van de getijdenbanken (Mathys, 2009). De banken blijven nu bestaan in een dynamisch evenwicht door lokale herschikking van materiaal (BMM, 2006b).

De klimaatverandering zal zorgen voor veranderingen in de stromingskarakteristieken op het BDNZ (Van den Eynde *et al.*, 2009) en in de chemische eigenschappen van het zeewater. Zelfs op de termijn van de exploitatie periode zullen al veranderingen merkbaar zijn. Zo wordt bijvoorbeeld een algemene zeespiegelstijging ten gevolge van het broeikaseffect verwacht van 1 m tegen 2100 (Reid *et al.*, 2011).

Een toename van extreme stormen zou zeer zeker een invloed hebben op de sedimentdynamiek aangezien sedimenttransport in grote mate plaatsvindt tijdens extreme hydraulische condities. Echter, analyses uitgevoerd door Van den Eynde *et al.* (2012) toonden geen significante toename in het voorkomen van extreme windsnelheden. Ook een toename in golfhoogte, het aantal stormen en de stormintensiteit is nog onzeker voor de Belgische kustwateren.

Mogelijke veranderingen in de hydrodynamica (zeespiegel, stormen) worden al beschouwd in het kader van ontwerpen van kustverdediging en windturbinefunderingen. Er is echter nog geen consensus over potentiële invloed van klimaatverandering op de morfodynamische stabiliteit van de zandbanken en naastliggende geulen in de Noordzee. Bijkomend wetenschappelijk onderzoek en duidelijker scenario's zijn noodzakelijk alvorens de complexe invloeden volledig kunnen begroot worden in het kader van een MER.

Er wordt niet verwacht dat de bouw en exploitatie van de windmolenparken in de buurt op de Thorntonbank, de Lodewijkbank en de Bligh Bank een invloed zal hebben op de hydrodynamische karakteristieken, de bodemgesteldheid of de waterkwaliteit van de hier beschouwde concessiezone (Van den Eynde *et al.*, 2010). Ook vanuit andere socio-economische actoren actief in het BDNZ wordt er geen impact verwacht de volgende jaren op de geologische, morfologische of watergebonden aspecten binnen het projectgebied.

Verder kan verwacht worden dat de antropogene invloed op de waterkwaliteit in het mariene milieu verder zal dalen. Bijvoorbeeld zouden de concentraties aan TBT, zware metalen, nutriëntentoevoer via rivier, etc. een positieve dalende trend moeten tonen in de toekomst. Deze trend is voornamelijk het gevolg van een strengere wetgeving en beleidsmaatregelen (vb. verbod op gebruik TBT, Kaderrichtlijn Water, Kaderrichtlijn Mariene Strategie, mestactieplan, etc.). Voor een uitvoeriger beschrijving per parameter kan verwezen worden naar (Ecolas, 2006).

5.1.4 Effecten

De volgende parameters kunnen potentieel effecten ondervinden van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windmolenpark en bijhorende bekabeling:

- geologie
- morfologie
- sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling),
- sedimenttransport
- bodemkwaliteit (chemische samenstelling),
- hydrodynamica (stromingskarakteristieken: waterdiepte, golfhoogte, stroomsnelheden)
- waterkwaliteit (fysico-chemische samenstelling),
- turbiditeit

5.1.4.1 Effecten op bodem

5.1.4.1.1 Constructiefase

Rentel voorziet drie mogelijke alternatieve funderingstypes: de monopile (MP), de jacket fundering (JF) en de gravitaire fundering (GBF), met als alternatief voor het heien van de palen bij monopile en jacket funderingen de suction bucket techniek.

Indien gekozen wordt voor een statische erosiebescherming bij de monopiles of voor jacket funderingen, zou eerst een nivellering van de zeebodem moeten gebeuren op de zones met grote zandduinen. Op basis van preliminair bodemonderzoek zou dit het geval zijn voor ongeveer de helft van de funderingen. Het gebaggerde zand mag niet commercieel gebruikt worden en dient binnen het concessiegebied gestockeerd te worden. Daarna worden de funderingen geplaatst, waarna er bij de monopiles een erosiebescherming wordt aangebracht. Voor jacket funderingen is – in eerste instantie – geen erosiebescherming voorzien in de opbouw.

Indien gekozen wordt voor een dynamische erosiebescherming bij monopile funderingen dient voorafgaand aan de plaatsing niet genivelleerd te worden. Na plaatsing van de monopile wordt er wel een erosiebescherming aangebracht.

Bij het plaatsen van gravitaire funderingen wordt eerst een funderingsput uitgebaggerd, dit zand wordt tijdelijk elders gestockeerd. Na het aanbrengen van een funderingslaag wordt de GBF geplaatst, de funderingsput wordt verder heropgevuld (backfill) met het tijdelijk gestockeerd materiaal, waarna de GBF gevuld wordt met ballast. Indien geschikt gebeurt dit ook met het eerder gestockeerde materiaal. Nadien wordt een erosiebescherming aangebracht.

Berekening grondverzet en verstoorde bodemoppervlaktes tijdens constructie

De gebaggerde volumes en verstoorde oppervlaktes die gepaard gaan met elk type fundering staan samengevat in Tabel 5-2. Het totale grondverzet voor de basisconfiguratie en omhullende configuraties is gegeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-2 Gebaggerd volume sediment en verstoorde bodemoppervlakte bij elke type fundering tijdens de constructiefase

Funderingstype		**MP**		**JF**	**GBF**
		statisch	dynamisch		
Nivelleren of baggeren funderingsput	Verstoord volume	grondvlak: 30x60 m diepte put: 4 m hellingen: 1:5 en 1:8 = 19.000 m³	n.v.t	grondvlak: 50x80 m diepte put: 2,5 m hellingen: 1:5 en 1:8 = 16.000 m³	grondvlak: 50x80 m diepte put: 7,5 m hellingen: 1:5 en 1:8 = 90.000 m³
	Verstoord oppervlak	9.450 m²	n.v.t	9.400 m²	26.350 m²
Stockage gebaggerd materiaal (-30% baggerverlies, Van den Eynde *et al.* 2010)	Volume gestockeerd	13.300 m³ (*)	n.v.t	11.200 m³ (*)	63.000 m³ (**)
	Verstoord oppervlak 5 m stockage	2.660 m²	n.v.t	2.240 m²	12.600 m²
	Verstoord oppervlak 1 m stockage	13.300 m²	n.v.t	11.200 m²	63.000 m²
Erosiebescherming	Verstoord oppervlak (afh. van diameter fundering)	978-1.060 m²	978-1.060 m²	n.v.t	2.512 m²

(*) permanente stockage

(**) tijdelijke stockage tot wanneer gebruikt voor backfill funderingsput en als ballast voor GBF, hierbij treden opnieuw baggerverliezen op van ca. 30% (Van den Eynde *et al.*, 2010)

Tijdens de uitvoeringswerken voor het C-Power windmolenpark op de Thorntonbank werden verschillende multibeam surveys uitgevoerd om de gebaggerde en gestorte hoeveelheden materiaal te kunnen inschatten ten opzichte van een tijdstip T0, voor de uitvoer van de werken (Van den Eynde *et al.*, 2010).

Men constateerde dat na het baggeren van de funderingsputten ongeveer 400.000 m³ materiaal op de dumpingsgebieden was terechtgekomen, terwijl er bijna 579.000 m³ gebaggerd werd uit de funderingsputten. Dus ca. 31% van het gebaggerde materiaal was

verdwenen na dumping. Ook bij het terug opvullen van de funderingsputten en de GBF met het gestockeerde materiaal ging opnieuw materiaal verloren. Na de werken was er 468.000 m³ zand verdwenen ten opzichte van situatie T0, en waren er putten ontstaan. In totaal was dus 400.000 + 468.000 m³ materiaal verdwenen. Daarvan werd slechts 588.000 m³ gebruikt voor de backfill en infill, dus opnieuw ging 32% verloren door bagger- en dumpingsverliezen.

In de veronderstelling dat in het Rentel park gelijkaardig materiaal zal gebaggerd worden, wordt ook in dit project rekening gehouden met bagger- en dumpingsverliezen van ca. 30%. De Quartaire zandige deklaag is vanzelfsprekend minder dik dan op de Thortonbank. Indien de Quartaire deklaag dunner is dan 7,5 m, en de stevige Tertiaire lagen eerder bereikt worden, dan kan de funderingsput voor de GBF fundering minder diep gemaakt worden en moet er minder zand gebaggerd en gestockeerd worden. De hier berekende waarden gaan dan ook uit van het worst case scenario.

Tabel 5-3 Het totale grondverzet en de verstoorde oppervlaktes voor de basisconfiguratie en de omhullende configuraties tijdens de constructiefase

Configuratie	Funderingstype		Totaal gebaggerd volume (m³)	Totaal verstoorde opp. bij baggeren (m²)	Totaal gestockeerd volume (m³)	Totaal verstoorde opp. (stockage 5m) (m²)	Totaal verstoorde opp. door erosiebescherming (m²)
Basisconfiguratie (47 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische	475.000	236.300	332.500	66.500	47.900
		Dynamische	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	47.900
	JF		400.000	235.000	280.000	56.000	n.v.t.
	GBF		4.410.000	1.291.200	3.087.000	617.400	492.400
Configuratie 1 (78 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische	760.000	378.000	532.000	106.400	78.200
		Dynamische	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	78.200
	JF		640.000	367.000	448.000	89.600	n.v.t.
	GBF		7.200.000	2.108.000	5.040.000	1.008.000	201.000
Configuratie 2 (60 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische	589.000	293.000	412.300	82.500	65.700
		Dynamische	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	65.700
	JF		496.000	291.400	347.200	69.400	n.v.t.
	GBF		5.580.000	1.633.700	3.906.000	781.200	155.700
Configuratie 3 (55 turbines + 2 OHVS)	JF		464.000	272.600	324.800	65.000	n.v.t.
	GBF		5.130.000	1.502.000	3.591.000	718.200	143.200

Optimale locatie, oppervlakte en hoogte van de stockage

Het zandoverschot vrijgekomen bij nivellering van monopile en jacket locaties en baggeren van funderingsputten bij GBF moet (tijdelijk bij GBF, permanent bij MP en JF) gestockeerd worden op een zodanige locatie dat de globale morfodynamiek van het gebied zo minimaal

mogelijk wordt gewijzigd. Er wordt vanuit gegaan dat stockage binnen het concessiegebied wordt uitgevoerd.

De maximale hoogte van de stockage is best in dezelfde grootteorde als de natuurlijke zandduinen in het gebied, en op een zo klein mogelijk oppervlak zodat de oppervlakte waarbinnen het benthos verstoord wordt, minimaal is (BMM, 2006a, BMM, 2007). Door te kiezen voor een stockage hoogte van 5 m wordt voldaan aan beide voorwaarden.

Verder wordt gesuggereerd om de zandhopen zo te plaatsen dat ze eventueel door het natuurlijk transport terug in de richting van de putten worden gevoerd. Om dit na te gaan kunnen eventueel de resultaten van de monitoring in een eerste fase gebruikt worden voor de stockagelocatie in latere fasen of kan de sedimenttransportmodellering een uitkomst bieden. De stortlocatie wordt best zo dicht mogelijk bij de te installeren windturbines gekozen en ten ZW van de windturbines, zodat het gestockeerde zand via de overheersende vloedstromingen in NO richting de kans krijgt zich te verspreiden over het concessiegebied alvorens verder getransporteerd te worden. In het ZO deel van het projectgebied is de overheersende stroming ebgericht en zou de stortlocatie best ten NO van de windturbines gekozen worden. Deze differentiatie zal echter zeer moeilijk operationeel te maken zijn.

Bovendien vermeldt de BMM (2006a) dat de stabiliteit van putten, maar ook van kunstmatige zandhopen relatief groot is. Het deficiet op de Thorntonbank, na backfill en infill van de GBF liet een put na die stabiel bleek te zijn gedurende een monitoringperiode van 8 maand (oktober '08 - juni '09) (Van den Eynde *et al.,* 2010). Een dergelijke stabiliteit van zandputten werd ook aangetoond na zandextractie op de Kwintebank (Degrendele *et al.*, 2003) en in nog een aantal andere projecten.

De optie om te stockeren per turbine wordt – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – zowel vanuit morfologisch oogpunt (snellere verspreiding vanuit kleine hopen zand) als vanuit werk-technisch oogpunt (korte afstand tussen bagger- en losplaats) niet afgeschreven.

Tenslotte wordt vermeld dat het nodig kan zijn bij ontmanteling de gestockeerde zandhopen – indien deze stabiel blijken op lange termijn – terug te gaan winnen en terug te storten ter hoogte van de ontmantelde windturbines.

Invloed op geologie

Bij het funderingstype 'monopile' wordt enkel zeebodemmateriaal verwijderd waar een statische erosiebescherming zal aangebracht worden. Dit geldt voor de helft van het aantal funderingen, ongeacht de configuratie, met name deze waar steile zandduinen of uitlopers ervan niet vermeden kunnen worden. Het wegbaggeren gebeurt over een dikte van ongeveer 4 m, tot het stabiel geachte uitgravingspeil, en zal dus enkel de Quartaire deklaag beïnvloeden. Deze toplaag wordt gemodelleerd onder de huidige hydrodynamische processen en is dus geologisch gezien van weinig belang. Het totaal verstoorde oppervlak door baggeren voor 39 statische monopiles (conf.1) is ca. 378.000 m² of 38 ha. Het gedumpte zand neemt, rekening houdend met bagger- en dumpingsverliezen, ca. 10,6 ha in wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m, overeenkomend met de gemiddelde hoogte van de aanwezige zandduinen. De dikte van het Quartaire pakket wordt dus over een kleine oppervlakte gewijzigd. Het effect is verwaarloosbaar (0/-).

Bij jacket funderingen neemt het permanent gedumpte zand tot 9 ha in (conf. 1), wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m. Bij GBF is het tijdelijk ingenomen oppervlak 72 tot 101 ha. Bij GBF funderingen worden de morfologische veranderingen als matig negatief beschouwd.

Bij gravitaire funderingen wordt een funderingsput uitgebaggerd van 7,5 m diep om de stabiliteit van de GBF's te kunnen garanderen. Indien het Quartaire dek echter minder is dan 7,5 m, hoeft de funderingsput minder diep uitgebaggerd te worden omdat de gecompacteerde Tertiaire lagen voldoende stabiliteit bieden. Opnieuw wordt enkel het Quartair beïnvloed. In de oostelijke hoek van het Rentel gebied komen echter naast de Holocene recente sedimentlagen, vermoedelijk ook oudere afzettingen voor van Pleistocene ouderdom (Weichsel of Eem) in een oude rivierinsnijding (Figuur 5-10). Het totaal verstoorde oppervlak door baggeren voor gravitaire funderingen is ca. 150-211 ha. Het gedumpte zand neemt, rekening houdend met bagger- en dumpingsverliezen, ca. 72-101 ha in wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m. Het effect wordt als gering negatief beoordeeld (0/-).

Bij het uitgraven van de funderingsputten wordt een deel van het oorspronkelijke voorkomende bodemmateriaal weggehaald en komen oudere geologische lagen aan het oppervlak te liggen. Het gaat in principe enkel om een relatief korte verplaatsing van het vrijkomende materiaal, want de funderingsputten worden nadien opnieuw opgevuld met het verwijderde materiaal. Bij het toepassen van grondverbeteringstechnieken wordt de fysische aard van het geologische materiaal wel definitief gewijzigd.

Dit effect wordt beoordeeld als zijnde verwaarloosbaar (0/-).

Verder is het enige effect dat de geologische lagen tot een diepte van ca. 35 m (monopile) en ca. 55 m (jacket fundering) in de onmiddellijke omgeving van de paal gecompacteerd (verdicht) worden, en dat de continuïteit van de geologische lagen verloren gaat. Gezien het Quartair dek in het Rentel gebied nergens veel dikker is dan 20 m zal elke geheide paal eindigen in het Tertiair substraat, meer bepaald in een klei-, zand- of kleihoudende zandlaag van de Formatie van Maldegem of de Formatie van Zelzate.

Dit effect wordt als niet significant beoordeeld (0).

Invloed op morfologie

Zoals reeds aangehaald wordt bij het plaatsen van statische monopiles, jacket funderingen en GBF een deel van de zeebodem weggebaggerd. In het geval van monopile is dit een permanente verlaging van de bathymetrie van ongeveer 4 m, bij jacket funderingen wordt er 2,5 m diep gebaggerd. In geval van GBF wordt de funderingsput van 7,5 m diep nadien opnieuw opgevuld, al zal de natuurlijke morfologie niet in zijn oorspronkelijke staat hersteld worden. Bij jacket fundering wordt er geen erosiebescherming aangebracht en kunnen er zich lokaal rond de palen morfologische veranderingen voordoen (scour), die zeker in een gedetailleerde monitoring verder worden opgevolgs. Veranderingen in morfologie kunnen de locale stromingspatronen veranderen. Het effect wordt echter als te verwaarlozen beschouwd (0/-).

Bij monopile neemt het permanent gedumpte zand, rekening houdend met bagger- en dumpingsverliezen, ca. 6,7 ha (basisconf.) tot 10,6 ha (conf. 1) in wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m. Bij GBF is het tijdelijk ingenomen oppervlak 62 tot 101 ha. Mocht het te stockeren zand gelijkmatig verdeeld worden over de volledige oppervlakte van het concessiegebied, dan zou dit verspreid worden met een laagdikte – afhankelijk van de definitie van het concessiegebied (basis 18,5 km² of tot max. 26,9 km²) – variërend tussen 19 en 27 cm, voor het worst case scenario met gravitaire funderingen (conf. 1: 5.040.000 m³). In de praktijk zal een dergelijke gelijkmatige verdeling niet uitgevoerd worden, maar ten titel van vergelijking met natuurlijke transportvolumes wordt dit meegegeven. De gemodelleerde

natuurlijke sedimentatie in het gebied is slecht 2 cm voor een doodtij-springtijcyclus (IMDC, 2012b).

Voor monopiles en jacket funderingen zijn die uitgespreide, berekende diktes veel kleiner (<2 cm) en worden de morfologische veranderingen door stockage als verwaarloosbaar beschouwd (0/-).

Voor GBF zijn de uitgespreide diktes niet te verwaarlozen, maar het gaat hier om een tijdelijk fenomeen. Het gestockeerde materiaal zal gebruikt worden voor backfill van de funderingsput (ca. 60.000 m³) en infill van de fundering (ca. 2.000 m³) (DEME, 2008). Rekening houdend met een bagger- en dumpingsverlies van 30% op de oorspronkelijk uitgebaggerde 90.000 m³ (stockage van 63.000 m³ per GBF) zou in het ideale geval slechts 1.000 m³ materiaal per GBF permanent dienen gestockeerd te worden. Echter, bij het hergebruiken van het gestockeerde materiaal treden opnieuw bagger- en dumpingsverliezen op. Dus voor het opvullen van de funderingsputten en de GBF zal meer materiaal nodig zijn dan wat gestockeerd werd, zoals het geval was bij C-Power op de Thorntonbank (Van den Eynde *et al.*, 2010). Rekening houdend met verliezen van 30% zal per fundering ongeveer 88.600 m³ gebaggerd moeten worden om aan de vereiste 62.000 m³ backfill en infill te komen. In het worst case scenario (configuratie 1) resulteert dit in een tekort van 2.048.200 m³ materiaal dat extra gebaggerd zal moeten worden. Verdeeld over het hele concessiegebied zou dit resulteren in een bodemverlaging van 8-11 cm. In vergelijking met de gemodelleerde morfologische evolutie (2 cm voor een doodtij-springtij cyclus) is dit relatief veel.

Bij GBF funderingen worden de morfologische veranderingen dan ook als matig negatief beschouwd (-).

Invloed op korrelgrootteverdeling en sedimenttransport

Bij het nivelleren van de statische monopile locaties, de helft van de jacket locaties en het baggeren van de funderingsputten voor gravitaire funderingen kan door het wegnemen van het materaal onderliggend sediment aan het oppervlak komen met een andere korrelgrootte. In geval van MP en JF is dit een permanente situatie. Er zal echter getracht worden het verwijderde materiaal zodanig te stockeren dat het op natuurlijk wijze opnieuw rond de MP en JF sedimenteert. Uit literatuur blijkt echter dat stockage zandhopen redelijk stabiel blijven en er geen natuurlijk hersedimentatie optreedt. Sowieso kan het gebied rondom de MP zich niet helemaal herstellen door de plaatsing van de erosiebescherming. Het gebied waar door baggeren en stockage de korrelgrootteverdeling mogelijk verstoord is, is 38 ha bij MP en 37 ha bij JF. De uiteindelijke verandering in bodemsamenstelling door plaatsing van erosiebescherming bij MP is maximaal 7,8 ha (conf. 1). Het effect wordt bij MP en JF als gering negatief beschouwd (0/-).

In geval van GBF is het dagzomen van onderliggende lagen een tijdelijke situatie, tot de funderingsputten opnieuw worden opgevuld met het gebeurlijk verbeterde 'oorspronkelijke' materiaal. Dit materiaal zal door het baggeren en dumpen echter sterk gemengd zijn en het fijnste materiaal zal er uit verdwenen zijn. Bovendien zal door het aanbrengen van de erosiebescherming opnieuw lokaal de korrelgrootteverdeling van de zeebodem veranderen.

Ook op de stockage locaties zal de korrelgrootte (tijdelijk) veranderen door dumping van nieuw materiaal. Het gebaggerde materiaal zal bestaan uit een mengeling van voornamelijk Holocene zanden, waarschijnlijk algemeen vermengd met een grindfractie (Basis-Quartair en Pleistoceen grind). Veranderingen in korrelgrootteverdeling zullen een invloed hebben op het sedimenttransport in het gebied. Bij het dagzomen van lagen met een kleinere korrelgrootte

zal meer erosie en sedimenttransport optreden en omgekeerd, de erosie- en sedimentatiepatronen zullen veranderen. Bij GBF varieert het verstoorde gebied door baggeren en stockage (afhankelijk van de gekozen configuratie) tussen 191 en 312 ha.

Het belangrijkste effect is echter het sedimentverlies dat door baggeren en dumpen optreedt, bovenop de natuurlijke sedimenttransporten. Bij GBF zal ongeveer twee keer 30% van het gebaggerde materiaal verloren gaan. Dit komt neer op verliezen van 2,2 mlj m³ sediment bij het graven van de funderingsputten en tijdelijke stockage van het materiaal en 2,0 mlj m³ extra materiaal dat uitgebaggerd zal moeten worden om aan de benodigde 62.000 m³/GBF te komen voor backfill en infill voor de worst case situatie configuratie 1 (80 GBF). Dit effect wordt als matig negatief beschouwd (-).

In het projectgebied Rentel is de Quartaire deklaag op sommige plaatsen behoorlijk dun, en kan door baggeren het Tertiair substraat aan het oppervlak komen. De Tertiaire lagen bestaan uit klei of kleihoudende zanden wat zou kunnen leiden tot een verhoogd sediment transport en verhoogde turbiditeit in de waterkolom. Deze lagen zijn echter gecompacteerd, dus de invloed zal eerder beperkt zijn op korte termijn (BMM, 2011b).

Invloed op bodemkwaliteit

De hypothetische kans op een accidentele lozing van verontreinigende stoffen in het water zal, gezien de heersende stromingscondities en het zandige karakter van de oppervlakkige bodemsedimenten geen aanleiding geven tot verontreiniging van de bodem (0).

Bij de aanleg van de erosiebescherming wordt enerzijds grind (kaliber 2-120 mm) gebruikt, anderzijds breuksteen (kaliber 50-540 mm). Bij het gebruik van geologisch zuivere materialen voor de erosiebescherming worden (vrijwel) geen effecten verwacht op de chemische bodemkwaliteit (0).

5.1.4.2 Operationele fase

5.1.4.2.1 Invloed op geologie

Tijdens exploitatie is er geen enkele activiteit die aanleiding kan geven tot een effect op de geologie. Enkel tussentijdse bestorting met breukstenen op de erosiebeschermingsvlakken zal de hoeveelheid geologisch vreemd materiaal doen toenemen.

5.1.4.2.2 Invloed op morfologie, korrelgrootteverdeling en sedimenttransport

Rondom structuren treedt typisch 'scouring' op, i.e de vorming van een erosieput door veranderende stromingspatronen (Ecolas 2003, 2006). Een erosieput zal zeer snel gevormd worden met afmetingen die in essentie functie zijn van de stromingskarakteristieken, de korrelgrootte van de sedimenten en de vorm en afmetingen van de fundering.

Uit de berekeningen die onder meer in (Ecolas, 2003) worden vermeld, is het duidelijk dat de lokale erosie bij een monopile en gravitaire fundering zonder erosiebescherming zo groot zou zijn, dat het effect moet gemitigeerd worden en zelfs de stabiliteit van de gehele constructie op lange termijn zou kunnen ondermijnen.

Daarom wordt door de initiatiefnemer onmiddellijk erosiebescherming voorzien bij MP en GBF. Het spreekt voor zich dat de grotere afmetingen bij gravitaire funderingen een grotere erosiebescherming vereisen dan bij paalfunderingen.

Door de erosiebescherming a priori aan te brengen worden erosiekuilen vermeden. Dergelijke erosiekuilen kunnen immers dimensies aannemen die de stabiliteit van de volledige windturbineconstructie in gevaar zouden brengen. Het aanbrengen van de erosiebescherming

is dus een positieve maatregel voor de bodemstructuur en voor de bedrijfsvoering. Deze erosiebescherming vormt echter een heterogeniteit in de zandige bodem. Doordat de erosiebescherming qua niveau onder het oorspronkelijke niveau van de zeebodem wordt geplaatst, vormt de erosiebescherming geen verticale doorbreking van de bodemstructuur; er kan zelfs verwacht worden dat zand zich op natuurlijke wijze zal verplaatsen bovenop de erosiebescherming.

Hoewel er lokaal ter hoogte van de windturbines een verstoring zal optreden van het natuurlijke sedimenttransport, zal dit amper enig effect hebben op de globale natuurlijke processen in het concessiegebied. Daarvoor is immers het effect van elke constructie – door de aanwezigheid van de erosiebescherming – te gering en de afstand tussen de windturbines te groot.

Het effect van de windturbines op de globale morfodynamiek van het BDNZ wordt als verwaarloosbaar beschouwd (0/-) voor de verschillende configuratiealternatieven.

Uitvoering in Rentel projectgebied

Voor monopile funderingen zijn twee opties mogelijk. Indien de erosiebescherming zo snel mogelijk na het plaatsen van de fundering aangebracht wordt, wordt dit een 'statische' erosiebescherming genoemd. Indien toegelaten wordt dat er zich eerst en erosieput ontwikkeld in het geval van monopiles, die nadien opgevuld worden, dan spreekt met van een dynamische erosiebescherming. In het eerste geval dient de zeebodem genivelleerd te worden.

Er bestaan theoretische formules voor het berekenen van de minimaal vereiste bescherming (men veronderstelt dat de minimaal vereiste bescherming dezelfde dimensies moet aannemen van een erosieput die zou ontstaan zonder bescherming), die in essentie allemaal functie zijn van een karakteristieke afmeting van de fundering (Ecolas NV, 2003).

Om erosie rond de monopile fundering tegen te gaan, wordt rond elke monopile een erosiebescherming aangebracht met een dimensie van vijf keer de paaldiameter. Bij de basisconfiguratie en configuratie 1 (6 MW) komt dit neer op ca. 1.018 m², bij configuratie 2 (7 MW) op 1.104 m². De opbouw van de erosiebescherming is in twee verschillende lagen:

- de filter layer is een onderlaag van grind met kaliber van 4 tot 32 kg; Dn50 = 50 mm, met een dikte van ca. 100 cm.
- de amour layer, i.e. een toplaag van breukstenen van kaliber 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm), met een dikte van ca. 100 cm.

Bij keuze voor de jacket fundering wordt door Rentel momenteel geopteerd om geen erosiebescherming a priori aan te leggen. Hierbij wordt dan wel een gedetailleerde monitoring van de bodemontwikkeling rond die jackets voorzien om alsnog – indien nodig – een geschikte erosiebescherming aan te brengen.

Bij keuze voor gravitaire fundering wordt een erosiebescherming aangebracht met een oppervlakte van ca. 2,5-3 keer de GBF doorsnede aan het zeebodemoppervlak. In het worst-case scenario, waarbij de diameter van de GBF aan de zeebodem 20 m is, komt dit neer op een oppervlakte van ca. 2.800 m² rondom de GBF. De opbouw van de erosiebescherming is in twee verschillende lagen:

- Filter layer met grind: laagdikte ca. 60 cm; kaliber 2-120 mm;

- Armour layer: steenbestorting met breuksteen: laagdikte ca. 70 cm; mengsel van 5-200 kg.

De erosie zal zich verplaatsen naar de grenszone tussen de zeebodem en de erosiebescherming, in stroomafwaartse richting (secundaire erosie). Om de secundaire erosie te minimaliseren mogen het grind of de stenen best niet boven de omringende zeebodem uitsteken. De erosieput zal echter nooit de omvang krijgen van een erosieput die zou ontstaan zonder erosiebescherming. Indien wordt vastgesteld dat omwille van uitschuring van zand onder de stortlaag de stenen zettingen ondergaan, dienen de steenlagen aangevuld te worden.

Het aanbrengen van de erosiebescherming is enerzijds noodzakelijk voor de stabiliteit van de constructie en mitigeert anderzijds de effecten op bodem van lokale erosie door de aanwezigheid van een constructie. Hoewel de erosiebescherming op zich een lokale heterogeniteit vormt t.o.v. de zandige zeebodem, wordt het aanbrengen van de erosiebescherming beschouwd als een gering negatief effect voor het milieu (0/-).

5.1.4.2.3 Invloed op bodemkwaltieit

Net zoals bij de constructiefase, is er geen enkele aanleiding dat de exploitatie zal leiden tot verontreiniging van de bodem (effect = 0).

5.1.4.3 Ontmantelingsfase

5.1.4.3.1 Invloed op geologie

Verwijdering van de funderingen

Bij een monopile of jacket fundering die ingeheid werd zullen geen bijkomende effecten op de geologische bouw van de betreffende bodempakketten optreden gezien betreffende funderingen deels blijven zitten. In geval de suction bucket techniek gebruikt werd kunnen de funderingen zelfs volledig verwijderd worden.

Bij gravitaire funderingen wordt alles weggehaald en blijft, per turbine, een put over. Ook hier zullen geen bijkomende effecten optreden op de geologie ten opzichte van de constructie- en exploitatiefase.

Verwijdering van de erosiebescherming

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming (niet van toepassing voor jacketfunderingen) zal op het einde van de exploitatie bepaald worden.

Het enige effect op de geologische bouw in de afbraakfase is het al dan niet weghalen van het erosiebeschermingsmateriaal. Bij het verwijderen ervan wordt de oorspronkelijke geologische bouw hersteld. Het laten zitten ervan creëert een blijvend geologisch artefact per turbinelocatie op het Belgische deel van de Noordzee.

5.1.4.3.2 Invloed op morfologie, korrelgrootteverdeling en sedimenttransport

Verwijdering van de funderingen

Het verwijderen van de paalfunderingen heeft geen effect op de morfodynamiek. Indien de put die ontstaat door de paalfundering tot ca. 2 m onder de zeebodem af te snijden zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie, wordt voorgesteld deze put op te vullen met zand of erosiebeschermingsmateriaal.

Bij gravitaire funderingen wordt alles weggehaald en blijft, per turbine, een put over. Uit literatuur blijkt dat putten redelijk stabiel zijn en zich niet snel natuurlijk herstellen (Van den

Eynde *et al.*, 2010). Ook hier wordt voorgesteld deze op te vullen met zand, indien deze uitgraving zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie.

Verwijdering van de erosiebescherming

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming (niet van toepassing voor jacketfunderingen) zal op het einde van de exploitatie bepaald worden.

Indien de bescherming niet verwijderd wordt, treden er tijdens de afbraakfase geen effecten meer op die zich niet al gemanifesteerd hebben tijdens de exploitatiefase. Hoogstwaarschijnlijk is de breuksteen al bedekt met zandig materiaal.

Indien de bescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan met een diepte van ca. 1,3-2 m ter hoogte van elke fundering. Het herstelgedrag van dergelijke putten verloopt trager dan voor ondiepe baggersleuven. Ter vergelijking: het verdwijnen van baggersporen in gebieden met een relatief lage golfexpositie en gereduceerde getijstromingen kan tussen de 3 en 7 jaar duren (Kenny & Rees, 1996; Essink, 1998). In dynamische gebieden met meer mobiele zandsedimenten zoals de subtidale zandbanken op het BDNZ zouden de sporen verdwenen zijn in minder dan één jaar. Toch moet volgens Seys (2003) eerder gedacht worden aan een volledige herstelperiode van 4 jaar, des te meer om tegemoet te komen aan enig ecologisch herstel. Op de Kwintebank echter worden baggersporen reeds na drie maanden niet meer teruggevonden wegens opvullen met sediment in beweging (Arcadis, 2010). Een ontginningsput van 5 m diep op de Kwintebank is echter sinds de sluiting van het extractiegebied in 2003 nog steeds niet hersteld.

Het herstel van de funderingsputten is in ruimte en tijd niet in te schatten. De beste benadering kan gevonden worden door toepassing van aangepaste modelleringstechnieken zoals in Nederland toegepast (Roos, 2004).

5.1.4.3.3 Invloed op bodemkwaliteit

Net zoals bij de constructiefase en de productiefase, is er geen enkele aanleiding dat de ontmanteling zal leiden tot verontreiniging van de bodem, en dit voor alle Rentel configuratiealternatieven (0).

5.1.4.4 Bekabeling

5.1.4.4.1 Invloed op geologie

De parkkabels zullen door middel van jetting op 1 m diepte geplaatst worden. De exportkabel zal buiten de vaargeul waarschijnlijk door ploegen geplaatst worden op 2 m onder de zeebodem. In de vaargeul zal een combinatie van baggeren en jetten of ploegen vereist zijn.

In de geulen tussen de zandbanken, waar het Quartaire dek zeer dun is, is de kans reëel dat Tertiaire lagen doorsneden worden. In dit geval kan de voorgeschreven diepte soms niet gehaald worden. In Tertiaire klei werd de aanleg van de kabel vanaf de Thorntonbank beperkt tot een diepte van 1 m. Doorgaans zijn Tertiaire lagen meer gecompacteerd en bevatten ze meer kleihorizonten dan de Quartaire deklagen die ze bedekken. Bij het doorkruisen van dergelijke zones kan tijdelijk een hogere turbiditeit in het water ontstaan (zie discipline 'Water').

Dit effect wordt als verwaarloosbaar beoordeeld (0/-).

De aard en significantie van de invloed op de geologie zijn volledig gelijkaardig (niet-significant) voor de verschillende configuratiealternatieven van het Rentel windmolenpark.

5.1.4.4.2 Invloed op morfologie, korrelgrootteverdeling en sedimenttransport

Bij de aanleg van de kabels (1 m diep binnen het park, 2 m diep voor de exportkabel naar land) wordt het aanwezige zand (eventueel slibhoudend dichter bij de kust) verwijderd door 'ploegen', ofwel uitgespoten door middel van een jetting-mechanisme. Er wordt verder verwezen naar de discipline 'Water' voor wat betreft de turbiditeit die optreedt bij deze technieken.

Bij jetting 'verweekt' de zeebodem tijdelijk door een op nul vallende korrelspanning (analoog met drijfzand) en kan de kabel wegzakken onder haar eigen gewicht. Enkel door opname in suspensie van het losgewerkte sediment en transport op korte afstand is er een beperkte invloed op de morfologie van de zeebodem. De verplaatste volumes zijn functie van de korrelverdeling, heersende stromingen en diepte van de kabel, maar hebben alleszins geen grootteorde die de morfologie van het gebied enigszins kan beïnvloeden. BMM vermeldt dat sporen van jetting volgens literatuurbronnen (deels observatie, deels modellering) tot enkele tientallen dagen kunnen zichtbaar blijven (BMM, 2007).

Op het moment dat de kabel een vaargeul kruist, moet er gebaggerd worden zodat de kabel minstens op -25 m LAT ligt . De exacte aanlegdiepte werd bepaald rekening houdend met de geldende regelgeving en met te verwachten verdiepingen van de vaargeul. De sleuf zal minstens 10 m breed zijn aan de bodem en zal stabiele hellingen hebben (1/3-1/4). Hierdoor zal ook een beperkte hoeveelheid sediment op een andere locatie gedeponeerd moeten worden op bvb. dumplocatie S1. Na het leggen van de kabel zal de voorgebaggerde sleuf opgevuld worden met het eerder weggebaggerde materiaal dat tijdelijk gestockeerd werd. Door de beperkte afstanden en diepte is er ook hier slechts een gering negatieve impact (0/-) op de morfodynamiek van het BDNZ en het projectgebied.

Voor de heraanvulling van het kabeltracé in de vaargeul was voor het C-Power project ca. 200.000 m³ heraanvulling nodig. Er wordt verwacht dat een vergelijkbare hoeveelheid zal nodig zijn bij het Rentel-project.

De invloed van de kabels op de globale morfodynamiek is, gezien hun afmetingen en gezien de geringe kans dat de kabels aan het oppervlak komen te liggen, verwaarloosbaar. Zelfs bij occasionele blootstelling of zelfs bij het vormen van zogenaamde 'free spans', waarbij een kabel over een bepaalde afstand vrij van de bodem ligt tussen twee duintoppen, is het effect op de zeebodemmorfologie verwaarloosbaar (0/-).

De kabels worden voldoende diep gelegd zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Op plaatsen met Tertiaire klei wordt de diepte eventueel beperkt tot 1 m, afhankelijk van de haalbaarheid. Schade aan kabels door ankers t.h.v. vaargeulen zal worden vermeden door het leggen van de kabel in de vaargeul op een gepaste diepte. Bovendien wordt het kabeltracé jaarlijks gemonitord om een eventueel vrijkomen van de kabel tegen te gaan. In BMM (2007) wordt een literatuurbron vermeld waarbij kabels bloot zouden komen te liggen na 6-18 jaar bij een kabeldiepte van 1,8 m door zandgolven die migreren aan een snelheid van 1-3 m per jaar. De voorgestelde jaarlijkse frequentie lijkt dus afdoende.

Een mogelijk effect door lokale erosie waarbij de kabels als obstructie op de zeebodem optreden, wordt daarom als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Hier bestaat één uitzondering op nl. het overkruisen van andere (pijp)leidingen of kabels (onderkruisen is technisch niet haalbaar). In dit geval wordt de kabel ter hoogte van de kruising niet ingejet maar gewoon aan de oppervlakte over een beschermingsmat over de

leiding heen gelegd en ook zelf bedekt door een beschermingsmat en eventueel erosiebescherming. De kabel vormt op die manier een lokale verhoging in de morfologie.

De keuze over het al dan niet verwijderen van de kabels zal later bepaald worden. Indien de kabels verwijderd worden, treden niet-significante effecten op vergelijkbaar met de effecten die optreden tijdens de constructiefase. Indien de kabels niet verwijderd worden, treden er geen effecten op.

Invloed op bodemkwaliteit

De aanwezigheid van de kabel in de bodem zal voor een beperkte opwarming zorgen van de omringende bodem door energieverlies. Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak, die niet altijd te onderscheiden is van de natuurlijke fluctuaties in de omgeving (BERR, 2008). Meissner *et al.* (2006) en OSPAR (2008b) beschrijven de metingen die uitgevoerd zijn om dit effect te begroten voor het Nysted windmolenpark. De kabel bevindt zich voor dit park op een diepte van 0,5 tot 1 m in een sterk zandige mergelbodem. Juist boven de kabel vindt men (ten opzichte van een referentiesite) maximale temperatuurverschillen van -0,2°C aan de zeebodem, 0,3°C 10 cm onder de zeebodem, 1,4°C 20 cm onder de zeebodem en 2,5°C 50 cm onder de zeebodem. Indien men 30 cm uit de verticale gaat, worden de temperatuurverschillen direkt kleiner: -0,1°C aan de zeebodem, 0,2°C 10 cm onder de zeebodem, 0,5°C 20 cm onder de zeebodem en 1,3°C 50 cm onder de zeebodem. De temperatuurverschillen zijn dus klein, zeker ter hoogte van de zeebodem en strekken zich maar uit over een beperkt traject langsheen de kabel. De eventuele impact van deze temperatuurverhoging op het benthos wordt besproken in het hoofdstuk fauna en flora.

De aanwezigheid van de kabel heeft een verwaarloosbare impact op de temperatuur van de bodem.

5.1.4.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op bodem

Tabel 5-72 geeft een samenvatting weer van de effecten op de bodem tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en de basisconfiguratie. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-4 Overzicht van de effecten op bodem (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering).

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Invloed op de geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op morfologie, sedimentologie & het globale sedimenttransport	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-	-
Effecten op de bodemkwaliteit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operationele fase											
Invloed op de geologie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invloed op de globale morfodynamiek	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lokale erosie door de constructies	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op de bodemkwaliteit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Invloed op de geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op de morfodynamiek van het volledige gebied	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op de bodemkwaliteit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bekabeling											
Invloed op de geologie (bij verwijderen)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op de morfologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op de bodemkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

Het voornaamste effect op 'Bodem' is het sedimenttransport dat ontstaat tengevolge van het grondverzet naar tijdelijke stockageplaatsen bij het uitgraven van gravitaire funderingen. (matig negatief effect (-)). Het is niet goed gekend hoe de werkelijke verliezen zullen uitvallen. Voor de 6 GBF's op de Thorntonbank was dit telkens 30%, bij zowel het baggeren van de funderingsputten, als bij het baggeren van het gestockeerde materiaal voor de backfill. Verwacht wordt dat dit hier in dezelfde orde van grootte zal liggen. Om die reden wordt aanbevolen de nodige aandacht te besteden aan de projectlogistiek teneinde de uitgravingen zo efficiënt mogelijk te laten verlopen in tijd en ruimte.

Andere effecten zijn als verwaarloosbaar (0/-) of onbestaande (0) te beschouwen.

5.1.4.6 Effecten op water

5.1.4.6.1 Constructiefase

Invloed op hydrodynamica

Tijdens de constructiefase – zowel voor de plaatsing van de kabels als van de windturbines – treden geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering (0). De effecten op stromingen en golven zijn zeer lokaal en verwaarloosbaar (BMM, 2007).

Invloed op waterkwaliteit

Bij het baggeren/jetting voor de plaatsing van de kabel en bij het plaatsen van de fundering (voornamelijk bij de gravitaire fundering) kunnen zware metalen vrijkomen uit het sediment. Er wordt aangenomen dat enkel de bovenste laag van de zeebodem zware metalen bevat (Phua *et al.*, 2004). Gezien er voornamelijk grovere sedimenten verwijderd worden met een laag percentage aan fijn materiaal en lage concentraties aan zware metalen, kan dit als een niet-significant effect beschouwd worden.

Analoog als voor zware metalen, is de potentiële impact van het vrijkomen van organische polluenten uit de bovenste sedimentlaag tijdens de inrichting vrij gering (0/-), gezien er voornamelijk zand geëxtraheerd wordt met een laag percentage aan fijne deeltjes en organisch materiaal. In de oostelijke hoek van het Rentel projectgebied kunnen fijnere rivierinvullingen voorkomen in het Quartair dek die een hoger organisch gehalte hebben. Het gaat echter om een beperkt gebied.

Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78) voor afval sinds 1991 en voor olie sinds 1999, kan deze activiteit gezien het wettelijk verbod op lozen van afval en olie (door schepen groter dan 400 ton) niet leiden tot lozingen van afval of olie. Het baggeren kan een kleine tijdelijke toename van nutriënten in de waterkolom veroorzaken.

De aangroeiwerende verf die wordt aangebracht op de schepen gebruikt tijdens de inrichtingsfase is TBT- vrij. Het is immers sinds1 januari 2003 wereldwijd verboden om TBT nog op schepen te gebruiken en sinds1 januari 2008 moest alle TBT van de scheepsrompen verwijderd zijn. Op temperatuur, opgeloste zuurstof, saliniteit wordt geen invloed verwacht.

Invloed op turbiditeit

Tijdens de constructie van de fundering zal een lokale verhoging van de turbiditeit kunnen vastgesteld worden, zowel bij het inheien van palen of bij gebruik van suction bucket methode (monopile, jacket fundering) als bij het baggeren en terugstorten van zand (statische monopile, deel jacket funderingen en alle gravitaire funderingen). Normaliter zal er gewerkt worden bij rustige (weinig opwoeling en stroming door golven) weersomstandigheden, waardoor kan verondersteld worden dat de natuurlijke turbiditeit laag is. Dit betekent eveneens dat de bezinking van het opgewoelde sediment relatief snel zal optreden en in een geringe straal rondom de activiteiten.

Van den Eynde *et al.* (2010) stelde dat voor het precies inschatten van de turbiditeitstoename tijdens de werken de natuurlijke variabilitieit eerst diende ingeschat te worden. Tijdens de monitoring op de Goote- en Thorntonbank bleek deze eerder hoog te zijn, ondermeer door de rechtstreekse impact van de golven, maar ook door beïnvloedingen door minder salien water, met verhoogde turbiditeit vanuit de kustzones. De vraag stelde zich of de Goote Bank wel een goede referentie is voor de SPM-parameter.

In het Rentel projectgebied bevindt zich in hoofdzaak een zandige bodem, een sediment met relatief grote korreldiameterverdeling, waardoor gravitaire krachten het zand relatief snel terug doen uitzinken. De gemiddelde korreldiameter is ongeveer 300-350 µm (Figuur 5-20). Voor een waterdiepte van ongeveer 30 m betekent dat zand opgewoeld tot aan het oppervlakte een bezinkingstijd heeft (bij relatief rustige stromingsomstandigheden bvb. gemiddelde stromingssnelheid van 0,5 m) van kleiner dan 10 minuten en zal bezinken in de richting van de overheersende stroming binnen een straal kleiner dan 250 m.

Het is wel duidelijk dat zowel het inheien van palen als de suction bucket methode (monopile, jacket fundering) een veel lagere impact zal hebben op de verhoging van de turbiditeit dan het baggeren, omwille van enerzijds het geringe volume aan zand dat in het proces betrokken wordt (slechts 10-20 m^3 bij suction bucket) en anderzijds omwille van het feit dat er bij baggeren niet alleen bodemmateriaal wordt opgewoeld op de bodem, maar dat het ook in de waterkolom wordt gebracht vanaf het schip.

Het begroten van de maximale concentraties aan gesuspendeerd sediment in de waterkolom omwille van de constructiewerken is een zeer moeilijke opdracht, omdat het een zeer turbulent en driedimensionaal proces is (Ecolas, 2006). Van den Eynde *et al.* (2010) vermeldt dat er nog geen deftige besluiten kunnen genomen worden naar toename van turbiditeit, op grond van metingen tijdens de constructiefase op de Thorntonbank en Bligh Bank. Er wordt aanbevolen af te stappen van referentiesites en langdurige tijdreeksen SPM te meten voor, tijdens en na de constructie, on-site dus. Hierdoor kan de natuurlijke variabiliteit beter bepaald worden, met correctere interpretaties van turbiditeitstoenames tijdens de werken.

In het kader van dit project werd bijkomend een numerieke pluimmodelleringsstudie uitgevoerd om expliciet – bij wijze van 'worst case' illustratie – de turbiditeitsvariatie tijdens het baggeren van een funderingsput voor een GBF te begroten (IMDC, 2012c, cf. externe bijlage). Het baggeren van een funderingsput van 90.000 m^3 werd ingeschat op 14 cycli van baggeren en dumpen, wat in totaal ongeveer 1,5 dag duurt. De simulaties werden uitgevoerd tijdens een springtij om de worst-case effecten te benaderen. De modelresultaten tonen dat de achtergrondwaarde in de regio van 4 mg/l (Van den Eynde, 2010) niet langer dan 3,5h (10% van de tijd) overschreden wordt tijdens de volledige baggerwerken van één funderingsput. Het is vooral de dumpactiviteit die de hoogste turbiditeit veroorzaakt. Tijdens die periode van 3,5h heeft de dumppluim een afstand van ongeveer 5 km afgelegd, tot buiten de grenzen van de concessiezone en voorbij de Nederlandse grens. De pluim zelf is nooit groter dan 800 m in doorsnede. In een scenario waarbij gedumpt wordt aan de zuidwest rand van het projectgebied, wordt de limiet van 10 mg/l buiten de Rentel zone overschreden voor slechts 2% van de tijd (40 min), en binnen de Rentel zone voor 7% van de tijd (2,5 uur). In een scenario met dumping centraal in het projectgebied wordt de 10 mg/l limiet niet overschreden buiten de Rentel zone. Er binnen, duurt de overschrijding in totaal slechts 2h (5% van de totale tijd).

Modelleringen voor een Deens project (DHI, 2009) vermelden een concentratie > 10 mg/l gedurende 20% van de tijd, dit bij de aanleg van een funderingsplaat en een worst-case veronderstelling van 3% verlies aan baggerslib (dat voor turbiditeit zorgt) dat volledig aan de wateroppervlakte wordt geïnjecteerd. In een gebied van ongeveer 7 km^2 rond de baggerlocatie vond men 50% van de tijd concentraties terug > 2 mg/l. Zelfs in dit 'worst-case scenario', voor partikels met een kleinere D50 dan aanwezig in het projectgebied, wordt de toename van partikels in suspensie als niet significant beoordeeld in vergelijking met de natuurlijke concentratie.

Ecolas (2006) vermeldt nog een aantal literatuurbronnen die ingaan op concentraties optredend bij baggeractiviteiten, in bijzonder omwille van de oppervlakkige sedimentwolk die ontstaat door de overlaat van sediment en water vanuit een hopperzuiger. Interessant is o.a. de variatie van de invloedsstraal in functie van de korrelgrootte van het sediment (11 km voor fijn slib, 5 km voor fijn zand, 1 km voor medium zand).

BMM (2006a) haalt aan dat recent onderzoek heeft uitgewezen dat turbiditeitsverhogingen beperkt blijven tot 3%. Concentraties aan gesuspendeerd materiaal tijdens de constructie activiteiten zullen dus ten hoogste in dezelfde grootteorde liggen als natuurlijke concentraties bij stormweer.

De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stormen, een gering negatief effect (0/-).

5.1.4.6.2 Operationele fase

Invloed op Hydrodynamica

In Ecolas (2003 en 2006) wordt uitvoerig ingegaan op de invloed van een obstructie op de hydrodynamica. Het besluit uit beide studies kan hier expliciet overgenomen worden. In het bijzonder wordt hier herhaald dat er geen significante invloed is van één windturbineconstructie op de stroming. Een windturbine in de zee veroorzaakt slechts een geringe verandering van de stroomsnelheid aan weerszijden van de paal en turbulentie aan de lijzijde van de paal in de directe omgeving van de betreffende constructie. Ook de golfwerking zal geen noemenswaardige verandering ondergaan door de aanwezigheid van een funderingsconstructie en bovenliggende windturbine. Bovendien is de invloedszone van een dergelijke obstructie op de stroming zo beperkt, dat er geen interferentie optreedt tussen de invloed van diverse palen op de stroming. Let wel, de veranderende stroomsnelheden lokaal rondom een funderingspaal zorgt wel voor het optreden van 'scour', i.e. de vorming van erosieputten, besproken in §5.1.4.2.2.

De invloed van een gravitaire fundering op de hydrodynamica is door de grotere afmetingen weliswaar groter dan bij een paalfundering, maar nog steeds als gering negatief (0/-) te bestempelen.

Invloed op Waterkwaliteit

Er is geen langetermijn effect op de waterkwaliteit te verwachten (0). De kans op een accidentele lozing met acuut effect op de waterkwaliteit wordt als zeer gering beschouwd. Dit wordt hieronder voor een aantal polluenten nog iets verder gestaafd.

Olie

Het vrijkomen van olie vanuit de windturbine is vrijwel onmogelijk:

- Zowel windturbines met als zonder tandwielkast vormen een mogelijkheid. Onder de tandwielkast, die ongeveer 750-1.000 liter olie bevat, is een lekbak voorzien in het geval van lekkende dichtingen.
- Voor het hydraulische systeem, dat 200- 300 liter hydraulische olie bevat, is eveneens een lekbak voorzien. In het geval van breuk aan een leiding kan gedurende korte tijd olie vrijkomen in de gondel, maar die wordt opgevangen in de gondelbodem en bij een volgend onderhoud verwijderd.

- Ter hoogte van ladders en geleidingen is er ongeveer 200-300 kg vet aanwezig. Ook daar zorgen lekbakken voor verwijdering van overtollig vet.

- De transformatoren, die zich in de gondel of in de voet van de turbine bevinden, zullen vermoedelijk van het droge type zijn, maar ook het olie gekoelde type is mogelijk. Indien gekozen wordt voor oliekoeling, worden de transformatoren geplaatst in een aangepaste inkuiping zodat emissie van olie onmogelijk is.

Bij een onderhoudsbeurt wordt overtollige olie (uit lekbakken) of verbruikte olie (bijvoorbeeld 5-jaarlijkse vervanging van olie van de tandwielkasten) verwijderd uit de windturbine.

Aangroeiwerende verf

Aangezien er geen chemicaliën, zoals TBT, ingezet worden voor de beperking van de aangroei van de paal onder water, dient niet voor enige verontreiniging met TBT gevreesd te worden. Bij gravitaire funderingen wordt er geen aangroeiwerende verf gebruikt.

Corrosiebescherming

De stalen mast wordt voorzien van meerlagige corrosiebescherming die aangebracht wordt op land. Deze bescherming bestaat uit een epoxy-coating geschikt voor toepassing in marien milieu met een hoog vast stof gehalte (glasvezel).

Bij een monopile of jacket fundering wordt een corrosiebescherming voorzien, ofwel een kunststoflaag, ofwel een Zn- of Al-laag met een meerlagige epoxy-coating erbovenop. Bovendien is er een kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes. In Ecolas (2003) werd berekend dat de vrijstelling van Al uit deze anodes verwaarloosbaar lage concentraties aan Al in het zeewater veroorzaakt.

Er is dus geen effect van de corrosiebescherming op de waterkwaliteit.

Invloed op turbiditeit

Op een niet-significante lokale turbiditeit na vlakbij de fundering door het opwoelen van zand vlakbij de bodem, vooral in het geval er geen erosiebescherming wordt aangebracht (jacket fundering) veroorzaakt de activiteit geen effect (0) op de turbiditeit tijdens de exploitatie.

5.1.4.6.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase (die bestaat uit het verwijderen van de palen en het eventuele verwijderen van de erosiebescherming en ondergrondse park- en exportkabels) zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase.

5.1.4.6.4 Bekabeling

Invloed op hydrodynamica

Tijdens de plaatsing van de kabels treden geen effecten op de hydrodynamica op. De ondergronds geplaatste kabels hebben evenmin tijdens de exploitatiefase een invloed op de stroming.

Invloed op waterkwaliteit

Bij baggeren en jetting voor de plaatsing van de kabel kunnen zware metalen vrijkomen uit het sediment. Er wordt aangenomen dat enkel de bovenste laag van de zeebodem zware metalen bevat (Phua *et al.*, 2004). Gezien er voornamelijk grovere sedimenten verwijderd worden met

een laag percentage aan fijn materiaal en lage concentraties aan zware metalen, kan dit als een niet-significant effect beschouwd worden (0/-).

In principe zal de coating van een onderwaterkabel – indien in permanent contact met zeewater - na verloop van tijd verslijten tengevolge van de veranderende temperatuur, golfwerking, enz. (OSPAR, 2008b). De bedekking van de kabel wordt echter periodiek gecontroleerd zodat de kans op direct contact van kabel met zeewater bijzonder gering is.

Omdat bovendien de kabel na de exploitatieperiode normaliter verwijderd wordt en de vrijgestelde concentraties aan bijvoorbeeld zware metalen bijzonder gering zijn, wordt deze potentiële invloed als verwaarloosbaar gecatalogeerd (0/-).

Invloed op turbiditeit

De parkkabels zullen waarschijnlijk door middel van jetting op 1 m diepte geplaatst worden om beschadiging te voorkomen. De totale lengte aan parkkabel wordt voor de voorgestelde configuraties vandaag geraamd op zo'n 35 km voor 48 windturbines (minimaal # WTG's) en zo'n 50 km voor 78 windturbines (maximaal # WTG's). Voor het alternatief van een gezamenlijk offshore transformatorplatform (alfa-platform, Elia) worden deze parkkabels – als rechtstreekse verbinding tussen het windmolenpark en dit offshore platform – nog zo'n 25 à 40 km langer. Bij jetting 'verweekt' de zeebodem tijdelijk door een op nul vallende korrelspanning (analoog met drijfzand) en kan de kabel wegzakken onder haar eigen gewicht. De exportkabel zal buiten de vaargeul waarschijnlijk door ploegen geplaatst worden op 2 m onder de zeebodem. In de vaargeul zal een combinatie van baggeren en jetten of ploegen vereist zijn.

Het aanleggen van deze kabels zal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Voornamelijk zand wordt opgewoeld, waardoor de straal waarbinnen het sediment terug bezinkt vrij gering zal zijn. Deze verhoging zal groter zijn bij de aanleg van de exportkabel, enerzijds omwille van de grotere diepte (meer zand in beweging), anderzijds omwille van de andere uitvoeringstechniek (het baggeren in de vaargeulen zal meer turbiditeit veroorzaken).

De kabels worden voldoende diep gelegd zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Op plaatsen met Tertiaire klei wordt de diepte eventueel beperkt tot 1 m, afhankelijk van de haalbaarheid.Doorgaans zijn Tertiaire lagen meer gecompacteerd en bevatten ze meer kleihorizonten dan de Quartaire deklagen die ze bedekken. Bij het doorkruisen van dergelijke zones kan tijdelijk een hogere turbiditeit in het water ontstaan.

BMM (2004) haalt aan dat bij het ploegen of jetten van de exportkabel in de zone dichter bij de kust nieuw fijn tot gemiddeld korrelig sediment in suspensie wordt gebracht omdat daar slibrijke fracties in de bodem aanwezig zijn. Aangezien dit tevens de zone is waar van nature een hoger turbiditeitsmaximum heerst, is de impact van de werken verwaarloosbaar (0/-). Een modelleringsstudie toont een depositie van 1-5 mm in een zone van enkele honderden meters rond de kabel, en 20 mm dicht tegen de kabel (BMM, 2007).

Een zeer uitgebreide literatuurstudie omtrent de milieu-impact van het leggen van kabels (o.a. verhoging turbiditeit) is terug te vinden in BERR (2008). Voor een windmolenpark (Norfolk) wordt bijvoorbeeld berekend dat de impactzone bij kabellegging varieert tussen 200 m van de kabel (met kleine depositiedikten van enkele mm) tot 20 m van de kabel (met deposities van ongeveer 10 mm) afhankelijk van de stromingscondities (aanname dat alle geploegde materiaal in suspensie komt). De achtergrondconcentraties aan turbiditeit zouden voor de gehele range slechts enkele percentages toenemen. Voor een ander park (Sheringham) werd gemodelleerd dat (bij ploegen van een kabel) de additionele concentraties terugvallen tot minder dan 1 mg/l binnen de eb- of vloedcyclus met een maximale invloedszone van 9 km.

Men besluit dat de impact van ploegen op turbiditeit zeer kort en lokaal is, maar dat over andere technieken (jetting, cutting, etc.) weinig data voorhanden is.

De impact van de plaatsing van kabels wordt als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld (0/-). Gezien de geringe dimensies van de kabelsleuf en in vergelijking met natuurlijke dynamiek wordt de aanleg van de kabels als een proces beschouwd met een verwaarloosbare impact op de turbiditeit. Er wordt geen langere termijneffect verwacht.

Tijdens de operationele fase hebben ondergrondse kabels geen invloed op de turbiditeit. Enkel indien de kabel na verloop van tijd zou vrijkomen op een bepaalde plaats, kan lokaal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit optreden bij het opnieuw begraven van de kabel.

5.1.4.6.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op water

Tabel 5-73 geeft een samenvatting weer van de effecten op water tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en de basisconfiguratie. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-5 Overzicht van de effecten op water (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering).

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Invloed op hydrodynamica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Operationele fase											
Invloed op hydrodynamica	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invloed op turbiditeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Invloed op hydrodynamica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling											
Invloed op hydrodynamica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.1.5 Leemten in de kennis

5.1.5.1 Bodem

Ondanks de globale modelleringsstudie is er op dit moment nog steeds onvoldoende kennis omtrent de meer lokale, gedetailleerde sedimentdynamiek in het complexe concessiegebied (duinen, geulen,…) om de meest geschikte stockageplaats te kiezen.

De monitoring op de Thorntonbank (Van den Eynde *et al.*, 2010) heeft ook uitgewezen dat bij elke verplaatsing van een zandhoeveelheid, grosso modo iets meer dan 30% verloren gaat. In dit concessiegebied zal dit waarschijnlijk vergelijkbaar zijn.

Het verdient aanbeveling om voor realisatie, indien gekozen wordt voor een gravitaire fundering, modelproeven uit te voeren omtrent de erosie van een windturbine met gravitaire fundering, om het technisch ontwerp van de erosiebescherming te verfijnen.

Ook is het eroderend effect op dagzomende Tertiaire klei een onbekende parameter. Speciaal in dit concessiegebied waar door de beperkte dikte van het aanwezige Quartair dek een aantal van de gravitaire funderingen op Tertiaire klei of zandhoudende klei geplaatst zullen worden is dit een niet onbelangrijke leemte in kennis.

5.1.5.2 Water

Naast de uitvoerig gekalibreerde modelleringsstudie rond de hydrodynamische karakterisatie bestaan er weinig stromingsmetingen in geulen tussen de banken. Het merendeel van de monitoringscampagnes voor andere windmolenparken werden uitgevoerd bovenop zandbanken.

Er is geen gebiedsspecifieke informatie (specifiek voor het Rentel concessiegebied) omtrent de waterkwaliteit. Er is echter geen enkele reden (omwille van bepaalde activiteiten) om aan te nemen dat de waterkwaliteit voor het concessiegebied sterk zou afwijken van de rest van het BDNZ. Gezien de geringe significantie van waterkwaliteitsaspecten verdient deze leemte dan ook weinig prioriteit.

5.1.6 Milderende maatregelen

5.1.6.1 Bodem

Er moet aandacht geschonken worden aan een goede afstemming in de tijd tussen het aanbrengen van de fundering en het aanbrengen van de erosiebescherming bij statische monopiles. Dit voorkomt immers erosie en leidt tot een minimaal gebruik van steenbestorting. Een goede afstemming van de deeltrajecten is hoe dan ook een vereiste bij het tussentijds stockeren van zand, dit om diverse verliezen zo veel mogelijk te beperken.

Om de impact van het gestockeerde materiaal te verminderen wordt er de voorkeur aan gegeven om de oppervlakte van de verstoring zo klein mogelijk te houden, maar er wordt beter niet hoger gestockeerd dan de natuurlijke zandduinen in de omgeving. Een compromis is een stockagehoogte van 5 m. De stockage zal gebeuren opwaarts van de overheersende stromingsrichting zodat natuurlijke stromingen de genivelleerde zones opnieuw kunnen aanvullen rondom de funderingen.

Op het kabeltracé moet bij overkruisingen van andere leidingen, waarbij de minimale begravingsdiepte niet kan behaald worden, een extra bescherming aangebracht worden. Dit

kan geschieden met dezelfde breuksteen die aangewend wordt voor de erosiebescherming op het windmolenpark en/of met betonnen beschermingsmatrassen. Een geschikt ontwerp – gebeurlijk in combinatie met een gepaste monitoring - verzekert de morfodynamische stabiliteit van deze extra bescherming.

5.1.6.2 Water

Als onderdeel van het globale veiligheidsysteem, dient er een duidelijke procedure beschikbaar te zijn die beschrijft op welke manier en door wie acties worden ondernomen op het moment dat er tijdens de inrichting, exploitatie of ontmanteling een calamiteit ontstaat met nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit (vb. olielek). Hiervoor wordt verwezen naar de discipline 'Risico en veiligheid'.

5.1.7 Monitoring

Nu en in de komende jaren worden verschillende windmolenparken gerealiseerd binnen de afgebakende windconcessiezone. Een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's is aangewezen.

Het monitoringsprogramma voor het windmolenpark in het Rentel concessiegebied zal kunnen aansluiten bij deze van de windmolenparken in opbouw (Belwind, C-Power, Norther...). Zo is voorzien dat een monitoringsonderdeel waarvan mag worden verwacht dat de resultaten representatief kunnen zijn voor meerdere windmolenparken, niet bij andere windmolenparken wordt herhaald. Waar dit opportuun is, kunnen ter vergelijking steekproeven worden uitgevoerd.

De in dit hoofdstuk beschreven monitoringsresultaten kunnen worden verkregen met de aanpak zoals die reeds voor C-Power is vastgesteld (BMM, 2004, 2006a) alsook voor Belwind (BMM, 2007), Northwind (BMM, 2009) en voor Norther (BMM, 2011b). Dit betekent dat met het monitoringsprogramma:

- de evolutie van de erosie en morfologie rond de turbines wordt gemeten (specifiek rond de jacket funderingen is een nauwkeurige opvolging van de natuurlijke erosieprocessen absoluut noodzakelijk – als basis voor al dan niet aanbrengen van erosiebescherming);
- de ingravingsdiepte van de hoofdkabel naar land wordt bewaakt;
- een nauwkeurige registratie van de baggeractiviteiten (meer expliciet de baggervolumes) vormen een geschikte basis voor opvolging, evaluatie en beheer van de baggerefficiëntie. Hierbij dienen expliciet de bewegingen van het gestockeerde zand worden opgemeten in het geval van gravitaire funderingen;
- en dat voor de werken een bodemonderzoek (boringen, korrelgrootte, …) wordt uitgevoerd;

Voor de frequentie, technieken, etc. wordt verwezen naar bovenstaande referenties, de monitoringsprogramma's voorgesteld door BMM voor de C-Power, Belwind, Northwind en Norther windmolenparken. Essentieel zijn ook de recente resultaten rond monitoring en evaluatie van milieueffecten tijdens de bouw van de windmolenparken op de Thorntonbank

(C-Power) en de Bligh Bank (Belwind), met aandacht voor wijzigingen in het natuurlijk milieu (in ruimte en tijd).

Voor, tijdens en na de werken kunnen metingen uitgevoerd worden van de waterhoogtes, stromingen en concentraties aan materiaal in suspensie (turbiditeit) in het concessiegebied zelf en op een referentiegebied. Stromingen en waterhoogtes worden per definitie al tijdens de werken gemonitord. Voor de methoden, materiaal en periodiciteit van deze monitoring kan verwezen worden naar BMM (2004 en 2006a), BMM (2007) en Degraer *et al.* (2010a, 2011). Op deze manier kan een vergelijking gemaakt worden tussen natuurlijke omstandigheden en verhoogde turbiditeit door de werkzaamheden en exploitatie. Voor het Rentel project wordt met betrekking tot monitoring van bovengenoemde parameters bij het C-Power project, het Belwind Project, het Northwind project en Norther aangesloten om een kostenefficiënte monitoring te bekomen.

5.2 KLIMAAT EN ATMOSFEER

5.2.1 Methodologie

5.2.1.1 Klimaat

De referentiesituatie en de effecten worden beschreven op basis van een samenvatting van de beschikbare literatuurbronnen, websites, en gelijkaardige milieueffectenrapporten.

Bij de bespreking van de specifieke impact van het Rentel offshore windmolenpark wordt aandacht besteed aan de volgende effecten:

- Impact op het globale klimaat door de vermindering van de emissie van broeikasgassen;
- Impact op het lokale windklimaat door de aanwezigheid van het windmolenpark;
- Impact van de kabel op de temperatuur van het omringende sediment.

5.2.1.2 Atmosfeer

Voor het bepalen van de luchtkwaliteit in de concessiezone wordt gebruik gemaakt van meetgegevens en jaarrapporten van VMM. Aangezien Norther recentelijk (2011) een MER indiende, is er sindsdien maar een beperkte hoeveelheid bijkomende wetenschappelijke informatie verschenen. Een groot deel van de bespreking van de atmosfeer zal dan ook gelijkaardig zijn aan het MER van Norther (Arcadis, 2011).

Gezien de dichtst bijzijnde (relevante) meetposten van VMM reeds enkele kilometers landinwaarts staan kunnen de meetgegevens slechts als indicatieve (overschatte) waarden aanzien worden, tenzij het concessiegebied sterk zou beïnvloed worden door de uitlaatgassen van de vrachtschepen op de Noordzee.

De meest relevante parameters in het kader van dit project zijn de algemene luchtverontreinigende componenten NO_X, SO_2, PM10 (stof), O_3 en CO_2. De actuele luchtkwaliteit van het studiegebied wordt getoetst aan de Europese luchtkwaliteitsdoelstellingen, gezien deze van toepassing zijn binnen de Europese Unie en in de nationale wetgevingen dienen geïmplementeerd te zijn.

Tengevolge van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windmolenpark worden ook de mogelijke emissies geïdentificeerd en indien relevant, gekwantificeerd. De lokale bijdrage van de emissies aan de luchtkwaliteit wordt bestudeerd zodat mogelijke gevolgen kunnen worden geëvalueerd.

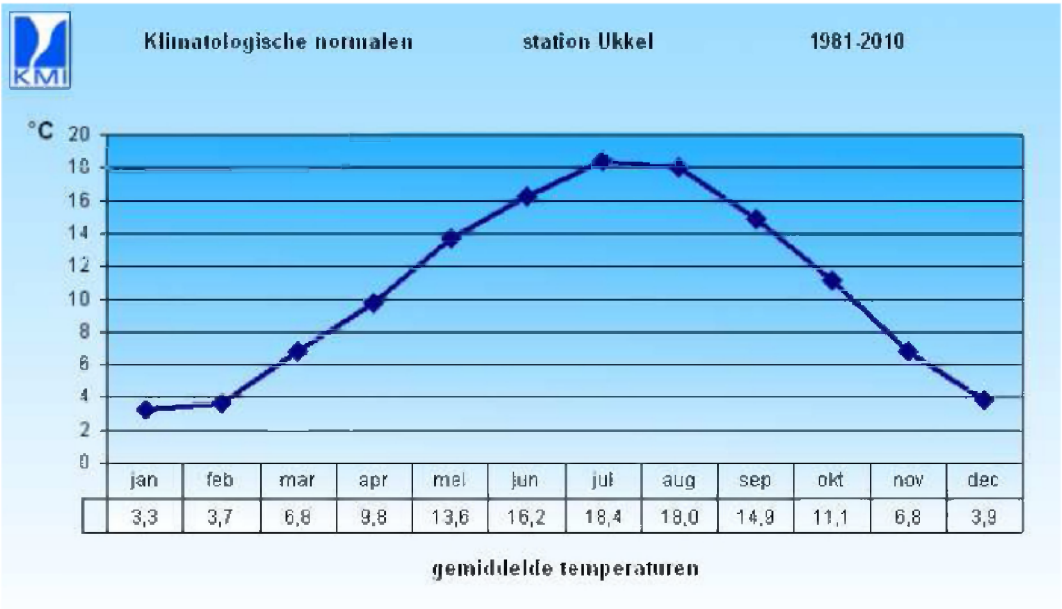
Er wordt ook berekend welke emissies vermeden worden door het gebruik van windenergie in plaats van de klassieke energieproductie. De vermeden emissies worden vergeleken met de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen in het kader van het Kyoto-protocol (CO_2) en de NEC-richtlijn (NO_X en SO_2).

5.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

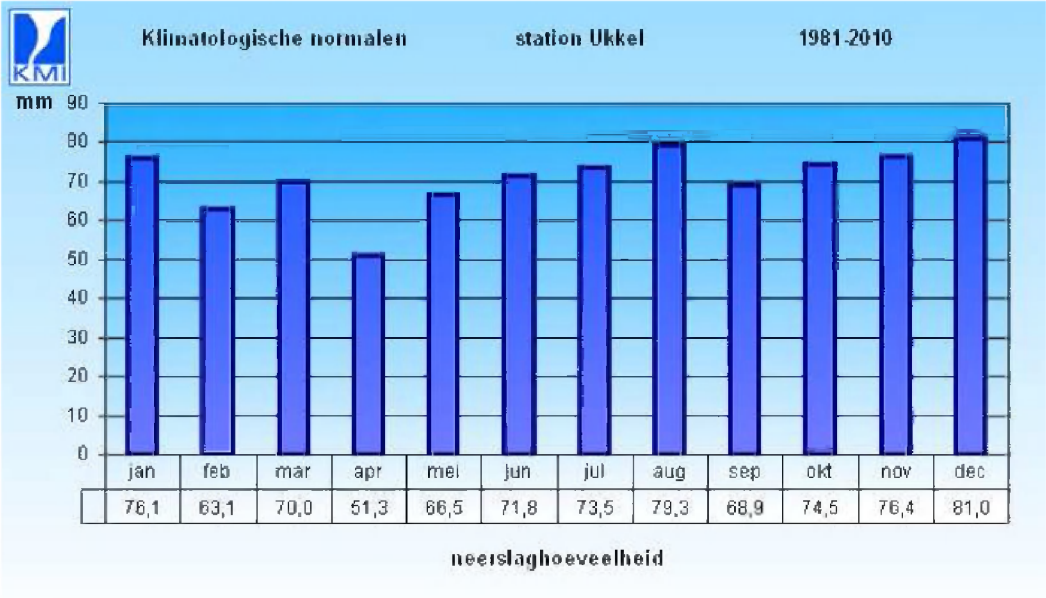
5.2.2.1 Klimaat

België kent over het algemeen een gematigd zeeklimaat. Het zeeklimaat wordt gekenmerkt door vrij veel regen en wind, en kleine temperatuursvariaties tussen de verschillende seizoenen. Het heeft een koele zomer en een zachte winter. Aan de kust komt een echt zeeklimaat voor. Het gemiddelde temperatuurverschil tussen de warmste en de koudste maand is hier het kleinst (zomer 16,9℃; winter 3℃).

In Figuur 5-29 en Figuur 5-30 worden de gemiddelde temperatuur en neerslag voor de periode 1981-2010 weergegeven voor Ukkel.



Figuur 5-29 Gemiddelde temperatuur in Ukkel voor de periode 1981-2010 (KMI, 2012)

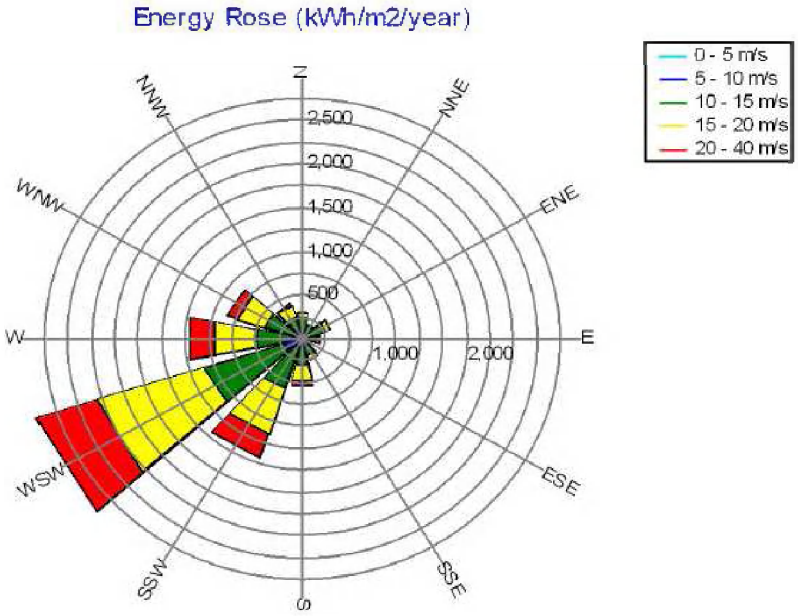


Figuur 5-30 Gemiddelde neerslag in Ukkel voor de periode 1981-2010 (KMI, 2012)

De klimaatskarakteristieken die heersen aan land gelden in grote mate ook voor het klimaat ter hoogte van het geplande windmolenpark. Op zee is er echter gemiddeld een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. In de eerste 20 km vanaf de kust, stijgt de gemiddelde windsnelheid relatief snel met de afstand. Vanaf 20 km uit de kust wordt deze toename in windsnelheid significant kleiner. Bijvoorbeeld, op 10 km van de kust kan de windsnelheid op zee 25% hoger zijn dan aan de kust.

In nabijgelegen windmolenparken werden de windkarakteristieken reeds eerder in detail bestudeerd volgens verschillende methodes. In een eerste benadering werd een grondige analyse uitgewerkt van de lange termijn dataset van het nabijgelegen meetstation van Westhinder, zo'n 35 km zuidwestelijk van de Rentel concessiezone gelegen. Hierbij werd ook een correlatie met de meetgegevens van de 116 m hoge Nederlandse NoordZeeWind meetmast op de Noordzee meegenomen (deze mast is zo'n 150 km noordoostwaarts van het gebied gelegen). In een andere benadering wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde WRF-model (Weather Research and Forecasting), waar op mesoschaal een numerieke tijdreeks van windsnelheden en windrichtingen wordt gesimuleerd. IJking op basis van beschikbare meetreeksen in nabijgelegen meetposten verzekert de kwaliteit van de numerieke berekeningen. Beide methoden genereren nagenoeg dezelfde resultaten.

Een rudimentaire screening van de geregistreerde windmeetgegevens ter hoogte van de Westhinder-meetpaal geeft duidelijk West Zuid West als dominante windrichting aan (Figuur 5-31).



Figuur 5-31 Wind Energie Roos (combinatie frequentie en windsnelheid) ter hoogte van de Westhinder-meetpaal (bron: 3E, 2011)

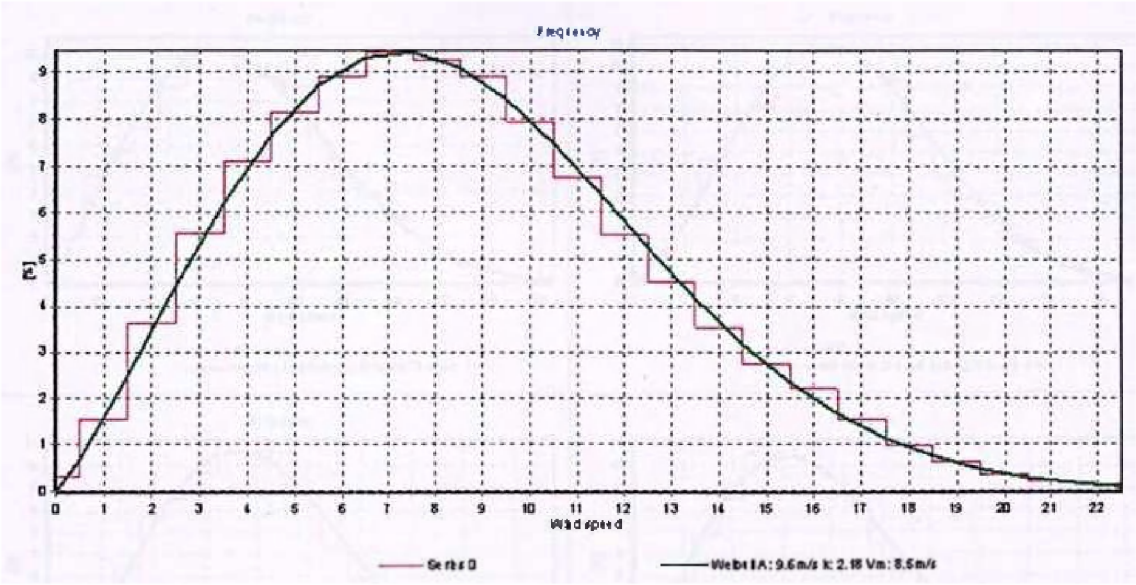
In een recente studie van 3E (2011) worden de actuele meteorologische gegevens van de meetstations van het "Meetnet Vlaamse Banken"-systeem gebruikt om het lokale windklimaat ter hoogte van de offshore Rentel-zone te simuleren. Volgende meetstations worden hierbij in ogenschouw genomen:

- Wandelaar MOW 0 (10 km uit de kust van Blankenberge op een afstand van ca. 20 km van de Rentel site);
- Westhinder MOW 7 (32,5 km uit de kust van Nieuwpoort op een afstand van ca. 38 km van de Rentel-site).

In Tabel 5-6 worden de karakteristieke windgegevens weergegeven voor beide windmeetstations en Figuur 5-32 toont de frequentiedistributie van de windsnelheid voor Westhinder. In het kader van windmolenpark Northwind worden in IMDC (2011b) gelijkaardige windgegevens vermeld voor de Lodewijkbank. De gemiddelde windsnelheid is er 9,6 m/s, de dominante windrichting (20% van de tijd) is eveneens WZW.

Tabel 5-6 Windgegevens meetstations 'Wandelaar' en 'Westhinder'

	MOW 0 Wandelaar	MOW 7 Westhinder
Registratie niveau (m TAW)	25,30	25,25
Beschikbare meetperiode	2002-2009	1994-2003
Gemiddelde windsnelheid (m/s)	8,15	8,52
Gemiddelde windrichting	WZW (14,3%)	WZW(18,8%)



Figuur 5-32 Frequentiedistributie van de windsnelheid voor MOW 7 Westhinder (3E, 2001)

De windsnelheid neemt toe met de hoogte boven de waterspiegel volgens een logaritmische functie: de windsnelheid neemt snel toe vanaf het oppervlak, op een hoogte interessant voor windenergiegebruik wordt de gradiënt kleiner. De gemiddelde windsnelheid voor de Noordzee op verschillende hoogtes wordt gegeven in Tabel 5-7.

Tabel 5-7 Windsnelheid op open zee (>10 km van de kust) voor 5 standaard hoogtes (Söker et al., 2000)

Hoogte	Windsnelheid (m/s)
10 m	7,0 – 8,0
25 m	7,5 – 8,5
50 m	8,0 – 9,0
100 m	8,5 – 10,0
200 m	9,5 – 11,0

Voor windmolenpark Northwind op de Lodewijkbank (vroeger Bank zonder Naam) werden snelheden van 41,9 m/s gemodelleerd op een hoogte van +84 m LAT voor een terugkeerperiode van 50 jaar. Bij een terugkeerperiode van 1 jaar is de windshelheid op die hoogte 26 m/s (IMDC, 2011b).

5.2.2.2 Atmosfeer

Aan de kust is er slechts 1 VMM-meetstation gelegen dat relevant is voor de kwaliteit van de lucht boven zee. Het gaat hier om station 44N002 – Zeebrugge Zeesluis. In 2010 werden de metingen in dit station echter stopgezet. Ongeveer 10 km landinwaarts liggen de meetstations 44N012 – Moerkerke, 44N029 – Houtem, 47E714 – Dudzele en 47E715 – Zuienkerke.

In deze meetstations werden de volgende componenten gemeten:

- Zeebrugge (2008): SO_2
- Moerkerke: NO_X, PM10, O_3
- Houtem: SO_2, NO_X, PM10, O_3
- Dudzele: NO_X
- Zuienkerke: NO_X

5.2.2.2.1 SO_2

SO_2 werd het laatst in Zeebrugge gemeten in 2008 en in 2010 in Houtem. Tabel 5-8 geeft de gemeten waarden weer. De grenswaarde van 350 µg/m³, bepaald door Europese Richtlijn 2008/50/EG als uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens, werd in beide meetstations gerespecteerd. Deze grenswaarde mag niet meer dan 24 keer per jaar overschreden worden.

Tabel 5-8 Gemiddelde, 50-percentiel en 98-percentielwaarde voor SO_2 in de nabijheid van de kust in Zeebrugge (2008) en Houtem (2010) (uurwaarden in µg/m³) (VMM, 2009, 2011)

Meetstation SO_2	Gemiddelde (µg/m³)	50-percentieel (µg/m³)	98-percentieel (µg/m³)
Zeebrugge	4	3	31
Houtem	2	1	5

5.2.2.2.2 NO_X

Tabel 5-9 geeft de waarden weer voor de concentratie aan NO en NO_2 in de omgevingslucht vastgesteld in 2010 (VMM, 2011). De grenswaarde van 200 µg/m³ voor NO_2, bepaald door Europese Richtlijn 2008/50/EG als uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens, werd in alle meetstations gerespecteerd. Deze grenswaarde mag niet meer dan 18 keer per jaar overschreden worden.

Tabel 5-9 Gemiddelde, 50-percentiel en 98- percentielwaarde voor NO en NO_2 in de nabijheid van de kust in 2010 (uurwaarden in µg/m³) (VMM, 2011)

Meetstations NO_X	Gemiddelde (µg/m³)		50-percentieel (µg/m³)		98-percentieel (µg/m³)	
	NO_2	NO	NO_2	NO	NO_2	NO
Moerkerke	19	4	15	1	54	37
Houtem	16	3	12	1	51	23
Dudzele	19	6	16	1	54	46
Zuienkerke	20	5	15	1	58	47

5.2.2.2.3 O_3

Tabel 5-10 geeft de waarden weer voor de concentratie aan ozon nabij de kust vastgesteld in 2010 (VMM, 2011). De grenswaarde voor de hoogste 8-uurgemiddelde van een dag bedraagt 120 µg/m³, bepaald door Europese Richtlijn 2008/50/EG als uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens, en werd in beide meetstations gerespecteerd. Deze grenswaarde mag gemiddeld over 3 jaar niet meer dan 25 keer per jaar overschreden worden.

Tabel 5-10 Gemiddelde, 50-percentiel en 98-percentielwaarde voor O_3 in de nabijheid van de kust in 2010 (uurwaarden in µg/m³) (VMM, 2011)

	Gemiddelde (µg/m³)	50-percentieel (µg/m³)	98-percentieel (µg/m³)
Uurwaarden			
Moerkerke	43	44	94
Houtem	45	45	94
Dagelijkse maximale 8-uurgemiddelden			
Moerkerke	62	65	114
Houtem	63	66	105

5.2.2.2.4 PM10

De concentraties aan stof in de omgevingslucht die in 2010 in de relevante meetstations werden gemeten zijn terug te vinden in Tabel 5-11. Gemiddeld voldoen de gemeten PM10 waarden aan de vooropgestelde daggrenswaarde van 50 µg/m³, bepaald door Europese Richtlijn 2008/50/EG voor de bescherming van de gezondheid van de mens. Deze grenswaarde mag niet meer dan 35 keer per jaar overschreden worden.

Tabel 5-11: Gemiddelde, 50-percentiel en 98-percentielwaarde voor stof in de omgeving van de kust (dagwaarden in µg/m³) (VMM, 2011)

Meetstation PM10	Gemiddelde (µg/m³)	50-percentieel (µg/m³)	98-percentieel (µg/m³)
Moerkerke	26	21	81
Houtem	26	22	79

5.2.2.2.5 CO_2

CO_2 is niet opgenomen in het meetprogramma van de VMM en er bestaan voor deze parameter ook geen luchtkwaliteitdoelstellingen. CO_2 is het belangrijkste broeikasgas van antropogene oorsprong. De concentratie in de atmosfeer is gestegen van 280 ppm (pre-industriële toestand) naar 392 ppm in 2012 (NOAA, 2012). De CO_2-uitstoot van fossiele oorsprong is aanzienlijk gestegen tussen 1990 (6,4 GtC/jaar) en 2008 (8,8 GtC/jaar) (IPCC, 2007; Myrhe *et al.*, 2009).

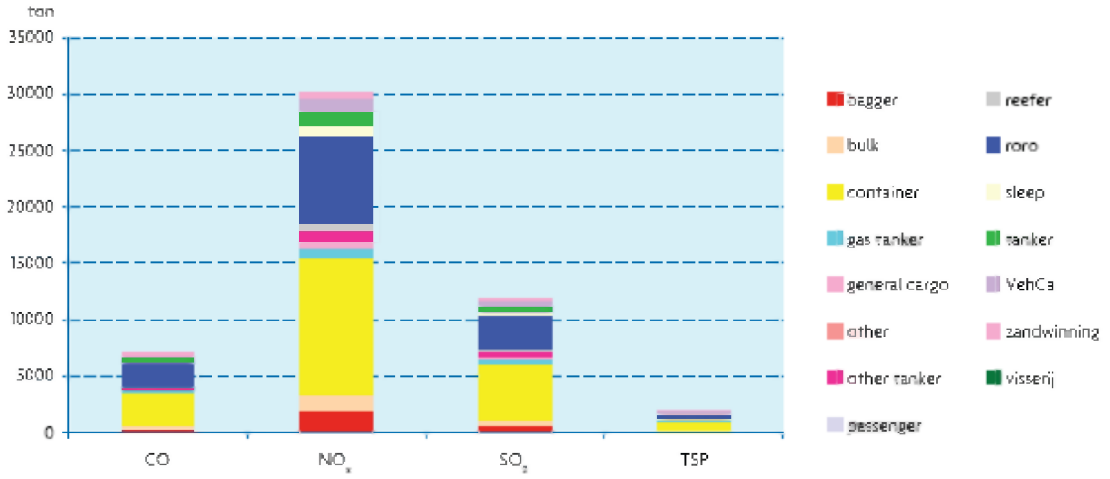
5.2.2.2.6 Evaluatie van de luchtkwaliteit

Op basis van het voorgaande kan besloten worden dat de luchtkwaliteit ter hoogte van het projectgebied voor alle relevante componenten ruimschoots aan de vooropgestelde (Europese) luchtkwaliteitdoelstellingen voldoet.

5.2.2.2.7 Emissies tengevolge van zeescheepvaart

In VMM (2010) wordt een overzicht gegeven van de emissies tussen 1990 en 2008 tengevolge van de zeescheepvaart in Vlaanderen. Het betreft hier de scheepvaart in Vlaamse havens, op de Schelde bij de haven van Antwerpen en op het BDNZ, exclusief de internationale Noord-Zuid zeevaartroute via het Kanaal. Figuur 5-33 illustreert de totale uitstoot van de verschillende parameters voor 2008, per scheepstype. De scheepstypes roro en

container vertegenwoordigen samen het grootste deel van de emissies, terwijl de emissies over de andere scheepstypes ongeveer evenredig verdeeld zijn. De figuur toont de som van de binnenlandse zeescheepvaart (vertrekken en aankomen in België) en de internationale zeescheepvaart (emissies op Belgisch grondgebied in de haven of onderweg, van alle schepen die reizen tussen een Vlaamse en een niet-Vlaamse haven).

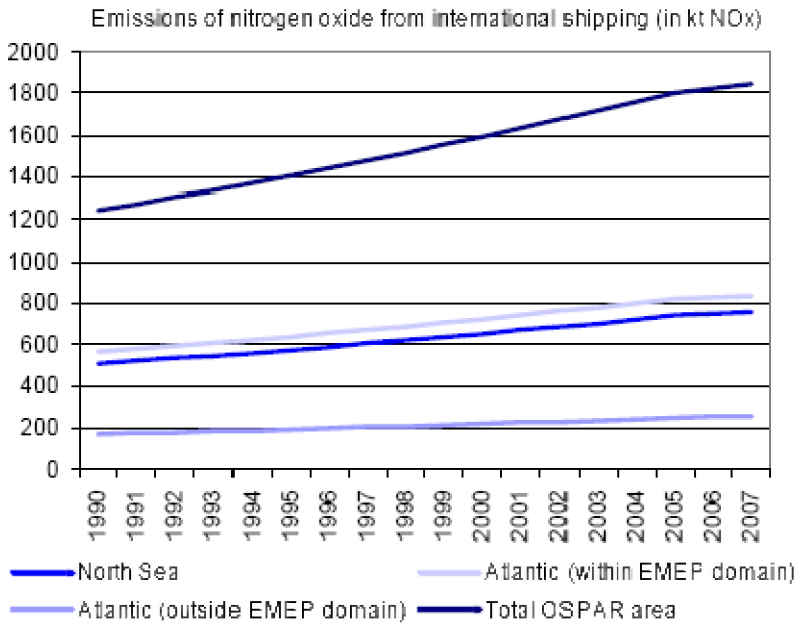


Figuur 5-33 Totale CO-, NO_x-, SO_2- en TSP-emissies (totaal zwevend stof in ton) per scheepstype door de zeescheepvaart in Vlaanderen (2008) (VMM, 2010)

Daarnaast zijn ook EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) uitstootgegevens beschikbaar van scheepsverkeer in de Noordzee (OSPAR, 2010).

In de Noordzee is de totale bijdrage aan NO_x rechtstreeks afkomstig van het internationaal scheepsverkeer sterk toegenomen sinds 1998, zoals weergegeven in

Figuur *5-34*.



Figuur 5-34 NO_x uitstoot van internationaal scheepvaartverkeer in kt NO_x per jaar in 1990-2007, gebaseerd op EMEP emissie data (bron: Ospar 2010)

5.2.2.3 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling van het globale klimaat is relatief moeilijk in te schatten gezien de problematiek rond het broeikaseffect en de opwarming van de aarde. De globale atmosferische concentraties van de broeikasgassen koolstofdioxide (CO_2), lachgas (N_2O) en methaan (CH_4) zijn veel hoger nu dan in de pre-industriële tijden. De stijging van de concentraties CO_2 en CH_4 is voornamelijk te wijten aan de emissies die worden veroorzaakt door het gebruik van de fossiele brandstoffen, de landbouw en de wijziging van landgebruik.

De verwachtingen omtrent de toename van de temperatuur tegen 2100 hangen af van het emissiescenario, maar zou volgens het IPCC kunnen gaan tot 5 à 6°C vergeleken met de periode 1980-1999. De verwachte stijging van de zeespiegel tegen 2100 ten gevolge van thermische uitzetting van zeewater en smeltende ijskappen wordt ingeschat op 1 m (Reid *et al.*, 2011).

Wat betreft de luchtkwaliteit, kan gesteld worden dat de emissies, die een gevolg zijn van het materiaalgebruik, de constructie en ontmanteling van het windmolenpark niet zullen plaatsvinden bij een autonome ontwikkeling. Bijgevolg zal er geen tijdelijke beïnvloeding zijn van de lokale luchtkwaliteit. Daarentegen zullen de vermeden emissies als gevolg van de elektriciteitsproductie door het windmolenpark wel gerealiseerd worden en zal de CO_2-concentratie in de atmosfeer zonder verregaande reductiemaatregelen verder toenemen.

De eisen inzake luchtkwaliteit worden in de komende jaren nog verder opgeschroefd. Zo heeft het IMO (International Maritime Organisation) vastgelegd dat vanaf 2015 op de Noordzee alleen het gebruik van brandstof met minder dan 0,1% zwavel is toegestaan (Duyzer, 2009). Emissies zullen dus waarschijnlijk in werkelijkheid minder zijn, wat de luchtkwaliteit positief zal beïnvloeden.

5.2.3 Effecten

5.2.3.1 Klimaat

Voor de bespreking van de effecten op het klimaat wordt aandacht besteed aan twee aspecten, namelijk enerzijds de effecten die bijdragen tot de globale klimaatsverandering en anderzijds de effecten op het lokale windklimaat. Tenslotte zijn er de effecten die de kabel kan hebben op het lokale temperatuursklimaat.

5.2.3.1.1 Constructiefase

Gedurende de inrichting van het windmolenpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen effecten (0) ondervinden.

5.2.3.1.2 Operationele fase

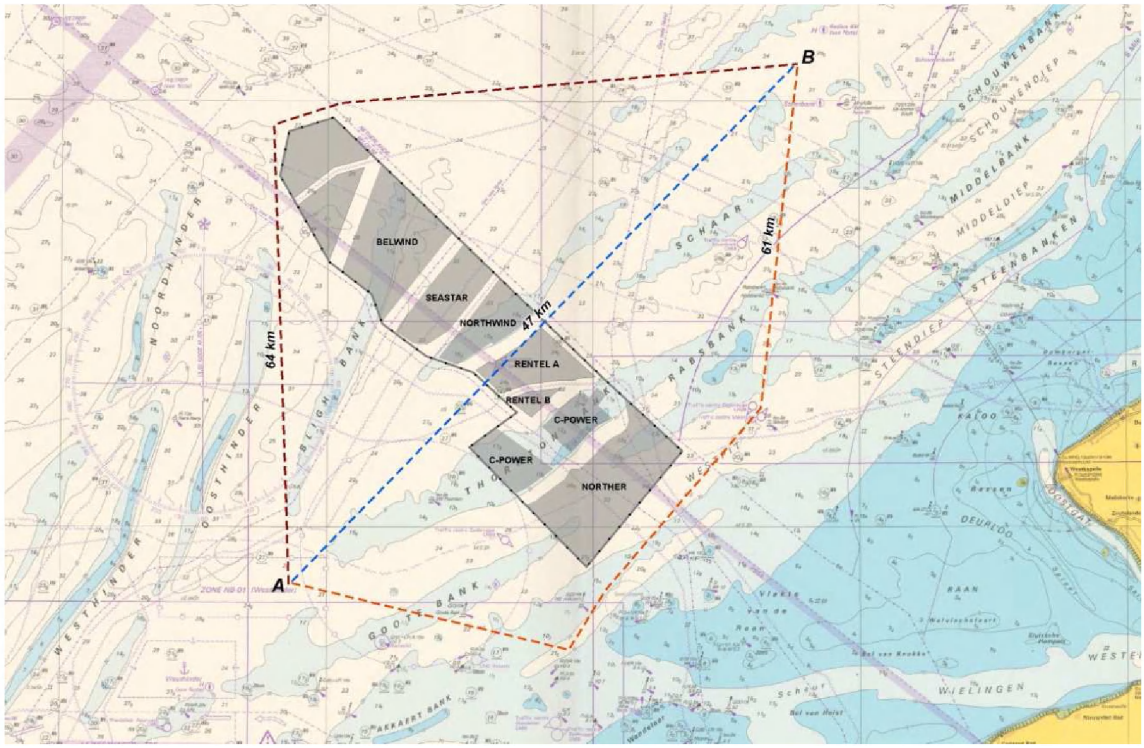
Globaal klimaat

De belangrijkste impact van de exploitatie van het windmolenpark is de reductie van de emissies van broeikasgassen, die mee verantwoordelijk zijn voor de klimaatsverandering. De netto elektriciteitsproductie van het windmolenpark dient niet door middel van klassieke energie te worden opgewekt, wat aanleiding geeft tot vermeden emissies op het land (verder besproken in § 5.2.3.2).

Het windmolenpark zal slechts in zeer kleine mate bijdragen tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal wel een meetbare bijdrage leveren op

Belgisch vlak. Het effect op het globaal klimaat wordt daarom als gering positief beoordeeld (0/+).

Aangezien de volledige Belgische windconcessiezone zal afgesloten worden voor scheepvaart, zullen schepen door het omvaren echter langere afstanden moeten afleggen (Figuur 5-35). Dit zal zorgen voor een extra uitstoot van emissie van broeikasgassen. Figuur 5-35 toont aan dat de huidige secundaire vaarroute van punt A naar punt B, 17 km langer zal worden na noordelijke omleiding, en 14 km langer via de zuidelijke omleiding. De toename van het totaal aantal afgelegde scheepsmijlen (ten opzichte van de situatie met de reeds vergunde windmolenparken Belwind, Northwind en C-Power) als gevolg van de veranderde routes op de Belgische Noordzee wordt op minder dan 500 NM (926 km) per jaar becijferd (MARIN, 2011b). De groottorde van de toename in emissies is afhankelijk van het type schip.



Figuur 5-35 Extra afstand die schepen moeten afleggen om van punt A naar punt B te geraken (huidige secundarie vaarroute doorheen het Rentel concessiegebied) door het afsluiten van de Belgische windconcessiezone

Voor een (bagger)schip met lengte 130 m en diepgang van 10 m is het vrij varend vermogen 13,000 kW (IMDC, 2010a). Met een veronderstelde snelheid van 14 knopen, komt de toename van totaal afgelegde scheepsmijlen per jaar (500 NM) overeen met 36 extra vaaruren of 468.000 KWh extra verbruikt vermogen. De overeenkomstige toegenomen uitstoot aan broeikasgassen is gegeven in

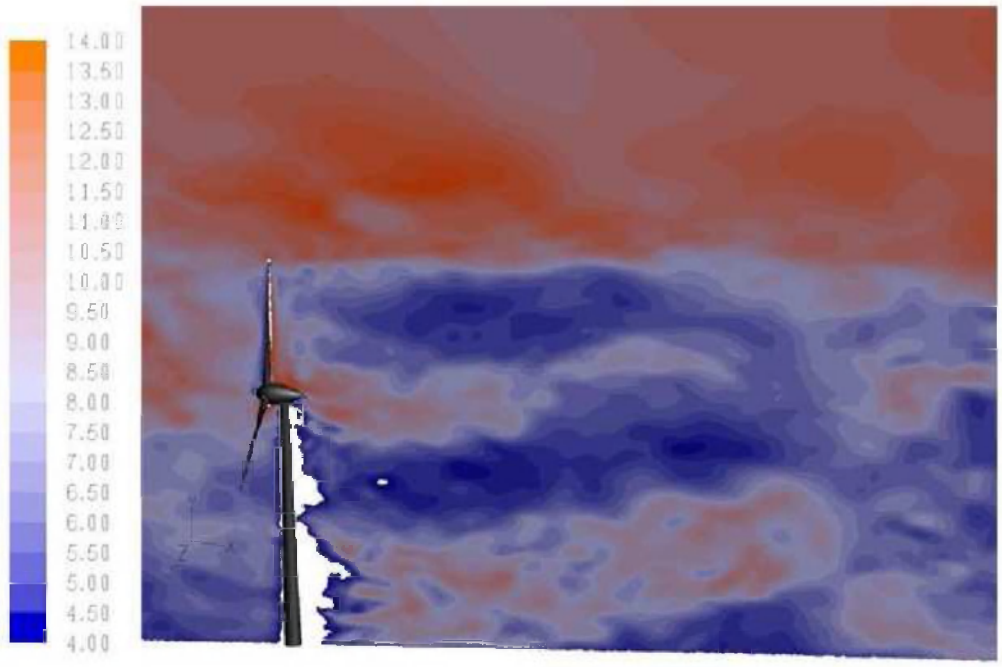
Tabel *5-12*. In vergelijking met de jaarlijkse uitstoot aan NOx in de Noordzee, nl. 750 kton in Figuur 5-34, is dit slechts een minieme toename.

Tabel 5-12 Emissiefactoren uitgedrukt in g/kWh voor varen op open zee (uit Entec, 2002) en bijkomende emissie door omvaren

	NO_x	SO_2	KWS	Stof
emissiefactor (g/kWh)	14,1	11,4	0,5	0,3
Emissie door 500 extra scheepsmijlen (ton)/jaar	6,60	5,33	0,23	0,14

Lokaal windklimaat

De impact van het windmolenpark op het lokale windklimaat wordt enerzijds veroorzaakt door het feit dat de windturbines een obstakel zijn voor de wind, en anderzijds doordat de windturbines energie onttrekken aan de wind. Daardoor ontstaat achter de rotor een turbulente zogstroming met lagere windsnelheden (Figuur 5-36). De wind is dus binnen het park en in de nabije omtrek vertraagd en ook verstoord. Brand (2009) berekende dat de windsnelheid achter een offshore windmolenpark ca. 40% lager is dan vlak ervoor. Om het verlies in windsnelheid achter een windmolenpark te beperken tot -0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in acht genomen te worden tussen de parken in de overheersende windrichting (WZW) (Brand, 2009).



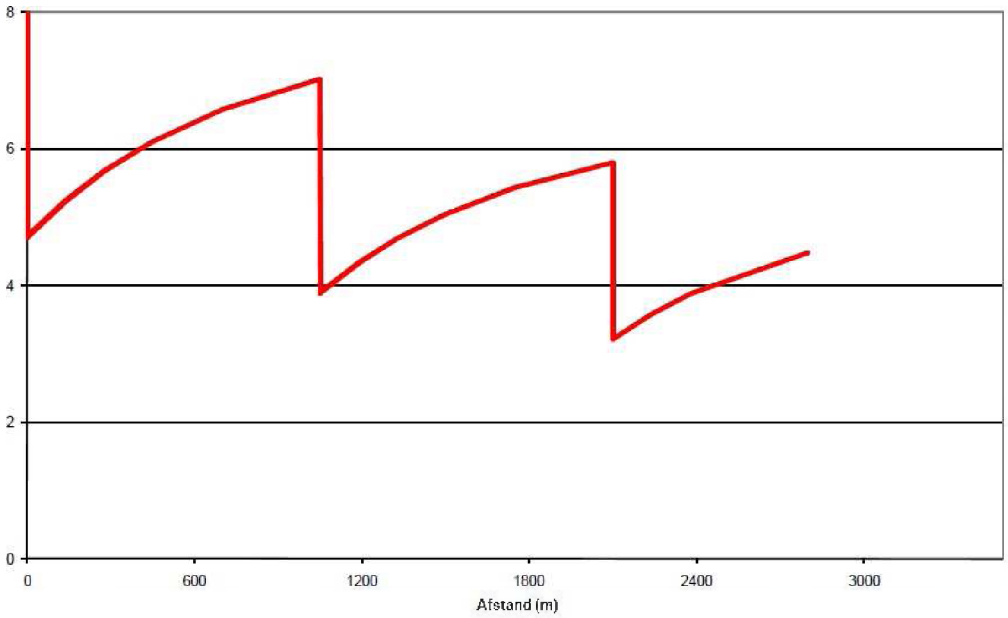
Figuur 5-36 Contouren van de windsnelheden (in m/s) bij een gemiddelde v_{in}=10 m/s op rotorhoogte (Wußow et al., 2007)

Om de onderlinge afstand tussen de windturbines te bepalen moet er een optimalisatie gevonden worden tussen twee factoren. Enerzijds moeten de turbines op een zeker afstand van elkaar geplaatst worden om de opbrengst van de individuele turbines te maximaliseren. Anderzijds is het geïnstalleerd vermogen per oppervlakte best zo groot mogelijk om een

optimale benutting van de beschikbare zone te bekomen. In elk geval dient er een minimale afstand gehouden te worden om de turbulenties en bijgevolg de resulterende belasting van de windturbines tot een aanvaardbaar niveau te beperken. In de overheersende windrichting wordt over het algemeen een gemiddelde afstand van 5,5 tot 8 rotordiameters gerespecteerd tussen rijen (afstand in de hoofdwindrichting) en een tussenafstand van 3,5 tot 5 rotordiameters in de rij (voor turbines van 7 MW) (Tractebel Engineering, 2010, 2011).

Een actuele optimalisatiestudie voor een nabijgelegen windmolenpark met gelijkaardige turbines als voorgesteld door Rentel (3E, 2011) geeft ontwerpwaarden voor de onderlinge tussenafstand in het windmolenpark van 3,3-4,5 rotordiameters in de rij (resp. Vestas V164 7 MW-Clipper Britannia 10 MW) en 6,0-6,1 rotordiameters tussen rijen (in windrichting) (resp. Clipper Britannia 10 MW-Vestas V164 7 MW).

In Figuur 5-37 wordt het cumulatieve effect van verschillende windturbines achter elkaar weergegeven (Sanderhoff, 1993). De wind heeft net achter de eerste windturbine bijna 45% van zijn snelheid verloren. Juist voor de tweede windturbine bedraagt de windsnelheid terug ca. 82% van zijn initiële waarde, na de tweede windturbine neemt de windsnelheid opnieuw af met ca. 45%, etc. De windturbines bevinden zich echter niet perfect achter elkaar zodat het effect van de eerste rij windturbines op de tweede rij kleiner zal zijn. De efficiëntie van de windturbines hangt dus af van de opstelling en de windrichting.



Figuur 5-37 Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines) (Sanderhoff, 1993)

Een tweede factor die het lokale windklimaat beïnvloedt, is de turbulentie veroorzaakt door de windturbines. De turbulentie intensiteit verhoogt namelijk in het zog van de windturbine. Het effect van deze parameter is over een grotere afstand merkbaar dan de windsnelheid. Turbulentie is voornamelijk belangrijk voor de stressgevoeligheid van het materiaal, maar binnen het windmolenpark heeft turbulentie eveneens een effect op de efficiëntie. Hoe dichter twee windturbines bij elkaar geplaatst zijn, hoe hoger de turbulentie.

De effecten van het windmolenpark op het lokale windklimaat zullen beperkt blijven tot zeer lokale effecten en worden bijgevolgd als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Lokaal temperatuursklimaat onder invloed van kabels

Bij het transport van elektriciteit ontstaan kleine energieverliezen. De beperkte energie die verloren gaat, wordt omgezet in warmte. Het type kabel (gelijkstroom of wisselstroom, mono- of bipolair, gebundeld of niet gebundeld, type isolatiemateriaal, diepte waarop de kabel wordt gelegd), het aantal kV en de karakteristieken van de omgeving (thermische conductiviteit en weerstand) bepalen de hoeveelheid warmte die vrijkomt (Merck, 2009). Merck (2009) geeft hierbij aan dat warmteverlies groter is bij wisselspanning (zoals de exportkabel van het Rentel windmolenpark) dan bij gelijkspanning.

Grontmij (2006) geeft aan dat bij een maximale belasting van de elektriciteitskabels van het windmolenpark van Katwijk de kabels intern zullen opwarmen tot ca. 60°C. Er bestaat nog onduidelijkheid betreffende de graad van opwarming van de zeebodem gaande van een stijging van de temperatuur juist boven de kabel van 0,19°C (BERR, 2008) tot max. 3°C (Grontmij, 2006). Veldonderzoek uitgevoerd in het Nysted windmolenpark toont aan dat de temperatuursstijging op een diepte van 20 cm boven de kabel niet hoger is dan 1,6°C (Meißner *et al.*, 2007). De capaciteit van de kabel was wel slechts 166 MW. Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak, die niet altijd te onderscheiden is van de natuurlijke fluctuaties in de omgeving (BERR, 2008).

Aangezien de warmte-productie door de ingegraven kabels hier eerder gering is en de effecten zeer lokaal zijn, wordt het effect van opwarming als gering negatief (0/-) beoordeeld.

5.2.3.1.3 Ontmantelingsfase

Gedurende de ontmanteling van het windmolenpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen effecten (0) ondervinden.

5.2.3.2 Atmosfeer

Voor de bepaling van de impact van de bouw van het windmolenpark op de luchtkwaliteit, dient enerzijds rekening gehouden te worden met de emissies die vrijkomen als gevolg van het energieverbruik tijdens de constructiefase, de operationele fase en de ontmantelingsfase, en anderzijds met de vermeden emissies tijdens de operationele fase door het gebruik van windenergie in plaats van klassieke energiebronnen.

In wat volgt wordt in de mate van het mogelijke een opsplitsing gemaakt tussen de verschillende fases, maar wat uiteindelijk telt, is de balans van energieverbruik versus energieproductie en geproduceerde versus vermeden emissies gedurende de volledige levenscyclus van het windmolenpark.

5.2.3.2.1 Constructiefase

De constructiefase omvat niet enkel de eigenlijke bouw van het windmolenpark, maar begint al bij de winning van de grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van de windturbines. Deze fase omvat ook de productie van de onderdelen, de eventuele premontage van de windturbines en onderdelen in een nabijgelegen haven (in dit geval Zeebrugge, Oostende, Vlissingen of Franse haven), het transport naar het concessiegebied en de eigenlijke constructie van het windmolenpark.

Een exacte inschatting van de totale emissies tijdens de constructiefase kan niet gemaakt worden. Dit heeft o.a. te maken met het feit dat door de snelle evolutie in de ontwikkeling van windturbines momenteel nog niet bekend is welk type windturbine tijdens de

constructiefase zal geïnstalleerd worden en het feit dat momenteel nog niet geweten is welke vaartuigen zullen ingezet worden voor het transport; noch hoeveel transporten er zullen plaatsvinden.

Om toch een idee te krijgen van het energieverbruik tijdens de constructiefase, wordt gebruikt gemaakt van een levenscyclusanalyse (LCA) die Vestas, een producent van windturbines, in 2005 heeft uitgevoerd voor offshore en onshore windmolenparken gebaseerd op Vestas V90-3,0 MW windturbines. Levenscyclusanalyses van zwaardere windturbines zijn nog niet beschikbaar. In bovenvermelde LCA werd rekening gehouden met de turbines, de parkbekabeling, de offshore transformator, de kabels naar de kust en de aansluiting op het elektriciteitsnet. De offshore resultaten gelden voor een park met 100 windturbines op een afstand van ca. 14 km van de kust, een gemiddelde waterdiepte van 10 meter en een monopile fundering. In de LCA werd onderscheid gemaakt tussen vier fasen:

1. De productiefase: de periode van het winnen van grondstoffen tot en met de productie van de turbineonderdelen;
2. De transport- en bouwfase: het transport van de turbineonderdelen naar de locatie en de bouw van het windmolenpark;
3. De gebruiksfase: het gebruik en onderhoud van de windturbines gedurende een periode van 20 jaar;
4. De ontmantelingsfase: de ontmanteling van de windturbine.

Voor elk van deze fasen werd de energieconsumptie per windturbine bepaald. Tijdens de eerste twee fasen, die samen de constructiefase vormen, bedraagt het energieverbruik tijdens de productiefase 12.255 MWh en tijdens de transport- en bouwfase 477 MWh.

De energieconsumptie, en de daaraan gekoppelde emissies, tijdens de productiefase zijn beduidend groter dan tijdens de transport- en bouwfase.

Bovenstaande cijfers gelden voor een Vestas V90-3,0 MW turbine en zijn niet zonder meer van toepassing voor de turbines die door Rentel geïnstalleerd zullen worden. Deze zullen een groter vermogen hebben (tot 10 MW) en bijgevolg ook grotere dimensies, en bovendien bevinden ze zich op grotere afstand van de kust (31 km) in grotere waterdiepten (ca. 30 m).

De energieconsumptie tijdens de transport- en bouwfase wordt uiteraard mee bepaald door het aantal scheepsbewegingen dat noodzakelijk is voor het transport van de verschillende onderdelen naar het concessiegebied. Een raming van het aantal transportbewegingen tijdens de constructiefase wordt weergegeven in Tabel 5-13, het is een samenvatting van de tabellen in § 2.6.3.5.

Het juiste aantal transporten voor de bouw van het windmolenpark is momenteel nog niet bekend, maar het lijkt er wel op dat het aantal transporten het grootst zal zijn voor het scenario met de 'kleinste' turbines in de uitgebreide concessie zone (conf. 1).

Het Kanaal behoort tot de drukst bevaren scheepvaartroutes en er wordt dan ook verwacht dat de emissies van vaartuigen bij de constructie van het windmolenpark slechts een zeer beperkte invloed zullen hebben op de lokale luchtkwaliteit.

Tabel 5-13 Raming transportbewegingen tijdens de constructiefase

	Basisconfiguratie			Conf. 1			Conf. 2			Conf. 3	
	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Voorbereiding bouwlocatie	18	9	32	27	14	53	21	11	41	10	37
Aanvoer funderingen	13	13	49	20	20	80	16	16	62	15	57
Aanvoer transitiestukken (*groot installatieschip of **barge)	5* of 13**	n.v.t.	n.v.t.	8 of 20	n.v.t.	n.v.t.	7 of 16	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Aanvoer erosiebescherming	17	n.v.t.	35	27	n.v.t.	55	21	n.v.t.	43	n.v.t.	39
Aanvoer windturbines, OHVS en meteomast (#2 pontons of ##groot installatieschip)	5## of 19#	5 of 19	5 of 19	8 of 29	8 of 29	8 of 29	7 of 23	7 of 23	7 of 23	6 of 22	6 of 22
Aanleg kabels ($oost-tracé doorheen Norther of §§oost-tracé rondom Norther)	7$ tot 15§§	7 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15	6 tot 15
Personeel	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Totaal	165 tot 195	134 tot 156	228 tot 250	197 tot 238	149 tot 178	303 tot 332	179 tot 212	141 tot 165	260 tot 284	138 tot 162	246 tot 270

5.2.3.2.2 Operationele fase

Tijdens de exploitatiefase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het turbinepark. In de LCA-analyse van Vestas werd de energieconsumptie tijdens de gebruiksfase ingeschat op 117 MWh.

Het belangrijkste effect tijdens de operationele fase is evenwel de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van het windmolenpark (900-1.700 GWh/jaar[1]) niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. In de praktijk zullen deze emissies niet strikt vermeden worden, maar zal de toename van de totale emissies afgeremd worden. De omvang van deze vermeden emissies op het land is afhankelijk van het feit of enkel klassieke of de combinatie van klassieke en nucleaire productie wordt beschouwd voor het opwekken van de netto elektriciteitsproductie van het windmolenpark. Omwille van de onzekerheid met betrekking tot het tijdstip van de geplande uitstap uit de kernenergie, wordt met beide rekening gehouden. Voor het berekenen van de vermeden emissies wordt uitgegaan van de emissiefactoren voor klassieke thermische elektriciteitsproductie in België (VMM, 2008). De emissiefactoren voor de gecombineerde klassieke en nucleaire productie in België werden afgeleid uit deze voor de klassieke thermische productie, rekening houdend met een aandeel van 54,5% van de nucleaire productie in de Belgische mix (EC, DTG Energy and Transport, 2008), waarbij geen emissies naar lucht voor de nucleaire productie in rekening worden gebracht.

[1] Basisconf.: 47 x 6,15 MW = 289 MW levert opbrengst van ca. 900 GWh/jaar; conf. 1: 78 x 4 MW = 312 MW levert opbrengst van ca. 1.000 GWh/jaar; conf. 3: 55 x 10 MW = 550 MW levert opbrengst van ca. 1.700 GWh/jaar. Hierbij wordt rekening gehouden met een geproduceerd vermogen van ongeveer 36% van het geïnstalleerd vermogen.

Tabel 5-14 Emissiefactoren voor elektriciteitsproductie in België (VMM, 2008)

	Klassieke productie	Klassieke en nuclaire productie
CO_2 (ton/GWh)	720	392
SO_2 (ton/GWh)	0,712	0,388
NO_x (ton/GWh)	0,728	0,397

Aan de hand van deze emissiefactoren en de netto elektriciteitsproductie door het windmolenpark werden de emissies berekend die op jaarbasis vermeden worden (Tabel 5-15). Als referentie zijn in deze tabel ook de totale emissies als gevolg van klassieke productie in Vlaanderen voor 2009 (VMM, 2010) opgenomen.

Tabel 5-15 Vermeden emissies (ton/jaar) als gevolg van de werking van het windmolenpark

	Klassieke productie		Klassieke en nucleaire productie		Uitstoot klassieke productie Vlaanderen (2009)
	900 GWh	*1.700 GWh*	*900 GWh*	*1.700 GWh*	
CO_2 (ton/jaar)	648.000	1.224.000	352.800	666.400	15.544.000
SO_2 (ton/jaar)	641	1.210	349	660	3.428
NO_x (ton/jaar)	655	1.238	357	675	10.090

De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 4,17% (900 GWh) tot 7,88% (1.700 GWh) van de emissies door klassieke productie in Vlaanderen voor alle polluenten. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke en nucleaire productie, bedragen 2,27% tot 4,29% van de emissies door klassieke productie in Vlaanderen voor alle polluenten.

Zoals eerder aangehaald, zal bij het operationeel worden van alle windmolenparken het scheepvaartverkeer moeten omvaren wat resulteert in een toename van minder dan 500 NM per jaar ten opzicht van een basisscenario met de reeds vergunde windmolenparken Belwind, Northwind en C-Power (MARIN, 2011b). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. De toename aan NO_x en SO_2 uitstoot door omvaren is echter minder dan 1% van de vermeden emissies door klassieke productie.

5.2.3.2.3 Ontmantelingsfase

In de LCA analyse van Vestas werd ook de energieconsumptie tijdens de ontmantelingsfase ingeschat. Deze werd bepaald op -4.751 MWh. De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik omdat ca. 80% van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. De winning van nieuwe grondstoffen wordt hierdoor beperkt.

De impact op de luchtkwaliteit als gevolg van emissies van vaartuigen die worden ingezet bij de ontmanteling is - zoals in de constructiefase - lokaal (ter hoogte van de locatie waar de windturbines staan), beperkt in de tijd en zeer beperkt in vergelijking met de totale emissies door scheepvaart in het Kanaal, zodat de negatieve impact op de luchtkwaliteit gering is (0/-). Bovendien kan worden aangenomen dat de transportemissies tijdens de afbraakfase per transporteenheid lager zullen zijn dan bij de aanlegfase, daar de emissiefactoren van

transportschepen binnen zowat 20 à 25 jaar aanzienlijk lager zullen liggen dan momenteel het geval is.

5.2.3.2.4 Balans volledige levenscyclus windturbines

De energieconsumptie tijdens de verschillende fasen in de levenscyclus van windturbines wordt nog eens samengevat in Tabel 5-16, voor een voorbeeld-windmolenpark van 100 3 MW-turbines.

Tabel 5-16 Energieconsumptie V90-3,0 MW windturbine (Vestas, 2005)

Fase	Energieconsumptie
Productiefase	12.255 MWh
Transport- en bouwfase	477 MWh
Gebruiksfase (20 jaar)	117 MWh
Ontmantelingsfase	-4.751 MWh
Volledige levenscyclus	**8.098 MWh**

Uit dit overzicht blijkt dat de energieconsumptie en dus ook de impact op de luchtkwaliteit veruit het grootst is tijdens de productiefase.

Zelfs indien ervan uitgegaan wordt dat de energieconsumptie van de windturbines die voor het Rentel-project gebruikt zullen worden, dubbel zo groot is als voor de Vestas V90-3,0 MW turbine, blijkt dat een windturbine ca. 23,6 tot 38,2 keer zijn eigen energie-input kan opleveren (382.980 tot 618.180 MWh/16.196 MWh[2]). De energieterugverdientijd bedraagt in dat geval 6 tot 10 maanden.

In de Vestas-studie werd ook berekend hoe groot de atmosferische emissies per geproduceerde KWh zijn. De emissies voor CO_2, SO_2 en NO_x zijn opgenomen in Tabel 5-17.

Tabel 5-17 Atmosferische emissies per geproduceerde KWh (Vestas, 2005)

	Emissie (g/kWh)
CO_2	5,25
SO_2	0,0222
NO_x	0,0204

Volgens het Vlaamse klimaatbeleidsplan stoot Vlaanderen gemiddeld 385 g CO_2 uit per geproduceerde kWh elektriciteit en België 307 g CO_2/kWh.

De emissies die, rekening houdend met de totale energieproductie van het Rentel windmolenpark (900 - 1.700 GWh) zullen vrijkomen, zijn opgenomen in Tabel 5-18. In deze tabel zijn ter vergelijking ook de vermeden emissies tengevolge van klassieke productie

[2] De nettoproductie van het windmolenpark zal 900 tot 1.700 GWh/jaar bedragen. Rekening houdend met resp. 47 en 55 turbines en een levensduur van 20 jaar, betekent dit een productie van 382.980 tot 618.180 MWh per turbine.

opgenomen, de toegenomen emissies door omvaren scheepvaart bij het sluiten van de Belgische concessiezone en de emissiebalans.

Tabel 5-18 Geproduceerde en vermeden emissies als gevolg van de werking van het windmolenpark

	Geproduceerde emissies Rentel project		Geproduceerde emissies door omvaren scheepvaart	Vermeden emissies (Klassieke productie)		Emissiebalans	
	900 GWh	*1.700 GWh*	*900-1.700 GWh*	*900 GWh*	*1.700 GWh*	*900 GWh*	*1.700 GWh*
CO_2 (ton/jaar)	4.725	8.925	?	648.000	1.224.000	-643.275	-1.215.075
SO_2 (ton/jaar)	20	38	5,33	641	1.210	-615,7	-1.166,7
NO_x (ton/jaar)	18	35	6,60	655	1.238	-630,4	-1.196,4

Uit Tabel 5-18 kan afgeleid worden dat het Rentel project voor alle relevante componenten aanleiding geeft tot een reductie van de emissies in vergelijking met klassieke energieproductie. Indien de elektriciteitsproductie door dit windmolenpark effectief aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van de elektriciteitsproductie op land door middel van klassieke thermische productie, zal dit leiden tot een significant positief effect op de luchtkwaliteit op het land in het algemeen en het broeikaseffect en de zure depositie in het bijzonder. In werkelijkheid zal het project wellicht enkel leiden tot een afremmen van de stijgende emissies die bijdragen tot het broeikaseffect.

De positieve impact op het broeikaseffect zal op wereldschaal verwaarloosbaar zijn (zie ook deel 'klimaat'), maar de emissiereductie is niet onbelangrijk in het licht van de Belgische reductiedoelstellingen voor CO_2. De Europese Unie heeft voor België een nieuwe doelstelling vastgelegd op een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in de niet-ETS sectoren met minstens 15% in 2020 ten opzichte van 2005 (LNE, 2012). Hoewel het Derde Vlaams Klimaatsbeleidplan voor die periode nog niet concreet is opgesteld, zullen de effectief vermeden emissies tengevolge van het windmolenpark significant bijdragen tot het behalen van deze doelstelling.

Ook voor SO_2 en NO_x werden in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG) reductiedoelstellingen vooropgesteld. Voor 2010 werden aan België emissieplafonds voor SO_2 en NO_x opgelegd van respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar. De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen respectievelijk 0,63 tot 1,18% van het emissieplafond voor SO_2 en 0,36 tot 0,68% van het emissieplafond voor NO_x, wat eveneens significant is. In de thematische strategie luchtverontreiniging van de Europese Commissie is een herziening van de NEC-richtlijn voorzien. Deze herziening houdt geen aanpassing in van de emissieplafonds van 2010, maar wel dat emissieplafonds zullen opgelegd worden voor 2020. De herziening van de NEC-richtlijn wordt pas afgerond in 2013.

5.2.3.3 Besluit bespreking en beoordelingen van de effecten op het klimaat en de atmosfeer

Tabel 5-19 geeft een samenvatting weer van de effecten tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing:

significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-19 Overzicht van de effecten op het klimaat en de atmosfeer voor de verschillende scenario's (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase (inclusief bekabeling)											
Invloed op het globaal (wind)klimaat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emissies tijdens de assemblage van de turbines	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Emissies tijdens de transport- en bouwfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Operationele fase (inclusief bekabeling)											
Globaal klimaat	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Lokaal windklimaat	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lokaal temperatuursklimaat o.i.v. kabels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Emissies tengevolge van inspectie en onderhoud	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vermeden emissies op het land	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ontmantelingsfase (inclusief bekabeling)											
Invloed op het globaal (wind)klimaat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emissies tijdens de transport- en afbraakfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.2.4 Leemten in de kennis

Er is weinig bekend omtrent de grootte van de temperatuurgradiënt rond de elektrische kabels in de zeebodem. Er zijn geen lokale windgegevens beschikbaar ter hoogte van het concessiegebied.

De reële emissies tijdens de levenscyclus van het windmolenpark zullen afhankelijk zijn van de finale keuze van de windturbine. Dit werd in het kader van deze MER ondervangen door extrapolatie van de gegevens van een LCA-studie van een relevante windturbine (Vestas V90). Gezien de beperkte omvang van deze emissies in vergelijking met de jaarlijks vermeden emissies als gevolg van de werking van het windmolenpark, zal deze werkwijze de conclusies met betrekking tot de discipline atmosfeer niet significant beïnvloeden.

5.2.5 Milderende maatregelen

De impact van het windmolenpark op het lokale windklimaat en van de kabel op het omringende sediment blijft beperkt en er worden dan ook geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld. Door de reductie van de CO_2-emissies is de impact op het globale klimaat positief.

5.2.6 Monitoring

De windsnelheden en windrichtingen worden gedurende de exploitatie opgevolgd, conform de aanpak bij de overige windmolenparken in het concessiegebied. Dit laat toe een databank op te stellen om op lange termijn analyses te maken.

Gezien de verwachte impact op de luchtkwaliteit globaal gezien positief zal zijn, dient geen verdere monitoring van de kwaliteit van de omgevingslucht te gebeuren.

5.3 GELUID EN TRILLINGEN

5.3.1 Methodologie

Ten behoeve van de referentiesituatie wordt de huidige situatie van het geluidsklimaat beschreven. De onshore en offshore achtergrondgeluidsniveaus in het studiegebied moeten worden bekomen voor specifieke windcondities waaronder de windturbine kan opereren.

Voor de beschrijving van de referentiestituatie, zowel voor het geluid boven als onder het wateroppervlak, als aan de kustlijn, wordt gesteund op de informatie uit reeds gepubliceerde milieueffectenrapporten en recente meetgegevens onshore en offshore (RBINS & MUMM, 2009). Immers het windmolenpark wordt gerealiseerd in de nabijheid van windmolenparken waarvoor reeds een MER werd ingediend (bvb. Belwind, Northwind, Norther).

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen wordt het huidige geluidsklimaat op land getoetst aan de milieukwaliteitsnormen van VLAREM-II (enkel ter volledigheid van de studie, want de studie is een federale aangelegenheid en geen Vlaamse).

In het kader van de Europese Kaderrichtlijn Mariene strategie (2008/56/EG) werd er een indicator bepaald die van toepassing is op het heien van palen onderwater (Tasker *et al.*, 2010). Als indicator wordt de verhouding van het aantal dagen per jaar beschouwd waarin in een bepaalde oppervlakte de antropogene geluidsbron (hier dus het heien) ofwel het SEL[3] van 183 dB (re 1µPa²s) ofwel het geluidsniveau van 224 dB_{p-p} (re 1µPa) overschrijdt (gemeten op 1 m). Het aantal dagen dat deze niveaus overschreden mogen worden werd echter niet bepaald.

De milieudoelen voor de Belgische mariene wateren naar de toekomst toe voor het behouden van een goede milieutoestand en daarmee samenhangende indicatoren zijn:

- Het niveau van antropogene impulsgeluiden is kleiner dan 185 dB re 1 µPa (nul tot max. SPL (Sound Pressure Level)) op 750 m van de bron. (Beschikking 2010/477/EU van de Commissie, geëxpliciteerd)
- Geen positieve tendensen in de jaarlijkse gemiddelde omgevingslawaainiveaus binnen de 1/3-octaafbanden 63 en 125 Hz. (Beschikking 2010/477/EU van de Commissie)

[3] SEL: sound exposure level: gemiddeld geluidsniveau over 1 seconde; dit wordt gemeten door de som van de energie die vrijkomt bij een impulsgeluid (bijvoorbeeld heien) te nemen en bijgevolg het niveau te berekenen van een continue geluid over 1 seconde waarbij dezelfde energie vrijkomt. De eenheid van SEL wordt uitgedrukt in dB re 1 µPa²s.

Bij de effectbespreking wordt er een onderscheid gemaakt in de verstoring die optreedt tengevolge van werkzaamheden voor de aanleg van het windmolenpark (constructie van windturbines en bekabeling), verstoring die optreedt ten gevolge van de ingebruikname van het windmolenpark, en verstoring door de ontmanteling ervan. De werkzaamheden zijn op geluidsemitterend vlak vergelijkbaar met deze van reeds uitgevoerde offshore windmolenparken.

Voor de operationele fase van Rentel worden 7 mogelijke invullingsscenario's voor het Rentel windmolenpark besproken, opgebouwd met 4 – 10 MW windturbines in zowel het initiële aangevraagde concessiegebied (init.) als het uitgebreide (ext.). Scenario's worden bekomen voor wijzigingen in totaal geïnstalleerd vermogen (min. 289 MW – max. 550 MW) in aantal windturbines (min. 36 WTG's – max. 78 WTG's).

De effectbeschrijving wordt doorgevoerd voor het geluid in twee media: 'lucht' (geluid boven het wateroppervlak t.a.v. de receptor mens) en 'water' (geluid onder het wateroppervlak t.a.v. de receptor fauna). Juridisch gezien moet er geen beoordeling gebeuren op het vasteland. Wegens bevoegdheidsoverschrijdende effecten wordt er ook een beoordeling gedaan ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen gelegen in de woonkern van Zeebrugge.

Naast de beschrijving van de relevante effectgroepen (aard, duur en ruimtelijk voorkomen), worden de effecten ook beoordeeld: positieve effecten duiden op een verhoging, ondersteuning of versterking van de betrokken (natuurlijke of gewenste) eigenschap van het milieu, een negatieve beoordeling wijst op het verdwijnen, een verlaging of een aantasting van een bepaalde (natuurlijke of gewenste) eigenschap.

Voor de analyse van de effecten tijdens de operationele fase werd een prognose gemaakt van de te verwachten geluidsbelasting rondom het projectgebied, dit zowel als gevolg van het Rentel project alleen, als van de cumulatie van het project met reeds toegewezen offshore windmolenparken (Belwind, Northwind, C-Power, Norther) in de nabijheid van het project. De cumulatieve effecten worden besproken onder hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.4). De domeinconcessieaanvraag, de bouw- en milieuvergunning zijn goedgekeurd voor het windmolenpark van C-Power, Belwind, Northwind en Norther. Daarvan zijn C-Power en Belwind reeds effectief met de bouw en exploitatie begonnen. In dit rapport wordt bij de cumulatieve berekening rekening gehouden met de maximale configuratie van bovenvermelde windmolenparken, samen met het windmolenpark Rentel in het scenario met max. geïnstalleerd vermogen (550 MW).

Ten behoeve van de effectbeoordeling werd het te verwachten specifieke geluid van het project enerzijds en het gecumuleerd geluidsniveau van de windmolenparken anderzijds, vergeleken met het omgevingsgeluid in de referentietoestand. Immers het totaal waargenomen geluid bij exploitatie van het windmolenpark(en) is een mathematische samenvoeging van het specifieke geluid van het windmolenpark(en) met het geluidsniveau in de referentietoestand.

5.3.2 Referentiesituatie

5.3.2.1 Omgevingsgeluid boven het wateroppervlak

5.3.2.1.1 In volle zee (offshore)

Van het op water heersende omgevingsgeluid is weinig bekend. Geluidsmetingen op het water zijn namelijk moeilijk te meten door het bijkomende lawaai van de golven tegen de

meetboot. Boven water zal het omgevingsgeluid vooral bepaald worden door het geluid van watervogels, schepen, en reeds gebouwde windturbines.

Voor het monitoringsprogramma van het windmolenpark C-Power werden tijdens de constructiefase in september 2008 offshore geluidsmetingen uitgevoerd door het studiebureau Technum i.s.m. de BMM (Haelters *et al.*, 2009). De geluidsmetingen werden uitgevoerd vanop een drijvende (reddings)boot, binnen de veiligheidszone van het windmolenpark en telkens op drie plaatsen rondom het transformatorplatform. Tijdens de metingen waren er weinig werkzaamheden en een kabbelende zee (zeegang 1), waarbij auditief enkel het continu geluid van electromotoren op het platform waarneembaar waren. De meetresultaten gaven minimale geluidswaarden van 45 dB(A) aan op 3 m hoogte boven de waterspiegel. In de minimale geluidswaarde is slechts een beperkte bijdrage vervat van zowel de golfslag tegen de boot (momentaan geluidsniveau op ogenblikken met zwakke golfslag) als de constructiegeluiden op het platform.

De informatie in de milieueffectenrapporten van Belwind (Ecolas, 2007) en Northwind (voorheen Endepasco) (Arcadis, 2008) geven een geraamd omgevingsgeluid nabij de kust rond het Zwin weer van 35 + 5 dB(A)[4].

Uit een staving met de recente meetresultaten van de offshore geluidsmetingen kan worden besloten dat het omgevingsgeluid boven de waterspiegel in volle zee ca. 40 dB(A) kan bedragen zonder exploitatie van windturbines.

Momenteel staan er 55 operationele windturbines (3 MW) van Belwind op de Bligh Bank en 6 operationele windturbines (5 MW) van C-Power op de Thorntonbank. In maart 2012 is C-Power van start gegaan met de bouw van 30 jacket funderingen. De aanwezige windturbines dragen op hun beurt bij tot het huidige referentieomgevingsgeluid. In het MER voor het windmolenpark Norther werd een geluidsoverdrachtberekening boven het wateroppervlak doorgevoerd voor een cumulatieve werking van 55 windturbines van Belwind met 6 windturbines van het windmolenpark C-Power. De specifieke bijdrage van de huidige exploitatie aan windturbines overeenkomstig met het oorspronkelijk aanwezig omgevingsgeluidsniveau van ca. 45 dB(A), wordt berekend op een afstand van 600 tot 1.000 m van het windmolenpark. Dit betekent dat het oorspronkelijk omgevingsgeluid op deze afstand met 3 dB(A) wordt verhoogd als gevolg van de geluidsimmissie van de windturbines in de toestand voorjaar 2012. Een verhoging van het oorspronkelijk omgevingsgeluid wordt voorkomen (+0 dB) wanneer de specifieke geluidsbijdrage van de windturbines minstens 10 dB lager is dan het oorspronkelijk geluidsniveau. In de huidige werkingstoestand van de windturbines op de Thorntonbank is de beïnvloedingszone, waar geluid heerst boven het oorspronkelijk omgevingsgeluid, beperkt tot een afstand van 2.000 à 3.000 m vanaf het windmolenpark.

5.3.2.1.2 Aan de Belgische kust (onshore)

De wind en de golven domineren het geluidsniveau op het strand. Volgens meerdere studies en metingen is het geluid afhankelijk van de windkracht en windrichting (de verschillende literatuurstudies worden uitgebreid besproken in het MER van C-Power (Ecolas, 2003) en het

[4] bron: 'onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden', uitgevoerd door universiteit Gent in opdracht van AMINAL 1 (Decloedt *et al.*, 1998).

MER van het windmolenpark SPE te Zeebrugge (SGS Environmental Services, 2003). De gemiddelde geluidsdrukwaarde ligt tussen 50 en 65 dB(A) op 25 m van de kustlijn.

In de kustzone zal het omgevingsgeluid verschillen van plaats tot plaats, afhankelijk van de verkeerssituatie, de vegetatie, het afschermend effect van eventuele gebouwen, enz. Aan de bebouwingslijn zal het achtergrondgeluid (voornamelijk dan gedurende de nacht) meestal lager liggen dan aan de kustlijn. Tijdens de nachtperiode kan het achtergrondgeluidsniveau met een stille zee (zeegang 0-1) er 40 dB(A) bedragen.

Uit oriënterende metingen aan de Polders in Nederland (Provincie Zeeland, 1998) blijkt bovendien dat het omgevingsgeluid langs de Noordzee gemiddeld tussen de 30 en 40 dB(A) ligt, gedurende de nachtperiode (de meest kritische periode door de afwezigheid van menselijke activiteiten).

In de periode november en december 2007 werd door Technum het geluidsniveau geïnventariseerd in het natuurreservaat het Zwin ter beschrijving van de referentietoestand in het kader van het MER "Uitbreiding van het Zwin' (Technum, 2007). Daartoe werden verspreide geluidsmetingen uitgevoerd in het gebied. In de dichtstbijzijnde meetpunten tot de kustlijn (landinwaarts op ca. 500 m tot de kustlijn) werd een achtergrondgeluidsniveau opgemeten van 35 tot 38 dB(A).

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen kan het huidig omgevingsgeluid op land getoetst worden aan de milieukwaliteitsnormen van VLAREM-II (enkel ter volledigheid van de studie, want de studie is een federale aangelegenheid en geen Vlaamse). De milieukwaliteitsnormen werden opgesteld als basis voor de duurzame ontwikkeling en de bescherming van een gezond leefmilieu in Vlaanderen. Er worden daarbij kwaliteitseisen aangegeven waaraan het betrokken onderdeel van het milieu in heel het Vlaams Gewest moet voldoen. Eén van de onderdelen is het aspect geluid. De milieukwaliteitsnormen voor geluid worden aangegeven als toelaatbare dB(A)-waarden met betrekking tot het achtergrondgeluidsniveau van het omgevingsgeluid, in open lucht. De hinderbeleving is daarbij afhankelijk van de periode van de dag en de bestemming van het gebied waarin bewoonde gebouwen zijn gelokaliseerd. Het betreft een richtwaarde voor de gemiddelde waarde van de LA95,1h-waarden.

Volgens het gewestplan bestaat de dichtstbijgelegen kustzone uit woningen in woongebied en natuurgebied. Indien als referentiesituatie de VLAREM II milieukwaliteitsnormen genomen worden voor het woongebied en natuurgebied, worden als strengste richtwaarden ('s nacht) respectievelijk 35 en 30 dB(A) aangenomen. Toetsing van de meetgegevens uit literatuurstudies met de milieukwaliteitsnorm voor woongebieden en natuurgebieden, kan men stellen dat het achtergrondgeluidsniveau aan de eerste lijnsbebouwing (dijk) enkel tijdens een stille zee conform de milieukwaliteitsnorm is. In overige toestanden (licht golvende of golvende zee, enz.) zal er 's nachts een overschrijding worden waargenomen van de richtwaarde uit de milieukwaliteitsnorm.

Vermits de beïnvloedingsafstand van de huidig geëxploiteerde windturbines (55 windturbines van 3 MW van Belwind en 6 windturbines van 5 MW van C-Power) zich beperkt tot 2.000 à 3.000 m vanaf deze windmolenparken, zullen er ook geen invloeden zijn van het specifieke geluid van de huidige exploitatietoestand op de Noordzee op het oorspronkelijk omgevingsgeluid aan de kustzijde (onshore). Besluit is dat de windmolenparken ver genoeg uit de kust zijn gesitueerd zodat zij geen verder negatieve impact op het achtergrondgeluid aan land hebben.

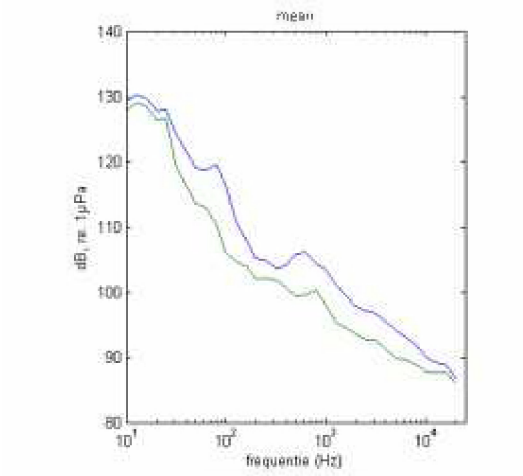
5.3.2.2 Omgevingsgeluid onder het wateroppervlak

Onder water wordt het omgevingsgeluid bepaald door enerzijds natuurlijke geluiden afkomstig van ondermeer getijdestromingen, wind en regen, turbulentie in snelstromend water, golfslag, geluid van onderwaterfauna, en anderzijds door antropogene geluiden afkomstig van ondermeer schepen, luchtvaart, windmolenparken (bij exploitatie), gasleidingen, enz.

Onderwatergeluid verschilt in diverse aspecten van geluid in lucht. Een van de voornaamste verschillen is de geluidssnelheid. Deze geluidssnelheid is in lucht 343 m/s en in water 1.500 m/s. Het geluid plant zich dus veel verder voort in een bepaald tijdsinterval. Daarnaast neemt de golflengte van geluid van eenzelfde bron onder water toe met een factor vier. Dit betekent dat een geluidsbron die geluid produceert in het medium lucht een ander geluidsdrukniveau produceert vergeleken met deze bron in het medium water.

Een belangrijk verschil is ook dat de amplitude onder water wordt gemeten ten opzichte van een referentiedruk van 1 µPa (ten opzichte van 20 µPa in lucht). Dat betekent dus dat de waarde van de dB geheel anders is. Om dB's in zeewater te kunnen vergelijken met die in lucht dient er van de zeewatergetallen 62 dB te worden afgetrokken.

Vervolgens is de diepte bepalend voor het achtergrondgeluid onder water. Op onderstaande figuur wordt dit aangegeven door het opgemeten geluidsspectrum bij plaatsen van hydrofonen op verschillende diepte onder het wateroppervlak van de Noordzee.



Figuur 5-38 Gemiddeld geluidsspectrum onder water t.h.v. de Thorntonbank (najaar 2005) – blauwe kurve: hydrofoon op 2 m diepte, groene kurve: hydrofoon op 16,5 m diepte (RCMG, 2006)

Vermits de zeebodemdiepte varieert van zone tot zone, zal ook het achtergrondgeluid variëren. In ondiep water speelt de wind en het vallen van regendruppels op het zeeoppervlak een belangrijke rol op het waar te nemen geluidsniveau. Regen heeft bijvoorbeeld een verhogend effect met ca. 18 dB bij 100 Hz en ca. 22 dB bij 1.000 Hz. Deze verhoging moet geteld worden bij het achtergrondgeluid van een volkomen vlakke zee van ongeveer 85 dB bij 30 Hz tot 60 dB bij 16 kHz. Bij storm kunnen deze achtergrondniveaus oplopen tot meer dan 100 dB bij 30 Hz en 85 dB bij 16 kHz. Aan de Lodewijkbank waar de zeebodem op 25 m onder het wateroppervlak ligt, is het achtergrondgeluidsniveau onder water hoger tengevolge van de grotere golfslag en het hierbijhorende geruis van snelstromend water. In ondiep water verdwijnen de laagfrequente signalen (< 200 Hz) door interactie met de bodem, geulranden en

het wateroppervlak, ook het "tunneleffect" genoemd. Bij een grotere diepte daalt het geluidsniveau lichtjes.

Een ander natuurlijk geluid is bijvoorbeeld afkomstig van garnalen waarbij het achtergrondgeluidsniveau tot ongeveer 100 dB (re 1 µPa) bij 8 kHz (Knudzen, V.O. *et al.*, 1948) kan oplopen. Ook walvissen en dolfijnen produceren geluid, met pieken rond de 200 dB (Richardson *et al.*, 1995).

In het monitoringrapport van het onderwatergeluid op de Thorntonbank en Bligh Bank in 2008 (Haelters *et al.*, 2009) - referentietoestand vóór de exploitatiefase van het windmolenpark op de Thorntonbank - werd per 1/3e octaafband in het frequentiegebied tussen 10 en 2.000 Hz een gemiddeld geluidsniveau van 95 tot 100 dB (re 1µPa) opgemeten aan de Bligh Bank bij gunstige weersomstandigheden (2-3 Beaufort, zeegang 1-2, kabbelende tot licht golvende zee). Wat gelijkaardig is aan het gemiddeld geluidsniveau gemeten in 2005-2006 op de Thorntonbank bij nagenoeg dezelfde weersomstandigheden (2-3 Beaufort, zeegang 1-2, kabbelende tot licht golvende zee). Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort, zeegang 2-3, licht golvende tot golvende zee) steeg het laagfrequent ruisniveau tot 130 dB. Kleine verschillen tussen beide sites kunnen worden toegewezen aan de geluidsbijdrage van de Interconnector en/of Seapipe pijpleidingen nabij de Thorntonbank. Een belangrijke opmerking daarbij is dat het omgevingsgeluid ook seizoensgebonden is, zo kan het geluid in de zomer tot 7 dB hoger zijn dan in de winter (Haelters *et al.*, 2009). Dit kan het gevolg zijn van verschillen in verkeerstromen (scheepvaartdensiteit), in weersomstandigheden, in stromingen, in biologische activiteit of in propagatie.

In het monitoringrapport van het onderwatergeluid rond de offshore windmolenparken in het BDNZ (Norro *et al.*, 2011) werden de werkingsgeluiden tijdens het operationeel zijn van de windmolenparken geïnventariseerd. Metingen werden uitgevoerd in twee verschillende offshore windmolenparken waarbij gebruik maakt van twee verschillende funderingstypes: gravitaire fundering (C-Power) en stalen monopile fundering (Belwind). De geluidsmetingen werden naar spectrale inhoud opgemeten per 1/3e octaafband in het frequentiegebied tussen 10 en 2.000 Hz. In het offshore windmolenpark van C-Power (metingen 08/03/2010) met gravitaire fundering werd een lichte stijging van het geluidsdrukniveau (Sound Pressure Level - SPL) waargenomen van 5 tot 8 dB re 1µPa bij frequenties van 110, 200 en rond 1.000 Hz, ten opzichte van achtergrondgeluidsniveau (onderwatergeluid vóór exploitatie) gemeten voor de bouw (2005-2006). Bij 60, 100, 320 en 3.200 Hz werden geen verhogingen t.o.v. het achtergrondgeluidsniveau opgemeten. Het onderwatergeluid van het C-Power windmolenpark met gravitaire fundering kan algemeen als laag beschouwd worden.

Een belangrijkere verhoging in achtergrondgeluidsniveau (SPL) van 20 tot 25 dB re 1µPa (metingen 04/04/2011) werd waargenomen aan de Bligh Bank (Belwind: 110 x 3MW) waar stalen monopile funderingen worden gebruikt. Verschillende weerscondities kunnen dergelijke verschillen in geluidswaarde niet verantwoorden. De significante geluidsverhoging kan dus worden beschouwd als veroorzaakt door een stalen monopile. Er wordt wel opgemerkt dat het aantal geluidsbijdragende windturbines in het C-Power windmolenpark veel lager was, hetgeen deels een hogere geluidswaarde zou verantwoorden voor het Belwind park. Echter, de geluidsmetingen aan het C-Power windmolenpark werden op een dichtere afstand tot de windturbine gestart (12 m t.o.v.186 m). Men kan aannemen dat windturbines met gravitaire fundering veel minder lawaaierig zijn dan deze met een stalen monopile (-20 dB). Bemerk dat dergelijke geluidsemissies van het operationele Belwind windmolenpark zijn veel lager dan tijdens de bouwfase, vooral omdat de bouwfase het heien van palen vereiste.

Daarnaast vormen antropogene geluiden, zoals het geluid en de trillingen van scheepsmotoren één van de belangrijkste geluidsbronnen van menselijke oorsprong. Naast de scheepmotoren zijn er geluiden afkomstig van de propeller-cavitatiegeluiden en het hydrodynamisch geluid van de stroming rondom het schip. Geluidskarakteristieken van individuele schroeven kunnen grosso modo worden gerelateerd aan de omvang en de vaarsnelheid van het schip, maar er zijn significante verschillen tussen schroeven van eenzelfde klasse. Het geluidsniveau veroorzaakt door het voorbijvaren van een schip zorgt echter maar voor een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau (tot +10 dB op het maximale achtergrondgeluid). De geluidsdrukniveaus onder water van vrachtschepen en veerboten variëren tussen 150 dB (re 1µPa) bij 100 Hz en 115 dB (re 1µPa) bij 5 kHz op een afstand van 100 m van een schip (Verboom, 1991). Voor een visserschip is dat ongeveer 127 dB (re 1µPa) op eenzelfde afstand van 100 meter (Verboom, 1991).

Daarnaast zijn er een aantal geluidsbronnen, zoals geofysisch onderzoek met airguns en militaire activiteiten van de marine (mijnen, schietoefeningen, sonar), waarvan de omvang en ernst onbekend is. Kennis hierover ontbreekt, vanwege gebrek aan (vrij) beschikbare onderzoeksresultaten.

Vermits de concessiezone van Rentel tussen operationele windmolenparken gelegen is (C-Power en Belwind), zal het onderwatergeluid eveneens worden beïnvloed door de werking van de turbines. Het specifieke geluidsniveau van een werkende windturbine onder water heeft een spectrale inhoud beneden de 1.000 Hz. Voor een groep windturbines (80 WTG's x 2 MW), zoals opgemeten in de Baltische Zee (Horns Rev) (Gerasch, 2007), kan op een afstand van 100 m van het windmolenpark een maximaal geluidsniveau onder water van 120 dB worden verwacht, dit bij een windsnelheid van 8-10 m/s (5 Beaufort). Grotere offshore windturbines in dieper water zullen vermoedelijk hogere geluidsniveaus teweegbrengen als gevolg van een groter afstralend oppervlakte van de mast, maar meetdata ontbreekt momenteel en is aldus een leemte in de kennis. Vanaf een afstand van 500 m (= grens veiligheidszone van de windmolenparken) zal het specifieke geluid van de windmolenparken vermoedelijk worden gemaskeerd door het onderwaterachtergrondgeluid zoals opgemeten aan de Thorntonbank.

Daar het projectgebied onder een vliegcorridor gelegen is, kan het omgevingsgeluid onder water eveneens worden beïnvloed door het geluid afkomstig van de luchtvaart.

5.3.2.3 Besluit referentiesituatie discipline geluid

Zowel op zee (offshore), als aan de kustzijde (onshore), is het lawaai van de golven bepalend voor het achtergrondgeluidsniveau boven water. Tijdens een stille zee worden de laagste geluidsniveaus verwacht met een achtergrondgeluidsniveau van ca. 45 dB(A) aan de Thorntonbank en ca. 35 à 40 dB(A) tijdens de nachtperiode nabij appartementsblokken aan de kustzijde. Bij zwaardere zee kunnen zich hier bovenop geluidsverhogingen van meer dan 10 dB(A) voordoen. Op 25 m van de kustlijn ligt het achtergrondgeluidsniveau tussen 50 tot 65 dB(A). Bovendien is het geluidsniveau afhankelijk van de windrichting en de windsnelheid. De hoogste geluidsniveaus worden waargenomen bij wind vanuit de zee, en bij toenemende windsnelheden.

Onder water wordt het omgevingsgeluid bepaald door enerzijds natuurlijke geluiden anderzijds door antropogene geluiden. Bij gunstige weersomstandigheden (2-3 Beaufort, zeegang 1-2, kabbelende tot licht golvende zee) werd aan de Thorntonbank een natuurlijk achtergrondgeluidsniveau van ongeveer 95 tot 100 dB (re 1µPa) opgemeten in het

frequentiegebied van 10 tot 2.000 Hz. Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort, zeegang 2-3, licht golvende tot golvende zee) steeg het laagfrequent ruisniveau tot 130 dB. In de zomerperiode kan het achtergrondgeluidsniveau bovendien met 7 dB toenemen. Voorbijvarende schepen kunnen voor een tijdelijke verhoging zorgen van het achtergrondgeluidsniveau (tot +10 dB op het max. achtergrondgeluidsniveau) in hetzelfde frequentiegebied.

5.3.3 Autonome ontwikkeling

Op het gebied van geluid en trillingen is er globaal gezien geen significante verandering te verwachten bij de autonome ontwikkeling van het gebied. Het onderwatergeluid zal weinig evolueren doordat er geen toename van de scheepvaart verwacht wordt in het projectgebied (in het geval het Rentel windmolenpark niet zou gebouwd worden). Enkel de (verdere) constructie en de exploitatie van de windmolenparken van C-Power, Belwind, Northwind en Norther zullen voor een verandering zorgen. De cumulatieve effecten van de vijf windmolenparken worden verder besproken onder hoofdstuk 5 'Cumulatieve effecten'.

Over de ontwikkeling van natuurlijke geluiden is moelijk een uitspraak te doen met betrekking tot het geluidsniveau onder water. Tevens zijn er verschillende andere, niet goed bekende bronnen van geluid, zoals het gebruik van sonar door de marine, schietoefeningen en seismische toestellen voor geofysisch onderzoek enz.

5.3.4 Effecten

5.3.4.1 Constructiefase

5.3.4.1.1 Identificatie van de relevante geluidsbronnen boven en onder het wateroppervlak

Bij de constructiefase worden de geluidsbijdrages van het in te zetten machinepark bepaald voor de 3 funderingsalternatieven (monopile, jacket en gravitaire fundering) steunende op gegevens van de opdrachtgever.

De windturbines en de funderingen worden zoveel mogelijk geprefabriceerd aan landzijde en vervolgens getransporteerd naar het projectgebied, waar de funderingselementen op de correcte plaats ingeheid worden met hydraulische heihamers (monopile en jacket fundering) of afgezonken (gravitaire fundering). Als alternatief voor het heien van de palen (bij monopiles en jacket funderingen), kan er ook gebruik worden gemaakt van de suction bucket techniek zoals beschreven in hoofdstuk 2. In het geval van 50% van de jacket en monopile locaties zal de inplantingsplaats eerst vlak gebaggerd worden. Ook bij een gravitaire fundering wordt de inplantingsplaats eerst vlakgebaggerd, daarna een funderingslaag aangelegd en vervolgens de prefab fundering afgezonken.

Wat de specifieke aspecten van de bouwwerkzaamheden betreft, kunnen er drie relevante geluidsbronnen worden onderscheiden die voor een mogelijke toename van de geluidsimmissies in de omgeving kunnen zorgen:

- Heien van de funderingen (voor monopile of jacket fundering);
- Baggeren (voor gravitaire fundering en de helft van de monopile en jacket funderingen);

- Scheepvaart (voor transport van funderings- en turbine-elementen).

5.3.4.1.2 Effecten van de constructiefase boven het wateroppervlak

Effect op bovenwatergeluid door heien van funderingen

Bij de aanleg van het windmolenpark zal vooral door het heien van de funderingen voor de turbines (monopile en jacket fundering) een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting boven water in de omgeving voorkomen.

Tijdens het heien komen er tussen de 30-60 slagen per minuut met elke slag een duur tussen de 50 en 100 ms.

Palen kunnen geheid worden met lichte of zware hamers. Voorbeelden van zware impactmachines zijn valhamers, dieselhamers, zware enkelwerkende pneumatische hamers en stoomhamers. Hierbij is het gewicht van de valhamer gelijk aan het gewicht van de paal.

Lichte impactmachines bestaan meestal uit dubbelwerkende pneumatische hamers. Trilapparatuur voor het intrillen van palen valt meestal onder de categorie van de zware machines.

Het geluids- en trillingsniveau veroorzaakt door het heien is afhankelijk van het gewicht van het heiwerktuig, de kracht van de hamerslagen, de snelheid van de impact, de impacttijd, de vorm van de paal, de grondsoort (onderliggend), de diameter van de paal en de rechtheid van de paal.

De werking van een heimachine is zeer luidruchtig. Voornamelijk het sterk pulserend karakter kan zeer storend werken. Op korte afstand van een hydraulische heimachine (circa 15 m) kunnen geluidsdrukniveaus voorkomen van 106 dB(A). Dit zijn echter maximale geluidsniveaus (piekniveau) tijdens de slag. Het equivalente geluidsniveau ligt ca. 5 à 10 dB beneden het piekniveau van de slag. Bij toepassing van een geluidsisolerende mantel rond het heiblok kunnen de maximale geluidsniveaus tot 12 dB(A) lager liggen op 15 m afstand. Op basis van de geluidsoverdrachtsmethode ISO 9613-2 (2006) voor een hypothetische puntbron werd het piekniveau berekend op diverse afstanden tot de bron (Tabel 5-20).

Tabel 5-20 Verwacht maximaal geluidsniveau boven water in functie van de afstand tot de bron bij gebruik van een hydraulische heimachine zonder mantel (L_{max} = 106 dB(A) op 15 m).

Afstand tot de bron (km)	0,5	1	2	5	10	Belgische Kust 29
Maximaal geluidsniveau (L_{max} in dB(A))	76	70	62	49	36	7

Het windmolenpark Rentel zal op een afstand van ca. 31 km van de kustlijn gelegen zijn. Hierdoor zal het huidig geluidsniveau van 50-65 dB(A) op 25 m van de kustlijn niet worden verhoogd door de slag van het heiblok. Er zal aan kustzijde geen auditieve verstoring waarneembaar zijn tijdens het heien. In het werfgebied zelf zal de verstoring wel belangrijk zijn door het geluid ten gevolge van het heien, maar tevens niet continu en tijdelijk. Bij gunstige weeromstandigheden op zee (Beaufort 1-2) kan het achtergrondgeluidsniveau van 45 dB(A) (meting aan de Thorntonbank op 3 m boven het wateroppervlak) bij elke slag significant worden verhoogd tot op ongeveer 5 km van de heimachine. Met uitzondering van het heien van de funderingspalen aan de rand van het projectgebied, wordt bij een kabbelende tot (licht)golvende zee enkel de projectzone significant verstoord. Bij minder gunstige

weersomstandigheden zal door toenemend achtergrondgeluidsniveau het effect van werfgeluiden verlagen tot verwaarloosbaarof gering significant, m.a.w. de verstoringszone zal verder inkrimpen.

Effect op bovenwatergeluid door baggeren

Bij een gravitaire fundering en stationaire monopile wordt de zeebodem eerst vlakgebaggerd. Baggertuigen, zijn in tegenstelling tot een voorbijvarend schip, een continue geluidsbron voor meerdere dagen per week in een bepaalde exploitatiezone. Het bovenwatergeluid zal vooral worden bepaald door het geluid van de motoren van het schip, de zuigpomp, de filterinstallatie, de zeefinstallatie met stortkoker en eventueel de jetpomp om het opgebaggerde materiaal te ontzilten. Het emissierelevant geluidsvermogenniveau van een ontginningsvaartuig kan variëren afhankelijk van de aard en het type van het werktuig.

In het MER 'Zand- en grindwinning op het BDNZ' (Ecolas, 2006) wordt een geluidsvermogenniveau van 110 dB(A) aangehaald voor een ontginningsvaartuig. Op basis van het bronvermogen van een baggerschip en de geluidsoverdrachtsmethode ISO 9613-2 (2006) kan de specifieke geluidsbijdrage op verschillende afstanden van het schip en tot aan de kustlijn worden bepaald.

Als invulling van de dempings- en andere factoren in de overdrachtsweg werden volgende aannames gemaakt: de bodeminvloed (D_{bodem}) voor het gehele gebied is hard (zeewater), de luchtabsorptie (D_{lucht}) geldt voor een temperatuur van 15°C en 80% relati eve vochtigheid, berekening gebeuren onder belastende wind en er is geen meteorologische correctie (onder de meest ideale overdrachtsomstandigheden met de wind die waait van bron naar ontvanger). Er werd een gemiddelde bronhoogte van 3 m boven het wateroppervlak verondersteld en de ontvangsthoogte was 4 m boven het zeeoppervlak. Als beoordelingsgrootheid werd de LAeq,T (equivalent geluidsdrukniveau tijdens een periode T) gekozen gedurende een continue bedrijfstoestand. Deze akoestische grootheid is het best geschikt om de geluidsbelasting van de sleephopperzuiger vast te leggen.

Tabel 5-21 Geluidsspectrum en geluidsvermogenniveau boven water van een ontginningsvaartuig.

Geluidsvermogen (in dB) van een onginningsvaartuig (Ecolas, 2006) **Frequentiespectrum per 1/1e octaafbanden**									
Frequentie (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal bronvermogen in dB(A)
L_W	122	115	106	108	106	100	86	74	110

Er wordt bij de bepaling van het specifieke geluid ervan uitgegaan dat slechts één werktuig actief zal zijn. Het berekeningsresultaat werd bekomen voor een opstelling van het werktuig centraal in het windmolenpark Rentel, baggertuig op 23,9 km van de kustlijn. De berekeningsresultaten worden in onderstaande Tabel 5-22 voor diverse specifieke geluidsniveaus in afstanden tot het baggertuig aangegeven.

Tabel 5-22 Equivalent geluidsdrukniveau tijdens het baggeren

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) tijdens het baggeren **1 ontginningstuig (23,9 km van de Belgische Kust)**						
Geluidsdrukniveau **(in dB(A))**	**2,2**	30	35	40	45	**± 14,8**
Afstand (in m) tot het baggertuig	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		2600	**1670**	**1090**	**590**	

In een matig belastende situatie[5] plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 0,6 km en op een afstand van 1,1 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A) bij werking van één baggerwerktuig in het projectgebied. Bij opstelling van het werktuig aan de rand van het windmolenpark Rentel zal aan de rand van de veiligheidszone (zone van 500 m rond het park) het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A). Dit is vergelijkbaar met het geluidsniveau veroorzaakt door licht autoverkeer op 30 m, regen, koelkast, afwasmachine, omgevingsgeluid in het bos. Het specifieke geluid berekend ter hoogte van een waarnemer aan de kust (dichtstbijzijnde afstand tot de kustlijn is gelegen aan de haven te Zeebrugge) bedraagt ca. 15 dB(A). Het specifieke geluid aan de kustlijn onder werking van één baggerwerktuig in het projectgebied bevindt zich ruim onder het huidig achtergrondgeluidsniveau van 30 tot 40 dB(A) tijdens de nachtperiode.

Onshore zal het achergrondgeluidsniveau 's nachts, 's avonds en overdag aldus niet worden verhoogd door de baggerwerkzaamheden aan het windmolenpark Rentel. Op zee zal de effectzone zich situeren rondom het werktuig, en zich mee verschuiven bij het verplaatsen van het werktuig naar een volgende funderingslocatie. De effecten buiten de projectgrenzen van het windmolenpark Rentel beperken zich tot de situatie met opstelling van het werktuig aan de rand van het windmolenpark. In een dergelijk geval wordt op 600 m van de projectgrenzen van het windmolenpark Rentel (± rand veiligheidszone) nog een geluidswaarde bekomen overeenkomstig met het oorspronkelijk omgevingsgeluidsniveau. Voor baggerwerkzaamheden binnen het windmolenpark blijft de beïnvloedingszone binnen het projectgebied gelegen.

Effect op bovenwatergeluid door scheepvaart

De funderingselementen en de windturbines worden verscheept naar de site. Een voorbijvarend schip zal een tijdelijke verhoging van het omgevingsgeluid onder en boven water veroorzaken. Naast de tijdelijke geluidsverhoging van een individueel schip wordt de totale geluidsbelasting boven water aan scheepvaartlawaai mede bepaald door het gemiddeld aantal transportbewegingen per uur. Echter, de invloed van de bijkomende schepen op het huidige totale omgevingsgeluid boven water is op zee globaal verwaarloosbaar ten opzichte van de huidige scheepvaart (0/-).

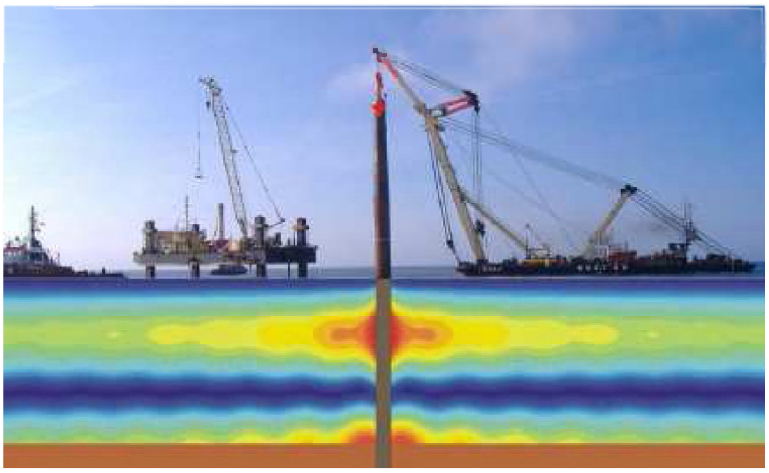
[5] Matig belastende situatie is deze situatie waarbij er voldoende wind is om de windturbines te doen draaien, deze wind voldoende in de richting van de waarnemer waait om opwaartse afbuiging van de temperatuurgradiënt te compenseren, maar de windsterkte toch zodanig beperkt is dat geen geluid door kerende golven in zee ontstaat (zeegang: 1-3).

5.3.4.1.3 Effecten van de constructiefase onder het wateroppervlak

Effect op onderwatergeluid door heien van funderingen

Bij de aanleg van het windmolenpark zal door het heien van de funderingen voor de turbines (monopile en jacket fundering) naast een geluidsbelasting boven water, ook een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting onder water in de omgeving voorkomen.

Het onderwatergeluid van het heien kan zich op verschillende manieren verspreiden naar de omgeving. De monopiles kunnen zowel van boven als onder het wateroppervlak worden geheid.



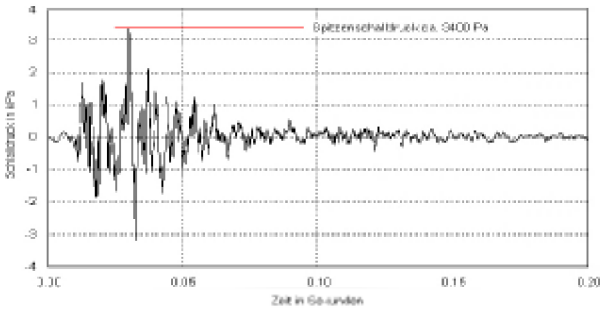
Figuur 5-39 Verspreiding van het geluid vrijgekomen bij het heien doorheen de waterkolom (Bron: Gerasch, 2007: Schalleintrag während der Bauphase, Beispiel FINO2)

Bij het heien van de funderingspalen bij monopile en jacket funderingen is het brongeluid dat onder water wordt waargenomen sterk afhankelijk van de diameter en de lengte van de paal, de lokale geologie en bathymetrie. De eerste twee factoren zijn van invloed op de hoeveelheid energie die nodig is om de paal in te heien, de laatste factor bepaalt de efficientie waarmee geluid verspreid wordt.

Het brongeluid bij heien op korte afstand

In de studie van McKenzie-Maxon (2000) wordt aangegeven dat voor een enkele heislag met een paaldiameter van 4 m, een bronniveau van 215 dB (re 1µPa) op 1 meter van de paal waarschijnlijk is.

$$L_{peak} = 20 \log \left(\frac{|p_{peak}|}{p_0} \right)$$



Figuur 5-40 Geluidsverloop bij één heislag

In het MER voor het windmolenpark Norther wordt in de gehanteerde literatuurstudies een piekniveau aangegeven onder water tijdens het heien van:

- 250 dBp-p (re 1µPa) op 1 m afstand van de paal bij paaldiameter 4-5 m,
- 228 dBp-p op 1 m bij paaldiameter 1,5 m, lengte 30 m,
- 205 dBp-p op 30 m bij paaldiameter 3 m, lengte 34 m.

Het piekniveau is gemiddeld 20 dB hoger dan de SEL-waarde. Op 400 m afstand van de funderingspaal kan er volgens de literatuurstudie van Thomsen *et al.* (2006) nog een SEL-waarde tussen de 130 en 170 dB (re 1 µPa²s) met een piekwaarde in het geluidsspectrum bij 250 Hz verwacht worden.

De spectrale samenstelling van het geluid tijdens het heien geeft algemeen aan dat de hogere piekwaarden (170-180 dB_{p-p}) in de frequentiebanden tussen 100 en 1.000 Hz werden opgemeten.

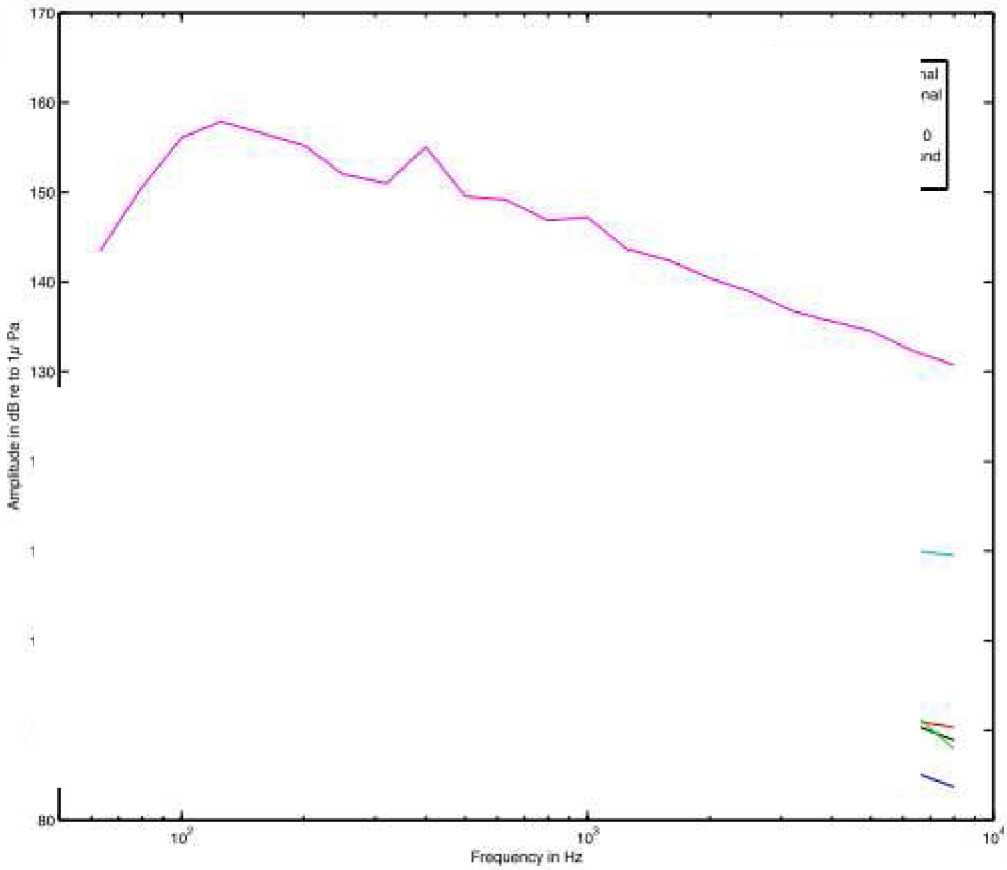
Het gebruik van meerdere werktuigen voor het simulaan heien van palen kan aanleiding geven tot een potentiële uitbreiding van de impactzone. De uitbreiding is afhankelijk van de onderlinge afstand tussen de werktuigen, nl. de mate van interferentie van de antropogene impulsgeluiden. Geluidsconsultants National Physical Laboratories (NPL) voeren voor East Anglia ONE een modelleringsstudie uit betreffende de prognose van het geluidseffect bij het simultaan heien in Belgische en UK gebieden. Een kwantitatieve weergave van het cumulatief effect van het onderwatergeluid bij simultane offshore heiwerkzaamheden is heden nog een leemte in de kennis.

Het brongeluid bij heien op lange afstand

Voor de effecten op grotere afstand kunnen aanvullend op het rapport voor het MER Norther, de resultaten uit het meetonderzoek tijdens de constructiefase van windmolenpark Q7 te IJmuiden (NL) worden aangehaald (De Jong & Ainslie, 2008). Er dient opgemerkt te worden dat de metingen werden uitgevoerd aan boord van een vaartuig dat zelf een aanzienlijk achtergrondgeluid produceerde, het knalgeluid bij een heislag overstemde echter het motorgeluid. Op 1 km werd een SEL-waarde van 172 dB (re 1 µPa) opgemeten. Op 3,2 km afstand werden piekniveaus in het geluidsspectrum opgemeten van 130 dB voor frequenties tussen 4 en 16 Hz, 110 dB voor frequenties tussen 60 Hz en 1 kHz, en 90 dB voor frequenties

boven de 4 kHz. De metingen werden uitgevoerd met een monopile fundering in 20 tot 25 m diep water, tot 25 m diepte ingeslagen in de Noordzeebodem voor een 2 MW-windturbine met een lengte van 54 m en een paaldoorsnede van 4 m. De slagfrequentie bedroeg ca. 30 slagen per minuut – totale duur per paal: ca. 2 uur– totaal aantal slagen per paal: 3000 tot 4000 (E=800kJ/slag).

Een uitgebreide rapportering van het onderwatergeluid bij het heien van stalen monopalen (A02 en B10) van het windmolenpark Belwind op de Bligh Bank (Norro *et al.,* 2010) beschrijft het niveau van het antropogene impulsgeluid . Tijdens het heien van 56 funderingen voor 55 windmolens en 1 offshore platform op de Bligh Bank, werd het geproduceerde onderwatergeluid onderzocht. Er werden geluidsmetingen voor twee monopilelengtes 54 m (A02) en 63 m (B10) uitgevoerd. Voor monopile A02 (diameter 5 m) met een penetratie van 29 m in de zeebodem (tijdsduur 64 min) waren 2114 slagen nodig met een gemidelde energie van 641 kJ per hamerslag, respectievelijk 3848 slagen (tijdsduur 162 min) voor monopile B10 (diameter 5 m) met een gemiddelde energie E=837 kJ. Het maximaal piekgeluidsniveau SPL tijdens de geluidsmonitoring bedroeg enerzijds 166 dB re 1 µPa op ca. 7 km van paal A02 en anderzijds 177 dB re 1 µPa op ca. 3 km van de paal. Voor paal B10 bedroeg het maximaal piekgeluidsniveau enerzijds 160 dB re 1 µPa op 14 km van de paal en anderzijds 193 dB re 1µPa op ca. 700 m. Het geluidsspectrum werd opgemeten op 770 m van de paalactiviteiten. De spectrale geluidswaarde bedroeg max. ca. 160 dB re 1µPa opgemeten bij 150 Hz, terwijl het geluidsniveau verminderende naar ca. 150 dB re 1µPa bij 1.000Hz.



Figuur 5-41 geluidsspectrum bij één heislag op 770 m van de stalen monopile (B10) van het windmolenpark Belwind. (naar Norro et al., 2011)

Het voorgestelde criterium voor impulsgeluiden voor een behoud van een goede milieutoestand (Kaderrichtlijn Mariene Strategie), nl. het niveau van antropogene impulsgeluiden dient kleiner te zijn dan 185 dB re 1µPa (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron, werd niet gerespecteerd. Het maximaal toelaatbaar piekgeluidsniveau van 185 dB re 1µPa werd slechts bereikt op een afstand van 1580 m van paal B10. Dit voor een energetische impact E=970 kJ/slag. Op basis van de relatie tussen impulsgeluidsniveau en afstand tot de paal werd een lineair regressie model opgesteld waarvoor het maximaal piekgeluidsniveau wordt gedefinieerd als zijnde:

Max piek SPL = -27,4 log(d) + 270,7 dB met d: afstand tot de bron

Op 1 m van de paal wordt een maximaal piekgeluidsniveau van 270,7 dB re 1µPa berekend. Het regressie model voor de monopalen van het windmolenpark Belwind geeft aan dat het achtergrondgeluidsniveau tijdens goede weerscondities wordt verstoord over een afstand van 100 km van de bron (hamerslag). Dit is een conservatieve inschatting daar in de regressieformule geen rekening wordt gehouden met de watergeluidsabsorptie (dB/m).

Er wordt besloten dat het onderwatergeluid tijdens het heien tot op een groot aantal km's van de geluidsbron (heiwerkzaamheden) veel hoger is dan het achtergrondgeluidsniveau en het specifieke geluid veroorzaakt door scheepvaart in het BDNZ.

Effect van diepte

In ondiep water neemt de verspreiding toe door het zogenaamde tunneleffect. Door reflecties tegen de bodem, geulranden en het wateroppervlak doven signalen beneden de 200 Hz echter snel uit.

Situatie windmolenpark Rentel

Een overzicht van de (ingeschatte) paaldiameters voor de drie alternatieve configuraties en de basisconfiguratie voor windmolenpark Rentel is weergegeven in Tabel 5-23.

Tabel 5-23 Indicatieve paaldiameters voor monopile and jacketfunderingen voor windmolenpark Rentel

Configuratie	Typevoorbeeld windturbine	Capaciteit	Paaldiameter fundering		Uitvoeringstermijn (dagen/# WTG's)	
			MP	JF	MP	JF
Basisconfiguratie	REpower 6M	6,15 MW	6,2-7,2 m	2,25 m	94d/47 WTG's	141d/47 WTG's
Configuratie 1	REpower 6M	6,15 MW	6,2-7,2 m	2,25 m	156d/78WTG's	234d/78WTG's
Configuratie 2	Vestas V164	7 MW	7,5 m	2,25 m	120d/60 WTG's	180d/60 WTG's
Configuratie 3	Clipper Britannia	10 MW	x	3 m	110d/55WTG's	165d/55WTG's

Aangaande het geluidsniveau onder water tijdens het heien van de monopile typevoorbeelden voor windmolenpark Rentel is er een leemte in de kennis, daar er nog geen geluidsmetingen werden uitgevoerd tijdens het heien van palen die dezelfde dimensies hebben en op plaatsen met dezelfde bathymetrie. Als gevolg werd er verondersteld dat palen tot een diameter 7,2 m eenzelfde grootte-orde van geluidsniveau veroorzaken als de inventarisatiegegevens bij paaldiameters van 4 en 5 m, opgenomen in de studie van Nedwell *et al.* (2007) (Tabel 5-24).

Tabel 5-24 Berekend geluidsniveau op verschillende afstanden met attenuatieformule voor verschillende locaties volgens Nedwell et al. (2007) en Norro et al. (2010) (in Arcadis, 2011)

				geluidsniveau (dB p-p re 1µPa) op bepaalde afstand (m)							
geluidsniveau (dB p-p re 1µPa)	attenuatie	locatie	diameter funderingspaal	500	1000	2000	5000	10000	20000	40000	80000
243	20logR - 0,002R	Kentish Flats, UK	ø4,3 m	188,0	181,0	173,0	159,0	143,0	117,0	71,0	0,0
249	17logR - 0,0011R	North Hoyle, UK	ø4 m	202,6	196,9	190,7	180,6	170,0	153,9	126,8	77,6
257	20logR - 0,003R	Scroby Sands, UK	ø4,2 m	201,5	194,0	185,0	168,0	147,0	111,0	45,0	0,0
252	18logR - 0,0003R	Barrow	ø4,7 m	203,3	197,7	192,0	183,9	177,0	168,6	157,2	139,7
249	21logR - 0,0047R	Burbo Bank	ø4,7 m	192,0	181,3	170,3	147,8	118,0	64,7	0,0	0,0
270,7	27,4logR - 0,0004R	Bligh Bank	ø5 m	196,5	188,1	179,5	167,3	157,1	144,9	128,6	104,4

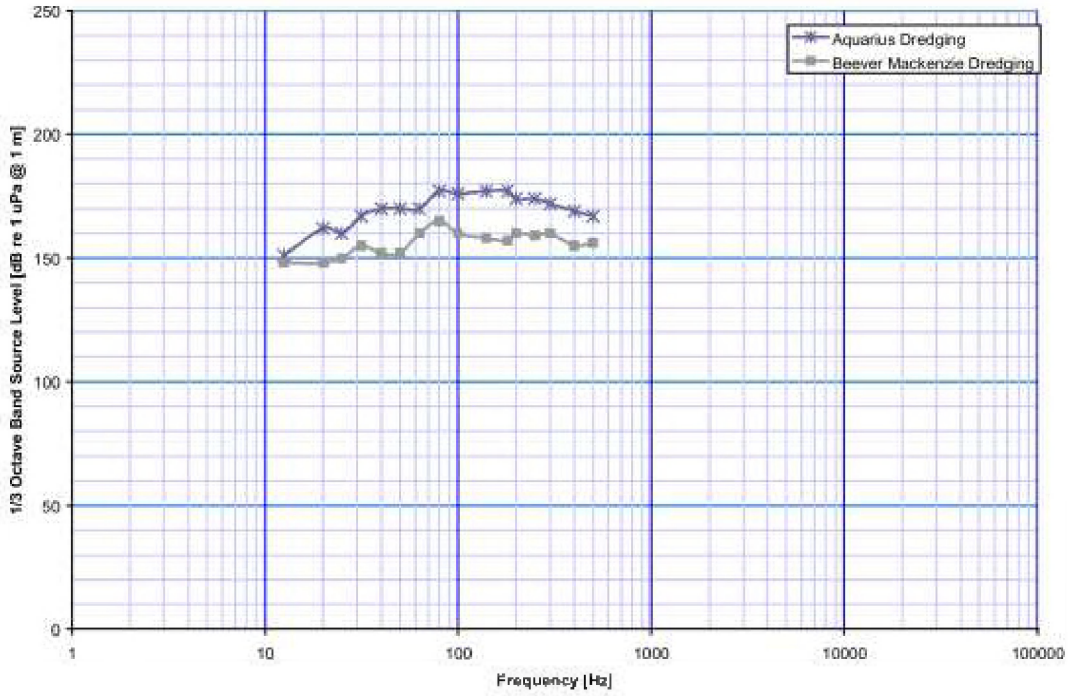
Op basis van de literatuurgegevens uit geluidsmetingen tijdens het heien van palen (diameters tussen 4 en 5 m, met verschillende lengte en ter hoogte van verschillende bathymetrie) en de geluidsoverdrachtsformule opgenomen in de literatuurstudies van Nedwell *et al.* (2007) en Norro *et al.* (2010), werd het piekniveau berekend op grotere afstanden (0,5 km tot 80 km) tot de paal. Daaruit volgt dat er tijdens het heien van de funderingen op 20 km nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1µPa). Op 80 km wordt het achtergrondgeluidsniveau nagenoeg nergens meer overschreden. Er dient daarbij te worden opgemerkt dat de onnauwkeurigheid in de berekening sterk toeneemt bij grotere afstanden. Voor het heien van de jacket fundering (diameter 2-3 m) zullen de geluidsniveaus vermoedelijk lager zijn dan bij het heien van een monopile (diamer 5-7 m). Ondanks de leemte in de kennis, laat dit vermoeden dat het geluidsnvieau onder water bij het heien van een jacket fundering lager zal zijn, maar de werkingsduur van het heien van de jacket fundering zal wel langer zijn (1-2 dagen versus 2-3 dagen per fundering).

Het plaatsen van een monopile en het van een opzetten transitiestuk duurt ca. 2 dagen per fundering (bij geschikt weer), waarvan 4h effectief geheid wordt. Voor de basisconfiguratie komt dit overeen met een totale installatieperiode van ongeveer 3 maand, voor configuratie 1 komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 5 maand, voor configuratie 2 en 3 is dit ongeveer 4 maand (zonder weerverlet). Het heien van de palen en het plaatsen van een jacket duurt ca. 2-3 dagen per fundering (bij geschikt weer), waarvan vier keer 3h effectief geheid wordt met tussenpozen van 2 uur. Voor de basisconfiguratie komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 5 maand, voor configuratie 1 komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 8 maand, voor configuratie 2 en 3 is dit ongeveer 6 maand (zonder weerverlet).

Kennis van de onderwatergeluiden tijdens de heiwerkzaamheden van ondermeer het windmolenpark Belwind, verantwoorden het toepassen van geluidsbeperkende maatregelen bij het heien van een monopile gezien de milieudoelen naar de toekomst toe.

Effecten op onderwatergeluid door baggeren

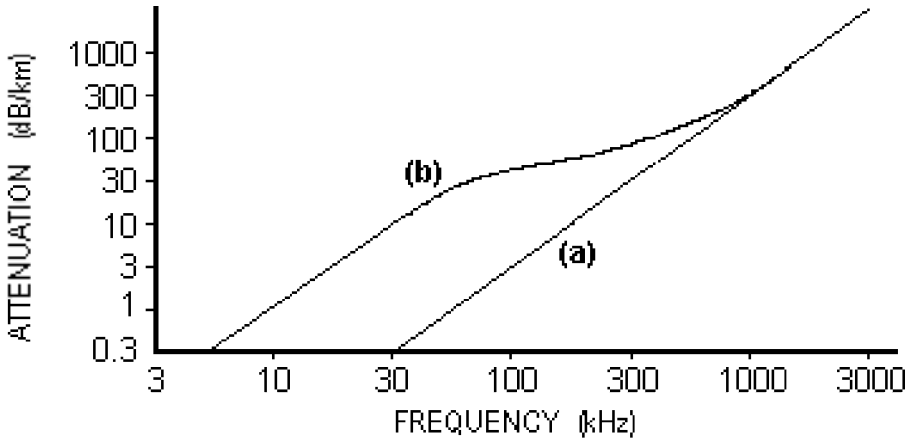
Bij een gravitaire fundering wordt de zeebodem eerst vlakgebaggerd. Baggertuigen zijn in tegenstelling tot een voorbijvarend schip, een continue geluidsbron voor meerdere dagen per week in een bepaalde exploitatiezone. Daardoor kan de geluidsimpact groter zijn dan dat van een passerend schip. In de studies van Richardson *et al.* (1995) en deze voor het Sakhalin Energy project werden meetresultaten weergegeven voor verschillende baggertuigen: de snijkopzuiger Aquarius en de sleephopperzuiger Beaver Mackenzie. Figuur 5-42 geeft de 1/3^{e} octaafband geluidsdrukspectra weer opgemeten voor verschilldende baggertuigen.



Figuur 5-42 1/3e octaafbandspectra voor het onderwatergeluidsniveau voor snijkopzuiger Aquarius (lengte: 107 m – vermogen: 12889 kW) en sleephopperzuiger Beaver Mackenzie, in dB (re 1µ Pa) (Richardson et al., 1995)

Uit Figuur 5-42 volgt dat het spectraal piekniveau in ondiep kustwater gelegen is tussen de 1/3e octaafbandmiddenfrequenties van 80 en 200 Hz. Voor de snijkopzuiger Aquarius bedraagt het piekniveau 177 dB (re 1µ Pa) tussen 80 en 200 Hz. Voor de sleephopperzuiger Beaver Mackenzie is dit 164 dB (re 1µ Pa) bij 80 Hz. Zowel het geluidsniveau als de spectrale geluidsverdeling is verschillend voor elk baggertuig. Volgens de literatuurstudie van Richardson *et al.* (1995) kan het breedbandig geïntegreerd geluidsdrukniveau onder water op 1 m van de sleephopperzuiger variëren tussen 172 dB (Beaver Mackenzie) en 188 dB (Gerardus Mercator). Sleephopperzuigers gelijkaardig aan Beaver Mackenzie en Gerardus Mercator zijn inzetbaar voor baggerwerken in concessiezone Rentel. Een snijkopzuiger zoals Aquarius is echter beperkt tot een diepte van 25 m en niet geschikt bij hoge golven. Eveneens is een snijkopzuiger als type baggerboot niet relevant voor dit project, gelet op de aard van de lokale zeebodem.

Bij het voortplanten van geluid onder water is er een transmissieverlies ten gevolge van de spreiding (cilindrisch: SL = constant + 10 log(r/r_{ref}) of sferisch: SL = 10 log(r/rr_{ef})^2 met r_{ref}= 1 m), ten gevolge van de absorptie (α) van het zeewater (Figuur 5-43) en ten gevolge van de reflectie tegen obstakels en zeebodem. De absorptie (α) van het zeewater is frequentieafhankelijk. Voor frequenties < 3.000 Hz is de absorptie in zeewater kleiner dan 0,3 dB per km en bijgevolg niet significant voor sleephopperzuigers tijdens de exploitatiefase.



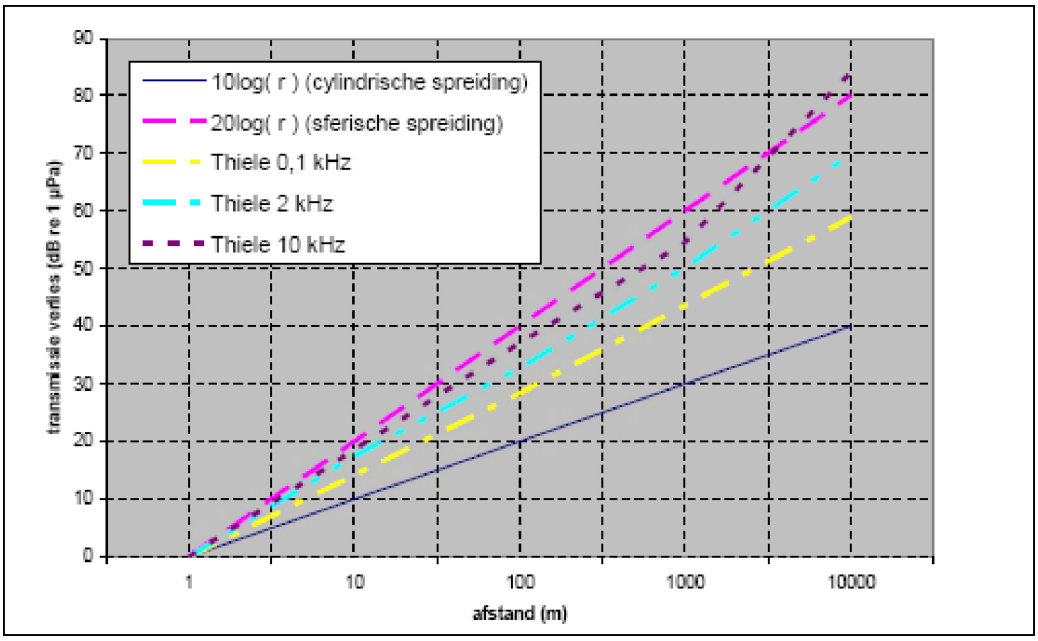
Figuur 5-43 De attenuatie als functie van de frequentie: (a)= zoetwater (b)=zeewater

De geluidsreflectie is afhankelijk van de bodem, zo is er een hoge absorptie bij zachte bodems (bv. modder) en minder absorptie bij harde bodems (bv. rotsen, zand).

Voor de baggertuigen Beaver Mackenzie en Aquarius werden reeds metingen uitgevoerd op grotere afstand tot het werktuig, waarbij het geluidsdrukniveau in het frequentiegebied 20-1.000 Hz gedempt was tot 133 dB (re 1µPa) voor de Beaver Mackenzie op 190 m van het werktuig en tot 140 dB (re 1µ Pa) voor de Aquarius op 200 m van het werktuig. Om het geluid van een baggertuig te dempen tot het niveau van het aanwezig achtergrondgeluidsniveau aan de Thorntonbank is een geometrische uitbreidingsafstand van grootteorde 20 km noodzakelijk.

In een studie van de BMM (2007) werden op 430 m en 1.500 m afstand van een baggerschip geluidsniveaus van 138 dB, respectievelijk 131 dB (re 1 µPa) opgemeten. De demping door geluidsoverdracht komt blijkbaar overeen met de formule van Thiele (2002).

Thiele (2002) heeft een formule ontwikkeld voor de geluidsdemping onder water in functie van de afstand, die toepasbaar is voor de Noordzee met een waterdiepte tot 100 m, een zandbodem en een windsnelheid kleiner dan 37 km/uur. Figuur 5-44 geeft de berekende transmissieverliezen weer in functie van de afstand tot de bron.



Figuur 5-44 Transmissieverlies berekend met 3 verschillende formules: volgens Thiele (2002), volgens een cilindrische uitbreiding en volgens een sferische uitbreiding

Volgens Thiele is er voor 100 Hz het transmissieverlies herleidbaar tot TL = 15 LOG (r). Dit komt overeen met een verlies van 4,5 dB bij een verdubbeling van de afstand tussen bron en ontvanger.

Op basis van deze praktijkgegevens kan met het transmissieverlies volgens Thiele (TL = 15 LOG (r)) een voorspelling worden gemaakt voor het onderwatergeluid op diverse afstanden van de bron (Tabel 5-25).

Tabel 5-25 Verwacht specifiek geluid voor een sleephopperzuiger (Gerardus Mercator) in functie van de afstand tot de bron

Specifiek geluid onder water (in dB (re. 1µPa)) Baggertuig Gerardus Mercator (188 dB @ 1 m)									
Afstand tot de bron (m)	500	1.000	2.000	5.000	10.000	20.000	40.000	80.000	160.000
Specifiek geluid (L_{sp})	148	143	138	133	128	123	119	114	110

Rekening houdend met het transmissieverlies volgens Thiele en het vooropgesteld geluidsniveau tijdens het baggeren, kan worden besloten dat het onderwatergeluid bij gunstige weersomstandigheden tot op enkele kilometers van de bron significant hoger zal zijn dan het aanwezig achtergrondgeluidsniveau. Om bij gunstige weersomstandigheden (2-3 Beaufort, zeegang 1-2, kabbelende tot licht golvende zee) het geluid van een sleephopperzuiger te dempen tot het niveau van het aanwezig achtergrondgeluidsniveau aan de Thorntonbank is een geometrische uitbreidingsafstand volgens de formule Thiele van orde grootte 20 km noodzakelijk. Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort, zeegang 2-3, licht golvende tot golvende zee) zal het laagfrequent achtergrondgeluidsniveau verhogen met 20 à 30 dB, daardoor zal de significante geluidsverhoging door een baggertuig zich beperken binnen de perimeter van de projectzone, nl. tot enkele kilometers van de bron.

Effecten op onderwatergeluid door scheepvaart

Gedurende de gehele levenscyclus, en in het bijzonder tijdens de constructiefase van het windmolenpark, zal er een toename zijn van scheepvaart, met als gevolg een toename van het algemene niveau van onderwatergeluid. Geregistreerde bronniveaus van schepen variëren van 152 dB (re 1 µPa) op 1 m afstand voor een klein schip met buitenboordmotor tot 192 (re 1 µPa) op 1 m voor grote containerschepen. Effecten op deze toename van scheepvaartgeluid resulteert in vermijdingsgedrag maar eventueel ook aantrekkingsgedrag van onderwaterleven (Nedwell & Howell, 2004). Naast de tijdelijke geluidsverhoging van een individueel schip wordt de totale geluidsbelasting onder water aan scheepvaartlawaai mede bepaald door het gemiddeld aantal transportbewegingen per uur. Echter, de invloed van de bijkomende schepen op het huidige onderwatergeluid op zee is globaal verwaarloosbaar ten opzichte van de huidige scheepvaart (0/-).

5.3.4.1.4 Besluit constructiefase windmolenpark Rentel

De effecten van het geluid tijdens de constructiefase voor de verschillende funderingstypes tijdens de meest kritische omgevingscondities (offshore: gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2, zeegang 1-2; onshore: nachtperiode onder gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2) worden in Tabel 5-26 samengevat. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-26 Overzicht effecten op geluid tijdens constructiefase windmolenpark Rentel

Rentel windmolenpark	Geluidstype	Funderingstype		
		MP	JF	GBF
Basisconfiguratie 6,15 MW	Onder water	-	0/-	-
	Boven water	0/-	0/-	0/-
Configuratie 1 6,15 MW	Onder water	-	0/-	-
	Boven water	0/-	0/-	0/-
Configuratie 2 7 MW	Onder water	-	0/-	-
	Boven water	0/-	0/-	0/-
Configuratie 3 10 MW	Onder water	-	0/-	-
	Boven water	0/-	0/-	0/-

Onder minder gunstige weersomstandigheden worden de effecten door een verhoogd achtergrondgeluidsniveau gemilderd tot een gering negatief effect (0/-) tot geen (0) effect.

5.3.4.2 Operationele fase

5.3.4.2.1 Identificatie van de relevante geluidsbronnen boven water

Wat betreft de geluidsbronnen boven water zullen naast het basisscenario, vooreerst de drie omhullende configuraties beschreven worden met hun typevoorbeeld:

0. Basisconfiguratie: 47 WTG's in het initiële concessiegebied, met rotordiameter (RD) 126 m - individueel vermogen 6,15 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M turbine.

1. 78 WTG's in het uitgebreide concessiegebied, met rotordiameter 120-130 m - individueel vermogen 4-6,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M (6,15 MW, 126 m RD).

2. 60 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 140-165 m - individueel vermogen 6,5-7,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Vestas V164-7.0 MW (7 MW, 164 m RD).

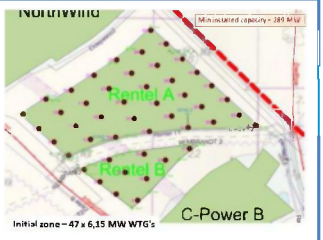
3. 55 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 150-160 m - individueel vermogen 7,5-10 MW. Een typevoorbeeld is de Clipper Windpower Britannia C-150 (10 MW, 150 m RD).

Daarnaast wordt voor configuratie 1 ook de situatie met 60 x 5 MW turbines besproken (ondergrens omhullende). Bij de drie omhullende configuraties gaat het telkens om het maximum aantal windturbines in de *uitgebreide* concessiezone. Dit is telkens het 'worst-case' scenario. Ter aanvulling werden ook de situaties in het initiële aangevraagde concessiegebied ("init") met een kleiner aantal turbines weergegeven (Tabel 2-3).

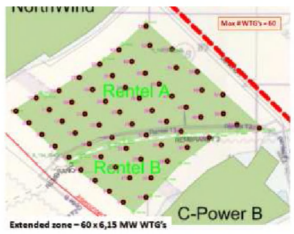
Tabel 5-27 Overzicht van de uitgewerkte configuraties

	Area	WTG capaciteit (MW)	# WTG's	Bron-Hoogte (m)	Rotor Diam. (m)	Geïnstalleerd Vermogen (MW)	L_{WA} (dB(A)/WTG)
Basisconfiguratie	init	6,15	47	95	126	289	111
Config 1 ondergrens	ext	4	78	80	113	312	105,5
Configuratie 1	ext	6,15	60	95	126	369	111
	init	7	44	107	164	308	112
Configuratie 2	ext	7	60	107	164	420	112
	init	10	36	100	150	360	110
Configuratie 3	ext	10	55	100	150	550	110

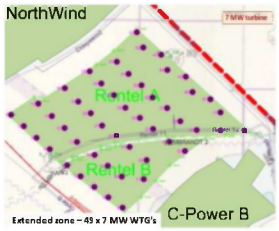
Tabel 5-28 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij de basisconfiguratie

Basisconf.	**47x6MW (bronhoogte 95m) (WTG: REpower 6M)**	
# WTG'S	47	
P_{WT}:	6 MW	
L_{WA}:	111 dB(A)/WT	

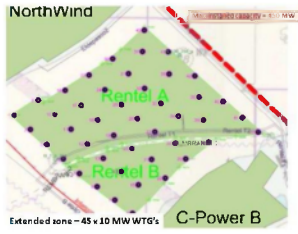
Tabel 5-29 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij configuratie 1

Conf. 1	**78x6MW (bronhoogte 95m)** **(WTG: REpower 6M)**	
# WTG'S	78	
P_{WT}:	6 MW	
L_{WA}:	111 dB(A)/WT	

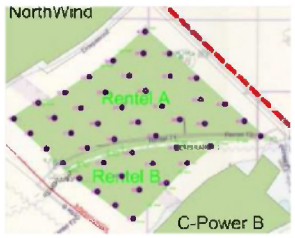
Tabel 5-30 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij de configuratie 2

Conf. 2	**60x7MW** **(WTG: Vestas V164-7.0MW** **Bronhoogte 107m)**	
# WTG'S	60	
P_{WT}:	7 MW	
L_{WA}:	112 dB(A)/WT	

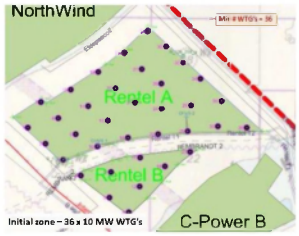
Tabel 5-31 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij de configuratie 3

Conf. 3	**55x10MW** **(WTG: Clipper Britannia C150** **Bronhoogte 100m)**	
# WTG'S	55	
P_{WT}:	10 MW	
L_{WA}:	110 dB(A)/WT	

Tabel 5-32 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij het scenario van 7 MW turbines in de initiële domeinconcessie

Scenario 7MW Init.	**44x7MW (WTG: Vestas V164-7.0MW Bronhoogte 107m)**	
# WTG'S	45	
P_{WT}:	7 MW	
L_{WA}:	112 dB(A)/WT	

Tabel 5-33 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij het scenario van 10 MW turbines in de initiële domeinconcessie

Scenario 10 MW Init.	**36x10MW (WTG: Clipper Britannia C150 Bronhoogte 100m)**	
# WTG'S	36	
P_{WT}:	10 MW	
L_{WA}:	110 dB(A)/WT	

Tabel 5-34 Gegevens voor berekening van het geluidsdrukniveau bij het scenario van 78 x 4 MW turbines (ondergrens configuratie 1)

Scenario ondergrens Conf. 1	**78x4MW (WTG: General Electric's 4.1-113 Bronhoogte ca. 80 m)**	
# WTG'S	78	
P_{WT}:	4 MW	
L_{WA}:	105,5 dB(A)/WT	

Bronvermogen van de windturbine

Om een berekening van het geluidsdrukniveau van de windturbines (specifieke geluid) op verschillende afstanden mogelijk te maken, dienen de referentiegeluidsniveaus gekend te zijn. Het referentiegeluidsniveau is het geluidsvermogen dat door de bron wordt uitgestraald, deze is niet het actueel geluidsdrukniveau zoals het op het maaiveld wordt waargenomen. Geluidsvermogenniveaus werden bekomen via toeleveranciers of onafhankelijke keurings-organismen.

Als referentie voor het geluidsspectrum van een 4 MW offshore windturbine (bv. General Electric's 4.1-113) werden de geluidsgegevens van een SIEMENS SWT-3.6-107 windturbine gekozen. Het geluidsspectrum van een 7 MW windturbine van Vestas werd bekomen door opschaling van de gegevens voor het totaal geluidsvermogenniveau van 106,3 dB(A) bij een windsnelheid (v_{10}) van 8 m/s in het testrapport voor een Vestas windturbine V80-2 MW (offshore). Daar een 6 MW windturbine van REpower dezelfde rotordiameter (126 m voor een 5 MW windturbine) als draaisnelheid (12 tr/min voor een 5 MW windturbine) zal bezitten als een 5 MW windturbine, voorspelt de fabrikant (RePower) een totaal geluidsvermogenniveau van max. 108,7 dB(A) voor een 6 MW windturbine. Als indicatie voor het geluidsspectrum voor de 6 MW windturbine werden de gegevens van een SIEMENS SWT-3.6-107 windturbine gekozen en geschaald naar een totaal geluidsvermogenniveau van 108,7 dB(A) voor de 6 MW windturbine. Voor de 10 MW windturbine werd een totaal geluidsvermogenniveau van max. 110 dB(A) vooropgesteld. Als indicatie voor het geluidsspectrum werden eveneens de gegevens van een SIEMENS SWT-3.6-107 windturbine gekozen en opgeschaald.

Tabel 5-35 Geluidsvermogen in dB(A). Frequentiespectrum per 1/1^{e} octaafbanden.

		Geluidsvermogen (in dB(A)) Frequentiespectrum per 1/1^{e} octaafbanden									
Windturbine capaciteit	Frequentie (Hz)	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	Totaal bronvermogen
4MW General Electric's	(Siemens SWT-3.6-107)	62.1	87.4	96.3	99.4	100.0	98.9	95.6	86.9	74.4	105.5
5MW REpower	(Siemens SWT-3.6-107 opgeschaald)	62.1	88.6	97.5	100.6	101.2	100.1	96.8	88.1	75.6	106.7
6MW REpower	(Siemens SWT-3.6-107 opgeschaald)	64,1	90,6	99,5	102,6	103,2	102,1	98,8	90,1	77,6	108,7
7MW Vestas	(Vestas V80-2MW offshore opgeschaald)	81.6	89.8	98.3	103.8	107	106.3	103.9	99.8	89.5	112
10MW Clipper	Siemens (opgeschaald LWA =110)	65.4	91.9	100.8	103.9	104.5	103.4	100.1	91.4	78.9	110

Bronvermogen van de transformator

In het windmolenpark worden er mogelijk twee offshore transformatorplatformen (OHVS) gebouwd. Naast de windturbines zullen ook de aanwezige transformators (33/150-220 of 66/220-380 kV) voor een geluidsbijdrage zorgen. Mogelijks worden er twee OHVS van 400 MW voorzien. De electriciteit die door een windturbine wordt opgewekt, wordt in twee stappen opgetransfomeerd. Een eerste transformatie naar 33 kV of 66 kV vindt plaats in de gondel. De

geluidsemissie van deze transformator wordt samen met het geluid van de alternator van de windturbine afgeschermd door de behuizing, waardoor deze deelbron niet merkbaar is in het geluidsvermogenspectrum van de windturbine. Een tweede transformatie naar 150 kV (of 220 of 380 kV) vindt plaats op het transformatorplatform.

Het geluidsvermogenspectrum voor een 300 MW of 400 MW transformator is niet gekend. Voor de geluidsberekeningen wordt gebruik gemaakt van de gegevens uit het MER voor windmolenpark Northwind. het geluidsvermogenspectrum weer voor een 125 MVA toestel.

Tabel 5-36 Geluidsvermogen (in dB(A)) van een 125 MVA transformator (MER Northwind, Arcadis 2008). Frequentiespectrum per 1/1^{e} octaafbanden.

	Geluidsvermogen (in dB(A)) Frequentiespectrum per 1/1^{e} octaafbanden									
Frequentie (Hz)	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	**Totaal bronvermogen**
125 MVA transfo	80	82	85	93	97	97	92	90	85	**101,9**

Geluidsoverdrachtsmodel bovenwatergeluid

Voor de overdrachtsberekening wordt gebruik gemaakt van het computersimulatieprogramma Geomilieu Versie 1.71, waarin een bijzondere module werd opgenomen om de geluidsoverdracht van windturbines te berekenen. Dergelijke berekening kan beschouwd worden als een conservatief hemisferisch spreidingsmodel (ref. Reken- en meetvoorschrift windturbines). De geluidsoverdracht is functie van de karakteristieken van de geluidsbron (directiviteit, bronhoogte), geometrische afstand tot de ontvanger, luchtabsorptie, absorptie en reflectie tegen oppervlakken (water – bodem) of objecten en weersinvloeden (windsnelheid en temperatuurgradiënten).

Naast de effecten van het project afzonderlijk werden ook de geluidseffecten onderzocht door cumulatie met reeds toegewezen windmolenparken. Hiervoor werden de meest recente projectgegevens (type windturbine, geluidsvermogenniveau, aantal en inplanting) gebruikt. De impact van het project op de gecumuleerde geluidsimmissie van de reeds toegewezen windmolenparken, duidt zich in de absolute waardetoename van het gecumuleerde geluidsniveau. De bevindingen werden bekomen door vergelijking van de cumulatieve geluidsberekeningen onder de scenario's met en zonder de specifieke geluidsbijdrage van het project. De cumulatieve effecten worden besproken in § 6.3.4.

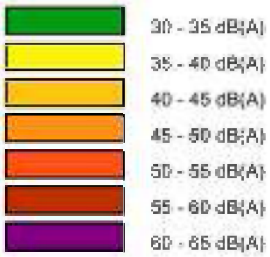
De resultaten van het specifieke geluid van het windmolenpark wordt voorgesteld aan de hand van enerzijds berekende waarden in gedefinieerde punten, en anderzijds de ruimtelijke geluidsvoortplantingswijze boven het wateroppervlak via een geluidskaart. De geluidskaart geeft een aantal lijnen weer van een gelijke geluidsbelasting (geluidscontouren) door de punten van een eenzelfde specifieke geluidswaarde met elkaar te verbinden. De inkleuring van de geluidscontouren geeft een visuele weergave van de bereikte geluidsbelastingszone. Voor elke kaart wordt eenzelfde legende gebruikt m.b.t. de ingekleurde belastingszones.

Ten behoeve van de effectbeoordeling wordt het te verwachten specifieke geluid van het project vergeleken met het omgevingsgeluid in de referentietoestand. Immers het totaal waargenomen geluid bij exploitatie van het windmolenpark is een mathematische samenvoeging van het specifieke geluid van het windmolenpark met het geluidsniveau in de referentietoestand.

5.3.4.2.2 Effecten van de operationele fase boven het wateroppervlak

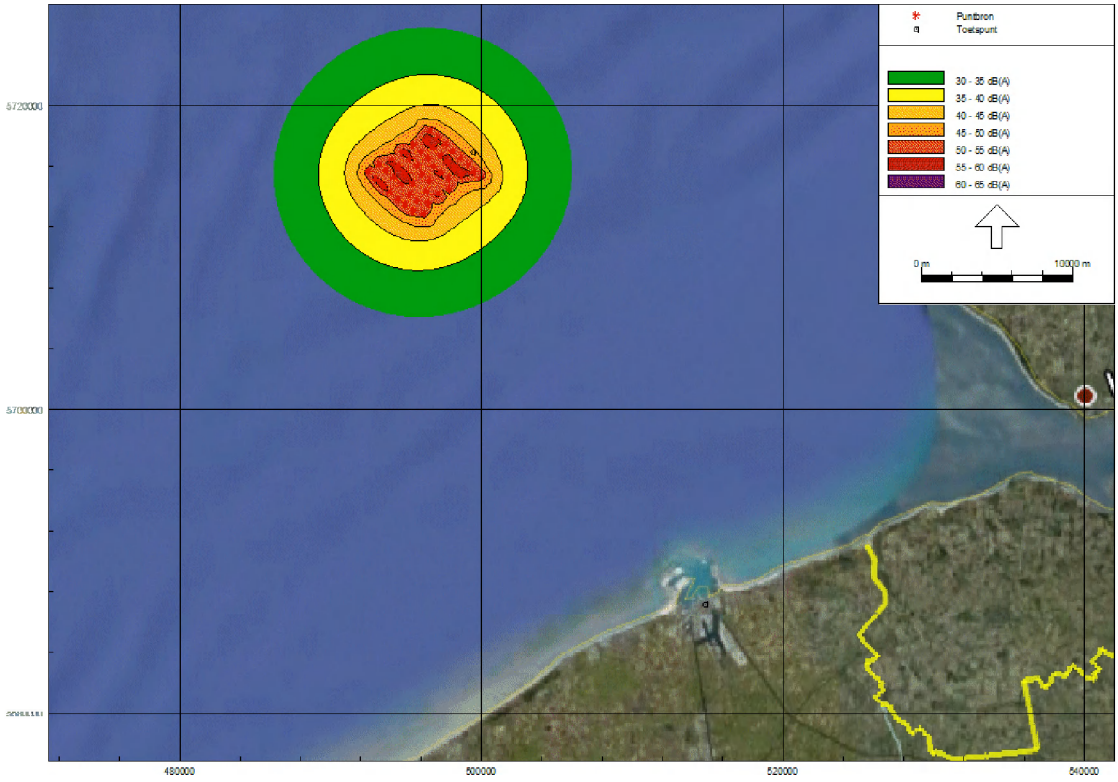
Het verwacht specifieke geluid werd berekend op basis van een akoestisch rekenmodel voor de geluidsbronnen (windturbines en transformator). In het rekenmodel werden met volgende parameters rekening gehouden: inplanting van de windturbines, akoestische gegevens van vergelijkbare windturbines, de overdrachtsdemping volgens de standaard ISO 9613, de bodeminvloed (D_{bodem}) die voor het gehele gebied hard (zeewater) verondersteld werd en de luchtabsorptie (D_{lucht}). Voor de luchtabsorptie werd een temperatuur van 15°C en 80% relatieve vochtigheid aangenomen. De ontvangsthoogte was 4 m boven het zeeoppervlak (referentiehoogte voor strategische geluidsbelastingskaarten (richtlijn 2002/49/EG)) en het zeeoppervlak is voor het gehele studiegebied hard verondersteld. De bekomen resultaten gelden voor een belastende wind en er is geen meteorologische correctie (onder de meest ideale overdrachtsomstandigheden met de wind die waait van bron naar ontvanger) uitgevoerd.

Onderstaande figuren presenteren per scenario de ruimtelijke weergave van de geluidsuitbreiding op 4 m hoogte boven het wateroppervlak via geluidscontouren van het specifieke geluid boven water van het Rentel windmolenpark.



Daarnaast worden in tabelvorm ook de afstanden weergegeven van de projectgrens van het windmolenpark tot een specifieke geluidscontour, tot de kustlijn Zeebrugge en de offshore Belgisch-Nederlandse grens.

Basisconfiguratie

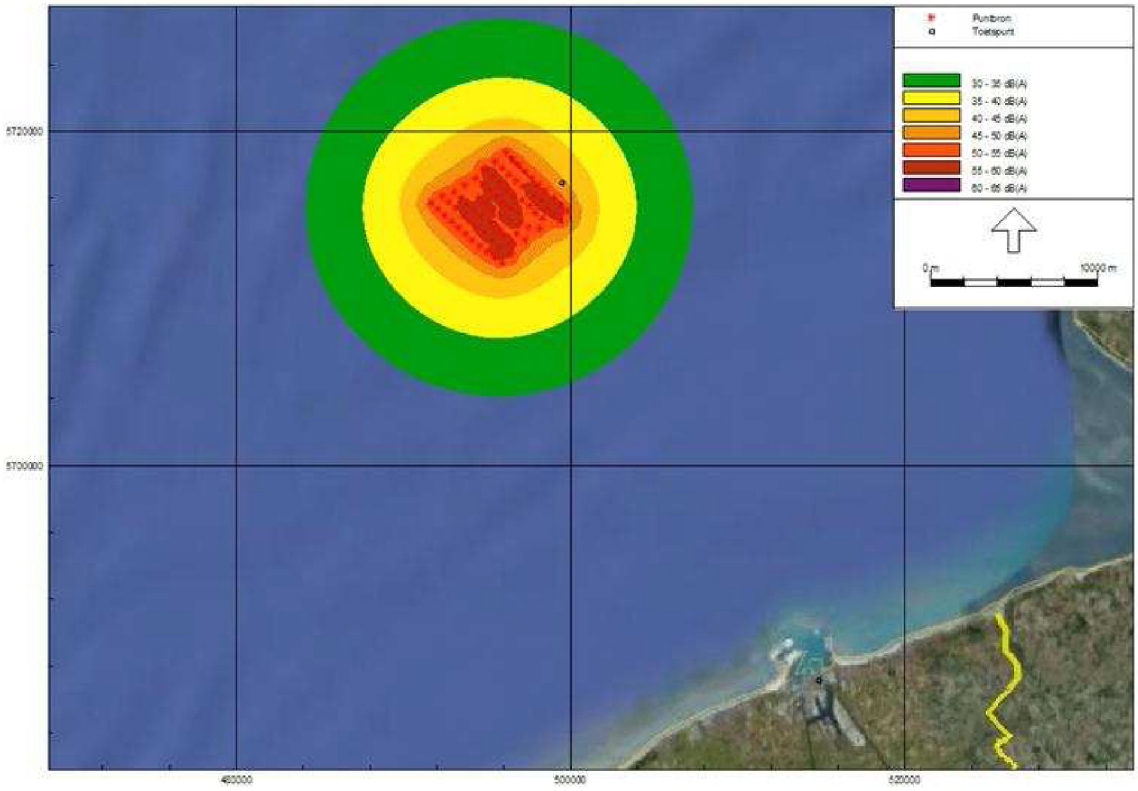


Figuur 5-45 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van de Rentel basisconfiguratie van 47 WTG's met elk een electrisch vermogen van 6 MW

Tabel 5-37 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder de basisconfiguratie van 47 WTG's met elk een electrisch vermogen van 6 MW

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Basisconfiguratie: 47x6MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**11,6**	30	35	40	45	**± 46,0**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		7466	**4112**	**1924**	**921**	

Configuratie 1

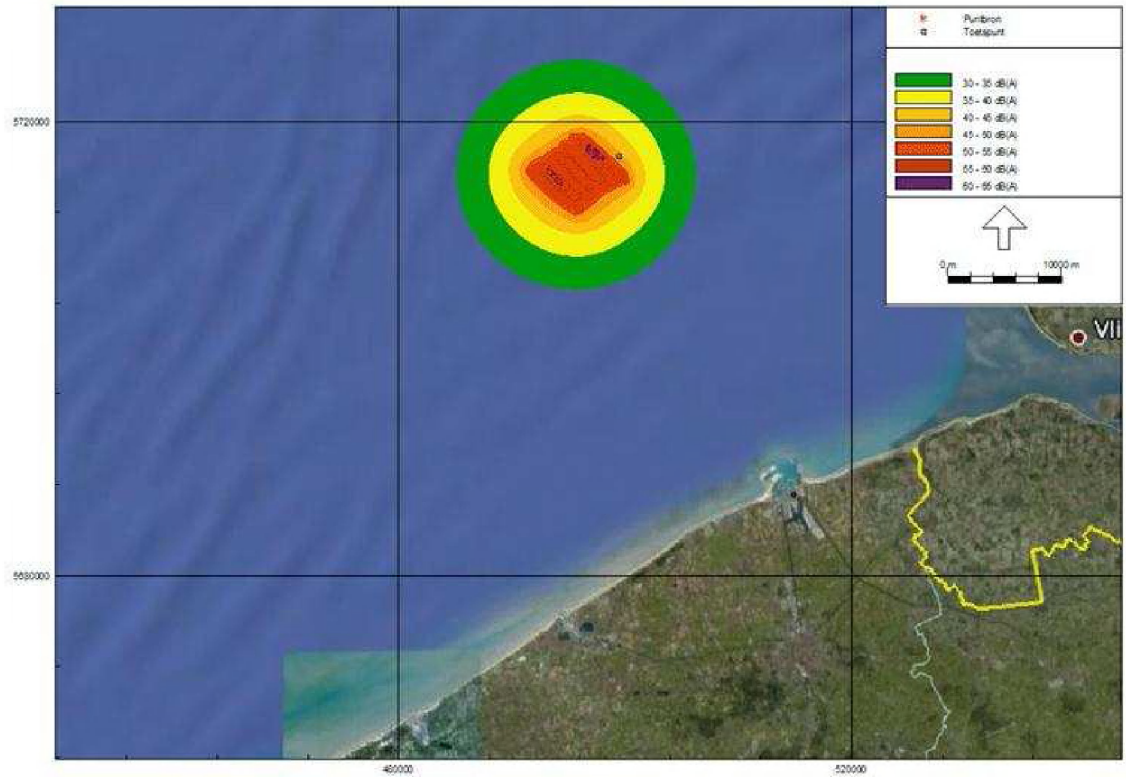


Figuur 5-46 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 78 WTG's met elk een electrisch vermogen van 6 MW

Tabel 5-38 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 78 WTG's met elk een electrisch vermogen van 6 MW

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Configuratie 1: 60x6MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**13,8**	30	35	40	45	**± 46,2**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		8881	**5299**	**2670**	**1168**	

Configuratie 2

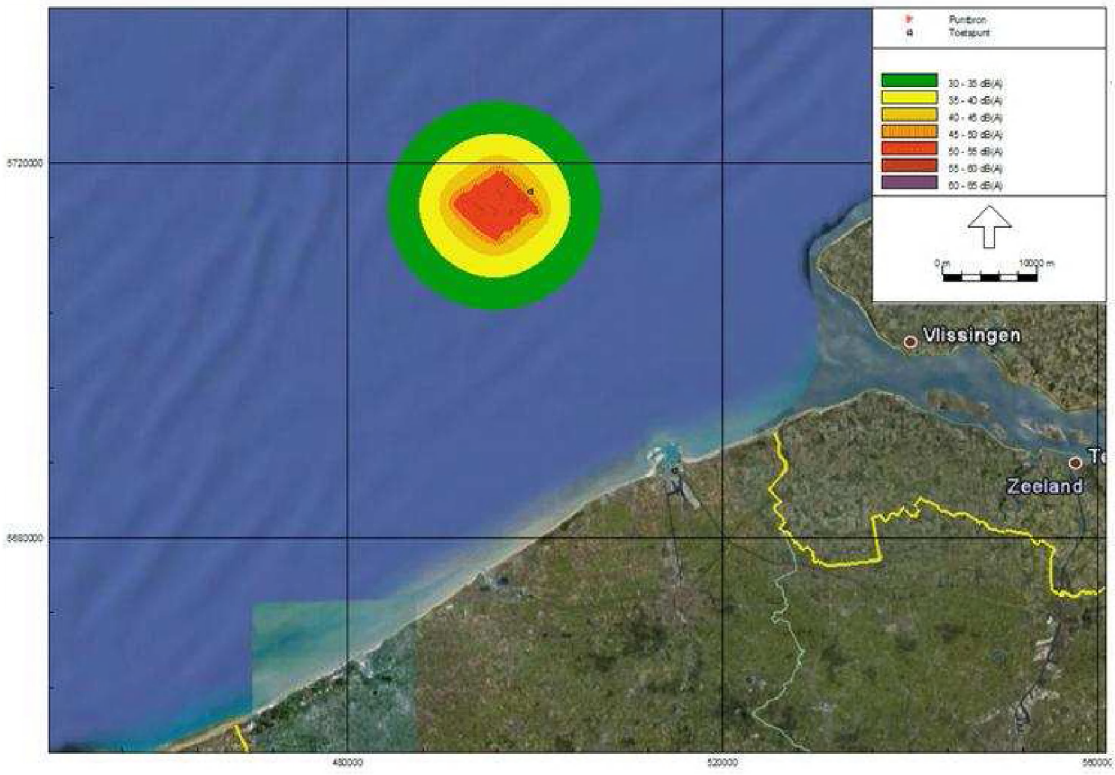


Figuur 5-47 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 60 WTG's met elk een electrisch vermogen van 7 MW

Tabel 5-39 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 60 WTG's met elk een electrisch vermogen van 7 MW

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Configuratie 2: 49x7MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**12,1**	30	35	40	45	**± 46,4**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		7107	**4266**	**2357**	**1313**	

Configuratie 3

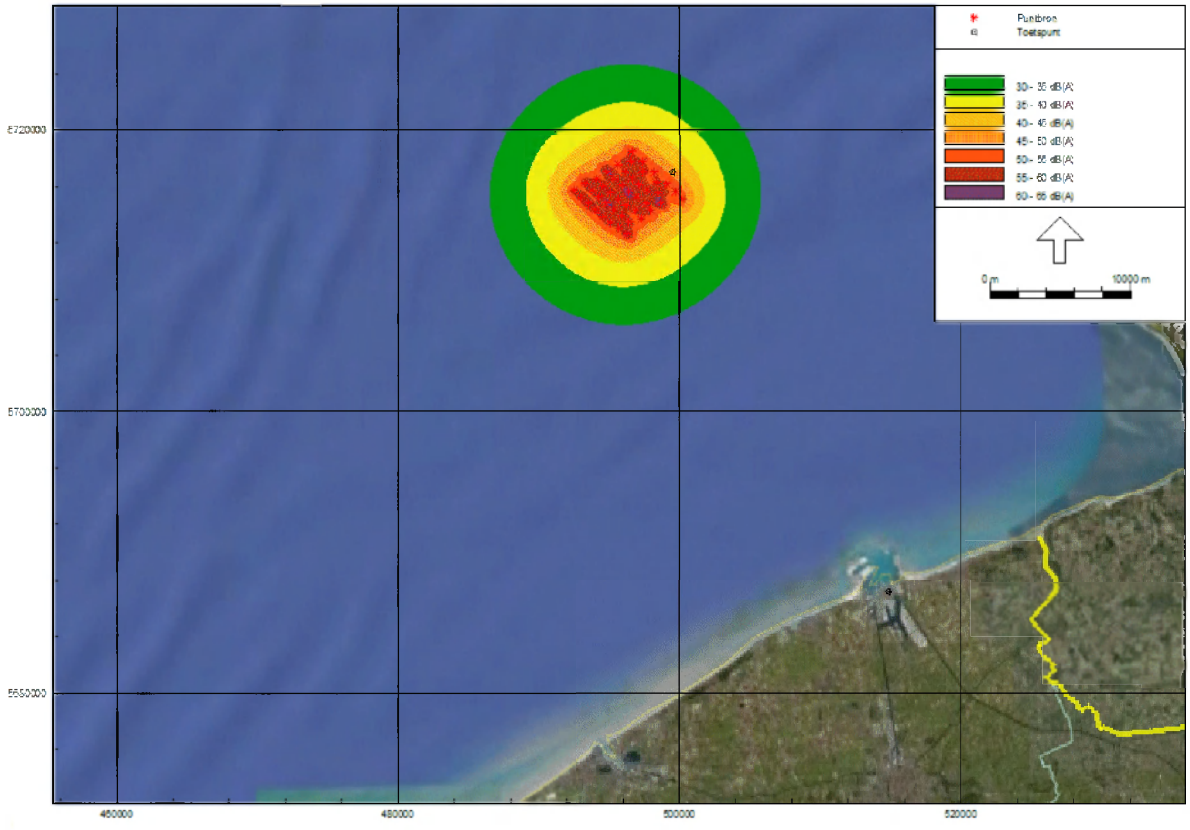


Figuur 5-48 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 55 WTG's met elk een electrisch vermogen van 10 MW

Tabel 5-40 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 55 WTG's met elk een electrisch vermogen van 10 MW

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Configuratie 3: 45x10MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**13,5**	30	35	40	45	**± 45,7**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				**aan de offshore BE-NL grens**
		8042	**4621**	**2346**	**1121**	

Scenario 7 MW Init.

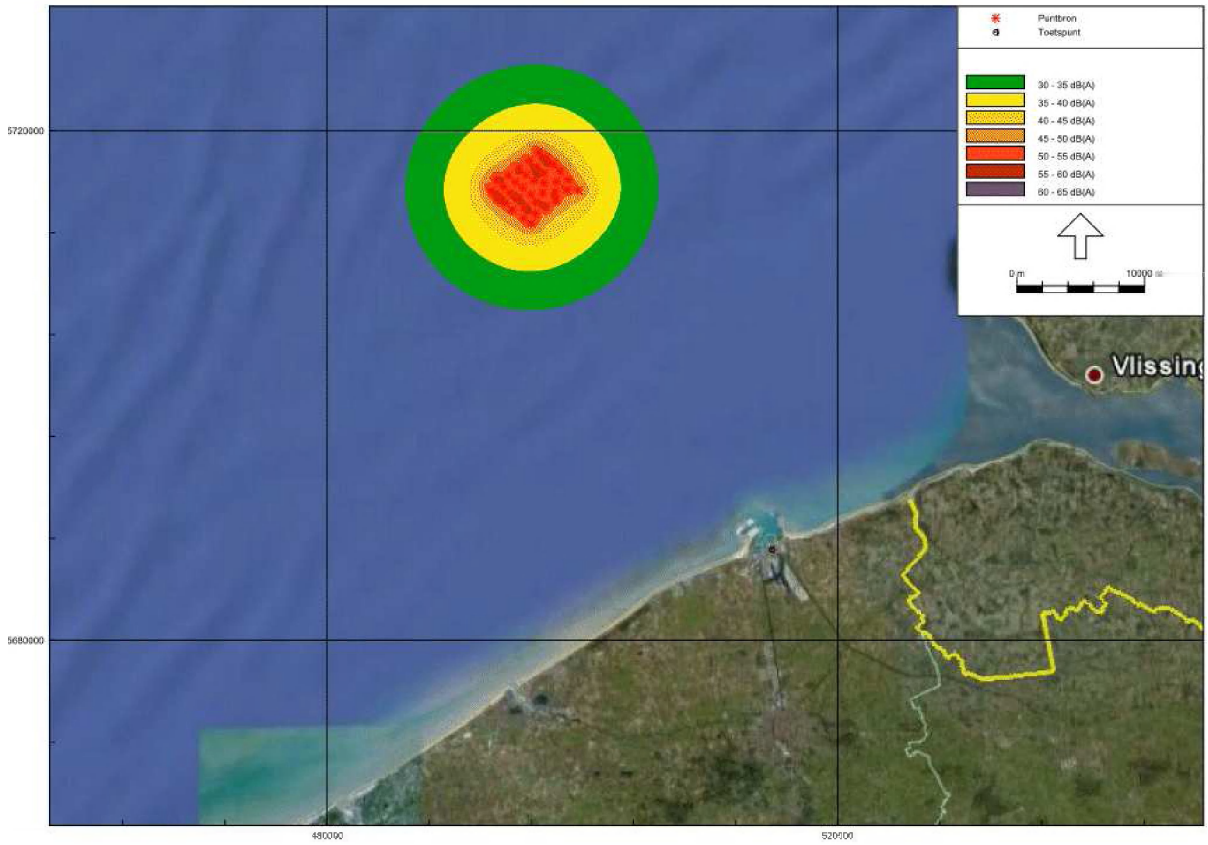


Figuur 5-49 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 44 WTG's met elk een electrisch vermogen van 7MW – (geluidsberekening met het rekenprogramma Geomilieu)

Tabel 5-41 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 45 WTG's met elk een electrisch vermogen van 7 MW – (geluidsberekening met het rekenprogramma Geomilieu)

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Scenario 7 MW Init.: 45x7MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**10,9**	30	35	40	45	**± 46,9**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		7130	**4380**	**2490**	**1330**	

Scenario 10 MW Init.

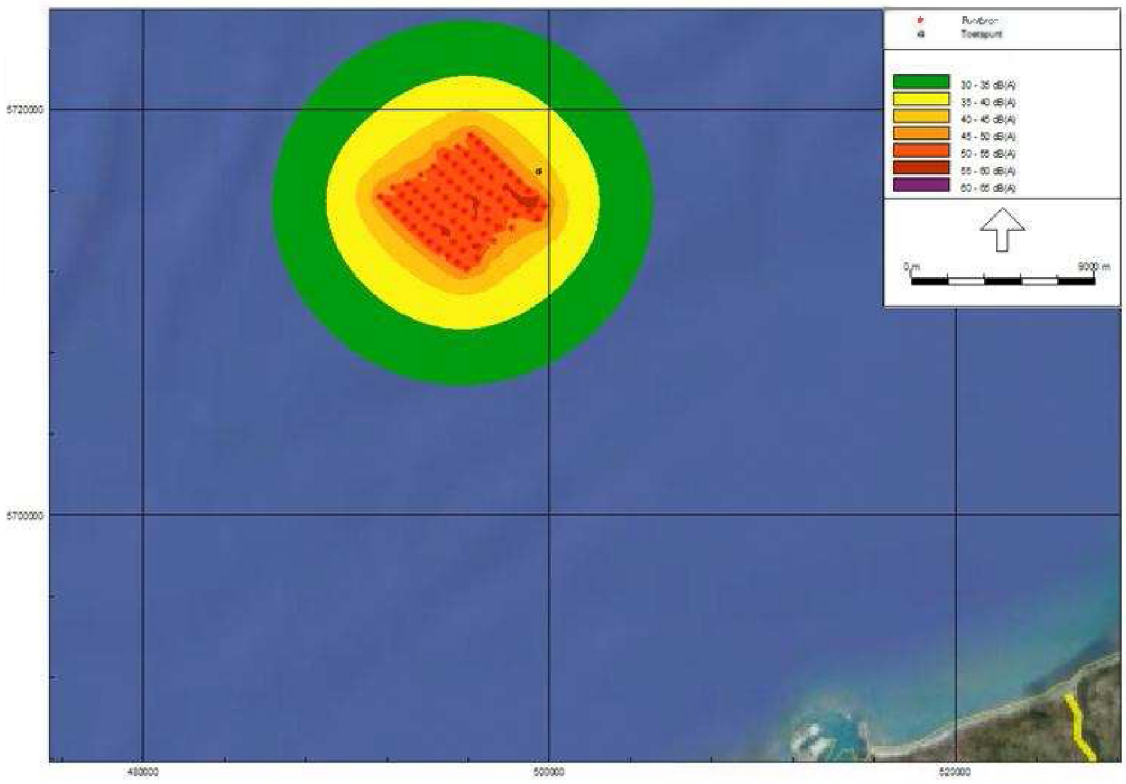


Figuur 5-50 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 36 WTG's met elk een electrisch vermogen van 10 MW – (geluidsberekening met het rekenprogramma Geomilieu)

Tabel 5-42 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 36 WTG's met elk een electrisch vermogen van 10 MW – (geluidsberekening met het rekenprogramma Geomilieu)

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Scenario 10 MW Init.: 36x10MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**11,7**	30	35	40	45	**± 45,3**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		7510	**4380**	**2230**	**1080**	

Scenario ondergrens configuratie 1



Figuur 5-51 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 78 WTG's met elk een electrisch vermogen van 4MW – (geluidsberekening met het rekenprogramma Geomilieu)

Tabel 5-43 Berekend specifiek geluid boven water van het windmolenpark Rentel onder het scenario van 78 WTG's met elk een electrisch vermogen van 4 MW – (geluidsberekening met het rekenprogramma Geomilieu)

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark Rentel Scenario ondergrens configuratie 1: 60x5MW						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**10,6**	30	35	40	45	**± 43,1**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				aan de offshore BE-NL grens
		6676	**3460**	**1496**	**495**	

In een matig belastende situatie[6] plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 0,9-1,3 km en op een afstand van 1,9-2,5 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Onder de scenario's worden aldus beperkte afwijkingen bekomen. Aan de rand van

[6] Matig belastende situatie is deze situatie waarbij er voldoende wind is om de windturbines te doen draaien, deze wind voldoende in de richting van de waarnemer waait om opwaartse afbuiging van de temperatuurgradiënt te compenseren, maar de windsterkte toch zodanig beperkt is dat geen geluid door kerende golven in zee ontstaat.

de veiligheidszone (zone van 500 m rond het park) zal het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A). Dit is vergelijkbaar met het geluidsniveau veroorzaakt door licht autoverkeer op 30 m, regen, koelkast, afwasmachine, omgevingsgeluid in het bos.

Het specifieke geluid berekend ter hoogte van een waarnemer aan de kust (dichtstbijzijnde afstand tot de kustlijn is gelegen aan de haven te Zeebrugge) bedraagt ca. 0-13 dB(A) afhankelijk van het gekozen scenario voor het Rentel windmolenpark.

Het specifieke geluid aan de kustlijn onder het worst case scenario (13 dB(A) onder een invulling van 55 WTG's x 10MW) bevindt zich ruim onder het huidig achtergrondgeluidsniveau van 30 tot 40 dB(A) tijdens de nachtperiode. Het achergrondgeluidsniveau zal 's nachts niet worden verhoogd door de exploitatie van het windmolenpark Rentel. Dit impliceert evenmin een verhoging door exploitatie van het windmolenpark Rentel 's overdag daar het omgevingsgeluidniveau in deze periodes steeds hoger zal zijn dan tijdens de nachtperiode.

In het MER van windmolenpark Northwind (Arcadis, 2008) werd eveneens aangegeven dat het geluidskarakter van het windmolenpark niet detecteerbaar zou zijn vanaf de kust. De spectrale geluidswaarden van golven op zee zouden beduidend hoger zijn dan deze van het specifieke geluid van het windturbinegeluid.

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen (kust Zeebrugge) kan het specifieke geluid onshore getoetst worden aan in Vlaanderen beschikbare milieuvoorwaarden voor windturbines (enkel ter volledigheid van de studie, want de studie is een federale aangelegenheid en geen Vlaamse). Hoewel windturbines en windmolenparken werden opgenomen in de Vlarem I-indelingslijst als hinderlijk beschouwde inrichtingen (rubriek 20.1.6. "Installaties voor het opwekken van electriciteit door middel van windenergie") zijn de algemene milieuvoorwaarden ter beheersing van de geluidshinder volgens hoofdstuk 4.5 van Vlarem II niet van toepassing (art. 5.20.5.1 van Vlarem II).

Naast de Vlarem-wetgeving werden milieuvoorwaarden voor windturbines opgenomen in een afzonderlijk nota. De Vlaamse Regering heeft op 23 december 2011 op voorstel van minister Schauvliege en de afdeling Milieuvergunningen in een toelichtingsnota nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines principieel goedgekeurd. De nieuwe voorwaarden gelden vanaf begin 2012. In de toelichtingsnota nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines worden ondermeer randvoorwaarden opgenomen voor geluid. Voor wat betreft geluid wordt er afgestapt van de afstandsregel uit de omzendbrief EME/2006.01 die stelde dat de hinder op een afstand van meer dan 250 m aanvaardbaar is. De hinder door geluid van windturbines wordt vanaf nu beperkt door middel van geluidsnormen, waarbij de strengste normen gelden in woongebied en de minst strenge normen in industriegebieden, én resultaten van de plaatselijke achtergrondgeluidsmetingen.

Het specifiek geluid (L_{sp}) van de windturbines (gedefinieerd als $L_{Aeq,15min}$) moet lager zijn dan de richtwaarde. Tenzij de exploitant mits een achtergrondgeluidsmeting van het oorspronkelijk omgevingsgeluid kan aantonen dat het achtergrondgeluidsniveau hoger is dan de norm voor het bestemmingsgebied. In dat geval geldt de (hogere) waarde van het achtergrondgeluid (gedefinieerd als $L_{A95,1h}$) als norm én is de afstandsregel van meer dan drie maal de rotordiameter tot woningen vereist.

$L_{sp} \leq$ MAX(richtwaarde, $L_{A95,1h}$)

De nachtelijke norm zal maatgevend zijn voor de windturbines. Voor woongebieden en gebieden voor verblijfsrecreatie bedraagt de richtwaarde voor windturbinegeluid 39 dB(A). Daar het berekende specifieke geluid van het windmolenpark voor elk onderzocht scenario in

een matig belastende situatie beperkt is tot max. 13 dB(A) ter hoogte van de dichtsbijzijnde woningen (haven Zeebrugge), worden de Vlarem II richtwaarden voor woongebieden of voor gebieden voor verblijfsrecreatie en het huidig achtergrondgeluidsniveau aan de kustlijn, voor elke beoordelingsperiode (overdag, 's avonds en 's nachts) onderschreden.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van het specifieke geluid van het Rentel windmolenpark, de toetsing met de nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbinegeluid onshore in Vlaanderen m.b.t. de meest kritische beoordelingsperiode ('s nachts) en een vergelijking met de meetresultaten van het omgevingsgeluid onshore (kustzone) tijdens de nachtperiode.

Tabel 5-44 Vergelijking van het geluidsniveau van het windmolenpark Rentel *ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties (berekening met GEOMILIEU)*

	Matig belastende situatie
WORST CASE SCENARIO Specifieke geluid van windmolenpark Rentel (55X10MW) t.h.v. de kustzone	ca. 13 dB(A)
Richtwaarde tijdens de meest kritische beoordelingsperiode ('s nachts) volgens de nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines (voorstel principieel goedgekeurd door de Vlaamse Regering, december 2011) • Verblijfs-recreatie • Woongebied	39 dB(A)
Metingen aan de Noordzee	30 tot 40 dB(A)
Vergelijking nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines (2012) • Verblijfs-recreatie • Woongebied	-26 dB(A)
Vergelijking metingen	-17 tot -27 dB(A)

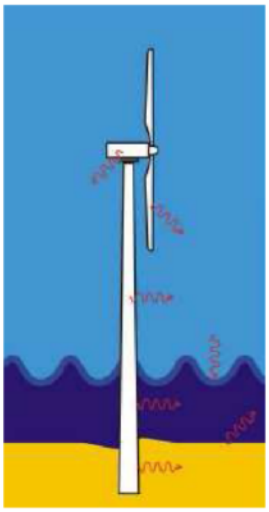
Algemeen wordt er besloten dat als gevolg van het specifieke geluid van het windmolenpark Rentel, zelfs onder het worst-case invullingsscenario, er geen geluidshinder wordt verwacht ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen.

5.3.4.2.3 Identificatie van de relevante geluidsbronnen onder het wateroppervlak

Onderwatergeluid verschilt in diverse aspecten van geluid in lucht. Een van de voornaamste verschillen is de geluidssnelheid. Deze geluidssnelheid is in lucht 343 m/s en in water 1500 m/s. Daarnaast neemt de golflengte van geluid van eenzelfde bron onder water toe met een factor vier. Dit betekent dat een geluidsbron die geluid produceert in het medium lucht een ander geluidsdrukniveau produceert vergeleken met deze bron in het medium water.

Zoals reeds aangehaald dient er om dB's in zeewater te kunnen vergelijken met die in lucht er van de zeewatergetallen 62 dB te worden afgetrokken.

Het geluid van een windturbine onder water kan op drie manieren worden overgedragen, namelijk indirect vanuit de lucht via transmissie door het wateroppervlak, direct via de mast door afstralend structuurgeluid of indirect via de bodem (Figuur 5-52).



Figuur 5-52 Overdracht van geluid van een windturbine naar het water

Als geluid van water naar lucht gaat, of omgekeerd, wordt het grootste deel van het geluid teruggekaatst op het wateroppervlak. Dit heeft tot gevolg dat geluid van boven water onder water bijna niet hoorbaar is, en omgekeerd. De tweede transmissieweg (direct via de mast) zal de belangrijkste bronbijdrage teweegbrengen. De emissie van afstralend structuurgeluid kan toenemen bij toenemende windsnelheden. Er kan wel worden verondersteld dat het afgestraald structuurgeluid (via de mast) van de windturbines zal toenemen bij hogere windsnelheden. Echter het achtergrondgeluid onder water (stromingsgeluid + geluid door botsing van golven tegen de mast) zal ook toenemen bij hogere windsnelheden[7].

Over de geluidsniveaus onder water van de windturbines die in aanmerking komen (5 - 10 MW) voor het project zijn geen (meet)gegevens beschikbaar. In de literatuur opgenomen steekproefmetingen op een bepaalde afstand van windturbines van 0,220 – 0,550 – 0,6 MW zijn daarom richtinggevend.

Een studie over het onderwatergeluid van een 0,220 MW windmolenpark nabij Nogersund in de Hanö baai (Westenberg 1990-1993) besluit dat het geluid voor frequenties boven de 50 Hz proportioneel stijgen met het kwadraat van de windsnelheid. Met andere woorden zal een verdubbeling van de windsnelheid het geluid voor de frequenties boven de 50 Hz met 6 dB laten toenemen. Het infrageluid zou met 10 tot 12 dB stijgen bij een verdubbeling van de windsnelheid (t.g.v. een frequentere golfbreking). Bijgevolg zal het geluid onder water bij een bepaalde windsnelheid hoorbaar zijn in de lage frequenties (voor frequenties < 1 kHz is de geluidsabsorptie door zeewater verwaarloosbaar – voor frequenties < 200 Hz is er een sterke geluidsabsorptie door de zeebodem).

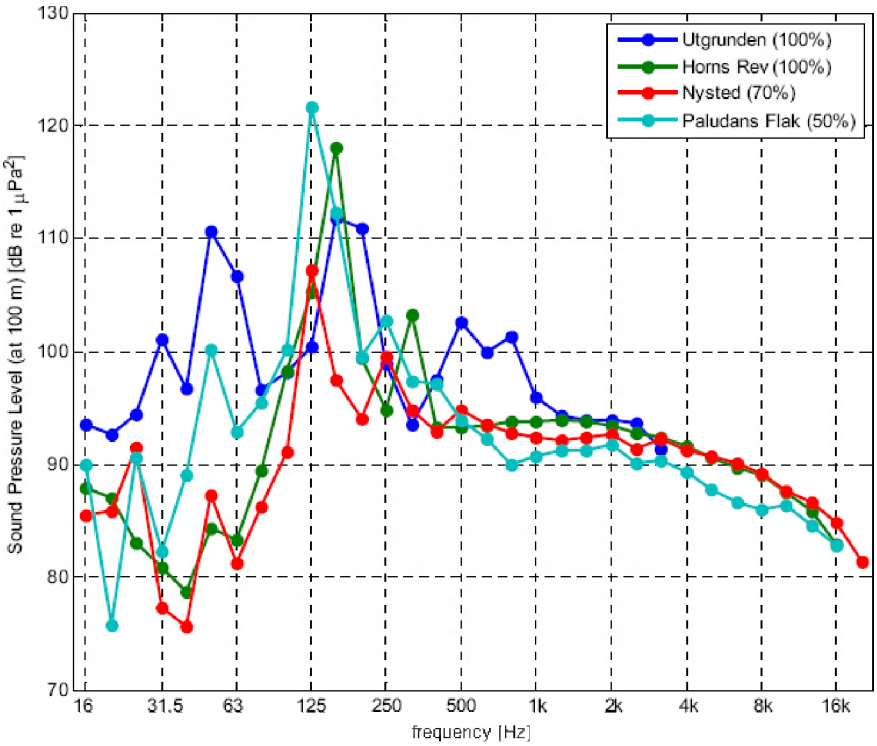
Voor de in aanmerking komende windturbines (4 MW tot 10 MW windturbines) zijn er voor het onderwatergeluid geen omrekeningsmethodes beschikbaar en zijn bijgevolg een leemte in de kennis.

[7] Bron: metingen uit studies voor de windmolenparken "Gotland (Denemarken) (EIA 2000)" – "Irene Vorrink (Ijsselmeer Nederland)" – " Hanö baai (Nogersund)" – "1,5 MW windturbine bij een windsnelheid van 12 m/s (Utgrunden in Zweden)"

5.3.4.2.4 Effecten van de operationele fase onder het wateroppervlak

Zoals reeds beschreven in § 5.3.4.1.3 is bij het voortplanten van geluid onder water een transmissieverlies ten gevolge van de spreiding cilindrisch (SL = constant + 10 log(r/rref) of sferisch (SL = 10 log(r/rref)^2 met rref= 1 m), ten gevolge van de absoprtie (α) van het zeewater en ten gevolge van de reflectie tegen obstakels en zeebodem. Zoals reeds beschreven in § 5.3.4.1.3 heeft Thiele (2002) een formule ontwikkeld voor de geluidsdemping onder water in functie van de afstand, die toepasbaar is voor de Noordzee met een waterdiepte tot 100 m, een zandbodem en een windsnelheid kleiner dan 37 km/uur. Voor de beschrijving van de transmisieverliezen en de afgeleide overdrachtsformule wordt verwezen naar § 5.3.4.1.3 'Effecten op onderwatergeluid door baggeren'.

Het specifieke geluidsniveau van een werkende windturbine onder water heeft een spectrale inhoud beneden de 1000 Hz. Metingen van het onderwatergeluid bij werking van een 2,3 MW Bonus windturbine in de Baltische Zee geven eveneens een bevestiging. De metingen werden uitgevoerd voor een windsnelheid van 8-10 m/s. De waterdiepte van de site was 12 m. Grotere offshore windturbines in dieper water zullen vermoedelijk hogere geluidsniveaus teweegbrengen als gevolg van een groter afstralend oppervlakte van de mast, maar meetdata ontbreekt momenteel en is aldus een leemte in de kennis. Onderstaande figuur is een weergave van het geluidsspectrum onder water opgemeten op 100 m van werkende windturbines, opgemeten in vier windmolenparken de Baltische Zee.



Figuur 5-53 Voorbeeld van het 1/3e octaafband spectra voor het onderwatergeluid op 100 m afstand van werkende windturbines, opgemeten in de vier windmolenparken van de Baltische Zee (Nysted: 2,3MW x 72 WTG's – Horns: 2MW x 80 WTG's – Utgrunden: 1,5MW x 7 WTG's). De percentages in de legende refereren naar de verhouding van het geproduceerd electrisch vermogen t.o.v. het nominaal vermogen. (Institut für Statik und Dynamik, 2007)

Rekening houdende met een transmissieverlies van Thiele (TL = 15 LOG (r)) zal er op een afstand van 500 m (= grens veiligheidszone) van de windturbine onder water een transmissieverlies van 40 dB voorkomen, waardoor het specifieke geluid van een windturbine onder water (max. 120 dB– 40 dB = 80 dB (re 1µPa)) vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid zoals opgemeten aan de Thorntonbank. Voor een groep van windturbines, zoals opgemeten in de Baltische Zee, kan op een afstand van 500 m van het windmolenpark een max. geluidsniveau onder water van 110 dB worden verwacht, dit bij een windsnelheid van 8-10 m/s (5 Beaufort).

In het monitoringrapport van het onderwatergeluid op de Thorntonbank (RCMG, 2006) - referentietoestand vóór de operationele fase - werd per 1/3^{e} octaafband in het frequentiegebied tussen 10 en 10.000 Hz een gemiddeld geluidsniveau van 100 dB (re 1µPa) opgemeten bij gunstige weersomstandigheden (1-2 Beaufort). Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort) steeg het laagfrequent ruisniveau tot 130 dB, doch is het niet uit te sluiten dat in deze meting ook andere geluidscomponenten voorkomen.

Toetsing van de referentiewaarden opgemeten op de Thorntonbank met meetgegevens van reeds geëxploiteerde offshore windmolenparken, weliswaar 2 MW-windmolenparken, kan als verwachtingspatroon een verstoringsafstand van 500 m tot het windmolenpark worden opgegeven.

5.3.4.2.5 Besluit operationele fase windmolenpark Rentel

De effecten van het geluid tijdens de operationele fase voor de verschillende funderingstypes tijdens de meest kritische omgevingscondities (offshore: gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2, zeegang 1-2; onshore: nachtperiode onder gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2) worden in Tabel 5-45 samengevat. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-45 Overzicht effecten op geluid tijdens operationele fase windmolenpark Rentel

Rentel windmolenpark	Geluidstype	Funderingstype		
		Monopile	Jacket	Gravitaire
Basisconfiguratie 6,15 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0
Configuratie 1 6,15 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0
Configuratie 2 7 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0
Configuratie 3 10 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0

Er wordt slechts een gering negatief effect verwacht tengevolge van het onderwatergeluid tijdens de exploitatie voor alle beschreven uitvoeringsscenario's. De relatieve impact t.o.v. de windconcessie op het Belgische deel van de Noordzee is dan ook verwaarloosbaar.

5.3.4.3 Ontmantelingsfase

Wanneer het windmolenpark zal ontmanteld worden zullen op basis van de staat van het park, de geldende wetgeving en de beschikbare technieken, werkmethodes worden ontwikkeld waarin ook de milieuzorg zal geïntegreerd zijn.

Bij de ontmanteling van het windmolenpark worden monopile en jacket funderingsstructuren ontmanteld tot op 2 m beneden de zeebodem. De bodem rond de turbine wordt afgegraven en vervolgens wordt de windturbine afgezaagd. Het gebruik van een zaagmachine onder water zal zorgen voor een verhoogd geluidsniveau onder water. Bij een gravitaire fundering wordt deze leeggemaakt en in zijn geheel afgevoerd naar het land. De geluidsemissie van de werktuigen is beperkter dan voor een monopile of jacket fundering.

Door het afvoeren van de windturbines per schip zal er een tijdelijke verhoging zijn van het vrachtvervoer op zee. Deze verhoging zal vergelijkbaar zijn met de toevoer van de windturbines tijdens de aanlegfase. De toename van het vrachtvervoer zal ervoor zorgen dat er hogere geluidsniveaus optreden onder water. De verhoging zal vrijwel geen effect hebben t.o.v. de normale dagelijkse scheepvaart op de Noordzee.

Besluit: De effecten van het geluid tijdens de ontmantelingsfase voor de verschillende funderingstypes tijdens de meest kritische omgevingscondities (offshore: gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2, zeegang 1-2; onshore: nachtperiode onder gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2) worden in Tabel 5-46 samengevat. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-46 Overzicht effecten op geluid tijdens ontmantelingsfase windmolenpark Rentel

Rentel windmolenpark	Geluidstype	Funderingstype		
		Monopile*	Jacket*	Gravitaire
Basisconfiguratie 6,15 MW	Onder water	0/-	0/-	0
	Boven water	0	0	0
Configuratie 1 6,15 MW	Onder water	0/-	0/-	0
	Boven water	0	0	0
Configuratie 2 7 MW	Onder water	0/-	0/-	0
	Boven water	0	0	0
Configuratie 3 10 MW	Onder water	0/-	0/-	0
	Boven water	0	0	0

* gering negatief effect t.o.v. de referentietoestand als gevolg van de zaagbewerking

Onder minder gunstige weersomstandigheden worden de effecten door een verhoogd achtergrondgeluidsniveau gemilderd tot geen effect.

5.3.4.4 Bekabeling

De kabels tussen de windturbines en de transformatorplatformen enerzijds en de kabel tussen het windmolenpark en het vaste land (Belgische kust) anderzijds, worden ingegraven op minimaal ca. 1 m in de zeebodem in het windmolenpark en op minimum 2 m in de zeebodem

over het traject tussen het park en de kust d.m.v. jetting of ploegen. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een speciaal ingericht schip. Wanneer de exportkabel de vaargeul kruist wordt de kabel op een diepte van ca. 4 m onder de vaargeul gelegd d.m.v. het baggeren van een sleuf, rekening houdend met de toekomstige verdieping van de vaargeul. De effecten zullen vergelijkbaar zijn met deze bekomen bij het baggeren van funderingsput bij een gravitaire fundering en de nivellering bij statische monopile, ze zijn alleen tijdelijker en slechts op 1 locatie.

Tengevolge van de bekabeling wordt een tijdelijke verhoging van het geluid verwacht zowel boven als onder water. Deze toename is slechts van één schip afkomstig, zal bovendien over een korte tijd waargenomen worden en zich daarenboven verplaatsen in functie van de ligging van het schip. De verhoging van onder- en bovenwatergeluid zal een verwaarloosbaar effect hebben t.o.v. de dagelijkse geluidsimmissie door de scheepvaart op de Noordzee.

Besluit: De effecten van het geluid tijdens de bekabeling voor de verschillende funderingstypes tijdens de meest kritische omgevingscondities (offshore: gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2, zeegang 1-2; onshore: nachtperiode onder gunstige weersomstandigheden, Beaufort 1-2) worden in Tabel 5-47 samengevat. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-47 Overzicht effecten op geluid tijdens bekabeling windmolenpark Rentel

Rentel windmolenpark	**Geluidstype**	**Funderingstype**		
		Monopile	Jacket	Gravitaire
Basisconfigruatie 6,15 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0
Configuratie 1 6,15 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0
Configuratie 2 7 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0
Configuratie 3 10 MW	Onder water	0/-	0/-	0/-
	Boven water	0	0	0

5.3.4.5 Besluit bespreking en beoordelingen van de effecten op geluid en trillingen

Tabel 5-48 geeft een samenvatting weer van de effecten tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-48 Overzicht van de effecten op geluid voor de verschillende scenario's (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering).

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Onderwatergeluid heien	-	0/-	nvt	-	0/-	nvt	-	0/-	nvt	0/-	nvt
Bovenwatergeluid heien	0/-	0/-	nvt	0/-	0/-	nvt	0/-	0/-	nvt	0/-	nvt
Scheepvaart	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Baggeren	-	nvt	-	-	nvt	-	-	nvt	-	nvt	-
Storten van erosiebescherming	0/-	nvt	0/-	0/-	nvt	0/-	0/-	nvt	0/-	nvt	0/-
Leggen van de kabel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Operationele fase											
Onderwatergeluid	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0
Bovenwatergeluid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Onderwatergeluid	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0
Bovenwatergeluid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De "externe" impact van het tijdelijk gewijzigde geluidsklimaat tijdens de constructiefase wordt verder in detail besproken onder de discipline Fauna, flora en biodiversiteit (§ 5.4.3)

Tijdens de exploitatie en ontmanteling wordt slechts een gering negatief (0/-) effect verwacht ten gevolge van het geluid voor alle beschreven alternatieven. De relatieve impact t.o.v. de windconcessiezone van het BDNZ is dan ook verwaarloosbaar.

5.3.5 Trillingshinder

Windturbines produceren mechanische trillingen in het laag- en hoogfrequente gebied. De laagfrequente trillingen ontstaan door het voorbijgaan van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast. De hoogfrequente trillingen ontstaan door de draaiende onderdelen van de generator in de gondel, de interactie van wind met de windturbine (het aerodynamisch geluid van de rotortippen), golven die tegen de mast slaan, de beweging van zand en water langs de mast en organismen die op de windturbine voorkomen (bijvoorbeeld het sluiten van kleppen van de mossel).

Het niveau van trillingen zal ook met toenemende windsnelheid stijgen, aangezien de krachten op de mechanische delen toenemen.

De trillingen van de gondel hangen af van de graad van mechanische verbetering van het omzettingsproces van de windenergie. Omdat het verminderen van deze trillingen resulteert in een efficiëntieverbetering, zal het totale systeem steeds verder geoptimaliseerd worden. Elk van deze mechanismen zal afhankelijk zijn van het ontwerp en de kwaliteit van elke windturbine.

Niettemin is het waarschijnlijk dat de trillingen met het ouder worden van de windturbine als gevolg van slijtage van onderdelen zal toenemen.

Uit een vergelijkende trillingsmeting op de mast van een 0,550 MW en 0,450 MW windturbine onder water met deze van een 2 MW windturbine op land, volgt een duidelijk verschillend trillingsgedrag (trillingsspectrum) dan wanneer de windturbine onder water wordt geplaatst:

- < 100 Hz: trillingsamplitude van de windturbine op land > trillingsamplitude van de windturbine onder water;
- > 100 Hz: trillingsamplitude van de windturbine op land < trillingsamplitude van de windturbine onder water.

De gebruikte windturbines (3 MW of 6 MW windturbine) zijn van grotere omvang dan de opgemeten windturbines onder water (0,550 MW en 0,450 MW). De opgewekte mechanische trillingen kunnen zowel op spectrale inhoud als amplitudes relevant afwijkend zijn. Voor de geplande windturbines (4 - 10 MW windturbine) zijn de trillingseffecten onder water niet gekend en zijn bijgevolg een leemte in de kennis.

5.3.6 Leemten in de kennis

5.3.6.1 Onderwatergeluid

De geluidsemmisie en -immissie onder water door het heien van paalfunderingen is naast de plaatselijke geologie en bathymetrie afhankelijk van de diameter en lengte van de windturbine, en is bijgevolg momenteel nog niet te begroten. Gezien de snelle ontwikkeling van de windturbinetechnologie is een verschuiving te zien naar grotere windturbines en een trend om deze verder offshore te plaatsen. Bij gebruik van een fundering op monopile zal dit grotere eisen stellen aan de heimachines en de geluidseffecten naar verwachten vergroten.

Voor het onderwatergeluid van de windturbines (range van 4 MW tot 10 MW) die in dit project zullen worden gebruikt is er nog een leemte in kennis met betrekking tot de impact op het aanwezig onderwatergeluid. Zowel de emissie van geluid naar het water als de propagatie van geluid in water met sterke stromingen, het effect van eventueel brekende golven en zeer poreuze bodem zijn weinig bekend. Om te kunnen beoordelen of het onderwatergeluid vanwege windturbines een verstoring vormt voor vissen en zeezoogdieren, moeten zowel de frequenties als de amplitude van trillingen en geluiden vanwege windturbines bekend zijn.

Grotere offshore windturbines in dieper water zullen vermoedelijk hogere geluidsniveaus teweegbrengen als gevolg van een groter afstralend oppervlakte van de mast, maar meetdata ontbreekt momenteel en is aldus een leemte in de kennis.

Andere leemtes in de kennis:

- Momenteel is nog niet geweten op welke manier men de turbines in de toekomst zal verwijderen.
- Voor de geplande windturbines (4 MW, 6 MW, 7 MW of 10 MW windturbine) zijn ook de trillingseffecten onder water niet gekend.

Over de ontwikkeling van natuurlijke geluiden is moelijk een uitspraak te doen met betrekking tot het geluidsniveau onder water. Tevens zijn er verschillende andere, niet goed bekende bronnen van geluid, zoals het gebruik van sonar door de marine, schietoefeningen en

seismische toestellen voor geofysisch onderzoek enz. Dit maakt het inschatten van de cumulatieve effecten van onderwatergeluid op mariene fauna problematisch. Onderzoek naar bronnen en effecten op de mariene fauna is essentieel.

5.3.6.2 Bovenwatergeluid

Er bestaat ook een leemte in de kennis over het geluid boven water doordat geluidsmetingen op het water moeilijk te meten zijn door het bijkomende lawaai van de golven tegen de meetboot.

Het type windturbine (REpower, Siemens, Vestas…) dat zal gebruikt worden is nog niet gekend. Het geluidsvermogenniveau voor 4 typevoorbeelden met name de General Electric's 4.1-113 (4 MW), de REpower (5/6 MW), de Vestas V164 (7 MW) en de Clipper Windpower (10 MW) werd bepaald aan de hand van gegevens die ter beschikking werden gesteld door de opdrachtgever en een opgeschaald geluidsspectrum voor een SIEMENS SWT-3.6-107 windturbine.

5.3.7 Milderende maatregelen

Uit literatuurgegevens van het onderwatergeluid tijdens de constructiefase van windmolenparken (offshore) is gebleken dat het heien van de palen voor de windturbines met een hydraulisch heiblok de hoogste en potentieel meest schadelijke geluidsdrukniveaus veroorzaakt. Daarnaast zal ook het baggeren op de helft van de locaties bij statische monopiles en jacket fundering en bij het baggeren van de funderingsputten bij gravitaire funderingen zorgen voor een matig negatief effect op het omgevingsgeluid.

Gezien de kennis over de onderwatergeluiden tijdens de heiwerkzaamheden van ondermeer het windmolenpark Belwind en de toekomstige indicatoren van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (omschrijving Goede Milieutoestand is nog in openbare consultatie), verantwoorden het toepassen van geluidsbeperkende maatregelen bij het heien van een monopile.

Mogelijke maatregelen om de effecten aldus te verlagen, dan wel te voorkomen, kunnen opgedeeld worden in drie types:

1. maatregelen aan de bronzijde: voorkomen dat het geluid wordt opgewekt,
2. maatregelen in de overdrachtsweg: voorkomen dat het geluid de ontvanger bereikt,
3. maatregelen bij de ontvanger: voorkomen dat het geluid wordt gedetecteerd.

Voor de bescherming van het leefmilieu van de fauna onder water kunnen bij het aanleggen van offshore windmolenparken als mogelijke maatregelen worden aangegeven:

- Het vermijden van luidruchtige werkzaamheden tijdens het broedseizoen van vogels;
- Een bellengordijn of een absorberende mantel (foam screen) om het onderwatergeluid tijdens de constructiefase te verminderen; reducties van het breedbandige geluidsniveaus met 3 tot 5 dB zijn haalbaar (Würsig *et al.*, 2000), of zelfs tot 20 dB (Spence *et al.* (2007);
- Luidruchtige werkzaamheden maximaal groeperen en beperken in werkingsduur, om het aantal malen dat de zeezoogdieren worden verdreven maximaal te beperken;

- Trillingsarme technieken (bvb. een geluidsgedempt heiblok bij het heien van palen) waarbij het bovenwatergeluid maximaal gedempt wordt, dit heeft mogelijk ook positieve effecten op het afgestraald structuuronderwatergeluid. Alleszins is het aangewezen om het heiblok steeds zorgvuldig af te stemmen op de monopile en op de bodemsamenstelling, teneinde overbodig veel energie bij het heien te voorkomen. Het gebruik van de intriltechniek zal lagere geluidsdrukniveaus veroorzaken dan het inslaan van de funderingspaal. Als alternatief voor het heien bij monopile en jacketfunderingen kan de suction bucket techniek toegepast worden.

- Bij het opstarten van de heiwerkzaamheden is het gebruik van een zachte start, waarbij wordt begonnen met een laag vermogen dat steeds verder wordt opgevoerd, aangewezen om de aanwezige vissen en zeezoogdieren de kans te geven om zich te verwijderen uit het gebied voordat schadelijke geluidsniveaus hen plots (onaangekondigd) bereiken. Daarnaast kunnen voorafgaand aan de start van de werkzaamheden afschrikmiddelen worden gebruikt. Bij de aanleg van Horns Rev werden pingers ingeschakeld als afschrikmiddel. Voor aanvang van de heiwerkzaamheden kunnen controles (visuele en/of 'Porpoise detectors') worden uitgevoerd op de aanwezigheid van zeezoogdieren.

Bij gebruik van milderende maatregelen is nader onderzoek nodig naar de effectiviteit waarmee zeezoogdieren op afstand worden gehouden.

Er worden geen negatieve effecten verwacht voor de aanleg van de kabel in de zeebodem en het aanleggen van het aanlandingspunt. Milderende maatregelen voor het boven- en onderwatergeluid zijn niet nodig.

Voor de dichtstbijzijnde woningen (onshore) wordt er geen negatieve geluidsimpact verwacht. Milderende maatregelen voor het bovenwatergeluid zijn niet nodig.

Het aantal waarnemers op zee (offshore) die het geluid van de windturbines frequent zullen waarnemen is zodanig beperkt, dat het evenmin nuttig is om milderende maatregelen voor te stellen voor het bovenwatergeluid. Al bestaan er geluidsreducerende galmborden die in de gondel van de windturbine ingebouwd kunnen worden of sterk isolerende omhulsels die mechanische geluiden van de windturbine dempen (Alara-Lukagro, 2011).

5.3.8 Monitoring

Door onzekerheden in de geluidsemissie onder water van de toepasbare windturbines wordt voorgesteld om een geluidsinventarisatie (observatie) uit te voeren om de juiste kennis te bekomen van de geluidsimpact. Hiervoor kan ook gebruik worden gemaakt van verworven gegevens uit het monitoringsprogramma van voorafgaande offshore windmolenparken (bvb. C-Power). Op basis van deze kennis kan een juiste inschatting worden gemaakt van de geluidsimpact van de windturbine(s) op het onderwatergeluid, om de eventueel te nemen maatregelen daarop af te stemmen.

Als monitoringprogramma kan tijdens de belangrijkste fasen van de bouwwerken (heien van palen, het baggeren van funderingsputten van gravitaire fundering, het storten van erosiebescherming) en tijdens de eerste jaren van de operationele fase een inventarisatie van het onderwater- en bovenwatergeluid worden voorgesteld bij verschillende werkingsregimes (windsnelheden, golfhoogtes, enz.) en op verschillende afstand tot de windturbine(s).

Correlatie van deze meetresultaten met trillingsmetingen op de mast kan bijkomend inzicht verschaffen in de bijdrage aan afgestraald structuurgeluid in de emissie van het onderwatergeluid.

Daarbij dient het spectrum te worden gemeten over een range van minstens 10 Hz – 10 kHz.

De meetgegevens moeten toelaten om eventueel het geluidsvermogenniveau te berekenen.

Tijdens de operationele fase is het aangewezen om periodieke meetcampagnes over meerdere dagen (bijvoorbeeld 14 dagen) te organiseren. Een afstemming met reeds lopende monitoringsprogramma's voor nabijgelegen windmolenparken of andere (offshore) constructies is hierbij aan te bevelen.

5.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT

De Rentel site is reeds het vijfde concessiegebied waarvoor een MER ingediend wordt voor het bekomen van een vergunning voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark op het BDNZ. Aangezien Norther recentelijk (2011) een MER indiende, is er sindsdien maar een beperkte hoeveelheid bijkomende wetenschappelijke informatie verschenen. Een groot deel van de bespreking van de fauna en flora zal dan ook gelijkaardig zijn aan het MER van Norther (Arcadis, 2011).

De oprichting van windmolenparken zal effecten hebben op het onderwaterleven, zowel in het projectgebied als daarbuiten. Door de bouw van windmolens zal immers in het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ), waar overwegend zachte substraten voorkomen, een nieuw soort habitat gevormd worden, namelijk kunstmatig hard substraat. Tijdens de constructie- en ontmantelingsfase zal de zeebodem worden verstoord. Daarnaast zal het gebied met de windmolens principieel gesloten worden voor de visserij. Bijgevolg kunnen er wijzigingen verwacht worden in de benthische biodiversiteit. De aanwezigheid van artificiële structuren, boven en onder water, zal ook een impact hebben op vissen, vogels en zeezoogdieren.

Dit hoofdstuk behandelt initieel 4 verschillende groepen organismen: het benthos, de vissen, de vogels en de zeezoogdieren. Aangezien harde substraten een nieuw habitat vormen met een specifieke fauna en flora, wordt deze besproken als een additionele vijfde groep. Per groep van organismen wordt er een beschrijving gegeven van de methodiek, de referentiesituatie, de mogelijke effecten van het project (bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines en bekabeling), de leemten in de kennis, de milderende maatregelen en de monitoring.

Het benthos wordt voor de bespreking van de methodiek en referentiesituatie verder opgesplitst in macrobenthos (organismen >1 mm die in de bodem leven) en epibenthos (organismen die op de bodem leven), aangezien zij op verschillende manieren bemonsterd en bestudeerd worden.

De effecten op plankton worden niet gesproken aangezien daar weinig literatuurgegevens over beschikbaar zijn. Er kan echter verwacht worden dat door vertroebeling van het water tijdens de constructiefase de groei van fytoplankton belemmerd wordt, wat een invloed kan hebben op de voedselketen.

5.4.1 Methodiek

5.4.1.1 Macrobenthos

De belangrijkste vertegenwoordigers van het macrobenthos zijn de wormen (Annelida) (voornamelijk borstelwormen (Polychaeta)), de schaaldieren (Crustacea) (voornamelijk vlokreeften (Amphipoda)), de schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk tweekleppigen (Bivalvia) en zeehuisjes-slakken (Gastropoda)) en de stekelhuidigen (Echinodermata) (voornamelijk zee-egels (Echinoidea)). Macrobenthische organismen zijn door hun beperkte mobiliteit een belangrijke indicator voor de gezondheid van het marien milieu.

Gezien de nabijheid van de Thorntonbank kunnen de studies uitgevoerd in het kader van het C-Power project naar de referentietoestand op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) en de monitoring resultaten van jaar 1 (Reubens *et al.*, 2009a), jaar 2 (Coates & Vincx, 2010) en jaar 3 (Coates *et al.*, 2011) als basis gebruikt worden voor de beschrijving van de referentiesituatie (vnl. van de zandbanken) en de effecten. Data voor de Lodewijkbank, in het noordwesten grenzend aan het projectgebied, is momenteel niet beschikbaar. Het concessiegebied van Rentel situeert zich echter niet op een zandbank maar wel in de geul tussen bovengenoemde zandbanken. Het ILVO heeft een effectenstudie uitgevoerd aangaande zand- en grindextractie op enkele Vlaamse Banken, de Hinderbanken, de Thorntonbank en de Goote Bank, waarin zowel de zandbanken als de geulen bemonsterd werden (De Backer *et al.*, 2010; IMDC, 2010a). Deze studies bevatten naast de biologische data analyse ook een grondige abiotische analyse van de locaties, daar de sedimentsamenstelling belangrijk is voor de ecologische evaluatie van de (in)directe effecten van een windmolenpark.

Tenslotte werd ook een beroep gedaan op andere recente studies die data van verschillende onderzoeksprojecten gecompileerd hebben om te komen tot een gebiedsdekkende beschrijving van de benthosgemeenschappen op het BDNZ. Deze studies bevatten ook informatie van verder offshore gelegen gebieden waaronder de Hinderbanken en de Zeelandbanken. Deze gegevens zijn een belangrijke meerwaarde voor de beschrijving van de referentiesituatie:

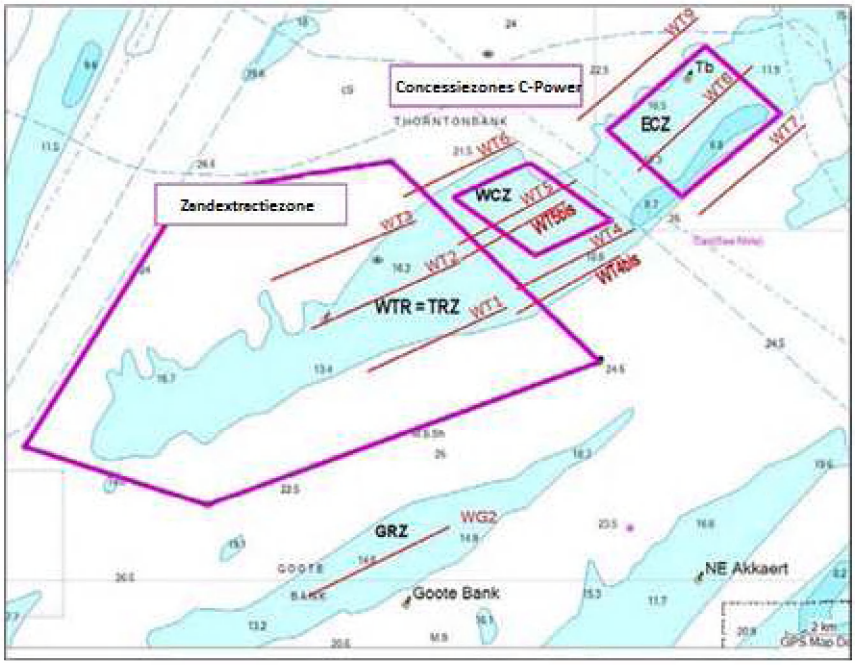
- Studie betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het BDNZ (Degraer *et al.*, 2009);
- Studies uitgevoerd door de UGent, Sectie Mariene Biologie naar de macrobenthosgemeenschappen (Van Hoey *et al.*, 2004; De Maersschalck *et al.*, 2006) in relatie tot natuurlijke en antropogene invloeden in de Noordzee (UGent - Sectie Mariene Biologie);
- BWZee-studie (Derous *et al.*, 2007) (april 2004 – maart 2006) uitgevoerd door 5 Belgische onderzoeksgroepen in het kader van het PODO II programma van Federaal wetenschapsbeleid. Het resultaat van deze studie was een geïntegreerde, gebiedsdekkende biologische waarderingskaart die de biologische en ecologische waarde van het BDNZ weergeeft.
- Habitatgeschiktheidsmodellen opgesteld door Degraer *et al.* (2008) die de geschiktheid voor de vier in België voorkomende macrobenthosgemeenschappen voorspellen, gebaseerd op de aanwezige korrelgrootte en het slibgehalte.

5.4.1.2 Epibenthos en vissen

De studie van de vissen legt de nadruk op de demersale vissen. Deze groep van vissen zal namelijk het meeste rechtstreekse hinder ondervinden van de geplande activiteiten en is ook het meest onderzocht. De demersale visfauna wordt omschreven als de vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven en efficiënt met een boomkor bemonsterd kunnen worden. Over de effecten op pelagische (vrijzwemmende) vissen is minder gekend. Er wordt echter verwacht dat de effecten kleiner zijn aangezien pelagische vissen minder habitatverlies en algemene verstoring ondervinden. Ze kunnen wel gehinderd worden door geluid en trillingen tijdens de constructie- en operationele fase (Andersson, 2011). Aangezien het epibenthos (op de bodem levende organismen) eveneens met een boomkor bemonsterd worden, worden ze hier samen besproken met de visgemeenschappen.

Voor de beschrijving van de referentiesituatie van het epibenthos en de visgemeenschappen zal een beroep worden gedaan op de studies uitgevoerd in het kader van het C-Power project op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006; Vandendriessche *et al.*, 2009, 2011; Derweduwen *et al.*, 2010; Reubens *et al.*, 2011).

De Thorntonbank en zijn referentiegebieden (Thorntonbank & Goote Bank) werden met eenzelfde intensiteit bemonsterd in 2005 en 2008 (Tabel 5-49). In tegenstelling tot de campagne van 2005, werd in 2008 slechts 1 sleep op de top van de Goote Bank (WG2) herhaald en zijn 2 visslepen (WT4, WT5) 500 m verplaatst in de najaarscampagne van 2008 tengevolge van de constructiewerken. Een visuele voorstelling hiervan wordt gegeven in Figuur 5-54.



Figuur 5-54 Positie van de visslepen op de Thorntonbank (WCZ = westelijke concessiegebied, ECZ = oostelijke concessiegebied), de aanpalende geulen en de referentiegebieden (WTR: Thorntonbank ; GRZ : Goote Bank) (Vandendriessche et al., 2009)

Voor de staalnamecampagne in 2009 en 2010 zijn de resultaten gebaseerd op een kleiner aantal slepen aangezien door de hoge similariteit in de resultaten tussen de geulen en zandbanken enkele stations weggelaten werden (Tabel 5-49) (Vandendriessche *et al.*, 2009).

Tabel 5-49 Overzicht van de staalnamelocaties in de lente en herfst van 2005 en 2008-2010 (Vandendriessche et al., 2011)

Locatie	Station	Beschrijving	Lente '05	Herfst '05	Lente '08	Herfst '08	Lente '09	Herfst '09	Lente '10	Herfst '10
Goote Bank	WG1	Ref C-Power geul	X	X	X	X				
	WG2	Ref C-Power top	X	X	X	X			X	X
	WG3	Ref C-Power geul	X	X	X	X				
Thornton Bank	WT1bis	Ref C-Power geul	X	X	X	X			X	X
	WT2	Ref C-Power top	X	X	X	X	X	X	X	X
	WT3	Ref C-Power geul	X	X	X	X		X	X	X
	WT4bis	Rand C-Power top	X	X	X	X			X	X
	WT5bis	Impact C-Power top	X	X	X	X	X	X	X	X
	WT6	Rand C-Power geul	X	X	X	X			X	X
	WT7	Rand C-Power geul	X	X	X	X	X	X	X	X
	WT8	Impact C-Power top	X	X	X	X	X	X	X	X
	WT9	Rand C-Power geul	X	X	X	X	X	X	X	X
BZN	BZN01	Impact Northwind top					X	X	X	X

Het epibenthos en de demersale visfauna werden tijdens de campagnes in 2005 en 2008 bemonsterd met een 8-meter boomkor met een fijnmazig garnalennet (maaswijdte 22 mm in de kuil) en een bollenpees zonder wekkerkettingen. Het net werd over de bodem gesleept aan een snelheid van 4 knopen gedurende 30 minuten. In 2009 en 2010 werd er gedurende 15 minuten gesleept. De slepen volgden min of meer de dieptelijnen parallel met de kust om de variatie in diepte binnenin 1 sleep te beperken.

De inhoud van de netten werd verdeeld in 'epibenthos' en 'demersale vissen'. Beide componenten werden afzonderlijk behandeld waarbij volgende gegevens werden verzameld: de aangetroffen soorten, hun densiteit (ind./1.000 m²), totale biomassa (g WW/1.000m²) per soort (enkel voor epibenthos) en de diversiteit (indices van Hill). Er werden verschillende multivariate analyses uitgevoerd voor de analyse van de gemeenschapsstructuur van het epibenthos en de visfauna.

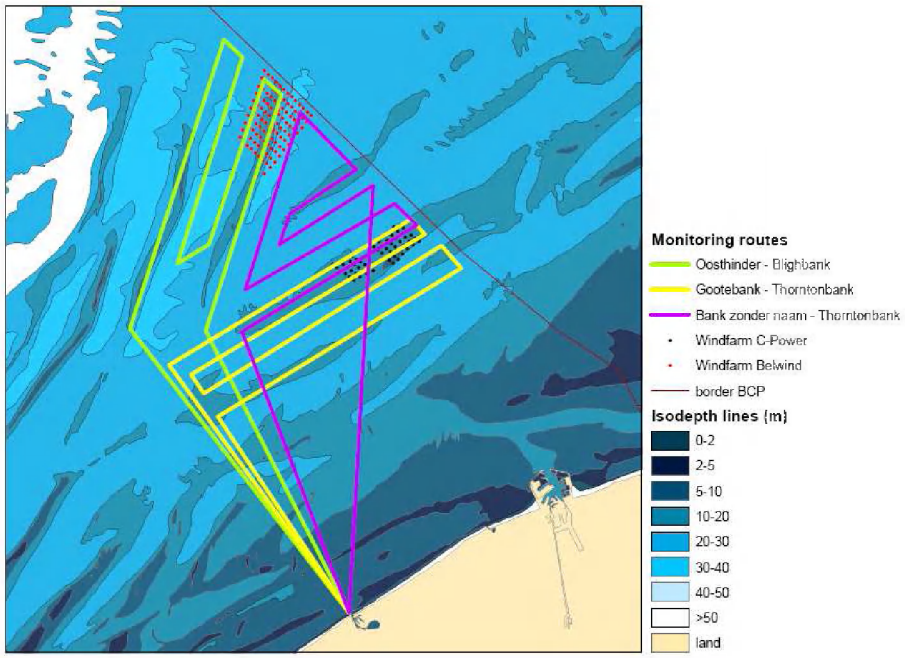
Daarnaast werd het relatieve voorkomen van het epibenthos en de demersale visfauna in de 4 gebieden ruimtelijk gesitueerd t.o.v. de rest van het BDNZ. Daartoe werden de gegevens van densiteit en soortenrijkdom uit deze studie vergeleken met gegevens die verzameld werden tijdens dezelfde Belgica campagnes in het voor- en najaar 2005 in het kader van andere projecten door ILVO-Visserij. In totaal werden gegevens van 85 visslepen gebruikt (opgeslagen in de databank van ILVO-Visserij). De gegevens van beide seizoenen werden ter vereenvoudiging voor deze vergelijking uitgemiddeld, zodat 47 waarden overbleven.

Tenslotte werden deze gegevens aangevuld met het recent monitoringsrapport en effectenstudie aangaande zand- en grindextractie op enkele Vlaamse Banken waaronder de Thorntonbank en de Goote Bank waarbij dezelfde bemonsteringsmethodes werden gehanteerd (De Backer *et al.*, 2010).

5.4.1.3 Vogels

Het INBO voert sinds 1993 vanaf schepen gestandaardiseerde tellingen uit in het BDNZ. Deze scheepstellingen worden uitgevoerd volgens een zogenaamde transectmethode (Tasker *et al.*, 1984). Sinds 2002 gebeurt dit maandelijks langs 3 vaste trajecten. Over de voorbije jaren

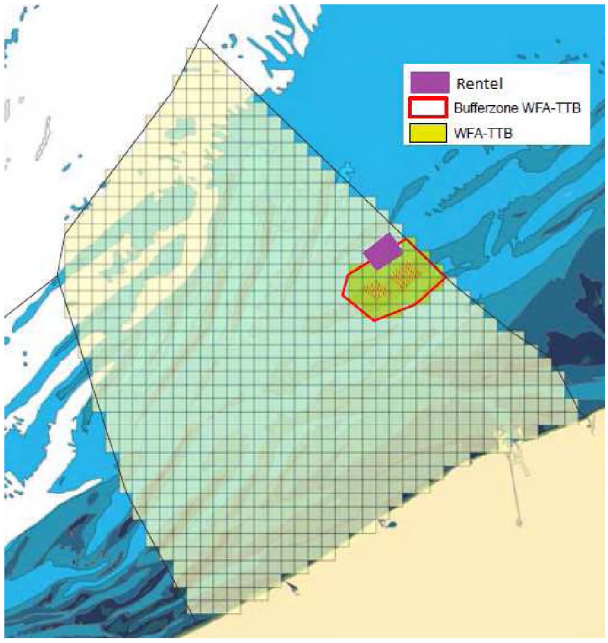
verplaatste de nadruk van het gehele BDNZ naar een monitoringsprogramma van toekomstige windmolenparken (Figuur 5-55). Sinds 2008 wordt er bij alle maandelijkse trajecten gefocust op de concessiezones van de windmolenparken en naburige controlegebieden, inclusief de Oosthinderbank, Bligh Bank, en de Lodewijkbank (Vanermen *et al.*, 2011).



Figuur 5-55 Monitoringstrajecten gevolgd in de periode 2008-2010, met de locatie van (toekomstige) windmolenparken van C-Power (Thorntonbank) en Belwind (Bligh Bank) (Vanermen et al., 2010)

Om het belang van de windmolenparksite en de omgeving ervan af te wegen, wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de recente monitoringsgegevens en de verspreiding van de daar voorkomende zeevogels op het BDNZ, beschreven in het monitoringsrapport van Degraer & Brabant (2009). Daarnaast werd tevens het meest recente monitoringsrapport van Degraer *et al.* (2011) geconsulteerd.

In het monitoringsrapport van 2009 (Degraer & Brabant, 2009) is de seizoenale verdeling beschreven van de voorkomende zeevogels, ter hoogte van de zogenaamde impactzone (windmolenparkzone + bufferzone van 3 km) van het windmolenpark op de Thorntonbank (C-Power) en de Bligh Bank (Belwind). Deze seizoenale verdeling is beschreven op basis van de monitoringroutes die sinds april 2008 worden gevaren, gekozen in functie van deze twee in opbouw zijnde windmolenparken. De monitoringroutes worden weergegeven in Figuur 5-55. Op basis van de rechtse figuur kan er afgeleid worden dat de monitoringroute 'Thorntonbank - Lodewijkbank' het volledige projectgebied omvat waar het nieuwe windmolenpark van Rentel gepland is. De impactzone en referentiezone van C-Power, waarvoor de seizoenale verdeling van de vogelsoorten berekend is, overlapt tevens grotendeels met de impactzone die voor het nieuwe windmolenpark kan afgebakend worden (Figuur 5-56).



Figuur 5-56 Grid van 2x2 km voor de bepaling van de zeevogel densiteit in de impact zone van het windmolenpark op de Thorntonbank (C-Power) en het Belgische deel van de Noordzee (Vanermen & Stienen, 2009)

Vanwege de hoge mobiliteit van zeevogels en het feit dat de fysische en biologische omstandigheden voor avifauna binnen deze beide impactzones (C-Power en Belwind) als min of meer vergelijkbaar kunnen beschouwd worden, kan er aangenomen worden dat deze gegevens een representatief beeld van de aanwezige avifauna ter hoogte van het projectgebied vormen en dus geldig zijn voor de beschrijving van de referentiesituatie van het Rentel windmolenpark.

5.4.1.4 Zeezoogdieren

Het meest voorkomende zoogdier in Belgische wateren is de Bruinvis (*Phocoena phocoena*). Daarnaast komen de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*), de Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*), de Tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en de Witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*) voor, zij het in veel lagere aantallen. De meest nabije kolonies zeehonden, zowel Grijze als Gewone, bevinden zich in Zeeland.

Gezien echter de grote mobiliteit en het uitgestrekte leefgebied van zeezoogdieren, en gezien de migraties die zeezoogdieren ondernemen, wordt voor de beschrijving van de referentiesituatie gebruik gemaakt van studies uit verschillende gebieden van de Noordzee.

Om de mogelijke effecten van de constructie en exploitatie van offshore windmolenparken op het BDNZ op zeezoogdieren in te schatten werd er door de BMM een monitoringplan ontwikkeld. De resultaten van de monitoring wordt besproken in Haelters (2009), Haelters *et al.* (2010, 2011) en Haelters *et al.* (2012, in voorbereiding). Het monitoringplan heeft tot doel zowel korte als langetermijneffecten vast te stellen, en maakt noodzakelijkerwijs gebruik van verschillende onderzoeksmethodes. Aangezien het meest voorkomende zeezoogdier in Belgische wateren de Bruinvis is, richt het onderzoek zich vooral op deze soort. Waar mogelijk worden echter ook effecten op andere soorten ingeschat. Het monitoringplan volgt een BACI (Before After Control Impact) ontwerp: onderzoek van de situatie voor en na de werken, in het projectgebied en controlegebieden. De volgende deelstudies worden onderscheiden:

- De monitoring van Bruinvissen vanuit de lucht door middel van een gestandaardiseerde methodologie (line transect sampling) voor het inschatten van aantallen en verspreiding;
- Het gebruik van statische akoestische toestellen (PODs) om de aanwezigheid van Bruinvissen en dolfijnen over een langere periode vast te stellen in geselecteerde locaties;
- Het onderzoek van andere beschikbare gegevens, zoals deze verzameld in het kader van de zeevogeltellingen of van het onderzoek van gestrande zeezoogdieren;
- Het inschatten van de mogelijke effecten op zeezoogdieren door de verhoging van het onderwatergeluid.

Het effect van onderwatergeluid, en in het bijzonder het geluid dat ontstaat tijdens het heien van palen, is erg belangrijk voor zeezoogdieren. Gedragswijzigingen en het bepalen van geluidsdrempels staan hierbij centraal. Hiervoor wordt eveneens gebruik gemaakt van talrijke internationale studies.

5.4.1.5 Harde substraten

Sinds 2008 zijn er op de naburige Thorntonbank zes turbines aanwezig en sinds 2010 een extra 55 turbines op de Bligh Bank. Met de constructie van deze windmolenparken in het BDNZ werd een nieuw artificieel habitat van harde substraten gecreëerd in een regio waar overwegend zandige sedimenten voorkomen. Daardoor zal de habitatheterogeniteit van het gebied verhogen en kan dit 'reef effect' beschouwd worden als de belangrijkste verandering die de oprichting van windmolenparken in het oorspronkelijke milieu zal veroorzaken.

Op dit moment bevinden er zich nog geen harde substraten in het concessiegebied van Rentel, met de uitzondering van enkele wrakken (zie hoofdstuk 'Zeezicht en Cultureel erfgoed'), en dient er strikt genomen geen referentiesituatie te worden besproken voor de fauna van harde substraten. Om de bespreking van de effecten van het toekomstig windmolenpark te verduidelijken, wordt er echter hier al een beschrijving van de referentietoestand van de zes aanwezige turbines op de Thorntonbank gegeven.

De staalnamemethodiek en de resultaten van de monitoring van epifauna en visgemeenschappen van harde substraten op de Thorntonbank zijn beschreven door Kerckhof *et al.* (2009, 2010, 2011) en Reubens *et al.* (2009b, 2010, 2011). Epifauna wordt hier beschouwd als alle organismen (>1mm) levend op harde substraten (funderingen, turbines, erosiebescherming). De belangrijkste groepen zijn de krabben (Brachyura), heremietkreeften (Anomura) en garnalen (Caridae), behorend tot de schaaldieren (Crustacea); het phylum schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk zeeslakjesslakken (Gastropoda), inktvissen en pijlinktvissen (Cephalopoda)), en tenslotte het phylum stekelhuidigen (Echinodermata) (slangsterren (Ophiuroidea); zeesterren (Asteroidea); zee-egels (Echnoidea)).

In de herfst van 2008 werden zes semikwantitatieve epibiota stalen genomen op een van de funderingen (Kerckhof *et al.*, 2009). De subtidale stalen werden genomen door scuba duikers die op vier verschillende dieptes langs de fundering bemonsterden. Daarnaast werd ook een videotransectopname gemaakt. Tijdens de staalnames werd een oppervlakte van 6,3 dm² afgeschraapt. Het afgeschraapte materiaal werd in een afsluitbare plastiek zak verzameld en overgebracht naar het laboratorium voor verdere verwerking. Na conservering van het staal werden de aanwezige organismen geïdentificeerd en hun dichtheden geschat. Tijdens acht bemonsteringscampagnes tussen februari 2009 en februari 2010 werden subtidale

schraapstalen genomen op dieptes van 4 tot 25 m. In dezelfde periode werd ook de intertidale zone vier keer bemonsterd (Kerckhof *et al.*, 2010).

De artificiële substraten trekken ook verschillende vissoorten aan. Enkele belangrijke soorten voor de Belgische mariene wateren zijn: Steenbolk (*Trispoterus luscus*), Witte koolvis (*Pollachius pollachius*), Zwarte koolvis (*Pollachius virens*), Kabeljauw (*Gadus morhua*), Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), Zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*), Naakte slijmvis (*Parablennius* sp.), Dikkopje (*Pomatoschistus minutus*), Makreel (*Scomber scombrus*) en Horsmakreel (*Trachurus trachurus*).

In Reubens *et al.* (2009b) werden een aantal technieken voorgesteld voor het onderzoek naar de visfauna. Het gaat om zowel visuele technieken als destructieve methoden, zoals visuele census met duikers, ROV onderwater camera, lijnvissen, kieuwnetten en warrelnetten.

Meer gedetailleerde onderzoeken gebeurden naar de habitat en voedselvoorkeuren, het gedrag en migratiepatronen van Kabeljauw en Steenbolk. Enerzijds werd er gefocust op de aanwezige visgemeenschap en anderzijds op de trofische relaties tussen Steenbolken en het artificiële rif. Voor de trofische relaties werden dichtheidsschattingen gebaseerd op visuele observaties gemaakt en werd het voedingsgedrag van Steenbolk nabij de windturbines onderzocht aan de hand van maaganalyses (Reubens *et al.* 2010). In Reubens *et al.* (2011) werd de seizoenale en dagelijkse migratie van de Kabeljauw onderzocht aan de hand van akoestische telemetrie.

5.4.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

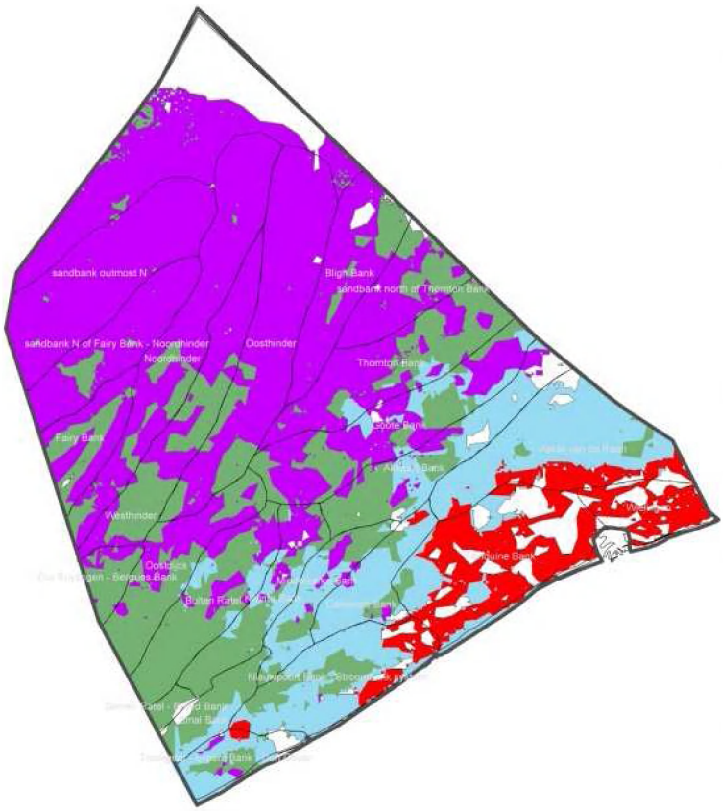
5.4.2.1 Macrobenthos

5.4.2.1.1 Belgische deel van de Noordzee

De macrobenthische rijkdom is niet overal gelijk in het BDNZ. Een hoge diversiteit en dichtheid worden waargenomen ter hoogte van de westelijke kustzone, het oostelijke deel van de Vlaamse Banken en het zuidelijke deel van de Zeelandbanken. Een gemiddelde diversiteit en dichtheid wordt gevonden in de open zeezone, terwijl de oostelijke kustzone algemeen gekarakteriseerd wordt door de laagste soortenrijkdom en dichtheid. Dit laatste wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verhoogde slibconcentraties (Van Hoey *et al.*, 2004; Degraer *et al.*, 2006).

Uitgaande van kwantitatieve analyses van het macrobenthos zijn de borstelwormen (Polychaeta) en de schaaldieren (Crustacea) de meest diverse en abundante taxa en dit zowel voor de Zeelandbanken, de Vlaamse als de Hinderbanken (Hillewaert & Maertens, 2003; Van Hoey *et al.*, 2004; De Maersschalck *et al.*, 2006). De dominantie van borstelwormen stijgt in de richting van de offshore zandbanken, terwijl de relatieve abundantie van de 2-kleppigen (Bivalvia) volgens die gradiënt afneemt. De gemeenschappen van dynamische systemen (zandbanken) worden getypeerd door kleine mobiele 'opportunistische' soorten met een hoge kolonisatie- en groeisnelheid (Newell *et al.*, 2002). Dit bevordert hun mogelijkheid tot rekolonisatie van het sediment na tijdelijke verstoringen onder natuurlijke condities.

Vier algemeen voorkomende macrobenthische gemeenschappen kunnen worden onderscheiden in de subtidale mobiele substraten van het BDNZ (Figuur 5-57). Daartussenin worden nog zes overgangsgemeenschappen gedefinieerd.



Figuur 5-57 Geografische verdeling van de verschillende biotopen in het Belgische deel van de Noordzee (rood: Macoma balthica, blauw: Abra alba, groen: Nephtys cirrosa en paars: Ophelia limacina biotoop; wit: onvoorspeld gebied, niet geanalyseerd), met aanduiding van de 24 onderzochte zandbanken (Degraer et al., 2009)

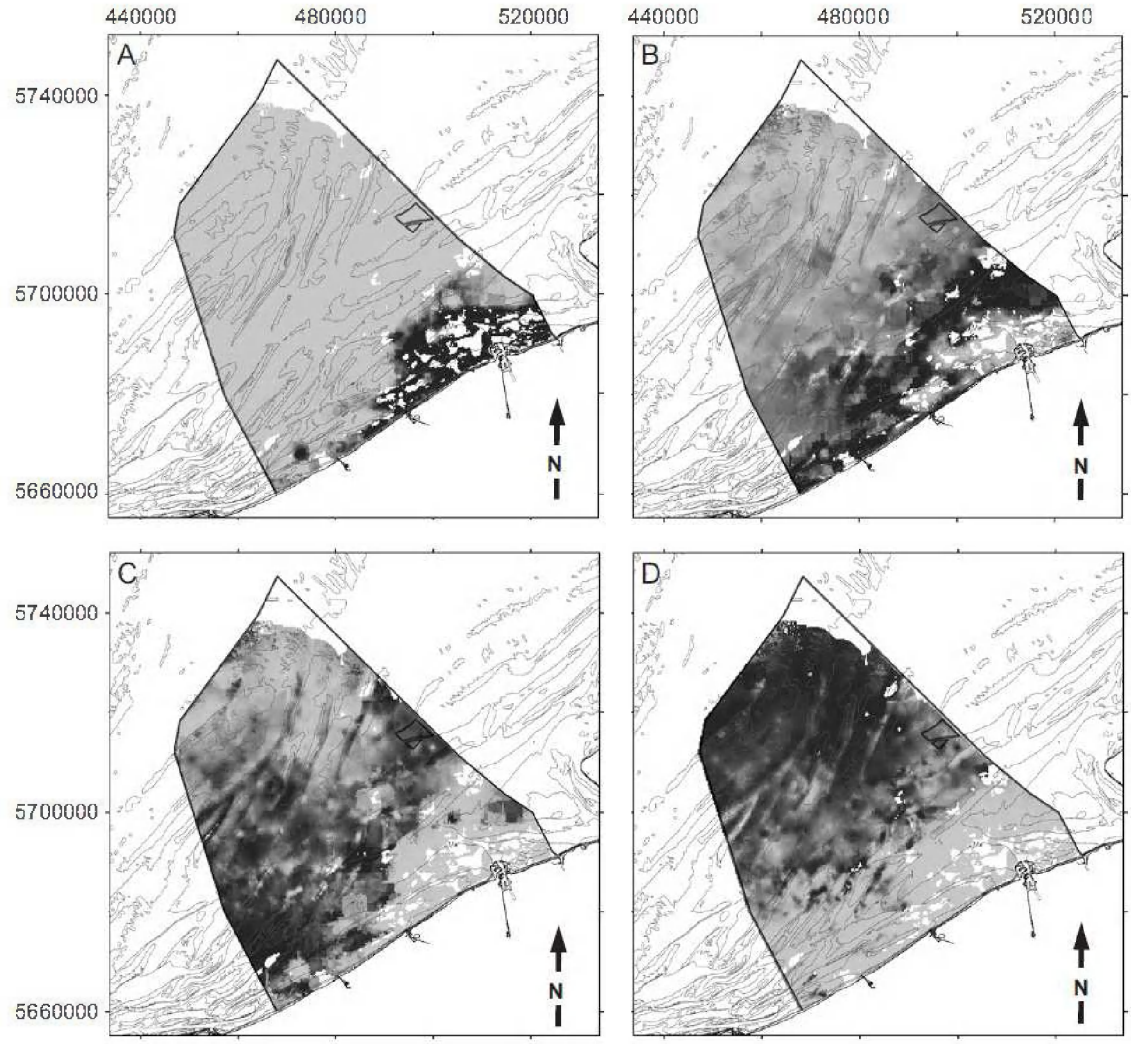
Deze gemeenschappen worden elk gekenmerkt door karakteristieke soorten, diversiteit en dichtheid en worden elk in een specifieke en goedgedefinieerde omgeving waargenomen (Degraer *et al.*, 2009; Van Hoey *et al.*, 2004, Reubens *et al.*, 2009a):

- De *Macoma balthica* gemeenschap wordt gekenmerkt door een lage soortenrijkdom (gemiddeld 7 soorten(spp.)/0,1 m²), maar vrij hoge densiteit (gemiddeld 967 individuen (ind.)/m²), typisch voorkomende in slibbige sedimenten (mediane korrelgrootte: gemiddeld 95 µm).
- De *Abra alba* (– *Mysella bidentata*) gemeenschap wordt gekenmerkt door een hoge dichtheid (gemiddeld 6.432 ind./m²) en een hoge soortenrijkdom (gemiddeld 30 spp./0,1 m²) en wordt typisch in slibrijk (gemiddeld 5,8% slib) fijn zand (mediane korrelgrootte: gemiddeld 219 µm) aangetroffen.
- De *Nephtys cirrosa* gemeenschap bezit een lage dichtheid (gemiddeld 402 ind./m²) en een lage soortenrijkdom (gemiddeld 7 spp./0,1m²) en leeft typisch in zuivere (gemiddeld 0,4% slib) fijn tot medium zandige (mediane korrelgrootte: gemiddeld 274 ind./m²) sedimenten.

Een zeer lage dichtheid (gemiddeld 190 ind./m²) en soortenrijkdom (gemiddeld 5 spp./0,1m²) typeert de *Ophelia limacina* (– *Glycera lapidum*) gemeenschap, aan te treffen in medium- tot grofzandige (mediane korrelgrootte: gemiddeld 409 ind./m²) bodems.Deze gemeenschappen komen niet geïsoleerd van elkaar voor: graduele overgangen tussen de gemeenschappen worden wijd verbreid in het BDNZ aangetroffen.

Macrobenthische gemeenschappen in gematigde gebieden zijn onderhevig aan sterke jaarlijkse variatie binnen de gemeenschapsstructuur (Turner *et al.*, 1995). Temporele variatie (1994 - 2000) binnen deze soortenassociaties op het BDNZ is aanwezig, maar verschuivingen binnen de verschillende soortenassociaties zijn niet waargenomen (Van Hoey *et al.*, 2004). Algemeen gezien kan er wel gesteld worden dat de kustzone vooral gekenmerkt wordt door de *Macoma* en *Abra* gemeenschap (Figuur 5-57) (De Backer *et al.*, 2010). De offshore stalen worden meestal enkel gekenmerkt door *Nephtys* en *Ophelia* gemeenschappen (De Backer *et al.*, 2010). Daarnaast worden de stalen in de kustzone doorgaans gekenmerkt door een kleinere korrelgrootte en een hogere slibconcentratie dan de offshore stalen.

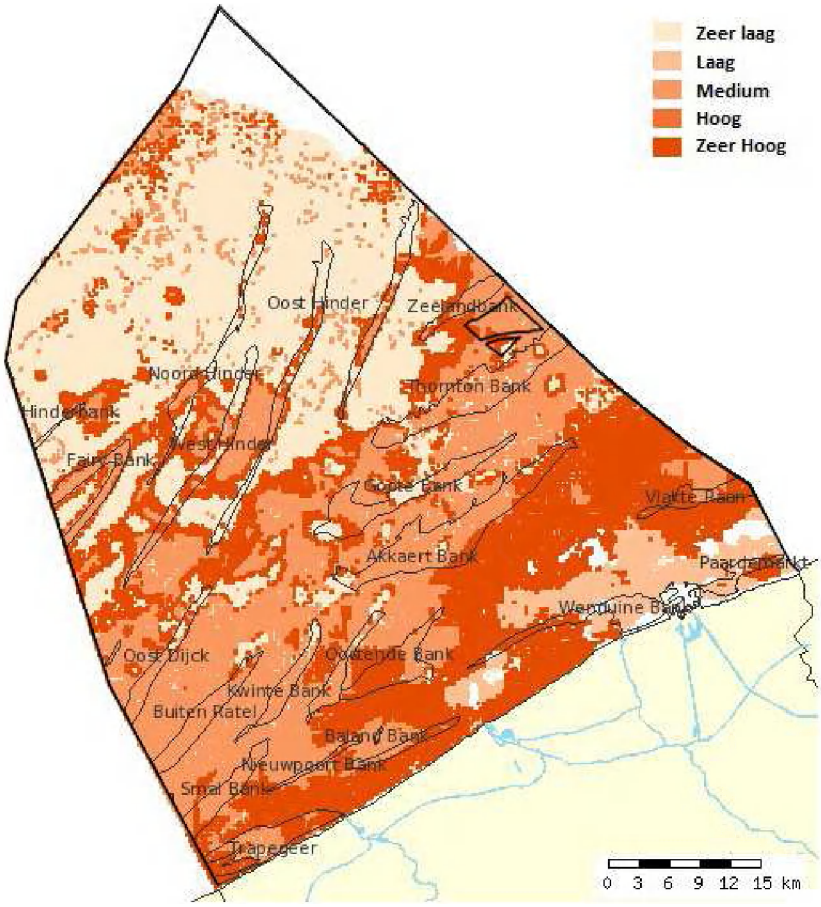
Degraer *et al.* (2008) hebben op basis van korrelgrootte en slibgehalte modellen opgesteld die het voorkomen van deze vier macrobenthische gemeenschappen voorspellen (Figuur 1-5). Deze modellen geven echter enkel de geschiktheid voor de kolonisatie van een bepaalde gemeenschap weer. De gemeenschap kan dus eveneens afwezig zijn door anthropogene invloeden zoals visserij, of door natuurlijke temporele variatie. De habitatgeschiktheidsmodellen voorspellen bijgevolg eerder het specifieke ecologisch potentieel van een habitat dan de gerealiseerde ecologische structuur (Degraer *et al.*, 1999).



Figuur 5-58 Habitatgeschiktheidskaarten voor de vier in Belgische wateren voorkomende macrobenthos gemeenschappen, zoals voorspeld door Degraer et al. (2008). A: Macoma

balthica gemeenschap; B: Abra alba gemeenschap; C: Nephtys cirrosa gemeenschap; D: Ophelia limacina gemeenschap. Licht grijs: 0% geschikt → zwart: maximum geschiktheid

Derous *et al.* (2007) stelde een biologische waarderingskaart op voor het BDNZ op basis van de voorkomende macrobenthosgemeenschappen (*Figuur 5-59*). De data die gebruikt zijn voor de opmaak van deze figuur zijn verzameld in de periode 1994 tot 2007.

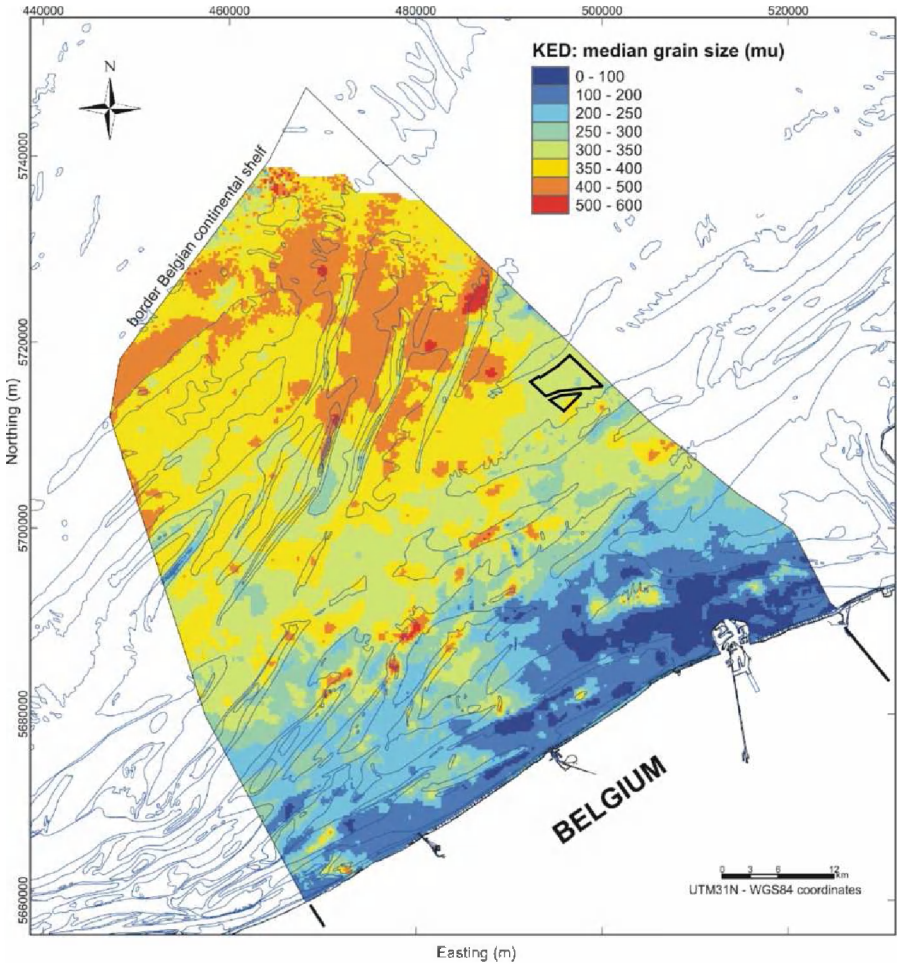


Figuur 5-59 Biologische waarderingskaart voor het macrobenthos (Derous et al., 2007)

5.4.2.1.2 Het projectgebied

De resultaten (jaar 0 en jaar 1) in het kader van de C-Power monitoring (Thorntonbank, Goote Bank) kunnen als volgt worden samengevat.

De meeste stalen genomen op de Thorntonbank en Goote Bank worden gekenmerkt door medium zand (350-500 µm), een laag slibgehalte (max. gemiddelde van 5,9%) en een laag percentage organisch materiaal (max. gemiddelde van 0,23%) (Reubens *et al.*, 2009a; IMDC, 2012d). De sedimentkarakteristieken van de studie in 2008 zijn vergelijkbaar met deze gevonden in de baseline studie uitgevoerd in 2005. Voor 2009 zijn de resultaten opnieuw vergelijkbaar, behalve dat nu het percentage organisch materiaal significant hoger is (Coates & Vincx, 2010). Uit Figuur 5-60 kan eveneens afgeleid worden dat het Rentel projectgebied gekenmerkt wordt door medium zand (300-350 µm) (Verfaillie *et al.*, 2006). De bodemsamenstelling wordt verder besproken onder het hoofdstuk 'Bodem en water'.



Figuur 5-60 Korrelgrootteverdeling op het BDNZ (naar Verfaillie et al., 2006)

De Thorntonbank en de Goote Bank worden gekenmerkt door lage densiteiten en een lage soortenrijkdom. Maximale densiteiten variëren tussen de 1.500 (Thorntonbank) en 3.500 ind./m² (Goote Bank), terwijl het aantal soorten maximaal 24 spp./station (Thorntonbank) en 26 spp./station (Goote Bank) bedraagt. De totale biomassa ligt er tussen 0 en 30.000 mg AFDW/m² en de meeste stalen worden gekenmerkt door een lage productiviteit (< 10 mg/dag.m²).

De resultaten van 2008 (jaar 1) (Reubens *et al.*, 2009a) en 2005 (jaar 0) (De Maersschalck *et al.*, 2006) vertonen echter wel een aantal verschillen, mogelijks te wijten aan een verschil in interpretatie tussen de wetenschapper verantwoordelijk voor de biologische analyse (Reubens *et al.*, 2009a). Zo wordt een hogere densiteit (max. 3.500 ind./m²) en soortenrijkdom (max. 26 spp./station) gevonden in de stalen van 2008 in vergelijking met 2005 (max. densiteit 1.300 ind./m²; max. 16 spp./station). De biomassa en productiviteitsgegevens waren voor beide campagnes vergelijkbaar.

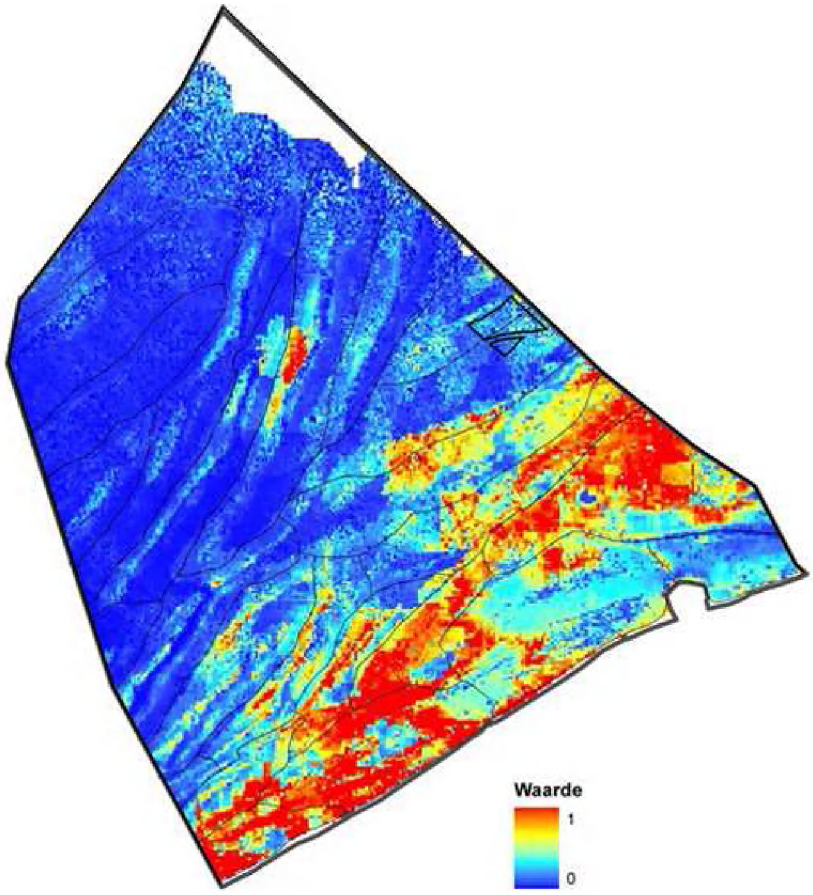
De dominante soorten op de Thorntonbank zijn *Nephtys cirrosa*, *Nephtys caeca* en *Spiophanes bombyx*. De dominante soort op de Goote Bank is *N. cirrosa*. *N. cirrosa* (tussen 0 en 160 ind./m²) en *S. bombyx* (tussen 0 en 140 ind/m²; in de randzone) waren ook de dominante soorten in 2005 (De Maersschalck *et al.*, 2006), maar ook andere soorten zoals *Bathyporeia guilliamsoniana* (tussen 0 en 160 ind/m²) en *Urothoe brevicornis* (tussen 0 en 450 ind/m²) droegen bij tot meer dan 15% van de totale densiteit. Zowel de abundanties als de

diversiteit, biomassa's en productiviteit zijn in de meeste stations in het najaar hoger dan in het voorjaar.

Wanneer er gekeken wordt naar de habitatgeschiktheidsmodel (Figuur 1-5), blijkt ook dat het project gebied voornamelijk geschikt is voor de armere *N. cirrosa* en *O. limacina* gemeenschappen, en in beperkte mate voor de rijke *A. alba* gemeenschap (Degraer *et al.*, 2008). Aangezien deze voorspellingen gebaseerd zijn op een model, kan de effectieve verspreiding van de gemeenschappen niet met zekerheid worden weergegeven.

Een duidelijk onderscheid in gemeenschapssamenstelling kan gemaakt worden tussen de stalen genomen in 2005 en 2008. Binnen elk jaar is geen verdere opsplitsing tussen de staalnamepunten mogelijk. De stalen van de concessiegebieden WTA en WTB, de randzone WTC en de referentiesites WTR en WGR vertonen een graduele overgang van de *N. cirrosa* gemeenschap naar de *O. limacina-G. lapidum* gemeenschap. Deze overgangsgemeenschap wordt gekarakteriseerd door lage densiteiten en een lage diversiteit. *N. cirrosa, Urothoe brevicornis, Bathyporeia* spp. en *Spiophanes bombyx* zijn de typische soorten voor deze overgangsgemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). Op basis van de biologische dataset, worden iets hogere gemiddelde densiteiten en soortenrijkdom vastgesteld dan deze van een 'echte' overgangsgemeenschap, maar laten ze wel een graduele overgang van een *N. cirrosa* naar een *O. limacina – G. lapidum* gemeenschap zien (Van Hoey *et al.*, 2004, Degraer *et al.*, 2009).

Volgens de biologische waarderingskaart (Figuur 5-59) wordt het projectgebied, gelegen tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank, gekenmerkt door een gemiddelde tot hoge biologische waarde voor het macrobenthos (Derous *et al.*, 2007). In Degraer *et al.* (2009) wordt de Thorntonbank niet weerhouden als potentieel habitatrichtlijngebied (habitattype 1110 – zandbanken) met bijzondere ecologische waarde. De Lodewijkbank komt echter wel in aanmerking als potentieel habitatrichtlijngebied, op basis van de biologische waarde en densiteit van het *N. cirrosa* biotoop. Degraer *et al.* (2009) tonen ook aan dat het projectgebied slecht in beperkte mate geschikt is voor de vorming van *Lanice conchilega* aggregaties (met een dichtheid > 500 ind./m²) (Figuur 5-61). *L. conchilega* structureert een bestaande macrobenthische gemeenschap (*A. alba* gemeenschap) op een verregaande manier. Hierdoor vormt zich een subgemeenschap door de zogenaamde 'geassocieerde soorten' (*L. conchilega* gemeenschap s.s.) in de bredere gemeenschap waar die deel van uitmaakt (*A. alba* gemeenschap s.l.) (Rabaut *et al.*, 2007).



Figuur 5-61 Habitatgeschiktheidskaart voor Lanice conchilega aggregaties met een dichtheid > 500 ind./m². Hoogstwaarschijnlijk afwezig: blauw (0); hoogstwaarschijnlijk aanwezig: rood (1) (Degraer et al., 2009)

Ook op basis van de ruimtelijke verspreiding van *L. conchilega* en de grindbedden (beiden mogelijke kandidaten voor het habitattype 1170) is het projectgebied niet weerhouden als aan te melden habitatrichtlijngebied (Degraer *et al.*, 2009).Tenslotte wordt kort ingegaan op de macrobenthosgemeenschap die rondom de haven van Zeebrugge en ter hoogte van de Wenduinebank voorkomt, daar hier de aanlanding van de exportkabel plaatsvindt. De macrobenthosgemeenschap is van het type *Macoma balthica*, wat typisch is voor slibrijke sedimenten. Deze gemeenschap is eerder soortenarm, maar kan wel vrij hoge densiteiten vertonen van de kenmerkende soorten van de *M. balthica* gemeenschap.

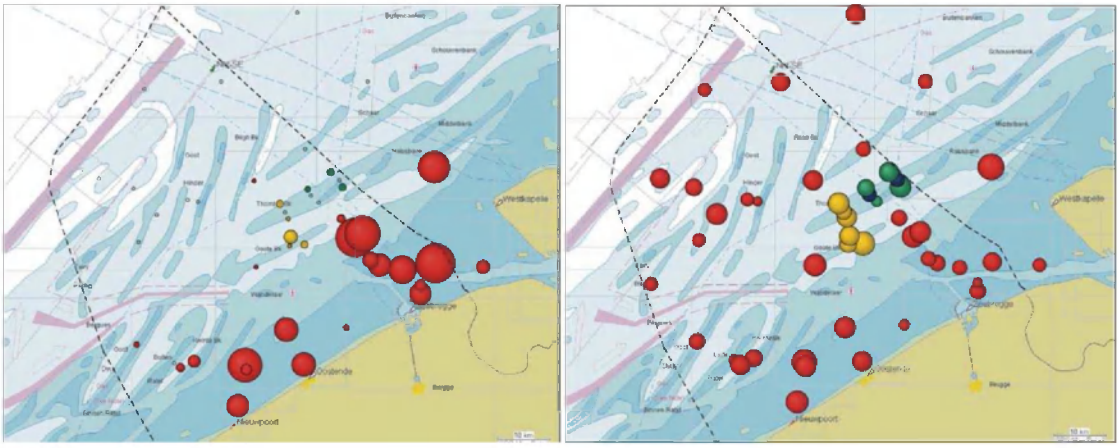
5.4.2.1.3 Autonome ontwikkeling

Indien er in het projectgebied geen windmolenpark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zouden de benthosgemeenschappen niet wezenlijk veranderen. De aanwezige dominante benthische soorten (*Bathyporeia guilliamsoniana*, *Nephtys cirrosa*, *Spiophanes bombyx* en *Urothoe brevicornis*) werden namelijk reeds in de periode 1976-1986 en in de periode 1994-2001 waargenomen (De Maersschalck *et al.*, 2006). Lange termijn trends in densiteit en soortenrijkdom tonen wel een algemene stijging in densiteit als soortenrijkdom voor het macrobenthos.

5.4.2.2 Epibenthos

5.4.2.2.1 Belgische deel van de Noordzee

Uitgaande van de resultaten van De Maersschalck *et al.* (2006) lag de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos duidelijk een grootteorde hoger in de kustzone (tot 15 km uit de kust) in vergelijking met de rest van het BDNZ (Figuur 5-62). De gemiddelde densiteit varieerde tussen 2 en 1.600 ind/1.000m².



Figuur 5-62 Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit (links) en soortenrijkdom (rechts) in 2005 voor het epibenthos (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 2 en 1.600 ind/1.000m² voor de densiteit en tussen 8 en 22 soorten per vissleep voor de soortenrijkdom (De Maersschalck et al., 2006)

In totaal werden op het BDNZ (en het aangrenzende stukje Nederlands Continentaal Plat) 64 epibenthische soorten waargenomen in 2005, waarvan 50 soorten in het voorjaar en 54 soorten in het najaar. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde tussen 8 en 22 soorten per vissleep (Figuur 5-62). Het aantal soorten lag 25% lager in de oostelijke kustzone en op de Vlakte van de Raan t.o.v. de westelijke kustzone (die uitloopt naar het oosten toe in de noordwestelijke geul voorbij de Vlakte van de Raan). Hoewel niet eenduidig lag de epibenthische soortenrijkdom iets lager in de offshore gebieden >30 km uit de kust. Voor de soortenrijkdom was het verschil tussen deze 3 'zones' (oost, west, offshore) weliswaar minder duidelijk uitgesproken. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde er tussen 12 en 20 soorten per vissleep. De densiteit en soortenrijkdom vertoonden een min of meer 4-jaarlijks oscillerend patroon in de randzones rond de Oostdyck en de Bligh Bank te wijten aan hogere densiteiten van vooral gewone slangster *Ophiura ophiura*.

Recent monitoringonderzoek van De Backer *et al.* (2010) geeft aan dat er op basis van 80 staalnamepunten en 1 tot 9 campagnes in de periode lente 2004 – lente 2009 (herfst en lente campagnes, 9 campagnes in totaal) 92 soorten werden vastgesteld, waarbij de slangsterren het meest vertegenwoordigd zijn, gevolgd door de tweekleppigen en garnalen.

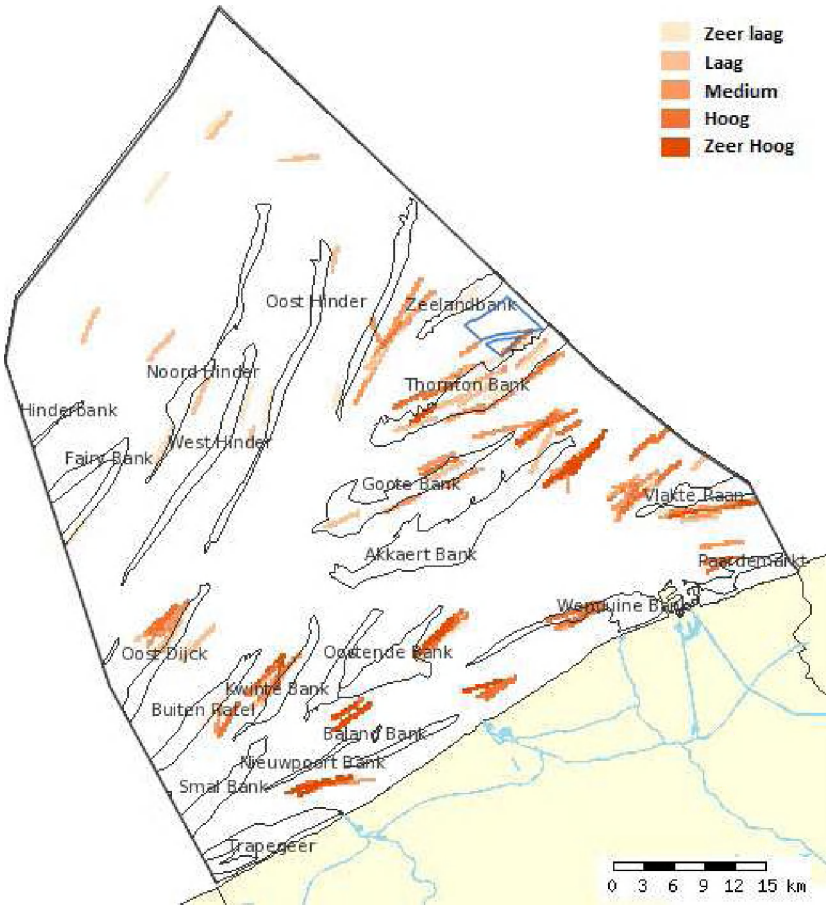
Op basis van deze staalnamecampagne stelt De Backer *et al.* (2010) tevens het volgende vast:

- De densiteit en biomassa is significant verschillend tussen de staalnames uitgevoerd in de kustzone enerzijds en offshore anderzijds. De densiteit (ind./1.000m²) en biomassa (gWW/1.000 m²) was significant hoger in de kustzone (323 ind./1.000 m², 887

gWW/1.000 m²) in vergelijking met de zone offshore (22 ind./1.000 m², 70 gWW/1.000 m²).

- Wat de soortenrijkdom betreft, zijn er geen significante verschillen tussen de verschillende zones (kust en offshore). In de staalnames genomen tijdens de herfst is de soortenrijkdom wel hoger dan in de staalnames die genomen zijn tijdens de lente. Op basis van de diversiteitsindex N1 kan er afgeleid worden dat de diversiteit in de kustzone minder groot is dan offshore.
- Er werden geen significante verschillen waargenomen tussen de staalnames in de offshore geulen en banken.
- Bij vergelijking van de staalnames tussen de verschillende jaren onderling is het verschil verwaarloosbaar.

Ook voor het epibenthos is er een biologische waarderingskaart beschikbaar (Figuur 1-10). Aangezien de dataset voor het epibenthos echter beperkt is, zijn er geen biologische waarden gekend voor het volledig BDNZ.



Figuur 5-63 Biologische waarderingskaart voor het epibenthos (Derous et al., 2007)

5.4.2.2.2 Het projectgebied

Een gelijkaardig aantal soorten werd waargenomen voor beide jaren (35 soorten in 2005; 37 in 2008), waarvan 29 gemeenschappelijk voor beide jaren (Vandendriessche *et al.*, 2009). Beide jaren werden ook gekenmerkt door een grotere diversiteit in de herfst dan in de lente. Algemeen is er een duidelijk onderscheid in het soortenaantal op de top van de zandbank en

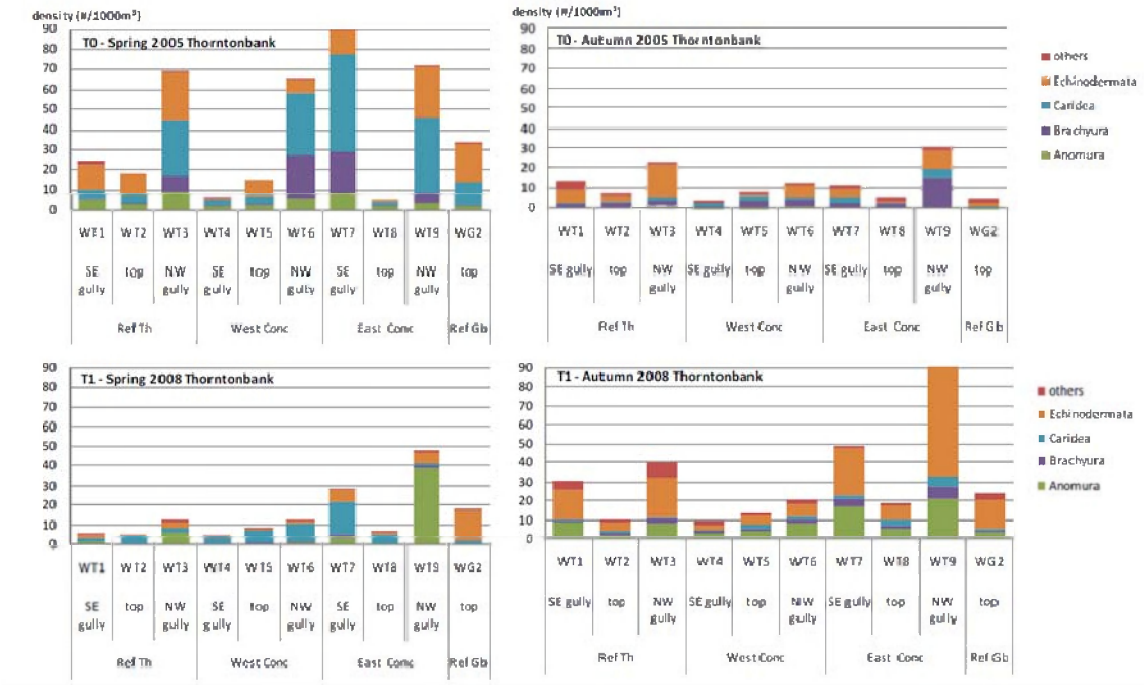
de geulen, met een gemiddelde van 9 soorten per vissleep op de toppen en 14 soorten in de geulen voor lente 2008 en respectievelijk 15 en 18 soorten per vissleep voor herfst 2008. Voor de andere diversiteitindices waren deze verschillen tussen top en geul niet zo uitgesproken. Dezelfde dominante soorten worden zowel op de bank als in de geul aangetroffen. In het voorjaar van 2008 werden volgende 6 soorten in alle stalen van de Thorntonbank/Goote Bank regio teruggevonden: Gewone slangster *Ophiura ophiura* (Echinodermata), Kleine slangster *Ophiura albida* (Echinodermata), Grijze garnaal *Crangon crangon* (Caridea), Heremietskreeft *Pagurus bernhardus* (Anomura), Gewone zwemkrab *Liocarcinus holsatus* (Brachyura) en de Zeester *Asterias rubens* (Echinodermata). Dezelfde soorten kwamen voor in het najaar van 2008, samen met de Zeekat *Sepiola atlantica* en Dwergpijlinktvis *Alloteuthis subulata* (Cephalopoda).

Terwijl in 2005 een daling in densiteiten kon worden vastgesteld van voorjaar naar najaar werd in 2008 het omgekeerde waargenomen voor alle zones (Tabel 5-50) (Vandendriessche *et al.*, 2009).

Tabel 5-50 Overzicht van de gemiddelde densiteit van het epibenthos per taxonomische groep op de Thorntonbank (Vandendriessche et al., 2009)

		Densteit #/1.000m²	Gemiddelde densiteit per taxonomische groep (#/1.000m²)							
			Anomura	Brachy-ura	Caridea	Echino-dermata	Bivalvia	Cepha-lopoda	Gastro-poda	Overige
Lente	2005	40	4,6	6,2	18,0	11,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	2008	15	5,9	0,6	5,5	2,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Herfst	2005	13	0,7	3,8	1,5	5,2	0,3	1,1	0,4	< 0,1
	2008	35	8,7	2,4	1,9	17,2	1,5	1,3	1,8	< 0,1

De stations op de top van de zandbanken zijn meestal gekenmerkt door een veel lagere densiteit (D) en biomassa (B) (gemiddeld 3x) dan de diepere stations (*Figuur 5-64*). De Thorntonbank werd in het voorjaar gedomineerd door garnalen (D: 75%) en stekelhuidigen (D: 15%), met uitzondering van NW geul van het oostelijke concessiegebied waar de garnalen vervangen werden door heremietkreeften (D: 80%), zowel qua densiteit als biomassa. Het biomassa aandeel van de soorten toonde echter grote verschillen naargelang locatie.



Figuur 5-64 Densiteiten van het epibenthos per taxonomische groep voor alle staalnamelocaties op de Thorntonbank, lente (boven) en herfst (beneden) 2005 & 2008 (Vandendriessche et al., 2009)

In het najaar waren de garnalen minder abundant aanwezig (D: gemiddeld 10%), en waren de dominante soorten stekelhuidigen (D: 40%; B: 30%), krabben (D: 9%; B: 25%) en heremietkreeften (D: 30%; B: 15%). In het najaar werden ook meer andere soorten gevonden voornamelijk inktvisachtigen en tweekleppigen.

Vandendriessche *et al.* (2009) tonen dat enkele algemene trends kunnen worden waargenomen voor het epibenthos op basis van de campagnes van 2005 en 2008. Alle analyses betreffende de soortensamenstelling, densiteit, biomassa en diversiteit van het epibenthos tonen een duidelijk verschil aan tussen de zandbankstations en de geulstations, waarbij hogere densiteiten (tot zes keer hoger) werden genoteerd in de geulen. Dit toont aan dat aanpalende geulen diverser en rijker zijn de zandbanken zelf. Stalen uit geulen vertoonden echter wel een grotere onderlinge variatie dan zandbankstalen. De aangetoonde seizoenale, interannuele en ruimtelijke variatie was vooral het gevolg van wisselende proporties van een aantal algemene epibenthische soorten zoals de Grijze garnaal, twee soorten slangsterren, Heremietkreeft, Zwemkrab, Sepiola en Dwergpijlinktvis.

De densiteitswaarden voor de concessiegebieden, de randzones en de referentiegebieden uit deze studie waren vrij laag, intermediair tussen de kustwaarden en de verderaf gelegen gebieden, en vergelijkbaar met o.a. de randzones rond de Buitenratel en de Oostdyck. Dit kwam grotendeels overeen met andere studies van ILVO-Visserij die gebruik maakten van gegevens uit andere jaren (zie o.a. Calewaert *et al.*, 2005; De Backer *et al.*, 2010).

Uitgaande van de ligging van het projectgebied (in het geulsysteem tussen de twee banken) kan hier eenzelfde soortensamenstelling verwacht worden als beschreven voor de geulen, met als belangrijkste vertegenwoordigers Gewone slangster, Kleine slangster, Heremietskreeft en de Zeester. De geulen zijn over het algemeen rijker (densiteit en diversiteit) dan de toppen

van de zandbanken voor het epibenthos, maar in vergelijking met de rijkere kustgebieden (Figuur 5-62) blijven ze toch van minder ecologisch belang.

5.4.2.2.3 Autonome ontwikkeling

Indien er in het projectgebied geen windmolenpark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zouden de epibenthosgemeenschappen niet wezenlijk veranderen. De aanwezige dominante soorten zijn vergelijkbaar voor de periode 1996-2005. Langetermijntrends in densiteit en soortenrijkdom tonen wel een algemene stijging in densiteit als soortenrijkdom voor zowel het benthos als de vissen doorheen de tijd.

Andere activiteiten kunnen de autonome ontwikkeling echter beïnvloeden. Het projectgebied is namelijk gelegen in de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004), waardoor reeds goedgekeurde (C-Power, Belwind, Northwind, Norther) windmolenparken een effect kunnen hebben op het aquatische milieu als geheel doordat ze een aantrekking zouden kunnen uitoefen op andere epibenthische organismen waardoor het gebied soortenrijker wordt en nieuwe gemeenschappen herbergt. Voor meer details wordt verwezen naar de onderdelen 'Harde substraten' en 'Cumulatieve effecten'.

Verder kan verwacht worden dat de epibenthosgemeenschap wijzigingen zal ondergaan tengevolge van de klimaatsverandering (wijzigingen in stromingskarakteristieken, chemische eigenschappen van het zeewater, temperatuur, stormfrequenties, etc.). Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de kwantificering van de invloeden van klimaatsverandering op het mariene milieu, zeker op de schaalgrootte van het BDNZ. Bovendien zijn de effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten tengevolge van andere, menselijke invloeden. Daarom werden recent door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die een antwoord moeten trachten te bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie, in het BDNZ.

5.4.2.3 Vissen

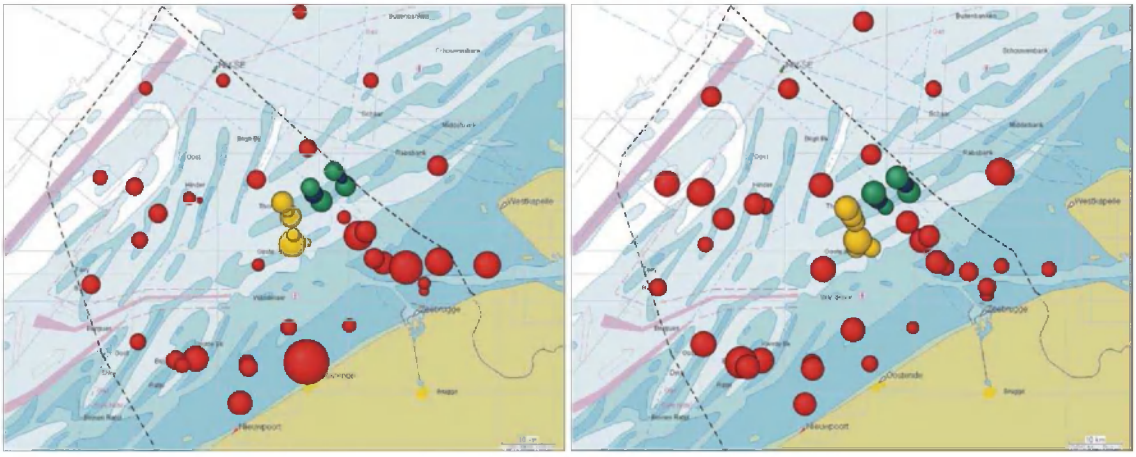
Het hele BDNZ staat onder sterke fysische en antropogene stress. De losse sedimenten die de deklaag vormen van de zandbanken staan onder de invloed van sterke getijdenstromingen. De organismen die in deze stress leven zijn aangepast aan de extreme levenscondities. De visserij speelt in het gebied eveneens een belangrijke rol. Deze visserij vindt vooral plaats aan de flanken van de zandbanken en in de geulen tussen de zandbanken.

De belangrijkste ordes van de vissen zijn de haringachtigen (Clupeiformes), de kabeljauwachtigen (Gadiformes), de baarsachtigen (Perciformes), de platvissen (Pleuronectiformes) en de schorpioenvisachtigen (Scorpaeniformes).

5.4.2.3.1 Belgische deel van de Noordzee

Uit de studie van De Maersschalk *et al.* (2006) blijkt dat de kustzone rijker is aan demersale vissen dan de verder uit de kust gelegen gebieden (Figuur 5-65). De concessiegebieden en het Thornton-referentiegebied zijn als dusdanig het best vergelijkbaar met de offshore gebieden op het BDNZ, waar de typische lineair gestructureerde zandbankcomplexen gelegen zijn, tussen 15 en 30 km uit de kust. Op het BDNZ werden er 52 dermersale vissoorten waargenomen in 2005, waarvan 38 soorten in het voorjaar en 45 soorten in het najaar. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde tussen 9 en 24 soorten per vissleep. Het aantal soorten lag 25% lager in de oostelijke kustzone in vergelijking met de kustzone tussen 5 en 15 km uit

de kust. In de offshore gebieden (> 30 km van de kust), de Hinderbanken, lag de soortenrijkdom vrij hoog. In vergelijking met de rest van het BDNZ werden relatief hoge waarden genoteerd voor de soortenrijkdom zowel in de concessiegebieden als in de randzones en de referentiegebieden. Deze zijn opnieuw het best vergelijkbaar met de zones in de typische zandbankcomplexen tussen de 15 en 30 km uit de kust. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde er tussen 12 en 20 soorten per vissleep. (De Maersschalck *et al.*, 2006) (Figuur 5-65).



Figuur 5-65 Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit (links) en de gemiddelde soortenrijkdom (rechts) in 2005 voor de demersale visfauna (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 4 en 184 ind/1.000m² voor de densiteit en tussen de 9 en 24 soorten per vissleep voor de soortenrijkdom. (De Maersschalck et al., 2006)

Op basis van recentere data (lente 2004 – lente 2008; 82 staalnamestations; 1 tot 9 campagnes) werden door De Backer *et al.* (2010) in totaal 69 vissoorten waargenomen. De belangrijkste groepen vissoorten op het BDNZ zijn:

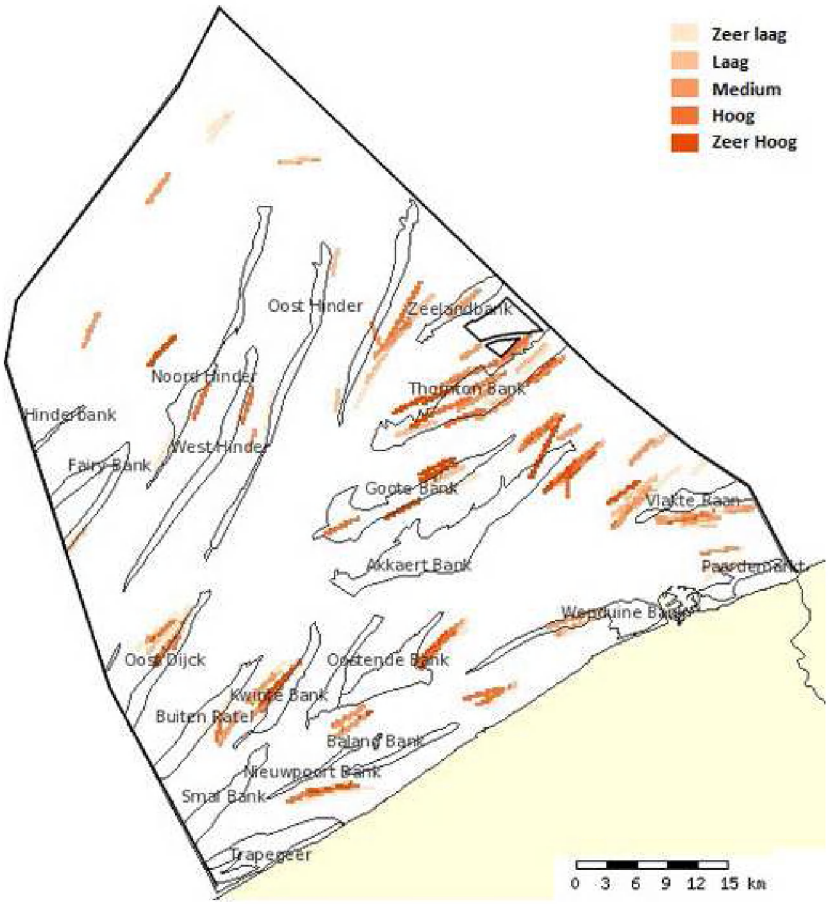
- Baarsachtigen (28%);
- Platvissen (27%);
- Grondels (Baarsachtigen) (21%);
- Haringachtigen (9%);
- Kabeljauwachtigen (9%);
- Schorpioenachtigen (6%).

Verder concludeert De Backer *et al.* (2010) nog het volgende:

- De densiteit en soortenrijkdom in de stalen genomen gedurende de lente zijn het grootste in de geulen van de offshore stations (gemiddeld 29 ind./1.000 m²).
- In de herfst worden de hoogste densiteiten en soortenrijkdom vastgesteld in de kustzone (gemiddeld 68 ind./1.000 m²) en de Vlakte van de Raan (gemiddeld 96 ind./1.000 m²). De laagste waarden worden vastgesteld t.h.v. de Thornton en Goote Bank (gemiddeld 33 ind./1.000 m²) en de offshore zone (gemiddeld 37 ind./1.000 m²).
- Wat betreft soortenrijkdom is er een algemene stijging vanaf de kust verder offshore, waarbij de hoogste waarde wordt vastgesteld ter hoogte van de Vlaamse Banken (gemiddeld 19 soorten).

- Wat de soortensamenstelling betreft, worden er grote verschillen waargenomen tussen de kust- en offshore stations en de lente- en herfststalen. Tijdens de lente zijn er in de kustzone vooral hoge concentraties aan grondels en haringachtigen; in de offshore stations zijn de baarsachtigen het meest dominant aanwezig. De groep van de platvissen is in alle zones goed vertegenwoordigd.

De biologische waarderingskaart voor de demersale visfauna wordt weergegeven in Figuur 5-66 (Derous *et al.*, 2007). Ook hier is het aantal gegevens beperkt waardoor men geen volledig beeld van het BDNZ krijgt.



Figuur 5-66 Biologische waarderingskaart voor de demersale visfauna (Derous et al., 2007)

5.4.2.3.2 Het projectgebied

Een gelijkaardig aantal soorten werd waargenomen voor beide jaren (40 soorten in 2005; 37 in 2008), waarvan een aantal (7 soorten voor 2005; 6 voor 2008) slechts in één jaar geobserveerd werden. Deze soorten kwamen echter slechts in beperkte mate voor.

In het voorjaar waren in termen van densiteit in alle zones de belangrijkste soorten Sprot (*Sprattus sprattus*) en Haring (*Clupea harengus*) (haringachtigen), naast Rasterpitvis (*Callionymus reticulatus*) en in mindere mate Gewone pitvis (*Callionymus lyra*), Kleine pieterman (*Echiichtys vipera*) (baarsachtigen), Schar (*Limanda limanda*) en Dwergtong (*Buglossidium luteum*) (platvissen). Het najaar werd overheerst door Horsmakreel (*Trachurus trachurus*), Kleine pieterman (*Echiichtys vipera*), beide pitvissen en Dikkopje (*Pomatoschistus minutus*) voor de baarsachtigen en Dwergtong en Schar voor de platvissen. De soortensamenstelling voor 2005 en 2008 is vergelijkbaar, maar duidelijke verschillen in

densiteit werden waargenomen voor de meest dominante soorten (meest uitgesproken voor de haringachtigen). In het voorjaar van 2005 behoorden de belangrijkste vertegenwoordigers tot de haringachtigen (>80%). In het najaar echter waren de haringachtigen zo goed als afwezig (Tabel 5-51).

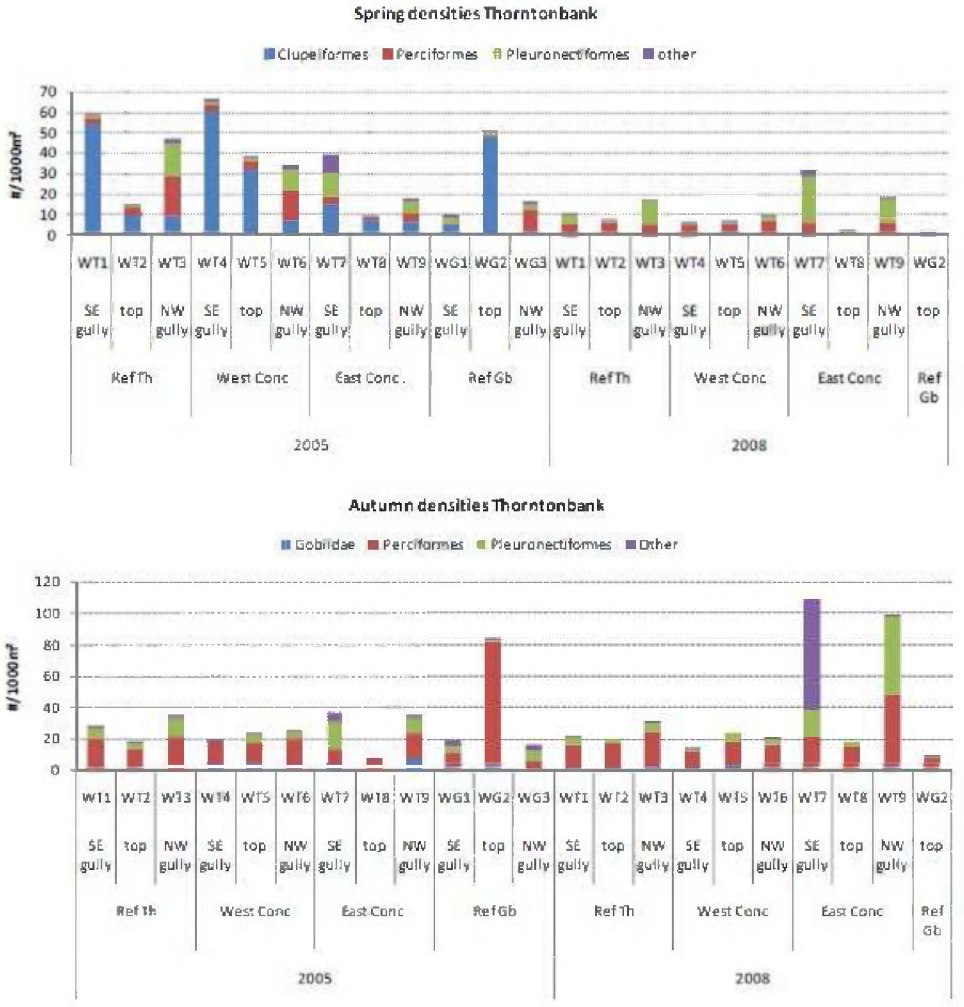
Visdensiteiten waren algemeen hoger in de herfst dan in de lente (met uitzondering van de haringachtigen) (Tabel 5-51).

Tabel 5-51 Overzicht van de gemiddelde densiteit van de demersale visfauna per taxonomische groep op de Thorntonbank (Vandendriessche et al.,2009)

		Densiteit (#/1.000m²)	Densiteit per taxonomische groep (#/1.000m²)						
			Clupei-formes	Gadiformes	Gobiidae	Overige	Perci-formes	Pleuro-nectiformes	Scorpae-niformes
Lente	2005	34	21,6	0,4	0,5	0,1	5,6	4,7	1,0
	2008	12	0,6	0,3	0,3	<0,1	4,8	5,6	0,2
Herfst	2005	30	<0,1	1,7	3,0	<0,1	18,8	6,2	0,2
	2008	37	0,1	17,6	2,2	0,1	18,1	9,6	0,2

In het Thorntonbank monitoringsgebied waren de verschillen tussen geulen en banken het meest uitgesproken in de lente, waarbij hogere (gemiddeld 22%) densiteiten werden waargenomen in de geulen. De groepen van de baarsachtigen en de platvissen waren het jaar rond abundant aanwezig. Daarnaast werden lokaal hoge densiteiten waargenomen van haringachtigen (lente 2005) en kabeljauwachtigen (herfst 2008). De piek van haringachtigen in 2005 (22 ind./1.000 m²) is te wijten aan het abundant voorkomen van Sprot en Haring. De reductie van deze soorten in 2008 was zichtbaar voor alle stations en zones, waardoor de verschillen tussen 2005 en 2008 (lente) te wijten zijn aan interannuele variaties in het voorkomen en/of de demografie van deze soorten.

Vandendriessche *et al.* (2009) tonen dus gelijklopende patronen voor de Thorntonbank en de Goote Bank. Voor de Goote Bank zijn de waargenomen densiteiten voor 2005 en 2008 wel verschillend (Figuur 5-67). De variaties in biotische variabelen (densititeit, diversiteit, biomassa, lengte-frequentiedistributie) betreffende de demersale vissen zijn vooral toe te schrijven aan seizoenale, interannuele en ruimtelijke (geulen versus banken) verschillen. Uitgaande van de ligging van het projectgebied (in het geulsysteem tussen de twee banken) kan hier eenzelfde soortensamenstelling verwacht worden als beschreven voor de geulen met als belangrijkste vertegenwoordigers Schar, Pitvis en Dwergtong. In sommige aspecten (vnl. densiteit) zijn de geulen een rijker gebied als de toppen van de zandbanken voor demersale vissen, maar in vergelijking met de rijkere kustgebieden (Figuur 5-65) blijven ze toch van minder ecologisch belang.



Figuur 5-67 Densiteiten van demersale visfauna per taxonomische groep voor alle staalnamelocaties op de Thorntonbank in de lente (boven) en de herfst (onder) (Vandendriessche et al., 2009)

De Thorntonbank blijkt tevens een belangrijk paaigebied (voorjaar) te zijn voor Sprot en Haring, en in iets mindere mate voor onder andere Schar en Dwergtong (De Maersschalck *et al.*, 2006; Ter Hofstede *et al.*, 2005). Deze eerste twee soorten werden echter vnl. op de toppen van de zandbanken gevonden. Bijkomend onderzoek zou echter nodig zijn om deze trends te bevestigen voor het projectgebied.

5.4.2.3.3 Autonome ontwikkeling

Indien er in het projectgebied geen windmolenpark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zou de visfauna niet wezenlijk veranderen. De aanwezige dominante soorten zijn vergelijkbaar voor de periode 1996-2005. Lange termijn trends in densiteit en soortenrijkdom tonen wel een algemene stijging in zowel densiteit als soortenrijkdom doorheen de tijd.

Andere activiteiten kunnen de autonome ontwikkeling echter beïnvloeden. Het projectgebied is namelijk gelegen in de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004), waardoor reeds goedgekeurde (C-Power, Belwind, Northwind, Norther) windmolenparken een effect kunnen hebben op het aquatische milieu als geheel doordat ze een aantrekking zouden kunnen uitoefen op (jonge) vissen en andere epibenthische

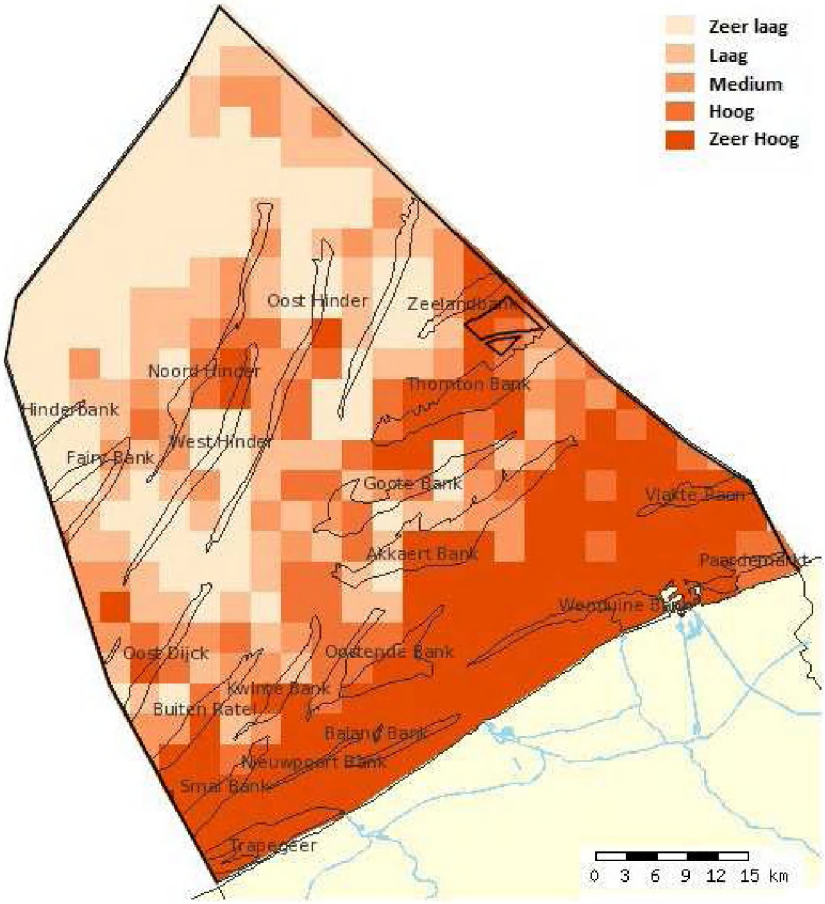
organismen waardoor het gebied soortenrijker wordt en nieuwe gemeenschappen herbergt. Voor meer details wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

Ook mogelijke veranderingen in de traditionele visserijsector bijvoorbeeld met betrekking tot bevissingsmethodes, intensiteit of locatie van het vissen, zouden een invloed kunnen hebben op de samenstelling van de benthische levensgemeenschap en bestaande visfauna in het projectgebied. Momenteel zijn daar echter nog geen wetenschappelijke studies over beschikbaar.

5.4.2.4 Vogels

Ondanks de kleine oppervlakte is het BDNZ van internationaal belang voor een groot aantal zeevogels. Ze doet dienst als overwinteringsgebied, trekgebied of als foerageergebied tijdens het broedseizoen. Tijdens de lente en herfst wordt geschat dat er jaarlijks maar liefst 1 tot 1,3 miljoen zeevogels migreren doorheen de zuidelijke Noordzee (Stienen *et al.*, 2007).

Vanaf de periode 2008-2009 werd het Rentel concessiegebied intensief gemonitord (Figuur 5-55) langs het traject Thorntonbank – Lodewijkbank. De resultaten van deze tellingen tonen het groot ornithologisch belang van dit zeegebied aan (Tabel 5-52). Bijgevolg heeft dit gebied dan ook een hoge tot zeer hoge waarde op de biologische waarderingskaart van Derous et al. (2007) (Figuur 5-68).

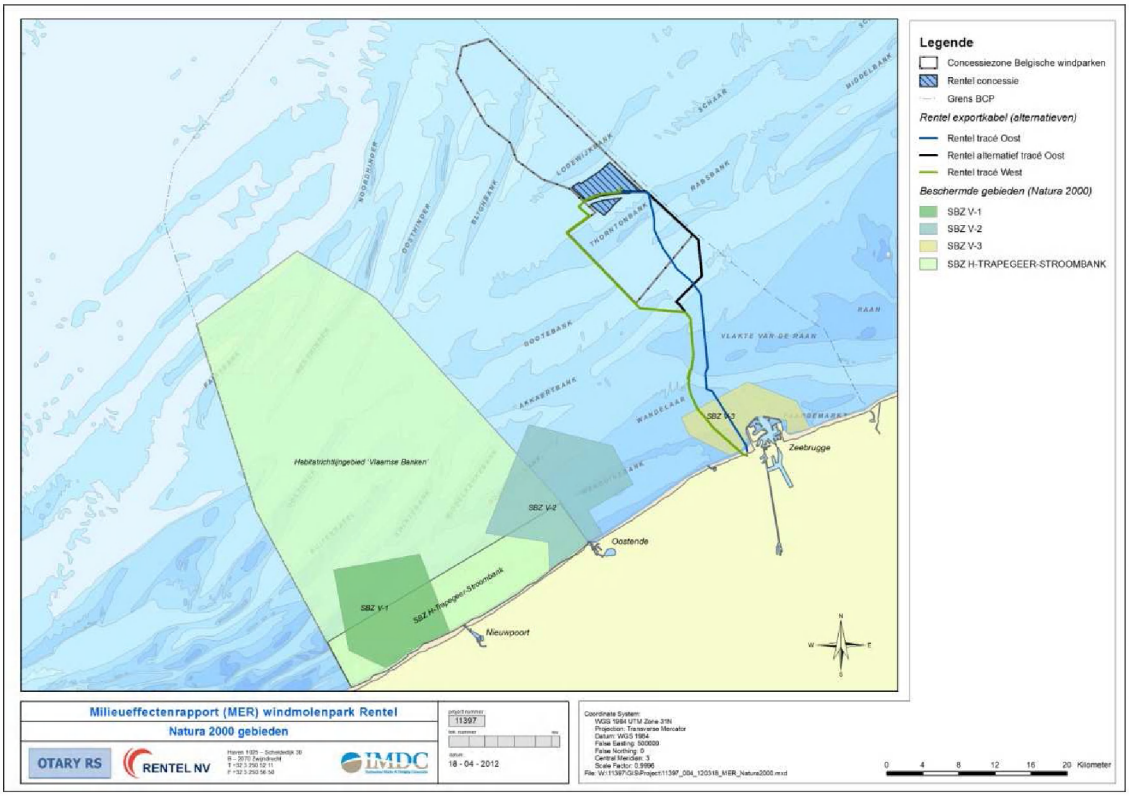


Figuur 5-68 Biologische waarderingskaart voor de vogels (Derous et al., 2007)

Meerdere soorten zeevogels komen er in hoge dichtheden voor, zoals Jan-van-gent (*Morus bassanus*), Kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*), Drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla*), Alk (*Alca*

torda) en Zeekoet (*Uria aalge*) (Vanermen & Stienen, 2009). Deze soorten kunnen eerder als wijdverbreide en algemene soorten voor het BDNZ worden beschouwd, waarbij de impactzone niet van specifiek belang is voor hen, maar omwille van hun algemeen voorkomen worden zij toch als geschikte monitoringsoorten beschouwd (Vanermen *et al.*, 2010).

Daarnaast is de Thorntonbank ook van belang voor enkele minder algemene en Europees beschermde zeevogels zoals Dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*), Grote stern (*Thalasseus sandvicensis*) en Visdief (*Sterna hirundo*). Deze drie soorten staan namelijk op Bijlage I van de Europese Vogelrichtlijn en kregen 3 speciale beschermingszones (SBZ-V) in het BDNZ: SBZ-V1- Nieuwpoort (Grote stern en Fuut (*Podiceps cristatus*)), SBZ-V2- Oostende (Grote stern, Fuut, Visdief, Dwergmeeuw) en SBZ-V3- Zeebrugge (Grote stern, Visdief, Dwergmeeuw) (Figuur 5-69).



Figuur 5-69 Overzicht van de 3 speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V) in het Belgische deel van de Noordzee

*Tabel 5-52 Vergelijking van de seizoenale verdeling (aantal vogels/km²) van zeevogels in de impactzone van het windmolenpark van C-Power op de Thorntonbank (TB) t.o.v. het ganse Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) in de winter, lente, zomer en herfst. *: Bijlage I soorten van de Vogelrichtlijn (Vanermen & Stienen, 2009)*

	Winter		Lente		Zomer		Herfst	
	TB	BDNZ	TB	BDNZ	TB	BDNZ	TB	BDNZ
Aantal gridcellen	26	769	23	649	23	602	27	726
Roodkeelduiker	0,12	0,24	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,04
Fuut	0,00	0,44	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05
Noordse stormvogel	0,15	0,39	0,13	0,21	0,20	0,14	0,70	0,52
Jan-van-gent	0,18	0,39	0,36	0,25	0,17	0,13	1,14	1,04
Zwarte zee-eend	0,07	0,57	0,00	0,86	0,00	0,05	0,00	0,08
Grote jager	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04
Dwergmeeuw*	0,81	0,16	0,40	0,57	0,00	0,04	0,43	0,25
Stormmeeuw	2,56	0,98	0,07	0,59	0,00	0,01	0,04	0,27
Kleine mantelmeeuw	0,06	0,12	21,64	2,79	4,42	1,93	0,18	0,97
Zilvermeeuw	0,38	0,60	0,37	1,07	0,02	0,64	0,01	0,53
Grote mantelmeeuw	2,73	1,05	0,04	0,14	0,21	0,05	3,25	0,80
Drieteenmeeuw	5,97	1,79	0,09	0,39	0,00	0,04	5,24	1,37
Grote stern*	0,00	0,00	0,11	0,16	0,59	0,25	0,02	0,02
Visdief*	0,00	0,00	0,02	0,26	0,38	0,66	0,02	0,03
Zeekoet	4,42	3,23	0,65	0,94	0,00	0,01	3,67	0,90
Alk	1,33	0,69	0,08	0,14	0,00	0,00	0,58	0,21

5.4.2.4.1 Seizoensfluctuaties

Op het BDNZ worden de hoogste dichtheden aan zeevogels bereikt in de winter (gemiddelde dichtheid van ca. 11,5 vogels/km²) (Vanermen & Stienen, 2009). In de lente en herfst is de gemiddelde dichtheid iets lager, maar ook dan worden nog steeds dichtheden van meer dan 7 vogels/km² vastgesteld. Tijdens de zomer worden relatief weinig vogels gezien op het BDNZ (gemiddelde dichtheid van 4 vogels/km²) (Vanermen & Stienen, 2009). Maximale dichtheden kunnen echter veel hoger liggen en oplopen tot meer dan 700 vogels/km². Dergelijke hoge cijfers zijn wel meestal gekoppeld aan bijvoorbeeld de aantrekkende werking van vissersschepen, waar achter soms grote concentraties aan vogels worden waargenomen.

Ter hoogte van de Thorntonbank zijn er doorgaans minder sterke fluctuaties doorheen het jaar. Tijdens de winter, lente en herfst zijn de dichtheden van de vogels lager dan op het BDNZ. Opvallend is verder dat in tegenstelling tot de algemene trend op het BDNZ, de dichtheden op de Thorntonbank tijdens de zomermaanden in dezelfde grootteorde liggen als tijdens de andere maanden.

5.4.2.4.2 Soortenspectrum

In vergelijking met de preliminaire resultaten in Vanermen *et al.* (2006), blijkt op basis van de intensieve monitoring van 2005-2007, dat sommige soorten meer abundant voorkomen dan verwacht. Het betreft Kleine mantelmeeuw, Grote mantelmeeuw (*Larus marinus*), Drieteenmeeuw, Zeekoet en Alk. Toch is de zone Goote Bank – Thorntonbank niet van bijzonder belang voor deze soorten, de Thorntonbank behoort namelijk niet tot hun concentratiegebied.

Het door Vanermen *et al.* (2006) verwachte grote belang van de Thorntonbank voor de Europees beschermde soorten Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief wordt bevestigd door de recente monitoringsresultaten.

Wat Grote jager (*Stercorarius skua*) betreft, is het belang van deze soort wat overschat in Vanermen *et al.* (2006). De Thorntonbank blijkt eerder onbelangrijk te zijn voor deze soort. Ook voor Roodkeelduiker (*Gavia stellata*), Fuut, Noordse stormvogel (*Fulmarus glacialis*), Zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) en Zilvermeeuw (*Larus argentatus*) is de Thorntonbank van minder belang.

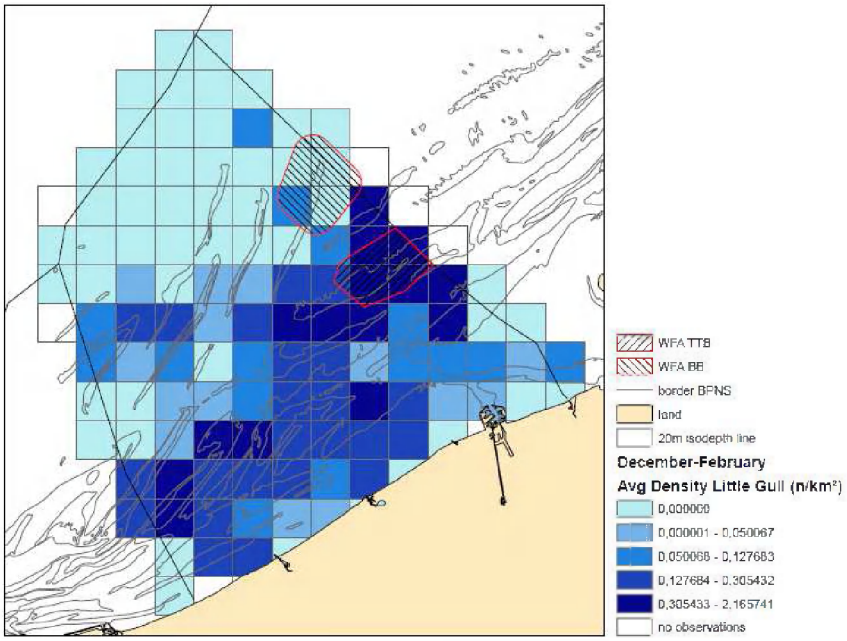
Naast typische zeevogels komen ook zangvogels voor boven het BDNZ. Tijdens tellingen op zee werd door het INBO een opmerkelijke trekintensiteit van zangvogels vastgesteld (Vanermen *et al.*, 2006).

De drie Europees beschermde soorten, waarvoor de Thorntonbank van groot belang is, worden hierna meer in detail beschreven op basis van gegevens van Vanermen & Stienen (2009).

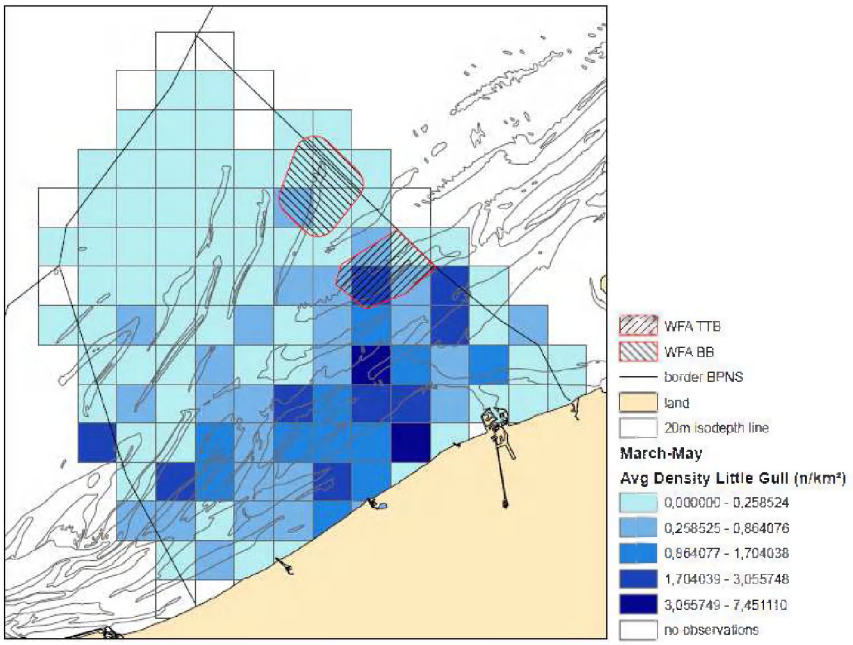
Dwergmeeuw

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bern Conventie)

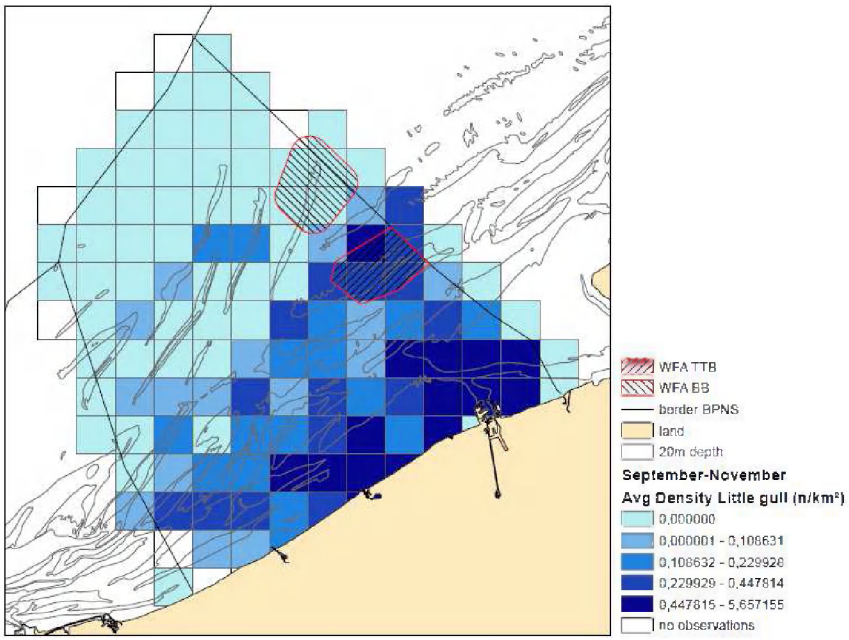
De recente monitoringsresultaten tonen aan dat er tijdens de periode van september tot april hoge densiteiten aan Dwergmeeuw voorkomen binnen de impactzone van het windmolenpark op de Thorntonbank (Figuur 5-70; Figuur 5-72). Tijdens de winterperiode worden densiteiten tot 0,81 vogels/km² geteld en tijdens de lente en herfst rond de 0,4 vogels/km². Tijdens de herfst wordt Dwergmeeuw vooral waargenomen ter hoogte van de haven van Zeebrugge en Oostende (Figuur 5-72).



Figuur 5-70 Winter distributie van de Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)



Figuur 5-71 Lente distributie van de Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)

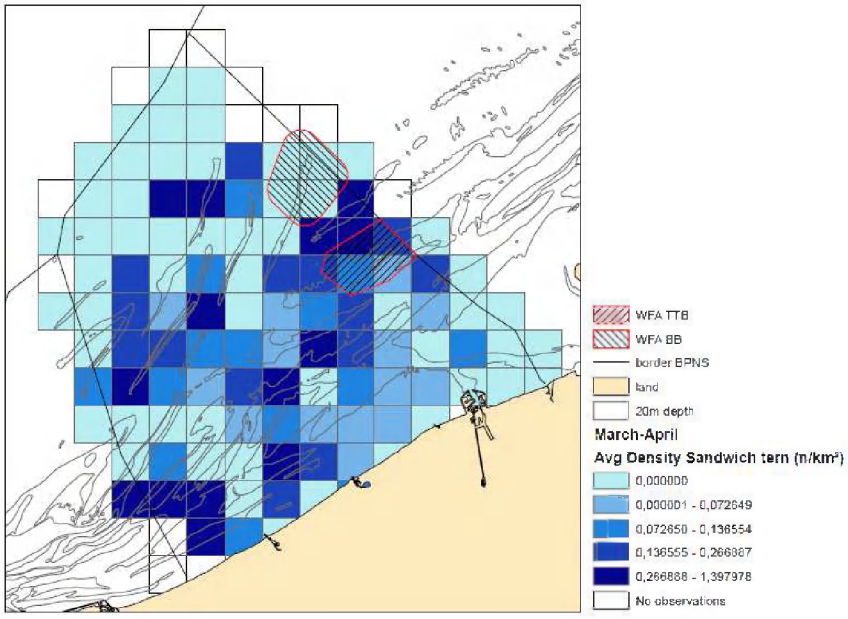


Figuur 5-72 Herfst distributie van de Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)

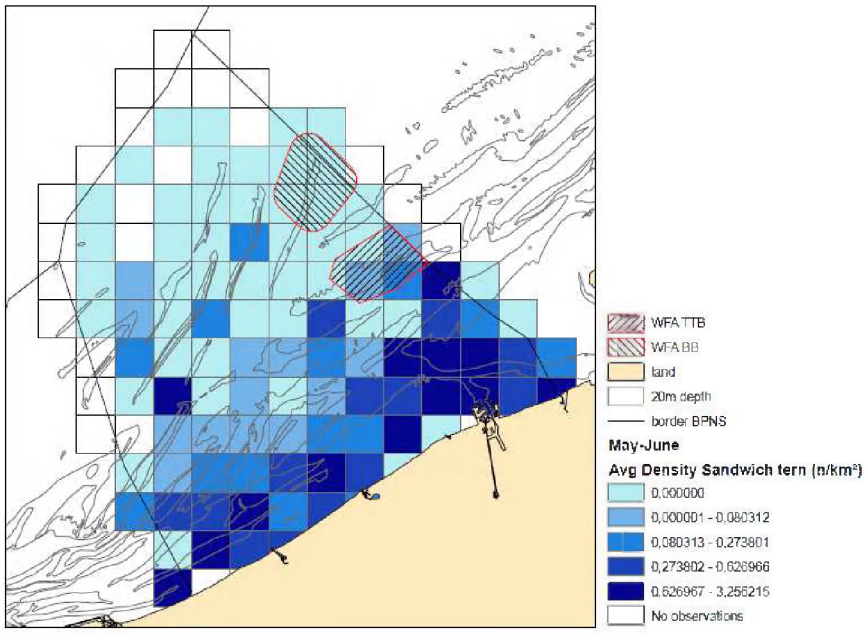
Grote stern

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bonn Conventie, Appendix II van de Bern Conventie)

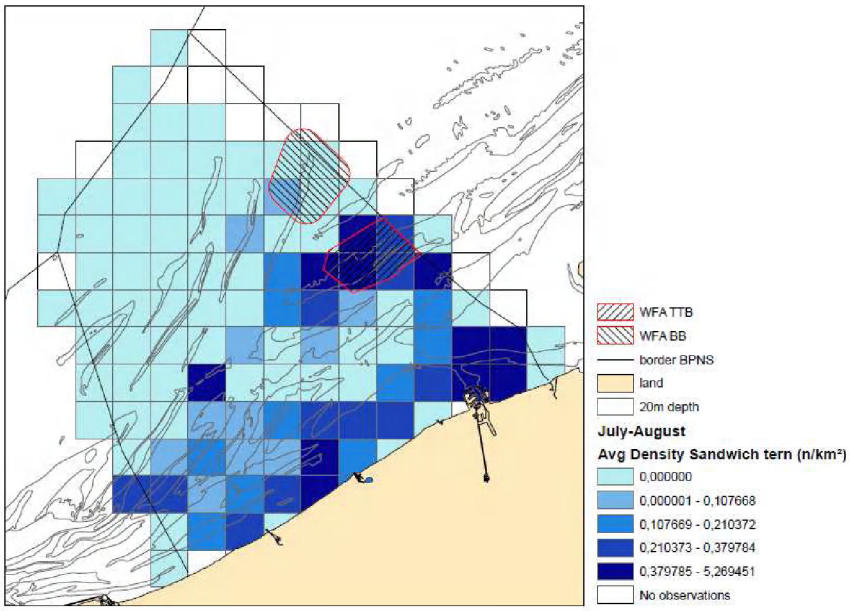
In de lenteperiode treedt verspreid over gans het BDNZ een migratie van Grote sternen op (Figuur 5-73). Tijdens het broedseizoen komen de grootste dichtheden voor nabij de kust, met een duidelijke concentratie binnen een straal van 15 km rond de broedkolonie op het sternenschiereiland te Zeebrugge (Figuur 5-74). Gedurende de zomerperiode komen er voornamelijk ter hoogte van de havens van Zeebrugge en Oostende en ter hoogte van de Thorntonbank hoge concentraties Grote sternen voor (Figuur 5-75).



Figuur 5-73 Lente distributie van de Grote Stern op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)



Figuur 5-74 Distributie van de Grote Stern op het Belgische deel van de Noordzee tijdens het broedseizoen (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)

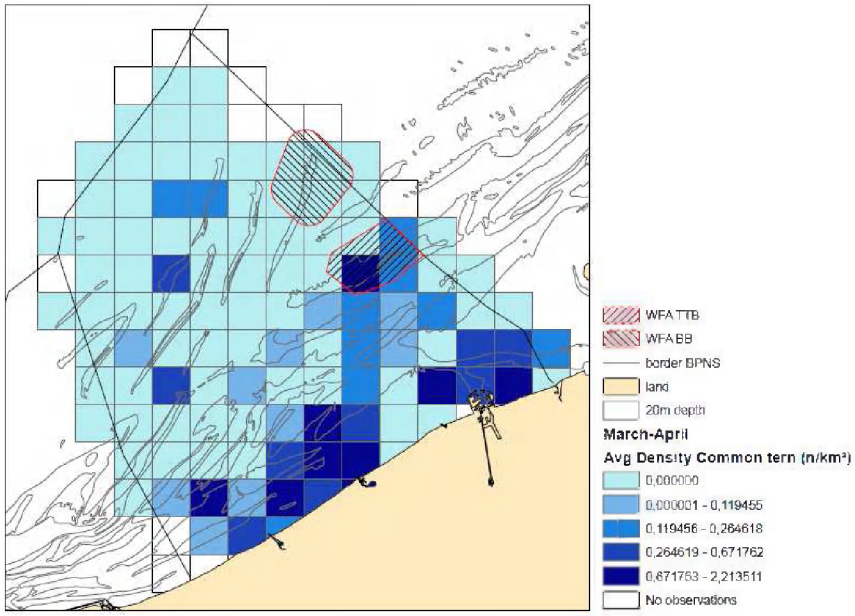


Figuur 5-75 Zomer distributie van de Grote Stern op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)

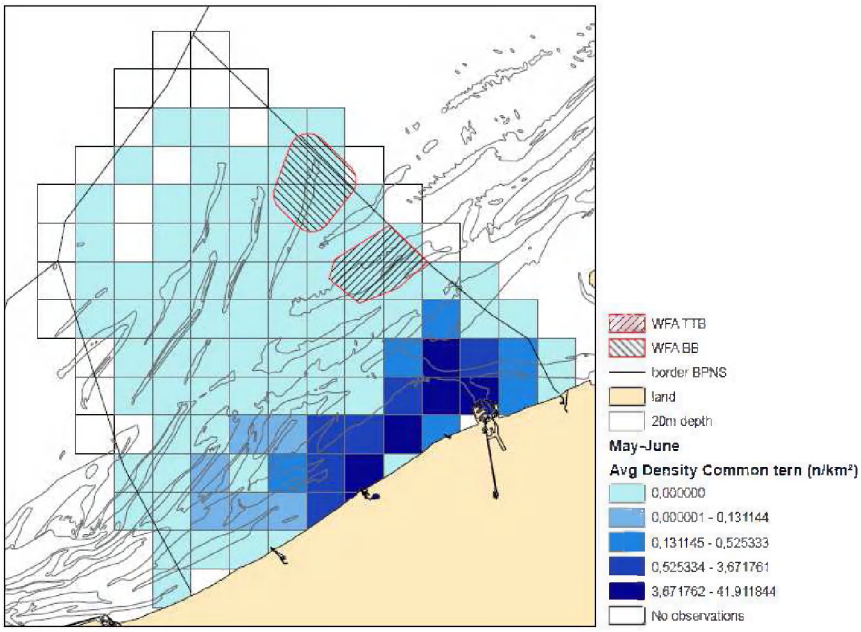
Visdief

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bonn Conventie, Appendix II van de Bern Conventie)

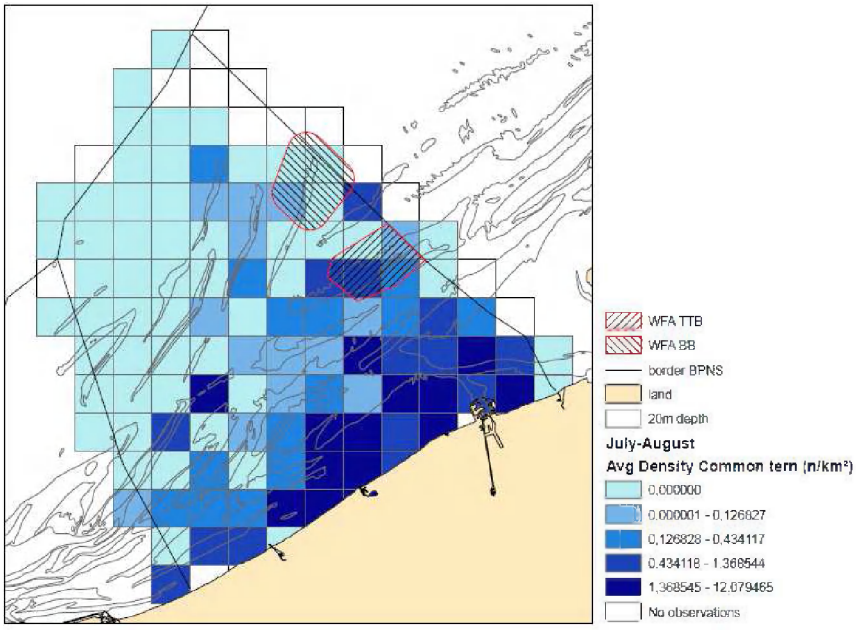
In de vroege lente komt de Visdief verspreid over het BDNZ voor, met hoge densiteiten ter hoogte van de haven van Zeebrugge en Oostende (Figuur 5-76). Tijdens het broedseizoen komen Visdieven vooral in de kustzone voor en meer specifiek ter hoogte van de broedkolonie op het sternenschiereiland te Zeebrugge (Figuur 5-77). Tijdens het broedseizoen is de Thorntonbank van geen enkel belang voor Visdief. Op het eind van de zomer, bij aanvang van de zuidelijke migratie, komen er wel opnieuw Visdieven voor op de Thorntonbank (Figuur 5-78).



Figuur 5-76 Lente distributie van de Visdief op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)



Figuur 5-77 Distributie van de Visdief op het Belgische deel van de Noordzee tijdens het broedseizoen (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)



Figuur 5-78 Zomer distributie van de Visdief op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)

5.4.2.4.3 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van het Rentel windmolenpark mag verondersteld worden dat de waarde voor vogels van de site nagenoeg hetzelfde zal blijven. De aanwezigheid van de naburige windmolenparken kan de autonome ontwikkeling echter beïnvloeden. Voor meer details wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

Behalve bestaande (semi)-natuurlijke fluctuaties in het vogelbestand (bijvoorbeeld door veranderingen in de voedselbeschikbaarheid of door verschuivingen in de overwinteringsgebieden) zijn er geen aanwijzingen dat er momenteel belangrijke wijzigingen plaatsvinden in het doelgebied. Veranderingen in de verspreiding van zeevogels als gevolg van de opwarming van de aarde zullen niet op korte termijn meetbaar zijn en zullen dientengevolge ook niet interfereren met een toekomstige monitoring van zeevogels in het projectgebied (Stienen *et al.,* 2002).

5.4.2.5 Zeezoogdieren

5.4.2.5.1 Referentiesituatie

De zoogdiersoorten die in de Belgische wateren als inheems beschouwd worden, zijn de Bruinvis (*Phocoena phocoena*), de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*), de Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*), de Tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en de Witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*) (Haelters, 2009; 2010). De Witflankdolfijn (*Lagenorhynchus acutus*) en Dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) worden regelmatig in grote getallen aangetroffen in grote delen van de Noordzee om zich te voeden (ICES, 2001).

Courtens *et al.*, (2006) stellen in hun studie vast dat zeezoogdieren tot en met 2003 slechts sporadisch werden waargenomen tijdens zeevogeltellingen in de Belgische mariene wateren. Hierbij ging het hoofdzakelijk om zeehonden (zowel Gewone zeehond als Grijze zeehond) en Bruinvissen. Sinds het voorjaar van 2003 worden in toenemende mate zeezoogdieren gemeld, waarbij vooral het grote aantal Bruinvissen en Witsnuitdolfijnen in het oog springen.

Dit kadert in een algemene trend die ook in de andere landen rond de zuidelijke Noordzee werd vastgesteld. De oorzaak voor dit verschijnsel dient mogelijk gezocht te worden in de sterk verslechterde voedselomstandigheden in het noordelijkere verspreidingsgebied van deze soorten, hoewel andere oorzaken niet kunnen worden uitgesloten (Courtens *et al.*, 2006; Depestele *et al.*, 2008; Haelters & Camphuysen, 2009).

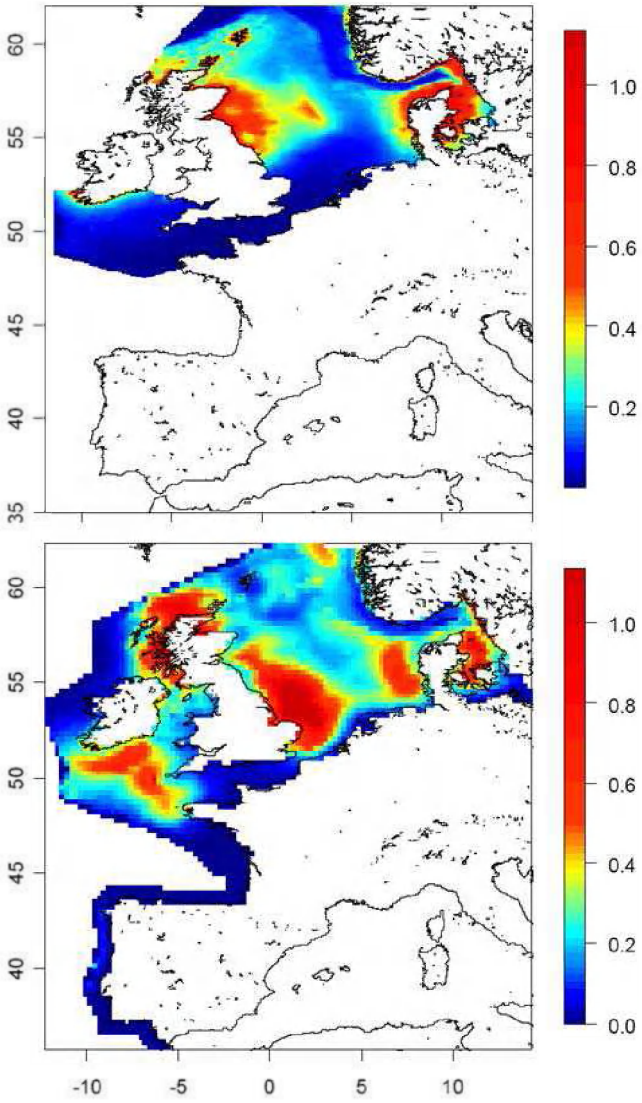
Alle zeezoogdieren zijn beschermde soorten. België heeft voor de zeezoogdieren verplichtingen op zich genomen om ze te beschermen en om negatieve impacten zoveel mogelijk te vermijden. Walvisachtigen en zeehonden zijn namelijk soorten die opgenomen zijn in de Europese Habitatrichtlijn Bijlage II en IV. Dit betekent dat ze niet opzettelijk verstoord mogen worden tijdens de overwintering, voortplanting en trek (artikel 12). Het toestaan of aanvaarden van activiteiten die mogelijk de dood van beschermde soorten tot gevolg heeft, kan beschouwd worden als een inbreuk op artikel 12 van deze richtlijn. Verder heeft België ook in het kader van ASCOBANS (Overeenkomst inzake de bescherming van de kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee) aanvaard dat de partijen zouden streven naar het vermijden van significante verstoring, in het bijzonder van akoestische aard (Conservation and Management Plan in de Bijlage van de Overeenkomst) (BMM, 2007).

De Bruinvis, Tuimelaar, Witsnuitdolfijn en Gewone en Grijze zeehond worden verder in detail bestudeerd in de volgende paragrafen.

Bruinvis

Het voorkomen van de Bruinvis, zowel ruimtelijk als in de tijd, is moeilijk te voorspellen, gezien de Bruinvis een zeer mobiele soort is, waarvan de verspreiding afhangt van tal van factoren die niet alleen door beheer in beschermde gebieden kunnen beïnvloed worden (vb. klimaatsveranderingen, met effecten op de voedselketen) (Degraer *et al.*, 2010a).

Tijdens de zomer van 2005 werd een grootscheepse campagne uitgevoerd voor het bepalen van het aantal Bruinvissen (en andere walvisachtigen) in de Noordzee en aanpalende Atlantische Oceaan (SCANS II, 2008). De survey van 2005 bevestigde dat het zomerverspreidingsgebied van Bruinvissen in de Noordzee sterk veranderde tussen 1994 en 2005. Hoewel de populatieomvang niet gewijzigd lijkt, komen nu veel meer Bruinvissen voor in het zuidelijke deel van de Noordzee (Figuur 5-79). De hoge dichtheden tegenover de Engelse zuidoostkust werden tijdens de zomer vastgesteld, na het voorkomen van de hoogste dichtheden in Noord-Franse, Belgische en Nederlandse kustwateren. Dit concentratiegebied ligt in de lente ongetwijfeld meer naar het zuiden.

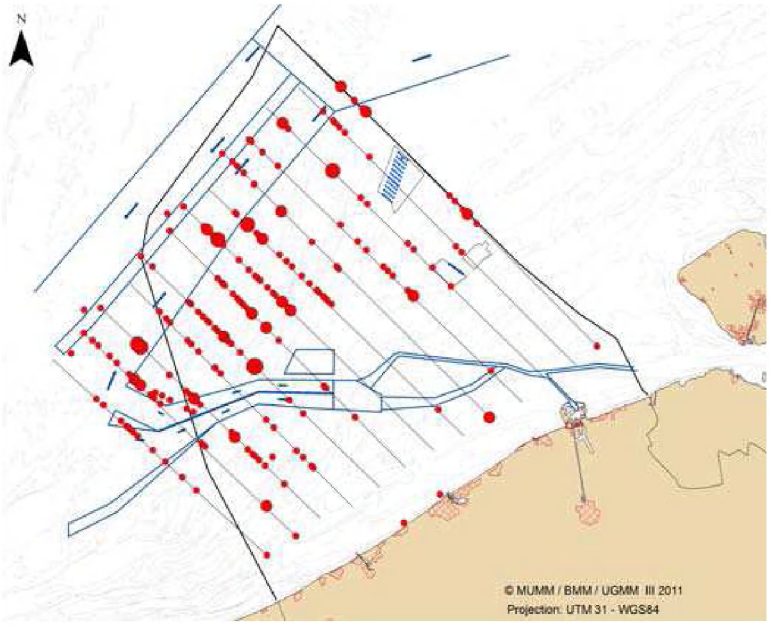


Figuur 5-79 Een vergelijking tussen de zomerverspreidingsgebieden van de Bruinvis zoals vastgesteld in 1994 (boven) en 2005 (onder) toont duidelijk aan dat er een verandering opgetreden is in het verspreidingsgebied. De kleurschaal rechts van de kaart geeft de vastgestelde densiteit weer in aantal dieren/km² (SCANS II, 2008)

De dieren die aangetroffen worden in Belgische wateren vormen geen geïsoleerde populatie, maar maken dus deel uit van een veel grotere populatie, die zich verspreidt over de hele zuidelijke en centrale Noordzee.

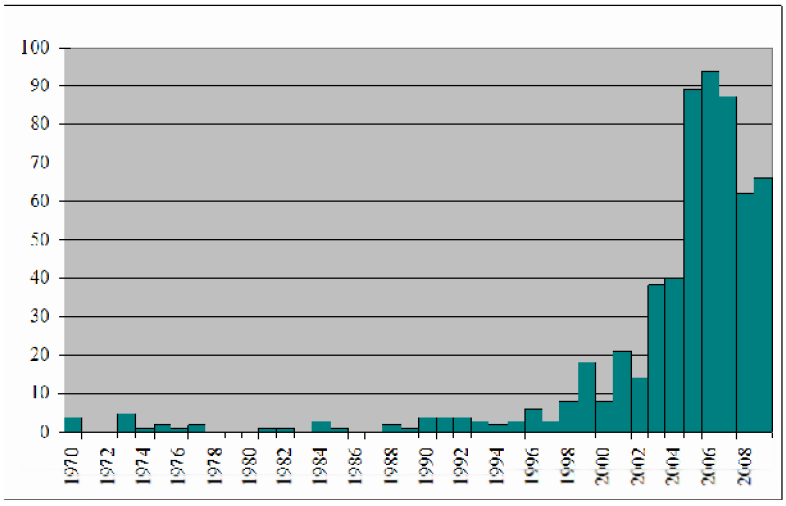
Tijdens luchtsurveys uitgevoerd door de BMM in het voorjaar van 2011 werden de hoogste dichtheden ooit vastgesteld in Belgische wateren: meer dan 8.000 dieren eind maart 2011, met een gemiddelde geschatte dichtheid van meer dan 2 ind./km² (BMM, 2011b). Opvallend was de hogere dichtheid in het zuidwestelijke deel van Belgische wateren (meer dan 3 ind./km²) dan in het noordoostelijke deel, met de concessiegebieden voor offshore windmolenparken (1 tot 2 ind./km²). Dergelijk verschil in dichtheid werd niet vastgesteld in 2010, wat niet noodzakelijk betekent dat het niet tijdelijk aanwezig was: de luchtsurveys betreffen immers slechts momentopnames (BMM, 2011b).

Figuur 5-80 toont de waarnemingen van zeezoogdieren tijdens de survey van 29 maart 2011 (Haelters *et al.*, 2012, in voorbereiding) – een snapshot van de verspreiding van bruinvissen vóór de aanvang van heiwerkzaamheden op de Thorntonbank (C-Power fase 2 en 3). Ook tijdens de surveys van 17/2-2/3/2010 en 8/7/2010 werden er Bruinvissen waargenomen in het projectgebied van Norther (Haelters *et al.*, 2011).

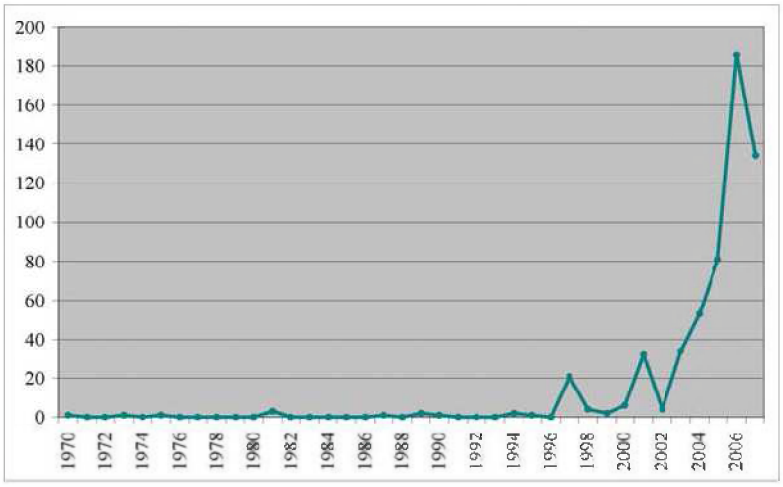


Figuur 5-80 Waarnemingen van Bruinvissen tijdens de survey van 29 maart 2011. Grijze lijn: survey track; rode stippen: groepen Bruinvissen (1 tot 4 dieren per groep – de grootte van de stippen is proportioneel met het aantal dieren). De scheepvaartroute, het ankergebied en de offshore windmolenparken (Belwind en C-Power) worden aangeduid (Haelters et al., 2012, in voorbereiding)

Het jaarlijks aantal gestrande Bruinvissen en het jaarlijks aantal gesignaleerde Bruinvissen door het publiek (waarnemingen in havens of vanaf stranden) of door diensten actief op zee (zonder de waarnemingen uitgevoerd tijdens zeevogeltellingen van het INBO en de waarnemingen tijdens toezichtsvluchten van de BMM) geven beiden een goed beeld van de terugkeer van de soort in de Belgische wateren (Figuur 5-81 en Figuur 5-82). De waarneembare dalende trend die sinds 2007 in gestrande Bruinvissen en Bruinvissen is waargenomen, is vermoedelijk het gevolg van een grotere aanwezigheid van de dieren verder offshore in vergelijking met eerdere jaren (Haelters, 2009).

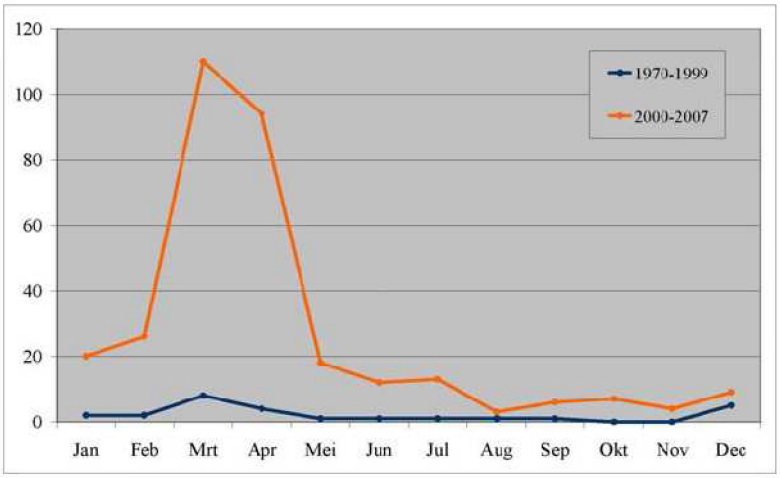


Figuur 5-81 Aantal gestrande Bruinvissen in België tussen 1970 en 2009 (Haelters et al., 2010)



Figuur 5-82 Aantal ad hoc waarnemingen van Bruinvissen gerapporteerd door het publiek en door diensten actief op zee tussen 1970 en 2007 (Haelters & Camphuysen, 2009)

Bruinvissen komen het hele jaar door voor in de Belgische zeegebieden, maar er is een duidelijk seizoenaal patroon zichtbaar. De hoogste dichtheden aan Bruinvissen komen vooral tijdens de late winter en de lente voor (1 januari tot 30 april), over het gehele BDNZ (Figuur 5-83).



Figuur 5-83 Aantal ad hoc waarnemingen van Bruinvissen in Belgische wateren gerapporteerd door het publiek en door diensten actief op zee per maand tussen 1970 en 1999, en tussen 2000 en 2007 (Haelters & Camphuysen, 2009)

Vermoedelijk komen in de late winter en het vroege voorjaar in totaal zo'n 4.000-tal Bruinvissen voor in Belgische wateren (min. gemiddeld 0,68 individuen per km²). In andere periodes is er sprake van enkele honderden exemplaren (max. gemiddeld 0,31 individuen per km²). In de gehele Noordzee bevinden zich ongeveer een kwart miljoen Bruinvissen. Gedurende het grootste deel van het jaar komt aldus minder dan 1% van de Noordzeepopulatie voor in Belgische wateren, maar seizoenaal (februari – april) loopt dit aantal op tot ca. 1,6% van de populatie in de Noordzee (BMM, 2007; Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2009, 2010; Haelters *et al.*, 2010; Haelters, 2010). In het kader van de instandhoudingsdoelstellingen wordt het relatief belang van de Belgische wateren voor de Bruinvis binnen Europa seizoenaal hoog ingeschat, voornamelijk omwille van het groot aantal dieren dat van dit gebied gebruik maakt tijdens de migratieperiode (Degraer *et al.*, 2009, 2010; Haelters *et al.*, 2010).

Tuimelaar

Ondanks de waarnemingen van de laatste jaren worden Tuimelaars hier als uitgestorven beschouwd, net zoals in het grootste gedeelte van de Noordzee. Vermoedelijk zijn ze verdwenen door een combinatie van vervuiling, voedseltekort en directe vangsten. De dieren die hier waargenomen worden, zijn dwaalgasten vermoedelijk afkomstig van populaties in het centrale of westelijke deel van het Kanaal, of van de Golf van Biskaje. Meestal gaat het om solitaire dieren die hier tot enkele maanden verblijven, en af en toe worden groepjes Tuimelaars gerapporteerd (Degraer *et al.*, 2009).

De herstelmogelijkheden in Belgische wateren zijn op korte termijn zo goed als onbestaande, gezien Tuimelaars reeds tientallen jaren lang zo goed als volledig verdwenen zijn uit het grootste deel van de Noordzee (Degraer *et al.*, 2009). Enkel in het noordenwesten van de Noordzee, in de buurt van het Moray Firth (Schotland) bevindt zich nog een kleine populatie van iets meer dan 100 dieren. Het ontstaan van een nieuwe populatie door een influx uit nabijgelegen populaties in het Kanaal lijkt niet waarschijnlijk, gezien de zeldzaamheid van de soort, en de achteruitgang in de andere populaties. Tijdens de SCANS II survey (SCANS II, 2008) werd bepaald dat zich naar schatting 12.645 (7.504 - 21.307) Tuimelaars bevinden in de Noordzee en de aanpalende Atlantische Oceaan, maar er werden geen Tuimelaars waargenomen in de centrale en zuidelijke Noordzee, en in het oostelijke Kanaal.

Witsnuitdolfijn

Waarnemingen van groepjes Witsnuitdolfijnen worden reeds een tiental jaren geregeld gemeld, maar deze soort is niet algemeen voorkomend. In 2011 werd nog een groep van meer dan 50 dieren waargenomen, maar meestal vormen ze kleinere groepjes van 2 à 6 dieren (database BMM, niet gepubliceerd). De meeste waarnemingen vinden plaats tussen november en mei.

Gewone zeehond

Tot de jaren '50 werden zeehonden frequent waargenomen aan de Belgische kust. In die tijd bestonden in België al decennialang geen echte kolonies zeehonden meer (waar voortplanting plaatsvindt), waarschijnlijk voornamelijk door een continue en hoge graad van verstoring, bejaging en vervuiling. Rond de jaren '50 waren de zeehondenkolonies overal in de zuidelijke Noordzee reeds sterk in omvang verminderd. Als gevolg van de achteruitgang van de zeehondenkolonies in de ons omringende landen, was de zeehond in België eveneens een zeldzame verschijning geworden. Sinds de jaren 1980 beginnen de zeehondenkolonies in de Zeeuwse Delta en Frankrijk te herstellen (Degraer *et al.*, 2009). De laatste jaren worden er bijgevolg opnieuw regelmatig groepjes van 5 tot 15 individuen van Gewone zeehonden waargenomen aan de Belgische kust, voornamelijk ter hoogte van de haven van Nieuwpoort en ter hoogte van een strandhoofd bij Koksijde. Het huidige aantal Gewone zeehonden in de Belgische wateren wordt op 5 tot 50 geschat (Haelters, 2010). Er is geen sprake van een geïsoleerde zeehondenpopulatie in Belgische wateren. Zeehonden leggen grote afstanden af en de dieren waargenomen in Belgische wateren zijn afkomstig van kolonies in Zeeland, de Waddenzee, de zuidoostelijke kust van Engeland en de baai van de Somme. De aantallen zijn verwaarloosbaar in vergelijking met de aantallen die voorkomen in de buurlanden; de Belgische wateren zijn dan ook van ondergeschikt belang voor de soort binnen Europa. Het ontstaan van een kolonie in Belgische wateren wordt voornamelijk verhinderd door het gebrek aan rust- en voortplantingsplaatsen die niet verstoord worden (Degraer *et al.*, 2009, 2010; Haelters, 2010). De kolonies het dichtst bij het projectgebied van Rentel liggen in Zeeland (Bol van de Ooster, Hooge Platen), op een 40-tal kilometers afstand van het geplande windmolenpark.

Grijze zeehond

De Grijze zeehond is aan onze kust zeldzamer dan de Gewone zeehond, en er bevinden zich geen kolonies of permanente uithaalplaatsen. De meest nabije kolonie Grijze zeehonden bevindt zich in de Nederlandse Voordelta op zo'n 40-tal kilometer van het Rentel projectgebiedDe Grijze Zeehond is in de Zoute Delta in korte tijd spectaculair toegenomen. Hoewel er in 2009/2010 nog sprake was van een iets minder uitgesproken toename van 13%, nam het aantal zeehonddagen in 2010/2011 met 31% opnieuw flink toe (Strucker *et al.*, 2012). Meer dan 90% van de Noordzeepopulatie bevindt zich op de kusten van Groot-Brittannië, met het zwaartepunt op de Orkney's. De populatie is er, door een betere bescherming, sinds de jaren '70 sterk toegenomen tot momenteel naar schatting 60.000 individuen (Van Gompel, 2003). In België zijn waarnemingen op het strand of in havens uitzonderlijk. Tussen 2007 en 2011 werden jaarlijks tussen de 3 à 7 dieren waargenomen, bijna allen strandingen (database BMM, niet gepubliceerd).

De Belgische wateren zijn van zeer geringe betekenis voor de instandhouding van de soort: ze komen hier enkel sporadisch voor, de aantallen zijn verwaarloosbaar tegenover de Noordzee-populaties en er zijn geen kolonies noch frequent gebruikte uithaalplaatsen (Degraer *et al.*, 2009).

5.4.2.5.2 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van het Rentel windmolenpark mag verondersteld worden dat de waarde voor mariene zoogdieren van de site nagenoeg hetzelfde zal blijven. Behalve bestaande (semi)-natuurlijke fluctuaties in het zeezoogdierbestand (bijvoorbeeld door veranderingen in de voedselbeschikbaarheid, of door verschuivingen in de overwinteringgebieden), zijn er geen aanwijzingen dat er momenteel belangrijke natuurlijke wijzigingen plaatsvinden in het gebied. Haelters (2010) stelt echter dat de situatie van de Bruinvis kwetsbaar is en dat zeer snelle veranderingen in de Noordzeepopulaties kunnen optreden. De belangrijkste bedreigingen voor zeezoogdieren zijn overbevissing, incidentele vangst, vervuiling (inclusief geluid en afval), klimaatveranderingen en aanvaring met schepen.

Zoals reeds aangehaald zullen andere menselijke activiteiten, zoals de bouw van de naburige windmolenparken, de autonome ontwikkeling echter beïnvloeden. Voor meer details wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

5.4.2.6 Harde substraten

5.4.2.6.1 Epifauna

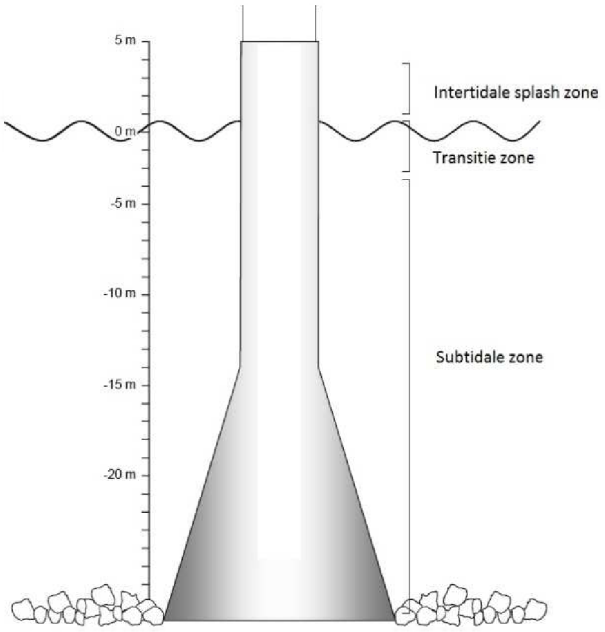
Het kolonisatieproces van de eerste 6 windturbines op de Thorntonbank verliep snel en intens. Na ongeveer 3,5 maand bleek het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en dat was ook het geval voor de intertidale zone (Kerckhof *et al.*, 2009). In 2008 was er reeds een duidelijke dieptezonering waar te nemen. De soortenlijst bevatte 49 soorten: 1 Protoctist, 4 wieren en 44 ongewervelden. De wieren beperkten zich tot de intertidale zone en waren matig ontwikkeld. Ze bestonden uit hoofdzakelijk filamenteuze algen: *Blidingia minima, Ulva intestinalis, U. compressa* en *Bangia fuscopurpurea*. In totaal werden in de stalen 44 invertebraten geïdentificeerd, maar slechts een beperkt aantal soorten was echt talrijk. De algemeenste (> 1.000 ind/m²) waren de Japanse dansmug (*Telmatogeton japonicus*), het Vlokreeftje (*Jassa herdmani*), het Vulkaantje (*Balanus perforatus*), de Gewone zeepok (*Semibalanus balanoides*) en *Electra pilosa,* een Mosdiertje. Alle andere soorten waren veel minder talrijk, met uitzondering van *Phtysica marina,* de enige aanwezige Caprellide (100-1.000 ind/m²). De nieuwe monitoringsresultaten voor 2009 tonen een verhoging van de soortenrijkdom tot 75 taxa (meestal soorten) waarvan 13 soorten alleen in het intertidaal aangetroffen werden (Kerckhof *et al.*, 2010). Tweeënveertig soorten waren nog niet in eerder onderzoek aangetroffen. Naast de reeds vastgestelde dieptezonering, kon in de structuur van de aangroeigemeenschap een sterke seizoenale invloed vastgesteld worden. In het intertidaal werd de onderverdeling van de zonering gedetailleerder: in de zomer van 2009 had zich in de *Jassa* – zeepokken zone een duidelijke mosselzone gevestigd en in de spatzone was een zone met Gewone zeepokken ontstaan. Macroalgen bleven zeldzaam. Voor een aantal soorten blijft het onduidelijk of de waargenomen veranderingen in relatieve abundantie de afspiegeling zijn van een terugkerende seizoenscyclus dan wel van een meer geleidelijke verandering in de successie al is vermoedelijk een combinatie van beide waarschijnlijker.

Een soortenaantal van 75 is in vergelijking met andere harde substraten vrij hoog voor het BDNZ zeker gezien de beperkte kolonisatieperiode van de funderingen. Ondanks verschillen in het substraat tonen deze eerste resultaten aan dat de globale structuur van de aangroeigemeenschap op de funderingen van de windmolens op de Thorntonbank gelijkaardig is aan die aangetroffen op de funderingen van windmolens in Duitsland, Denemarken en Nederland en op andere harde substraten in de Noordzee (Kerckhof *et al.*,

2010). Bovendien werden verschillende minder bekende soorten voor de Belgische fauna aangetroffen. Daarnaast bleken er in 2011 8niet-inheemse soorten aanwezig: het Muiltje (*Crepidula fornicata*), de Grote roze zeepok (*Megabalanus coccopoma*), de Japanse dansmug, de Nieuw-Zeelandse zeepok (*Elminius modestus*), de Japanse oester (*Crassostrea gigas*), het Marmerkreeftje (*Jassa marmorata*) en de Blaasjeskrab (*Hemigrapsus sanguineus*) (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010; 2011). Het zijn alle vier opportunistische soorten die heel snel nieuwe, door de mens gemaakte of verstoorde substraten koloniseren. Ze waren reeds bekend van het BDNZ.

Een zonatiepatroon met drie duidelijk te onderscheiden zones kon worden waargenomen (Figuur 5-84):

- Een soortenarme hoge intertidale splash zone gedomineerd door de Japanse dansmug;
- Een soortenrijkere transitie zeepokken-*Jassa* zone in het laag intertidaal – ondiep subtidaal gedomineerd door de Zeepok die bedekt waren met een *Jassa* tapijt, en bovenaan afgebakend door *Ulva* wieren;
- Een subtidale zone bestaande uit het mosdiertje (korstvormend). Deze zone is de soortenrijkste die verschillende kleine mobiele soorten als krabben (Ruig krabbetje (*Pilumnus hirtellus*), Porceleinkrab (*Pisidia longicornis*), Sikkelhooiwagenkrab (*Macropodia linaresi*)), kleine garnalen (Steurgarnaal (*Hippolyte varians*), Waaiergarnaal (*Thoralus cranchii*)), wormachtigen (*Polynoidea* spp., *Myrianida* (*Autolytus*) spp. en Vlokreeftjes herbergt, naast enkele zeeanemonen (Slibanemoon (*Sagartia troglodytes*)).



Figuur 5-84 Soortenrijkdom en diversiteit van de epifauna van de intertidale, transitie en subtidale zone (Kerckhof et al., 2009)

Tenslotte werden ook grotere soorten zoals de Heremietkreeft (*Pagarus bernhardus*) en de Gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*) geobserveerd.

5.4.2.6.2 Visfauna

De eerste resultaten voor de visgemeenschappen van harde substraten in België werden verkregen door Reubens *et al.* (2010). In totaal werden zeven verschillende vissoorten

aangetroffen, waarvan vier soorten regelmatig: Steenbolk (*Trisopterus luscus*), Kabeljauw (*Gadus morhua*), Horsmakreel (*Trachurus trachurus*) en Makreel (*Scomber scombrus*). De visuele observaties, uitgevoerd tussen juli en oktober, toonden aan dat een populatie van minimum 29.000 Steenbolken (biomassa van $3{,}5*10^3$ kg) aanwezig was rond één windturbine. De densiteiten varieerden tussen 7 en 74 specimens/m², met een gemiddelde densiteit van 18 tot 21 ind./m² ter hoogte van de erosiebescherming. Een grote variatie in densiteiten was aanwezig tussen waarnemers en in de tijd. Lijnvisserij werd gedurende gans 2009 uitgevoerd om voedingsselectiviteit te onderzoeken. Een grote variëteit aan prooisoorten was aanwezig in het dieet van Steenbolk. De hard-substraatssoorten *Jassa herdmani* en Porceleinkrab bleken hierin de belangrijkste prooisoorten te zijn. Deze soorten komen in zeer hoge densiteiten voor als epifauna op de funderingen van de windmolens. (Reubens *et al.*, 2010).

Onderzoek van Reubens *et al.* (2011) naar het gedrag en habitatgebruik van Kabeljauw in de buurt van windmolens suggereerde dat ze enerzijds er tot aangetrokken worden, afgaand op de tijd die bepaalde gemerkte individuen doorbrengen in de buurt van offshore windmolens en hun erosiebescherming, en anderzijds dat de kleinschalige ruimtelijke verspreiding (i.e. habitat keuze) van individuele Kabeljauwen wordt beïnvloed door de diurnale cyclus. Er dient te worden opgemerkt dat er grote verschillen waren in de resultaten van verschillende individuen en dit resultaten zijn van een studie in voortgang. Deze resultaten zijn beperkt en refereren naar een periode van 88 dagen (06/08/2010 – 01/11/2010).

5.4.2.6.3 Autonome ontwikkling

De zes windturbines van C-Power zijn de eerste in een hele reeks. Ondertussen heeft ook Belwind de eerste fase van het windmolenpark op de Bligh Bank afgerond (momenteel 55 funderingen geplaatst), heeft C-Power hun overige 48 jacket funderingen geplaatst en hebben ook Northwind en Norther de nodige vergunningen om hun windmolenpark te bouwen. Het aantal harde substraten als potentieel habitat voor epifauna en vissen zal dus in de toekomst verder toenemen.

Bovendien heeft de Minister op 7 oktober 2005 een vergunning toegekend voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee, waaronder de afgebakende windconcessie zone. Bij de maricultuur zal een foulinggemeenschap ontstaan, zowel op de gekweekte mosselen zelf als op de kweekstructuren. Daarnaast zal de aanwezigheid van de hangcultuur een bijkomende aantrekking van vogels en vissen met zich meebrengen, alsook van parasieten (zuigwormen, roeipootkreeftjes, etc.) en pathogenen.

Tenslotte vormen ook wrakken een uitgelezen habitat voor epifauna en visgemeenschappen van harde substraten. De aanwezige wrakken worden beschouwd als cultureel erfgoed en worden behandeld onder het hoofdstuk 'Zeezicht en cultureel erfgoed'.

5.4.3 Effecten

5.4.3.1 Benthos

Algemeen kan gesteld worden dat de effecten voor het macrobenthos en epibenthos gelijkaardig zullen zijn. Bijgevolg worden ze hier dan ook samen besproken als benthos. De grootteorde van de effecten kan echter wel wat verschillen aangezien in tegenstelling tot het macrobenthos, het epibenthos over een beperkte mobiliteit beschikt waardoor zij bepaalde effecten deels kunnen ontwijken.

5.4.3.1.1 Constructiefase

De effecten die kunnen optreden tijdens de constructiefase zijn:

- Biotoopverlies en -verstoring;
- Verlies aan organismen;
- Sedimentatie;
- Geluid en trillingen.

Met uitzondering van de vernietiging van biotoop en organismen, zijn de andere effecten tijdelijk.

Biotoopverstoring

Door de installatie van de funderingen en de erosiebescherming van de windturbines en de twee OHVS (offshore hoogspanningsstation) wordt een gedeelte van het oorspronkelijk zachte biotoop (zand/klei met hier en daar grindbedden) door nieuwe structuren ingenomen en/of wordt het biotoop vernietigd bij nivellering of het baggeren van funderingsputten (direct biotoopverlies). Daarnaast is er ook een al dan niet tijdelijke biotoopverstoring tengevolge van stockage van het uitgebaggerde zand in geval van o.a. de gravitaire funderingstechniek (indirecte biotoopverstoring). Het stockeren van uitgebaggerd zand kan gebeuren over een dikte van 5 m of 1 m.

Rentel voorziet drie mogelijke alternatieve funderingstypes: de monopile (MP), de jacket fundering (JF) en de gravitaire fundering (GBF). Als alternatief voor het heien van de palen bij monopile en jacket funderingen kan ook gebruik gemaakt worden van de suction bucket techniek. Bij GBF wordt een statische erosiebescherming aangebracht, terwijl voor MP zowel statische als dynamische erosiebescherming kan gebruikt worden. Voor JF is een erosiebescherming niet van toepassing. Het al dan niet gebruiken van de suction bucket techniek om de funderingen te plaatsen, verandert niets aan de ingenomen oppervlakte.

Indien gekozen wordt voor een statische erosiebescherming bij de MP of voor JF, zou voorafgaandelijk een nivellering van de zeebodem moeten gebeuren op de zones met grote zandduinen. Op basis van preliminair bodemonderzoek zou dit het geval zijn voor de helft van de geplande turbines, ongeacht de configuratie. Door deze verstoring aan biotoop (direct + indirect) wordt habitat vernietigd en sterft het bodemleven. Dit effect doet zich onmiddellijk voor en is onomkeerbaar tijdens de operationele fase van het park. De biotoopverstoring is afhankelijk van het aantal structuren, het funderingstype en de dimensies van de erosiebescherming.

Voor de berekening van het directe biotoopverlies wordt bij de monopiles en jacket funderingenuitgegaan van de oppervlakte ingenomen door de turbine en de erosiebescherming, met uitzondering van de turbines waarbij vooraf nivellering van het zandoppervlak moet gebeuren. In dit geval, en eveneens bij gravitaire funderingen, valt deze oppervlakte (turbine + erosiebescherming) binnen de zone die uitgegraven wordt voor de fundering zelf, en is deze laatste dus bepalend voor het verlies aan natuurlijk zandig biotoop. De berekening van het directe biotoopverlies tengevolge van de funderingsputten gaat uit van de verstoorde oppervlakte ter hoogte van de natuurlijke zeebodem (incl. schuine wanden), en dus niet enkel van de oppervlakte op de bodem van de put.

In Tabel 5-53 wordt de biotoopverstoring weergegeven voor de verschillende configuratiealternatieven van het Rentel windmolenpark.

Tabel 5-53 Biotoopverstoring bij de constructie van het Rentel windmolenpark (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravity based fundering, OHVS: offshore hoogspanningsstation)

Configuratie	Funderingstype		Direct biotoopverlies	Indirecte verstoring (stockage 5m)	Totaal
Basisconfiguratie (47 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische erosiebescherming	260.700 m²	66.500 m²	327.200 m²
		Dynamische erosiebescherming	49.900 m²	0 m²	49.900 m²
	JF		235.400 m²	56.000 m²	291.400 m²
	GBF		1.291.200 m²	617.400 m²	1.908.600 m²
Configuratie 1 (78 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische erosiebescherming	418.700 m²	106.400 m²	525.100 m²
		Dynamische erosiebescherming	81.400 m²	0 m²	81.400 m²
	JF		376.600 m²	89.600 m²	466.200 m²
	GBF		2.108.000 m²	1.008.000 m²	3.116.000 m²
Configuratie 2 (60 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische erosiebescherming	327.200 m²	82.500 m²	409.700 m²
		Dynamische erosiebescherming	68.400 m²	0 m²	68.400 m²
	JF		291.900 m²	69.400 m²	361.300 m²
	GBF		1.633.700 m²	781.200 m²	2.414.900 m²
Configuratie 3 (55 turbines + 2 OHVS)	JF		273.400 m²	65.000 m²	338.400 m²
	GBF		1.502.000 m²	718.200 m²	2.220.200 m²

Voor de dynamische monopile en de jacket fundering is het direct biotoopverlies per turbine respectievelijk 1.018-1.104 m² en 16-28 m² (afhankelijk van het type turbine), terwijl dit voor de gravitaire fundering ca. 26.350 m² is. Voor de monopiles en jacket funderingen waarvoor eerst genivelleerd wordt, bedraagt het direct biotoopverlies respectievelijk 9.450 m² en 9.400 m² per turbine. Al naargelang het type fundering zal het totale directe verlies aan zandig biotoop door het volledige windmolenpark (inclusief transformator stations) variëren tussen 5 ha (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) en 312 ha (conf. 1, GBF) of respectievelijk 0,3%-11,6% van het concessiegebied. Het direct biotoopverlies varieert dus van praktisch onbestaande (0; MP met dynamisch erosiebescherming) tot matig negatief (-; GBF).

Bij de keuze voor gravitaire funderingen komt een substantiële verstoring van het biotoop door het - al dan niet tijdelijk - stockeren van het uitgebaggerde zand (ca. 63.000 m³/GBF rekening houdend met 30% bagger- en dumpingsverliezen). Voor de monopiles waarvoor genivelleerd zou moeten worden, bedraagt het te storten volume 13.300 m³/MP (rekening houdend met 30% bagger- en dumpingsverliezen, diepte van 4 m over een oppervlak van 1.800 m²). Bij het nivelleren voor jacket funderingen moet ca. 11.200 m³/JF gestockeerd worden (rekening houdend met 30% bagger- en dumpingsverliezen, diepte van 2,5 m over een oppervlak van 4.000 m²). De oppervlakte van de bodemverstoring ten gevolge van de stockage is afhankelijk van het gekozen stockeringsscenario en varieert in een worst case scenario (conf. 1, GBF) tussen 504 ha (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1 m) en 101 ha

(stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m) of respectievelijk ca. 18,7% (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1 m) en 3,8% (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m) van het oppervlak van het concessiegebied. Het effect van scenario's met gravitaire funderingen wordt als significant (1 m stockage) tot matig (5 m stockage) negatief beoordeeld. Voor de andere funderingstypes (MP/JF) worden geen noemenswaardige effecten verwacht gezien het kleinere aandeel van de indirecte biotoopverstoring.

Er treedt duidelijk een schaalvergroting op van het totale biotoopverlies (direct en indirect) bij de keuze voor gravitaire fundering ten opzichte van de monopile of jacket fundering. Dit grote verschil is hoofdzakelijk te wijten aan het afwezig zijn of slechts beperkt voorkomen van indirect biotoopverlies voor stockage van zand bij de keuze voor een monopile of jacket fundering. Het scenario waarbij gekozen wordt voor een stockage van het uitgebaggerde zand (GBF) in een laag van 5 m betekent een daling van de verstoring met ongeveer 80%. De totale biotoopverstoring (erosiebescherming + stockage) in het scenario 5 m stockage (meest waarschijnlijk) bij de gravitaire fundering blijft aanvaardbaar (7,1% (basisconf., GBF) tot 11,6% (conf. 1, GBF)van het concessiegebied),zeker in vergelijking tot het gehele BDNZ (< 0,1%). Het projectgebied wordt bovendien niet gekenmerkt door speciale natuurwaarden waardoor er kan besloten worden dat het verlies aan biotoop voor benthische organismen een gering (0/-; MP, JF) tot matig (-; GBF stockage 5 m) negatief effect zal hebben voor het mariene ecosysteem.

Verlies aan organismen

Ongeacht het funderingstype en de gebruikte techniek mogen we veronderstellen dat de volledige biotische zone die zich bevindt onder het stuk zeebodem dat in beslag wordt genomen, zal worden vernietigd door zowel het verwijderen, het verstikken, het beschadigen of het doden van de organismen ten gevolge van de hei- en baggeractiviteiten en het storten van uitgebaggerd zand. Het direct verwijderen van organismen en individuen wordt beschouwd als een wezenlijke biologische impact.

Het verlies aan benthische organismen is recht evenredig met het biotoopverlies/verstoring. Ondanks het ontbreken van site-specifieke data (biomassa en populatiestructuur) kan het letale effect afgeleid worden uit de gegevens van de referentiestudie van de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006). Deze indicatieve waarde (biomassaverlies) wordt gebaseerd op de gemiddelde biomassawaarde voor de twee concessiegebieden (top+randzone) op de Thorntonbank (

Tabel *5-54*). Voor het macrobenthos bedraagt deze waarde 2,87 g (voorjaar) en 2,41 g AFDW/m² (najaar). Rekening houdende met een verhouding drooggewicht/natgewicht van 8%, komt dit neer op een natgewicht aan biomassa van 35,8 g/m² (voorjaar) en 30,1 g/m² (najaar). Het epibenthos draagt minder bij tot het verlies aan biomassa (max. 0,14 g WW/m²). De seizoensgebonden schommeling is echter wel groter.

Tabel 5-54 Biomassaberekeningen van macro- en epibenthos op de Thorntonbank. (De Maersschalk et al., 2006)

	Macrobenthos		Epibenthos	
	Voorjaar 2005	Najaar 2005	Voorjaar 2005	Najaar 2005
Westelijk concessiegebied	3,59 g AFDW/m²	3,03 g AFDW/m²	0,12 g WW/m²	0,054 g WW/m²

	Macrobenthos		Epibenthos	
Oostelijk concessiegebied	2,15 g AFDW/m²	1,78 g AFDW/m²	0,16 g WW/m²	0,079 g WW/m²
Gemiddelde concessie drooggewicht	2,87 g AFDW/m²	2,41 g AFDW/m²	-	-
Gemiddelde concessie natgewicht	35,83 g WW/m²	30,11 g WW/m²	0,14 g WW/m²	0,06 g WW/m²

Op grond van deze cijfers kunnen we het verlies aan biomassa (macro- en epibenthos) ramen op ongeveer 33 g/m². Deze inschatting is van dezelfde grootteorde als het biomassaverlies berekend in de studie voor de Deense windmolenparken (41 g/m²) (Leonhard, 2000).

Uitgaande van de hierboven berekende oppervlakte (biotoopverlies/verstoring) kan een inschatting gemaakt worden van het verlies aan organismen in het oorspronkelijke en het uitgebreide concessiegebied (Tabel 5-55).

Tabel 5-55 Biomassaverlies voor het Rentel windmolenpark (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravity based fundering, OHVS: offshore hoogspanningsstation)

Configuratie	Funderingstype		Direct + Indirect (Stockage 1 m)	Direct + Indirect (Stockage 5 m)
Basisconfiguratie (47 tubines + 2 OHVS)	MP	Statische erosiebescherming	19.600 kg	10.800 kg
		Dynamische erosiebescherming	1.600 kg	1.600 kg
	JF		17.000 kg	9.600 kg
	GBF		144.500 kg	63.000 kg
Configuratie 1 (78 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische erosiebescherming	31.400 kg	17.300 kg
		Dynamische erosiebescherming	2.700 kg	2.700 kg
	JF		27.200 kg	15.400 kg
	GBF		235.900 kg	102.800 kg
Configuratie 2 (60 turbines + 2 OHVS)	MP	Statische erosiebescherming	24.400 kg	13.500 kg
		Dynamische erosiebescherming	2.260 kg	2.300 kg
	JF		21.100 kg	11.900 kg
	GBF		182.800 kg	79.700 kg
Configuratie 3 (55 turbines + 2 OHVS)	JF		19.700 kg	11.200 kg
	GBF		168.100 kg	73.300 kg

Het totale verlies aan biomassa bedraagt minimaal 1.600 kg (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) en maximaal ca. 102.800 kg (conf. 1, GBF) bij een stockage van 5 m (meest waarschijnlijk), waarvan het grootste aandeel afkomstig is van biomassaverlies tengevolge van de stockage van uitgebaggerd zand. Rekening houdend dat naast het aanwezige macro- en epibenthos ook een fractie mobiele organismen (vnl. vissen) door de

constructie van het windmolenpark zullen beschadigd of zelfs gedood worden door verstikking tijdens de graafwerken, wordt het maximale totale verlies (conf. 1, GBF) op ruwweg 120.000 kg geschat.

Tijdens de laatste vijf jaar werd een monitoringsprogramma uitgevoerd op de Thorntonbank om de baseline (jaar-0) situatie op het zachte substraat macrobenthos te bepalen samen met primaire impacten die tijdens en na constructie zouden kunnen opduiken. Tijdens de eerste en tweede jaar na installatie werden geen grootschalige effecten waargenomen op het macrobenthos (Reubens *et al.*, 2009a; Coates *et al.*, 2010). Een gerichte staalname strategie werd uitgevoerd tijdens 2010 om kleinschalige impacten rondom de vijfde gravitaire fundering op de Thorntonbank te detecteren (Coates *et al.*, 2011). De ontwikkelde epifauna gemeenschappen op het harde substraat (turbine) zullen organisch aangerijkte sedimenten produceren wat op zijn beurt het zachte substraat macrobenthos kan beïnvloeden (Kerckhof *et al.*, 2010). De geïnstalleerde turbines kunnen ook shifts in het macrobenthos creëren door veranderende hydrografische eigenschappen (Hiscock *et al.*, 2002; Wilhelmsson & Malm, 2008; Zucco *et al.*, 2006). Tijdens de staalname werden de volgende belangrijke trends geobserveerd: ten eerste werd een lagere mediane korrelgrootte gemeten dichtbij de turbine, samen met hogere macrobenthische densiteiten (Coates *et al.*, 2011). Vervolgens werd een verschil in gradiënten geobserveerd met hoge chlorophyll-a concentraties en een lagere mediane korrelgrootte op de Zuidwestelijke en Noordoostelijke gradiënten samen met hogere densiteiten van *Lanice conchilega* en *Spiophanes bombyx*. De Zuidoostelijke en Noordwestelijke gradiënten werden voornamelijk gedomineerd door de koker vormende soort *Monocorophium acherusicum*. Deze soorten zijn gekend voor hun stabiliserende werking op het zachte substaat en zijn daardoor een duidelijke aanwijzing van een shift in de macrobenthische gemeenschap. Op dit moment zijn de macrobenthische gemeenschappen rondom de turbines zeer dynamisch en kunnen zeer snel veranderen aangezien het systeem waarschijnlijk nog geen balans heeft bereikt. Dit onderzoek toont het belang aan van een kleinschalige monitoring samen met een grondig onderzoek van de morfologie van de zeebodem, om de effecten van wind turbines op het zachte substraat macrobenthos te bepalen. Voor het epibenthos werden wat verschillen genoteerd tussen het randgebied en de referentiegebieden van de Thorntonbank, vooral in 2009, maar deze waren grotendeels verdwenen in 2010 (Vandendriessche *et al.*, 2011).

Ondanks het relatief groot verlies aan organismen door de ontwikkeling van het windmolenpark met het gebruik van gravitaire funderingen, blijft de oppervlakte waarop de destructieve activiteiten zullen plaatsvinden in een worst case scenario (conf. 1, GBF) beperkt in vergelijking met het totale BDNZ. De effecten zullen naar verwachting dus ook in dit geval geen negatieve gevolgen hebben voor de totale bodemgemeenschap. Het projectgebied is bovendien niet aangeduid als beschermd gebied of gebied met belangrijke natuurwaarden (Degraer *et al.*, 2009), waardoor de invloed van de mortaliteit op de biomassa of op het functioneren van het plaatselijke ecosysteem als gering negatief (0/-; MP, JF) tot matig negatief (-; GBF) wordt beschouwd. Bovendien zal herkolonisatie van het verplaatste zand (stockage) in alle waarschijnlijkheid grotendeels plaatsvinden binnen het jaar.

Doordat het gebied afgesloten wordt voor (boomkor)visserij, wordt ook een refugium gecreëerd voor het benthos. Het verlies van bodemorganismen ten gevolge van visserij (sterfte van 5-65%) wordt hierdoor vermeden (E-connection, 2007). Lindeboom (2005) heeft berekend dat de effecten van de boomkorvisserij op het Nederlands Continentaal Plat het benthos 1.000-100.000 keer zwaarder belasten dan die van (het ruimtebeslag door) de offshore industrie, de zandwinning en de kabels en leidingen, gebruiksfuncties die te

vergelijken zijn met de aanleg en de exploitatie van een offshore windmolenpark. De directe negatieve invloed van de boomkorvisserij op het BDNZ zal naar verwachting dus hoger zijn dan de negatieve invloed die de funderingen, erosiebescherming en kabels uitoefenen op het mariene leven.

Onderzoek in een voor visserij gesloten veiligheidszone rond een offshore installatie op het Friese Front liet een veel beter ontwikkelde fauna zien dan in referentiegebieden op grote afstand van dit platform (Bergman *et al.*, 2005).

Verstoring door sedimentatie & turbiditeit

De baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de funderingen en het storten van het uitgebaggerde zand (gravitair) zorgen niet enkel voor een (tijdelijk) verlies aan biotoop, maar ook voor een verhoogde sedimentatie en turbiditeit in de onmiddellijke omgeving van de werken. Bovendien is het Rentel projectgebied gelegen is in relatief helder Kanaal water met turbiditeitswaardes kleiner dan 10 mg/l (zie hoofdstuk 'Bodem en water').Door de vertroebeling van de waterkolom dringt er minder licht door. Dit kan eventueel de groei (primaire productie) van het fytoplankton belemmeren waardoor mogelijks de voedselketen beïnvloed wordt. De verhoogde aanwezigheid van sedimentpartikels in de waterkolom kan leiden tot het verstoppen van de filtermechanismen van de organismen met mogelijks fatale gevolgen. Uit een baggerpluim modelleringsstudie (IMDC, 2012c als externe bijlage) blijkt dat bij het baggeren van één funderingsput, de achtergrond turbiditeit van 4 mg/l slechts maximaal 10% van de totale uitvoeringstijd zal overschreden worden (3,5 uur). Voor de limiet van 10 mg/l is dit nog minder. Concentraties hoger dan 4 mg/l worden niet verder dan 5 km van de dumpzone verspreidt, de pluim zelf is nooit groter dan 800 m in diameter.

De specifieke impact door sedimentatie ten gevolge van zandextractie op het BDNZ is gezien de natuurlijke hoge input van gesuspendeerd materiaal ten gevolge van getijden- en golfwerking (zeer dynamisch systeem) als aanvaardbaar beschouwd (IMDC, 2010a). De levensgemeenschap is namelijk goed aangepast aan een zandige ondergrond die van nature in beweging is. Analoog met deze bevindingen kunnen we veronderstellen dat de verstoring door sedimentatie ten gevolge van de baggeractiviteiten voor Rentel een matig negatief effect (-) zal zijn indien gekozen wordt voor gravitaire funderingen. In het geval van monopile of jacket funderingen zal dit slechts een gering negatief (0/-) effect zijn.

De densiteit en soortenrijkdom van de benthische gemeenschappen zal binnen het jaar grotendeels (60-80%) hersteld zijn na stopzetting van de baggerwerken (IMDC, 2010a). Bij het herstel zullen in eerste instantie r-strategen (pionierssoorten: snelle groei en veel nakomelingen) domineren.

Geluidsverstoring en trillingen

Onderwatergeluid heeft waarschijnlijk de meeste invloed op vissen en zeezoogdieren. Toch kunnen trillingen en drukveranderingen tengevolge van geluid een effect hebben op invertebraten zoals de schaaldieren (Crustacea) (Popper *et al.*, 2001). Studies op de Deense windpolenparken Horns Rev en Nysted tonen echter aan dat de geluidsimpact van het heien van palen verwaarloosbaar (0/-) is voor benthische gemeenschappen (Dong Energy *et al.*, 2006). Indien bij de constructie gebruik gemaakt wordt van de suction bucket techniek, en de palen dus niet moeten geheid worden, zal er geen (0) geluidsverstoring plaatsvinden.

5.4.3.1.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase zijn de mogelijke effecten op het benthos beperkt tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied en effecten door geluid en trillingen.

Waterkwaliteit

Zoals besproken onder de discipline water, zal de waterkwaliteit niet negatief beïnvloed worden door het potentieel vrijkomen van olie of de aanwezigheid van corrosiebescherming. Er worden ook geen effecten verwacht in de zuurstofhuishouding. Er worden bijgevolg geen effecten (0) verwacht op het onderwaterleven.

Geluidsverstoring en trillingen

Trillingen en drukveranderingen ten gevolge van geluid kunnen ook een effect hebben op invertebraten zoals de schaaldieren (Crustacea) (Popper *et al.*, 2001). Een onderzoek naar de vluchtreactie van de Grijze garnaal (*Crangon crangon*) bij vibratie van de grond als gevolg van vangmateriaal voor garnalen toonde echter aan dat deze vluchtreactie eerder het gevolg was van de verandering van de stroming dan van de vibratie van de grond (Vella *et al.*, 2001). Gezien het negatieve effect van geluid op het benthos tijdens de constructiefase als verwaarloosbaar (0/-) wordt ingeschat, wordt het effect tijdens de exploitatiefase als vrijwel onbestaande (0) beoordeeld voor alle configuratiealternatieven.

Andere vormen van verstoring

Er worden ook geen negatieve effecten gedetecteerd ten gevolge van veranderingen in de hydrodynamiek door de aanwezigheid van windmolenparken op de zeebodemstructuur op de oorspronkelijke benthische gemeenschappen (Bio/consult as, 2005; Dong energy *et al.*, 2006).

Aangezien windmolenparken een aantrekking kunnen uitoefenen op vogels en vissen, onder meer door een verhoging van het voedselaanbod, kan de predatiedruk op bentische gemeenschappen mogelijk worden verhoogd (Leonhard & Pedersen, 2006).

Tenslotte kan tengevolge van hersteloperaties tijdens de operationele fase (bv. eventuele aanpassingen aan de erosiebescherming) mogelijke verstoring door sedimentatie plaatsvinden, maar dit effect zal klein zijn in vergelijking met deze vorm van verstoring tijdens de constructiefase.

Voor de verschillende configuratiealternatieven van het Rentel windmolenpark en de basisscenario's worden geen effecten verwacht (0) voor het benthos ten gevolge van deze vormen van verstoring tijdens de operationele fase.

5.4.3.1.3 Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwfase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn.

De geluidsverstoring blijft bijvoorbeeld beperkt tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen gravitaire fundering). De significante geluidsverstoring ten gevolge van het heien (MP/ JF) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase niet meer aanwezig.

Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase. Er zal dus geen indirect biotoopverlies meer plaatsvinden ten gevolge van stockage (bij keuze voor de gravitaire fundering).

Er zal tijdelijke verstoring in het gehele concessiegebied optreden door het omwoelen van de zeebodem en de sedimentatie die kunnen leiden tot verstoppingen van filterorganen van benthische organismen en wijzigingen in de turbiditeit.

De effecten variëren van (vrijwel) geen effect (0) tot een gering negatief effect (0/-), afhankelijk van het configuratiealternatief (aantal turbines, funderingstype).

5.4.3.1.4 Bekabeling

Er worden twee kabeltracés met elk een alternatief voorgesteld: een west-tracé, met als alternatief aansluiting op het ELIA alfa-platform en het oost-tracé voorgesteld tijdens de concessieaanvraag, met een alternatief buiten de Norther concessie (zie kaarten in Bijlage D). Voor een gedetailleerde beschrijving van de kabelalternatieven wordt verwezen naar hoofdstuk 2 (§ 2.6.3.4).

De lengte aan parkkabel zal echter wel verschillen per configuratiealternatief daar het aantal en de ligging van de windturbines hiervoor bepalend is. De belangrijkste effecten zullen echter bepaald worden door de aanleg en de exploitatie van de exportkabel. De onderstaande effectbeschrijving is dus geldig zowel voor de verschillende configuratiealternatieven van het Rentel windmolenpark als voor de basisscenario's. Voor de mogelijke effecten ten gevolge van verschillende offshore kabeltracés wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.5).

De belangrijkste effecten op het benthos tengevolge van de bekabeling zijn:

- Biotoopverstoring;
- Turbiditeit;
- Elektromagnetische velden;
- Opwarming.

Biotoopverstoring

Zowel tijdens de voorbereidingswerken als tijdens de offshore installatie van de kabels zal er een tijdelijke en lokale biotoopverstoring optreden. Tijdens de voorbereidingswerken zal dit vooral het geval zijn tijdens de nivellering of pre-sweeping en pre-run, aangezien hierbij er een soort van sleep- en/of baggertechniek zal gehanteerd worden, waarbij de bodem lokaal wordt omgewoeld.

De totale lengte aan parkkabel bedraagt tussen de 30 km (configuratie 3) en 40 km (configuratie 1). Hierbij wordt telkens gerekend met 2 OHVS. Het westelijk kabeltracé heeft een lengte van ca. 40 km, het oostelijk kabeltracé doorheen park Norther is ongeveer 36 km lang, het alternatief rondom park Norther is ca. 42 km lang.

Ervan uit gaande dat de volledige werkzone als verstoord oppervlak kan aangezien worden, zal er een zone van < 0,05 km² (parkbekabeling, ca. 1 m sleuf) en ca. 0,20 km² (exportkabel, ca. 5 m brede sleuf) verstoord worden ongeacht het configuratiealternatief. Daarbij zullen per kruising van een bestaande kabel of leiding matten worden aangebracht over een oppervlakte van 500 m². Bij de kruising met de vaargeul zal ongeveer een oppervlakte van 0,01 km² verstoord worden (1000 m x 10 m brede sleuf) bij het uitbaggeren. Tijdelijke stockage van het gebaggerde materiaal gebeurt in dumpzone S1. Dit resulteert in een verstoring van 0,006 km² bij het Oostelijk kabeltracé rond park Norther (12 kruisingen plus vaargeul transect).

Aangezien deze verstoringen in vergelijking met het volledige BDNZ als beperkt in omvang kan aanzien worden en de werkzaamheden slechts tijdelijk van aard zullen zijn, wordt het effect van biotoopverstoring op het benthos als verwaarloosbaar (0/-) beoordeeld.

Dit besluit wordt tevens bevestigd door een onderzoek in de Baltische Zee uitgevoerd door Andrulewicz *et al.* (2003), waarbij de impact van het leggen van de SwePol Link transmissiekabel op de macrobenthosgemeenschap bepaald werd. Een vergelijking van de macrobenthosgemeenschap vóór en één jaar na het leggen van de kabel geven aan dat er geen wezenlijke veranderingen zijn inzake compositie, abundantie en biomassa wat zou kunnen gerelateerd zijn aan de biotoopverstoring als gevolg van de aanleg van de kabel. Enkel in een bepaalde zone waar een minder dynamische bodem aanwezig is, zijn er geringe indicaties dat het leggen een impact heeft op het macrobenthos. In deze zone werd vastgesteld dat de grootte van de individuen een jaar na het leggen van de kabel minder groot was dan voor het leggen van de kabel. Bijkomend kan er bovendien van uit gegaan worden dat er na de werkzaamheden een natuurlijk herstel van de benthosgemeenschap zal optreden.

Verstoring door turbiditeit

Tijdens bepaalde voorbereidingswerken (nivellering of pre-sweeping, pre-run) en het leggen van de kabels zal er een verhoogde sedimentatie en turbiditeit optreden in de onmiddellijke omgeving van de werken. De grootteorde van de verhoogde turbiditeit zal afhankelijk zijn van de gebruikte techniek, namelijk ploegen of jetting.

In vergelijking met de zandontginningsactiviteiten in het BDNZ en de baggerwerken tijdens de constructiefase van het windmolenpark, is de sedimentatie die zal optreden tijdens het leggen van de kabels van een veel kleinere grootteorde, zowel voor het ploegen als voor het jetten. Aangezien het BDNZ van nature een zeer dynamisch systeem is, en de benthische levensgemeenschappen goed zijn aangepast aan een natuurlijke hoge input van gesuspendeerd materiaal, wordt de impact als aanvaardbaar beschouwd (IMDC, 2010a). Er kan dus verondersteld worden dat de verstoring door de voorbereidingswerken en het leggen van de kabels vrijwel onbestaande (0) zal zijn.

Ondanks het besluit dat de impact voor beide types kabels en uitvoeringswijzen als zeer tijdelijk en lokaal wordt beoordeeld, leidt jetting tot minder verstoring van het onderwaterleven en de waterkwaliteit, en tot minder risico op beschadiging van de kabels (BERR, 2008). Waar mogelijk zou dus voorgesteld worden om de kabeltracés te jetten. Gezien met jetting niet de vereiste ingraafdiepte kan bereikt worden bij een kruising van de vaargeul, kan hier gebruik gemaakt worden van ploegen. Ondanks de lichte voorkeur voor jetting, worden voor beide technieken vrijwel geen effecten verwacht voor het benthos.

Elektromagnetische velden

De transmissie van elektriciteit door zeekabels zal leiden tot het opwekken van elektrische en magnetische velden. Deze elektromagnetische velden zijn afhankelijk van het type kabel.

Sommige invertebraten zijn waarschijnlijk gevoelig voor elektromagnetische velden, maar uitgaande van de beschikbare kennis is de grootte van de impact en de oorzaak-relatie nog niet voldoende duidelijk (Gill *et al.*, 2005; Dong Energy *et al.*, 2006, BERR, 2008). Voor de Gewone garnaal (*Crangon crangon*) en de Mossel (*Mythilus edulis*) is aangetoond dat ze zich aangetrokken voelen tot magnetische velden van de grootteorde die verwacht wordt rond de windmolenparken, maar dat deze effecten niet als significant worden beschouwd (ICES, 2003; Bochert & Zettler, 2004).

Elektromagnetische velden worden verder besproken in het deel "vissen" en in het deel "zeezoogdieren".

Opwarming

De effecten van het opwarmen van de zeebodem door de aanwezigheid van kabels wordt besproken on de discipline 'Klimaat en atmosfeer' (§ 5.2.3.1).

Bij gebrek aan veldgegevens is het moeilijk om de effecten van de verhoogde temperatuur op benthos in te schatten.

Mogelijks kan een temperatuursstijging ook een verandering in de biogeochemische karakteristieken van de zeebodem veroorzaken met mogelijke gevolgen voor de benthische fauna en flora. Deze effecten zullen naar alle waarschijnlijkheid groter zijn in ondiepe gebieden of gebieden met een hoog organisch gehalte (OSPAR, 2008b). Ook hier is echter onderzoek nodig om deze gegevens te bevestigen.

Op basis van het feit dat de meeste bodemdieren zich in de bovenste laag van de zeebodem bevinden (tot op ca. 20 cm vanaf het oppervlak), de warmte-productie door de ingegraven kabels hier eerder gering is en de effecten zeer lokaal zijn, wordt het effect van opwarming op macrobenthos als gering negatief (0/-) beoordeeld. Op basis van het feit dat de temperatuur van de zeebodem zelf direct aan het oppervlak gelijk blijft, kan er besloten worden dat er geen effecten (0) te verwachten zijn op epibenthos.

5.4.3.1.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het benthos

Samenvattend worden de effecten op het benthos weergegeven in

Tabel *5-56* voor zowel de basisconfiguraties als de diverse configuratiealternatieven. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-56 Overzicht van de effecten op het benthos (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**				**1**				**2**				**3**	
Funderingstype	MP		JF	GBF	MP		JF	GBF	MP		JF	GBF	JF	GBF
	St	Dyn			St	Dyn			St	Dyn				
Constructiefase														
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	-
Verlies aan organismen	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	-
Verstoring door sedimentatie en turbiditeit	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	-
Geluidsverstoring en trillingen: standaard techniek	0/-	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0	0/-	0
Geluidsverstoring en trillingen: suction bucket techniek	0	0	0	n.v.t.	0	0	0	n.v.t.	0	0	0	n.v.t.	0	n.v.t.
Operationele fase														
Waterkwaliteit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geluidsverstoring en trillingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase														
Analoog constructiefase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling														
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)
Opwarming (macrobenthos)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Opwarming (epibenthos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ondanks dat gravitaire funderingen een matig negatief effect kunnen hebben op het concessiegebied, kunnen deze effecten gerelativeerd worden indien ze gekaderd worden ten opzichte van de afgebakende windconcessie zone of het BDNZ. Op die manier kan worden aangetoond dat deze effecten aanvaardbaar blijven daar hun ruimtelijke impact relatief beperkt blijft en het ecosysteem van de Noordzee niet wordt bedreigd. Dit is bijvoorbeeld het geval voor biotoopverstoring.

De effecten op het benthos worden hierdoor als vrijwel onbestaande tot matig negatief ingeschat en kunnen dus allen als aanvaardbaar beschouwd worden.

5.4.3.2 Vissen

Sommige effecten op de vissen zijn gelijkaardig aan die beschreven voor het deel Benthos. Er zal dan verwezen worden naar die paragrafen. De andere nog niet besproken effecten op vissen worden in dit deel beschreven.

5.4.3.2.1 Constructiefase

De effecten die kunnen optreden op vissen tijdens de bouwfase zijn:

- Biotoopverstoring;
- Verlies aan organismen;
- Verstoring door sedimentatie en turbiditeit ;
- Geluidsverstoring en trillingen.

Biotoopverstoring

De biotoopverstoring is voor de demersale vissen volledig gelijkaardig zoals besproken onder het benthos (§ 5.4.3.1.1).

Verlies aan organismen

Aangezien vissen mobieler zijn dan het benthos, zal het verlies aan organismen tengevolge van direct biotoopverlies en indirecte biotoopverstoring (stockage) minder uitgesproken zijn (0).

Tijdens het heien is het mogelijk dat ook vissen die zich dicht bij de hei-installatie bevinden, gewond raken of sterven door de gepaard gaande trillingen en geluidsfrequenties. Mogelijk zou heien ook kunnen leiden tot een verhoogde mortaliteit van vislarven (Bos *et al.*, 2009). Voor een verdere bespreking van de mogelijke gevolgen wordt verwezen naar de discipline "Geluidsverstoring en trillingen" (§ 5.3).

Verstoring door sedimentatie & turbiditeit

Tijdens de bouwfase zal het volledige concessiegebied algemeen verstoord worden. De potentiële verstoring zal voornamelijk bestaan uit het opwoelen van de zeebodem en de wijziging van de turbiditeit.

Alle levensstadia van vissen zullen tijdelijk verstoord worden door het omwoelen van de zeebodem, door onderwaterbewegingen en andere activiteiten op de zeebodem, maar de kans is groot dat zij zullen wegtrekken van de plek waar de werkzaamheden worden uitgevoerd zodat het effect minder groot zal zijn dan bij sedentaire organismen (IMDC, 2010a). Het negatieve effect (0/-) zal dus tijdelijk zijn en naar verwachting zullen de organismen snel naar het projectgebied terugkeren zodra de bouwfase achter de rug is.

Op zich kan de verstoring ook een positieve impact (0/+) hebben: met name de verhoogde beschikbaarheid van prooidieren door o.a. het omwoelen van het sediment (Grontmij, 2006). De mate waarin dat van invloed kan/zal zijn, is echter niet bekend. Ten slotte is er het gewenningsaspect, waarover geen informatie beschikbaar is.

Op huidig ogenblik is het moeilijk in te schatten of het projectgebied ook dienst doet als paaigebied van bepaalde vissoorten, zoals de dichtbijgelegen Thorntonbank, en de mogelijke gevolgen hiervoor. Het betreft een leemte in de kennis en monitoring is dus aangewezen. De mogelijkheid bestaat dat de paai- en kraamgebieden tijdens de constructiefase worden verstoord, maar dat ze zich zullen herstellen en opnieuw aantrekkelijk zullen worden tijdens de operationele fase.

Er kan besloten worden dat de beschreven negatieve effecten tengevolge van sedimentatie als niet significant (0) worden beschouwd voor de vissen. De monitoringsstudies in Horns Rev en Nysted (Dong energy *et al.*, 2006) en de eerste resultaten van C-Power (Vandendriessche *et al.*, 2009) blijken dit te bevestigen.

Geluidsverstoring en trillingen

Een belangrijke verstoring tijdens de bouwfase is de productie van geluid en trillingen tengevolge van het heien (bij monopile en jacket funderingen), het leggen van kabels en de toegenomen scheepvaart. Het bepalen van de grootte van de verstoring is echter niet evident daar er nog veel onzekerheden bestaan o.a. rond transmissieverliezen en dus ook rond de reikwijdte van de geluidsverstoring. Veel hangt af van de lokale omstandigheden zoals bodemsamenstelling en -profiel, waterdiepte, wind en weersomstandigheden (Huddleston, 2010). De grootste hinder valt te verwachten van het heien van de palen.

De omgeving onder water is van nature reeds zeer lawaaierig (ca. 105 dB (re 1 µPa)) met geluid afkomstig van winden, golven en sedimenttransporten. Hierdoor zijn vele mariene organismen minder gevoelig voor geluid dan mensen en kunnen ze ook hogere geluidniveaus verdragen (Nedwell *et al.*, 2003).

Vissen horen het geluid op verschillende manieren. Veel soorten horen van 30 Hz tot 1 kHz. Sommige soorten horen de infra (< 20 Hz) en de ultrasoon (> 20 kHz) geluiden. De grootte van het effect of de schade is dus mede afhankelijk van de gevoeligheid van een bepaalde vissoort voor het geluid (Huddleston, 2010). Bij lage frequenties (tot 30 Hz) komt de geluidsgevoeligheid bij veel vissoorten redelijk overeen. Bij hoge frequenties is deze gevoeligheid echter afhankelijk van een aantal factoren: aan- of afwezigheid van de zwemblaas, hoeveelheid lucht in de zwemblaas en of de blaas in verbinding staat met het binnenoor (Vella *et al.*, 2001; Huddleston, 2010). Vissen kunnen op die manier ingedeeld worden in drie groepen met betrekking tot de gevoeligheid voor geluid:

- 'non-specialists': geen zwemblaas; minst gevoelig; bv. platvissen;
- 'hearing generalist': zwemblaas niet verbonden met binnenoor; matig gevoelig; bv. Kabeljauw;
- 'hearing specialist': zwemblaas in verbinding met binnenoor; zeer gevoelig; bv. Haring, Sprot.

De effecten tengevolge van het heien (monopile/jacket fundering) op vissen kunnen dus significant zijn. Om zich te handhaven dienen deze soorten doelmatig te reageren op roofvijanden en prooien. Daarnaast moet aandacht worden geschonken aan de fysieke omgeving en moet met soortgenoten gecommuniceerd worden. Bij al deze levensfuncties en gedragingen speelt geluid een rol. Vissen kunnen geluid maken om een vijand af te schrikken of om partners te lokken en kunnen contactgeluid gebruiken om in schoolverband te zwemmen (Grontmij, 2006). Met name in relatief troebele (kust)wateren kan geluid een relatief belangrijke rol spelen. De emissies van geluid en trillingen in de mariene waterkolom kunnen leiden tot een gedragsverandering of een reductie van de habitatgrootte. (Petersen & Malm, 2006).

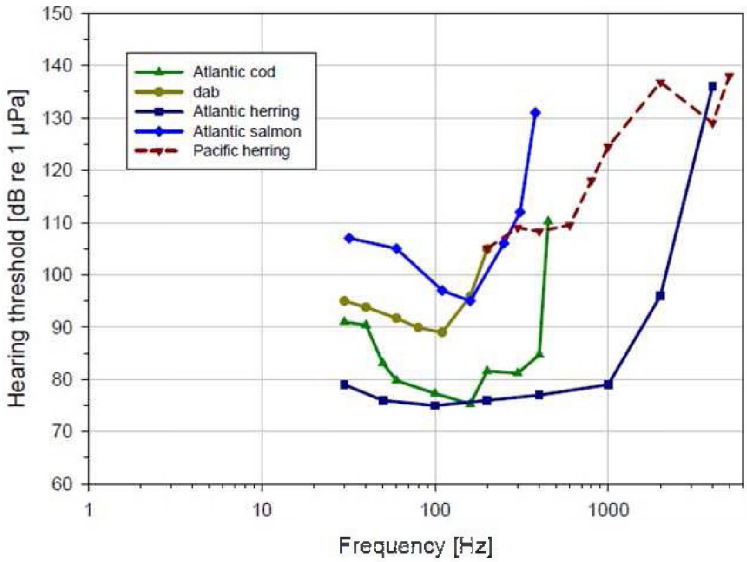
Er worden vier zones van geluidsinvloeden gedefinieerd, afhankelijk van de afstand tot de geluidsbron (Richardson *et al.*, 1995; Huddleston, 2010):

- Een zone waarbinnen het dier in staat is om de geluiden van het windmolenpark waar te nemen (zone of audibility);

- Een zone waarbinnen het dier een zekere vorm van gedragsverandering vertoont (zone of responsiveness);
- Een zone waarbinnen het geluid afkomstig van het windmolenpark interfereert met andere geluiden zoals communicatiesignalen of echolocatie (zone of masking);
- Een kleine zone dichtbij de geluidsbron waar tijdelijke of permanente gehoorschade kan optreden (beschadigingen aan haarcellen in het binnenoor), of kan leiden tot interne bloedingen (door het hele lichaam), tot orgaanschade (lever, nieren) door plotselinge expansie van de zwemblaas, tot een ruptuur van de zwemblaas (direct dodelijk) (zone of hearing loss).

Er is echter nood aan bijkomend wetenschappelijk onderzoek om bepaalde (uiteenlopende) resultaten te bevestigen. Sommige studies concluderen dat vissen die zich in de omgeving van de installatie bevinden, grote schade zullen oplopen tijdens het heien of zelfs sterven (Grontmij, 2006). Andere studies (o.a. Hastings & Popper, 2005) nuanceren deze resultaten daar vele studies gebaseerd zijn op extrapolaties van andere types signalen (b.v. explosies).

Veel studies baseren zich op een aantal doelsoorten om de geluidseffecten van het heien in kaart te brengen. De audiogrammen van vier doelsoorten: Zalm, Kabeljauw, Haring en Schar worden weergegeven in Figuur 5-85. Algemeen kan wel gesteld worden dat de gehoorsrange van de meeste vissen zich situeert binnen de range van < 50 Hz tot 500-1.500 Hz (Huddleston, 2010).



Figuur 5-85 Audiogram van Zalm, Kabeljauw, Haring en Schar (Thomsen et al., 2006)

Zoals beschreven onder de discipline geluid, zou het heigeluid voor monopiles het achtergrondgeluidsniveau (in de relevante frequenties voor vissen) overschrijden tot op ongeveer 80 km van de geluidsbron. Enkel frequenties lager dan 63 Hz en hoger dan 2,5 kHz zouden samenvallen met het achtergrondgeluid en bijgevolg niet hoorbaar zijn. De meeste energie van het heigeluid (bij frequenties < 1 kHz) binnen de gehoorsrange van de beschouwde soorten overschrijdt echter het achtergrondgeluid tot op 80 km (Thomsen *et al.*, 2006). Volgens Nedwell *et al.* (2007) zal het geluidseffect verminderen met afnemende waterdiepte. De paaldiameter zou echter de meest bepalende factor zijn naast aantal, type zeebodem, waterdiepte en duurtijd. Ook de kracht van de hamerslagen en de verhouding

tussen het maximaal vermogen van de hamer en de kracht van de hamerslagen is van belang voor het geproduceerde geluidsniveau. In termen van milieueffecten zijn echter de zones waarbinnen gedragsveranderingen of schade kunnen optreden van groter belang.

Mogelijke gedragsveranderingen tengevolge van heigeluid zijn vermijding, vluchtreacties, alarmrespons, verandering in scholingsgedrag, etc. Een geluidsniveau van 90 dB_{ht}[8] wordt vooropgesteld als drempelwaarde waarbij significante vermijdingsreacties zullen plaatsvinden (Nedwell *et al.*, 2003; Nedwell *et al.*, 2007; Thomsen *et al.*, 2006). Kleine gedragsveranderingen worden reeds vanaf 70 dB_{ht} verwacht (Nedwell *et al.*, 2007). *Tabel 5-57* geeft een overzicht van berekende ranges waarbij bepaalde organismen een significant vermijdingsgedrag vertonen tengevolge van de productie van geluid tijdens het heien (Nedwell *et al.*, 2003). Gelijkaardige metingen (90 dB_{ht} range) voor het Burbo offshore windmolenpark (4,7 m Φ palen; ca. 10 m waterdiepte) geven volgende waarden: Schar en Zeebaars (500 m), Kabeljauw (2 km) en Haring (2,6 km) (Nedwell *et al.*, 2007). De studies benadrukken de onzekerheid van bepaalde van deze resultaten, maar gezien het tot op heden de meest recente en beste inschattingen zijn, worden ze toch als basis gebruikt voor het MER.

Tabel 5-57 Ranges (90 dB_{ht}) waarbij bepaalde organismen vermijdingsgedrag vertonen tengevolge van heiactiviteiten (Nedwell et al., 2003)

Soort	Berekende range voor significant vermijdingsgedrag (m)	Berekende range voor significant vermijdingsgedrag (m) voor 4,3 m Φ palen	Berekende range voor significant vermijdingsgedrag (m) voor 6,5 m Φ palen
Zalm	1.400	460	1.100
Kabeljauw	5.500	-	
Schar	1.600		
Zeebaars	-	450	
Haring	-	1.630	

Uit Tabel 5-57 volgt dat de invloed van het geluid soortspecifiek is en bovendien bepaald wordt door de diameter van de palen. Op basis van 90 dB_{ht} waarde kan besloten worden dat vermijdingsreacties kunnen plaatsvinden in een zone tot misschien enkele kilometers. Er moet echter de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden gezien er nog grote onzekerheid heerst betreffende het extrapoleren van deze experimentele waarden (Hastings & Popper, 2005; Thomsen *et al.*, 2006; OSPAR, 2006). De graad van schade blijkt daarenboven niet direct gerelateerd met de afstand tot de heiplaats, maar eerder met het niveau en de duur van de geluidsblootstelling (Hastings & Popper, 2005). Dit wordt bepaald door het aantal palen, de diameter en door het substraattype (hardere sedimenten ~ langere duur). De effecten voor configuratie 1 (MP, JF) zullen bijgevolg het grootst zijn. In België werd tijdens het heien van monopiles (met diameter van 5 m) op de Bligh bank een maximale geluidsdrukniveau gemeten van 193 dB re 1 µPa op 770 m afstand van de bron. Bovendien was het piekniveau op 14 km afstand van de bron nog steeds 160 dB re 1 µPa, waaruit men kon afleiden dat het achtergrondniveau van ongeveer 100 dB re 1 µPa pas zal bereikt worden op ongeveer 70 km

[8] dB_{ht} is een maatstaf voor het geluidsniveau boven de gehoordrempel van een diersoort, of het 'perceptieniveau'

van de bron (Norro *et al.*, 2010; BMM, 2011b)). Uit de metingen werd een brongeluid van meer dan 270 dB re 1 µPa @ 1m geëxtrapoleerd met behulp van een lineair model. Daarnaast beschikt de BMM ook over metingen tijdens de installatie van de jacket funderingen gebruikt door C-Power tijdens de fase II en III van de constructie van het windmolenpark op de Thorntonbank. Voor deze 48 funderingen werden telkens vier palen van 1,7 m diameter geheid waarop in een latere fase de jacket structuur bevestigd wordt. Het heien van deze 'pin piles' produceerde een piekgeluidsdruk niveau van ongeveer 180 dB re 1 µPa op 250 m en 173 dB re 1 µPa op 1,6 km. Ter vergelijking, bij Belwind werd bij het heien van de palen met diameter 5 m een piekgeluidsdruk (peak sound pressure) niveau gemeten van ongeveer 205 dB re 1 µPa op 250 m en 185 dB re 1 µPa op 1,6 km afstand (Norro *et al.*, 2010; BMM, 2011b).

Daarenboven wordt de grootte van het effect ook bepaald door welke ecologische functies er door deze invloedssfeer in het gedrang komen, en of deze functies een tijdelijk of permanent karakter hebben. Indien bijvoorbeeld hierdoor bepaalde paaigebieden of migratieroutes verstoord worden en dit in de meest gevoelige periodes, dan zal het effect zwaarder doorwegen.

Tijdelijke gehoorschade zou eerder voorkomen bij 'hearing specialists' (bv. Haring) dan bij 'hearing generalists' (bv. Schar), maar de graad van schade tengevolge van hei-pulsen blijft moeilijk te bepalen. Vissterfte als gevolg van heigeluid kan direct zijn of indirect, bijvoorbeeld doordat meeuwen vissen oppikken die tijdelijk verdoofd aan het oppervlak komen. Vissterfte is vastgesteld in Amerikaanse studies waarbij een onderscheid wordt gemaakt in directe vissterfte binnen een zone van ca. 10 m rond de turbine en uitgestelde vissterfte (door inwendige schade) tot op afstanden van minimaal 150 m tot de geluidsbron (Thomsen *et al.*, 2006). Sterfte door onderwatergeluid neemt af met afstand tot de bron, maar hoe precies hangt af van de lokale omstandigheden en de betrokken vissoorten (Hastings & Popper, 2005).

De beschikbare data suggereert dus dat geluid tengevolge van de constructie van het windmolenpark kan leiden tot gedragsveranderingen (vermijding) bij vissen tot op enkele kilometers van het brongeluid. Fatale gevolgen of fysische schade door het heien zijn beperkt tot een kleine afstand (enkele honderden meters) van de bron. De literatuurgegevens blijken echter nogal uiteenlopende resultaten te geven, waardoor er nog veel onzekerheid bestaat rond de grootte van het effect voor vissen (zowel op korte als lange termijn). Veel hangt namelijk af van de lokale karakteristieken van het projectgebied, de configuratie en de voorkomende soorten. De lopende monitoringsprogramma's van de vergunde windmolenparken zullen deze leemte in kennis deels invullen.

Naast de mogelijke effecten op adulte vispopulaties, kunnen ook de vislarven effecten ondervinden van heiactiviteiten. Vislarven kunnen zich enkel passief verplaatsen via de zeestroming, dit in tegenstelling tot juveniele en adulte vissen die actief kunnen wegzwemmen van een geluidsbron. Hierdoor kunnen vislarven meer effecten ondervinden van onderwatergeluid dan oudere levensstadia (Bolle *et al.*, 2011). Popper & Hasting (2009) rapporteren verminderde groei en levensvatbaarheid tot directe sterfte van viseieren en vislarven. Dit heeft gevolgen voor het transport van vislarven van paaigronden naar kraamgebieden. Volgens Prins *et al.* (2008; 2009) mag aangenomen worden dat mortaliteit optreedt binnen een straal van 1 km van de geluidsbron (gebaseerd op een hydrodynamisch model met gegevens over het transport van larven van Haring, Schol en Tong). Het resultaat was een vermindering van de aanvoer van larven van bepaalde vissoorten naar de kust van 5

tot 10% wat als significant kan beschouwd worden in het kader van Natura 2000 (Prins *et al.*, 2009). Alles lijkt erop te wijzen dat deze aanname als een worst case scenario beschouwd kan worden en initiële resultaten tonen aan dit waarschijnlijk een overschapping betreft (Prins *et al.* 2009; BMM, 2011b). Een recent Nederlands onderzoek (Bolle *et al.*, 2011) waarbij tijdens experimenten verschillende ontwikkelingsstadia blootgesteld werden aan verschillende niveaus en duur van heigeluid, kon geen significante effecten aantonen op larven van Tong. Verder onderzoek, van onder meer soorten die hun zwemblaas permanent behouden, moet uitwijzen of dit ook het geval is voor andere vissen.

Bij gebrek aan gegevens voor de specifieke onderhavige situatie (vissoort, duur, frequentie, etc.), kunnen geen gedetailleerde uitspraken worden gedaan voor het Rentel project. Het effect van het heien zal weliswaar toenemen met het aantal te plaatsen turbines en met een toenemende diameter van de paal. Gezien de onzekerheid betreffende de mogelijke functie van het projectgebied als paai-en kraamgebied voor bepaalde vissoorten zoals Haring en Sprot én de onzekerheid betreffende het effect zelf op vislarven (zie hierboven), is een inschatting van de impact van de heiactiviteiten op de vislarven momenteel moeilijk in te schatten. Op basis van de beschikbare literatuur kan men het effect van heien op vispopulaties als matig negatief (-) beschouwen voor de configuraties waarbij monopiles of jacket funderingen geheid worden. Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal milderende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de significant negatieve effecten zo minimaal mogelijk te houden. De impact van geluid bij een gravitaire fundering is praktisch onbestaande (0) in vergelijking met de twee andere funderingstypes. Hier is namelijk enkel de geluidsverstoring van baggerende schepen van belang, die veel lager wordt ingeschat dan heigeluid, een toename van het scheepsverkeer en het storten van de erosiebescherming. Ook wanneer men gebruik maakt van het suction bucket principe, waarbij monopiles en jacket funderingen niet geheid worden, zal de impact van geluid en trillingen wegvallen (0).

5.4.3.2.2 Operationele fase

Naast algemene vormen van verstoring wordt specifiek ingegaan op het effect van geluid en trillingen geproduceerd tijdens de operationele fase op de visgemeenschappen.

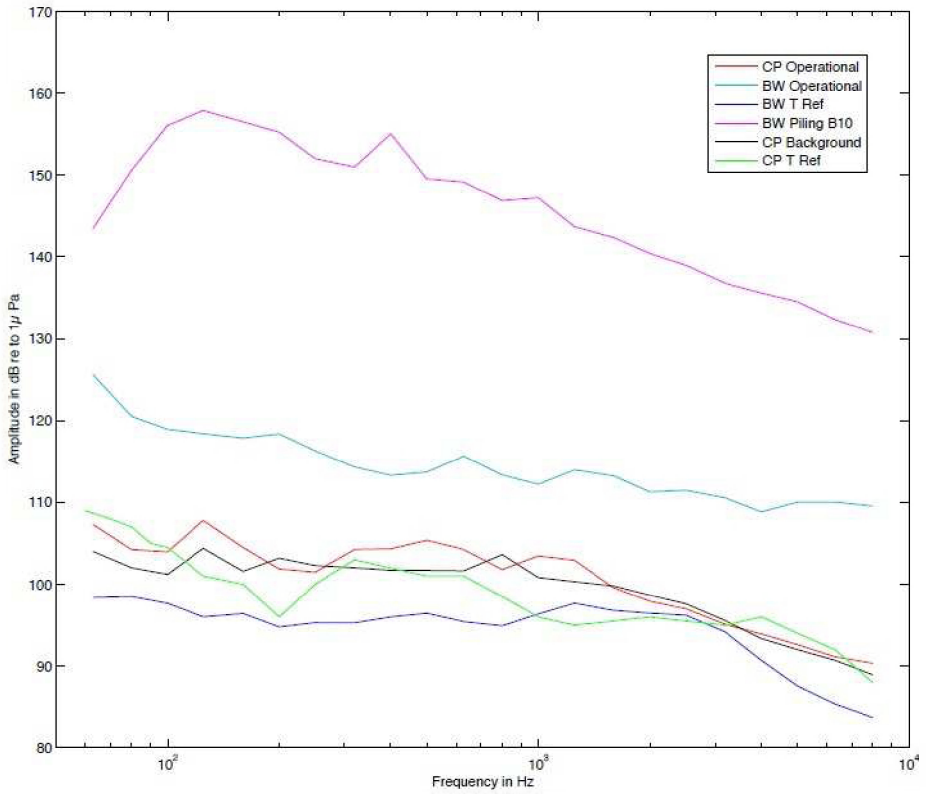
Geluidsverstoring en trillingen

Windturbines produceren twee verschillende typen mechanische trillingen:

- Laagfrequente trillingen: Deze hangen samen met de passage van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast. Hogere frequenties kunnen mogelijk ontstaan door interferentie van deze trillingen met geluid uit de gondel.
- Hoogfrequente trillingen: Deze hangen samen met de draaiende onderdelen van de generator in de gondel, de interactie van wind met de gehele windturbine (met name het aerodynamisch geluid van de rotortippen), golven die tegen de mast slaan, de beweging van zand en water langs de mast en organismen die op de windturbines voorkomen (in dit specifieke geval met name het sluiten van kleppen van de mossel).

Norro *et al.* (2011) toonden aan dat de gravitaire funderingen op de Thorntonbank een lichte stijging van het geluidsdrukniveau voorkomt van max. 8 dB re 1 µPa ten opzichte van omgevingsgeluid gemeten voor de bouw. Een belangrijke verhoging in het geluidsdrukniveau van 20 tot 25 dB re 1 µPa werd waargenomen rond monopile funderingen. Dergelijke geluidsemissies zijn veel lager dan tijdens de bouwfase, vooral indien de bouwfase het heien

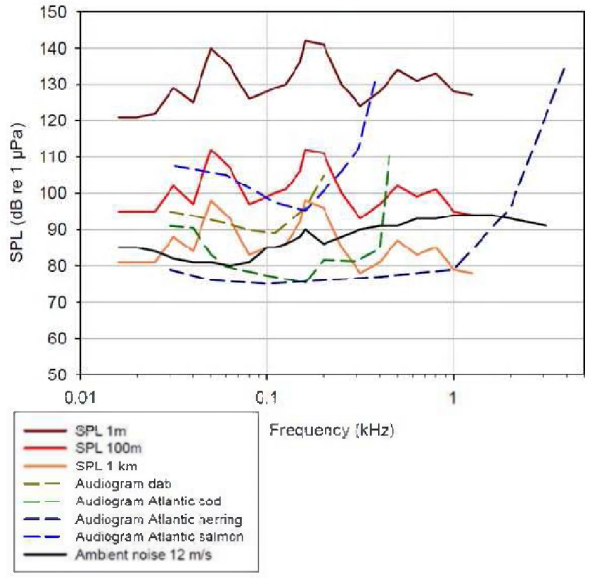
van palen vereist (Figuur 5-86). Deze operationele geluidsemissies vinden echter plaats tijdens de gehele levensduur van het windmolenpark.



Figuur 5-86 Spectrum van onderwatergeluid, gemeten binnen de C-Power (CP) en Belwind (BW) windmolenparken. Weergegeven zijn de operationele geluiden binnen de parken; de referentiesituatie (T Ref) voorafgaande de constructiewerken; achtergrondgeluid (Background) gemeten op >6 km van het operationele C-Power windmolenpark; en het heigeluid op 770 m afstand (BW Piling B10)

Reeds in voorgaande paragraaf werd uitvoerig ingegaan op de soortspecificiteit van geluidseffecten. De meeste vissen reageren sterk op lage frequenties (beneden de 50 Hz). Deze frequenties treden enkel op in de onmiddellijke omgeving van de windturbines (max. enkele 100-den meters). Gewenning zal ook optreden voor het continue geluid uitgezonden door windmolenparken. Frequenties tussen de 500-2.000 Hz zullen praktisch geen effect hebben op vissen, zeker omdat de invloed van de windturbines gelijkaardig is aan het omgevingsgeluid (Hoffmann *et al.*, 2000; Thomsen *et al.*, 2006).

In Figuur 5-87 worden het operationele geluid van een windmolenpark op verschillende afstanden van de geluidsbron, het omgevingsgeluid en de audiogrammen van de reeds vermelde doelsoorten weergegeven.



Figuur 5-87 Operationeel geluid windmolenpark, omgevingsgeluid en audiogram van Zalm, Kabeljauw, Haring en Schar (Thomsen et al., 2006)

Uit Figuur 5-87 blijkt dat de afstand van het waarneembare onderwatergeluid soortspecifiek is. Analoog als uit de geluidsberekeningen (zie discipline 'Geluid en trillingen' § 5.3.4.2.4) blijkt eveneens dat het operationele onderwatergeluid voor de meeste frequenties onder het achtergrondgeluid (90 – 100 dB 1 re µPa) zal liggen op een afstand van 500 m. Het onderwatergeluid veroorzaakt door de windturbines zal dus vermoedelijk binnen de veiligheidszone (500 m) (voor de meeste frequenties) gemaskeerd worden door het heersende achtergrondgeluid (ongeacht de configuratie) en dus geen invloed hebben op de meeste vissoorten. Volgens Thomsen *et al.* (2006) zal het operationele geluid van windturbines voor bepaalde frequenties echter wel detecteerbaar zijn tot op een afstand van 4 km voor Kabeljauw en haringachtigen, en waarschijnlijk tot 1 km voor Schar en Zalm. Binnen deze zone kan het verstoren van intraspecifieke communicatie voorkomen. Het inschatten van de grootte van het verstorend effect is echter onduidelijk. Bij hoge windsnelheden (≥ 13 m/s) wordt verwacht dat gevoelige vissoorten op een minimale afstand van 4 meter blijven van de windturbine (Wahlberg & Westerberg, 2005), waardoor permanente vestiging van vis op de stortstenen (bij MP en GBF) bemoeilijkt zal worden.

Vergelijkingen tussen de visfauna van het windmolenpark Horns Rev en deze van scheepswrakken in de Noordzee geven geen indicatie dat geluid en trillingen afkomstig van windmolenpark een impact veroorzaken op de visgemeenschap. In vergelijking met de start van het windmolenpark hebben zich zelfs enkele nieuwe vissoorten gevestigd in het gebied (Leonhard & Pedersen, 2005). Deze resultaten worden deels bevestigd door de studie van Westerberg (1994). Op basis van zijn onderzoek concludeerde Westerberg (1994) in de eerste plaats dat het windmolenpark attractief was voor vissen en ten tweede dat de geluidsproductie binnen een zone van 200 m als gevolg van de windturbines niet van die aard was, dat de vissen zich verder van de windturbines gaan begeven. Recent onderzoek rond het Nederlandse windmolenpark Egmond aan Zee toont aan dat er noch vermijding noch aantrekking van de windturbines op het gedrag van tong blijkt te zijn en dat de visserijmortaliteit van Tong niet verschilt met daarbuiten gelegen referentiegebieden (Winter *et al.*, 2010). Kabeljauw daarentegen vertoont wel een zeker aantrekkingsgedrag. Van de 40

gemerkte Kabeljauwen is 15% gedurende de gehele meetperiode van 9 maanden bij de windturbines gebleven (Winter *et al.*, 2010).

Ondanks de onzekerheid die bestaat rond kwantitatieve inschattingen van geluidseffecten op vissen tijdens de operationele fase van het windmolenpark, kan verondersteld worden dat deze effecten van minder belang zijn en dat technologische verbeteringen mogelijks nog kunnen leiden tot verdere reducties van de impact. Voor alle beschouwde configuraties wordt dit effect als gering negatief beschouwd (0/-).

Ter volledigheid zal er ook geluidsverstoring optreden door de geplande transporten naar het windmolenpark. Het aantal transporten zal variëren naargelang het ingezette materieel en de configuratie. De verhoogde scheepstrafiek tengevolge van het Rentel project is echter beperkt in vergelijking met de heersende scheepsintensiteit. Daarenboven wordt nogmaals gewezen op het reeds besproken tunneleffect (zie discipline 'Geluid en trillingen' § 5.3.4.1.3) dat ontstaat in ondiepere wateren waarbij laagfrequente signalen (<200 Hz) verdwijnen, waardoor er vrijwel geen bijkomende geluidsverstoring naar de vissen zal zijn.

Andere vormen van verstoring

Zoals besproken voor het benthos, worden ook hier geen effecten (0) verwacht tengevolge van de waterkwaliteit, zuurstofhuishouding en hydrodynamiek. Sommige vissen die zich ingraven in de bodem en afhankelijk zijn van specifieke sediment condities zoals platvissen en Zandspiering (Ammodytidae spp.) zouden wel een impact kunnen ondervinden, maar de studies in Denemarken bevestigen dit nog niet (Dong Energy *et al.*, 2006). Of de roterende schaduw van de turbinewieken (schaduw-effect) een invloed zou hebben op het gedrag van de vissen is momenteel nog niet wetenschappelijk onderzocht.

Door een mogelijke sluiting van het gebied voor bepaalde activiteiten, zal anderzijds het concessiegebied niet langer verstoord worden door destructieve visserijvormen (vooral boomkorvisserij). Dit zal een positief effect hebben op het visbestand (refugium effect).

5.4.3.2.3 Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingsfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwfase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. De geluidsverstoring blijft bijvoorbeeld beperkt tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen gravitaire fundering). De significante geluidsverstoring tengevolge van het heien (MP/JF) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase (geen indirect biotoopverlies meer tengevolge van stockage van zand (GBF)). De effecten variëren van (vrijwel) geen effect (0) tot een gering negatief effect (0/-), afhankelijk van de configuratie (aantal turbines, funderingstype).

5.4.3.2.4 Bekabeling

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor de demersale visfauna zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden (EM-veld) en de mogelijke opwarming.

Voor biotoopverstoring en turbiditeit wordt verwezen naar § 5.4.3.1.4, daar deze analoog zullen zijn als deze besproken voor het benthos. In volgende paragrafen zal wel dieper worden ingegaan op de effecten van elektromagnetische velden en opwarming.

Elektromagnetische velden

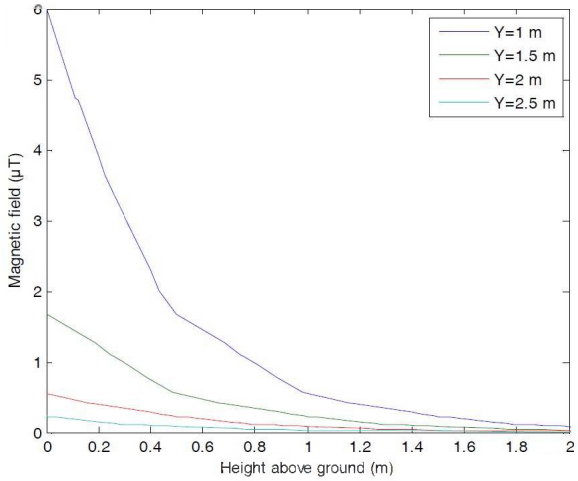
Een elektrische stroom doorheen een kabel zorgt enerzijds voor een elektrisch veld (E-veld), dat onmeetbaar blijkt buiten de kabel, en anderzijds voor een magnetisch veld (B-veld). Bij wisselstroom zal het magnetisch veld door inductie een bijkomend elektrisch veld veroorzaken, het geïnduceerde elektrisch veld (E_i). Dit E_i-veld kan theoretisch door de goede elektrische geleidbaarheid van zeewater tot op relatief grote afstand van de kabel opgemerkt worden. Algemeen geldt dat de intensiteit van de EM-velden sterk projectafhankelijk is (soort kabel, gelijkspanning of wisselspanning, locatie, wijze waarop de kabel wordt aangebracht, vermogen van de kabel,...).

In de Noordzee is de grootte van het natuurlijke B-veld ongeveer 50 µT (microtesla). Het natuurlijke E-veld is ongeveer 0,4 µV/m (microvolt per meter) (IMDC, 2010b, 2012e) en de sterkte van het door het natuurlijke aardmagnetische veld geïnduceerde elektrisch veld bedraagt ca. 40 µV/m (Ecofys, 2006).

Hoewel er nog niet veel studies rond gebeurd zijn, zeker niet in situ, blijkt dat de meeste vissoorten gevoelig zijn voor B-velden. Dit kan gaan van trager zwemmen bij het passeren van een offshore wisselstroomkabel over het ontbreken van het celtransport van Ca-ionen tot een verhoogde mortaliteit. De sterkte van de B-velden waarbij reactie voorkwam, situeerde zich steeds tussen 1 en 100 µT (IMDC, 2010b, 2012e). Omdat bodemvissen dichtbij kabels zwemmen, kan verwacht worden dat zij de grootste effecten zullen ondervinden van EM-velden.

Gill *et al.* (2005) hebben een lijst opgesteld van prioritaire soorten die gevoelig zouden kunnen zijn voor EM-velden waaronder o.a. Schol en Kabeljauw die in het studiegebied voorkomen. De meest bekende groepen zijn echter de kraakbeenvissen (roggen en de haaien). Hiervan is bekend dat zij reageren op een (geïnduceerd) E-veld met een range tussen 0,5 – 100 µV/m. De verwachte waarden op 1 meter afstand van de kabels liggen binnen dit bereik (Gill & Taylor, 2001; Gill *et al.*, 2005, Gill *et al.*, 2009). Recente experimenten uitgevoerd door Gill *et al.* (2009) geven aan dat elektromagnetische straling met een intensiteit van 8 µT en 2,2 µV/m waarneembaar waren voor kraakbeenvissen tot op ongeveer 300 m afstand van de kabel, maar dat hun reactie soort- en individu afhankelijk was. De Hondshaaien (*Scyliorhinus canicula*) vertoonde bijvoorbeeld allen een sterke reactie, terwijl slechts enkele individuen van de Stekelroggen (*Raja clavata*) en geen enkel van de Doornhaaien (*Squalus acanthias*) reageerden. Ook Boehlert & Gill (2010) geven aan dat de reactie op de EM-velden varieert van individu tot individu.

Het werd algemeen aangenomen dat een veld van voldoende sterkte om vermijdingsgedrag te vertonen door kraakbeenvissen zich enkel voordeden in een straal van 10-20 cm rond de kabel, waardoor het ingraven van kabels en het bedekken met stenen voldoende bescherming zou bieden (Gill *et al.*, 2005). Het is echter fout te veronderstellen dat het ingraven van kabels de effecten volledig zouden wegnemen, maar het is wel zo dat het ingraven van kabels tot een diepte van 1 m milderend zou werken tegen de effecten op gevoelige vissoorten tengevolge van de sterkste elektromagnetische velden (Figuur 5-88) (Gill *et al.*, 2005; Öhman *et al.*, 2007; Gill *et al.*, 2009; Huddleston, 2010).



Figuur 5-88 De evolutie van het magnetisch veld ten opzichte van de hoogte boven de zeebodem bij verschillende kabeldieptes (Y) bij een stroomsterkte van 712 A (Lopez et al., 2011)

Uit Figuur 5-88 kan men ook duidelijk afleiden dat de magnetisch veldsterkte snel verkleint naarmate men zich verder verwijderd van de zeebodem.

Het is dus belangrijk te vermelden dat elektromagnetische straling van een magnitude waarneembaar door gevoelige mariene organismen geproduceerd zal worden door de standaard industriële kabels ook als die begraven worden op verschillende meters onder de zeebodem (Gill *et al.*, 2005). Er dient wel opgemerkt te worden dat de symmetrische constructie van de drie aders in de exportkabel (220 kV of 380 kV) leidt tot een sterke reductie van de EM-velden doordat de afzonderlijke velden elkaar grotendeels opheffen door het faseverschil in de spanningen en stromen (BMM, 2007; Gill *et al*, 2009).

Daarnaast zijn er ook verscheidene beenvissen (o.a. Kabeljauw, Pladijs) die EM-velden kunnen waarnemen. Poléo *et al.* (2001) geeft aan dat beenvissen slechts fysiologische reacties kunnen vertonen op E-velden met een minimum veldsterkte van 7 V/m (of 7 x 106 µV/m) en een wijziging in hun gedrag kunnen vertonen bij een range van 0,5 – 7,5 V/m. Kraakbeenvissen zouden echter meer dan 10.000 keer gevoeliger zijn voor elektromagnetische straling dan de meest gevoelige beenvissen (Merck, 2009; Tasker *et al.*, 2010).

Naast een invloed op het gedrag van vissen, zouden B-velden tevens een effect hebben op de fysiologische kenmerken van bepaalde vissoorten. Voorbeelden hiervan zijn invloeden op de hormonenspiegel bij Bronforel (*Salvelinus fontinalis*) (Lerch *et al.*, 1998) en verlagingen van de migratiesnelheid bij Paling (*Anguilla anguilla*) (Westerberg & Lagenfelt, 2008). Deze studies zijn voornamelijk uitgevoerd op zoetwatersoorten en ook hier zijn echter nog veel tegenstrijdige bevindingen en onzekerheden binnen uitgevoerd onderzoek. Bovendien moet door de soortspecifieke reacties ook meer toegepast onderzoek op het BDNZ gebeuren om mogelijke effecten te bevestigen.

Voor vissen die hoger in de waterkolom zwemmen, zullen de effecten nihil zijn. Het magnetische signaal neemt namelijk sterk af met de afstand tot de kabels. Op 10 m afstand is er nog nauwelijks iets waarneembaar (Grontmij, 2006).

Gezien het zeer lokale karakter van het B-veld worden geen gevolgen van geïnduceerde magnetische velden verwacht voor organismen in zee. In de directe nabijheid van de kabel

zijn effecten van het in het magnetisch veld geïnduceerde elektrische veld op het predatiegedrag van kraakbeenvissen niet uit te sluiten. Omdat het een zeer lokale verstoring betreft, de betreffende soorten zeer sporadisch in het studiegebied voorkomen en een groot verspreidingsgebied hebben, zijn effecten op populatieniveau niet te verwachten (Grontmij, 2006; Ecofys, 2006). Effecten op de overige fauna, inclusief beenvissen kunnen momenteel worden uitgesloten, wat ook bevestigd werd door studies in de windmolenparken in Horns Rev en Nysted (Dong Energy, 2007).

Langs de andere kant worden er meer en meer kabels in de Noordzee gelegd. Cumulatieve effecten zouden tot grotere gevolgen kunnen leiden. Meer studiewerk, vooral in situ, dringt zich op (Gill *et al*, 2005; Öhman *et al.*, 2007).

Opwarming

De kabels die ingegraven worden zullen een zekere warmteafgifte bezitten. Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak. Het effect op vissen wordt als onbestaande beoordeeld (0).

5.4.3.2.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op vissen

Samenvattend worden de effecten op de vissen weergegeven in

Tabel 5-58 voor zowel de basisconfiguraties als de diverse configuratiealternatieven. Aangezien het gebruik van de suction bucket techniek bij monopile en jacket funderingen een ander effect heeft dan het heien van palen, wordt hier apart mee rekening gehouden. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-58 Overzicht van de effecten op vissen (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering, SB: suction bucket). Suction bucket is alternatieve techniek op het heien van palen bij monopiles en jacket funderingen

Configuratie	**Basis**				**1**				**2**				**3**		
Funderingstype	MP	JF	GBF	SB	MP	JF	GBF	SB	MP	JF	GBF	SB	JF	GBF	SB
Constructiefase															
Biotoopverstoring	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-
Verlies aan organismen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verstoring door sedimentatie en turbiditeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geluidsverstoring en trillingen	-	-	0	0	-	-	0	0	-	-	0	0	-	0	0
Operationele fase															
Geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase															
Analoog constructiefase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling															
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)	0(?)
Opwarming	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ondanks bepaalde effecten als significant negatief worden ingeschat voor het concessiegebied, kunnen deze gerelativeerd worden indien ze gekaderd worden ten opzichte van de afgebakende windconcessie zone of het BDNZ. Op die manier kan worden aangetoond dat deze effecten aanvaardbaar blijven daar hun ruimtelijke impact relatief beperkt blijft en het ecosysteem van de Noordzee niet wordt bedreigd. Dit is bijvoorbeeld het geval voor biotoopverstoring. Andere significant negatieve effecten zoals bijvoorbeeld geluidsverstoring door heien kunnen dan weer tot aanvaardbare niveaus gebracht worden mits in acht name van enkele milderende maatregelen (bv. rekening houden met de meest gevoelige periodes (paaien, migratie) voor de relevante vissoorten) of gebruik te maken van de suction bucket techniek.

De effecten op de visgemeenschappen worden hierdoor als vrijwel onbestaande tot matig negatief ingeschat en kunnen dus allen als aanvaardbaar beschouwd worden (zie tabel besluit).

5.4.3.3 Vogels

5.4.3.3.1 Constructiefase

Tijdens de constructiefase kunnen volgende effecten een significante verstoring veroorzaken op bepaalde soorten als gevolg van de werkzaamheden:

- Barrièrewerking door geluidsverstoring;
- Toegenomen scheepvaart;
- Sedimentatie;
- Voedselbeschikbaarheid.

Geluidsverstoring

Tijdens de werkzaamheden kan er een barrièrewerking optreden ten opzichte van de migrerende vogels. Deze barrièrewerking zal voornamelijk het gevolg zijn van de geluidsproductie ter hoogte van het concessiegebied en de aanwezigheid van de schepen. Tevens kunnen in de non-operationele fase al aanvaringen plaatsvinden met de masten, hoewel de kans op aanvaringen opmerkelijk kleiner wordt ingeschat als in de operationele fase.

Bij de constructie van de offshore windmolenparken Horns Rev en Nysted in Denemarken (Christensen *et al.,* 2003; Petersen *et al.,* 2006), bleken zeevogels de windturbines te vermijden, hoewel de reacties sterk soortafhankelijk waren. Verstoringsgevoelige soorten (vb. Roodkeelduiker, Zwarte zee-eend, Fuut, Zeekoet, Alk) kunnen door het geluid tijdelijk het gebied vermijden, terwijl andere soorten zoals Zilvermeeuwen mogelijk voordelen kunnen hebben van de werkzaamheden door het tijdelijk beschikbaar komen van voedsel door het omwoelen van de bodem en verhoogde scheepsactiviteit (Stienen *et al.,* 2002; Vanermen *et al.,* 2006).

Bij de constructie van windmolenparken in Nederland, bij het heien van de turbinepalen bij de aanleg van een windmolenpark op acht zeemijl ten noordwesten van IJmuiden (Nederland) werden geen negatieve effecten vastgesteld op duikende vogels, die als meest kwetsbaar beschouwd worden (Leopold & Camphuysen, 2007).

De omgeving van de Thorntonbank waar het windmolenpark wordt gebouwd, vormt geen concentratiegebied voor de verstoringsgevoelige soorten zoals Roodkeelduiker en Zwarte zee-eend. Fuut werd tijdens de monitoringsperiode van 2005-2007 niet waargenomen ter hoogte van de Thorntonbank. Wat Zeekoet en Alk betreft, worden er ter hoogte van de Thorntonbank wel grote densiteiten waargenomen, voornamelijk tijdens de winter en herfstperiode. Toch is de Thorntonbank niet van bijzonder belang voor deze soorten (Vanermen & Stienen, 2009), waardoor er algemeen gezien geen significant negatieve effecten (0/-) verwacht ten aanzien van de verstoringsgevoelige soorten. Bijkomend kan er aangehaald worden dat de werkzaamheden hoofdzakelijk zullen uitgevoerd worden in de periode van april tot oktober, al blijkt op basis van de ervaringen bij de bouw van de andere windmolenparken op het BDNZ dat er ook kan gewerkt worden in de winterperiode bij koude maar heldere, kalme weersomstandigheden.

Verstoring door sedimentatie

Indien gravitaire funderingen gebruikt worden moet er een grote hoeveelheid zand gebaggerd en verplaatst worden. De opwerveling van het bodemsediment en het ontstaan van een slibpluim door uitspoeling (winning en het storten van dit zand) leidt tot vertroebeling van het

water met gevolgen voor het lichtregime en bijgevolg voor de primaire productie (Verfaillie *et al.*, 2006). Hierdoor kunnen visueel prederende vogelsoorten zoals sternen moeilijkheden ondervinden tijdens het foerageren.

Gezien de natuurlijke hoge invoer van gesuspendeerd materiaal tengevolge van getijden- en golfwerking (zeer dynamisch systeem), zijn soorten in het BDNZ reeds aangepast aan het jagen in van nature troebel water. In tegenstelling tot gebieden die dichter bij de kust zijn gelegen, situeert het Rentel windmolenpark zich echter in helder kanaal water (Van den Eynde *et al.*, 2010). Het effect is echter slechts tijdelijk van aard en beperkt in uitbreiding. Bijgevolg worden er ten aanzien van de oogjagende zeevogels geen significant negatieve effecten verwacht. Het effect wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Voor de configuraties die gebruik maken van monopile of jacket funderingen, zal de vertroebeling van de waterkolom minder groot zijn. Als besluit kan er gesteld worden dat er geen betekenisvol onderscheidend effect is tussen de verschillende type(s) funderingen.

Voedselbeschikbaarheid

Door het heien kunnen er negatieve effecten op vislarven zijn. De rekrutering van de betrokken soorten kan beïnvloed worden en een verminderd voedselaanbod betekenen voor visetende vogelsoorten. Dit kan een gering negatief effect hebben op vogels (0/-).

5.4.3.3.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase zijn er twee grote effecten te onderscheiden voor lokale en migrerende vogels: het aanvaringsaspect waarbij vogels in aanvaring komen met de turbines met de dood tot gevolg, en het verstoringsaspect met enerzijds habitatverlies voor de soorten die het windmolenpark zullen vermijden als foerageer- of rustgebied, en anderzijds een barrière-effect van het windmolenpark waardoor migrerende vogels een langere weg moeten afleggen om rond het park heen te vliegen, wat resulteert in een verhoogd verbruik van energie.

Aanvaringsaspect

Vogels botsen vrijwel uitsluitend 's nachts, in de schemering en bij slechte zichtomstandigheden (mist, harde wind, nevel, regen) tegen windturbines (Stienen *et al.*, 2002). Het aanvaringsrisico is over het algemeen gerelateerd aan het aantal aanwezige (vliegende) vogels, terwijl de grootte van de turbines minder belangrijk lijkt (Everaert & Stienen, 2006). De aanvaringskans zal dus het grootst zijn op plaatsen waar veel vogels op windturbinehoogte passeren (Stienen *et al.*, 2002).

De resultaten van het onderzoek in de offshore windmolenparken (Horns Rev, Yttre Stengrund, Utgrunden, Tumø Knob, Blyth Harbour, OWEZ) hebben geen onaanvaardbare effecten aangetoond. Daar waar vogelmortaliteit vastgesteld werd, blijven de omstandigheden en de omvang van de mortaliteit onduidelijk wegens gebrek aan lange termijn ervaring. Verder tonen radarstudies bij Horns Rev, Nysted en OWEZ aan dat veel zeevogels die een windmolenpark binnenvliegen, zich heroriënteren en lager gaan vliegen, onder de rotorhoogte en tussen de windturbinerijen door, wat het aanvaringsrisico doet dalen (Petersen *et al.*, 2006; Krijgsveld *et al.*, 2011).

Maar zelfs in de veronderstelling dat een windmolenpark resulteert in lage dodelijke aanvaringen, dan nog kan die bijkomende mortaliteit significant zijn voor langlevende soorten met een lage productiviteit en een lage maturiteitssnelheid, vooral wanneer speciale beschermingssoorten beïnvloed worden. In dergelijke gevallen kunnen windmolenparken

significante effecten hebben op populatieniveau (lokaal, regionaal of nationaal), in het bijzonder in situaties waar cumulatieve mortaliteit plaatsvindt als resultaat van meerdere windmolenparken samen (Drewitt & Langston, 2006).

Naast aanvaringsslachtoffers van zeevogels, kunnen niet-zeevogels zich tijdens hun trekperiode tot obstakels op zee aangetrokken voelen. Vooral tijdens slechte weersomstandigheden kunnen zij proberen neer te strijken ('falls') binnen een windmolenpark (Hüppop *et al.*, 2006). Tijdens dergelijke 'falls' is het mogelijk dat er zeer veel aanvaringsslachtoffers vallen, al vormt dit op basis van de beschikbare gegevens op dit moment nog steeds een leemte in de kennis. Het voorziene radaronderzoek (zie verder) zal hierover meer informatie kunnen verschaffen.

In het onderzoek van Vanermen & Stienen (2009) werd een inschatting gemaakt van het te verwachten aantal aanvaringsslachtoffers ter hoogte van het windmolenpark op de Thorntonbank (C-Power). Vanermen & Stienen (2009) onderzochten tevens het verschil in densiteit voor 10 zeevogelsoorten binnen de impactzone van het windmolenpark op de Thorntonbank en een controlezone in de omgeving ervan, in de periode 2005-2007 (voor de bouw van de windturbines) en in 2008 bij aanwezigheid van de eerste 6 windturbines. De resultaten kunnen als richtwaarden gebruikt worden voor het projectgebied van Rentel, hoewel men er rekening mee dient te houden dat er in de toekomst veel hogere aantallen turbines aanwezig zullen zijn in het BDNZ.

Zoals hiervoor reeds gesteld, hangt het aantal aanvaringsslachtoffers sterk af van het aantal vliegbewegingen (flux) ter hoogte van het windmolenpark en het aantal vogels dat op hoogte van de rotor vliegt, wat sterk soortafhankelijk is. Tijdens de monitoring, uitgevoerd in de periode 2005-2008, werden de vlieghoogtes van de vogels in detail onderzocht. In *Tabel 5-59* wordt per soort het procentueel aantal zeevogels dat op rotorhoogte werd waargenomen weergegeven. De rotordraaihoogte die hier in beschouwing is genomen, is een hoogte tussen de 31 en 157 m. D.w.z. dat onderstaande vaststellingen kunnen gebruikt worden voor de turbines in de basisconfiguratie en configuratie 1 (6,15 MW), maar minder geschikt zijn voor configuraties 2 en 3 aangezien de rotorhoogte hier van ca. 175 m (7 MW) tot ca. 189 m (10 MW) reiken bij een gemiddelde waterdiepte van ca. 30 m.

*Tabel 5-59 Procentueel aantal zeevogels dat op rotorhoogte vliegt ten opzichte van het totaal aantal getelde vogels in de periode 2005-2008. *: Bijlage I soort van de Vogelrichtlijn (Vanermen & Stienen, 2009)*

Soort	Aantal	% vliegend op rotorhoogte
Fuut	78	0,0%
Noordse stormvogel	1251	0,0%
Zwarte zee-eend	801	0,0%
Zeekoet	280	0,0%
Alk	59	0,0%
Visdief*	3166	0,4%
Grote stern*	1318	1,1%
Dwergmeeuw*	973	1,3%

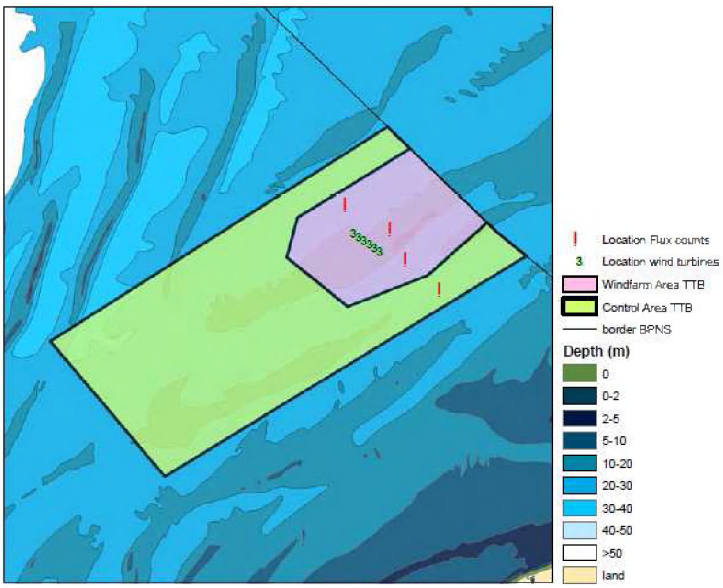
Soort	Aantal	% vliegend op rotorhoogte
Roodkeelduiker	239	2,5%
Drieteenmeeuw	2682	4,5%
Kokmeeuw	1314	5,0%
Jan-van-gent	2064	5,7%
Grote jager	133	7,5%
Stormmeeuw	2135	7,9%
Zilvermeeuw	1903	14,5%
Kleine mantelmeeuw	8044	16,7%
Grote mantelmeeuw	1482	17,1%

De conclusies op basis van het monitoringsonderzoek van Vanermen & Stienen (2009) zijn grotendeels gelijkaardig aan hetgeen reeds verondersteld werd in Vanermen *et al.* (2006):

- Een aantal soorten werd nooit boven de 31 m en bijgevolg ook nooit op rotorhoogte waargenomen. Het betreft Fuut, Noordse stormvogel, Zwarte zee-eend, Zeekoet en Alk.
- Boven de 31 m en ter hoogte van de rotor komen voornamelijk grote meeuwensoorten voor zoals Zilvermeeuw, Kleine mantelmeeuw en in mindere mate Grote mantelmeeuw;
- Stormmeeuw, Jan-van-gent en Drieteenmeeuw werden waargenomen tot 50 m boven het wateroppervlak. Bijkomend werden enkele sporadische waarnemingen van Jan-van-gent en Drieteenmeeuw geregistreerd respectievelijk tussen de 110 en 120 m en tussen de 60 en 70 m.
- Veldobservaties tonen tevens aan dat er een dagelijkse variatie bestaat in het aantal vogels dat per dag ter hoogte van de rotor vliegt, afhankelijk van ondermeer de weersomstandigheden. Vooral bij helder en zonnig weer worden deze soorten op een hoogte van meer dan 31 m waargenomen.

Op basis van de frequentie distributies voor bovenvermelde soorten voor de verschillende vlieghoogtes, opgesteld door Vanermen & Stienen (2009), kan er vastgesteld worden dat de meeste soorten, met uitzondering van Kleine mantelmeeuw en Zilvermeeuw niet boven de 70 m vliegen. De conclusies voor de windturbines van C-Power en de windturbines in de basisconfiguratie en configuratie 1 van Rentel kunnen bijgevolg ook gebruikt worden voor configuratie 2 en 3.

Vanermen & Stienen (2009) bepaalden tevens de vogelflux ter hoogte van de windmolenparkzone op de Thorntonbank gedurende twee trekperioden in 2008 (april-mei en september-oktober). In tegenstelling tot de algemene vogeltellingen werden deze fluxtellingen uitgevoerd vanaf een stilliggend schip. Vanaf vier vastliggende locaties werden alle vogels die de imaginaire lijn noordwest / zuidoost volgden geteld (*Figuur 5-89*). Aangezien één van deze fluxtellingen zich in het Rentel projectgebied bevond, kunnen deze tellingen bijdragen tot het inschatten van mogelijke aanvaringen.



Figuur 5-89 Locaties voor fluxtellingen (Vanermen & Stienen, 2009)

Vanermen & Stienen (2009) bepaalden bijgevolg op basis van de hoogtewaarnemingen en de vogelflux voor een reeks van 9 soorten de kans op aanvaring ter hoogte van de windzone op de Thorntonbank (roze zone in *Figuur 5-89*). Per soort is een procentueel aanvaringsrisico bepaald. Voor een gedetailleerde beschrijving en de achterliggende informatie voor de bepaling van dit aanvaringsrisico per soort wordt verwezen naar Vanermen & Stienen (2009). De besluiten van dit onderzoek luiden als volgt:

- Alkachtigen werden nooit waargenomen ter hoogte van de windmolenparkzone, waardoor het aanvaringsrisico logischerwijs nul bedraagt.
- Het aanvaringsrisico van de Bijlage I soorten Grote stern en Visdief wordt als zeer laag (0,001% of 1/100.000) ingeschat, mede door hun kleine omvang, algemeen lage vlieghoogte en hoge vermijdingsgedrag.
- Het aanvaringsrisico van Dwergmeeuw, die eveneens een Bijlage I soort betreft, wordt als veel hoger ingeschat, namelijk 1/7.000.
- Voor Drieteenmeeuw, Jan-van-gent, Grote jager en Stormmeeuw wordt een aanvaringsrisico tussen de 1/2.000 en 1/1.100 verwacht, wat als matig gevoelig kan beschouwd worden. Het aantal slachtoffers ligt hier op 1 tot 10 slachtoffers per 10.000 vluchtbewegingen.
- De grote meeuwen zijn het meest gevoelig voor aanvaring met de windturbines, waarbij het aantal aanvaringen op 2 t.o.v. 1.000 vliegbewegingen wordt ingeschat. Het feit dat grote meeuwen zo gevoelig zijn hangt samen met hun groot formaat en lage wendbaarheid (Vanermen *et al.*, 2006).

Baserend op het verwachte aanvaringsrisico in combinatie met de flux van de vogelsoorten die ter hoogte van de Thorntonbank voorkomen, werd tevens het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers bepaald tijdens de lente en tijdens de herfst (*Tabel 5-60*). Deze cijfers tonen echter wel aan dat er verwacht kan worden dat het aantal slachtoffers van de Bijlage I soorten eerder beperkt zal zijn. De berekeningen geven wel duidelijk aan dat er een groot aantal slachtoffers verwacht wordt onder de grote meeuwensoorten en de Stormmeeuwen.

Tabel 5-60 Verwacht aantal aanvaringsslachtoffers in het toekomstig windmolenpark op de Thorntonbank (C-Power) (Vanermen & Stienen, 2009)

Soort	Aanvaringsrisico (%)	Lente flux (# ind/apr-mei)	Herfst flux (# ind/sept-okt)	# slachtoffers (lente)	# slachtoffers (herfst)
Alkachtigen	0,0000	0	0	0,0	0,0
Grote stern*	0,0010	23.760	0	0,2	0,0
Visdief*	0,0010	23.760	4.320	0,2	0,0
Dwergmeeuw*	0,0141	19.440	0	2,7	0,0
Drieteenmeeuw	0,0511	4.320	10.080	3,1	7,2
Jan-van-gent	0,0668	0	30.240	0,0	26,7
Grote jager	0,0717	4.320	62.640	2,2	32,0
Stormmeeuw	0,0883	12.240	136.080	8,2	90,9
Grote meeuwensoorten	0,2153	799.200	691.200	1720,5	1488,0

Hierbij dient wel opnieuw worden opgemerkt dat dit slechts 'voorlopige' resultaten zijn, gebaseerd op een eerder beperkt onderzoek. Ook bestaan er jaarlijks en seizoenaal sowieso grote natuurlijke schommelingen binnen de vogelpopulaties. Volgens Vanermen & Stienen (2009) kunnen de fluxen van de grote meeuwen misschien overschat zijn, maar het voorziene radaronderzoek zal hier meer duidelijkheid kunnen over geven. Sowieso zal het radaronderzoek wel moeten aangevuld worden met visuele waarnemingen van op de OHVS of nog beter van op de windturbines zelf. De radarstudie moet tevens meer inzicht geven over de vermijdingsreacties van de vogels t.o.v. de windturbines. Een langdurige monitoring is bijgevolg noodzakelijk om duidelijke conclusies te kunnen trekken. Toch geven zij op dit moment het beste beeld van het verwachte aanvaringsrisico op basis van gebiedsspecifieke terreinkennis inzake vogelflux en vlieghoogte in deze zone van de Noordzee.

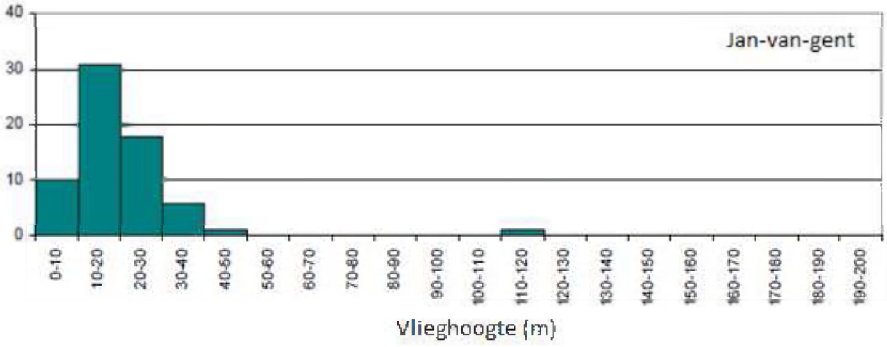
Er kan aangenomen worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers van het Rentel windmolenpark voor de basisconfiguratie en configuratie 1 in dezelfde grootteorde zal liggen als dat van C-Power, aangezien beide windmolenparken relatief dicht bij elkaar gelegen zijn, de rotordraaihoogte van de windturbines in dezelfde grootteorde liggen en de windturbines van beide parken gelijkaardig georiënteerd zijn t.o.v. van de vliegbewegingen van de vogels. Voor configuraties 2 en 3 is het aantal aanvaringsslachtoffers moeilijker in te schatten, omdat er nog geen ervaringsgegevens voorhanden zijn voor dat type windturbine. *Tabel 5-61* geeft de verschillen in rotordraaihoogte (zone boven het wateroppervlak vanaf de onderste tip tot de bovenste tip van de rotor) weer voor de verschillende configuraties.

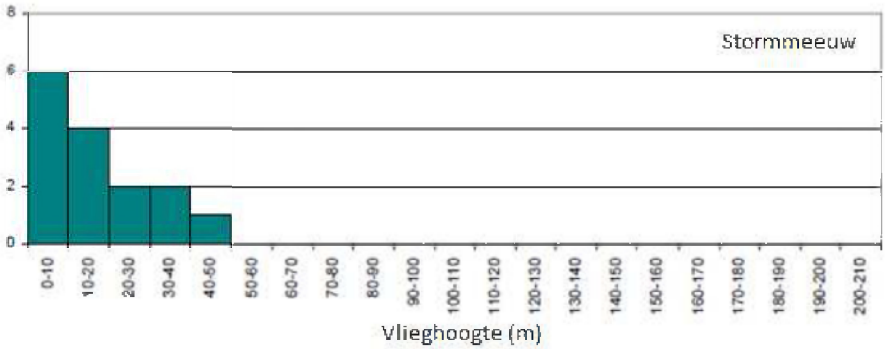
Tabel 5-61 Overzicht van de rotordraaihoogtes van de verschillende configuraties

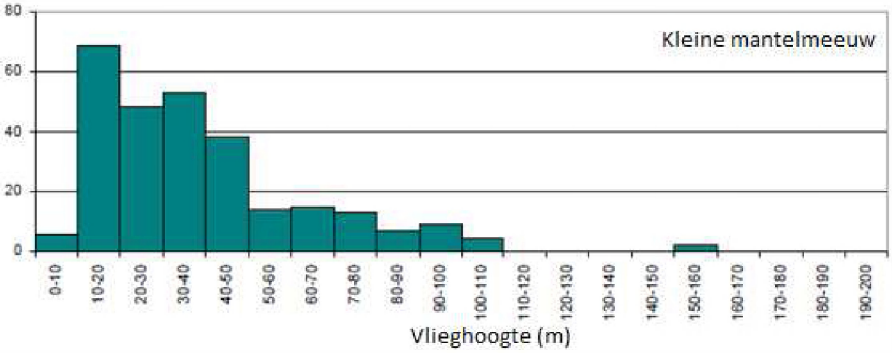
Configuratie	Turbine	Rotordiameter	Naafhoogte	Hoogste rotorpunt	Laagste rotorpunt
Basis	RE Power (6,15 MW)	126 m	95 m	158 m	32 m
1	RE Power (6,15 MW)	126 m	95 m	158 m	32 m
2	Vestas V164	164 m	107 m	189 m	25 m

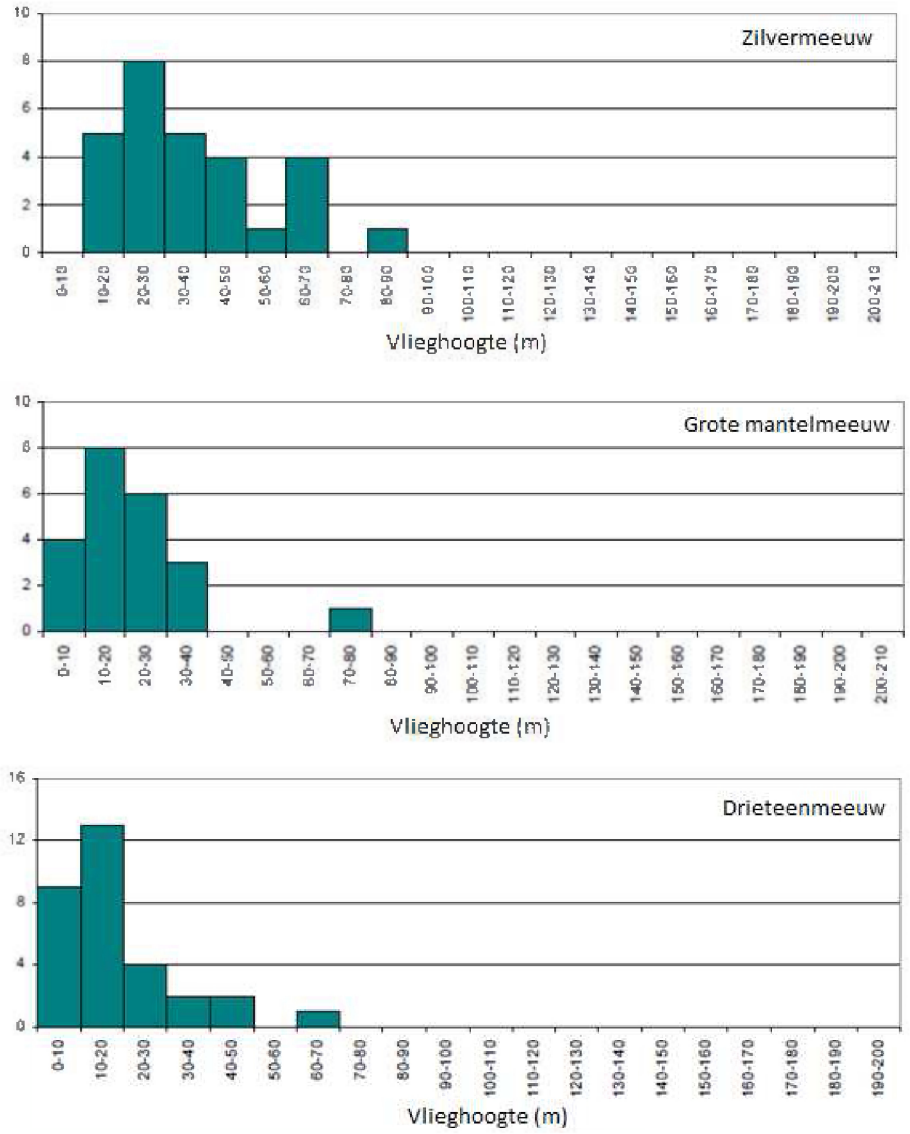
Configuratie	Turbine	Rotordiameter	Naafhoogte	Hoogste rotorpunt	Laagste rotorpunt
	(7 MW)				
3	Britannia (10 MW)	150 m	100 m	175 m	25 m

Figuur 5-90 geeft de waargenomen vlieghoogtes weer van zes veel voorkomende zeevogels (Vanermen & Stienen, 2009). Op basis van deze frequentiedistributies van Jan-van-gent, Stormmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Grote mantelmeeuw en Drieteenmeeuw blijkt duidelijk dat het aantal vogels dat boven de 30 m boven het wateroppervlak wordt waargenomen meestal veel kleiner is dan in de zone tussen de 10 en 30 m. Vooral voor Grote mantelmeeuw, Stormmeeuw, Drieteenmeeuw en Jan-van-gent is er een duidelijke afname van het aantal waargenomen individuen boven de 30 m. Op basis van deze observaties kan er verwacht worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers voor configuraties 2 en 3 groter zal zijn dan voor de basisconfiguratie en configuratie 1.









Figuur 5-90 Frequentiedistributies van de vlieghoogte van zes veel voorkomende zeevogels in het BDNZ (Vanermen & Stienen, 2009)

Daarnaast kan er verwacht worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers voor een windmolenpark in open zee recht evenredig is met het aantal windturbines. Op basis hiervan wordt voor het Rentel windmolenpark voorkeur gegeven aan configuratie 3, waarbij 45 windturbines voorzien worden en het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers het laagst zal zijn. Voor de verschillende funderingsalternatieven, is er vanuit het aspect aanvaring geen verschil naar effecten toe.

Barrière effect en habitatverlies

Vogels die hun vliegrichting veranderen om windmolenparken te vermijden zullen hiervoor meer energie verbruiken. Eveneens kan het potentieel een verstoring veroorzaken tussen de rustgebieden, foerageergebieden, en broedgebieden (Drewitt & Langston, 2006).

Jaarlijks migreren naar schatting 1-1,3 miljoen zeevogels door de Zuidelijke Noordzee (Stienen *et al.*, 2007). In de zuidelijke Noordzee, en in het bijzonder ter hoogte van de Belgische kustzone, worden alle migrerende vogels door dezelfde flessenhals gestuwd

waardoor deze een belangrijke corridor vormt voor migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Lensink *et al.,* 2002; Vanermen *et al.,* 2006). Het is bekend dat vogeltrek zowel overdag als 's nachts plaatsvindt, al is de dagritmiek sterk soortafhankelijk. Kleine insecteneters trekken vrijwel uitsluitend 's nachts, gorzen en zwaluwen doen dit voornamelijk overdag (Lensink *et al.,* 2002; Vanermen *et al.,* 2006).

Resultaten van radarstudies en visuele waarnemingen in Horns Rev, Nysted en Egmond aan Zee tonen aan dat vogels hun vliegrichting aanpassen wanneer ze in de buurt van de offshore windmolenparken komen (Peterson *et al.*, 2006; Krijgsveld *et al.*, 2011). In Horns Rev ontweek 71 tot 86% van de vogels het park als ze op een afstand van 1,5-2 km waren, om dan tot meer dan vijf km rond de buitenkant van het park te vliegen. In Nysted was dit 78%. 's Nachts gebeurt de wijziging van de vliegrichting dichter bij het park (ca. 0,5 km) dan overdag maar de ontwijkingpercentages zijn even hoog. In het Nederlandse OWEZ windmolenpark weken 18% (winter) tot 34% (herfst) van de vogels uit (Krijgsveld *et al.*, 2011). Dit percentage verschilde tussen soorten. Er is dus sprake van een barrière-effect van offshore windmolenparken op migrerende vogels (Petersen *et al.,* 2006). Dit aanpassen van de vliegrichting om windmolenparken te vermijden betekent een negatief effect op de avifauna. Het barrière-effect impliceert immers dat de migrerende vogels een langere weg moeten afleggen, wat zorgt voor een verhoogde energieconsumptie. Masden *et al.* (2009) besluiten echter dat de toegenomen vliegafstand marginaal is vergeleken met de dagelijkse vliegafstand van vogels en dus geen energetische consequenties heeft voor bijvoorbeeld trekvogels (Masden *et al.* 2009).

De Nederlandse overheid drukte in de brief van 12 maart 2009 (Bijlage I van het advies) haar bezorgdheid uit over de bereikbaarheid van het Natura 2000 gebied "de Voordelta". Het klopt dat er veel migrerende vogels door de concessiezone bewegen. Volgens de BMM is die bezorgdheid gegrond en is een monitoring noodzakelijk (BMM 2009).

Door inplanting van windmolenparken kan er bijgevolg een vorm van habitatverlies optreden omdat zeevogels de windmolenparken moeten vermijden. De meest verstoringsgevoelige soorten zoals Jan-van-gent, alkachtigen, Zeekoet en duikers mijden meestal windmolenparken, terwijl meeuwen (alle soorten) en Aalscholvers windmolenparken soms actief opzoeken (Petersen *et al.,* 2006; Krijgsveld *et al.*, 2011). Het monitoringsonderzoek van Leopold *et al.* (2010) ter hoogte van het OWEZ windmolenpark in Nederland stelde echter vast dat Duikers, Alk en Zeekoet toch geen 100% vermijding vertonen; sommigen zwommen tussen de windturbines en konden er soms in grote aantallen voorkomen. Grontmij (2006a) toonde aan dat er een vermindering was van 80% in de aantallen Jan-van-gent in een straal van twee tot vier kilometer rond het windmolenpark te Horns Rev. In de studie van Petersen & Fox (2007) in Horns Rev werd aangetoond dat vogels, in dit geval de Zwarte zee-eend, in grote aantallen werden aangetroffen tussen nieuwe turbines in zee (dit kon pas enkele jaren na de bouwfase vastgesteld worden). Er kon niet uitgesloten worden dat dit aantoonde dat er een verandering was in de voedselbeschikbaarheid (misschien via de kunstmatige riffen) eerder dan een verandering in het gedrag van de vogels zelf (Petersen & Fox, 2007).

Tijdens het monitoringsonderzoek op de Thorntonbank en de Bligh Bank in 2010 werden er verrassend genoeg nu reeds significante effecten gevonden als gevolg van de aanwezigheid van offshore windturbines (Vanermen *et al.*, 2011). Met name op de Thorntonbank blijken de aantallen Visdief en Grote stern binnen het impactgebied te zijn toegenomen sinds de eerste turbines er werden gebouwd in 2008 (Tabel 5-62). Hetzelfde geldt voor Stormmeeuw en Zilvermeeuw op de Bligh Bank. Terwijl er oorspronkelijk vooral gevreesd werd voor habitatverlies, blijkt uit de zeer voorlopige resultaten dat sommige soorten eerder

aangetrokken worden door de windmolenparken dan ze te vermijden (Vanermen *et al.*, 2011; Krijgsveld *et al.*, 2011)). Aantrekking kan het gevolg zijn van de voorkeur voor artificiële objecten als pleisterplaats of als referentiebaken binnen het open zeegebied, maar kan evengoed het gevolg zijn van verbeterde voedselcondities. Reeds tijdens de referentiejaren werd de verhoogde aanwezigheid van sterns in de omgeving van de Thorntonbank aangemerkt als aandachtspunt, gezien hun hoge beschermingsstatus en kwetsbare populaties. Terwijl beide soorten in hun broedgebieden al vaak bloot staan aan de risico's van windmolen gerelateerde mortaliteit, lijkt ditzelfde probleem zich nu ook op open zee te gaan stellen (Vanermen *et al.*, 2011).

Tabel 5-62 Voorlopige effecten op zeevogels door de aanwezigheid van windmolenparken op de Thorntonbank en de Bligh Bank (Vanermen et al., 2011)

Soort	Thorntonbank	Bligh Bank
Noordse stormvogel	Geen effect	Geen effect
Jan-van-gent	Geen effect	Vermijding?
Grote jager		Geen effect
Dwergmeeuw	Geen effect	Vermijding?
Stormmeeuw	Vermijding?	**Aantrekking**
Zilvermeeuw	Geen effect	**Aantrekking**
Kleine mantelmeeuw	Geen effect	**Vermijding**
Grote mantelmeeuw	Geen effect	Geen effect
Drieteenmeeuw	Geen effect	Geen effect
Grote stern	**Aantrekking**	
Visdief	**Aantrekking**	
Zeekoet	Geen effect	Geen effect
Alk	Geen effect	Geen effect

De recente bevindingen onderstrepen ook het belang van degelijk radaronderzoek, om de aantallen vliegbewegingen binnen de windmolenparken in kaart te kunnen brengen, als input voor aanvaringsmodellen. Anderzijds zijn nog steeds slechts 6 van de 54 geplande windmolens op de Thorntonbank aanwezig, en zijn de hier gepresenteerde resultaten hoe dan ook zeer voorlopig te noemen.

De grootte van habitatverlies door de bouw van een windmolenpark (met de bijkomende infrastructuur) is afhankelijk van de grootte van het project. Voor soorten die verstoord worden door windmolenparken betekent de komst van het Rentel project een extra habitatverlies van 0,6% van het BDNZ en wanneer de totale concessiezone voor windmolenparken operationeel is, zo'n 7% van het BDNZ. Effecten kunnen echter wel op grotere schaal plaatsvinden door de impact op het hydrologische systeem of op de geomorfologische processen met erosie tot gevolg. Er zijn nog veel onzekerheden over de reikwijdte en het soort effecten van deze verandering, onderzoek is momenteel aan de gang (Drewitt & Langston, 2006).

Voedselbeschikbaarheid

Turbines kunnen als een kunstmatig rif beschouwd worden, waardoor de diversiteit aan benthosgemeenschappen en vis (prooien voor vogels) er kan toenemen. Een aantrekking van vogels tot het windmolenpark kan echter wel een negatief effect veroorzaken op het aanvaringsrisico.

Tijdens de operationele fase zal er een visverbod gelden binnen het windmolenpark waardoor er een stijging van de voedselbeschikbaarheid kan optreden. Voor meer details wordt verwezen naar § 5.4.3.5 (Harde substraten).

De heiactiviteiten kunnen tijdens de constructiefase een negatief effect hebben op de aanwezige vislarven. Er wordt aangenomen dat in een straal van 1 km van de heilocatie alle vislarven gedood worden. De milieueffectenbeoordeling van Northwind besloot dat dit de rekrutering van de betrokken soorten beïnvloedt en dat dit een verminderd voedselaanbod betekent voor visetende vogelsoorten na het heien. Dit zorgt voor een verminderde kwaliteit van het foerageergebied wat een significant effect heeft op vogels (Degraer & Brabant, 2009).

In Nederland werd vastgesteld dat Aalscholvers gericht vanuit de kolonie naar de windmolenparken vliegen om daar de dag foeragerend en rustend door te brengen. Ze gaan nu dus veel verder in zee dan voorheen om te foerageren (BMM, 2009; Krijgsveld *et al.*, 2011)). Volgens Leopold *et al.* (2010) gebruiken ze het windmolenpark tevens als nieuw platform om van daaruit verder op zee te foerageren. Hoewel de windmolenparken in het BDNZ verder uit de kust liggen dan in Nederland valt dit fenomeen niet uit te sluiten (Degraer & Brabant, 2009).

In Deense windmolenparken in Nysted en Horns Rev werden er geen effecten waargenomen op visabundantie en -distributie (BMM, 2009).

Op basis van bovenstaande vaststellingen kan er nog geen duidelijke inschatting gemaakt worden naar de invloed van de aanwezige windmolenparken op de voedselbeschikbaarheid voor visetende vogels. Monitoring is hier noodzakelijk.

5.4.3.3.3 Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase, met uitzondering van de geluidsproductie (geen heiactiviteiten meer), van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase en bijgevolg als gering negatief (0/-) kunnen beoordeeld worden.

5.4.3.3.4 Bekabeling

Voor het windmolenpark worden 3 kabeltracés tot aan de kust vooropgesteld; allen met aanlanding te Zeebrugge (ten westen van de westelijke strekdam van de haven van Zeebrugge). Voor de drie opties wordt de SBZ-V 3 Zeebrugge doorkruist (Bijlage E). Het gericht marien reservaat 'Baai van Heist' wordt niet doorkruist.

Als gevolg van de aanleg van de kabels kan er een tijdelijke verstoring van de speciale beschermingszone (SBZ) verwacht worden. Deze verstoring zal het gevolg zijn van enerzijds de aanwezigheid van de schepen die de kabel aanleggen en anderzijds de eigenlijk plaatsing van de kabels. Het leggen van de kabels zal een tijdelijke omwoeling tot gevolg hebben van het sediment ter hoogte van de zone waar de kabel ingegraven wordt. Aangezien deze effecten tijdelijk en lokaal zullen zijn, worden er geen significante effecten (0/-) verwacht ten opzichte van de SBZ en de daaraan gebonden vogelsoorten. Tijdens de aanlandingswerkzaamheden van de kabel van C-Power in Oostende werden eveneens geen grote verstoringen vastgesteld (BMM, 2009).

De aanwezigheid van de kabels tijdens de operationele fase zal geen rechtstreeks effecten hebben op de zeevogels.

5.4.3.3.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op vogels

Samenvattend worden de effecten op de vogels weergegeven in

Tabel 5-58 voor zowel de basisconfiguraties als de diverse configuratiealternatieven. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-63 Overzicht van de effecten op vogels (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Geluidsverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Operationele fase											
Aanvaringsaspect	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	- (?)	- (?)	- (?)	- (?)	- (?)
Barrière effect en habitatverlies	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Voedselbeschikbaarheid	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Ontmantelingsfase											
Analoog constructiefase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling											
Algemene verstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.4.3.4 Zeezoogdieren

5.4.3.4.1 Constructiefase

Tijdens de bouwfase kunnen zeezoogdieren door volgende veranderingen hinder ondervinden:

- Voedselbeschikbaarheid;
- Verstoring als gevolg van de verschillende bouwactiviteiten;
- Verhoogde scheepvaart;
- Geluidsverstoring en trillingen.

Voedselbeschikbaarheid

De bouw van windmolenparken kan de voedselbronnen beïnvloeden, waardoor de gebieden minder aantrekkelijk kunnen worden voor zeezoogdieren. Door Bach *et al.* (2000) werd verondersteld dat gedurende de constructiefase de vispopulaties van vooral kabeljauw- en haringachtigen (de voornaamste voedselbron) binnen het windmolenpark en in de onmiddellijke omgeving ervan zullen afnemen. Zo kan geluid geproduceerd door het heien van monopiles of jacket funderingen leiden tot vermijdingsgedrag bij vissen tot op enkele kilometers van het brongeluid. Zeezoogdieren kunnen door de lage voedselbeschikbaarheid het gebied verlaten of omdat het gebied niet langer geschikt is als broedgebied (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Gedwongen verplaatsingen van Bruinvissen omwille van de constructie van windturbines naar gebieden die qua voedselvoorziening minder geschikt zijn, kunnen zeer schadelijk zijn voor Bruinvissen, gezien ze niet lang zonder voedsel kunnen.

De reductie in prooivispopulatie zal waarschijnlijk tijdelijk zijn: de voedselbronnen kunnen zich herstellen wanneer de constructie van het windmolenpark is afgerond (Bach *et al.*, 2000).

Gezien het tijdelijke karaker van de effecten van mogelijke veranderingen in voedselbronnen, wordt het effect als gering negatief beoordeeld (0/-). Het is echter niet te voorspellen over welk gebied effecten zullen optreden, hoe lang Bruinvissen afwezig zullen zijn, en of ze in lagere aantallen zullen terugkeren of niet. Dit geldt tevens voor andere zeezoogdieren.

Algemene verstoring

Het is onvermijdelijk dat er tijdens de constructiefase een verstoring van zeezoogdieren zal optreden. De constructiefase van het windmolenpark wordt voornamelijk gespreid over twee werkbare periodes (globaal april tot en met oktober). Men opteert echter ook steeds meer om door te gaan met het bouwen tijdens de wintermaanden: stil en koud weer is eveneens geschikt voor constructiewerkzaamheden. Bruinvissen worden vooral waargenomen in de periode van 1 januari tot 30 april. Het is dus aannemelijk dat zeezoogdieren verstoord kunnen worden door zowel de bouw van de windturbines als de aanleg van de kabels. Dit als gevolg van toenemende turbiditeit van het water, onderwaterbewegingen, de aanwezigheid van schepen en machines, geluid en andere activiteiten op de zeebodem. De effecten van geluiden en trillingen worden besproken in volgende paragraaf.

Gezien het beperkt aantal bijkomende transporten in vergelijking met het huidige aantal al aanwezige scheepsbewegingen in het BDNZ (voornamelijk ter hoogte van de scheepvaartroutes) en gezien de niet permanente invloed worden er geen bijkomende negatieve effecten in de vorm van verstoring verwacht tengevolge van de algemene constructiewerkzaamheden van het windmolenpark (Stienen *et al.*, 2002; BMM, 2009). Er wordt verondersteld dat zeezoogdieren de site waar de constructieactiviteiten plaatsvinden en de onmiddellijke omgeving ervan zullen verlaten, de site tijdelijk zullen mijden en na het beëindigen van de constructiefase terug zullen keren naar het windmolenpark (o.a. Bach *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Gedragswijzigingen tengevolge van verstoring kunnen eveneens leiden tot scheiding van moeder en kalf groepen (OSPAR, 2008a). Het is opnieuw niet te voorspellen over welk gebied effecten zullen optreden, hoe lang Bruinvissen afwezig zullen zijn en of ze in lagere aantallen zullen terugkeren of niet.

Verstoring tengevolge van de algemene constructiewerkzaamheden wordt als gering negatief beoordeeld (0/-).

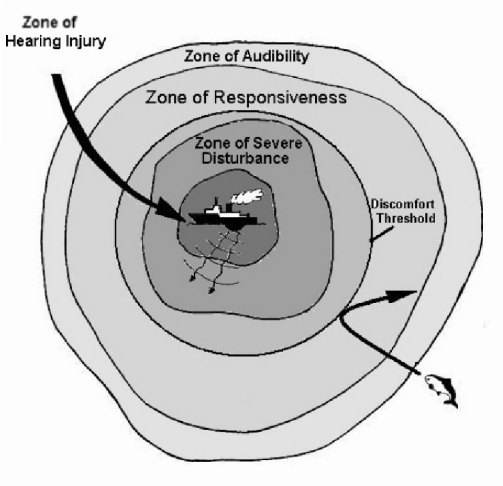
Geluidsverstoring en trillingen

De onderstaande tabel (Tabel 5-64) geeft een overzicht van de algemene kenmerken van het geluid geproduceerd tijdens de constructiefase. Er zijn 2 belangrijke bronnen: het geluid komende van de algemene werkzaamheden (scheepvaart, bouwactiviteiten) en het geluid komende van het heien van de multipode funderingen. Bij gravitaire funderingen, in tegenstelling tot multipode funderingen, worden geen palen geheid, waardoor er geen "impulsieve" geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd worden. Ook wanneer men gebruik zou maken van de suction bucket techniek ter vervanging van het heien van de palen (monopiles en jacket funderingen) zal er geen hoog geluidsniveau worden geproduceerd. Het valt te verwachten dat de mogelijke gevolgen voor zeezoogdieren tijdens de constructiefase minder negatief zullen zijn bij het plaatsen van een gravitaire fundering tegenover een multipode fundering of bij het gebruik van een suction bucket, gezien het heien van palen niet zal plaatsvinden.

Tabel 5-64 Overzicht van de algemene kenmerken van het geluid tijdens de constructiefase

Werkzaamheden	Verschillende bouwactiviteiten: aanwezigheid van de schepen en machines	Heien van multipode funderingen met hydraulische hamers
Wanneer	2 jaar Waarschijnlijk april tot en met oktober	
Duur van het geluid	Continu	Tijdelijk
Frequenties van het geluid	Lage geluidsbronnen (< 1kHz).	Lage frequenties Hoge intensiteit
Verspreiding van het geluid		Hoorbaar op grote afstanden (tot op 100 km)
Mogelijke effecten van het geluid op zeezoogdieren	Varieert van gedragsveranderingen (tot op tientallen km van de werf) tot blijvende fysische schade (binnen enkele 100m van de werf) en mogelijk zelf dood.	
Conclusie	Geluid vergelijkbaar met het achtergrond-geluid van antropogene oorsprong zonder de windturbines. Echolocatie van de zeezoogdieren wordt niet beïnvloed.	Verhoging van het onderwater geluid.

De effecten op zeezoogdieren variëren van gedragverandering op grote afstand tot de bron, tot maskering van het eigen geluid, tijdelijke gehoorshift (temporary threshold shift, een tijdelijke verhoging van de gehoordrempel), permanente gehoorshift (permanent threshold shift, een permanente verhoging van de gehoordrempel), fysische schade en zelfs de dood dicht bij de bron (OSPAR, 2009b). Figuur 5-91 geeft een schematische weergave van de invloedszones rond een geluidsbron. Een ander aspect van de impact van het geluid op organismen is de duur van het geluid: blootstelling van een kortere duur veroorzaakt minder schade dan een langere blootstelling aan hetzelfde geluidsniveau (BMM, 2007; Tasker *et al.*, 2010).



Figuur 5-91 Invloedszones rond een geluidsbron voor zeezoogdieren (Verboom & Kastelein, 2005). Zone of audibility: zone waarbinnen het geluid hoorbaar is voor zeezoogdieren; Zone of responsiveness: zone waarbinnen zeezoogdieren gedragsveranderingen vertonen; Discomfort threshold: overschrijding van deze geluidsdrempel veroorzaakt vermijdings- en afschrikreacties; Zone of severe disturbance: zone waarbinnen ernstige verstoring (sterke vermijdingsreacties) van zeezoogdieren optreedt; Zone of hearing injury: zone waarbinnen gehoorschade optreedt.

In het hoofdstuk 'Geluid en trillingen' werd berekend dat er tijdens het heien van monopiles (met diameter tussen 4 en 5 meter, met verschillende lengte en ter hoogte van een verschillende bathymetrie) op 20 km afstand nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau. Op 80 km afstand wordt het achtergrondgeluidsniveau vermoedelijk niet meer overschreden. Deze afstanden werden afgeleid uit geluidsmetingen uitgevoerd tijdens heiactiviteiten ondermeer ter hoogte van het Belwind windmolenpark (Bligh Bank) (Norro *et al.*, 2010). Er kan verondersteld worden dat het geluidsdrukniveau onder water voor het heien van de jacket fundering (diameter 2,25-3 meter) lager zal zijn dan bij het heien van een monopile (diameter 7-8 meter), maar dat de periode waarin geheid zal worden langer zal duren voor het plaatsen van de jacket fundering.

Bruinvissen en gewone zeehonden zijn vermoedelijk in staat om het heien van palen te horen tot op 80 km, of zelfs honderden kilometers van de bron (Thomson *et al.*, 2006). Zeehonden zijn volgens de meeste onderzoekers minder gevoelig voor geluid dan Bruinvissen (Gordon *et al.*, 2007).

In verscheidene studies werden drempelwaarden van geluidsniveaus geschat waarbij gedragsverandering, maskering, tijdelijke gehoorshift, permanente gehoorschade, etc. bij zeezoogdieren verwacht wordt op te treden. Aan de hand van de geschatte drempelwaarden en uitgevoerde geluidsmetingen werden vervolgens diverse invloedszones bepaald (Figuur 5-91). Tabel 5-65 geeft een overzicht van de bevindingen van enkele studies van deze invloedzones voor Bruinvissen.

Tabel 5-65 Invloedszones voor Bruinvissen, bepaald aan de hand van de geschatte drempelwaarden en uitgevoerde geluidsmetingen bij diverse heiwerkzaamheden

Studie	Site	Type fundering	Water diepte	Zone rond bron waarbinnen effect optreedt	Effect
Nedwell *et al.*, 2003	North Hoyle, UK	monopiles, Ø 4 m, lengte 50 m	± 10 m diep	zone van 7,4 km	sterke vermijdingsreactie, ernstige verstoring
				zone van 100 m	permanente gehoorschade
Thomsen *et al.*, 2006	FINO-1 onderzoeks-platform, Duitsland	jacket fundering, Ø 1,5 m per paal	± 30 m diep	zone van > 20 km	gedragsverandering
				zone van 1,8 km	permanente gehoorschade
De Jong & Ainslie, 2008	Q7 windmolenpark, Nederland	monopiles, Ø 4 m	± 20 m diep	zone van > 5,6 km	lichte vermijdingsreactie
				zone van 1,5 km	sterke vermijdingsreactie, ernstige verstoring
				zone van 500 m	tijdelijke shift in gehoordrempel
Norro *et al.*, 2010	Belwind, België	monopiles, Ø 5 m	15 - 37 m diep	zone van > 25 km	gedragsverandering
Bailey *et al.*, 2010	Moray Firth, Schotland	jacket fundering, Ø 1,8 m per paal	> 40 m diep	zone van 70 km	hoorbaar, mogelijk ook gedragsverandering
				zone van 20 km	sterke vermijdingsreactie, ernstige verstoring
				zone van 100 m	tijdelijke shift in gehoordrempel en permanente gehoorschade
Lucke *et al.*, 2011	Alpha Ventus, Duitsland	jacket fundering, Ø 1,8 m per paal	28 m	zone van 25 km	ernstige verstoring, gehoorschade

Tougaard *et al.* (2011) onderzochten de reactie van bruinvissen bij blootstelling aan (opgenomen en gereduceerd qua amplitude) geluid van heien (brongeluid: 180 dB re 1 µPa op 1 m). Men toonde aan dat bruinvissen deze geluidsbron vermeden tot op 200 m afstand, waar het (ontvangen) geluidsniveau nog 140 dB re 1µPa was. Men concludeerde dat bij heioperaties het gebied waarover verstoring optreedt ongeveer gelijk is met het gebied waar een geluidsniveau van 140 dB re 1µ Pa of hoger bestaat. We kunnen dit geluidsniveau toepassen in het regressiemodel zoals voorgesteld in Norro *et al.* (2010): SPL=270,4 dB–27,4log(d)–0,0004 dB/m, met d de afstand tot de bron (in m), 270,4 dB en -27,4log(d) respectievelijk het brongeluidsniveau en de attenuatie (Norro *et al.*, 2010) en 0,0004 dB/m een absorptiecoëfficiënt (Bailey *et al.*, 2010). In Norro *et al.* (2010) werden geluidsmetingen uitgevoerd tussen 400 m en 14 km van een locatie waar palen met een diameter van 4 tot 5 m geheid werden. Op 14 km afstand werd nog een geluidsniveau van 160 dB re 1 µPa gemeten.

Toepassing van het model zou betekenen dat op 25 km afstand een geluidsniveau zouden bereiken van 140 dB re 1µPa. Concreet betekent dit dat theoretisch, en indien het heien lang genoeg zou duren, bruinvissen zouden verdreven worden tot op minimaal 25 km afstand van de heilocatie, wat overeenkomt met de praktische bevindingen van Lucke *et al.* (2011).

Gedurende de constructiefase van verscheidene windmolenparken werd het gedrag en de verspreiding van zeezoogdieren gemonitord, zowel bij uitvoering van zowel algemene constructie- werkzaamheden, als bij heiactiviteiten. In volgende paragrafen worden de resultaten van enkele van deze monitoringscampagnes besproken:

- Horns Rev I – Denemarken (Tougaard *et al.*, 2003, 2006a, 2006b; Vattenfall A/S, 2006, Brandt *et al.*, 2011):
  - Monopiles.
  - Zeehonden vertonen geen gedragswijziging tijdens algemene constructiewerken, Bruinvissen vertonen een lichte terugval.
  - Zeehonden (tot enkele km) en Bruinvissen (tot 25 km) vertonen wel vermijdingsgedrag tijdens het heien. 3 à 4 u na het heien werd echter wel opnieuw normale akoestische activiteit vastgesteld bij Bruinvissen.
  - Tijdens het heien van de palen werd over een afstand van 15 km van de bron een wijziging vastgesteld: op dagen zonder heien was niet-gericht zwemmen het dominant gedrag (voeding) en op dagen met heien was de dominante activiteit gericht zwemmen (reizen). Dit heeft als gevolg dat de kans dat een bruinvis gedetecteerd wordt door een passief akoestisch monitoringstoestel wordt verkleind, gezien de echolocatie-geluidsgolf van de bruinvis zeer gericht is.
  - 'Pingers' en 'seal scares' gebruikt als afweermiddelen (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Het zijn toestellen die geluiden produceren die Bruinvissen en zeehonden afschrikken.

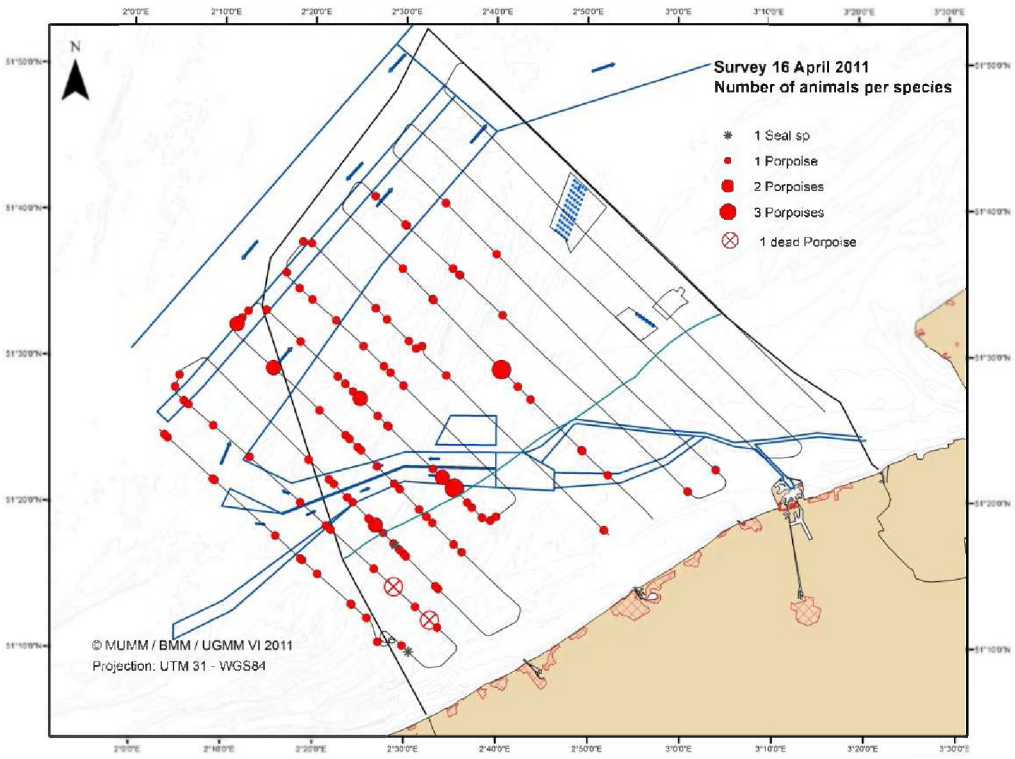
- Nysted – Denemarken (Tougaard *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2005, 2006c; Edrén *et al.*, 2005) :
  - Gravitaire funderingen + ingeheide damwanden.
  - Zeehonden vertonen geen gedragswijziging tijdens algemene werken, voor Bruinvissen werd een duidelijke afname in de echolocatieactiviteit vastgesteld. Zowel in de werkzone als in een zone van 10 km rond het gebied werden Bruinvissen minder waargenomen en vertoonden aanwezige dieren een afwijkend akoestisch gedrag.
  - Na werken volledige terugkeer van echolocatieactiviteit.
  - Groot effect op Bruinvissen tijdens heiactiviteiten (tot 25 km), maar impact is van korte duur.
  - 'Pingers' en 'seal scares' gebruikt als afweermiddelen.

- OWEZ – Nederland (Leopold & Camphuysen, 2008):
  - 36 monopiles.
  - Gebruik van een pinger en een ramp-up procedure (waarbij het geluidsniveau geleidelijk opgedreven wordt).
  - Geen gehoorschade of verhoogde mortaliteit vastgesteld bij Bruinvissen veroorzaakt door de heiactiviteiten .

- Horns Rev II – Denemarken (Brandt *et al.*, 2009):
  - 92 monopiles.
  - Tijdens het heien werd er een duidelijke afname van akoestische activiteit van Bruinvissen waargenomen dicht bij de constructiesite, terwijl er helemaal geen wijziging in activiteit of zelf meer activiteit waargenomen werd op grotere afstand.
  - De zone in de nabijheid van de heiactiviteiten werd vermoedelijk volledig verlaten door Bruinvissen gedurende een gemiddelde periode van 16,6 u, en een maximale periode van 74,2 u na het heien. Deze relatief lange hersteltijd was bijna even lang als de tijd tussen twee heiactiviteiten in, zodat de activiteit en mogelijk ook de densiteit van Bruinvissen in de nabijheid van de constructiesite gereduceerd werd gedurende de gehele periode waarin heiactiviteiten plaatsvonden (5 maand). De hersteltijd is veel langer dan diegene waargenomen bij heiactiviteiten bij de bouw van Horns Rev I, terwijl de ruimtelijke schaal waarover het vermijdingseffect werd waargenomen aanzienlijk kleiner was. Deze verschillen zijn mogelijk het gevolg van afwijkende topografie en daardoor afwijkende geluidstransmissie, en mogelijk eveneens afwijkende habitatgeschiktheid tussen beide gebieden. Er wordt verondersteld dat de gebruikte afschrikmechanismen hun doel bereikt hebben, gezien het ontstaan van fysische schade binnen een zone 2 km van de heilocaties verwacht werd, en er op een afstand van minder dan 3 km geen dieren waargenomen werden.

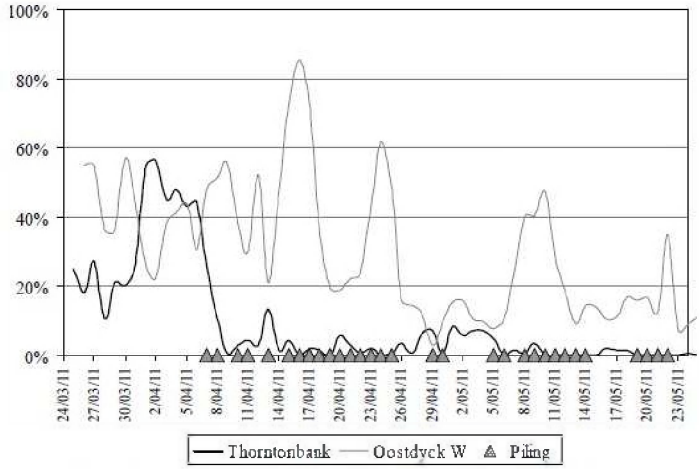
- Murray Firth – Schotland (Thompson *et al.*, 2010):
  - 2 jacket funderingen.
  - Bruinvissen bleven het gebied tijdens de constructiewerkzaamheden gebruiken, hoewel in mindere mate.
  - Chronische verstoring tengevolge van o.a. scheepvaart geassocieerd met de constructiewerkzaamheden zou even belangrijk kunnen zijn als de tijdelijke verstoring van heiwerkzaamheden, althans in de zone dicht bij de turbinelocaties (1-2 km).
  - Geluid voortgebracht door het heien heeft zich vermoedelijk wel over een veel grotere afstand voortgeplant dan geluid van algemene werkzaamheden.
  - Bruinvissen binnen een zone van 1-2 km van de site kunnen korte termijn reacties vertonen, maar er worden geen ingrijpende lange termijn veranderingen vastgesteld.

- Thorntonbank C-Power fase 2 – België (Haelters *et al.*, in prep; BMM, 2011b):
  - 6 vakwerk funderingen.
  - Tijdens luchtsurveys konden 2 weken na de start van het heien geen Bruinvissen waargenomen worden in een ruim gebied rond de heilocatie (Figuur 5-92).



Figuur 5-92 Waarnemingen van Bruinvissen (rode stippen) en zeehonden (grijze stippen) tijdens de survey van 16 april 2011, na de start van de constructiefase C-Power 2. Grijze lijn: survey track. De scheepvaartroute, het ankergebied en de offshore windmolenparken (Belwind en C-Power) worden aangeduid (Haelters et al., 2012, in voorbereiding)

- Een passief akoestisch monitoringstoestel detecteerde vrijwel geen bruinvissen meer vanaf de start van het heien, mogelijk een lokale verstoring door het gebruik van een akoestisch afschrikmiddel (Figuur 5-93).



Figuur 5-93 Voorlopige (niet geverifieerde) resultaten van passieve akoestische monitoring met C-PoDs op de Thorntonbank en de Oostdyck W (detecties uitgedrukt als% detectie positieve blokken van 10 minuten per dag). De heiactiviteiten worden weergegeven met driehoeken op de x-as (BMM, 2011b)

- Het geluidsniveau gemeten tijdens het heien van de palen met een diameter van 1,7 m was 180 dB re 1 µPa op 250 m afstand en 173 dB re 1 µPa op 1,6 km afstand.

Het heien van monopiles wordt verondersteld een significant negatief effect te hebben op zeezoogdieren in de nabijheid van de heilocaties. Het heien van jacket funderingen wordt eveneens als significant negatief beoordeeld door het hoger aantal palen ten opzichte van monopiles, ondanks dat het geluidsdrukniveau onder water lager zal zijn (dunnere palen). Gezien de seizoenaal hoge dichtheid aan Bruinvissen in Belgische wateren, en de afstanden waarop verstoring kan optreden, kunnen gedragveranderingen verwacht worden voor honderden tot duizenden dieren. Er wordt niet verwacht dat heiactiviteiten fysische schade of verstoring zullen veroorzaken bij zeehonden die deel uitmaken van de dichtst bijzijnde kolonies, met name in het Natura 2000 gebied 'Voordelta' in de Nederlandse Delta, gezien de afstand van het Rentel windmolenpark tot dit beschermd gebied (ca. 25 km), en gezien zeehonden overwegend dicht bij de kust verblijven, waar zich rustplaatsen en kolonies bevinden. Het is evenwel te verwachten dat het geluid veroorzaakt door het heien voor zeehonden in een zeer ruim gebied rond de bouwwerf hoorbaar zal zijn (BMM, 2007).

Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen daarom enkel aanvaardbaar (matig negatief (-)) mits toepassing van een aantal milderende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de kans op gehoorschade en andere significant negatieve effecten bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden (zie § 5.4.5.4) (BMM, 2009). Om geluidsverstoring te vermijden kan ook gebruik worden gemaakt van de suction bucket techniek. In dit geval, of wanneer er gekozen wordt voor gravitaire funderingen, worden er geen 'impulsieve' geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd. Voor de installatie van gravitaire funderingen zullen wel grote volumes sediment moeten gebaggerd worden. Hoewel het niveau van het onderwatergeluid veroorzaakt door baggerschepen tamelijk hoog is, kan het niet beschouwd worden als een 'impulsieve' of acute bron, eerder als een 'continue', 'coherente' bron. Gezien de karakteristieken van de geluidsbron, het zeer plaatselijke karakter van de werken en de grote mobiliteit van de zeezoogdieren, valt niet te verwachten dat belangrijke en langdurige negatieve effecten (onder de vorm van verstoring) te verwachten zijn, of dat de effecten belangrijker zijn dan bij het gebruik van monopiles. Het valt te verwachten dat de mogelijke gevolgen voor zeezoogdieren tijdens de constructiefase minder negatief zullen zijn bij het plaatsen van een gravitaire fundering of bij gebruik van de suction bucket techniek, tegenover een monopile of een jacket fundering, gezien het ontbreken van heiactiviteiten (gering negatief, 0/-) (BMM, 2006).

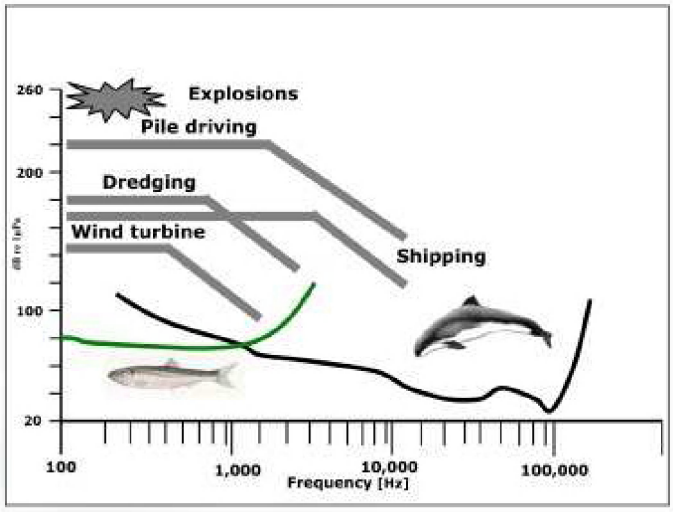
5.4.3.4.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase kunnen er zich effecten op zeezoogdieren voordoen tengevolge van trillingen en geluiden van de windturbines, habitatverlies als gevolg van de fysische aanwezigheid van een windmolenpark, verstoring door onderhoudswerken en veranderingen in beschikbare voedselbronnen.

Geluidsverstoring en trillingen

Zeezoogdieren (dolfijnen, bruinvissen) bezitten een geavanceerd sonarsysteem dat hun toelaat te navigeren en te jagen zonder gebruik te maken van andere zintuigen (echolocatie). In troebel water is dit absoluut noodzakelijk voor de overleving. Deze echolocatie zou verstoord kunnen worden door het geluid afkomstig van de operationele windturbines (Bach *et*

al., 2000) (Figuur 5-94). Gedurende de operationele fase zullen de windturbines namelijk geluid produceren in de lucht en via de windturbine en de fundering ook in het water.



Figuur 5-94 Vergelijking van de gevoeligheid van Haringen (groene lijn) en Bruinvissen (zwarte lijn) ten opzichte van anthropogene geluiden (Thomsen et al., 2009)

Het geluid van operationele windturbines kan hoorbaar zijn voor Bruinvissen tot op een afstand van ongeveer 50 m (Henriksen *et al.*, 2003), voor zeehonden tot een afstand van 1 km (Dolman *et al.*, 2003). De chronische blootstelling aan bijkomend lawaai kan het habitat van zeezoogdieren op die manier aantasten en verkleinen (BMM, 2009; Tasker *et al.*, 2010).

In het hoofdstuk 'Geluid en trillingen' wordt besloten dat het geluid van de operationele windturbines onder water in het slechtste geval zal leiden tot een verhoging van het geluidsniveau in een zone die beperkt blijft tot het gebied tussen de windturbines en niet buiten de 500 m veiligheidsgrens zal gaan. In de samenvattende literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2007) werd besloten dat het geluidsniveau onder water afkomstig van de windturbines zeer laag is. Slechts enkele onderwatermetingen waren hoger dan het achtergrondgeluid onder water.

Geluiden in de operationele fase kunnen een impact hebben, maar de effecten zullen waarschijnlijk gering zijn (Bach *et al.*, 2000, Dolman *et al.*, 2003; Diederichs *et al.*, 2008). Uit studies met het (gesimuleerde) geluid van een 2 MW turbine leidde men af dat Bruinvissen het geluid hoorden, maar dat ze geen gedrag gerelateerd aan een vluchtreactie, angst of paniek vertoonden. Ze waren voorzichtig, maar benaderden en exploreerden zelfs de geluidsbron (Koschinski *et al.*, 2003). Uit monitoringsstudies van het windmolenpark Horns Rev in Denemarken (Tougaard *et al.*, 2006a, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) bleek dat het onderwatergeluid geproduceerd door 80 windturbines van elk 1,8 MW geen impact had op Bruinvissen tijdens de operationele fase. Over de impact van grotere windturbines tijdens de exploitatie bestaat vooralsnog geen data.

Het effect van geluid en trillingen geproduceerd door de geplande windturbines van een minimum 6 MW tot maximum 10 MW in het projectgebied van Rentel kan momenteel nog niet ingeschat worden, en het is zeer moeilijk, zo niet onmogelijk, dit te voorspellen. Grotere turbines zullen vermoedelijk geluid met hogere geluidsniveaus en lagere frequenties produceren (OSPAR, 2009a). Bovendien is dit geluid afhankelijk van de locatie (type ondergrond, waterdiepte, etc.), het type fundering en de windsnelheid. Het valt echter niet te

verwachten dat de effecten merkbaar zullen zijn over een grote afstand en dat ze, gezien hun continue niveau, een verstorend effect zullen hebben voor zeezoogdieren in de onmiddellijke omgeving van het park (Tougaard *et al.*, 2008). Meer acute effecten, zoals trauma's of sterfte, kunnen niet verwacht worden. Eventueel kan gewenning optreden. Secundaire effecten kunnen ontstaan door het verstoren van de prooien van zeezoogdieren in en om het park. Dit is een hiaat in de kennis.

Er wordt verondersteld dat het effect van geluid en trillingen tijdens de operationele fase gering negatief is (0/-).

Fysische aanwezigheid van het windmolenpark

De windturbines zijn grote constructies die de fysische karakteristieken van de omgeving opmerkelijk veranderen. Dit kan een impact hebben op bepaalde dieren: vermindering in gebruik van het gebied of het verlaten van het gebied. De fysische aanwezigheid van de windturbines kan ook dieren aantrekken, die het als rustplaats kunnen gebruiken of als verdediging tegen predatoren (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

De resultaten van verscheidene monitoringsstudies in dit kader zijn niet altijd eenduidig. Observaties in het offshore windmolenpark bij Vindeby en Tunø Knob (Denemarken) tonen aan dat Bruinvissen niet verstoord werden door de fysische aanwezigheid van de windturbines wanneer deze niet actief zijn. Op het offshore windmolenpark Nysted werd een duidelijke afname in de echolocatie activiteit van de Bruinvissen vastgesteld gedurende de exploitatie van het park: er werden minder Bruinvissen waargenomen in het windmolenpark dan er buiten (Tougaard *et al.*, 2006c). De visuele impact van de roterende windturbinebladen en reflectie van licht zijn mogelijke oorzaken hiervoor (Bach *et al.*, 2000). Andere mogelijke oorzaken voor een verminderd gebruik van het windmolenpark zijn directe verstoring tijdens de exploitatie (zoals geluid of verstoringen door onderhoudsschepen) of indirect via een beïnvloeding van hun prooien. Deze mogelijke oorzaken worden in volgende paragrafen verder besproken. Bij het windmolenpark Nysted werd twee jaar na de start van de exploitatie nog steeds een verminderd gebruik van het windmolenpark waargenomen, hoewel er op dat moment indicaties waren van een traag, gradueel herstel (Tougaard *et al.*, 2006c). Uit monitoringsstudies van het windmolenpark Horns Rev werd er gedurende 2 jaar exploitatie zelfs helemaal geen effect vastgesteld op de abundantie van Bruinvissen (Tougaard *et al.*, 2005, 2006b; Vattenfall A/S, 2006). Recente informatie, verkregen via passieve akoestische monitoring, over de aanwezigheid van Bruinvissen in en om het windmolenpark Egmond aan Zee duidt op een verhoogde aanwezigheid van Bruinvissen binnen het park in vergelijking met daarbuiten (Scheidat *et al.*, 2011). De achtergrond voor die verhoogde aanwezigheid was niet duidelijk; de auteurs bespreken twee verschillende mogelijke oorzaken: een hogere voedselbeschikbaarheid binnen het park ('reef-effect', en afwezigheid van visserij) en/of het vermijden van verstoring buiten het park: de afwezigheid van vaartuigen binnen het park in dit overwegend druk bevaren zeegebied.

Dietz *et al.* (2000) geven aan dat de fysische aanwezigheid van windturbines vooral van belang is voor zeehonden. Reflectie van windturbines in de zon en de schaduwen van de roterende wieken kunnen in het begin zeehonden afschrikken, hoewel zij op termijn vermoedelijk gewenning zullen vertonen voor deze vorm van verstoring. Ter hoogte van de windmolenparken Horns Rev I en Nysted werden bij de exploitatie echter geen veranderingen waargenomen in het gedrag van zeehonden bij de exploitatie (Edrén *et al.*, 2005; Teilmann *et al.*, 2005, 2006c; Tougaard *et al.*, 2006a; Vattenfall A/S, 2006). Bij monitoring ter hoogte van het OWEZ windmolenpark werd bovendien vastgesteld dat het gebied zeer zelden door

zeehonden doorkruist en gebruikt werd, zowel voor als na de bouw van het windmolenpark. Voorts bleken zeehonden bij voorkeur dicht bij hun uithaalplaatsen te blijven (kustzones) en diepere zones te vermijden (Brasseur *et al.*, 2008).

De fysische aanwezigheid van het windmolenpark heeft waarschijnlijk vrijwel geen effect (0) op zeezoogdieren. Er zal vermoedelijk gewenning optreden. Verder wordt er niet verwacht dat de fysische aanwezigheid van de kabels, ingegraven in de zeebodem, enige veranderingen zullen veroorzaken in de abundantie van zeezoogdieren.

Verstoring door onderhoudswerken

Tijdens het onderhoud van het windmolenpark kan een verstoring van de zeezoogdieren optreden. Mensen die het windmolenpark binnenkomen om onderhoudswerken uit te voeren, vliegtuigen en helikopters die op lage hoogte vliegen, een toename in het scheepsverkeer, etc. kunnen de aanwezige dieren verstoren. Een toename in scheepvaart ten behoeve van onderhoud zal met kleine, snelle boten meer verstoring teweegbrengen dan met zwaar, regelmatig bootverkeer (Dietz *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Er wordt verwacht dat onderhoudsactiviteiten een verstorend effect zullen hebben. Dit effect wordt als gering negatief beoordeeld (0/-) omwille van zijn tijdelijke aard en omwille van de beperkte zone die zal beïnvloed worden. Bovendien kan er verwacht worden dat zeezoogdieren enige gewenning zullen vertonen ten opzichte van de onderhoudsactiviteiten binnen het windmolenpark.

Voedselbeschikbaarheid

Tijdens de constructie van een windmolenpark kan een afname van de vispopulatie verwacht worden (zie deel "Vissen"). Er wordt echter geen permanente afname in de voedselbronnen verwacht.

Tijdens de operationele fase kan er eventueel een toename optreden van zeezoogdieren in het park of in de omgeving van het park, door het wegvallen van visserij in het gebied, door het beschikbaar zijn van meer voedsel, en door het beschikbaar komen van andere voedselbronnen. Zo kan namelijk door het plaatsen van de funderingen en erosiebescherming een nieuw, kunstmatig, hard substraat gecreëerd worden (zie deel "Harde substraten"). Dit kan dan gekoloniseerd worden door epifauna en flora, waardoor de voedselbeschikbaarheid voor prooivissen toeneemt. Op zijn beurt kan dit leiden tot een toename van de voedselbeschikbaarheid voor zeezoogdieren (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Er werd bijvoorbeeld aangetoond dat zich rond de artificiële substraten gevormd door de funderingen en de erosiebescherming zeer hoge densiteiten Steenbolk bevonden (Reubens *et al.*, 2010). Mogelijk vormen die een nieuwe voedselbron voor zeezoogdieren, hoewel in een initieel onderzoek van maaginhouden van in België gestrande bruinvissen de steenbolk niet als belangrijke prooisoort naar voor kwam (Haelters *et al.*, 2011). In studies in het buitenland werd een verhoging van de densiteit binnen een windmolenpark waargenomen van Tong, Mul en Wijting (ter Hofstede, 2008). Van deze soorten lijkt enkel de Wijting een belangrijke prooisoort voor Bruinvissen. Onderzoek binnen de Belgische windmolenparken is te jong om veranderingen vast te stellen binnen de demersale visfauna (Derweduwen *et al.*, 2010).

Men verwacht dat meer zeezoogdieren aangetrokken worden rond een monopile of gravitaire fundering in vergelijking met een jacket fundering, doordat vermoedelijk meer vissen worden aangetrokken tengevolge van de inbreng van hard substraat.

Het effect op de voedselbeschikbaarheid door de aanwezigheid van het windmolenpark wordt beoordeeld als gering positief (0/+) in het geval gekozen wordt voor een een jacket

funderingstype, of als matig positief (+) indien gekozen wordt voor een monopile of gravitaire fundering.

5.4.3.4.3 Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase in een worst case scenario van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase en dat er bijgevolg een verstoring van de zeezoogdieren zal optreden. Doordat er tijdens de ontmantelingsfase echter niet geheid en gebaggerd zal worden, en de harde substraten normaliter worden achtergelaten, zal die verstoring een minder negatief effect hebben dan in de constructiefase.

Tijdens de ontmantelingsfase wordt het effect op zeezoogdieren daarom als gering negatief (0/-) ingeschat.

5.4.3.4.4 Bekabeling

Tijdens de constructiefase worden de kabels in de bodem ingegraven om beschadigingen te voorkomen. Het maken van de sleuf zal gebeuren hetzij via een ploeg, hetzij via jetting waarbij gebruik gemaakt wordt van een straal onder grote druk om een sleuf in de zeebodem te spuiten. Simultaan met het inleggen van de kabel gebeurt het bedekken met zandig sediment.

Algemene verstoring

Het aanleggen van de kabels kan een tijdelijk effect hebben op zeezoogdieren. Potentiële effecten op zeezoogdieren kunnen zijn (BERR, 2008):

- Aanvaring van de zeezoogdieren met de vaartuigen die de kabels leggen;
- Geluid en visuele verstoring van de vaartuigen en de graafwerken (ploeg, jetting);
- Verstrengeld geraken in de kabels;
- Aanraking met accidentele lozingen van brandstoffen en chemicaliën.

Deze effecten zijn echter tijdelijk, beperkt in omvang en worden daardoor als gering negatief (0/-) beschouwd. Na het leggen van de kabel zal de omgeving zich herstellen.

Elektromagnetische velden

Tijdens de operationele fase zullen de kabels die het windmolenpark met de kust verbinden een artificieel elektromagnetisch veld genereren, dat zou kunnen interfereren met de oriëntatiemechanismen van de zeezoogdieren. De kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren is beperkt. Echter door de configuratie van drie aders in één kabel zullen de elektromagnetische velden elkaar grotendeels opheffen. De resterende veldsterkte wordt verder gereduceerd door de staalmantel rond de kabel. Volgens ABB Power Technology bedraagt het magnetisch veld op 1 meter van de kabel maximum 1,8 µT, terwijl het aardmagnetische veld in de Noordzee circa 50 µT bedraagt (BMM, 2007). Verder neemt de sterkte van de resterende elektromagnetische velden neemt snel af met toenemende afstand tot de kabels. Gezien de kabels bovendien op een diepte van minstens 1 m worden ingegraven en gezien zeezoogdieren niet de gewoonte hebben om dicht bij het bodemoppervlak te zwemmen, is de kans gering dat zeezoogdieren zullen blootgesteld worden aan de elektromagnetische velden gegenereerd door de kabels. Daardoor lijkt het niet waarschijnlijk dat de elektromagnetische velden opgewekt door de kabels een effect zullen hebben op zeezoogdieren (0).

5.4.3.4.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op zeezoogdieren

Samenvattend worden de effecten op de zeezoogdieren weergegeven in

Tabel *5-58* voor zowel de basisconfiguraties als de diverse configuratiealternatieven. Aangezien het gebruik van de suction bucket techniek bij monopile en jacket funderingen een ander effect heeft dan het heien van palen, wordt hier apart mee rekening gehouden. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-66 Overzicht van de effecten op zeezoogdieren (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering, SB: suction bucket). Suction bucket is een alternatieve techniek op het heien van palen bij monopiles en jacket funderingen

Configuratie	**Basis**				**1**				**2**				**3**		
Funderingstype	MP	JF	GBF	SB	MP	JF	GBF	SB	MP	JF	GBF	SB	JF	GBF	SB
Constructiefase															
Voedselbeschikbaar-heid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Algemene verstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	-	-	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	-	0/-	0/-
Operationele fase															
Geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Fysische aanwezigheid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verstoring door onderhoudswerken	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Voedselbeschikbaar-heid	+	0/+	+	(0/)+	+	0/+	+	(0/)+	+	0/+	0	(0/)+	0/+	+	0/+
Ontmantelingsfase															
Analoog constructiefase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling															
Algemene verstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Elektromagnetische velden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.4.3.5 Harde substraten

De aanwezigheid van turbines, funderingen en erosiebescherming als kunstmatige harde bedekking zal leiden tot het ontstaan van een nieuw biotoop in het projectgebied ten koste van het oorspronkelijke zandige substraat. De introductie van hard substraat, het zogenaamde reef-effect, in zeegebieden die bijna uitsluitend bestaan uit zandige sedimenten kan beschouwd wordt als het belangrijkste effect van de bouw van het windmolenpark (Dong energy *et al.*, 2006). Het zal leiden tot een verhoging van de habitat heterogeniteit, en het ontstaan van een nieuwe gemeenschap typisch voor harde substraten. Het zal bovendien de densiteit en de biomassa van bepaalde soorten doen toenemen.

5.4.3.5.1 Constructiefase

De effecten die kunnen optreden als gevolg op de introductie van harde substraten zijn:

- Introductie nieuw habitat;
- Verandering in gemeenschapstructuur;
- Aantrekking van visgemeenschappen;
- Aantrekking van niet inheemse soorten.

Nieuw habitat

De procentuele toename van het oppervlak hard substraat is vele malen groter dan de procentuele afname van het oppervlak zandig substraat. Het totale oppervlak hard substraat dat potentieel beschikbaar wordt voor kolonisatie is afhankelijk van het aantal funderingen (turbines), het funderingstype, de dimensies van de fundering (diameter, subtidaal en intertidaal gedeelte) en de karakteristieken van de erosiebescherming (dimensies, ligging ten opzichte van de zeebodem).

Voor de monopile wordt de cilindervormige turbine als basisstructuur genomen, terwijl de jacket structuur bestaat uit 4 aparte palen die onderling verstevigd zijn met een 24-tal vakwerkstaven. Voor de berekening van de oppervlakte van de gravitaire funderingen wordt eveneens uitgegaan van een cilindervormige structuur. Het eventueel gebruik van de suction bucket techniek (ter vervanging van het heien van palen) verandert niets aan het uiteindelijk oppervlak aan hard substraat.

Het schatten van de toename aan nieuw habitat tengevolge van de erosiebescherming is minder eenvoudig. Het storten van de steenblokken zorgt voor een drie-dimensioneel karakter van de erosiebescherming. Niet enkel de bovenzijde van de blokken maar ook de onderzijde of ontstane nissen kunnen gekoloniseerd worden. We kunnen echter aannemen dat gezien de beperkte laagdikte (ca. 2 m) en het zeer dynamische milieu de meeste van deze holtes zich zullen vullen met zand, zodat voor de verdere berekeningen de oppervlakte ingenomen door de erosiebescherming bepalend zal zijn. Een erosiebescherming wordt door Rentel enkel voorzien voor de monopile en de gravitaire fundering.

De oppervlakte hard substraat voorzien per turbine voor het Rentel windmolenpark wordt weergegeven in Tabel 5-67 volgens de beschouwde funderingsalternatieven.

Tabel 5-67 Oppervlakte hard substraat (HS) per funderingstype

Funderingstype	Type turbine	Opp. HS fundering/ turbine (m²)	Opp. HS erosiebescherming/ turbine (m²)	Totale opp. HS/ turbine (m²)
Monopile	RE Power (basis & conf. 1)	678	977	1.655
	Vestas (conf. 2)	707	1.060	1.767
Jacket	RE Power (basis & conf. 1 & conf. 2)	2.355	0	2.355
	Britannia (conf. 3)	2.637	0	2.637
Gravitaire	Alle turbines	1.884	2.512	4.396

Voor de verschillende configuratiealternatieven zal het totale oppervlakte hard substraat variëren tussen ca. 83.1000 m² (basisconf., MP) en 376.800 m² (conf. 1, GBF) (Tabel 5-68). De keuze voor gravitaire funderingen zorgt voor een toename aan potentieel nieuw te koloniseren gebied, te wijten aan de grotere dimensies voor erosiebescherming. Onafhankelijk

van het funderingstype bedraagt de oppervlakte inname < 0,01% van het BDNZ voor alle configuraties van het Rentel windmolenpark.

Tabel 5-68 Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie

Configuratie	Funderingstype	Opp. HS fundering (m²)	Opp. HS erosiebescherming (m²)	Totaal (m²)
Basisconfiguratie (47 turbines + 2 OHVS)	MP	33.200	49.900	83.100
	JF	115.400	0	115.400
	GBF	92.300	138.500	230.800
Configuratie 1 (78 turbines + 2 OHVS)	MP	54.200	81.400	135.600
	JF	188.400	0	188.400
	GBF	150.700	226.100	376.800
Configuratie 2 (60 turbines + 2 OHVS)	MP	43.800	68.400	112.200
	JF	146.000	0	146.000
	GBF	116.800	175.200	292.000
Configuratie 3 (55 turbines + 2 OHVS)	JF	150.300	0	150.300
	GBF	107.400	161.100	268.500

Verandering in gemeenschapsstructuur

Het ontstane artificiële biotoop zal gekoloniseerd worden door epifauna waardoor er een verandering in gemeenschapsstructuur zal plaatsvinden. Uit de eerste monitoringsresultaten van C-Power (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) blijkt dat dit kolonisatieproces snel en intens verloopt. Reeds na ongeveer 3,5 maand bleek zowel het intertidale als het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en was een duidelijke dieptezonering waar te nemen. De typische soorten van een eerste fase van een ecologische successie worden er teruggevonden. Bovendien wordt een hoge diversiteit vastgesteld in vergelijking met andere kunstmatige substraten in de omgeving. Voor meer details wordt verwezen naar § 5.4.2.6.

Er wordt verwacht dat deze initiële gemeenschap snel zal worden overgroeid en aanleiding zal geven tot veranderingen in het zonatiepatroon en nieuwe gemeenschappen. Hoogstwaarschijnlijk zal een mosselzone ontstaan en zullen ook kokerwormen (bv. *S. spinulosa*) en oesters (e.g. *Crassostrea gigas*) zich vestigen. Langetermijnstudies tonen aan dat het zeker 5-6 jaar kan duren vooraleer een stabiele gemeenschap gevestigd is die gedomineerd wordt door filtervoeders (o.a. mossels) en permanente bruin- en roodwieren (Jensen *et al.*, 2000; Leonhard & Pedersen, 2005). Hevige stormen en strenge winters kunnen dit proces zelfs nog verlengen, alsook het schurende effect van zand.

Grote mosselpopulaties kunnen bijdragen tot een enorme verhoging van de biomassa. Tijdens hevige stormen zullen delen van de epifauna weggerukt worden en vernield worden waardoor steeds plaatsen vrijkomen voor pioniersoorten. Daarnaast zal ook het voorkomen van

predatoren, zoals de Zeester voor de Mossel, belangrijk zijn om dominantie van bepaalde soorten onder controle te houden.

Algemeen kan gesteld worden dat hoe complexer de onderwaterstructuren, hoe meer organismen er zich rond die structuren bevinden (Hoffmann *et al.*, 2000; Vella *et al.*, 2001; Zalmon *et al.*, 2002; Volckaert *et al.*, 2004; Petersen & Malm, 2006). Jacket funderingen, die een reeks verstevigingstructuren tussen de 4 palen bezitten, zouden hierdoor een groter aantrekkingseffect kunnen hebben.

Kunstmatige riffen zullen dus in de eerste plaats bijdragen tot de habitatdiversiteit in het overwegend natuurlijk zandige biotoop (Fabi *et al.*, 2002; Zalmon *et al.*, 2002; Leonhard & Pedersen, 2005). Dit zal leiden tot een verhoging van de soortendiversiteit en van de biomassa. In Denemarken werd de biomassa 50 tot 150 keer hoger (vooral tengevolge van Mosselen), waarbij het meeste beschikbaar was als voedsel voor vissen en vogels (Dong Energy *et al.*, 2006). Kerckhof *et al.* (2011) merkten een graduele toename in soortendiversiteit tijdens drie opeenvolgende jaren op de C-Power site. Een hoge biodiversiteit en biomassa wordt algemeen gezien als een positief aspect voor een bepaald biotoop. Het effect van een verhoogde biodiversiteit moet echter deels gerelativeerd worden indien men een dynamisch systeem als de Noordzee beschouwt. Voor de monopile en de gravitaire fundering bedraagt de laagdikte van de erosiebescherming ongeveer 1,3 tot 2 m. In geval van de gravitaire fundering komt deze erosiebescherming meestal niet boven het oppervlak uit, dit in tegenstelling tot de monopile waar de erosiebescherming boven het oppervlak wordt geplaatst. De kans bestaat dat de erosiebescherming door de heersende stromingen in het projectgebied permanent onder het zand verdwijnt waardoor de stortstenen dus weinig of geen effect hebben op de samenstelling van de bodemfauna. Dit gegeven moet verder worden bestudeerd. Gezien het zeer dynamisch (verstorend) milieu kan hoe dan ook verwacht worden dat vooral opportunisten hier zullen domineren en dat er dus een minder diverse fouling-gemeenschap zal ontstaan dan verwacht. Het zullen dus voornamelijk de funderingen zelf zijn die zullen bijdragen tot de biodiversiteit en de biomassa.

Aantrekking van visgemeenschappen

De complexe structuren en de kolonisatie door sessiele invertebraten en algen, zullen ook bepaalde benthische organismen en vissen aantrekken die er niet alleen voedsel, maar ook beschutting en bescherming zoeken (Hoffmann *et al.*, 2000; Volckaert *et al.*, 2004; Leonhard & Pedersen, 2005; Reubens *et al.*, 2010). De aantrekkelijkheid als voedselgebied is afhankelijk van de soorten die er voorkomen. De eerste studies ter hoogte van het park Egmond aan Zee (Lambers & Hofstede, 2009) en Horns Rev (Christian *et al.*, 2005) tonen geen sterke verhoging van de visgemeenschap in het windmolenpark in vergelijking met andere gebieden na constructie. Op soortsniveau echter, worden wel enkele effecten van het windmolenpark waargenomen. Een significante toename in vangstefficiëntie (catch per unit effort (CPUE)) wordt waargenomen voor Tong, Wijting en Mul tijdens de zomer en een significante daling voor Kleine pieterman zowel in de zomer als in de winter (Lambers & Hofstede, 2009). Het is echter nog niet duidelijk of deze patronen te verklaren zijn door de constructiewerken zelf of door de aanwezigheid van de windturbines. De eerste monitoringsresultaten van C-Power lijken daarentegen wel de aantrekkingskracht van harde substraten voor vissen te bevestigen. Visuele observaties toonden bijvoorbeeld een populatie van minimum 29.000 Steenbolken rond één windturbine en ook Kabeljauw is in grote aantallen aanwezig (Reubens *et al.*, 2010, 2011). Verder onderzoek is echter aangewezen om het belang van deze nieuwe substraten voor visgemeenschappen te bekrachtigen.

De studie van Leonhard & Pedersen (2005) vormt het bewijs dat de harde substraten ook kunnen dienst doen als kraamkamer voor grotere en meer mobiele organismen zoals de Noordzeekrab (*Cancer pagurus*). Deze bevindingen worden ook waargenomen bij diepzee wrakken die een rijk habitat vormen en worden bevestigd door de eerste monitoringsrapporten van de Horns Rev & Nysted windmolenparken (Leonhard & Pedersen, 2005; Dong energy *et al.*, 2006).

In tegenstelling tot de mogelijks positieve effecten, vormt deze antropogene diversiteit een inbreuk op de natuurlijk aanwezige diversiteit. Zeker in gebieden met weinig of geen harde substraten kan de constructie van een windmolenpark de karakteristieken van de plaatselijke gemeenschappen veranderen (Petersen & Malm, 2006). De introductie van harde substraten kan schade berokkenen aan de visfauna door een herverdeling van stocks. Daarenboven is nog niet echt aangetoond of de aantrekking voor vissen zich ook vertaalt in een hogere productie.

Aantrekking niet-inheemse soorten

Nieuwe substraten kunnen ook leiden tot een versnelde introductie van invasieve soorten en ziekteverwekkende kiemen (pathogenen) die het bestaande ecosysteem negatief kunnen beïnvloeden (Petersen & Malm, 2006; Kerckhof *et al.*, 2011). Uit een analyse van het VLIZ blijkt dat zich in de Belgische kustwateren niet minder dan 68 niet-inheemse dieren of planten hebben gevestigd (VLIZ Alien Species Consortium, 2012). Hoewel dit naar schatting slechts 3-4% is van het totale aantal waargenomen soorten aan onze kust, is hun invloed niet gering (Copejans & Smits, 2011). Vooral de snelheid waarmee exotische soorten de inheemse fauna en flora vervoegen, lijkt te zijn toegenomen. Sinds 1990 is het tempo waaraan nieuwe soorten zich vestigen verdrievoudigd t.o.v. de periode 1970-1990, vooral door de gestage groei in wereldscheepvaart (ballastwater, aangroei) en aquacultuur, in combinatie met klimatologische veranderingen (gunstige omstandigheden voor vestiging). Japanse oesters en Amerikaanse zwaardschedes zijn voorbeelden van schelpen die ten koste van andere organismen op enkele decennia tijd zijn uitgegroeid tot de meest dominante weekdieren van onze kust.

De eerste monitoringsresultaten van het C-Power en Belwind windmolenpark (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010; 2011) bevestigen de druk van niet-inheemse soorten. Op de turbines werden reeds verschillende niet-inheemse soorten aangetroffen (Tabel 5-69), in de intertidale zone maken ze zelf 1/3 uit van alle aanwezig soorten. In de subtidale zone is voorlopig enkel het Muiltje (*Crepidula fornicata*) gevonden als niet-inheemse soort (Kerckhof *et al.*, 2011).

Tabel 5-69 Overzicht van de bemonsterde intertidale soorten in het C-Power en Belwind projectgebied volgens de SACFOR schaal. S: superabundant, A: abundant, C: algemeen, F: frequent, O: occasioneel, R: zeldzaam. Niet-inheemse soorten zijn vet gedrukt (Kerckhof et al., 2011)

Soort	C-Power				Belwind	
	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	Jaar 4	Jaar 1	Jaar 2
Megabalanus coccopoma	C				F	
Balanus perforatus	S	A	A	C		C
Telmatogeton japonicus	S	S	S	S		S
Elminius modestus	A	A	A	A	C	C
Jassa marmorata	C	C	C	C	C	S

Soort	C-Power				Belwind	
Mytilus edulis	F	S	S	S	C	C
Semibalanus balanoides		S	S	S	C	C
Balanus crenatus		F			C	R
Patella vulgata			F	F		
Hemigrapsus sanguineus			F	F		
Crassostrea gigas			O	O		
Littorina littorea			F	F		
Balanus improvisus			O		O	R
Emplectonema gracile			O			
Emplectonema neesii			O			
Pleioplana atomata			O			
Eulalia viridis				O		

Alle niet-inheemse soorten zijn gekende opportunisten en vroege kolonisatoren, die gebruik maken van artificiële structuren en verstoorde omstandigheden om zich te vestigen (Kerckhof *et al.*, 2007). Bovendien werd vastgesteld dat het gebied onder invloed staat van het Engels kanaal, gekenmerkt door hogere minimum en lagere maximum temperaturen, een nagenoeg constante saliniteit en een lagere turbiditeit, waardoor meer zuidelijke soorten worden aangevoerd. De aanwezigheid van de Zeepok en van de Grote roze zeepok zijn ook een indicatie voor de opwarming van het water. De klimaatverandering zal mee bijdragen tot de noordelijke verspreiding van warmwater en niet-inheemse soorten (Kerckhof *et al.*, 2009).

De grootte van de impact, ongeacht of het nu positief of negatief geëvalueerd wordt, is op huidig ogenblik moeilijk in te schatten voor de offshore windmolenparken op de Noordzee. Het is duidelijk dat de oppervlakte geïntroduceerd hard substraat veel omvangrijker zal zijn in geval van een gravitaire fundering dan bij een monopile of jacket fundering, én in het geval gekozen wordt voor configuratie 1 (groter aantal turbines). Het aandeel dat effectief beschikbaar is voor kolonisatie door organismen is, ongeacht het funderingstype, echter beperkt daar zowel de funderingen als erosiebescherming gedeeltelijk of volledig ingegraven liggen in de zeebodem en dus volledig bedekt zullen worden door het aanwezige zandige biotoop. Er kan dus verwacht worden dat ondanks de wijziging ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, het effect als aanvaardbaar (0/- of 0/+) kan worden beschouwd gezien het beschikbare oppervlak voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap relatief gering is ten opzichte van het BDNZ (≤ 0,01%).

5.4.3.5.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase zullen de mogelijke effecten van harde substraten beperkt blijven tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied en mogelijke geluidsverstoring van de draaiende turbines, zoals besproken voor het benthos en de visgemeenschappen.

5.4.3.5.3 Ontmantelingsfase

Rentel engageert zich om de site in voldoende mate in haar oorspronkelijke staat te herstellen indien dit om redenen van bestemming, gebruik of ecologische criteria noodzakelijk is. Daarbij

kan gekozen worden voor de volledige ontmanteling en verwijdering van de projectvoorzieningen (windturbines, funderingen, onderzeese kabels en aansluitingsvoorzieningen aan land) of voor een gedeeltelijke ontmanteling. Deze gedeeltelijke ontmanteling slaat op de verwijdering van de palen tot op een diepte van enkele meters (ca. 2 m) onder de zeebodem bij monopile of jacket fundering en op het al dan niet verwijderen van erosiebescherming en kabels. In geval van de gravitaire funderingen zullen deze in hun geheel afgevoerd worden naar land voor afbraak met recuperatie van beton en wapeningsijzer.

Het ontmantelen van het windmolenpark zou er dus toe leiden dat de harde substraten nagenoeg volledig verdwijnen. Opnieuw kan hier de vraag gesteld worden of dit als positief of negatief moet geëvalueerd worden daar enerzijds wel de oorspronkelijke staat van zandige substraten verkregen wordt, maar dit anderzijds wel leidt tot een verlies aan biodiversiteit en andere mogelijke functies die het artificieel rif tijdens de exploitatie heeft uitgevoerd (bv. kraamkamer, stepping-stone, aantrekking voor bepaalde organismen). Het effect kan hier echter nog niet van worden ingeschat daar momenteel slechts initiële resultaten beschikbaar zijn over het effect van de introductie van harde substraten in een overwegend zandig milieu.

5.4.3.5.4 Bekabeling

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor het epibenthos en de demersale visfauna van harde substraten zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden en de mogelijke opwarming. Deze zullen analoog zijn als diegene besproken voor het benthos en de vissen. Voor een bespreking wordt verwezen naar § 5.4.3.1.4 en § 5.4.3.2.4.

5.4.3.5.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten van harde substraten

Samenvattend worden in

Tabel 5-70 de effecten op de fauna van de harde substraten weergegeven voor de diverse funderingstypes (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering). Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-70 Overzicht van de effecten op de fauna van harde substraten (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Introductie hard substraat	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Operationele fase											
Geluidsverstoring en trillingen (voor vissen)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen (voor epibenthos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Analoog constructiefase	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Bekabeling											
Elektromagnetische velden	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)
Opwarming	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbiditeit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.4.4 Leemten in de kennis

5.4.4.1 Benthos

Tijdens de beschrijving van de referentiesituatie en de bespreking van de effecten werden een aantal leemten in de kennis vastgesteld.

Op basis van beschikbare literatuur (o.a. recente monitoringsrapporten C-Power en Belwind) is een zo goed mogelijke beschrijving gegeven van de huidige toestand van het projectgebied. De meerderheid van de beschikbare data zijn echter afkomstig van nabij gelegen gebieden. Een specifieke en gedetailleerde omschrijving van de referentiesituatie van het concessiegebied zelf zal echter noodzakelijk zijn om mogelijke effecten wetenschappelijk te kunnen achterhalen. Een grondige inventarisatie van het macrobenthos en epibenthos in het concessiegebied is daarom aangewezen.

Er is ook weinig geweten over de impact van naburige parken, maar er kan aangenomen worden dat randeffecten zich kunnen voordoen.

De significante verschillen in de theoretische en in situ metingen van de volumes zand die gebaggerd en al dan niet gestockeerd moeten worden bij de bouw van een windmolenpark

(voornamelijk bij de keuze voor gravitaire funderingen), tonen aan dat een betrouwbare inschatting van de zandbalans niet altijd evident is. Er zijn namelijk een aantal externe factoren zoals natuurlijke erosie en verlies door overflow die van belang zijn voor de theoretische berekeningen, die tot op heden niet in rekening werden gebracht of onderschat werden in het MER. Het opvolgen van de zandbalans en deze externe factoren (zeker bij gebruik van gravitaire funderingen) is daarom vanaf de start van de bouw van het windmolenpark van belang. Dit zal verder worden aangehaald onder het luik 'monitoring'.

5.4.4.2 Vissen

Analoog als aangehaald voor het benthos, is een grondige inventarisatie van de demersale vissen van de zachte substraten in het concessiegebied aangewezen. Bovendien ontbreekt algemene kennis over het relatief belang van specifieke gebieden op zee voor vissen (incl. paai- en kraamkamerfunctie). Momenteel loopt hieromtrent een studie 'Ecofish' gefinancierd door BELSPO die op basis van lokale kennis van de vissers, hier meer duidelijkheid moet in brengen. Onderzoek van de effecten op pelagische vissen ontbreekt grotendeels.

Ondanks een inhaalbeweging op het vlak van geluidsstudies, blijft de impact van geluid en trillingen op het onderwaterleven een onzekerheid. De eerste monitoringsresultaten van recente offshore parken zijn momenteel voorhanden, maar moeten zeker verder gezet worden om mogelijke effecten al of niet te bevestigen. Verder onderzoek is wenselijk rond de gedragsveranderingen tijdens kritische periodes (vb. broedseizoen), en de mogelijke gewenning.

De laatste jaren wordt ook meer en meer onderzoek gedaan naar de impact van elektromagnetische velden afkomstig van exportkabels van windmolenparken (wisselspanning) op mariene organismen. Ondanks deze recente inhaalbeweging concludeert de Europese werkgroep 'Onderwatergeluid en andere vormen van energie' in het licht van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie dat de impact van elektromagnetische straling op mariene biota nog een leemte in de kennis betreft in combinatie met het feit dat de input van energie afkomstig van elektromagnetische velden in het mariene milieu moeilijk te kwantificeren is (Tasker *et al.*, 2010). Verder onderzoek is aangewezen, zowel op soorts- als populatieniveau, als op gebied van mogelijke cumulatieve effecten van meerdere kabels binnen één gebied en van het toenemend effect van steeds groter wordende offshore kabels. Bovendien moeten mogelijke milderende maatregelen onderzocht worden.

5.4.4.3 Vogels

Momenteel zijn er nog een groot aantal onbekende factoren betreffende de effecten op vogels:

- Het ontwijkgedrag van vogels;
- Het barrière-effect;
- Het mogelijke optredens van 'falls' en de gevolgen op populatieniveau;
- Het effect van aanvaringen van vogels met de turbines op populatieniveau;
- De wijziging van het voedselaanbod in het windmolenpark;
- De cumulatieve effecten van meerdere windmolenparken in hetzelfde gebied.

Wat het ontwijkgedrag, barrière-effect, het effect van aanvaringen en het optreden van mogelijke 'falls' betreft, kan er verwacht worden dat het voorziene radaronderzoek en het

visuele monitoringonderzoek, dat momenteel reeds lopende is in het kader van het reeds in ontwikkeling zijnde windmolenpark op de Thorntonbank (C-Power), hier zeker een duidelijker beeld van zal scheppen. De bepaling van de effecten van aanvaring op populatieniveau, de wijziging van het voedselaanbod in het windmolenpark en de cumulatieve effecten van meerdere windmolenparken in eenzelfde gebied zal een langdurige en gedetailleerde monitoring vergen en zal veel moeilijker te bepalen zijn.

5.4.4.4 Zeezoogdieren

Wat betreft de zeezoogdieren, is er vrij weinig informatie voorhanden over de werkelijke effecten van onderwatergeluid en trillingen op mariene zoogdiersoorten, veroorzaakt door de constructie en exploitatie van de basistypes van windturbines van Rentel (voornamelijk de grotere types, tot 10 MW). Het is niet gekend hoe snel zeezoogdieren een gebied waar excessief geluid onderwater voorkomt, kunnen ontvluchten. Zelfs indien de impact - op basis van 1 heislag - beschreven wordt als een verstoring, zonder tijdelijke of permanente gehoorschade, dient ermee rekening te worden gehouden dat gehoorschade zowel kan ontstaan door blootstelling aan een bepaald niveau van geluid, als door een blootstelling aan een geluidsbron gedurende een langere periode. Ook is de kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren beperkt.

5.4.4.5 Harde substraten

De eerste resultaten van de monitoring van het C-Power en Belwind windmolenpark zijn beschikbaar (Kerckhof *et al.*, 2009, 2010, 2011), maar verder onderzoek naar de effecten op lange termijn is wenselijk.

5.4.5 Milderende maatregelen

5.4.5.1 Benthos

Voor de plaatsing van de funderingen en de aanleg van de kabels dient de best beschikbare technologie te worden gebruikt zodat de zeebodem zo minimaal mogelijk wordt verstoord. Er dient over gewaakt te worden bij elk funderingstype dat de oppervlakte van de erosiebescherming en de (tijdelijke) stockage van zand niet groter is dan nodig (bij voorkeur een stockage dikte van 5 m).

Na uitvoering van de bouwwerken is een herstel van de site gewenst. Dit herstel impliceert een maximaal herstel van de natuurlijke geomorfologie tussen de funderingen, maar evenzeer het herstel van de sedimentsamenstelling van de oppervlakkige sedimenten. Dit laatste is mogelijk door het eventueel opnieuw afdekken van eventueel tijdens de werken blootgelegde Tertiaire kleilagen. Op deze manier wordt het milieu tussen de funderingen in de oorspronkelijke, natuurlijke conditie gebracht, waardoor het herstel van de oorspronkelijke bodemgemeenschappen optimaal wordt gefaciliteerd.

Om de effecten van bekabeling zo klein mogelijk te houden is het van belang dat een voorstudie gebeurt van het kabeltracé om de optimale route en de gebruikte kabelmethodiek te selecteren. Om het effect minimaal te houden moet bij het leggen van de kabel gestreefd worden naar bundeling van de kabeltracés van de verschillende windmolenparken. Rentel heeft de intentie om het kabeltracé van bestaande offshore windturbine parken zo goed mogelijk te volgen indien dit geen technische problemen geeft of gevolgen heeft op vlak van veiligheid (bvb. plaatsgebrek).

Bij het uitbaggeren van de sleuf voor de kabels ter hoogte van de vaargeul dient geopteerd te worden voor het maximaal terugstorten van het oorspronkelijke materiaal (bv. zand) van dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijk materiaal.

5.4.5.2 Vissen

De milderende maatregelen besproken voor het benthos blijven ook hier geldig.

5.4.5.3 Vogels

In de beoordeling van de effecten werden de volgende belangrijke effecten beschreven: het barrière effect, het aanvaringaspect en het habitatverlies. Deze effecten kunnen een belangrijke invloed hebben op vogels. Voor deze effecten worden hieronder milderende maatregelen voorgesteld die ook in de vorige MER's (MER, Norther, MER Northwind, MER Belwind en MER van C-Power) opgenomen werden.

De vermijding van het windmolenpark door vogels is afhankelijk van de vogelsoort, de grootte van het windmolenpark en de afstand tussen de turbines, het belang van de extra energiekosten veroorzaakt door een verandering van route en hun capaciteit om deze energie te compenseren (Fox *et al.,* 2006). Een juiste positionering van het windmolenpark (parallel aan de heersende vliegrichting) en het voorbehouden van corridors voor migrerende vogels kan de kans op aanvaringen gevoelig reduceren (Everaert *et al.,* 2002). Voor een juiste configuratie is voldoende voorkennis nodig van de trekbewegingen en vliegbewegingen ter plaatse. Het is daarom aan te raden om reeds voor de bouw van het windmolenpark metingen te verrichten van de lokale vliegbewegingen (Stienen *et al.,* 2002).

Tot op heden zijn er geen studies die eventuele milderende effecten van waarschuwende signalen aantonen. Er wordt vaak gesuggereerd dat geluidssignalen of visuele signalen de aanvaringskansen kunnen verkleinen. Aan de andere kant is bekend dat vogels gewenning vertonen ten opzichte van dergelijke prikkels. Voor migrerende vogels zal het gewenningseffect echter minimaal zijn, omdat individuele vogels slechts af en toe (twee keer per jaar in het geval van trekvogels) het windmolenpark zullen passeren. Het verlichten van het gehele windmolenpark is niet aan te raden, omdat dit zeker tijdens slechte zichtomstandigheden juist vogels zal aantrekken (Buurma & van Gasteren, 1989). Deze laatste auteurs suggereren dat zelfs zwakke verlichting kan leiden tot een verhoogde aanvaringskans. Wel kan als onderdeel van de monitoring van de aanvaringsslachtoffers onderzocht worden of puntverlichting (bijvoorbeeld rode lichten op de uiteinden van de rotorbladen), fluorescerende delen van de rotorbladen of geluidssignalen (ultrasoon) een reductie van het aantal slachtoffers kan betekenen (Stienen *et al.,* 2002). De waarschuwingssignalen zullen echter in overleg met de relevante autoriteiten dienen uitgewerkt te worden.

In periodes met een verhoogd aantal vliegbewegingen (bijvoorbeeld trekperiode) of onder slechte zichtomstandigheden (mist, regen) kunnen de turbines tijdelijk worden stilgezet. Dit vereist wel de nodige voorkennis over vliegbewegingen ter plaatste, die vooralsnog ontbreekt. Door in een monitoringprogramma aandacht te besteden aan de lokale vliegbewegingen en de soortspecifieke verschillen daarin, kan in een latere fase een gefundeerd advies worden gegeven over de wenselijke periode van onderbreking. Ook wat betreft het uitvoeren van werkzaamheden kunnen deze best buiten de periodes met hoge concentraties van vogels of verhoogde kansen op de aanwezigheid van zeezoogdieren worden uitgevoerd (Stienen *et al.,* 2002).

5.4.5.4 Zeezoogdieren

Gezien er een significante verstoring van zeezoogdieren kan optreden tijdens de constructiefase, meer bepaald tijdens het heien van palen (monopile, jacket fundering), kunnen bij uitvoering van deze activiteiten een aantal maatregelen genomen worden (BMM, 2009; Boon *et al.*, 2010):

- Maatregelen zonder een vermindering van het geluidsniveau:
  - Zoveel mogelijk vermijden van het uitvoeren van werken in periodes waarin zeezoogdieren in hoge aantallen voorkomen in het BDNZ. Voor Bruinvissen betekent dit dat er idealiter niet geheid mag worden tussen 1 januari en 30 april. Andere activiteiten (leggen van kabels, baggeren, etc.) zouden echter wel mogen plaatsvinden.
  - Het niet aanvangen of verder zetten van de werken indien zich zeezoogdieren in de buurt van de werf bevinden;
  - Het preventief verjagen van zeezoogdieren uit het gebied rond de werf door het toepassen van akoestische toestellen waaronder pingers en seal scares (Huddleston, 2010). Een opzettelijke verstoring van zeezoogdieren is verboden (Habitatrichtlijn, KB van 21 december 2001), maar kan toegepast worden in het belang van de dieren zelf;
  - Het starten van het heien d.m.v. een ramp-up procedure, waarbij het maximale geluidsniveau pas na een half uur of een uur bereikt wordt;
- Maatregelen die het niveau van het geluid verminderen:
  - Gebruik maken van de suction bucket techniek;
  - Het aanpassen van het heisysteem: aanpassen van het heiblok, langer contact tussen heiblok en paal, gebruik van minder energie tijdens het heien;
  - Boren in plaats van heien. Het is niet duidelijk of dit technisch mogelijk is voor grotere paaldiameters;
  - Het intrillen van de paal (vibro-piling);
  - Het aanbrengen van een absorberende laag (bijvoorbeeld polyethyleenschuim) rond de paal.

Zelfs een relatief beperkte verlaging van het brongeluidsniveau tijdens heien, kan de mogelijke effecten en het gebied waarover ze kunnen voorkomen sterk verminderen.

De doeltreffendheid van veel van deze milderende maatregelen wordt echter sterk in vraag gesteld (Boon *et al.*, 2010). Onderzoek naar deze doeltreffendheid is daarom aangewezen.

Er wordt bovendien aanbevolen om de periode waarin de palen geheid worden zo kort mogelijk te houden, en niet intermitterend over een lange periode te spreiden, aangezien deze laatste periode tot gevolg kan hebben dat zeezoogdieren een aantal malen verdreven worden uit een gebied.

Indien zou blijken dat bij bepaalde stappen in de constructiefase geluiden zouden ontstaan die vergelijkbaar zijn met deze die ontstaan bij het heien van monopiles of die potentieel gevaarlijk zijn voor zeezoogdieren, worden ook hiervoor de bovenbeschreven maatregelen voorgesteld.

5.4.5.5 Harde substraten

Analoog als voor de milderende maatregelen voor het benthos wordt de klemtoon gelegd op degelijke monitoring strategieën en bijkomend wetenschappelijk onderzoek.

Aangezien als gevolg van de toegenomen aanwezigheid van artificiële harde substraten een merkelijke toename van niet-inheemse soorten wordt verwacht dient de introductie van harde substraten tot het minimum te worden beperkt.

De bouwmaterialen en steenbestortingen dienen zoveel mogelijk uit natuurlijke materialen vervaardigd te zijn en zullen geen afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten. Het opvullen van de funderingsputten moet zoveel mogelijk gebeuren met zand van dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijke zand.

5.4.6 Monitoring

5.4.6.1 Benthos

Monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het ecosysteem als gevolg van de inplanting van het windmolenpark te kunnen detecteren. Gezien momenteel verschillende windmolenparken (mogelijk) actief worden binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004; gewijzigd bij KB 03/02/2011), is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen. Opdat eventuele permanente veranderingen zouden kunnen vastgesteld worden, is een zeer grondige en langdurige monitoring van de diverse gemeenschappen vastgelegd in het monitoringsprogramma van het C-Power project (BMM, 2004), het Belwind project (BMM, 2007), het Northwind project (BMM, 2009) en het Norther project (BMM, 2011b).

Voor het Rentel project wordt met betrekking tot monitoring van het macrobenthos en epibenthos van zachte substraten bij het geïntegreerd programma van de reeds vergunde parken aangesloten. De te bestuderen aspecten zijn:

- De bepaling van de referentietoestand (T0 situatie) en van de natuurlijk optredende fluctuaties in de macrobenthosgemeenschappen van zandige substraten in het projectgebied;
- Onderzoek naar welke soorten op de site aanwezig zijn gedurende welke perioden van het jaar;
- Seizoenswaarnemingen van de biodiversiteit binnen het projectgebied;
- Wijzigingen in productiviteit;
- Distributiepatronen per soort en per cohorte.

Voor meer details wordt verwezen naar de bovenvermelde monitoringsprogramma's en naar de aanbevelingen geformuleerd in de resultatenoverzichten van monitoring voor offshore windmolenparken in de Belgische mariene wateren (Degraer & Brabant, 2009; Degraer *et al.*, 2010a, 2011).

5.4.6.2 Vissen

Analoog als voor het benthos wordt voor het Rentel project met betrekking tot monitoring van vissen bij het geïntegreerd programma van de reeds vergunde parken aangesloten. Samengevat wordt er gekeken naar de bepaling van de referentietoestand (T0 situatie) en van

de natuurlijk optredende fluctuaties in de visgemeenschappen van zandige substraten in het projectgebied, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen de demersale visfauna rond de turbines en in het ruimere studiegebied. Ook de temporele (seizoensgebonden) waarnemingen worden bekeken en de impact van het heien van de palen. Voor meer details wordt verwezen naar BMM (Degraer *et al.*, 2011).

5.4.6.3 Vogels

Momenteel zijn er ook reeds monitoringsprogramma's rond de effecten op avifauna in uitvoering of beschreven voor de vier vergunde windmolenparken door de BMM. Voor het Rentel-project wordt voorgesteld om bij dit geïntegreerd programma aan te sluiten en de inspanningen zoveel mogelijk te verdelen. De belangrijkste aspecten hierbij zijn:

- Monitoring van de effecten op de aantallen pleisterende vogels a.d.h.v. scheepstellingen en de methode van Tasker *et al.* (1984). Hierbij kan dezelfde methode gebruikt worden als voor de reeds bestaande windmolenparken.
- Monitoring van de effecten op migrerende vogels aan de hand van radaronderzoek. In het monitoringsrapport voor de eerste fase van het windmolenpark van C-Power (Vanermen & Stienen, 2009) staat aangegeven dat het geplande radaronderzoek onmisbaar is voor het nader bepalen van vogelbewegingen (flux) door het windmolenpark, alsook voor het bepalen van vlieghoogtes en vermijdingsgedrag. Ook wat het optreden van mogelijke 'falls' betreft, kan het radaronderzoek hierover zeker meer informatie bieden. Op dit ogenblik zijn deze gegevens slechts in beperkte mate beschikbaar.
- Monitoring van aanvaringen blijkt een moeilijke opdracht te zijn. Visuele aanvaringen zijn erg arbeidsintensief en de kans om een aanvaring te zien is erg gering. Vandaar dat er beter een combinatie is van de hierboven vermelde technieken.

Op basis van een langdurige monitoring moet het op termijn mogelijk zijn om de cumulatieve effecten van de windmolenparken op de zeevogelpopulaties in te schatten. Gedetailleerde monitoring is hiervoor van noodzakelijk belang. Hierbij is het onderzoek naar de barrièrewerking op de migrerende vogelsoorten van cruciaal belang, waarbij zowel overdag als 's nachts monitoring noodzakelijk is. Het is namelijk bekend dat vogeltrek zowel overdag als 's nachts plaatsvindt.

Sowieso dient voor elke vorm van monitoring rekening gehouden te worden met de ervaringen en vaststellingen op basis van de recent uitgevoerde monitoring voor de andere windmolenparken op het BDNZ. Zo is Vanermen *et al.* (2010) tot de vaststelling gekomen dat de statistische aanpak voor monitoring van allocatie-effecten door offshore windmolenparken op zeevogels grondig dient herzien te worden. In een recent rapport van COWRIE (Huddleston, 2010) wordt in detail ingegaan op nieuwe visies en methoden inzake de monitoring van effecten op avifauna als gevolg van de aanwezigheid van windmolenparken.

5.4.6.4 Zeezoogdieren

Het is van belang dat de monitoring van geluid en de monitoring van zeezoogdieren gezamenlijk geïnterpreteerd worden bij de rapportage. Er moet nagegaan worden of er correlaties zijn tussen het geluid en de effecten op de zeezoogdieren. Zo kunnen eventuele oorzaak-effect relaties worden aangetoond.

Voor de monitoring wordt verwezen naar het voorgestelde, gedetailleerde monitoringsplan voor de reeds in uitvoering zijnde windmolenparken dat door de BMM werd geadviseerd (BMM, 2009, 2011).

5.4.6.5 Harde substraten

Analoog als de redenering beschreven voor de fauna van zachte substraten, wordt voor het Rentel-project met betrekking tot monitoring van harde substraten bij het geïntegreerd programma van de reeds vergunde parken aangesloten. De belangrijkste aspecten hierbij zijn:

- Vestiging (kolonisatie), ontwikkeling en aard (inheems, niet-inheems) van organismen op de nieuwe structuren (zowel intertidaal als subtidaal);
- De ontwikkelingstijd nodig voor het bereiken van een climaxgemeenschap.

Voor meer details wordt verwezen naar de bovenvermelde monitoringsprogramma's en naar de aanbevelingen geformuleerd in het resultatenoverzicht van monitoring voor offshore windmolenparken in de Belgische mariene wateren (Degraer *et al.*, 2011).

5.4.7 Passende beoordeling

5.4.7.1 Juridisch kader

Het beleid van de Europese Commissie is erop gericht om de biologische diversiteit in stand te houden. Belangrijke peilers waarop deze bescherming steunt, zijn de Europese Vogel (79/409/EEG)- en Habitatrichtlijn (92/43/EEG). Om de doelstellingen binnen deze richtlijnen te realiseren worden de Europese lidstaten verplicht om naast algemene beschermingsmaatregelen, ook speciale beschermingszones af te bakenen en er een gepast beheer te voeren. Deze vormen samen een ecologisch netwerk van beschermde gebieden in een Europees verband: het Natura 2000 netwerk.

Deze Europese richtlijnen werden nationaal bekrachtigd door de Wet ter bescherming van het mariene milieu onder de rechtsbevoegdheid van België (20/01/1999). In art. 7 wordt gespecificeerd dat de Koning speciale beschermingszones onder de Vogelrichtlijn (SBZ-V) of Habitatrichtlijn (SBZ-H) bestemd heeft voor de instandhouding van zekere mariene habitats of bijzondere soorten. Een verdere vertaling van de Europese richtlijnen en de Wet Mariene Milieu vond plaats in volgende Koninklijke Besluiten:

- Het KB van 21 december 2001 betreffende de bescherming van de soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België.
- Het KB van 14 oktober 2005 betreffende de instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België.
- Het KB van 5 maart 2006 tot instelling van een gericht marien reservaat, de 'Baai van Heist'.

Voor een gedetailleerde bespreking van het juridische kader wordt verwezen naar hoofdstuk 'Juridische en beleidsmatige randvoorwaarden'.

Het concessiegebied van het windmolenpark valt niet binnen één van de afgebakende beschermde gebieden. De voorgestelde kabeltracés met aanlanding te Zeebrugge gaan

echter wel doorheen een speciale beschermingszone, namelijk SBZ-V3 'Zeebrugge' (Bijlage E).

Op basis van het KB 14/10/2005 (art. 6) en KB 05/03/06 (art. 6) dient een passende beoordeling opgemaakt te worden voor de aanleg van het kabeltracé daar zij mogelijks significante gevolgen kan hebben voor het gebied. De passende beoordeling dient rekening te houden met de instandhoudingsdoelstellingen van het betrokken gebied. Indien uit de passende beoordeling blijkt dat het project een significant negatieve invloed kan hebben op het beschermde gebied moet in de eerste plaats gezocht worden naar alternatieve oplossingen. Indien er geen alternatieve oplossingen voorhanden zijn, dient aangetoond te worden dat het project wordt uitgevoerd om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard of het openbaar nut, en kan mits de nodige compenserende maatregelen eventueel toch een toestemming verleend worden.

5.4.7.2 Beschrijving van het beschermde gebied SBZ-V3 'Zeebrugge'

Alle mariene natuurbeschermingsgebieden op het Belgische deel van de Noordzee worden weergegeven op de kaart in Bijlage E. Op basis van deze figuur kan er duidelijk afgeleid worden dat voor het Rentel windmolenpark enkel de SBZ-V3 'Zeebrugge' van belang is. De andere natuurbeschermingsgebieden bevinden zich op een dermate grote afstand van het projectgebied dat er geen significant negatieve effecten op deze gebieden verwacht worden.

5.4.7.2.1 Natuurwaarden waarvoor dit gebied werd afgebakend

De speciale beschermingszone SBZ-V3 'Zeebrugge' is gelegen in de Belgische mariene wateren vóór de haven van Zeebrugge. Het gebied beslaat een oppervlakte van 57,71 km² (Degraer *et al.*, 2010b).

De criteria voor aanmelding voor SBZ-V3 die beschreven zijn in het KB van 14 oktober 2005 zijn de volgende:

- Bijlage I soorten die regelmatig en in voldoende aantallen voorkomen (Vogelrichtlijn artikel 4): Visdief (*Sterna hirundo*) en Grote stern (*Sterna sandvicensis*).
- Geregeld voorkomende trekvogelsoorten die gedurende de onderzochte periode (1992-2002) op een bepaald moment de één percent van hun biogeografische populatie hebben overschreden: Dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*).

Ondertussen zijn door Degraer *et al.* (2010b) de instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd voor alle beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee. Daarnaast is tevens het belang voor de verschillende speciale beschermingszones voor de vogelsoorten die in aanmerking komen voor het opstellen van instandhoudingsdoelstellingen bepaald. Op basis van Tabel 5-71 kan worden afgeleid dat SBZ-V3 van essentieel belang is voor de Visdief en de Dwergstern (*Sternula albifrons*) (≥ 15% van de totale BDNZ-populatie); zeer belangrijk voor de Fuut (*Podiceps cristatus*), de Dwergmeeuw, de Kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*) en de Grote stern (tussen de 2% en 15% van de BDNZ-populatie); en niet belangrijk is voor de Roodkeelduiker (*Gavia stellata*), de Zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) en de Grote mantelmeeuw (*Larus marinus*).

Tabel 5-71 Belang van de drie Belgische Vogelrichtlijngebieden op zee en het overige deel van het BDNZ voor de vogelsoorten die in aanmerking komen voor het opstellen van instandhoudingsdoelstellingen (Degraer et al., 2010b)

Soort	SBZ-V1	SBZ-V2	SBZ-V3	Overig BDNZ
Fuut	**Essentieel**	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	**Essentieel**
Roodkeelduiker	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	Niet belangrijk	**Essentieel**
Zwarte zee-eend	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	Niet belangrijk	**Essentieel**
Dwergmeeuw	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	**Essentieel**
Kleine mantelmeeuw	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	**Essentieel**
Grote mantelmeeuw	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	Niet belangrijk	**Essentieel**
Grote stern	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	Zeer belangrijk	**Essentieel**
Visdief	Niet belangrijk	Zeer belangrijk	**Essentieel**	**Essentieel**
Dwergstern	Niet belangrijk	**Essentieel**	**Essentieel**	**Essentieel**

Degraer *et al.* (2010b) stelt tevens dat SBZ-V3 vooral van belang is als foerageergebied voor de sternenpopulaties (Grote stern, Visdief en Dwergstern) die in het aanpalende Vogelrichtlijngebied 'Kustbroedvogels te Zeebrugge-Heist' komen broeden.

SBZ-V3 wordt druk bevaren en wordt derhalve nauwelijks gebruikt door rustminnende soorten (Degraer *et al.*, 2010b). Binnen het gebied is vooral de overgang tussen de Wenduinebank en het diepere water ten noorden daarvan van belang als foerageergebied voor sternen.

Voor de voorkomende soorten is instandhouding van de huidige oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied voldoende (zie verder). In de broedperiode (april-augustus) is handhaving van rust in de directe nabijheid van de broedkolonie ter hoogte van het sternenschiereiland aan de oostzijde van de haven aangewezen.

5.4.7.2.2 Instandhoudingsdoelstellingen

Hierna worden op basis van Degraer *et al.* (2010b) de drie beschermde soorten waarvoor de SBZ 3 Zeebrugge werd aangemeld meer in detail beschreven, met bijzondere aandacht voor de staat van instandhouding en de instandhoudingsdoelstellingen. Momenteel bevinden deze instandhoudingsdoelstellingen zich in het stadium van wetenschappelijk voorstel. Voor een meer uitgebreide beschrijving van deze soorten wordt verwezen naar Degraer *et al.* (2010b).

Dwergmeeuw

De Dwergmeeuw komt voor op de Bijlage I van de Vogelrichtlijn en is binnen het Natura 2000 netwerk op het BDNZ vooral van belang als niet-broedvogel. Deze soort is in het BDNZ vooral tijdens de najaarstrek (september-november) en nog iets prominenter tijdens de voorjaarstrek (februari-april) in grote aantallen aanwezig. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit vis en mariene invertebraten.

De betekenis van België als doortrekgebied is aanzienlijk omdat een groot deel van de Europese populatie (waarschijnlijk meer dan 50%) door België trekt. De vogels blijven meestal kort aanwezig (hoge turnover) waardoor momentane bestandsopnames in het BDNZ meestal een stuk lager uitvallen (maar zeker in het voorjaar nog altijd ruim meer dan 1% van de

biogeografische populatie bedragen). Tijdens de winter is het belang minder groot en verblijft gemiddeld minder dan 1% van de biogeografische populatie in het BDNZ.

De Dwergmeeuw wordt in het BDNZ vooral in een strook van 25-30 km vanaf de kust aangetroffen. Hoge dichtheden komen in deze zone o.a. voor op de Vlaamse Banken en in het oostelijke gedeelte. Verder op zee komt de soort minder frequent voor. Tijdens de voorjaarstrek zijn de vogels redelijk verspreid over een strook van 25-30 km uit de kust, terwijl de najaarstrek meer kustgebonden is (merendeel binnen 15 km). Dwergmeeuwen slapen 's nachts in groepen op het water.

Dwergmeeuwen voeden zich tijdens de wintermaanden vooral met kleine visjes en mariene invertebraten die van het wateroppervlak of vlak daaronder worden gepikt. In de broedperiode worden vooral insecten gegeten. Er zijn geen specifieke gegevens over het dieet in het BDNZ.

Momenteel kent de Dwergmeeuw weinig bedreigingen in het BDNZ. Dwergmeeuwen zijn overdag weinig gevoelig voor verstoring door scheepvaart of recreatie, maar nachtelijke verstoring kan mogelijk een rol spelen. Er zijn geen gegevens over verstoring door windmolens, wat weliswaar relevant kan zijn in het BDNZ omdat een belangrijk deel van het concessiegebied zich dwars op de trekroute van deze soort bevindt.

Beoordeling staat van instandhouding in het BDNZ:

- Trends in het BDNZ:
  - Er zijn geen trendgegevens bekend van voor 1992. Na 1992 is geen duidelijke trend merkbaar in het BDNZ. Zowel in de beginperiode van de tellingen als gedurende de laatste 5 jaar werden hogere pieken opgetekend. De doortrekpiek van de soort is met ongeveer twee weken vervroegd sinds de jaren '80 (Camphuysen, 2009).
- Beoordelingsaspect natuurlijk verspreidingsgebied: gunstig.
  - De Dwergmeeuw komt voor in de gehele kustzone. Het verspreidingsgebied is niet ingekrompen en wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect populatie: gunstig.
  - De Europese broedpopulatie is in de periode 1970-1990 in aantal afgenomen. Van 1990 tot 2000 is de soort over het grootste gedeelte van het verspreidingsgebied stabiel gebleven. Niettemin werden de vroegere aantallen nooit bereikt. Daarom wordt de soort door Birdlife International als 'depleted[9]' gezien (Birdlife International, 2004a). Op zee is er de laatste 17 jaar geen duidelijke trend waarneembaar.
- Beoordelingsaspect leefgebied: gunstig.
  - Momenteel lijkt zowel de omvang als de kwaliteit van het leefgebied tijdens de trek en van de overwinterende populatie gunstig. Het leefgebied wordt daarom als 'gunstig' beschouwd.
- Beoordelingsaspect toekomstperspectief: gunstig.
  - Op grond van de lage verstoringsgevoeligheid en het feit dat Dwergmeeuwen relatief laag over het water vliegen valt te verwachten dat de toekomstige inplanting

[9] 'Depleted' wordt beschouwd als een populatie die niet voldoet aan de IUCN Rode Lijst Criteria en niet zeldzaam of achteruitgaand is, maar als een populatie die nog niet is hersteld van matige of grote historische achteruitgang tijdens de periode 1970-1990 (Birdlife International, 2004b).

van offshore windmolens in de trekroute van de soort geen belangrijke impact zal hebben. Het toekomstperspectief voor deze soort wordt als 'gunstig' beschouwd.

- Instandhoudingsdoelstelling in het BDNZ:
  - Behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 1.706 vogels (afgerond 1.700 vogels). Het aantal van afgerond 1.700 individuen is gebaseerd op de gemiddelde dichtheid in het BDNZ in de maanden november tot maart in de periode 1992-2009 (zeevogeldatabank INBO). Tevens wordt het behoud van een ongehinderde trekcorridor voor een groot deel van de Europese populatie vooropgesteld.
- Streefbeeld bij de instandhoudingsdoelstelling:
  - Behoud van de huidige situatie in het BDNZ volstaat bij deze soort.

Visdief

De Visdief komt voor op de Bijlage I van de Vogelrichtlijn. Binnen het BDNZ is de Visdief van belang als broedvogel en als niet-broedvogel.

Visdief is de *Sterna*-soort die het minst aan de kust gebonden is, ook in het binnenland komt ze vaak tot broeden. De soort wordt vooral in het BDNZ opgemerkt van april tot oktober met de hoogste aantallen in mei. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit kleine vis en invertebraten.

Het relatief belang van het BDNZ binnen Europa is belangrijk. In de broedkolonie in de haven van Zeebrugge is geregeld meer dan 1% (1.900 ex.) van de biogeografische populatie aanwezig met een maximum van 4,8% in 2004 (o.a. Courtens & Stienen, 2004). Ook tijdens scheepstellingen worden geregeld veel meer dan 1.900 vogels geteld. Tijdens de trek echter gebruikt ook een onbekend deel van de vogels behorende tot de veel grotere Noord-Europese broedpopulatie het BDNZ.

De hoogste dichtheden van de Visdief in het BDNZ komen voor binnen een strook van 10 tot 15 km uit de kust met concentraties rond Zeebrugge en tussen Oostende en Nieuwpoort. Visdieven foerageren meestal binnen een straal van ongeveer 10 km van de kolonie van Zeebrugge. Daarnaast is het zeegebied voor de haven van Oostende belangrijk als foerageergebied voor niet-broedende vogels.

Visdieven voeden zich vooral met kleine visjes en invertebraten die door middel van een ondiepe stootduik worden gevangen of van het water worden gepikt. In het BDNZ bestaat het voedsel voor de kuikens hoofdzakelijk uit kleine haringachtigen, zandspieringen en kabeljauwachtigen. Adulte vogels eten ook wel invertebraten zoals borstelwormen en krabben.

Visdieven zijn gevoelig voor verstoring of verlies van de broedhabitat, predatie (voornamelijk door meeuwen en landroofdieren), nestplaatsconcurrentie (voornamelijk door meeuwen) en vervuiling (vooral persistente stoffen zoals zware metalen, PCB's en chloorkoolwaterstoffen). In de kolonie van Zeebrugge werd jaarlijks ruim 1% van de populatie gedood door windmolens (Everaert & Stienen, 2006) en werd in een aantal jaren een zeer hoge predatiedruk door verwilderde katten en ratten vastgesteld. In 2009 werd de populatie gedecimeerd en kwam geen enkel kuiken vliegvlug als gevolg van predatie en verstoring door Vos (*Vulpes vulpes*).

Beoordeling staat van instandhouding in het BDNZ:

- Trends in het BDNZ:
  - De waargenomen trend van het voorkomen van Visdief in het BDNZ laat vooral hogere aantallen zien na 2000. Dit is deels een gevolg van het toegenomen aantal

broedvogels in Zeebrugge. De aantallen op zee hangen echter onder andere ook samen met de aanwezigheid van migrerende vogels en niet-broedende soortgenoten (vooral te Oostende). Net als bij de Dwergstern is het voor de beoordeling van de staat van instandhouding relevanter om de trend in het aantal broedgevallen te beschouwen. De periode 1996-2008 kan beschouwd worden als een periode waarin de kustpopulatie redelijk stabiel was en waarin gemiddeld 2.226 paren tot broeden kwamen.

- Beoordelingsaspect natuurlijk verspreidingsgebied: gunstig.
  - De Visdief komt in het BDNZ hoofdzakelijk voor in de kustnabije zone tot 15 km uit de kust. Het verspreidingsgebied in het BDNZ is niet ingekrompen en wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect populatie: matig ongunstig.
  - Birdlife International beschouwt de populatie van Visdief als 'secure' (Birdlife International, 2004a). De Belgische populatie kustbroeders is sinds 1996 relatief stabiel. In 2009 nam de populatie sterk af door de aanwezigheid van landroofdieren in de kolonie van Zeebrugge en ook de omvang van het broedgebied te Zeebrugge was de laatste jaren onvoldoende voor een duurzame instandhouding van die populatie (Courtens *et al.*, 2009). Verwacht wordt dat de aantallen die in juni en juli in het BDNZ aanwezig zijn sterk bepaald worden door de grootte van de broedkolonies langs de kust en dan vooral deze van Zeebrugge. De populatiegrootte wordt daarom als 'matig ongunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect leefgebied: gunstig.
  - Aspecten die momenteel negatief inwerken op het leefgebied van Visdief vinden quasi allemaal hun oorzaak in de broedkolonie in Zeebrugge en omvatten predatie, impact door windmolens en verstoring. Op zee is het leefgebied van een 'gunstige' kwaliteit.
- Beoordelingsaspect toekomstperspectief: matig ongunstig.
  - Uitbreiding van de oppervlakte geschikt broedhabitat in de haven van Zeebrugge, een verminderde bereikbaarheid voor grondpredatoren en maatregelen om de impact van windmolens bij de kolonie te verminderen worden momenteel in de praktijk gebracht of zijn gepland. De effectiviteit daarvan is momenteel nog niet bewezen. Daarom wordt het toekomstperspectief voor deze soort voorlopig als 'matig ongunstig' beschouwd.
- Instandhoudingsdoelstelling in het BDNZ:
  - In de Gewestelijke Instandhoudingsdoelstellingen wordt voor Vlaanderen het behoud van een populatie van 2.300 broedparen vooropgesteld (Paelinckx *et al.*, 2009). De kustpopulatie die direct afhankelijk van het BDNZ is iets kleiner en telde gemiddeld 2.226 broedparen over de periode 1996-2008. In Degraer *et al.* (2010b) wordt het behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied voor een populatie van gemiddeld 6.600 individuen (2.200 broedparen) vooropgesteld.
- Streefbeeld bij de instandhoudingsdoelstelling:
  - De matig ongunstige populatieomvang en het matig ongunstige toekomstperspectief van de Visdievenpopulatie langs de Belgische kust worden bepaald door factoren die intrinsiek zijn aan het broedgebied en geen verband houden met het leefgebied in het BDNZ. Vandaar dat tenminste in het BDNZ het behoud van de huidige

situatie volstaat bij deze soort. Maatregelen moeten worden genomen op het niveau van de instandhouding van de Vlaamse broedpopulatie.

Grote stern

Grote Stern komt voor op de Bijlage I van de Vogelrichtlijn. Binnen het BDNZ is deze soort relevant als broedvogel en als niet-broedvogel.

De Grote Stern is een typische kustbroedvogel. De soort wordt vooral in het BDNZ opgemerkt van maart tot september met de hoogste aantallen in mei. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit vis.

Het relatief belang van het BDNZ binnen Europa is belangrijk. De in België voorkomende vogels behoren tot de West-Europese broedpopulatie die overwintert voor de kusten van Noordwest- tot Zuid-Afrika. Het aantal Grote Sternen wordt voor de West-Europese populatie geschat op 166.000 tot 171.000 ex. (Wetlands International, 2006). In de broedkolonie in de haven van Zeebrugge is geregeld meer dan 1% van de biogeografische populatie (1.700 ex.) aanwezig met een maximum van 7,2% in 2004 (o.a. Courtens & Stienen, 2004). Ook in het BDNZ werd tijdens scheepstellingen meerdere keren meer dan 1% van de biogeografische populatie aangetroffen.

De hoogste dichtheden van Grote stern in het BDNZ komen voor binnen een strook van 25 tot 30 km uit de kust met concentraties rond Zeebrugge-Vlakte van de Raan, de Vlaamse Banken en tijdens de najaarstrek ook de omgeving van de Thorntonbank. Grote sternen foerageren meestal in de kustwateren (tot ongeveer 15 km uit de kust), maar gaan soms tot wel 60 km ver om voedsel voor hun jongen. Verder op zee wordt de soort slechts sporadisch opgemerkt.

Grote sternen voeden zich vooral met kleine vis en invertebraten die tijdens een ondiepe stootduik (tot 1,5 m diep) worden gevangen of van het water worden gepikt. In het BDNZ bestaat het voedsel hoofdzakelijk uit kleine haringachtigen en zandspieringen. Volwassen vogels eten in het begin van het broedseizoen ook wel borstelwormen.

Grote sternen zijn in de broedgebieden erg gevoelig voor verstoring (o.a. door recreanten en predatoren), overstroming, verlies van broedhabitat (o.a. als gevolg van economische ontwikkeling en vegetatiesuccessie etc.), predatie (voornamelijk door meeuwen en landroofdieren) en vervuiling. Gezien het uitgesproken voedselspecialist ziijn, zijn ze ook gevoelig voor voedselgebrek wanneer de juiste prooisoorten of lengteklassen ontbreken (Vanaverbeke *et al.*, 2007). In de kolonie van Zeebrugge werden soms vogels gedood door windmolens (Everaert & Stienen, 2006).

- Trends in het BDNZ:
  - De waargenomen trend van het voorkomen van Grote stern in het BDNZ laat een erratisch patroon zien met mogelijk hogere aantallen na 2002. Net zoals bij de andere twee sternensoorten wordt het voorkomen op zee deels bepaald door de aantallen in de kustkolonies (in het geval van Grote stern enkel Zeebrugge), maar deels ook door fluctuaties in het aantal doortrekkende individuen en veranderingen in het voedselaanbod. In 1988 werd in de haven van Zeebrugge het eerste broedgeval opgetekend van Grote stern. Sindsdien werden sterk variërende aantallen vastgesteld. In 2004 verhuisde de kolonie van de westelijke voorhaven naar het hiervoor speciaal aangelegde Sternenschiereiland aan de oostelijke strekdam van de haven. Hier kwamen maximaal 4.032 koppels tot broeden in 2004. Daarna namen de aantallen jaarlijks af. Fluctuaties in het aantal broedparen hangen

onder andere samen met verplaatsingen binnen de meta-populatie (ook elders vinden sterke aantalsveranderingen plaats), maar in Zeebrugge spelen tevens vegetatiesuccessie, problemen met voedsel en predatie een rol (o.a. Courtens *et al.*, 2009). In 2009 werd een vestiging van Grote sternen verijdeld door een koppel vossen.

- Beoordelingsaspect natuurlijk verspreidingsgebied: gunstig.
  - De Grote stern komt in het BDNZ hoofdzakelijk voor in de kustwateren tot 25 à 30 km uit de kust. Vooral tijdens het broedseizoen is de soort sterk kustgebonden (tot ongeveer 15 km). Tijdens de herfsttrek worden ook verder op zee (tot 25 km) Grote sternen aangetroffen. Tijdens de voorjaarstrek komt de soort sterk verspreid over het gehele BDNZ voor. Het verspreidingsgebied in het BDNZ is niet ingekrompen en wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect populatie: matig ongunstig.
  - Birdlife International beschouwt de populatie van Grote stern als 'depleted' (Birdlife International, 2004a). De soort krijgt niettemin de status 'least concern' op de Europese Rode Lijst van IUCN (Birdlife International, 2009). De kolonie in Zeebrugge kent jaarlijks sterk fluctuerende aantallen. Sinds 2004 zijn de aantallen na een piek sterk afgenomen. De omvang en de kwaliteit van het broedgebied waren de laatste jaren onvoldoende (Courtens *et al.*, 2009). Verwacht wordt dat de aantallen die in de periode mei-juli in het BDNZ aanwezig zijn rechtsreeks verband houden met de grootte van de kolonie van Zeebrugge. De populatiegrootte wordt daarom als 'matig ongunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect leefgebied: gunstig.
  - Aspecten die negatief op het leefgebied van Grote stern inwerken vinden voor een groot stuk hun oorzaak in de broedkolonie in Zeebrugge en omvatten predatie, impact door windmolens, verstoring en problemen met het voedselaanbod. In de meeste jaren lijkt het voedselaanbod in en rond de haven van Zeebrugge voldoende, maar in een aantal jaren werden voedselproblemen vastgesteld (o.a. Vanaverbeke *et al.*, 2007). Verder op zee is er weinig geweten van de prooibeschikbaarheid voor Grote stern. Het leefgebied op zee lijkt van een 'gunstige' kwaliteit.
- Beoordelingsaspect toekomstperspectief: matig ongunstig.
  - Uitbreiding van de oppervlakte geschikt broedhabitat in de haven van Zeebrugge, een verminderde bereikbaarheid voor grondpredatoren en maatregelen om de impact van windmolens bij de kolonie te verminderen worden momenteel in de praktijk gebracht of zijn gepland. De effectiviteit daarvan is momenteel nog niet bewezen. Daarom wordt het toekomstperspectief voor deze soort voorlopig als 'matig ongunstig' beschouwd.
- Instandhoudingsdoelstelling in het BDNZ:
  - Behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 6.900 vogels (gebaseerd op de Gewestelijke Instandhoudingsdoelstellingen waarin het behoud van een populatie van 2.300 broedparen wordt vooropgesteld, Paelinckx *et al.* (2009).
- Streefbeeld bij de instandhoudingsdoelstelling:
  - De matig ongunstige populatieomvang en het matig ongunstige toekomstperspectief van de Grote sternenpopulatie worden bepaald door factoren die intrinsiek zijn aan

het broedgebied en geen verband houden met het leefgebied in het BDNZ. Vandaar dat tenminste in het BDNZ het behoud van de huidige situatie volstaat bij deze soort. Maatregelen moeten worden genomen op het niveau van de instandhouding van de Vlaamse broedpopulatie.

5.4.7.3 Beschrijving en beoordeling effecten

Voor een gedetailleerde beschrijving van de effecten van het leggen van de kabels wordt verwezen naar de verschillende disciplines en in het bijzonder het luik vogels onder het hoofdstuk 'Fauna, flora & biodiversiteit'. Algemeen kan gesteld worden dat het aanleggen van het kabeltracé voor een zekere verstoring zal zorgen door enerzijds de aanwezigheid van schepen en anderzijds de omwoeling van het sediment (door jetting of een ploeg). De impact van het kabelleggen moet bepaald worden t.o.v. de instandhoudingsdoelstellingen die voor de relevante soorten en gebieden zijn bepaald.

Als instandhoudingsdoelstelling voor het gebied SBZ-V3 wordt aangehaald dat voor de voorkomende soorten de instandhouding van de huidige oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied voldoende is. In de broedperiode (april-augustus) is handhaving van rust in de directe nabijheid van de broedkolonie ter hoogte van het sternenschiereiland aan de oostzijde van de haven aangewezen.

In relatie tot de aanleg van de bekabeling van het Rentel windmolenpark naar de kust van Zeebrugge, worden er met betrekking tot het garanderen van rust in de nabijheid van de broedkolonie van de sternen geen problemen verwacht. Het sternenschiereiland bevindt zich namelijk aan de oostzijde van de haven en de kabels zullen aanlanden aan de westzijde van de haven. Bovendien is de geluidsverstoring als gevolg van het kabelleggen heel gering.

Met betrekking tot de instandhouding van de huidige oppervlakte en kwaliteit van hun leefgebied, waar tevens het foerageergebied toe behoort, worden geen significant negatieve effecten verwacht ten aanzien van de Europees beschermde soorten waarvoor SBZ-V3 van essentieel belang is. Wat de sternen (Visdief, Grote stern, Dwergstern) betreffen, voeden zij zich vooral met kleine visjes en invertebraten die door middel van een ondiepe stootduik worden gevangen of van het water worden gepikt. De hoogste dichtheden van de Visdieven en Grote sternen komen voor binnen een straal van respectievelijk 10-15 km en 25-30 km uit de kust, met concentraties rond Zeebrugge en Oostende. De aspecten die op het BDNZ negatief inwerken op het leefgebied van Visdief en Grote stern vinden hun oorzaak voornamelijk in de broedkolonie van Zeebrugge (predatie, impact door windmolens, verstoring).

Dwergmeeuw wordt tijdens de voorjaarstrek vooral in een strook van 25-30 km vanaf de kust waargenomen. Tijdens de najaarstrek is deze soort meer kustgebonden (merendeel binnen de 15 km). Dwergmeeuwen voeden zich met kleine visjes en mariene invertebraten die van het wateroppervlak of vlak daaronder worden gepikt. Dwergmeeuwen bezitten tevens een lage verstoringsgevoeligheid.

Het leggen van de kabels is tijdelijk van aard en zal enkel zorgen voor een verstoring ter hoogte van de zeebodem. De effecten ter hoogte van het wateroppervlak, waar de beschermde soorten zich voeden, zullen heel gering zullen zijn, waardoor er als gevolg van deze werkzaamheden geen significant negatieve effecten verwacht wordt op de oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied van deze soorten. De aanwezigheid van de schepen die de kabels leggen zal evenmin een significant negatief effect hebben op deze soorten daar de SBZ-V3 reeds in de huidige situatie druk bevaren is.

Ook voor de andere soorten, waar SBZ-V3 van groot belang voor is, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op de oppervlakte en kwaliteit van hun leefgebied als gevolg van het leggen van de kabels.

Er moet bijgevolg ook niet verder gezocht worden naar alternatieve oplossingen en mogelijke compenserende maatregelen (art.6, lid 4).

5.4.7.4 Milderende maatregelen

Gezien er geen significant negatieve effecten verwacht worden binnen de SBZ-V3 dringen er zich geen milderende maatregelen op.

5.4.7.5 Besluit passende beoordeling

Er zullen geen significante negatieve gevolgen optreden door de bouw van het windmolenpark en de aanleg van het kabeltracé van het offshore windmolenpark naar land, ter hoogte van de speciale beschermingszone SBZ-V3 en de andere mariene beschermde gebieden op het BDNZ.

5.5 ZEEZICHT EN CULTUREEL ERFGOED

5.5.1 Methodologie

Onder zeezicht wordt verstaan "het kustlandschap en de aangrenzende open wateren, inclusief zicht op zee en zicht op de kustlijn vanaf de zee". Bij het zicht op de kustlijn worden de kenmerken van het kustlandschap beschreven en de belangen hiervan voor de toeristen, horeca-uitbaters en bewoners.

Bij de introductie van de eerste aanvragen voor de bouw van offshore windmolenparken, bleek al snel de grote bezorgdheid over de potentiële landschapsvisuele effecten ervan. In het geval van de recentere plannen voor de bouw van offshore windmolenparken op 30 km en meer van de kust werden geen klachten met betrekking tot de effecten op het zeezicht meer ontvangen.

In het voorliggende MER wordt voor de referentiesituatie uitgegaan van het beschreven basisscenario bestaande uit 6 windturbines van het C-Power windmolenpark (Thorntonbank) en 55 windturbines van het Belwind windmolenpark (Bligh Bank).

Wat het cultureel erfgoed betreft, gaat de aandacht vooral naar de wrakken die op de zeebodem aanwezig zijn en de aanwezigheid van verdronken paleolandschappen. Er zijn verschillende databanken beschikbaar met een overzicht van de wrakken: dit onderzoek baseert zich op de data die bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Kust bekend zijn, op de inventarisatie van de wrakken in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005), en van drie databanken (http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm, www.maritieme-archeologie.be en http://www.wrecksite.eu/). Het onderzoek naar paleolandschappen is relatief nieuw en een databank met gekende paleolandschappen ontbreekt op dit moment nog. Gegevens hieromtrent werden bekomen uit navraag bij het VIOE (Vlaamse Instituut voor Onroerend Erfgoed, pers. comm. Inge Zeebroek, maart 2012). Op land bestaat het cultureel erfgoed uit landschappen en relicten van traditionele landschappen.

Bij de effectbeschrijving en -beoordeling worden de effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines en de bekabeling op het cultureel erfgoed (zijnde de wrakken en paleolandschappen) en op het zeezicht beschreven. Bij de bespreking en beoordeling van de impact op het zeezicht wordt gebruik gemaakt van bestaande fotosimulaties en van de resultaten van het enquêteonderzoek dat in de zomer van 2009 uitgevoerd werd door Grontmij (2010) in het kader van de milieueffectenrapportering voor concessiegebied Norther (Arcadis, 2011). Het Norther concessiegebied is het dichtst bij de kust gelegen en zal het meeste effect hebben op het landschap. Vanaf de kust gezien ligt het Rentel projectgebied achter de Norther en C-Power concessiezones.

5.5.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

5.5.2.1 Zee- en kustlandschap

De Noordzee lijkt een tot aan de horizon uitgestrekt uniform wateroppervlak en is één van de weinige gave landschappen die in België aan te treffen zijn, met een groot ecologisch belang. De vrije horizon, als uniek landschap, is een belangrijke natuurlijke waarde van de Noordzee. Het zicht over zee is op de meeste plaatsen vanaf de Belgische kustlijn ongestoord. Het zeezicht is zonder twijfel een belangrijk aantrekkingselement voor het toerisme aan de Belgische kust.

Bij goede zichtbaarheid kan tot ver in zee de scheepvaart gevolgd worden. Vooral bij mooi en helder weer wordt beweging in het landschap door vrachtschepen, vissers, recreatievaart en surfers, waargenomen. In de nabijheid van havens is er meestal meer activiteit door o.a. in- en uitvarende containerschepen, baggerschepen, vissersschepen en recreatievaart.

Bij waarneming vanaf de kustzone landinwaarts is het dominante beeld van de Belgische kust dat van een smalle, strakke opeenvolging van hoogbouw in een strook van 67 km lang, die zee en polders hard scheidt. Aan de oostkust is er enkel ter hoogte van het Zwin nog een open verbinding tussen de zee en het binnenland en komt er een uitgebreid en waardevol slikken- en schorrengebied voor. Ten westen zijn de duinengordel ter hoogte van De Panne, Bredene en de kustlijn ter hoogte van De Haan, waar hoogbouw vermeden wordt, nog enkele waardevolle kuststrookgebieden. De Haven van Zeebrugge geeft een sterk dominerend karakter aan de kustzone. Het landschap wordt beïnvloed door de aanwezigheid van de windturbines op de oostelijke strekdam, (bouw-)kranen, de LNG- terminal en andere havengebonden activiteiten.

5.5.2.2 Beleving en appreciatie van de kust en het zeelandschap

Bij een enquêteonderzoek in 2009 bij 1.000 personen werd in het kader van monitoring van de effecten van offshore windmolenparken op het landschap ondermeer gepolst naar de beleving en de appreciatie van de kust (Grontmij, 2010). Op dertien mogelijkheden zijn volgende aspecten van de kust de meest gewaardeerde:

1. Het strand, de zon, de zee (zonnen en zwemmen);
2. Wandelingen langs de zee, in de duinen of op de dijk, uitwaaien in de frisse lucht;
3. De gezelligheid en de vakantiesfeer;
4. De natuur, de zuivere en gezonde lucht (duinen, zeevogels en natuurreservaten);
5. De rust en de stilte;

6. Het weidse landschap met vergezichten, het zicht op zee.

'Het weidse landschap met vergezichten, het zicht op zee' werd door iets meer dan een kwart van de bevraagden aangegeven. Gezien bovendien eveneens kan aangenomen worden dat de factor landschap ook zeer belangrijk is bij 'wandelingen langs de zee, in de duinen of op de dijk, uitwaaien in de frisse lucht', kan besloten worden dat het zeezicht een zeer belangrijke rol speelt in de beleving en appreciatie van de kust.

Het zeelandschap werd door de bevraagden voornamelijk beschreven als rustig en stil, natuurlijk, oneindig, weids en open, en werd duidelijk positief beoordeeld, als mooi, aantrekkelijk, 'vrijheid', etc.

Op de vraag of hen iets stoorde aan het zeelandschap, antwoordde 12% van de ondervraagden positief. De vervuiling van de zee werd in dit verband het meest aangehaald, alsook de drukte van het toerisme (auto's, mensen,…). De haven en de industrie van Zeebrugge/Oostende en bebouwing op het land (bijvoorbeeld appartementsblokken) zijn storende elementen die door telkens ca. één op de tien mensen die aangaven dat hen iets stoorde aan het zeelandschap, werden vermeld. De windmolens aan de haven van Zeebrugge werden slechts door 6 mensen aangehaald (5%) en de windmolens op zee slechts door 3 mensen (2,5%).

5.5.2.3 Natuurwaarde

Op zee kan gesteld worden dat de belangrijkste natuurwaarde zich in de zone bevindt die het dichtst bij de kust gelegen is; namelijk in de eerste zes nautische mijl van de territoriale wateren. In deze zone bevinden zich de Speciale Beschermingszones in het kader van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn (KB van 14 oktober 2005), en het gericht marien reservaat 'Baai van Heist' (KB van 05 maart 2006). Het nieuw Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken' dat in september 2011 door de Europese Commissie werd opgenomen in de lijst van de 'Gebieden van Communautair Belang', strekt zich vanaf de kust veel dieper in zee uit en beslaat een oppervlakte van ca. 1.000 km² (ca. 1/3 van het BDNZ) (Kaart zie Bijlage E).

Vanuit een meer algemeen natuurstandpunt kan gesteld worden dat de natuurwaarde het hoogste is dichtbij de kust (o.a. de Vlaamse banken) en afneemt naarmate men verder offshore gaat. Daarnaast is een westoostelijke gradiënt waarneembaar met een concentratie van natuurgebieden aan de westkant. Op land zijn er waardevolle kuststrookgebieden ter hoogte van het Zwin, de Baai van Heist, de kustlijn van de gemeente De Haan, de duinengordel ter hoogte van Bredene, de IJzermonding en het Westhoekreservaat.

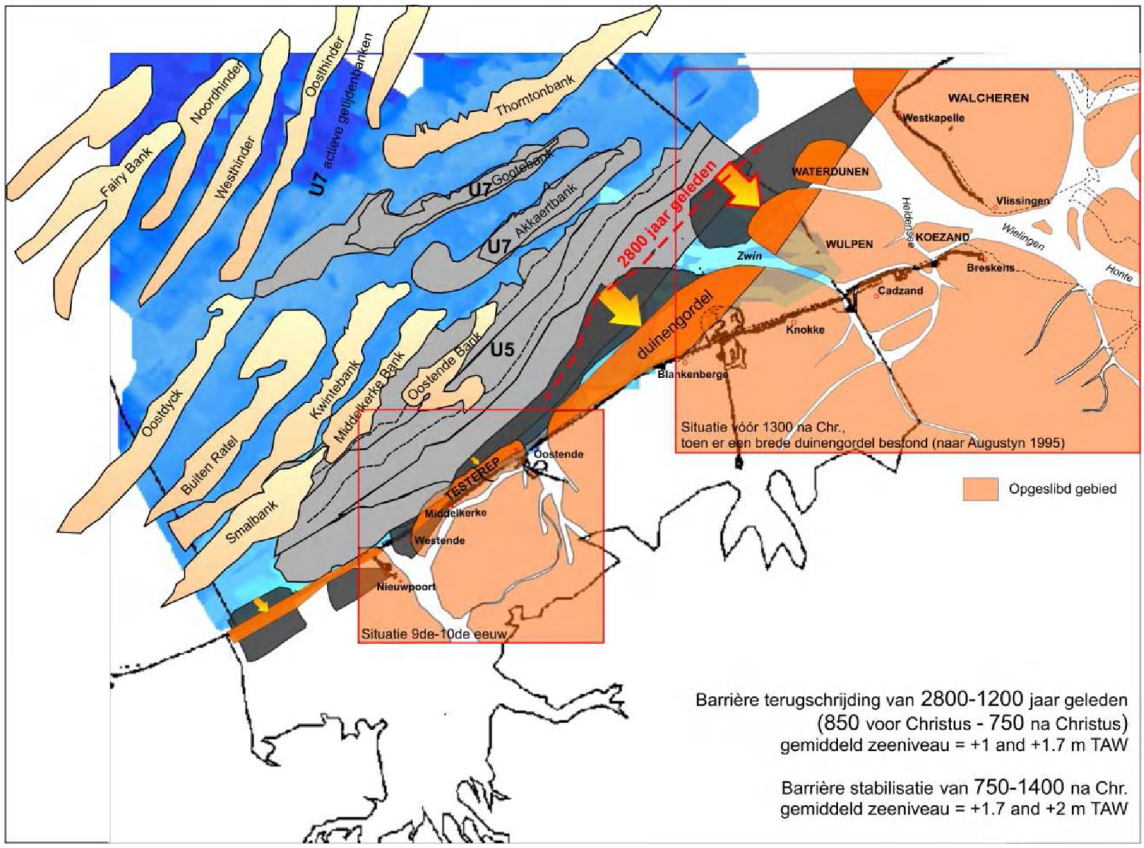
5.5.2.4 Cultureel erfgoed

Op land bestaat het cultureel erfgoed uit landschappen en relicten van traditionele landschappen. Het betreft o.a. duin- en poldergebieden, de IJzermonding en het Zwin met zijn uitzonderlijke landschapsecologische waarde als slikke- en schorregebied. De landschapsatlas (Hofkens en Roosens, 2001) geeft aan waar de historisch gegroeide landschapstructuur tot op vandaag herkenbaar gebleven is en duidt deze aan als relicten van de traditionele landschappen. De relicten worden geclassificeerd naar de ruimtelijke dimensie die ze in het landschap bezitten, ze kunnen onderverdeeld worden in punt-, lijn- en vlakvormige relicten. Sommige relicten vormen complexen van erfgoedelementen die één geheel vormen, ze worden samengevoegd tot een ankerplaats. Een voorbeeld van zo een ankerplaats is "de Fonteintjes", een serie van deels kunstmatige, deels natuurlijke

duinplassen, duinrietlanden en duinstruwelen gelegen langs een 4 km lange strook tussen de duinengrodel en de kustweg van Zeebrugge tot Blankenberge.

Op zee bestaat het cultureel erfgoed voornamelijk uit scheepswrakken. Door de Wet van 9 april 2007 betreffende de vondst en de bescherming van wrakken bestaat de mogelijkheid om wrakken te beschermen. Er kan worden aangenomen dat er buiten gelokaliseerde-, ook een groot aantal niet-geregistreerde wrakken aanwezig zijn op de zeebodem.

Naast scheepswrakken groeit er een interesse naar verdronken paleolandschappen als nieuw onderdeel van cultureel erfgoed. Zo zouden er (herwerkte) resten van de middeleeuwse eilanden Wulpen, Koezand en Waterdunen liggen ter hoogte van het huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010, Mathys, 2009) (Figuur 5-95). Rondom de Thorntonbank en in het Deep Water Channel (gelegen aan de noordrand van het BDNZ) zijn fossiele zoogdierresten teruggevonden (pers. comm. Inge Zeebroek, maart 2012). Ook kustnabije zones bevatten vaak archeologische resten, bvb. de kust voor Oostende-Bredene en Raversijde (Pieters *et al.*, 2010).



Figuur 5-95 Situering van middeleeuwse eilanden Wulpen, Koezand en Waterdunen (naar Mathys, 2010)

5.5.2.5 Autonome ontwikkeling

Een ontwikkeling die een wijziging in het zeelandschap zal aanbrengen, is de (verdere) bouw van de momenteel vergunde windmolenparken (C-Power, Belwind, Northwind en Norther). De impact van deze windmolenparken op het zeezicht vanaf de kust is voornamelijk afhankelijk van de afstand van het windmolenpark tot de kustlijn. Momenteel is het C-Power project het dichtstbijzijnde operationeel windmolenpark, op een afstand van 27 km uit de kust van

Zeebrugge. In de toekomst zal het Norther windmolenpark echter nog voor dat van C-Power komen te liggen.

Figuur 5-96 geeft een simulatie van het zeezicht weer vanaf de dijk van Blankenberge wanneer de windmolenparken van C-Power, Belwind en Northwind volledig gebouwd zijn. Bij het enquêteonderzoek uitgevoerd in de zomer van 2009, beoordeelde bijna 78% van de respondenten dit zicht als (zeer) aanvaardbaar (Grontmij, 2010).



Figuur 5-96 Simulatie van de drie gekende vergunde windmolenprojecten (C-Power, Northwind en Belwind), standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Grontmij, 2010) (uitvergroot in Bijlage G)

Naast de bouw van de windmolenparken zou het zeezicht mogelijks gewijzigd kunnen worden door de ontwikkelingen in de scheepvaartsector. De groei van de havens en de vraag naar grotere schepen zou het bestaande beeld kunnen wijzigen. Ook de aangepaste vaarroutes (dichter onder de kust) kunnen hier een rol in spelen. Wat betreft de autonome ontwikkeling van het cultureel erfgoed kan gesteld worden dat er momenteel op land geen ontwikkelingen gepland zijn die het cultureel erfgoed zouden kunnen wijzigen. Op zee worden projecten gepland om de zeebodem te scannen op paleolandschappen (pers. comm. Tine Missiaen, april 2012) waardoor in de toekomst mogelijk nieuwe gebieden als paleolandschap of cultureel erfgoed gedefiniëerd zullen worden.

5.5.3 Effecten

5.5.3.1 Effecten op zeezicht

5.5.3.1.1 Constructiefase

De bouw van het Rentel windmolenpark wordt voorzien op een totale doorlooptijd van 2 jaar. De installatiewerkzaamheden voor de aanleg van het windmolenpark zullen aanleiding geven

tot een tijdelijke en lokale verstoring van het zeezicht. De bouw van de installaties op zee zal waarschijnlijk gebeuren in de werkbare seizoenen, met name vooral van april tot oktober. Deze periodes vallen samen met de het toeristische hoogseizoen op de kust.

De schepen die gebruikt zullen worden tijdens de bouw zijn erg beperkt in aantal (tot ca. 280 voor conf. 1, GBF), vergeleken bij de grote aantallen van gewone vaarbewegingen die zichtbaar zijn vanaf de kust (Haven Zeebrugge ca. 11.000 zeeschepen per jaar). Het effect van deze schepen en scheepsbewegingen wordt als zeer gering tot verwaarloosbaar negatief beschouwd.

Gezien het windmolenpark op een grote afstand in zee wordt gebouwd, zullen de constructieactiviteiten nauwelijks zichtbaar zijn. Het effect van de bouwactiviteiten op de beleving van het zeezicht door toeristen en bewoners, zal zeer gering tot verwaarloosbaar zijn. Daarnaast dient gesteld te worden dat op het moment van de realisatie van het Rentel windmolenpark er reeds andere windturbines op zones dichter bij de kust zullen gerealiseerd zijn, die de visuele impact van de turbines in de verder gelegen zones nog meer beperken.

De voorbereidende activiteiten op het land (zoals onder andere de premontage van turbines en andere onderdelen van het windmolenpark) in een nabijgelegen haven, hebben lokaal wel een tijdelijke visuele impact; de aanwezigheid van het materieel en de werken kunnen tijdelijk als een toeristische activiteit worden beschouwd. De negatieve beleving van de rustverstoring voor bewoners staat naast de positieve beleving voor toeristen. In zijn geheel is deze activiteit visueel als neutraal te beschouwen vanwege het tijdelijke karakter en de potentiële positieve effecten.

Bij de aanlanding van de offshore exportkabel wordt op het strand een sleuf gegraven met een ploeg voor het aanleggen van ondergrondse kabels en buizen of met klassieke graafmachines (Figuur 5-97). Deze activiteiten grijpen plaats buiten het drukke toeristische seizoen. Bewoners en toeristen worden tijdig en afdoende geïnformeerd van de geplande werkzaamheden. Het effect van deze activiteiten op de beleving van het zeezicht is zeer tijdelijk (enkele dagen werkzaamheden op de strandzone) en wordt als uiterst gering negatief beschouwd.



Figuur 5-97 Illustraties van de aanleg van een exportkabel op het strand (bron: IMDC i.o.v. C-Power, april 2012)

5.5.3.1.2 Operationele fase

Zeezicht vanaf de kust

Het Rentel project situeert zich achter de C-Power en Norther windmolenparken die dichter bij de kust gelegen zijn. Vanaf de kust zal het zicht met of zonder de Rentel turbines niet wezenlijk veranderen.

De zichtbaarheid van een windmolenpark wordt bepaald door een combinatie van parameters: de afstand van het windmolenpark tot de waarnemer, de schaal en conf.iguratie van het windmolenpark (aantal turbines, onderlinge afstand tussen de turbines, inplantingspatroon…), de lay-out van de turbines (kleur, grootte…), weersomstandigheden en contrast, etc. De afstand tot de kust in combinatie met de natuurlijke kromming van de aardbol resulteert bovendien in een gedeeltelijk 'verdwijnen' van de windturbines achter de horizon. Op een afstand van ca. 30 km (kortste afstand van de kust tot het Rentel windmolenpark) en gezien vanaf het strand, zal het onderste gedeelte van de mast (ca. 40 m) door de natuurlijke aardbolkromming verdwijnen achter de horizon. Turbines die op grotere afstand van de kust staan, zullen voor een groter deel achter de horizon verdwijnen (DTI, 2005). Voor een waarnemer op de dijk zal de visuele impact groter zijn dan voor een waarnemer op het strand, gezien het hoger gelegen gezichtspunt.

Een tweede factor die de zichtbaarheid van het windmolenpark aan de kust bepaalt, is het scheidend of oplossend vermogen van het menselijk oog. Dit bedraagt gewoonlijk maximaal 1 boogminuut. Op 30 km afstand kan het menselijk oog objecten onderscheiden die breder zijn dan 8,75 m. Theoretisch gezien zullen dus voornamelijk de grootste turbines (conf. 2, MP) die het dichtst bij de kust gesitueerd zijn, het beste te onderscheiden zijn.

Er zijn slechts weinig dagen per jaar waarop zeezicht mogelijk is tot 20 à 30 km. Jaarlijks is het zicht maar in 10% van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1% van de tijd meer dan 30 km (Grontmij, 2008). Het contrast tussen de turbines en de lucht is afhankelijk van het weertype en van de kijkrichting ten opzichte van de zonnestand. Met de zon in de rug steken de turbines

wit af tegen de lucht, bij tegenlicht zijn ze donker tegen een lichtere lucht. Bij grijs weer is er weinig contrast en is de zichtbaarheid minder. Verder bepaalt ook de stand van de rotorbladen de zichtbaarheid. Bij een stand haaks op de kijkrichting is de zichtbaarheid het grootst.

Zeezicht op zee

Bij het enquêteonderzoek van 2009 in het kader van de monitoring van de effecten van offshore windmolenparken op het landschap, werd aan de respondenten eveneens een simulatie voorgelegd met een zicht op de windmolenparken van op de zee (Grontmij, 2010). Hiervoor werd de situatie met volledige inname van de juridisch afgebakende zone voor windmolenparken op zee gebruikt (Figuur 5-98).



Figuur 5-98 Simulatie van de volledige inname van de juridisch afgebakende zone voor windmolens op zee ('worst case'), zicht van op zee, standpunt op ca 2 km van dichtste windturbine, kijkrichting noordwesten (Grontmij, 2010) (uitvergroot in Bijlage G)

Volgens bovenstaand onderzoek is voor 55% van de bevraagden is dit zicht van op zee (zeer) aanvaardbaar. Bijna één op de drie vindt dit zicht onaanvaardbaar, nog eens 10,7% zeer onaanvaardbaar. Ook hier spelen de afstand tot de turbines en de procentuele inname van de horizon een grote rol in de aanvaardbaarheid, hoewel eveneens de zichtbare bebakening van belang kan zijn in deze negatievere beleving.

Bebakening en verlichting

Zoals besproken in hoofdstuk 2 § 2.7.1.2.10 'Bebakening', worden de windturbines met een hoogte van meer dan 150 m boven de zeespiegel uitgerust met dubbele "W-roodlichten" of "obstakellichten" (rood flitslicht) ofwel "verlichting aan de uiteinden van de wieken" (rood vast licht met lage intensiteit) en obstakellichten op 40 m hoogte van de mast, voor signalisatie 's nachts t.b.v. de veiligheid voor scheeps- en luchtvaart.

Een licht, geplaatst op de gondel van de windturbines (100 m hoogte), kan door een waarnemer op 10 m hoogte, waargenomen worden tot meer dan 54 km afstand (ARCADIS, 2008). De lichten zullen dus binnen de grenzen van het zichtbare vallen.

Bij daglicht zullen de lichten opgaan in de helderheid van het daglicht en is de impact verwaarloosbaar. Bij nacht zullen ze onder heldere omstandigheden zichtbaar zijn vanaf de kust. De impact kan gezien de zeer grote afstand tot de kust ook dan als zeer gering worden beschouwd. Bij het enquêteonderzoek dat in de zomer van 2009 werd uitgevoerd, beoordeelde bijna 90% van de respondenten dit zicht als (zeer) aanvaardbaar (Grontmij, 2010).

5.5.3.1.3 Ontmantelingsfase

De effecten op het zeezicht zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn aan diegene tijdens de bouwfase. Deze zijn verwaarloosbaar (0/-).

5.5.3.1.4 Bekabeling

De aanleg van de parkkabels tussen de turbines en de aanleg van de exportkabel(s) naar de kust betekent een minimale verhoging van de scheepsbewegingen op zee. Daarom wordt de impact van de installatie van de kabels op het zeezicht als nagenoeg onbestaande (0) beoordeeld.

5.5.3.1.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het zeezicht

Tabel 5-72 geeft een samenvatting weer van de effecten op het zeezicht tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en de basisconfiguratie. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-72 Overzicht van de effecten op het zeezicht (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Stijging scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bouwactiviteiten	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Operationele fase											
Zeezicht vanaf de kust	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeezicht op zee	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bebakening	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Analoog met constructiefase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling											
Stijging scheepvaartverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.5.3.2 Effecten op cultureel erfgoed

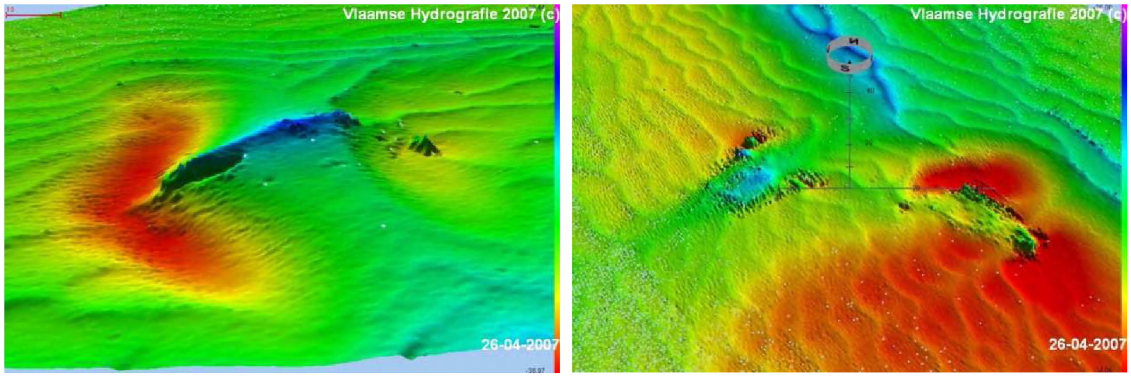
5.5.3.2.1 Constructiefase

De bouw van het windmolenpark zal geen direct of indirect effect (0) hebben op het cultureel erfgoed langsheen de kustlijn. De landschappelijke waarde van de relictzones, ankerplaatsen en puntrelicten zal niet worden aangetast.

Op basis van de bestaande databanken rond scheepswrakken en de inventarisatie van de scheepswrakken die uitgevoerd werd in het kader van het project GAUFRE (Maes *et al.*,

2005) kan er afgeleid worden dat er ter hoogte van het concessiegebied van Rentel twee wrakken gelegen zijn (Figuur 5-100).

Het meest oostelijk gelegen wrak (51°36.551' N, 2°5 7.989' O) is een onbekend schip van 40 m lang en 7 m breed, gelegen op een diepte van ca. -25 m LAT (Figuur 5-99). Het meer westelijk gelegen wrak is eveneens een onbekend schip van 50 m lang en 11 m breed, gelegen op ca. -28 m LAT. Waarschijnlijk is het in twee stukken gebroken die 55 m uit elkaar liggen (Figuur 5-99). Het eerste stuk bevindt zich in positie 51°3 4',803 N, 2°54',684 O; het tweede in 51°34',801 N, 2°54',748 O (www.vlaamsehydrografie.be).



Figuur 5-99 Multibeam opnamen van de wrakken gelegen in het Rentel concessiegebied. Links het oostelijk gelegen wrak en rechts het westelijk gelegen wrak (www.vlaamsehydrografie.be)

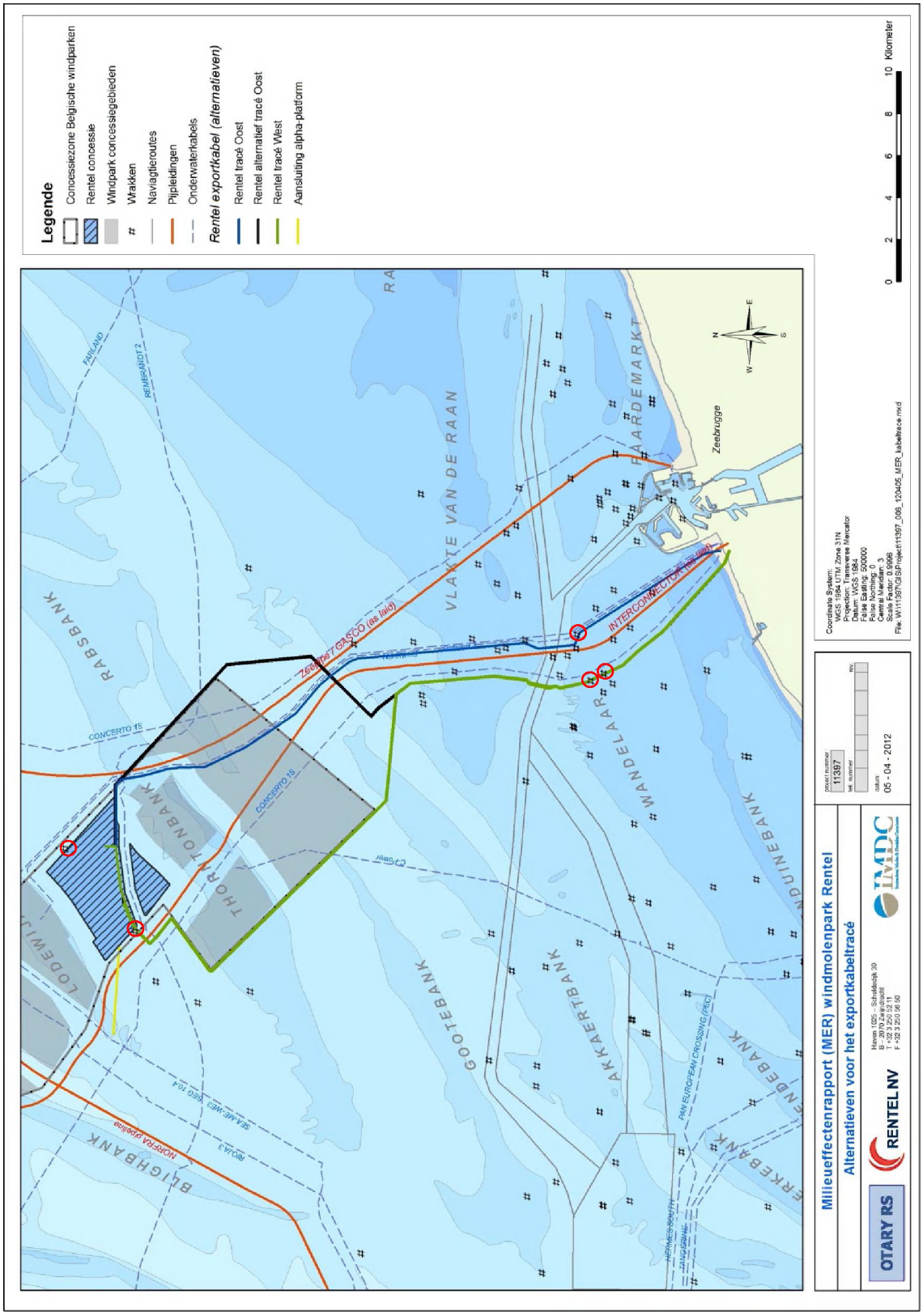
Vooral bij de potentiële uitbreiding van het concessiegebied naar de Belgisch/Nederlandse grens dient wel rekening gehouden te worden met de ligging van het oostelijke wrak, dat bij uitbreiding volledig binnen het Rentel-gebied valt. Het westelijke wrak ligt volledig aan de rand van het concessiegebied.

Met het oog op de bescherming van het cultureel erfgoed dient grote zorg besteed te worden om deze gekende wrakken te vermijden bij de aanleg van de funderingen en erosiebescherming. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken maximaal nagestreefd wordt, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt (0).

De exacte locatie van fossiele zoogdierresten rondom de Thorntonbank vormt echter een leemte in de kennis. Het effect van de bouw van windmolenpark Rentel op archeologische resten kan niet bepaald worden.

5.5.3.2.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase van het windmolenpark wordt geen impact (0) verwacht op het aanwezige marien cultureel erfgoed.



Figuur 5-100 Ligging wrakken t.o.v. windmolenpark Rentel en alternatieve kabeltracés

5.5.3.2.3 Ontmantelingsfase

Tijdens de ontmantelingsfase van het windmolenpark wordt geen impact (0) verwacht op de aanwezige scheepswrakken, zolang er rekening mee wordt gehouden tijdens de verankering van de uitvoerende schepen.

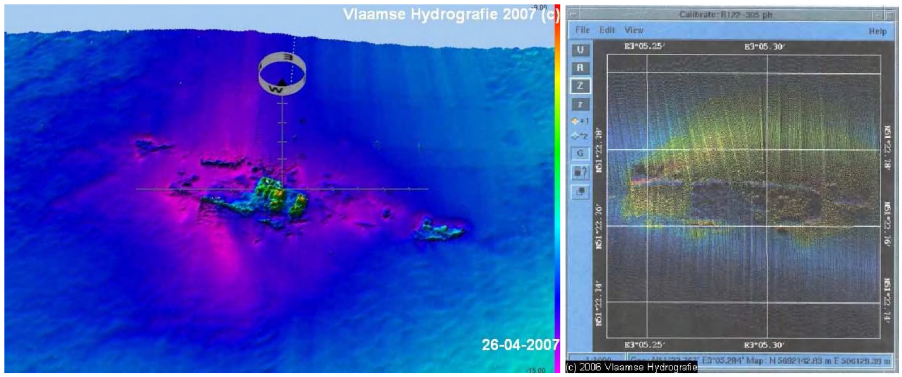
5.5.3.2.4 Bekabeling

De aanleg van de exportkabel zal geen direct of indirect effect (0) hebben op het cultureel erfgoed langsheen de kustlijn. De aansluiting zal gebeuren op het nieuwe hoogspanningsstation Stevin, dat gepland is op het militair domein ten oosten en westen van de N31 en in het noorden begrensd door de kustweg (ELIA, 2012). De landschappelijke waarde van de ankerplaats "de Fonteintjes", gelegen ten westen van deze locatie in Zeebrugge, zal dus geen invloed ondervinden van de onshore aanleg van de exportkabel.

De aanleg van de parkkabels en exportkabel(s) van het windmolenpark naar de kust kan echter wel impact hebben op het maritiem cultureel erfgoed, gezien er in het concessiegebied en langsheen de drie alternatieve tracés naar de kust (zie hoofdstuk 'Beschrijving van de alternatieven' § 4.2) meerdere (gekende) scheepswrakken aanwezig zijn (Figuur 5-100). Bij de definitieve inplanting van het kabeltracé en de verdere technische detaillering van deze kabel worden deze scheepswrakken maximaal vermeden.

Ter hoogte van de 'Wandelaar' liggen twee wrakken op de route van het westelijk en oostelijk alternatief kabeltracé. Langsheen het andere oostelijk kabeltracé (doorheen het Norther park) liggen ter hoogte van de Vlakte van de Raan en de Wandelaar verschillende wrakken op een afstand van 70-200 m van de voorgestelde route.

Het meest noordelijk gelegen wrak langsheen het samenvallend westelijk en oostelijk alternatief kabeltracé (51°23,056' N, 3°04,899' O W GS84) is een onbekend schip (Figuur 5-101). Het meer zuidelijk gelegen wrak is de Nippon van 138 m lang en 18 m breed (51°22,716' N, 3°05,202' O WGS84). Het wrak op onge veer 70 m van het oostelijk kabeltracé (eveneens ter hoogte van de Wandelaar) is het oostelijk deel van de Samvurn (51°23,400' N, 3°06,795' O WGS84) (www.vlaamsehydrografie.be).



Figuur 5-101 Multibeam opnames van de wrakken gelegen langsheen de alternatieve kabeltracés. Links het noordelijk gelegen wrak langsheen het samenvallend westelijk en alternatief oostelijk kabeltracé. En rechts het zuidelijk gelegen wrak (Nippon). (www.vlaamsehydrografie.be)

Vanuit het standpunt van het maritiem archeologisch erfgoed gaat geen voorkeur uit naar een bepaald tracé aangezien er langsheen de drie tracés wrakken gesitueerd zijn. Er zal voor aanleg van de kabel een multibeam of side scan sonar survey (of een gelijkwaardig

onderzoek) langsheen het gekozen kabeltracé uitgevoerd worden, of ten minste gebruik gemaakt van reeds beschikbare relevante gegevens van surveys uitgevoerd voor de aanleg van andere exportkabels. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken maximaal nagestreefd wordt, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt.

De voorgestelde alternatieve kabeltracés tussen het Rentel windmolenpark en Zeebrugge doorsnijden geen tot op heden gekende paleolandschappen of archeologisch interessante kustnabije gebieden.

5.5.3.2.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het cultureel erfgoed

Tabel 5-73 geeft een samenvatting weer van de effecten op het cultureel erfgoed tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en de basisconfiguratie. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-73 Overzicht van de effecten op het cultureel erfgoed (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Effect op cultureel erfgoed langsheen de kust	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken en paleolandschappen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operationele fase											
Effect op cultureel erfgoed langsheen de kust	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken en paleolandschappen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Analoog met constructiefase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bekabeling											
Effect op cultureel erfgoed langsheen de kust	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken en paleolandschappen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.5.4 Leemten in de kennis

5.5.4.1 Zeezicht

Er bestaan nog leemten in de kennis omtrent de ervaring van diverse opstellingspatronen en lay-outs van windmolenparken met betrekking tot zichtbaarheid en acceptatie van windmolenparken. Een beter zicht krijgen in het voorkomen van de 'optimale weersomstandigheden' waarbij de windmolenparken het meest zichtbaar zijn, zou bijdragen tot een betere inschatting van het 'worst case' scenario.

5.5.4.2 Cultureel erfgoed

Niet alle wrakken en andere grote objecten die voor technische moeilijkheden kunnen zorgen voor de aanleg van de kabels zijn momenteel reeds gekend. Daarom is het aangewezen om vóór de werken een screening van de funderingslocatie en het tracé waar de kabels zullen gelegd worden, uit te voeren.

Ook de exacte locatie van fossiele zoogdierresten in de buurt van de Thorntonbank is nog niet gekend en evenmin bestaat er een officiële aanduiding van erkende paleolandschappen of archeologisch interessante kustnabije gebieden. Het zou aangewezen zijn om onderzoek hierover op te starten.

5.5.5 Milderende maatregelen

5.5.5.1 Zeezicht

Gezien de verwaarloosbare impact van de turbines in het Rentel windmolenpark op het zeezicht worden geen milderende maatregelen voorgesteld. Vanuit het oogpunt van een minimale visuele hinder gaat de voorkeur uit naar een kleurgebruik voor de windturbines van mat grijs. Aangezien kleurverschillen vanaf de kust, gezien de afstand niet meer relevant onderscheidbaar zijn, is dit aspect vooral van belang voor waarnemingen van op boten op kortere afstand. Obstakellichten op het vaste generatorgedeelte genieten de voorkeur boven lichten op de draaiende rotorbladen.

5.5.5.2 Cultureel erfgoed

Als algemene maatregel geldt dat bij het aanleggen van het windmolenpark en het kabeltracé de wrakken best vermeden worden en indien nodig de locaties van turbines of zeekabels aangepast worden om hieraan te voldoen.

Het oostelijk kabeltraject doorheen het Norther park naar Zeebrugge loopt grotendeels gelijk met het Belwind, Norther en Northwind kabeltraject naar Zeebrugge. Daar zal een screening van de zeebodem hoogstwaarschijnlijk reeds uitgevoerd zijn. Voor het westelijk traject en het oostelijk alternatief rondom het Norther park zal de screening van de zeebodem nog wel moeten uitgevoerd worden.

In ieder geval moet de aanvrager voor de bouw een multibeam of side-scan sonar survey (of minstens gelijkwaardige techniek) door het gebied en over het kabeltracé uitvoeren. Anomalieën met archeologisch potentieel moeten door minstens twee side-scan lijnen in beeld gebracht worden, overlangs en dwars door de centrale as van de anomalie (pers. comm. Tine Missiaen, april 2012). De BMM en het VIOE (maritieme archeologie) moeten uitgenodigd worden om aanwezig te kunnen zijn tijdens deze survey. In afspraak kunnen eventueel ook aanvullend, andere observatietechnieken worden aangewend, bvb. mangetomerie en sub-bottom metingen aangevuld met sedimentstaalnames. Alle obstakels die op de zeebodem gevonden worden, moeten geplot worden. Op basis van de survey worden locaties met een mogelijk potentieel aan onroerende erfgoedwaarden bepaald. Deze kunnen op basis van een duikonderzoek verder worden onderzocht en zo mogelijk "vrijgegeven". Op deze manier kan het onnodig omleggen van de kabeltracés worden vermeden.

Indien ter hoogte van het concessiegebied van het Rentel windmolenpark of langsheen het gekozen kabeltracé een wrak of andere archeologische vondst wordt 'ontdekt' dienen de

bevoegde autoriteiten (Agentschap Onroerend Erfgoed) te worden ingelicht alvorens over te gaan tot eventuele verwijdering (indien vermijding niet mogelijk blijkt).

5.5.6 Monitoring

Ten aanzien van het dynamische en wijzigende karakter van landschappelijke beleving is het wenselijk om de beleving van offshore windmolenparken op zee met een vaste frequentie op te volgen. Momenteel wordt de impact van zeezicht gebaseerd op fotosimulaties die de nodige beperkingen inhouden. Een enquêtering op basis van *in situ* waarnemingen zou een realistischer beeld van de belevingswaarde kunnen geven, waarbij ook een inschatting kan gemaakt worden van de zichtbaarheid in functie van de frequentie van voorkomen van bepaalde atmosferische omstandigheden. Daarnaast kan de effectiviteit van voorgestelde en toegepaste milderende maatregelen geëvalueerd worden. Tenslotte kan hiermee nagegaan worden of de beleving van windmolenparken in exploitatie in de tijd wijzigt door gewenningsverschijnselen of door wijzigende referentiekaders bij respondenten.

5.6 INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN

In de Belgische mariene gebieden omvatten de menselijke activiteiten vooral economische activiteiten. Verschillende van deze activiteiten maken gebruik van speciale zones die hiervoor zijn afgebakend of bepaald, zoals visserij, maricultuur, scheepvaart, zand- en grindontginning, baggeren en storten van baggerspecie, windenergie, militair gebruik, gaspijpleidingen en telecommunicatiekabels, toerisme en recreatie, en wetenschappelijk onderzoek. Een algemeen overzicht van het BDNZ waarin verschillende gebruikers actief zijn, wordt gegeven in kaart in Bijlage C.1.

Het concessiegebied situeert zich volledig binnen de zone voor de bouw en exploitaties van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). De wetgever heeft met dit KB een duidelijk concrete invulling willen geven aan zijn beleidsdoelstellingen inzake de ontwikkeling van groene energie. Eveneens is bepaald dat deze activiteit voorrang geniet op de andere activiteiten die zouden kunnen plaatsvinden in het gebied. De drie alternatieve kabeltracés met aanlanding te Zeebrugge kruisen de Speciale Beschermingszone te Zeebrugge (SBZ-V3) en de scheepvaartroute 'Het Scheur'.

In volgende paragrafen zal de (socio-economische) impact van het Rentel windmolenpark op deze andere activiteiten bekeken worden. De beschreven effecten zijn zowel geldig voor de verschillende configuratiealternatieven van het Rentel windmolenpark als voor het basisscenario. Ook wordt dezelfde impactanalyse bij de beschouwde alternatieven van de offshore exportkabel uitgewerkt.

5.6.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

5.6.1.1 Visserij

5.6.1.1.1 Belgische deel van de Noordzee

Visserijgronden

De Belgische kustwateren zijn de habitat van volgroeide demersale vissoorten zoals Schol (*Pleuronectes platessa*), Schar (*Limanda limanda*), Tong (*Solea solea*), Kabeljauw (*Gadus morhua*), Wijting (*Merlangius merlangus*) én de pelagische soort Haring (*Clupea harengus*). Anders dan het jonge visbestand, dat een meer terreingebonden spreiding vertoont, verplaatsen de volwassen vissen zich gedurende het hele jaar, afhankelijk van het paai- of voedingsgedrag. Dit betekent dat deze volgroeide vissen minder duidelijk in bepaalde zones en specifieke periodes aan de Belgische kust verblijven en dat een gemiddelde, algemene spreidingskaart weinig zin heeft.

De belangrijkste aangevoerde soorten zijn garnalen en demersale vissoorten met daarin vooral Tong, Rog en Schol (Tessens & Velghe, 2011; Vanderperren & Polet, 2009). De vangst van Kabeljauw, Schar en Wijting is minder belangrijk. Het grootste Tongbestand in Belgische kustwateren wordt aangetroffen tijdens het paaiseizoen (van maart tot mei) en bevindt zich voornamelijk in het kustgebied (< 10 nm). Tongvangst is ook opgetekend in verder van de kust gelegen gebieden (12-25 nm) op migratieroutes naar en van de paaiplaats. Het belangrijkste seizoen voor het vangen van Schol is geconcentreerd van december tot februari wat overeenkomt met het paaiseizoen. De twee paaigebieden, die intensief bevist worden, zijn de omgeving van het Deep Water Channel en van Flambourough. Uit het algemeen migratiepatroon blijkt dat het bestand zich na het paaien vanuit het zuidelijk deel van de Noordzee naar het noorden verplaatst. Wijting vindt men in de Belgische kustwateren voornamelijk tussen oktober en april. Zoals bij Kabeljauw is er in de winter een zuidelijke migratie op basis van de visconcentratie (paaiseizoen), gevolgd door een verplaatsing naar het noorden in het voorjaar (voedingsmigratie).

De intensiteit van de visserij richt zich meer op de geulen tussen de zandbanken dan op de zandbanken zelf. Garnaalvisserij aan de ander kant zal zich dan weer eerder op de zandbanken oriënteren. Deze vindt voornamelijk plaats dichter bij de kust.

Socio-economische aspecten

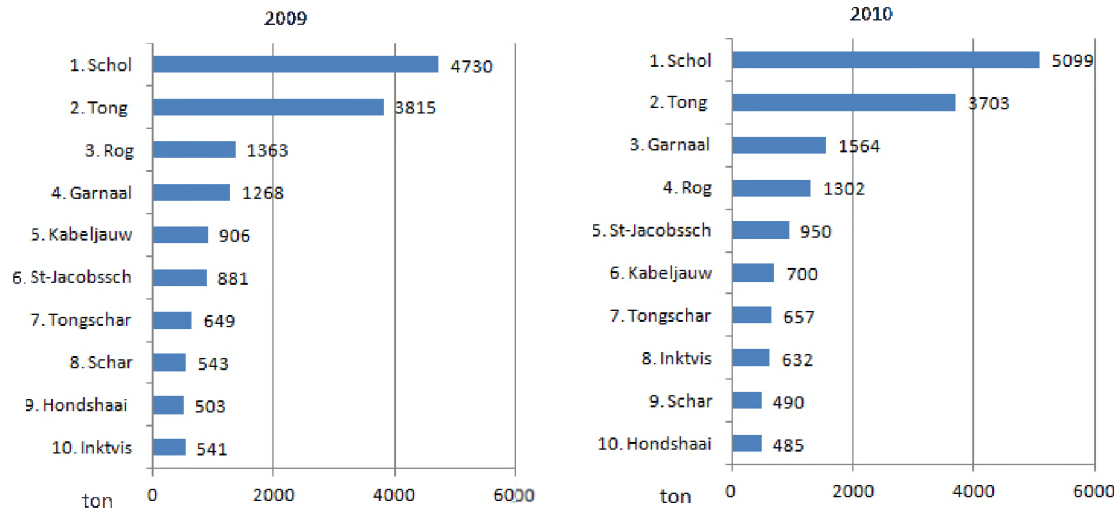
De Belgische visserijsector is de kleinste van de Europese Unie (EU). Het Belgische beleid ten aanzien van de visserijsector wordt in grote mate gestuurd door het Europese Gemeenschappelijke Visserijbeleid (GVB). Ondermeer de toegang tot de visgronden en de omvang van de vangsten wordt beperkt via het GVB.

Bij aanvang van 2011 bestond de Belgische zeevisserijvloot uit 89 vissersvaartuigen met een totaal motorvermogen van 51.198 kW (-0,8% t.o.v. 2010) en een tonnage van 15.812 GT (-1,5% t.o.v. 2010). Deze vloot kan opgedeeld worden in het kleine vlootsegment (KVS) (< 221 kW: 46 vaartuigen) en het grote vlootsegment (GVS) (> 221 kW: 43 vaartuigen). Binnen het GVS (kW > 221) zijn de grote boomkorren (van > 810 kW) veruit de belangrijkste. De aanvoer van deze klasse vertegenwoordigt 2/3 van de totale Belgische aanvoer in 2010 (Tessens & Velghe, 2011). Het KVS bestaat uit vaartuigen die meestal binnen de 12-mijlszone vissen.

Socio-economisch gezien is het BDNZ voor de Belgische zeevisserij eerder van gering belang. Bijna 65% van de Belgische visaanvoer is afkomstig uit de centrale en zuidelijke Noordzee. Daarnaast zijn de oostelijke Kanaalzone, het Bristolkanaal en het zuidoostelijke

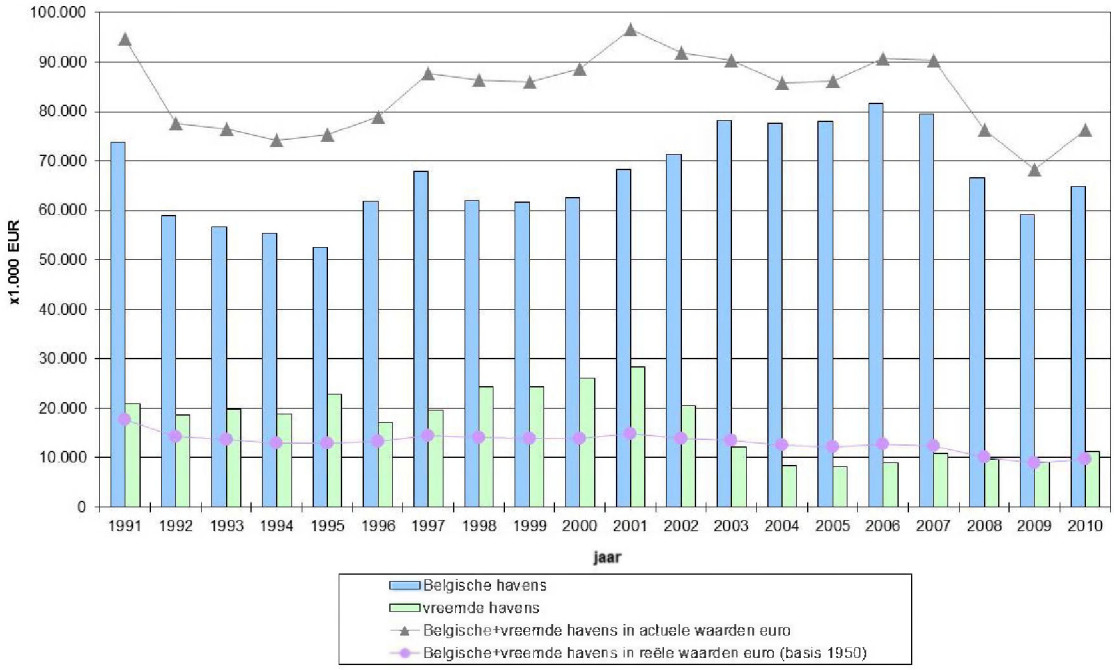
gedeelte van de Ierse zee de belangrijkste visgronden (Adriansens, 2009). Het zijn de grotere vaartuigen (GVS motorvermogen > 221 kW) die deze verder afgelegen visgronden bezoeken. Het KVS (en de kustvisserij in het bijzonder) is echter wel voor zijn vangsten en inkomsten volledig afhankelijk van het BDNZ.

Sinds begin de jaren '90 daalt de totale aanvoer door Belgische vissersvaartuigen nagenoeg onafgebroken en bedraagt nu nog ongeveer de helft van 20 jaar geleden. In 2010 steeg de aanvoer licht in eigen havens tot 15.970 ton t.o.v. 15.928 ton in 2009, voor een totale waarde van € 65 miljoen t.o.v. € 59,2 miljoen in 2009 (Tessens & Velghe, 2011). In 2007 bedroeg de totale besomming nog ongeveer € 80 miljoen. Gezien de meerderheid van de Belgische vloot de boomkor gebruikt, zijn de voornaamste soorten die de Belgische zeevisserij vangt demersale vissen. De top 10 van aangelande soorten voor 2010 (Figuur 5-102) toont aan dat Schol (5.099 ton) en Tong (3.703 ton) de twee belangrijkste soorten zijn, gevolgd door Garnaal (1.564 ton), Rog (1.302 ton) en St. Jacobsschelp (950 ton).



Figuur 5-102 Top 10 van aangelande soorten door de Belgische vloot in 2009 en 2010 (Tessens & Velghe, 2011)

Na het dieptepunt in 2009, is de besomming in 2010 (+12%) uitgekomen op het niveau van 2008 (Figuur 5-103), met een gemiddelde prijs in Belgische havens van 4,07 €/kg. Ook in reële waarden is er een vooruitgang, maar 2009 en 2010 blijven het laagst in de tijdsreeks en zijn tekenend voor de moeilijkheden in de visserijsector.



Figuur 5-103 Evolutie jaarlijkse omzet in de Belgische visserij (Tessens & Velghe, 2011)

De bruto toegevoegde waarde van de visserijsector is zeer laag in vergelijking met het bruto binnenlands product, slechts 0,04%, maar is van groot belang op regionale schaal (Tessens & Velghe, 2010). De Belgische zeevisserij creëert een rechtstreekse tewerkstelling (crew en scheepvaart maatschappijen) van naar schatting ca. 900 personen, waarvan ongeveer 720 officieel geregistreerde vissers (Vanderperren & Polet, 2009).

5.6.1.1.2 Projectgebied

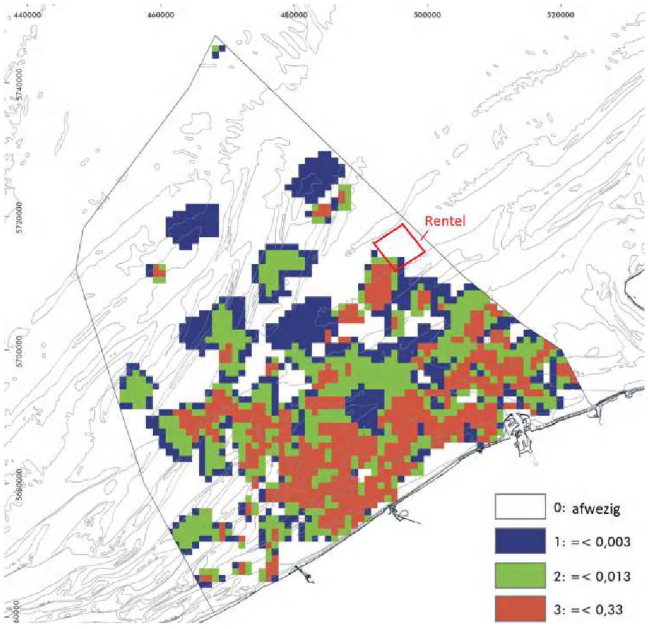
Er kan verwacht worden dat de belangrijke vissoorten in het concessiegebied Rentel dezelfde zullen zijn als in de algemene bespreking van het BDNZ. Een kwantitatieve vertaling van deze algemene gegevens voor het BDNZ naar afgebakende concessiegebieden is echter niet zo evident omwille van volgende redenen:

- Momenteel zijn geen accurate locatie-specifieke wetenschappelijke gegevens beschikbaar van de visserijactiviteiten op het BDNZ. Pas vanaf 2015 zal AIS (Automatic Identification System) verplicht zijn op vissersschepen (pers. comm. kapt. Réjane Gyssens, MRCC maart 2012), waardoor een duidelijke track-visualisatie van de visserijvaart mee opgenomen kan worden in het algemene beeld van de scheepvaart in het gebied.
- Sedert 1997 is de verordening van de Europese Commissie No 1489/97 van kracht. Deze verordening bepaalt dat de vissersvaartuigen verplicht zijn tijdens hun zeereizen minstens om de twee uur automatisch hun positie te melden via satelliet verbinding. Dit geldt voor alle vaartuigen met een 'lengte over alles' groter dan 24 m en met een lengte binnen loodlijnen groter dan 20 m. Nationale bijkomende maatregelen zijn bovendien mogelijk. In de Belgische zeevisserijvloot vallen ongeveer 80 à 85% van de vaartuigen onder deze maatregel. Een gedeelte van het kleine vlootsegment valt niet onder deze verplichting, namelijk sommige kustvissers en sommige eurokotters (vaartuigen gebouwd om te vissen binnen de 12-mijls zone). Op de Dienst voor de Zeevisserij (Ministerie van Landbouw) te Oostende worden deze gegevens automatisch

geregistreerd. Omwille van de confidentialiteit van deze databank is publicatie ervan niet toegestaan.

- Op grond van EU-Verordeningen 1543/2000, 1639/2001 en 1581/2004 die de gegevensverzameling in de Europese zeevisserij behandelen, moeten de lidstaten een aantal economische gegevens op jaarbasis verzamelen met betrekking tot hun aangelande commerciële soorten. Deze geven echter geen specifieke informatie over het voorkomen van de vissen op het BDNZ.
- Anderzijds bestaat er onzekerheid over de officiële beschikbare gegevens voorhanden. Deze zijn gebaseerd op logboeken ingevuld aan boord. Verschillende bronnen (waaronder ICES) tonen aan dat deze officieel verzamelde informatie vaak onderschattingen zijn van de actuele situatie.

Gezien het gebrek aan wetenschappelijke kennis rond de visserijgronden en de ontoegankelijkheid van deze confidentiële visserijdata werd door Maes *et al.* (2005) een intensiteitanalyse uitgevoerd op basis van vogelobservaties (periode 1992-2003) van het Instituut voor Natuurbehoud, waarbij melding werd gemaakt van schepen die effectief aan het vissen waren. Een ruwe schatting van visserijactiviteiten op het BDNZ werd op die manier verkregen. Hieruit blijkt dat slechts een beperkt aantal observaties werden gedaan van vissersschepen in de buurt van het Rentel projectgebied (Figuur 5-104). Daar de boomkorvisserij vooral plaatsvindt in de geulen tussen de banken (BMM, 2007), is de kans dat een potentieel conflict ontstaat met de visserij wel reëel.



Figuur 5-104 Intensiteit van gebruik van het Belgische deel van de Noordzee door de commerciële visserij tussen 1992 en 2003. Het relatieve aantal geobserveerde actieve vissersschepen is weergegeven per jaar per km² (gebaseerd op Maes et al., 2005)

5.6.1.1.3 Autonome ontwikkeling

Zowel op internationale als nationale schaal heeft de visserijsector te kampen met socio-economische problemen door enerzijds een stelselmatige afname van de bestaande biomassa in de hogere trofische niveaus van het Noord-Atlantische gebied sinds 1950, en anderzijds een stijgende visintensiteit tussen 1950-1975. Onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat de huidige visexploitatie niet kan aanhouden en dat het hoger trofische niveau

van vissen binnen enkele decennia volledig verdwenen zal zijn in het Noord-Atlantische gebied (Dickey *et al.*, 2010). Dit komt ook naar voren uit het feit dat het bestand van bijna alle soorten gerangschikt wordt als 'buiten de veilige biologische grenzen'.

Deze trend loopt grotendeels parallel met de Belgische visserij. Een verhoogde aanvoer werd alleen waargenomen tussen 1950 en 1955, waarna een stelselmatige daling in de aanvoer en vlootomvang werd opgetekend. Het aantal schepen bleef vrij constant tussen 1980 en 1990, maar begon vanaf 1993 af te nemen. De economische situatie in de Vlaamse zeevisserij baart de betrokkenen grote zorgen als gevolg van een jaarlijkse afnemende rendabiliteit. Een algemene achteruitgang in de winstcijfers is vast te stellen ten gevolge van een sterke stijging van de kosten ten opzichte van de omzet (besomming).

Deze kostentoename is grotendeels te wijten aan een stijgende gasolieprijs vanaf 1990. Deze toename was vooral merkbaar de laatste jaren. In 2003 betaalden de scheepseigenaars nog 0,21 €/l, in 2005 bedroeg dit al 0,35 €/l. Olieprijzen waren het hoogst midden 2008 (ongeveer 0,78 €/l). Sinds een onverwachte daling in 2009 (0,37 €/l) zijn de prijzen echter weer aan het stijgen tot 0,58 €/l in 2010 en 0,76 €/l in 2012 (Vanderperren & Polet, 2009; Tessens & Velghe, 2011, http://statbel.fgov.be/).

Ontwikkelingen in het Europese Visserijbeleid laten vermoeden dat verder quotabeperkingen en flankerende maatregelen (zoals technische maatregelen en beperkingen in vaardagen) alleen maar een versterking van de hierboven geschetste trends tot gevolg zullen hebben op korte en middellange termijn.

5.6.1.2 Maricultuur

Offshore windmolenparken worden voornamelijk geplaatst in gebieden die voormalig gebruikt werden voor commerciële visserij, waardoor er een verlies aan visgronden ontstaat en een daaruit volgende vermindering in mariene visproductie. Gezien de druk op de boomkorvisserij, is het raadzaam om dat verlies te compenseren met alternatieve visserijen of maricultuur (aquacultuur op zee). Naast de specifieke natuurlijke condities legt het ruimtegebruik van het BDNZ beperkingen op aan het ruimtebeslag van aquacultuur. Gezien maricultuur beroep doet op vastliggende kweekinfrastructuren, zijn dergelijke constructies niet gewenst in vaarroutes, bagger- en zandwinningsgebieden en visgronden. Omdat de situatie rond windmolenparken duidelijk verschilt van de gangbare situatie in de Noordzee bieden deze ontwikkelingen mogelijke kansen voor nieuwe vormen van aquacultuur, waardoor de onbenutte vrije ruimte tussen de windmolens optimaal kan benut worden voor een aangepaste productie van visserijproducten (Verhaeghe *et al.*, 2011).

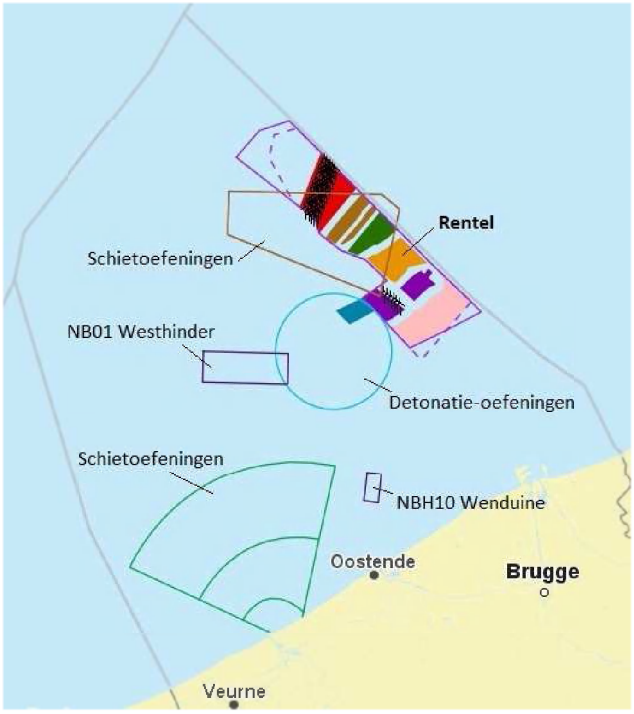
Op 7 oktober 2005 werd een vergunning toegekend aan de AG Haven Oostende voor de productie van tweekleppige weekdieren in vier zones van de Noordzee, waaronder de volledige afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004). Deze vergunning werd afgeleverd voor een periode van 20 jaar en omvat o.a. de gebruiksvoorwaarde dat vergunninghouder over een toelating van de (windmolenpark) concessiehouder moet beschikken alvorens de activiteit in diens zone te kunnen beoefenen. AG Haven Oostende heeft omwille van technische en economische redenen zijn activiteiten al enige tijd stilgelegd (BMM, 2011b). Op huidig ogenblik zijn er geen initiatieven gepland om dergelijke activiteiten opnieuw op te starten in één van de reeds vergunde windmolenparken.

Er bestaan bijkomende mogelijkheden voor maricultuur binnen offshore windmolenparken (zie bv. Verhaeghe *et al.* 2011), maar net zoals voor visserij binnen de zone van het windmolenpark dienen vooraf een aantal knelpunten weggewerkt te worden.

5.6.1.3 Militaire activiteiten

In het BDNZ worden op regelmatige tijdstippen militaire activiteiten en oefeningen gehouden (Figuur 5-105). De militaire activiteiten bestaan uit:

- Schietoefeningen in de omgeving van Nieuwpoort-Lombardsijde die overdag van op het strand richting zee worden uitgevoerd;
- Schietoefeningen op drijvende doelen in de omgeving van de Oosthinder en de Bligh Bank;
- Detonatie-oefeningen met oefenmijnen en gevonden mijnen in de omgeving van de Thornthonbank en de Gootebank;
- Oefeningen in het leggen, zoeken en vegen van mijnen in de buurt van de Westhinderbank en de Wenduinebank;
- Uitgebreide mijnoefeningen in het kader van de NAVO in het volledige gebied van het BDNZ.



Figuur 5-105 Militaire activiteiten op het Belgisch deel van de Noordzee (Kustatlas, 2012)

In de westelijke hoek van het Rentel windmolenpark ligt de zone voor schietoefeningen. Deze oefeningen kunnen zowel overdag als 's nachts plaatsvinden gedurende het ganse jaar (weliswaar na aankondiging van de schietoefening). Tijdens deze activiteiten worden schepen verzocht om deze zone te vermijden.

Gezien deze militaire zone grotendeels overlapt met de windconcessie zone, afgebakend volgens het KB van 17 mei 2004 (gewijzigd op 28 september 2008 en 3 februari 2011), is er een akkoord binnen de regering dat er binnen deze afgebakende offshore zone (cf. concessie KB) geen militaire oefeningen meer worden gehouden. Eens de concessie (waar bij de gunning defensie ook een advies geeft) verkregen, is er dus 100% juridische garantie dat er geen oefeningen meer zullen gebeuren. De praktische afspraak is wel zo dat dit wel nog tijdelijk kan zolang er geen turbines staan.

5.6.1.4 Kabels en pijpleidingen

De locatie van kabels en pijpleidingen is weergegeven op de kaart in Bijlage C.1. Zoals uit deze kaart blijkt, wordt het concessiegebied enkel doorkruist door de inactieve telecommunicatiekabel Rembrandt 2. De voorgeschreven veiligheidsafstand bedraagt standaard 250 m, maar aangezien Rembrandt 2 niet langer in gebruik is (ondertussen ook formeel als dusdanig bevestigd door de kabeleigenaars), heeft de BMM een geschreven toestemming gegeven om een veiligheidsafstand van 50 m te hanteren voor de verschillende inplantingsconfiguraties van de turbines (brief dd. 6 maart 2012). Geen enkele gaspijpleiding bevindt zich in het Rentel concessiegebied.

De drie voorgestelde alternatieven voor de exportkabel zullen verscheidene telecommunicatiekabels en gasleidingen kruisen.

Het west-tracé kruist, in volgorde van windmolenpark tot land:

- de Interconnector gasleiding
- de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel
- de operationele Concerto South 1S telecommunicatiekabel
- de C-Power exportkabels
- de vaargeul 'Scheur'
- afhankelijk van de definitieve locatie van het STEVIN hoogspanningsstation dienen de Interconnector en de Concerto South 1S opnieuw gekruist te worden.

De alternatieve west-route verbindt het Rentel windmolenpark met een offshore substation (alfa-platform) ten westen van de Northwind concessiezone. De route kruist dan minstens de Interconnector gasleiding en – afhankelijk van de definitieve locatie van de inplanting van het alfa-platform (ELIA, 2011) – mogelijks ook de Concerto South 1S telecommunicatiekabel.

Het oost-tracé, volgens concessieaanvraag, kruist in volgorde van windmolenpark tot land:

- het Norther concessiegebied
- de vaargeul 'Scheur'

De alternatieve oost-route die niet door het Norther consessiegebied loopt, kruist achtereenvolgens:

- exportkabels van Belwind en Northwind (vroeger Eldepasco)
- de Seapipe gasleiding
- de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel (3 keer)
- de Concerto 1E telecommunicatiekabel (2 keer)
- nogmaals de Seapipe gasleiding
- de exportkabels van Belwind, Northwind en Norther
- de Interconnector gasleiding

- de Concerto South 1S telecommunicatiekabel
- een westelijke exportkabel van Norther
- de vaargeul 'Scheur'

De onshore aansluiting is ingetekend binnen het nieuw te bouwen hoogspanningsstation in Zeebrugge, als onderdeel van het STEVIN –project. Dit project maakt deel uit van de uitbouw van het ELIA-elektriciteitsnetwerk in de kustregio (waarbij o.a. de nodige faciliteiten worden voorzien om de geleverde stroom van de windmolenparken op zee vlot naar de grote verbruikerscentra worden gevoerd (Vlaams Regeerakkoord, juli 2009) (cf. Bijlage D.3).

Sinds begin 2012 (elektriciteitswet dd. 05/01/2012) is de bevoegdheid van Elia als beheerder van het transmissienet uitgebreid tot op zee. Vanuit deze uitgebreide bevoegdheid heeft Elia actueel enkele strategische ontwikkelingsplannen voorgesteld waarbij zogenaamde offshore transformatorstations (α-, β- en ϒ-platform) worden voorzien als aansluitingspunten voor de respectievelijke windmolenparken. Volgens de actueel voorliggende schema's wordt voor het Rentel-park een aansluiting op het zogenaamde alfa-platform voorzien. Een exacte timing voor realisatie en vergunningsaanvraag voor deze constructie is vandaag nog niet bekend.

5.6.1.5 Zand- en grindontginning

Zeezand wordt aangewend voor drie specifieke gebruiken: in de bouwsector, die ongeveer één tiende van de totale zandproductie van België vertegenwoordigt, voor strandsuppletie om de erosie van de Belgische kust ten gevolge van stromingen, golven, e.d. af te remmen en voor landwinning, die in tegenstelling tot Nederland in België uitzonderlijk wordt uitgevoerd.

Mariene aggregaatextractie op het BDNZ wordt uitgevoerd door drie partijen:

- 13 bedrijven die vertegenwoordigd worden door Zeegra VZW (8.750.000 m³/3 jaar),
- de Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare werken, Afdeling Maritieme Toegang (5.000.000 m³/3 jaar),
- Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust, Afdeling kust (1.650.000 m³/3 jaar).

De exploratie en exploitatie van zand en grind wordt geregeld door de wet van 13 juni 1969, zoals gewijzigd door de wet van 20 januari 1999 en de wet van 22 april 1999. Sinds 2004 zijn de concessiezones voor aggregaatextractie gewijzigd volgens het KB 01/09/2004. Er zijn nu drie 'controlezones' en één 'exploratiezone' (kaart in Bijlage C.1) (IMDC, 2010):

- Controlezone 1 bestaat uit twee sectoren: sector 1A op de Thorntonbank en sector 1B op de Goote Bank;
- Controlezone 2 is onderverdeeld in drie sectoren: sectoren 2A en 2B bevinden zich op de Kwintebank en sector 2C op Buiten Ratel en Oostdyck;
- Controlezone 3 is gelegen op een dumplocatie voor gebaggerd materiaal (Sierra Ventana) en kan gezien worden als een soort 'recyclagezone' dicht bij de kust. Met deze controlezone wil men de druk op natuurlijke zandbanken verminderen;

- Exploratiezone 4 is gelegen ter hoogte van de Hinderbanken en bevat vier sectoren: Sector 1 op de Noordhinder, Sector 2 op de Westhinder en Sector 3 en 4 op de Oosthinder.

Het westelijk alternatief kabeltracé volgt de westelijke rand van het Belgisch concessiegebied. Op die locatie is er echter een kleine overlap tussen het Belgisch concessiegebied en de concessiezone 1A voor zand- en grindwinning. Deze concessiezone wordt echter weinig gebruikt en bestaat voor een groot deel uit monitoringsgebied waar geen extractie plaatsvindt.

In de nabije toekomst zullen de hoeveelheden zand die ontgonnen worden significant toenemen onder meer voor de realisatie van het Masterplan Kustveiligheid dat o.a. het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan (GKVP), het OW-plan Oostende en het Zwinproject omvat (www.kustveiligheid.be). Voorlopige inschattingen geven hierbij aan dat voor de periode 2010-2015 ca. 14 miljoen m³ nodig is (rekening houdend met baggerverliezen) (www.kustveiligheid.be, Resource Analysis, 2010). Jaarlijks zal tot 2050 ongeveer 500.000 m³ nodig zijn voor onderhoud (www.kustveiligheid.be).

5.6.1.6 Andere windmolenparken

In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009; waaronder de Europese richtlijn Hernieuwbare Energiebronnen 2009/28/EG) waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken van 6% naar 13% hernieuwbare energie tegen 2020.

Om tegemoet te komen aan de Belgische energievoorziening heeft het Kabinet Noordzee in 2003 zijn Masterplan Noordzee gelanceerd waarin ook een wettelijke zone voorzien wordt voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, waaronder windenergie (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Deze zone is gelegen aan de oostelijke zijde van het Belgische deel van de Noordzee en strekt zich uit van ca. 6 km ten zuiden van de Thorntonbank tot ca. 8 km ten noorden van de Bligh Bank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor waarop de eerste windmolenparken ontwikkeld werden: de Thorntonbank, de Lodewijkbank en de Bligh Bank.

De toegekende concessies zijn hieronder kort beschreven:

- C-Power NV heeft de nodige vergunningen (o.a. domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) om in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid ter hoogte van de Thorntonbank een windmolenpark met 60 turbines te bouwen en het gedurende 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. In 2008 is van start gegaan met het plaatsen van de eerste zes windturbines in zee en in maart 2012 startte de volgende fase met 30 turbines. In totaal wordt een oppervlakte van 19,9 km² ingenomen voor een maximum geïnstalleerd vermogen van 325 MW.

- Belwind heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Bligh Bank. Het windmolenpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km² (MB 05/06/2007). Momenteel zijn reeds 55 monopiles operationeel.

- Northwind (vroeger Eldepasco) heeft een domeinconcessie (MB 15/05/2006; uitbreiding MB 24/03/2010) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een

windmolenpark van 72 turbines (totale oppervlakte: 14,30 km²) op de Lodewijkbank gelegen op ca. 38 km van de Belgische kust, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 216 MW. Het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. De milieuvergunning werd toegekend in december 2009.

- Norther ontving in januari 2012 de milieuvergunning voor de bouw en exploitatie van hun offshore windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. Het Northerpark heeft een totaal vermogen van 258 tot 420 MW en is gelegen op 21 kilometer uit de kust van Zeebrugge. Het park zal een oppervlakte van 44 km² beslaan en is voorzien op 47 tot 86 windmolens. In 2014 zou met de bouw van het park gestart worden en de eerste stroom zou dan tegen 2015 kunnen geleverd worden.

- Tenslotte heeft ook Seastar recentelijk een domeinconcessie verkregen voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark in de zeegebieden tussen de Lodewijkbank en de Bligh Bank (MB 01/06/2012).

5.6.1.7 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

Ondanks een beperkte kustlijn en de geringe omvang van de Belgische mariene wateren zijn er vandaag in België meer dan 1.000 wetenschappers actief in de mariene wetenschappen (Vanagt *et al.* 2011). Met de Belgica, de Zeeleeuw en (in de nabije toekomst) de Simon Stevin beschikt België over oceanografische onderzoeksschepen die de wetenschappers in staat stellen om kwalitatief hoogstaand onderzoek uit te voeren (BMM, 2011b). Dit heeft tot gevolg dat het BDNZ één van de meest intensief bestudeerde mariene gebieden ter wereld is.

5.6.1.8 Overige gebruikers

5.6.1.8.1 Scheep- en luchtvaart

De constructie en exploitatie van het offshore windmolenpark zal een significant effect hebben op de scheepvaart. De afsluiting van het concessiegebied voor de scheepvaart zal vooral het niet-route gebonden verkeer beïnvloeden dat normaliter door de zone vaart en zal tot een concentratie van het verkeer leiden ten zuiden van het gebied (MARIN, 2011a; BMM, 2011b). Eventuele risico's die hierdoor ontstaan worden in detail besproken in het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8.1). De toename van het aantal afgelegde scheepsmijlen (ten opzichte van de situatie met de reeds vergunde windmolenparken Belwind, Northwind en C-Power) als gevolg van de veranderde routes op de Belgische Noordzee wordt op minder dan 500 NM per jaar becijferd (MARIN, 2011b). Er wordt geen effect verwacht op de luchtvaart (BMM, 2011b).

5.6.1.8.2 Toerisme en recreatie

De realisatie van het Rentel windmolenpark omvat het afsluiten van het concessiegebied voor de scheepvaart, inclusief de pleziervaart. Dit wordt verder besproken in het hoofdstuk 'Risico's 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8.1).

De mogelijke effecten van het windmolenpark op het toerisme komen aan bod in de discipline 'Zeezicht en cultureel erfgoed' (§ 5.5.3.1).

5.6.2 Effecten

5.6.2.1 Visserij

De belangrijkste effecten voor visserij zijn het ruimtelijke verlies (visgronden) en de korte en lange termijneffecten tijdens de constructie en exploitatiefase.

5.6.2.1.1 Verlies traditionele visgronden

Het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden wordt in het algemeen ervaren als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee (Mackinson *et al.*, 2006). Vissers geven namelijk te kennen dat wegens het moeilijk manoeuvreren tussen de turbines en het verhoogde risico op aanvaringen met de turbines, ze de concessiegebieden zouden vermijden ook al is vissen er toegelaten. Ze waren namelijk niet zeker of ze in staat zouden zijn de bijkomende verzekeringskosten die dit verhoogde risico met zich meebrengt, te betalen (Mackinson *et al.*, 2006). Door de beperking aan visserijgronden zou de competitie in nabij gelegen gebieden kunnen toenemen met mogelijks conflicten tussen de vissers tot gevolg. Een oplossing zou kunnen zijn om alternatieve gebieden te gaan bevissen die verder gelegen zijn. Voor het klein vlootsegment (KVS) is dit echter niet haalbaar. Daarenboven zou dit de brandstofkosten echter nog meer de hoogte injagen en de vistijden beperken waardoor ook de opbrengsten kleiner zouden zijn.

Door Ecolas (2003) werd geschat dat ruwweg 85% van het BDNZ kan bevist worden. In dit percentage zijn de veiligheidszones rond gasleidingen, het munitiestort op de Paardemarkt, de ankerplaats bij de Westhinder, de beloodste navigatiekoers van het Scheur en de reeds vergunde concessiegebieden niet inbegrepen. Daarnaast moeten we rekening houden met het feit dat in bepaalde andere gebieden van het BDNZ zoals de concessiegebieden voor zand en grind, en de militaire gebieden geen algemeen verbod op visserij geldt, maar wel temporele limiteringen voor visserij. Daarenboven zullen ook tijdelijke verstoringen optreden ten gevolge van die activiteiten.

Het verlies aan visgronden kan leiden tot inkomstenverlies en werkloosheid. Wegens gebrek aan specifieke financiële data werd reeds aangehaald dat een gedetailleerde economische analyse moeilijk haalbaar is.

Uitgaande van bovenstaande bevindingen zal de aanleg van het Rentel windmolenpark voor een bijkomend minimaal verlies zorgen aan visgronden (ca. 0,6% van het BDNZ). Gezien de beperkte oppervlakte (21,5 km² inclusief 500 m veiligheidszone) en het gegeven dat het projectgebied van beperkt belang is voor de visserij, kan dit directe verlies als verwaarloosbaar worden geschat. De impact voor de visserij ten gevolge van het beschreven windmolenpark is dus gering negatief (0/-) en is bovendien veel minder relevant dan het reeds vermelde inkomstenverlies ten gevolge van schommelende brandstofprijzen en de beperkingen opgelegd door het Europese visserijbeleid.

Wanneer de volledige concessiezone voor windmolenparken in gebruik is (240 km²), komt dit neer op ca. 7% van het BDNZ dat wordt afgesloten voor de visserij. Ondanks het groter verlies in vergelijking met het Rentel windmolenpark alleen, kan analoog aan de voorgaande redenering dit directe verlies nog steeds als gering negatief worden geschat. Het kleine vlootsegment leeft voornamelijk van de vangst binnen de 12-mijlszone, en het concessiegebied overlapt deze zone maar voor een klein gedeelte.

5.6.2.1.2 Korte- en langetermijneffecten

Naast het ruimtelijke verlies maken de vissers zich zorgen over de korte- en langetermijneffecten tijdens de constructie en de operationele fase. Tijdens de constructiefase wordt het heien van de palen (bij keuze monopile/ jacket fundering) als belangrijkste oorzaak gezien voor veranderingen in het visgedrag, terwijl het plaatsen van funderingen (bij keuze gravitaire fundering) en het leggen van kabels voor sedimentverstoring zal zorgen. De belangrijkste effecten in de operationele fase zijn de veranderingen in het visgedrag ten gevolge van elektromagnetische stralingen uitgezonden door kabels en de introductie van harde substraten. Voor een bespreking van deze effecten wordt verder verwezen naar het hoofdstuk 'Fauna, flora & biodiversiteit'.

De exportkabels naar de kust hebben geen effect (0) op de visserij, ongeacht het gekozen configuratiealternatief.

5.6.2.1.3 Opportuniteiten

Naast deze negatieve effecten op visserij, biedt de ontwikkeling van het windmolenpark ook opportuniteiten, namelijk het ontstaan van kraamkamergebieden en beschermde natuurzones.

Daarnaast zal het afsluiten van een gebied voor de visserij onvermijdelijk leiden tot het uitblijven van de verstorende invloed van de boomkor die de bodem omwoelt en de organismen wegvangt (Dayton *et al.*, 2002; Lindeboom 2002). Lindeboom (2005) heeft berekend dat de effecten van de boomkorvisserij het benthos 1.000-100.000 keer zwaarder belasten dan die van (het ruimtebeslag door) de offshore industrie, de zandwinning en de kabels en leidingen, gebruiksfuncties die te vergelijken zijn met de aanleg en de exploitatie van een offshore windmolenpark. De directe negatieve invloed van de boomkorvisserij op het BDNZ zal naar verwachting dus hoger zijn dan de negatieve invloed die de funderingen, erosiebescherming en kabels uitoefenen op het mariene leven.

Tenslotte is er het positieve effect van een afgesloten gebied op de visoogst in de omgeving. Wetenschappelijk onderzoek (Roberts *et al.*, 2001) toonde aan dat ook kleine (10-25 km²) mariene reservaten een significant positieve invloed hebben op de visserij in de omgeving. Deze invloed kan leiden tot een grote stijging (46-90%) in de vangsten in de omringende gebieden binnen een betrekkelijk korte periode van vijf jaar. Hoewel de toepasselijkheid van deze gegevens in het bijzondere geval van het BDNZ nog bewezen moet worden, bestaat er een aanzienlijke consensus binnen de wetenschappelijke wereld over het 'spill-over effect' van mariene beschermingsgebieden, dat in een netwerk van mariene reservaten nog intenser is. Dit spill-over effect betekent dat de omvang van en de overvloed aan geëxploiteerde soorten toeneemt in de omringende zones en dat de populaties aangevuld worden via de export van larven (Lopez-Sanz *et al.*, 2011). Het aanvullende effect van de nabijgelegen afgesloten gebieden van C-Power, Northwind, Belwind en Norther en van de introductie van harde substraten kan mogelijk synergetisch werken. Vandendriessche *et al.* (2011) heeft in 2009 reeds een toenemende activiteit van eurokotters waargenomen in het gebied tussen de Thorntonbank (concessiegebied C-Power) en de Lodewijkbank (concessiegebied Northwind). Ook werd een hogere concentratie aan recreatieve vissers (overwegend hengelaars) waargenomen net ten noorden van de bestaande C-Power windmolens. Het bestaande monitoringsprogramma van de vergunde windmolenparken zal hier in de toekomst meer resultaten over kunnen geven.

5.6.2.1.4 Veiligheid

Tijdens de bouw en de exploitatie van het windmolenpark zal voor de nodige markeringen en signalisaties gezorgd worden, om de veiligheid van de visserij te waarborgen. Voor verdere details wordt verwezen naar de discipline 'Risico's en veiligheid' (§5.7).

5.6.2.1.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op visserij

In het algemeen kan men concluderen dat de impact van het volledig afsluiten van het concessiegebied voor de visserij waarschijnlijk een minimale invloed zal hebben op de inkomsten of werkgelegenheid in vergelijking met de autonome ontwikkeling, maar dat anderzijds de invloed op het milieu positief (0/+) geschat wordt door een vermindering van de visserijgebonden milieuverstoring.

5.6.2.2 Maricultuur

Het Rentel project zal voor een bijkomende introductie van harde substraten (turbines, funderingen, erosiebescherming) zorgen naast de hangculturen in het maricultuur projectgebied (die momenteel niet meer actief geëxploiteerd worden). Deze structuren kunnen op hun beurt gekoloniseerd worden door mosselen en op die manier eventueel een invloed hebben op de maricultuur door het bevorderen van kolonisatie.

Deze effecten zijn afhankelijk van de afstand van mogelijke maricultuur initiatieven tot het Rentel project. Momenteel zijn er geen initiatieven in uitvoering of in de nabije toekomst gepland, waardoor er ook geen conflict bestaat (0).

5.6.2.3 Militaire activiteiten

Wegens de regelmatige communicatie met de bevoegde diensten van de Mariene, de beperkte intensiteit van militaire activiteiten en de recente aanpassingen van militaire gebieden worden er geen effecten (0) verwacht ten gevolge van het Rentel project.

5.6.2.4 Kabels en pijpleidingen

Gezien binnen het concessiegebied de vereiste (gereduceerde) veiligheidszone ten opzichte van de telecommunicatiekabel Rembrandt 2 gerespecteerd wordt, mag aangenomen worden dat er zich geen effecten zullen voordoen op de bestaande kabels- en pijpleidingen ten gevolge van het inplanten en exploiteren van het windmolenpark.

De offshore exportkabel en/of de aansluiting op het nabijgelegen alfa-platform zal afhankelijk van het gekozen alternatief een kruising dienen te maken met diverse telecommunicatiekabels, de Interconnector en Seapipe gasleiding en de exportkabels van reeds gerealiseerde parken. Er wordt evenwel voorzien dat de nodige maatregelen worden getroffen om beschadiging aan de kabels of de pijplijnen te voorkomen (zie ook de technische projectbeschrijving in hoofdstuk 2).

De impact op kabels en pijpleidingen wordt daarom als onbestaand beschouwd (0).

5.6.2.5 Zand- en grindontginning

Het Rentel concessiegebied ligt op voldoende afstand van de controlezones en exploratiezone 4. De voorgestelde west-route voor de exportkabel aan de rand van de Belgische concessiezone ligt echter ook in de rand van controlezone 1A. Daar vindt echter weinig extractie plaats en is voornamelijk voorzien als referentiegebied voor windmolen activiteiten.

Bijgevolg worden er geen conflicten verwacht en kan het effect van het windmolenpark op de zand- en grindontginning als onbestaande (0) beschouwd worden.

5.6.2.6 Andere windmolenparken

Het projectgebied bevindt zich tussen de reeds goedgekeurde C-Power en Northwind windmolenparken, beiden op een minimale veiligheidsafstand van 500 m (KB 01/06/2012). Gezien de oriëntatie van de windmolenparken ten opzichte van de overheersende windrichting, worden er geen effecten (0) verwacht op de windomstandigheden, waardoor de werking van een ander park in gedrang komt door het Rentel windmolenpark .

Voor de beschrijving van de cumulatieve effecten ten gevolge van de ontwikkeling van de reeds vergunde windmolenparken (C-Power + Belwind + Northwind + Norther) wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

Het mogelijk effect van het Rentel project op windmolenparken in Nederland wordt besproken in het hoofdstuk 'Grensoverschrijdende effecten'.

5.6.2.7 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

De ontwikkeling van de windmolenparken draagt op verschillende manieren bij tot het wetenschappelijke onderzoek en de oceanologische waarnemingen: enerzijds worden de milieueffecten van deze parken gemonitord (deels door de exploitant, deels door de overheid) en anderzijds dienen de concessiehouders een aantal parameters te meten in hun park en deze over te maken aan de overheid. Al deze gegevens worden opgenomen en verspreid, al dan niet na een embargo-periode, via het Belgian Marine Data Centre (http://www.mumm.ac.be/datacentre/) en via openbare jaarlijkse monitoringsverslagen. Daarenboven is volop de mogelijkheid tot gemeenschappelijk onderzoek tussen de offshore windindustrie en Belgische Universiteiten of andere wetenschappelijke instellingen ontwikkeld en geëxploiteerd (BMM, 2011b).

De vergunningshouder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het Begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht (BMM, 2011b).

Op basis van bovenstaande argumenten kan men stellen dat de aanwezigheid van een offshore windmolenpark een aantal opportuniteiten biedt voor wetenschappelijk onderzoek en oceanologishe waarnemingen, maar dat er ook een aantal beperkingen zijn bv. tijdens de constructiefase. Globaal gezien kan er gesteld worden dat het windmolenpark een matig positief effect heeft op wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen (+).

5.6.3 Leemten in de kennis

5.6.3.1 Visserij

Zoals reeds vermeld, werd er bij de analyse een gebrek aan wetenschappelijk beschikbare en gedetailleerde visserijgegevens voor het concessiegebied vastgesteld.

De verplichte registratie van de visserijbewegingen gaat pas van start vanaf 2015 (pers. comm. kapt. Réjane Gyssens, MRCC maart 2012). Het is tot op vandaag dan ook niet

mogelijk om gedetailleerde analyses uit te voeren van de kleinere geografische eenheden zoals de concessiegebieden. Een poging werd reeds gedaan door Ecolas NV om een intensiteitanalyse uit te voeren aan de hand van verzamelde data van het Instituut voor Natuurbehoud tijdens vogelobservaties (Maes *et al.*, 2005). Ondanks de beperkingen in accuraatheid, wordt hierdoor wel een algemeen patroon van de visserij verkregen. Een update en verificatie van deze analyse op basis van officiële registratiegegevens is echter wenselijk.

Naast gegevens over tijdstip en locatie van visserij, ontbreken ook data over de visvangst per gebied. De enige momenteel beschikbare gegevens zijn grootschalige rapportages (vb. ICES, besommingen) waarbij ook hier ernstige twijfels en onzekerheden bestaan over de correctheid betreffende de gevangen hoeveelheden, de bijvangst en de 'terugworp'. Deze onzekerheid zou mogelijks weggewerkt kunnen worden door de lopende studie 'LECOFISH' (www.lecofish.be).

Ook gegevens voor een goede inschatting van de invloed van de offshore windmolenparken op de vispopulaties op de specifieke locaties zijn grotendeels ontbrekend. Hierin zal in de toekomst verandering komen door de wettelijk vereiste monitoring.

5.6.3.2 Overige gebruikers

Voor militaire activiteiten, kabels en pijpleidingen, zand- en grindontginning, andere windmolenparken, maricultuur, en wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen zijn er geen leemten in de kennis.

5.6.4 Milderende maatregelen

5.6.4.1 Visserij

Gezien het beperkte verlies aan visserijgrond, worden geen milderende maatregelen en compensaties voorgesteld. Een mogelijk alternatief voor visserij is maricultuur.

5.6.4.2 Maricultuur

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld.

5.6.4.3 Militaire activiteiten

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld.

5.6.4.4 Kabels en pijpleidingen

Indien verschillende initiatieven van windmolenparken in een beperkte tijdsspanne goedgekeurd worden, dan moet zoveel mogelijk getracht worden de verschillende projecten naar kabeltracé op elkaar af te stemmen (gegroepeerde inplanting). Vanuit deze filosofie – mede in overeenstemming met de ontwikkelingsstrategie van Elia (2012) – vormt het aansluiten van meerdere windmolenparken rechtstreeks op een nabijgelegen offshore transformatorplatform (alfa-platform, Elia) een veelbelovend alternatief. Deze optie wordt dan ook in deze studie als beste alternatief naar voren geschoven. Door dit alternatief worden immers het aantal exportkabels naar land sterk gereduceerd en kunnen de beperkte offshore exportkabels bovendien in één beweging in een smallere corridor worden aangelegd.

5.6.4.5 Zand- en grindontginning

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld.

5.6.4.6 Andere windmolenparken

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld.

5.6.4.7 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

De vergunninghouder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het Begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone (BMM, 2011b). De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de vergunningshouder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht (BMM, 2011b).

5.6.5 Monitoring

5.6.5.1 Visserij

Er bestaan nog steeds een aantal onzekerheden over de ecologische uitwerking op het mariene milieu ten gevolge van offshore windmolenparken (incl. cumulatieve effecten), zodat bijkomend onderzoek wenselijk is. Het effect op commerciële vis en ongewervelde soorten is van doorslaggevend belang voor de visserij. Vanuit een economisch standpunt moet de nadruk hier liggen op platvissoorten.

In het kader van huidig MER is voor de visserijsector enkel monitoring van de bepalende ecologische factoren relevant. In het hoofdstuk 'Fauna, flora en biodiversiteit' is een monitoringsprogramma uitgewerkt voor zowel de benthische organismen als de vissen. Voor het Rentel project wordt met betrekking tot monitoring aangesloten bij deze reeds bestaande monitoringsprogramma's.

5.6.5.2 Overige gebruikers

Monitoring voor de andere gebruikers is hier niet van toepassing

5.6.6 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op de menselijke activiteit

Samenvattend worden de effecten op menselijke activiteiten weergegeven in

Tabel 5-74 voor zowel de basisconfiguraties als de diverse configuratiealternatieven. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-74 Overzicht van de effecten op de mens (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operationele fase											
Visserij	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ontmantelingsfase											
Analoog constructiefase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bekabeling											
Visserij	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.7 RISICO'S EN VEILIGHEID

In volgende paragrafen zal specifiek worden ingegaan op de veiligheidsaspecten gerelateerd aan de installaties tijdens de operationele fase, de scheepvaart, de luchtvaart en de radar en scheepscommunicatie.

5.7.1 Installaties

In dit onderdeel worden de veiligheidsrisico's van de installaties op zich en de eventuele gevolgen van een incident kort besproken. Inschatting van de veiligheidsrisico's verbonden aan de infrastructuur van het windmolenpark zelf zijn gebaseerd op literatuurgegevens. De beschreven risico's zijn geldig voor alle configuratiealternatieven. Risico's voor de werknemers (arbeidsrisico's) worden in dit MER niet behandeld.

5.7.1.1 Risico's en effecten tijdens de operationele fase

Windturbines worden tegenwoordig onderworpen aan verschillende classificatiesystemen. Dit geldt ook voor de windturbines van voorliggend project. Teneinde tot een bepaalde klasse te behoren worden de turbines in hun geheel en op onderdelen gekeurd (bladen, gondel, elektrische installatie, mast, fundering…). De windturbines beschikken over een typecertificering conform IEC 61400 of gelijkwaardig.

De technische levensduur van offshore windturbines bedraagt tenminste 20 jaar.

5.7.1.1.1 Faalfrequentie van de installatie

In opdracht van de Vlaamse overheid werd een studie uitgevoerd naar de veiligheid van windturbines (SGS, 2007), waarbij op basis van het Nederlandse Handboek Risicozonering Windturbines en uitgebreide statistieken over de bestaande windturbines een eenvoudige risicobeoordeling werd uitgewerkt. Hierbij dienen windturbines te voldoen aan dezelfde veiligheidsvereisten als andere industriële installaties.

Het Nederlandse Handboek Risicozonering Windturbines (Senternovem, 2005) geeft gegevens weer m.b.t. de jaarlijkse faalfrequentie van een turbine onder diverse omstandigheden (Tabel 5-75). SGS is van mening dat de aanbevolen rekenwaarde van Senternovem niet gebruikt dient te worden, maar wel de verwachtingswaarde zoals aanbevolen door SGS, die gebaseerd is op de faalfrequenties uit het 'Handboek Kanscijfers', welke in Vlaanderen gebruikt wordt bij de kwantitatieve risicoanalyse van vaste industriële installaties.

Het overzicht in Tabel 5-75 is vooral gebaseerd op oudere gegevens voor windturbines op land. Deze gegevens zijn bepaald uit historische Deense, Duitse en Nederlandse faalgegevens. Ten gevolge van de voortdurende en snelle ontwikkelingen in de windsector worden windturbines echter steeds veiliger en betrouwbaarder, zodat kan verondersteld worden dat de windturbines die aangewend zullen worden in het Rentel windmolenpark lagere faalkansen zullen vertonen dan aangegeven in Tabel 5-75.

Uit Tabel 5-75 (verwachtingswaarde aanbevolen door SGS) blijkt dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel, namelijk 0,0012 per jaar, of omgerekend eens om de 833 jaar. Voor de andere onderdelen is de faalkans nog lager. Dit risico is aldus zeer laag; temeer daar de gevolgen van faling van de installaties ook aanvaardbaar klein zijn.

Tabel 5-75 Scenario's en faalkansen voor risicoanalyses (Senterovem, 2005 in SGS, 2007)

Scenario	Faalfrequentie (/turbine/jaar)		
	Verwachtingswaarde aanbevolen volgens SGS	*95% bovengrens*	*Aanbevolen rekenwaarde volgens Senternovem*
Geheel blad	$6{,}3.10^{-4}$	$8{,}4.10^{-4}$	$8{,}4.10^{-4}$
Nominaal toerental	$3{,}15.10^{-4}$		$4{,}2.10^{-4}$
Mechanisch remmen[10]	$3{,}15.10^{-4}$		$4{,}2.10^{-4}$
Overtoeren[11]	$8{,}5.10^{-4}$		$5{,}0.10^{-4}$
Tip of deel van blad	$1{,}2.10^{-4}$	$2{,}6.10^{-4}$	$2{,}6.10^{-4}$
Toren	$5{,}8.10^{-5}$	$1{,}3.10^{-4}$	$1{,}3.10^{-4}$
Gondel en/of rotor	$2{,}0.10^{-4}$	$3{,}2.10^{-4}$	$3{,}2.10^{-4}$
Kleine onderdelen uit gondel	$1{,}2.10^{-3}$	$1{,}7.10^{-3}$	$1{,}7.10^{-3}$

5.7.1.1.2 Maximale werpafstand

Naast de mogelijke faalfrequentie van onderdelen van de installatie, is het ook belangrijk om na te gaan in welke mate objecten en activiteiten die zich in de nabijheid van turbines bevinden kunnen geraakt worden door bijvoorbeeld een afbrekend rotorblad. In Tabel 5-76 wordt een overzicht gegeven van de maximale werpafstand die door een afbrekend rotorblad van een driebladige windturbine tijdens een overtoeren-situatie kan overbrugd worden (= maximale werpafstand) voor een kustlocatie. De maximale werpafstand is erg afhankelijk van het type turbine en wordt o.a. bepaald door de rotordiameter, het wiekgewicht, het rotortoerental en de ashoogte. Voor de meest voorkomende 3-bladige turbines tussen de 500 kW en 3.000 kW zijn de maximale werpafstanden ongeveer 350 tot 450 m.

Er zijn geen gegevens over de maximale werpafstand bekend voor offshore windturbines met een vermogen groter dan 3 MW. Gezien de eerder beperkte (niet-lineaire) stijging in maximale werpafstand tussen resp. 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat de vandaag gehanteerde veiligheidsafstand (cf. KB van 11/04/2012) van 500 m rondom het windmolenpark voldoende zal zijn voor de volledige range van 5 MW tot 10 MW windturbines, en dat zodoende het risico op accidenten ten gevolge van een weggeslingerde rotorblad gedekt wordt.

Tabel 5-76 Maximale werpafstand (in m) van afbrekende bladen bij driebladige windturbines tijdens een overtoeren- situatie (kustlocatie)

Type turbine	WTG 500	WTG 750	WTG 1.000	WTG 1.250	WTG 1.500	WTG 1.750	WTG 2.000	WTG 2.250	WTG 2.500	WTG 3.000
Vermogen (kW)	500	750	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500	3.000
Maximale werpafstand bij 2 keer nominaal toerental (m)	387	401	412	419	425	429	432	435	436	436

[10] mechanisch remmen = ca. 1,25 keer nominaal toerental

[11] overtoeren = ca. 2 keer nominaal toerental

5.7.1.1.3 Lekken van vloeistoffen

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbines en het OHVS. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (lekbakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties. Uitgaande van het gegeven dat deze opvangsystemen goed functioneren en gebouwd zijn volgens een goed (gecertificeerd) ontwerp, zal er geen negatief milieueffect zijn.

Dit is niet het geval indien een windturbine zou omvallen ten gevolge van extreme klimaatcondities of tengevolge van een aanvaring of een aandrijving door schepen. In dat geval zullen, wanneer tanks of leidingen bij het ongeval breken of scheuren, de vetten en oliën aanwezig in de turbine kunnen vrijkomen en zich in het milieu kunnen verspreiden. Gezien de bestaande classificatie en certificeringsystemen is de kans dat een turbine uit zichzelf omvalt gedurende de levensduur van het project niet onbestaande maar zeer klein. De hoeveelheid aanwezige oliën in de turbine bedragen ca. 1.000 liter per turbine (tandwielkast, hydraulisch systeem). Vermoedelijk zal voor de transformatoren die zich in de turbines zelf bevinden, gebruik gemaakt worden van het droge type en niet van oliegekoelde transformatoren.

In de offshore hoogspanningsstations zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in de hoogspanningsstations een nooddieselgeneratorset en een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (ca. 30 m^3) aanwezig. De stations zijn voorzien van een inkuiping, waarin transformatorolie en brandstof zo nodig kan worden opgevangen.

Voor een beschrijving van de risico's en effecten door aanvaring /aandrijving van windturbines door schepen wordt verwezen naar hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8.1).

5.7.1.1.4 Lekken van gassen

In de windturbines komen schakelaars voor. Er bestaan hiervoor verschillende types: vacuümschakelaars en SF6-bevattende schakelaars. In dit laatste geval spreken we over een aantal liter SF6-gas op een druk van <1bar. Dit gas komt enkel vrij bij een accidentele situatie (kortsluiting). Het risico is aanvaardbaar.

5.7.1.1.5 Andere risico's

Brand

Een ander risico voor het milieu is brand. Brand in een turbine of op een offshore hoogspanningsstation kan aanleiding geven tot het vrijstellen van toxische of milieuschadelijke stoffen.

De windturbines zullen uitgerust zijn met brand/rookdetectoren die maken dat personeel in de turbine gewaarschuwd wordt in geval van eventueel dreigende of beginnende brand. In de gondel of de voet van de turbine, alsook in de offshore hoogspanningstations zal een poederblusser aanwezig zijn.

Blikseminslag, ijsworp, wiekbreuk

Blikseminslag op zich heeft geen gevolgen voor het milieu, indien het niet tot brand leidt. De rotorbladen en de gondel van de turbines en de offshore hoogspanningsstations worden voorzien van bliksemafleiders en bliksembeveiliging.

Ook ijsworp heeft geen invloed op het milieu.

Wiekbreuk heeft als enige invloed op het milieu dat er kunststof onderdelen in zee terechtkomen. Deze onderdelen zullen buiten hun 'afval' effect geen invloed hebben op het milieu. Na een incident met wiekbreuk worden defecte onderdelen verwijderd en conform de geldende milieueisen op land verwerkt of gestort.

Aangezien in, en in de onmiddellijke omgeving van, het windmolenpark zich normalerwijze geen mensen bevinden, zijn de risico's en effecten op de mens niet bestaande. Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat arbeidsrisico's (die wel bestaan) niet in ogenschouw worden genomen.

5.7.1.1.6 Besluit bespreking en beoordelingen van de veiligheidsaspecten van de installaties

Tabel 5-19 geeft een samenvatting weer van de effecten tijdens de volledige levenscyclus van de diverse alternatieven en het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Tabel 5-77 Overzicht van de effecten op de veiligheidsaspecten van de installaties voor de verschillende scenario's (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)

Configuratie	**Basis**			**1**			**2**			**3**	
Funderingstype	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
Constructiefase											
Risico's verbonden aan de installaties	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operationele fase											
Faalfrequentie van de installatie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximale werpafstand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lekken van gassen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brand, bliksem, ijsworp, wiekbreuk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase											
Risico's verbonden aan de installaties	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bekabeling											
Hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.7.1.2 Leemten in de kennis

Er is weinig informatie over frequenties waarmee falen in de vorm van afbreken van rotorbladen voorkomt bij installaties in het mariene milieu.

5.7.1.3 Milderende maatregelen

Daar waar bij lekkages significante hoeveelheden olie of vet in zee terecht kunnen komen, kunnen adequate sensoren op geschikte locaties of regelmatige inspecties worden voorzien waarmee lekkages worden gedetecteerd. De operator kan het ontstaan van een lek op die manier snel signaleren en navenant interveniëren, waarmee de vloeistoffen zo snel mogelijk uit de opvangbakken verwijderd kunnen worden.

Wanneer als gevolg van een defect of ongeval stoffen of materialen in zee terecht komen die een bedreiging zijn voor het milieu, moet getracht worden deze stoffen of materialen zo spoedig mogelijk uit het milieu te verwijderen en te verwerken of storten volgens de geldende reglementering.

5.7.1.4 Monitoring

Geen specifieke monitoring wordt voorgesteld. Het lijkt wel aangewezen dat de overheid jaarlijks een overzicht krijgt van de opgetreden incidenten, zodat er een inzicht bekomen wordt op de ontwikkeling van de intrinsieke risico's van het windmolenpark.

5.7.2 Scheepvaart

In overleg met de bevoegde overheid (BMM) werd beslist dat wat betreft de risico's voor het scheepvaartverkeer (inclusief aanvaringen/aandrijvingen, olieverontreiniging) gebruik mag gemaakt worden van de reeds beschikbare MARIN studies (2011a, 2011b) die werden uitgevoerd in het kader van het MER Norther.

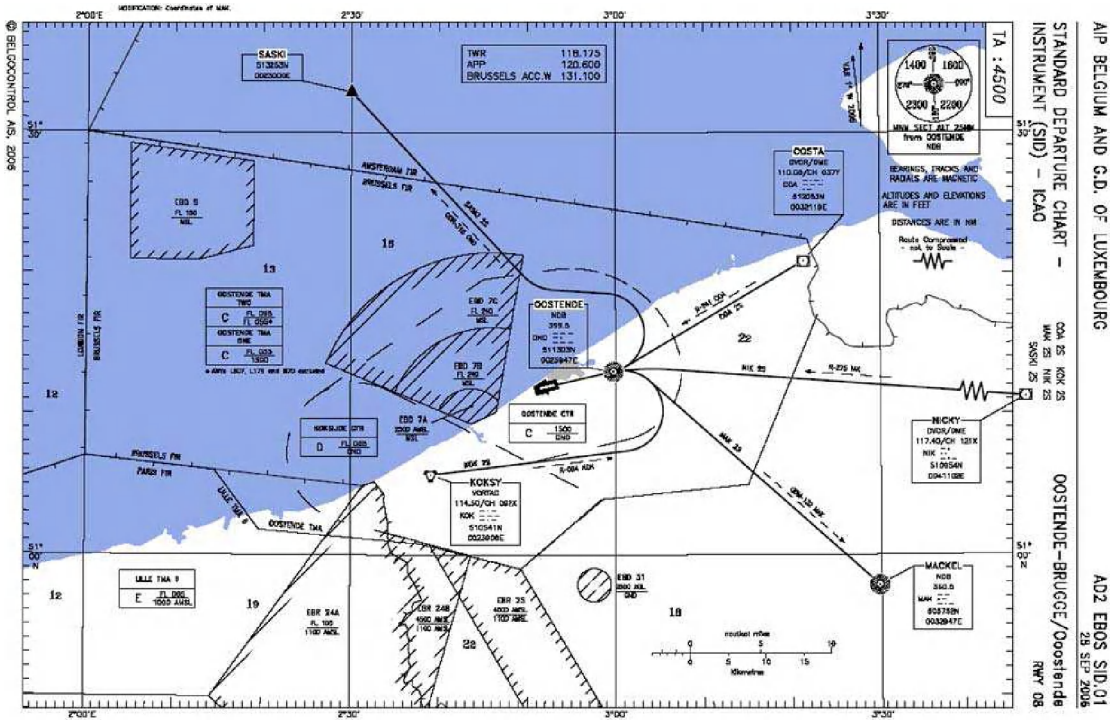
Daarin werden de volgende cumulatieve scenario's onderzocht:

- scenario 1: het Norther windmolenpark in combinatie met de drie vergunde windmolenparken: Belwind (110 turbines), Northwind (72 turbines) en C-Power (54 turbines);
- scenario 2: het Norther windmolenpark in combinatie met de drie vergunde parken (scenario 1) en de twee windmolenparken waarvoor toen reeds een domeinconcessie werd verkregen, nl. Rentel en Seastar. Onder scenario 2 wordt het effect gekwantificeerd van het al dan niet meenemen van een extra driehoek aan de zuidkant van het concessiegebied (scenario 2A, zonder driehoek, scenario 2B met driehoek).

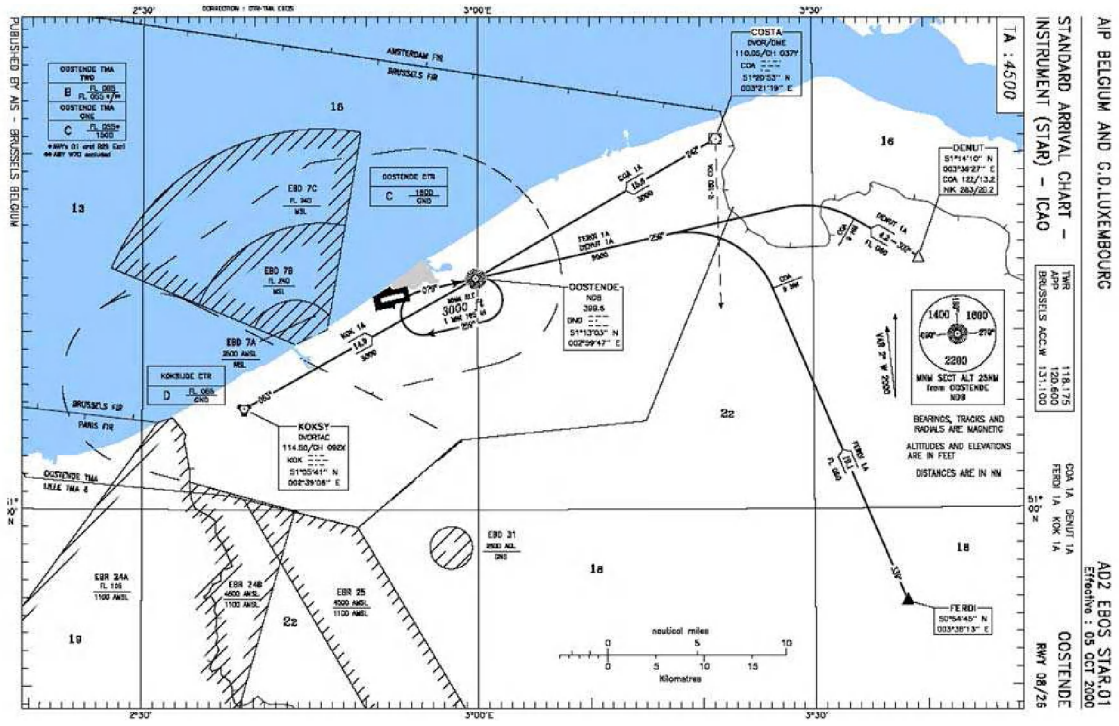
Door de huidige stand van zaken en de actueel voorliggende projectspecieke invulling voor het Rentel-gebied wordt enkel de effectbespreking en beoordeling van scenario 2B beschreven in hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8.1).

5.7.3 Luchtvaartverkeer

Ter volledigheid wordt in dit MER ook de veiligheid voor het luchtverkeer aangehaald. Hiervoor wordt verwezen naar Figuur 5-106 en Figuur 5-107 met navigatiekaarten waarop de scheidingslijnen (Nederland, België) van beheer voor de luchtvaart zijn aangegeven zijn.



Figuur 5-106 Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (vertrek)



Figuur 5-107 Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (aankomst)

Navraag door de BMM in het kader van het MEB Belwind (2007) bij de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Directoraat Generaal Luchtvaart, Dienst Luchtruim en Luchthavens heeft uitgewezen dat ondanks de positie van de windconcessiezones in Nederlandse FIR zone, het luchtruim boven Belgisch grondgebied gelegen is waar de

Belgische Staat autoriteit heeft. De Belgische richtlijnen betreffende bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 (12/06/06 – FOD Mobiliteit en Vervoer) zijn dan ook van toepassing voor het luchtverkeer.

5.7.4 Radar en scheepscommunicatie

In overleg met de bevoegde overheid (BMM) werd beslist om, naast de risico's en effecten door de bouw van enkel het Rentel windmolenpark op radar en scheepscommunicatie, ook de cumulatieve effecten te onderzoeken van het volledige Belgische concessiegebied op radar en scheepscommunicatie. Daarbij werden de effecten bekeken vanuit zowel het Belgische als het Nederlandse oogpunt en werd ook het toekomstig Nederlands windmolenpark Borssele ingetekend dat grenst aan de Belgische concessiezone.

De bespreking en beoordeling van de effecten op radar en scheepscommunicatie werd opgemaakt in een deelstudie door Flemtek-IMDC (2012). Deze studie bevat:

- De situering van het studiegebied en actuele gegevens hiervan;
- Een literatuurstudie en opsomming van de effecten op de radars en marifone installaties: SRK radarstations, scheepsradar, VHF radiocommunicatiesystemen, RDF (Radio Direction Finder), DGPS zender in Oostende en AIS (Automatic Information System). Het gaat om zeven mogelijke effecten:
    1. Line of Sight (LoS),
    2. mogelijke detectie door sidelobes
    3. shadowing en mogelijke dode zones
    4. vrije Fresnel doorgangen (ook voor de radio communicatie)
    5. multiple reflecties en valse echo's
    6. clutter door reflecties van de draaiende wieken en reflecties van de windturbines onderling
    7. diffractie en multipath, met range en azimuth errors
- Een overzicht van de belangrijkste conclusies.

Het volledige rapport wordt weergegeven in de externe bijlage Flemtek-IMDC (2012c).

De bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten op radar en scheepscommunicatie wordt weergegeven in hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8.1). De bespreking rekening houdend met de effecten op Nederlands grondgebied wordt besproken in hoofdstuk 7 'Grensoverschrijdende effecten' (§ 7.5.2).

6. CUMULATIEVE EFFECTEN

6.1 INLEIDING

In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009; waaronder de Europese richtlijn Hernieuwbare Energiebronnen 2009/28/EG) waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken van 6% naar 13% hernieuwbare energie tegen 2020. De recente klimaatconferentie in Durban eind 2011, werd afgesloten met een politiek akkoord over een mogelijk verlengstuk van het Kyoto Protocol na december 2012 dat mogelijks het pad zal effenen voor een meer doorgedreven internationaal klimaatbeleid en een globaal akkoord in Bonn (mei 2012), de volgende klimaatconferentie.

Om tegemoet te komen aan de Belgische energievoorziening heeft Kabinet Noordzee in 2003 zijn Masterplan Noordzee gelanceerd waarin ook een wettelijke zone voorzien wordt voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen waaronder windenergie (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Deze zone is gelegen aan de oostelijke zijde van het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) en strekt zich uit van ca. 6 km ten zuiden van de Thorntonbank tot ca. 8 km ten noorden van de Bligh Bank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor waarop de eerste windmolenparken ontwikkeld werden: de Thorntonbank, de Lodewijkbank en de Bligh Bank.

C-Power NV heeft de nodige vergunningen om in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid ter hoogte van de Thorntonbank een windmolenpark te bouwen en het gedurende 20 jaar uit te baten. In 2008 werden de eerste zes turbines geplaatst van 5 MW (gravitaire funderingen), die momenteel reeds operationeel zijn. In maart 2012 is de 2de fase van start gegaan met de bouw van 30 turbines van 6,15 MW (jacket funderingen) en in 2013 worden de laatste 18 turbines van 6,15 MW geplaatst (jacket funderingen). Het concessiegebied voor windenergie ligt net ten oosten van zandwinningscontrolezone 1, sector 1A. De verkregen concessie (MB 27/06/2003 en MB 03/02/2010) op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten westen van de telecommunicatiekabel Concerto South 1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 30 turbines en één ten oosten (deelgebied B) bestaande uit 24 turbines. In totaal wordt een oppervlakte van 19,9 km² ingenomen voor een maximum geïnstalleerd vermogen van 325 MW.

Belwind heeft de nodige vergunningen verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Bligh Bank. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km² (MB 05/06/2007). Het windmolenpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW, waarvan momenteel reeds 55 turbines (met monopile funderingen) geplaatst zijn. De overige 55 turbines zullen vermoedelijk eveneens geplaatst worden met monopile funderingen.

Northwind heeft een domeinconcessie (MB 15/05/2006; uitbreiding MB 24/03/2010) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windmolenpark van 72 turbines (totale oppervlakte: 14,30 km²) op de Lodewijkbank gelegen op ca. 38 km van de Belgische kust, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 216 MW; het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. Vermoedelijk zal voor alle turbines het monopile type fundering gebruikt worden.

Norther heeft op 18 januari 2012 een milieuvergunning gekregen voor de bouw van windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. Dit park van 44 km² zal zich het dichtste

bij de Belgische kust bevinden, op ca. 21 km. De exacte configuratie is momenteel nog niet gekend maar het totaal geïnstalleerd vermogen zal 320 tot 420 MW bedragen, en het aantal turbines zal variëren tussen de 47 en 86.

Tenslotte heeft ook Seastar een domeinconcessie verkregen voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark, maar aangezien de vergunningsprocedure nog niet is aangevat, wordt dit park hier niet opgenomen.

6.2 CUMULATIEVE EFFECTEN

De mogelijke effecten van een combinatie van meerdere windmolenparken, kunnen in samenhang met andere menselijke activiteiten op zee leiden tot een cumulatie van effecten. Hierbij kan het gaan om een relatief simpele optelsom van alle effecten van de afzonderlijke activiteiten, maar het zou ook zo kunnen zijn dat bepaalde effecten elkaar versterken, of juist geheel of gedeeltelijk opheffen. Tenslotte kan het zo zijn dat afzonderlijke effecten weliswaar bij elkaar moeten worden opgeteld, maar dat dit niet leidt tot significante problemen voor het leven in en op zee en de betrokken habitats, tot dat een vooralsnog onbekende drempelwaarde wordt overschreden, waarna plotseling wel significante problemen ontstaan. In dit laatste geval is er sprake van een niet-lineaire respons.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de mogelijke cumulatieve effecten ten gevolge van de vier momenteel vergunde windmolenparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Northwind + Belwind + C-Power + Norther) in combinatie met het Rentel windmolenpark.

Enkel deze effecten die een niet verwaarloosbare (positief of negatief) invloed hebben op een bepaalde discipline zullen worden besproken. Er wordt namelijk verondersteld dat indien een bepaald effect totaal verwaarloosbaar is voor het milieu voor elk windmolenpark afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn. Op deze regel kan een uitzondering gemaakt worden indien de effecten van afzonderlijke windmolenparken een bepaalde drempelwaarde dicht benaderen, waardoor het cumulatieve effect zich in een andere grootteklasse van effecten (matig tot significant) bevindt.

In de meeste gevallen zal het cumulatief effect de som van het effect voor elk windmolenpark zijn (1+1=2). In bepaalde gevallen zal echter het cumulatieve effect afwijken van de som van de effecten (1+1>2 of 1+1<2). Beide gevallen zullen worden besproken en indien mogelijk kwantitatief uitgewerkt, het spreekt voor zich dat dit voor het laatste geval met nog meer detail zal uitgewerkt worden.

6.3 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE

De cumulatieve effecten zullen worden besproken per discipline voor zowel de constructie-, operationele, als ontmantelingsfase en de bekabeling. Eerst en vooral worden per discipline in een overzichtstabel de effecten weergegeven ten gevolge van de windmolenparken samen. Hierbij wordt in eerste instantie uitgegaan van de worst case situaties (kan variëren naar gelang het beschouwde effect) en worden deze lokaal beoordeeld m.a.w. ten opzichte van het totale Belgische concessiegebied en niet t.o.v. het BDNZ. Aangezien er voor het Norther windmolenpark nog geen definitieve configuratie is bepaald, wordt hier ook uitgegaan van een worst case scenario.

Daarnaast wordt in de overzichtstabel ook aangegeven of het cumulatief effect gelijk is aan, groter dan of kleiner dan de som van de effecten.

6.3.1 Bodem

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Invloed op de geologie	Ja	n.v.t.
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	n.v.t.
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Neen	<S
Operationele fase		
Invloed op de geologie	Ja	n.v.t.
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	n.v.t.
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Ja	n.v.t.
Lokale erosie door de constructies	Neen	<S
Ontmantelingsfase		
Invloed op de geologie	Ja	n.v.t.
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	n.v.t.
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Ja	n.v.t.
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door erosiebescherming	Neen	S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

6.3.1.1 Constructiefase

Invloed op morfologie en het globale sedimenttransport

Het cumulatieve effect is enkel niet verwaarloosbaar bij windmolenparken met gravitaire funderingen. In de volgende tabel worden de parameters voor volume en oppervlakte gegeven voor enerzijds de meest waarschijnlijke (of reeds uitgevoerde) scenario's van Northwind, Belwind, C-Power, Norther en Rentel en anderzijds de worst case scenario's van Norther en Rentel met enkel gravitaire funderingen. In het meest waarschijnlijk scenario worden in het Norther gebied enkel monopiles geplaatst en in het Rentel concessiegebied enkel jackets (conf. 2: 60 x 7 MW JF). In het worst case scenario worden enkel gravitaire funderingen in het Norther park en maximaal aantal gravitaire funderingen in het Rentel park (conf. 1) voorzien. Voor de andere windmolenparken is uitgegaan van de huidige beslissingen rond het funderingstype: Belwind en Northwind (monopile); C-Power (combinatie gravitaire en jacket fundering). De verstoorde oppervlaktes en totale volumes werden overgenomen uit het MER Norther (Arcadis, 2011) en aangevuld met data van Rentel. Voor de cijfers werd rekening gehouden met bagger- en dumpingsverliezen.

Tabel 6-1 Overzicht cumulatieve stockagevolumes en stockage-oppervlaktes

Oppervlakte inname (m²) / Totaal volume (m³)	Cumulatief scenario - most probable case (conf. 2: 60 x 7 MW JF)	Cumulatief scenario worst case (conf. 1: 78 x 6,15 MW GBF)
Te stockeren volume (m³)	1.007.200 m³	8.602.000 m³
Stockage 1 m (opp. in m²)	1.093.200 m²	9.140.000 m²
Stockage 5 m (opp. in m²)	262.440 m²	2.058.000 m²

Het te stockeren volume is een factor 8,5 groter bij gravitaire funderingen.

Indien gekozen wordt voor gravitaire funderingen voor het Norther en Rentel windmolenpark, zal in totaliteit voor de vijf vergunde windmolenparken ca. 3,6 miljoen + 5 miljoen m³ zand (tijdelijk) gestockeerd worden ten gevolge van de benodigde uitgraving.

De stockage van zand op één locatie zal hoogstwaarschijnlijk geen effect hebben op de morfologie van de dichtst bijgelegen bank. Er wordt verondersteld dat op termijn het gestockeerde zand verspreid wordt in het natuurlijke zandgolvenpatroon. Zand dat in de geulen terechtkomt, zal door de regenererende stroming (in wijzerzin of tegenwijzerzin) rond de zandbank terug betrokken worden in de sedimentdynamiek van de bank. Verder is het zo dat er een tijdsverschil zal optreden tussen de effecten. De vijf windmolenparken zullen vermoedelijk slechts gedeeltelijk overlappen qua constructieperiode. Het cumulatieve effect zal daarom kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

Bij het hergebruiken van het gestockeerde materiaal zullen opnieuw bagger- en dumpingsverliezen optreden dus zal meer gebaggerd moeten worden dan er gestockeerd werd. In het geval van C-Power was dit 468.000 m³, in het geval van Rentel verwachten we 78 x 25.600 m³ (ca. 1.996.800 m³) en in het geval van Norther zal dit ca. 1.200.000 m³ (47 x 25.600 m³) zijn. Cumulatief zal dit dus gaan om een extra volume van ca. 3.196.800 m³ dat naast het gestockeerde materiaal gebaggerd zal worden.

Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1,9 miljoen m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen.

6.3.1.2 Operationele fase

Lokale erosie door de constructies

De lokale erosie door de constructies wordt voor alle windmolenparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming, met uitzondering van de jacket fundering. Indien nodig, wordt voor de vijf windmolenparken dus mitigerend opgetreden.

Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden op basis van beschikbare literatuur dat de erosiebescherming in de vijf gevallen voldoende groot is en er vermoedelijk geen lokale erosie zal optreden. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring; er wordt teruggevallen op een veilige extrapolatie van gegevens voor monopiles voor de berekening van de dimensies van de erosiebescherming. Enkel bij de jacket fundering is op dit ogenblik geen expliciete bescherming a priori voorzien. Bijkomend wetenschappelijk onderzoek is noodzakelijk, specifiek voor de erosie rondom een gravitaire fundering met een conisch tussenstuk. Gezien de lokale erosie rondom de gravitaire fundering echter niet zal optreden voor elke windturbine

tegelijkertijd, laat staan voor de vijf windmolenparken, is het cumulatieve effect kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming. Van den Eynde (2010) stelde vast dat sporen van secundaire erosie niet aangetoond werden ter hoogte van de 6 GBF's op de Thorntonbank.

Ook de lokale erosie rond een jacket fundering vormt vandaag een onduidelijk bepaald issue: ook hier illustreren ontbrekende monitoringsgegevens, wetenschappelijke kennis en praktijkervaring de actuele leemte in de kennis inzake dit topic.

6.3.1.3 Ontmantelingsfase

In elk geval moet later bestudeerd worden en op het einde van de exploitatieperiode beslist worden of volledige verwijdering van fundering, erosiebescherming en kabels de beste optie is voor het milieu voor elk van de vijf windmolenparken.

Invloed op de morfologie en het globale sedimenttransport door de funderingen

Bij verwijdering van de funderingen wordt deze zone aangevuld met bestorting, indien er geopteerd wordt om de erosiebescherming te laten zitten. Zoniet kan er qua cumulatief effect worden verwezen naar de volgende paragraaf.

Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door de erosiebescherming

Indien de bescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstelgedrag van dergelijke putten verloopt trager dan voor ondiepe baggersleuven. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het is wel zo dat er geen beïnvloeding zal zijn van de diverse funderingsputten zodat het cumulatieve effect niet groter is dan de som van de individuele effecten.

6.3.1.4 Bekabeling

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door bekabeling	Neen	<S
Operationele fase		
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door bekabeling	Ja	n.v.t.
Erosie langsheen de kabels	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door bekabeling	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten

Invloed op de morfologie en het globale sedimenttransport

De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is zeer gering. Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de vier projecten verschillende trajecten hanteert. Deze optie is echter enkel nog van toepassing voor het Northwind, Norther, Rentel en later Seastar project, daar de andere exportkabels reeds gelegd zijn. Maar gezien de verschillende status (al dan niet vergund) van de projecten is hier operationeel een expliciete afstemming tussen de respectievelijke projectontwikkeling van de verschillende partijenprojecten nodig om tot een gezamenlijke invulling verder te komen. Hierbij vormt de optie dat verschillende partijen zich aansluiten op het geplande ELIA alfa-platform, die zijn eigen kabels naar land voorziet die gelijktijdig en binnen een versmalde corridor zullen aangelegd kunnen worden, een veelbelovend initiatief.

Tijdens de operationele fase en de ontmantelingsfase worden geen cumulatieve effecten verwacht.

6.3.2 Water

Tabel 6-2 Overzicht van de cumulatieve effecten op water

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Effecten op de hydrodynamica door funderingen	Ja	n.v.t.
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen	Ja	n.v.t.
Impact op de turbiditeit door funderingen	Neen	S
Operationele fase		
Effecten op de hydrodynamica door funderingen	Ja	n.v.t.
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen	Ja	n.v.t.
Impact op de turbiditeit door funderingen	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Analoge effecten als constructiefase	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

6.3.2.1 Constructiefase

Impact op de turbiditeit

De constructie van de fundering zal een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Deze zal het grootst zijn voor het Rentel configuratiealternatief 1 met 78 gravitaire funderingen. In vergelijking echter met de van nature optredende turbiditeitsconcentraties tijdens stormen en de beperkte periode en afstand waarover een turbiditeitsverhoging optreedt (IMDC, 2012c als externe bijlage), wordt dit ongeacht het cumulatief scenario als een aanvaardbaar effect beoordeeld.

Zelfs voor het hypothetische geval dat binnen verschillende parken tegelijkertijd funderingen worden aangelegd, is de invloedsstraal van de werken op de turbiditeit in de meeste gevallen

te beperkt opdat de turbiditeitspluimen mekaar zouden versterken. In IMDC (2012c) wordt een invloedsstraal vermeld van 5 km voor baggerwerken in het Rentel projectgebied. De baggerpluimen verspreiden zich echter parallel aan de overheersende stromingsrichting, nl. NE-ZW, dus nabijgelegen Belgische parken worden niet beïnvloed. De eerste monitoringsresultaten van het nabijgelegen C-Power windmolenpark (Thorntonbank) en het Belwind windmolenpark (Bligh Bank) bevestigen dat de bouw van beide parken geen significante turbiditeitsverhoging veroorzaken (Van den Eynde *et al.*, 2010).

6.3.2.2 Operationele fase

Gezien de invloedszone van funderingen op de stroming zo beperkt is, en er geen interferentie optreedt tussen de invloed van diverse palen op de stroming, worden geen cumulatieve effecten verwacht op de hydrodynamica. Er worden evenmin cumulatieve effecten verwacht op waterkwaliteit en turbiditeit ten gevolge van de exploitatie van de 5 beschouwde windmolenparken.

6.3.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de constructiefase daar de intensiteit van de activiteiten afneemt (bvb. geen nivelleringen van de zeebodem meer, geen baggeractiviteiten gekoppeld aan de aanleg van funderingsputten voor gravitaire funderingen).

6.3.2.4 Bekabeling

Tabel 6-3 Overzicht van de cumulatieve effecten op water

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Effecten op de hydrodynamica door bekabeling	Ja	n.v.t.
Effecten op de waterkwaliteit door bekabeling	Ja	n.v.t.
Impact op de turbiditeit door bekabeling	Neen ?	<S
Operationele fase		
Effecten op de hydrodynamica door bekabeling	Ja	n.v.t.
Effecten op de waterkwaliteit door bekabeling	Ja	n.v.t.
Impact op de turbiditeit door bekabeling	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Effecten op de hydrodynamica door verwijdering	Ja	n.v.t.
Effecten op de waterkwaliteit door verwijdering	Ja	n.v.t.
Impact op de turbiditeit door verwijdering bekabeling	Neen ?	<S

Impact op de turbiditeit

De impact op de turbiditeit wordt voor de aanleg van parkkabels en exportkabels als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld, zeker in vergelijking met deze impact tijdens de aanleg van funderingen (zie hoger). Het effect wordt eveneens als aanvaardbaar beoordeeld.

Bovendien zou de gezamenlijke (zelfde trajecten) en gelijktijdige installatie van kabels een geringere impact(zone) kunnen betekenen. Hieraan wordt deels voldaan door de kabeltracés van verschillende projecten zoveel mogelijk op elkaar af te stemmen. Een gelijktijdige installatie van de exportkabel is in de praktijk enkel nog mogelijk voor Northwind, Norther, Rentel en later Seastar. Maar gezien de verschillende status (al dan niet vergund) van de projecten is hier operationeel een expliciete afstemming tussen de respectievelijke projectontwikkeling van de verschillende partijenprojecten nodig om tot een gezamenlijke invulling verder te komen. Hierbij vormt de optie dat verschillende partijen zich aansluiten op het geplande ELIA alfa-platform, die zijn eigen kabels naar land voorziet die gelijktijdig en binnen een versmalde corridor zullen aangelegd kunnen worden, een veelbelovend initiatief.

Tijdens de operationele fase worden er geen cumulatieve effecten verwacht. Indien verschillende parken tegelijk tot ontmanteling overgaan worden dezelfde effecten op turbiditeit verwacht als tijdens de constructiefase.

6.3.3 Klimaat en atmosfeer

Tabel 6-4 Overzicht van de cumulatieve effecten op klimaat en atmosfeer

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Invloed op het globaal (wind)klimaat	Ja	n.v.t.
Emissies tijdens de assemblage van de turbines	Ja	n.v.t.
Emissies tijdens de transport- en bouwfase	Ja	n.v.t.
Operationele fase (inclusief bekabeling)		
Impact op globaal klimaat	Ja	n.v.t.
Impact op lokaal windklimaat	Ja	n.v.t.
Impact op temperatuursklimaat o.i.v. kabels	Ja	n.v.t.
Emissies tengevolge van inspectie en onderhoud	Ja	n.v.t.
Vermeden emissies op het land	Neen	S
Ontmantelingsfase (inclusief bekabeling)		
Invloed op het globaal (wind)klimaat	Ja	n.v.t.
Emissies tijdens de transport- en afbraakfase	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.3.1 Constructiefase

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht op het klimaat of de atmosfeer tijdens de constructiefase.

6.3.3.2 Operationele fase

Vermeden emissies op het land

Een belangrijk effect tijdens de operationele fase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windmolenparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt.

In *Tabel 6-5* wordt een overzicht gegeven van de vermeden emissies van de verscheidene windmolenparken in vergelijking met klassieke productie.

Bij het operationeel worden van alle windmolenparken zal echter het scheepvaartverkeer moeten omvaren wat resulteert in een toename in af te leggen afstand van minder dan 500 NM per jaar ten opzicht van een basisscenario met de reeds vergunde windmolenparken Belwind, Northwind en C-Power (MARIN, 2011b). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. De toename aan NO_x en SO_2 uitstoot door omvaren is echter minder dan 1% van de vermeden emissies door klassieke productie (

Tabel 5-12).

Tabel 6-5 Vermeden emissies van de vijf windmolenparken. Aangezien de uiteindelijke nettoproductie nog niet is gekend voor elk park, zijn de minimale en maximale waarden weergegeven

Vermeden emissies	SO_2 (ton/jaar)	NO_x (ton/jaar)	CO_2 (ton/jaar)
C-Power	623 / 748	637 / 764	630.000 / 756.000
Belwind	762	779	770.400
Northwind	498	510	504.000
Norther	552 / 1.033	566 / 1.061	571.800 / 1.072.125
Rentel	621 / 1.172	637 / 1.203	643.275 / 1.215.075
Totaal	**3.056 / 4.213**	**3.129 / 4.317**	**3.119.475 / 4.317.600**

Tabel 6-6 Emissiefactoren uitgedrukt in g/kWh voor varen op open zee (uit Entec, 2002) en bijkomende emissie door omvaren

	NO_x	SO_2	KWS	Stof
emissiefactor (g/kWh)	14,1	11,4	0,5	0,3
Emissie door 500 extra scheepsmijlen (ton)/jaar	6,60	5,33	0,23	0,14

Tegen eind 2012 zal een Vlaams Klimaatplan uitgewerkt worden om de Vlaamse doelstellingen op te trekken tot een CO_2 reductie van 30% tegen 2020. De vermeden emissies van de vijf windmolenparken zullen hiervoor een belangrijke bijdrage leveren.

6.3.3.3 Ontmantelingsfase

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht op het klimaat of de atmosfeer tijdens de ontmantelingsfase.

6.3.3.4 Bekabeling

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht op het klimaat of de atmosfeer tijdens de ontmantelingsfase.

6.3.4 Geluid en trillingen

Tabel 6-7 Overzicht van de cumulatieve effecten van geluid en trillingen

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Geluid onder water heien funderingspalen	Neen	S
Geluid boven water heien funderingspalen	Neen	S
Scheepvaart	Ja	n.v.t.
Baggeren van de funderingen	Neen	S
Operationele fase		
Geluid onderwater	Neen	S
Geluid bovenwater	Neen	>S
Ontmantelingsfase		
Analoog constructiefase	Ja	n.v.t.
Bekabeling		
Baggeren van de kabel	Neen	<S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

De projectgegevens (type windturbine, geluidsvermogenniveau, aantal en inplanting) zoals gebruikt voor de berekeningen zijn gegeven in Tabel 6-8. De impact van het project op de gecumuleerde geluidsemissie van de reeds toegewezen windmolenparken duidt zich in de absolute waardetoename van het gecumuleerde geluidsniveau. De bevindingen werden bekomen door vergelijking van de cumulatieve geluidsberekeningen onder de scenario's met en zonder de specifieke geluidsbijdrage van het project.

Tabel 6-8 Gebruikte gegevens voor de berekening van de cumulatieve effecten op het geluid boven water

	C-Power	Belwind	Northwind	Norther	Rentel
# WTG'S	54	110	72	74	55
P_{WTG}	6 MW	3 MW	3 MW	6 MW	10 MW
L_{WA} (dB(A)/WTG)	108,7	109,4	109,4	108,7	110,0

Rekening houdende met de zeer snelle evolutie in de grootte en het vermogen van de windturbines wordt beoogd om in de projectplanning met installatie van de eerste turbines in 2015 gebruik te kunnen maken van 6 MW windturbines voor het Rentel windmolenpark. De invulling van het windmolenpark met minimaal 6 MW windturbines wordt daarom als basisconfiguratie vooropgesteld.

Voor de berekening van de cumulatieve effecten werden de geluidspectra gebruikt weergegeven in Tabel 6-9.

Tabel 6-9 Geluidsvermogen in dB(A). Frequentiespectrum per 1/1e octaafbanden

		Geluidsvermogen (in dB(A)) Frequentiespectrum per 1/1e octaafbanden									
Windmolenpark	Frequentie (Hz)	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	Totaal bronvermogen
Belwind Northwind	Vestas V90 3MW	43,7	70,2	87,7	97,5	102,3	105,5	103,7	96	81,5	109,4
C-Power Norther	RePower 5-6MW	43	69,5	87	96,8	101,6	104,8	103	95,3	80,8	108,7

Ten behoeve van de effectbeoordeling wordt het te verwachten specifieke geluid van het gecumuleerd geluidsniveau van de windmolenparken vergeleken met het omgevingsgeluid in de referentietoestand. Immers het totaal waargenomen geluid bij exploitatie van de windmolenparken is een mathematische samenvoeging van het specifieke geluid van de windmolenparken met het geluidsniveau in de referentietoestand.

6.3.4.1 Constructiefase

Het effect van het geluid en de trillingen tijdens de constructiefase is tijdelijk. Er zal enkel een cumulatief effect optreden wanneer de constructiefases van de windmolenparken gelijktijdig uitgevoerd worden.

Geluid onder water bij heien funderingspalen

Het geluid van het heien van funderingspalen kan onderwater tot op een relatief grote afstand (verder dan de windmolenparken) worden waargenomen met slechts een geringe geluidsdemping. Gezien de heiactiviteiten slechts tijdelijk voorkomen en bij het heien een impulsgeluid (niet continu) wordt opgewekt, is de kans klein dat twee impulsgeluiden uit de windmolenparken met mekaar interfereren. Het cumulatieve effect zal dus niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

Geluid boven water bij heien funderingspalen

Boven water zal het specifieke geluid van het heien van een windmolenpark niet hoorbaar zijn ter hoogte van een ander windmolenpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

Baggeren van de funderingen

Bij het baggeren kan het onderwatergeluid tot op een relatief grote afstand (verder dan de windmolenparken) worden waargenomen met slechts een geringe geluidsdemping. Gezien het baggeren slechts tijdelijk voorkomt bij de keuze van een gravitaire fundering of bij het

nivelleren van de helft van monopiles (statische erosiebescherming) of jacket funderingen, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

6.3.4.2 Operationele fase

Onderwater geluid van de windturbines en transformatoren

Het effect van de windturbines zal op een afstand van 500 m (binnen de veiligheidszone) reeds gemaskeerd worden door het achtergrondgeluid.

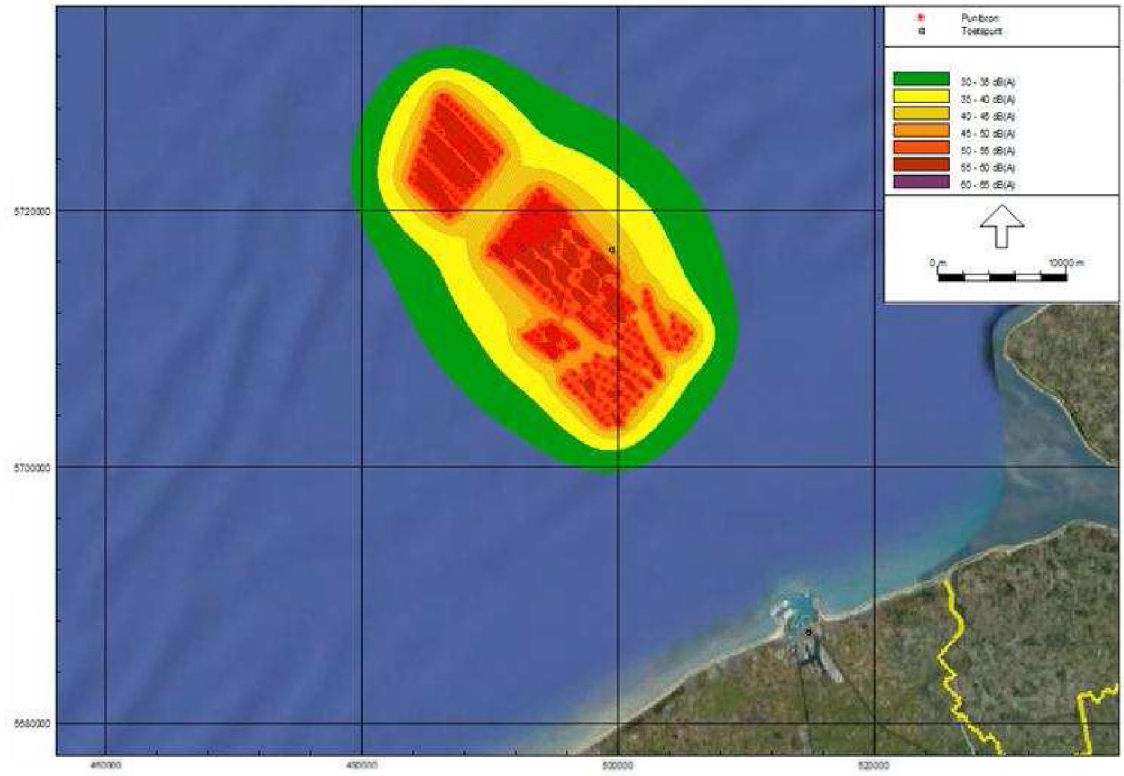
Het specifieke geluid van de windturbines zal niet hoorbaar zijn ter hoogte van een ander windmolenpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

Bovenwater geluid van de windturbines en transformatoren

Figuur 6-1 presenteert de ruimtelijke weergave van de geluidsuitbreiding op 4 m hoogte boven het wateroppervlak via geluidscontouren van het gecumuleerd specifieke geluid boven water van het windmolenpark Rentel, in zijn worst case scenario (55 x 10 MW), samen met de operationele fase voor de windmolenparken Belwind, Northwind, Norther en C-Power.

De resultaten van het specifieke geluid van het windmolenpark wordt voorgesteld aan de hand van de ruimtelijke geluidsvoortplantingswijze boven het wateroppervlak via een geluidskaart. Deze geluidskaart geeft een aantal lijnen weer van een gelijke geluidsbelasting (geluidscontouren) door de punten van een eenzelfde specifieke geluidswaarde met elkaar te verbinden. De inkleuring van de geluidscontouren geeft een visuele weergave van de bereikte geluidsbelastingszone. Voor elke kaart wordt eenzelfde legende gebruikt m.b.t. de ingekleurde belastingszones.

Daarnaast wordt in tabelvorm ook de afstanden weergegeven van de geluidscontouren tot het centraal punt van de totale windmolenparkzone, de kustlijn Zeebrugge en de offshore Belgisch-Nederlandse grens van de Noordzee.



Figuur 6-1 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van de 5 windmolenparken onder het worst case scenario met 10 MW turbines voor Rentel (#: 55), 3 MW turbines voor Belwind (#: 110), 3 MW turbines voor Northwind (#: 72), 6 MW turbines voor C-Power (#: 54), 6 MW turbines voor Norther (#: 74)

Tabel 6-10 Berekend specifiek geluid boven water van de 5 windmolenparken onder het worst case scenario met 10 MW turbines voor Rentel (#: 55), 3 MW turbines voor Belwind (#: 110), 3 MW turbines voor Northwind (#: 72), 6 MW turbines voor C-Power (#: 54), 6 MW turbines voor Norther (#: 74)

Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A))						
Geluidsdrukniveau (in dB(A))	**14,4**	30	35	40	45	**± 46**
Afstand (in m)	aan de kustlijn	Afstand tot projectgrens				**aan de offshore BE-NL grens**
		4.380	**2.390**	**1.280**	**660**	

Bij de cumulatieve werking van de windmolenparken in een matig belastende situatie zal er enkel in de zones tussen de windmolenparken een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn t.o.v. de individuele werkingstoestand van elk windmolenpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

Op een afstand van 500 m rond het park zal het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A). Dit wordt eveneens bekomen wanneer de windmolenparken afzonderlijk in werking zijn. Buiten de 500 m-zone tot het naburige windmolenpark zal het cumulatieve effect bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

Het specifieke geluid berekend ter hoogte van een waarnemer aan de kust (dichtstbijzijnde afstand tot de kustlijn is gelegen aan de haven te Zeebrugge) bedraagt ca. 14,4 dB(A) voor het worst case scenario van het windmolenpark Rentel, samen met de windmolenparken Belwind – C-Power – Northwind - Norther. Dit vertegenwoordigt een verhoging van ca. 1 dB(A) t.o.v. de afzonderlijke werkingstoestand voor het worst case scenario van het windmolenpark Rentel. Voor overige uitvoeringscenario's van het windmolenpark Rentel, samen met de windmolenparken Belwind – C-Power – Northwind – Norther, wordt het specifieke geluid verhoogd tussen +1 en +14,5 dB(A) t.o.v. de afzonderlijke werkingstoestand voor het windmolenpark Rentel.

Afhankelijk van de keuze van het uitvoeringsscenario heeft het windmolenpark Rentel een verwaarloosbaar tot gering effect op het cumulatief geluidsniveau voor een waarnemer aan de kust en de grens met Nederland.

Het specifieke geluid van de windmolenparken samen (ca. 14 dB(A)) aan de kustlijn bevindt zich ruim onder het huidig achtergrondgeluidsniveau van 30 tot 40 dB(A) tijdens de nachtperiode, respectievelijk de nieuwe normstelling in de milieuvoorwaarden voor windturbines (2012), i.e. 39 dB(A) in woongebieden en gebieden voor verblijfsrecreatie tijdens de nachtperiode.

In het MER van het Northwind windmolenpark werd eveneens aangegeven dat het geluidskarakter van het windmolenpark niet detecteerbaar zou zijn vanaf de kust. De spectrale geluidswaarden van de watergolven zouden beduidend hoger zijn dan deze van het specifieke geluid van het windturbinegeluid. Daar het gecumuleerd geluidsniveau aan de kustlijn nauwelijks verhoogd, zal de stelling van het niet auditief waarneembaar zijn van de windturbines eveneens aanwezig zijn wanneer de windmolenparken Rentel – C-Power – Belwind – Northwind – Norther gezamenlijk in exploitatie zijn.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van het specifieke geluid van de 5 windmolenparken samen, de toetsing met de nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbinegeluid m.b.t. de meest kritische beoordelingsperiode ('s nachts) en een vergelijking met de meetresultaten van het omgevingsgeluid onshore (kustzone).

Tabel 6-11 Vergelijking van het geluidsniveau van het Windmolenpark Rentel ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties

	Matig belastende situatie
Specifieke geluid van windmolenparken t.h.v. de kustzone	ca. 14 dB(A)
Richtwaarde tijdens de meest kritische beoordelingsperiode ('s nachts) volgens de nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines (voorstel principieel goedgekeurd door de Vlaamse Regering, december 2011) • Verblijfs-recreatie • Woongebied	39 dB(A)
Metingen aan de Noordzee	30 tot 40 dB(A)
Vergelijking nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines (2012) • Verblijfs-recreatie • Woongebied	-25 dB(A)
Vergelijking metingen	-16 tot -26 dB(A)

Algemeen wordt er besloten dat als gevolg van het specifieke geluid van de vijf windmolenparken, Rentel-C-Power-Northwind-Belwind-Norther, geen geluidshinder wordt verwacht ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen. Daar er een verwaarloosbaar effect verwacht wordt van de individuele effecten (van de afzonderlijke windmolenparken) zal er ook een verwaarloosbaar effect aanwezig zijn op land van het geluid boven water afkomstig van de vijf windmolenparken.

6.3.4.3 Ontmantelingsfase

De ontmantelingsmethodiek voor de overige windmolenparken, zoals C-Power, Belwind of Northwind, gebeurt op eenzelfde wijze. Momenteel is nog niet geweten op welke manier men de turbines zal verwijderen en is dus een leemte in de kennis. Wanneer het windmolenpark zal ontmanteld worden zullen op basis van de staat van het park, de geldende wetgeving en de beschikbare technieken, werkmethodes worden ontwikkeld waarin ook de milieuzorg zal geïntegreerd zijn. De effecten van de ontmanteling zullen voor elk windmolenpark identiek zijn.

De effecten tijdens de ontmanteling zullen vergelijkbaar zijn aan deze van de constructiefase. Het effect van het geluid en de trillingen tijdens de ontmanteling zijn tijdelijk. Er zal enkel een cumulatief effect optreden wanneer de ontmantelingsfases van de windmolenparken gelijktijdig uitgevoerd worden.

6.3.4.4 Bekabeling

Baggeren van de kabel

De impact van het baggeren van een geul voor de kruising van de vaargeul met de exportkabel en het injetten of inploegen van de kabels is tijdelijker dan het baggeren van de funderingen. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van de kabels voor de windmolenparken zou een minder lange geluidstoename met zich meebrengen dan wanneer de kabels voor elk van de windmolenparken afzonderlijk worden aangelegd, er verschillende trajecten gehanteerd worden of wanneer kabels langs eenzelfde traject maar op een ander tijdstip gelegd worden.

6.3.5 Fauna, flora & biodiversiteit

6.3.5.1 Benthos

Tabel 6-12 Overzicht van de cumulatieve effecten op het benthos

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Biotoopverstoring	Neen	S
Verlies aan organismen	Neen	<S
Verstoring door sedimentatie	Neen	S
Operationele fase		
Andere vormen van verstoring	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Andere vormen van verstoring	Ja	n.v.t.

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Bekabeling		
Biotoopverstoring	Neen (?)	<S
Verstoring door turbiditeit	Ja	n.v.t.
Elektromagnetische velden	Neen (?)	S
Opwarming	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.5.1.1 Constructiefase

Biotoopverstoring

De biotoopverstoring is afhankelijk van het funderingstype en het aantal turbines. De biotoopverstoring wordt opgedeeld in een permanent direct biotoopverlies en een (al dan niet tijdelijke) indirecte biotoopverstoring tengevolge van stockage van gebaggerd zand. Indien gekozen wordt voor een monopile met een dynamische erosiebescherming of een jacket fundering wordt geen bijkomend indirect verlies door de (tijdelijke) stockage van gebaggerd zand veroorzaakt. Bij gravitaire funderingen of monopiles met statische erosiebescherming is dit wel het geval.

Tabel 6-13 geeft de totale biotoopverstoring weer voor de vijf windmolenparken. Momenteel heeft C-Power zes gravitaire funderingen en 48 jacket funderingen geplaatst. De parken van Northwind en Belwind zullen hoogstwaarschijnlijk bestaan uit monopile funderingen. Voor het Norther windmolenpark is de configuratie nog niet gekend. Voor Norther en Rentel wordt dan ook uitgegaan van een worst case scenario, zijnde respectievelijke 47 en 78 gravitaire funderingen.

Tabel 6-13 Biotoopverstoring per windmolenpark.

	C-Power	Northwind	Belwind	Norther	Rentel	Totaal
Totaal biotoopverlies (m²) (stockage 5 m)	116.100	2.095.200	64.700	1.066.300	3.116.000	6.458.300
Relatieve oppervlakte t.o.v. BDNZ (stockage 5 m)	0,003%	0,06%	0,002%	0,03%	0,09%	0,19%

De oppervlakte-inname voor deze worst case scenario's blijft echter relatief klein in vergelijking met het gehele BDNZ (max. slechts 0,19%). Bovendien neemt dit relatieve verlies niet plaats in een natuurbeschermingsgebied of een gebied gekenmerkt door een hoge ecologische waarde, waardoor er besloten kan worden dat het cumulatieve verlies aan biotoop voor benthische organismen een gering tot matig negatief effect zal hebben.

Ter vergelijking, de voorbije jaren werd op het BDNZ jaarlijks een volume van ongeveer 2 miljoen m³ aan zand en grind voor commercieel gebruik gewonnen, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen.

Verlies aan organismen

Het verlies aan organismen is recht evenredig met het biotoopverlies. De totale biomassa van het BDNZ wordt na extrapolatie geschat op >100.000 ton. Reeds eerder werd erop gewezen

dat zandbanken niet geïdentificeerd worden als gebieden met een zeer hoge natuurwaarde. Er kan dus verwacht worden dat het relatieve verlies ten opzichte van de Belgische wateren nog kleiner zal zijn dan dat een ruwe extrapolatie van deze biomassa voor het volledige BDNZ zou geven.

In vergelijking met andere sectoren zoals de boomkorvisserij en de aggregaatextractie is het impactgebied relatief klein. Daarenboven moet bij dit cumulatieve effect rekening gehouden worden met het mogelijke refugiumeffect dat ontstaat door de sluiting van het gebied voor de visserij. In totaal gaat het om een oppervlakte (incl. veiligheidszone 500 m) van 240 km² of m.a.w. ca. 7% van het BDNZ. Tenslotte kan er nog op gewezen worden dat door de creatie aan nieuw hard habitat de biodiversiteit zal toenemen. Er kan verwacht worden dat deze positieve bijdrage relatief groter zal zijn bij het afsluiten of creëren van een groter aaneensluitend gebied (vandaar cumulatief effect <S).

Het cumulatieve effect moet dus gezien worden als het negatieve effect aan verlies aan organismen door de vijf parken, gecorrigeerd met het positieve effect van het refugium en de creatie aan nieuw habitat. Voor het cumulatieve scenario wordt het totale effect als matig tot gering negatief beoordeeld, afhankelijk van de beschouwde schaal (t.o.v. Belgisch concessiegebied versus BDNZ). Gezien hier het worst case cumulatieve scenario (conf. 1, GBF) wordt voorgesteld, wordt dit effect voor de andere configuratiealternatieven van Rentel kleiner ingeschat. Er kan dus besloten worden dat ongeacht het scenario het verlies aan organismen tengevolge van de windmolenparken als aanvaardbaar kan beschouwd worden.

Verstoring door sedimentatie

Dit type van verstoring is voornamelijk gerelateerd met de baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de funderingen en het storten van het uitgebaggerde zand (GBF, statische MP). De grootte van de impact zal dan ook nauw samenhangen met de biotoopverstoring (zie hoger) en kan voor de verschillende cumulatieve scenario's als gering negatief worden beoordeeld.

6.3.5.1.2 Operationele fase

De effecten op benthos van andere vormen van verstoring zoals geluid en trillingen, waterkwaliteit en algemene verstoring, werden voor alle configuratiealternatieven als verwaarloosbaar ingeschat. Er worden dan ook geen cumulatieve effecten verwacht op het benthos.

6.3.5.1.3 Ontmantelingsfase

Er worden eveneens geen cumulatieve effecten verwacht tijdens de ontmantelingsfase.

6.3.5.1.4 Bekabeling

Biotoopverstoring

Algemeen kan gesteld worden dat de biotoopverstoring tengevolge van de exportkabels van de verschillende windmolenparken naar de kust niet significant zal zijn. Het impactgebied door de aanleg van bekabeling is namelijk van een grootteorde kleiner dan de verstoring beschreven voor de aanleg van het windmolenpark zelf.

Technisch gezien is het leggen van één grote kabel voor de verschillende parken onmogelijk. Er kan echter aangenomen worden dat indien gekozen wordt voor een maximale aansluiting met bestaande trajecten (bundeling), het ruimtebeslag en dus ook het cumulatieve effect geminimaliseerd wordt. In deze optiek wordt gekozen voor het best beschikbare alternatief voor het milieu. Hieraan wordt reeds voldaan door de keuze van Norther, Northwind en

Belwind om hun kabeltracés zoveel mogelijk op elkaar af te stemmen. Ook de voorgestelde kabeltracés die Rentel voorstelt voor de offshore kabelverbinding tussen park en land volgen zo veel mogelijk de tracés van de andere windmolenparken of maken optimaal gebruik van een gezamenlijke aansluiting op een offshore transformatorplatform (alfa-platform, Elia).

Elektromagnetisch velden

Eventueel kunnen zich cumulatieve effecten voordoen door het ontstaan van elektromagnetische velden rond de kabels, maar deze effecten zijn voor het benthos nog onvoldoende gekend.

6.3.5.2 Vissen

Tabel 6-14 Overzicht van de cumulatieve effecten op de vissen

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Biotoopverstoring	Neen	S
Verlies aan organismen	Ja	n.v.t.
Verstoring door sedimentatie	Ja	n.v.t.
Geluidsverstoring en trillingen	Neen	S
Operationele fase		
Geluidsverstoring en trillingen	Ja	n.v.t.
Andere vormen van verstoring	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Analoog constructiefase	Ja	n.v.t.
Bekabeling		
Biotoopverstoring	Ja	n.v.t.
Verstoring door turbiditeit	Ja	n.v.t.
Elektromagnetische velden	Neen (?)	S
Opwarming	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.5.2.1 Constructiefase

Biotoopverstoring

De effecten van biotoopverstoring op de vissen zijn gelijkaardig met de effecten op het benthos (§ 6.3.5.1). Ongeacht het gekozen scenario worden de cumulatieve effecten als aanvaardbaar beoordeeld.

Geluidsverstoring en trillingen

Het cumulatieve effect van het heien wordt berekend als de som van de effecten per windmolenpark. Bij het gebruik van gravitaire funderingen of indien men de suction bucket techniek gebruikt voor monopiles en jacket funderingen, wordt de geluidsverstoring verwaarloosbaar.

Gezien er echter reeds een hoog aandeel aan monopiles en jacket funderingen (C-Power, Northwind en Belwind, Norther onzeker) gepland is bij de andere beschouwde windmolenparken, kunnen de cumulatieve effecten als significant negatief worden beschouwd. Vermits echter de geplande windmolenparken gespreid over enkele jaren worden gebouwd, wordt het effect van de geluidsverstoring als aanvaardbaar beschouwd.

Verder onderzoek zowel naar de enkelvoudige en cumulatieve effecten van het heien als mogelijke milderende maatregelen is wenselijk.

6.3.5.2.2 Operationele fase

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht tijdens de operationele fase.

6.3.5.2.3 Ontmantelingsfase

Er worden eveneens geen cumulatieve effecten verwacht tijdens de ontmantelingsfase.

6.3.5.2.4 Bekabeling

Elektromagnetische velden

Ondanks dat het effect van elektromagnetische velden als minimaal wordt geschat, zouden er zich cumulatieve effecten kunnen voordoen op de vissen bij de aanwezigheid van een groot aantal park- en exportkabels. Zoals reeds aangehaald, wordt de grootte van de elektromagnetische velden deels bepaald door de technologische opbouw. Zo zou de symmetrische constructie van exportkabels met drie kerndraden die door de verschillende windmolenparken gebruikt worden tot een sterke reductie leiden van de elektromagnetische velden. Het ingraven (tot op 1 m) zou eveneens een milderend effect hebben op gevoelige vissoorten. Niettegenstaande tonen recente studies aan dat vissen elektromagnetische straling geproduceerd door industriële kabels waarnemen ook als die begraven liggen. Vooral de kraakbeenvissen zouden gevoelig zijn voor deze vorm van straling. De cumulatieve effecten van meerdere kabels binnen één park of de nabijheid van verschillende parken zijn nog ongekend.

Wel kan de keuze voor synergie met bestaande kabels (exportkabel Belwind/ Northwind of bestaande telecommunicatiekabels) als gunstig beoordeeld worden doordat het geïmpacteerd gebied hierdoor zo klein mogelijk wordt gehouden. Alle recente literatuur (Boehlert & Gill, 2010; Tasker *et al.*, 2010; Gill *et al.*, 2009) geeft bovendien ook aan dat het op dit moment nog steeds een leemte in de kennis is wat nu het uiteindelijke effect is van elektromagnetische straling op mariene organismen. Verder onderzoek is aangewezen.

6.3.5.3 Vogels

Tabel 6-15 Overzicht van de cumulatieve effecten op de vogels

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Verstoring door sedimentatie	Ja	n.v.t.
Geluidsverstoring	Ja	n.v.t.
Voedselbeschikbaarheid	Ja	n.v.t.
Operationele fase		
Aanvaringsaspect	Neen	S

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Barrière effect en habitatverlies	Neen	S of >S (?)
Voedselbeschikbaarheid	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Analoog constructiefase	Ja	n.v.t.
Bekabeling		
Algemene verstoring	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.5.3.1 Constructiefase

De effecten op vogels tijdens de constructiefase worden als gering negatief tot onbestaande geschat. Er kan wel gesteld worden dat het mogelijke effect van verstoring kleiner zal zijn indien er geen overlapping bestaat in bouwperiodes van de verschillende windmolenparken. Op die manier zal de zone waar verstoring zal optreden kleiner zijn dan wanneer alle parken tegelijk worden gebouwd. Echter zal hierdoor wel de tijdsduur van de verstoring toenemen. In alle gevallen (afzonderlijk bouwen of samen bouwen) zal de som van de verstoringseffecten aanvaardbaar zijn, en worden er geen significante effecten verwacht op de verschillende vogelsoorten.

6.3.5.3.2 Operationele fase

Aanvaringsaspect

Momenteel is het zeer moeilijk om de cumulatieve effecten met betrekking tot aanvaring in te schatten. Voorlopig worden namelijk nergens anders in Europa verschillende windmolenparken zo dicht bijeen gebouwd als op het BDNZ. Om die reden is het van groot belang dat er een goede opvolging en monitoring van de aanvaringsaspecten wordt uitgevoerd.

Er kan verwacht worden dat de aanwezigheid van een groot aantal windmolenparken in een relatief kleine zone een licht verhoogde mortaliteit van zeevogels op populatieniveau tot gevolg kan hebben. De reden hiervoor is dat veel soorten zeevogels lang leven en jaarlijks een laag aantal jongen groot brengen. Ook al vallen er waarschijnlijk relatief gezien weinig aanvaringsslachtoffers, dit kan op lange termijn toch een significant effect hebben op de populatie van bepaalde soorten (Drewitt & Langston, 2006).

Recente resultaten van Vanermen *et al.* (2011) suggereren dat het windmolenpark op de Thorntonbank een aantrekkende werking heeft op Grote stern en Visdief, terwijl het park op de Bligh Bank meer Stormmeeuwen en Zilvermeeuwen aantrekt. Hoewel dit positief is in het licht van habitatverlies, zorgt een verhoogde activiteit van deze soorten voor een hoger aanvaringsrisico (Vanermen *et al.*, 2011).

Het aanvaringsrisico voor vogels wordt zoals reeds aangehaald, voornamelijk bepaald door de vogelflux en de hoogte waarop ze vliegen. Op basis van de vaststellingen van Vanermen *et al.* (2006) en Vanermen & Stienen (2009) kan toch het volgende verwacht worden:

- De bijlage I soorten Grote stern en Visdief vliegen doorgaans zeer laag en zijn bijgevolg minder gevoelig voor aanvaring. Ook Fuut, Noordse stormvogel en Zwarte zee-eend zijn soorten die zelden op rotorhoogte vliegen, waardoor zij eveneens minder gevoelig

zijn voor aanvaring. De aanwezigheid van meerdere windmolenparken binnen een bepaalde zone zal waarschijnlijk weinig aan hun vlieggedrag veranderen en zal vermoedelijk niet leiden tot een bijkomend cumulatief effect.

- Alk en zeekoet zijn soorten die de windmolenparkzone doorgaans vermijden en bijgevolg niet tot aanvaring komen met de windturbines. De aanwezigheid van meerder windmolenparken heeft voor deze soort bijgevolg meer een effect m.b.t. vermijding en de daarmee gepaard gaande verstoring van deze soort.
- De grote meeuwen (Kleine mantelmeeuw, Grote mantelmeeuw en Zilvermeeuw) zijn eerder algemeen voorkomend op het BDNZ en zullen door de combinatie van hun grote formaat, lage wendbaarheid en de vlieghoogte het gevoeligst zijn voor aanvaring. Of de aanwezigheid van meerdere windmolenparken binnen een relatief kleine afstand van elkaar een bijkomend effect zal hebben op de aanvaring van deze soorten kan momenteel nog niet gezegd worden. Verder onderzoek is hierbij wenselijk.
- Drieteenmeeuw, Jan van Gent, Grote jager en Stormmeeuw zijn matig gevoelig voor aanvaring. Ook hier kan nog niet besloten worden of de aanwezigheid van meerdere windmolenparken binnen een relatief kleine afstand van elkaar een bijkomend effect zal hebben op de aanvaring van deze soorten en is verder onderzoek wenselijk.

Barrière effect en habitatverlies

De aanwezigheid van de windmolenparken kan voor verstoringsgevoelige zeevogelsoorten een verlies van habitat betekenen. Jan van Gent, Zeekoet, Alk en Drieteenmeeuw zijn soorten die in grote aantallen voorkomen ter hoogte van de vier windmolenparken. Kleine Mantelmeeuw en Grote Mantelmeeuw zijn eerder algemene soorten die verspreid over het BDNZ voorkomen. De drie banken (Bligh Bank, Thorntonbank en Lodewijkbank) vormen voor deze soorten echter geen concentratiegebieden.

Er bestaat vooralsnog onduidelijkheid over de uitstralende werking van een offshore windmolenpark en dus ook over het werkelijke effect van ruimtebeslag van een windmolenpark of meerdere samen op zee. Op basis van enkele studies in België, Nederland en Denemarken kan het volgende verwacht worden:

- Zoals reeds vermeld geven de voorlopige monitoringsresultaten van Vanermen *et al.* (2011) aan dat de aanwezigheid van de zes turbines op de Thorntonbank en de 55 turbines op de Bligh Bank aantrekking uitoefenen op Grote stern, Visdief, Stormmeeuw en Zilvermeeuw. Onderzoek ter hoogte van Horns Rev in Denemarken liet eveneens geen vermijdingsgedrag zien bij Zilvermeeuw, Dwergmeeuw en Visdief (Grontmij, 2006)
- Voor Drieteenmeeuw, een belangrijke soort is ter hoogte van de concessiegebieden, zijn er geen onderzoeksgegevens voorhanden. Met enige voorzichtigheid zou er kunnen aangenomen worden dat deze soort op gelijkaardige manier zal reageren als de andere meeuwensoorten ter hoogte van Horns Rev. Vanermen *et al.* (2006) geven aan dat Drieteenmeeuw matig gevoelig is voor verstoring. Gezien de meeuwen binnen een windmolenpark geen vermijding vertonen, kan er met enige voorzichtigheid verwacht worden dat de meeuwen (inclusief Drieteenmeeuw) geen vermijding zullen vertonen t.o.v. de aanwezigheid van de verschillende windmolenparken (Petersen *et al.*, 2006).
- Vanermen *et al.* (2011) toonden aan dat Jan-van-gent, Dwergmeeuw en Kleine mantelmeeuw de parken eerder vermijden. Ook Grontmij (2006) concludeerde dat er een vermindering was van 80% in de aantallen Jan-van-gent in een straal van twee tot vier kilometer rond het windmolenpark te Horns Rev. Voor Jan-van-gent wordt op basis

van de huidige informatie het cumulatief effect van de aanwezigheid van vijf windmolenparken als significant beschouwd.

- Ook de meest gevoelige soorten zoals Alk en Zeekoet zouden sterk vermijdingsgedrag vertonen en tot in een zone van 2 km rond Horns Rev in aanzienlijk verminderde aantallen voorkomen (Grontmij, 2006; Petersen *et al.,* 2006). Vanermen *et al.* (2011) en Leopold *et al.* (2009) stelden echter geen vermijdingsgedrag vast bij deze soorten.

Tussen de verschillende windmolenparken zouden er vrije ruimtes zijn van minstens 500 m breed (in overeenstemming met het recente KB rond veiligheidsafstanden). Het is moeilijk te beoordelen of migrerende vogels deze corridors zullen gebruiken of dat ze rondom de volledige windconcessiezone zullen vliegen. Dit barrière effect zorgt voor een verhoogd energieverbruik bij de trekkende vogels (Drewitt *et al.,* 2006). Tijdens de voor- en najaarsmigratie leggen migrerende vogels echter dergelijk grote afstanden af dat het niet te verwachten valt dat die bijkomende afstand rondom de volledige windturbinezone een significant negatief effect is, maar het valt niet uit te sluiten.

De Zuidelijke Noordzee vormt een zeer belangrijke corridor voor migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Lensink *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006). Jaarlijks migreren naar schatting 1-1,3 miljoen zeevogels door dit gebied (Stienen *et al.*, 2007). Wat deze corridor zo kwetsbaar maakt, is de flessenhals van deze corridor.

Als de Noordzee algemeen wordt bekeken, duidt Lindeboom (2009) aan dat een enorme barrière zich zou kunnen vormen door de plannen van de verschillende landen rond de Noordzee (België, Engeland en Nederland). Volgens Lindeboom zijn de plannen voor windmolenparken van de landen rondom de Noordzee niet op elkaar afgestemd. Indien alle windturbines die gepland zijn er komen, kan dat tot een grote barrière leiden voor vogels.

Of er een cumulatief effect zal optreden tussen het verstorings- en aanvaringseffect is moeilijk te voorspellen. Het voorziene radaronderzoek dat zal uitgevoerd worden door de BMM zal o.a. de vermijdingsreactie van de vogels in kaart brengen.

6.3.5.3.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zijn analoog met die tijdens de constructiefase. Er worden bijgevolg geen significante cumulatieve effecten verwacht op de verschillende vogelsoorten.

6.3.5.3.4 Bekabeling

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht tengevolge van de bekabeling.

6.3.5.4 Zeezoogdieren

Tabel 6-16 Overzicht van de cumulatieve effecten op de zeezoogdieren

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Voedselbeschikbaarheid	Ja (?)	n.v.t.
Geluidsverstoring en trillingen	Neen	S
Operationele fase		
Geluidsverstoring en trillingen	Neen	S of >S (?)

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Fysische aanwezigheid van de windmolenparken	Neen	S (?)
Voedselbeschikbaarheid	Neen	S (?)
Ontmantelingsfase		
Analoog constructiefase	Ja	n.v.t.
Bekabeling		
Algemene verstoring	Ja	n.v.t.
Elektromagnetische velden	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.5.4.1 Constructiefase

Voedselbeschikbaarheid

Zeezoogdieren kunnen door een verandering in voedselbeschikbaarheid het gebied verlaten omdat het tijdens de constructiefase niet langer geschikt is om er voedsel te zoeken of om als broedgebied te gebruiken.

Indien de bouwfase van enkele parken zou samenvallen, kan men een cumulatief effect verwachten op de voedselbeschikbaarheid. Er is echter meer waarschijnlijk dat de bouw verspreid zal plaatsvinden. Bruinvissen zijn bovendien vooral in grotere aantallen aanwezig tussen januari en april, terwijl de constructiefase meestal tijdens de zomermaanden plaatsvindt. Tenslotte is de bouwfase tijdelijk. Zodra de werken zijn voltooid, kan verwacht worden dat zeezoogdieren na de terugkeer van hun voornaamste prooiorganismen, eveneens zullen terugkeren naar het windmolenparkgebied en haar omgeving.

Geluidsverstoring en trillingen

Wanneer de constructiefase van meerdere windmolenparken tegelijkertijd zou doorgaan, zullen zeezoogdieren over een groot gebied verstoord worden door baggerwerken, verhoogde scheepvaartintensiteit en aanleggen van kabels en erosiebescherming. Mogelijk ontstaat er in bepaalde gebieden tussen de windmolenparken een verhoging van het geluidsniveau in vergelijking met het afzonderlijk aanleggen van de windmolenparken. Wanneer monopiles of jacket funderingen ingezet worden, zullen heiwerkzaamheden een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen met zich meebrengen, wat tot significant negatieve effecten op zeezoogdieren kan leiden. Afgezien van de 55 monopiles die Belwind reeds geplaatst heeft, zullen de 48 nog te plaatsen turbines van C-Power zullen verankerd worden met een jacket funderingstype en 72 turbines van Northwind gefundeerd zullen worden met monopiles. Voor Rentel en Norther bestaat eveneens de kans dat monopiles en jacket funderingen gebruikt worden, hoewel men bij Rentel eventueel de suction bucket techniek kan gebruiken waardoor heien overbodig wordt.

Bij het heien van palen kan echter niet verwacht worden dat de heislagen synchroon gegeven zullen worden in de verschillende parken. Vandaar dat in dit geval het absolute geluidsniveau vermoedelijk niet hoger zal zijn dan bij het afzonderlijk aanleggen van windmolenparken. Deze verhoging van het geluidsniveau zal echter over een langere periode voorkomen, waardoor de mogelijke effecten eveneens negatiever kunnen zijn dan bij het afzonderlijk uitvoeren van de werken, of over een groter gebied kunnen optreden. Niet enkel de geluidsintensiteit en de frequentie van het geluid is immers belangrijk, ook de duur: de blootstelling aan geluid

gedurende een korte periode veroorzaakt minder schade dan een langdurige blootstelling (Di Marcantonio *et al.*, 2009; Tasker *et al.*, 2010).

Er wordt verwacht dat zeezoogdieren de zone voor een langere periode zullen verlaten. Het effect zal gelijk zijn aan de som van de effecten per windmolenpark. De langere duur van blootstelling aan hoge geluidsniveaus kan echter leiden tot een cumulatief effect dat groter is dan de som van de effecten. Het effect van verstoring dient daarom goed opgevolgd te worden in het monitoringsprogramma. Indien rekening gehouden wordt met de voorgestelde milderende maatregelen en aanbevelingen (o.a. heiwerkzaamheden uitvoeren in een zo kort mogelijke periode) en het feit dat de bouwfase slechts tijdelijk van aard is, wordt het effect als matig negatief beoordeeld.

6.3.5.4.2 Operationele fase

Geluidsverstoring en trillingen

Tijdens de operationele fase produceren de windturbines en transformatoren zowel onderwatergeluid dat op een afstand van 500 m reeds gemaskeerd wordt door het achtergrondgeluid, als bovenwatergeluid.

Een verstorend effect van het geluid voor zeezoogdieren is te verwachten in de onmiddellijke omgeving van het park. De effecten van het geluid tijdens de operationele fase is minder groot dan de impact van het geluid tijdens de bouwfase (heien) (Madsen *et al.*, 2006). Acute effecten, zoals trauma's of sterfte, worden niet verwacht. Er kan eventueel gewenning optreden. Secundaire effecten kunnen ontstaan door het verstoren van de prooien van zeezoogdieren in en rondom het park.

Het cumulatieve effect zal gelijk zijn aan de som van het geproduceerde onderwatergeluid van alle turbines samen. Er kan verwacht worden dat het cumulatieve effect niet significant zal zijn voor zeezoogdieren. In de huidige toestand zijn de effecten van geluid op zeezoogdieren nog een leemte in de kennis. Het is dus aangewezen om een monitoring uit te voeren om het cumulatief effect van de vijf windmolenparken te evalueren en op te volgen.

Fysische aanwezigheid van de windmolenparken

De aanwezigheid van windturbines op zich en de gerelateerde onderhoudswerken kan een impact hebben op zeezoogdieren. Enerzijds is het mogelijk dat het gebruik van het gebied afneemt of ze het gebied verlaten, terwijl anderzijds de fysische aanwezigheid van de windturbines ook dieren kan aantrekken, die het als rustplaats of foerageergebied kunnen gebruiken.

Het effect van de fysische aanwezigheid van het windmolenpark op zeezoogdieren zal waarschijnlijk verwaarloosbaar zijn. Observaties bij verscheidene operationele parken geven momenteel nog geen eenduidig effect op Bruinvissen weer. In sommige gevallen wordt een significante afname van gebruik van het park waargenomen, terwijl er bij andere parken geen enkele aanwijzingen voor gedragswijziging zijn. Er kan waarschijnlijk ook gewenning optreden.

Het cumulatief effect van de vijf windmolenparken is gelijk aan de som de van de effecten per park afzonderlijk. Het cumulatief effect kan naar alle waarschijnlijkheid als gering negatief beoordeeld worden.

Voedselbeschikbaarheid

Bij de constructie van een windmolenpark wordt een afname van de vispopulatie verwacht en dus bijgevolg ook van de zeezoogdieren waarvoor de vissen een voedselbron is. Tijdens de operationele fase kan echter een toename optreden van zeezoogdieren in het park of in de

omgeving van het park, door het wegvallen van visserij in het gebied, door het beschikbaar zijn van meer voedsel, en door het beschikbaar komen van andere voedselbronnen. Bovendien kan een gedeelte van de constructies (vb. aanmeerplatform) eventueel tijdelijk (gedurende laagtij) een rustplaats vormen voor zeehonden.

Gezien de parken dicht bij elkaar liggen, zou er kunnen verwacht worden dat het algemeen concessie gebied een belangrijk gebied wordt voor voedselbronnen en rustplaatsen. Het cumulatief effect van alle windmolenparken is momenteel nog moeilijk te voorspellen en een gepaste monitoring is noodzakelijk.

6.3.5.4.3 Ontmantelingsfase

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht tijdens de ontmantelingsfase.

6.3.5.4.4 Bekabeling

De bekabeling zal eveneens geen cumulatieve effecten veroorzaken op zeezoogdieren.

6.3.5.5 Harde substraten

Tabel 6-17 Overzicht van de cumulatieve effecten op de fauna van harde substraten

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Introductie hard substraat	Neen	S
Operationele fase		
Geluidsverstoring en trillingen	Ja	n.v.t.
Algemene verstoring	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Analoog constructiefase	Ja	n.v.t.
Bekabeling		
Elektromagnetische velden	Neen (?)	S
Opwarming	Ja	n.v.t.
Turbiditeit	Ja	n.v.t.
Biotoopverstoring	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.5.5.1 Constructiefase

Introductie hard substraat

Tabel 6-18 geeft een overzicht van de hard substraten die aanwezig zullen zijn wanneer de vijf windmolenparken volledig gebouwd zijn. Voor Norther en Rentel wordt uitgegaan van een worst case scenario met respectievelijk 47 en 60 gravitaire funderingen. Voor C-Power is uitgegaan van 6 GBF's met erosiebescherming, en 48 jackets zonder erosiebescherming.

Tabel 6-18 Cumulatieve bijdrage introductie hard substraat

	C-Power	Northwind	Belwind	Norther	Rentel	Totaal
Erosiebescherming (m²)	15.100	14.500	62.500	165.900	623.000	881.000
Turbine (m²)	124.300	375.500	42.600	37.100	155.800	735.300
Totaal (m²)	139.400	390.000	105.100	203.000	778.800	1.616.300

In de discipline 'Fauna, flora & biodiversiteit' (§ 5.4.3.5) werd uitvoerig ingegaan op de mogelijke voor- en nadelen van de introductie van hard substraat. Gezien de beperkte laagdikte van de erosiebescherming (max. tot 2 m hoog) werd er reeds op gewezen dat de niches (3-dimensionele structuur) waarschijnlijk volledig met zand zullen gevuld raken, waardoor we kunnen aannemen dat enkel het oppervlak bepalend zal zijn.

Indien men uitgaat van een worst case scenario voor zowel Norther als Rentel, zal de totale oppervlakte aan hard substraat 1,6 miljoen m² bedragen. In vergelijking met de biotoopverstoring tijdens de constructiefase, is het impactgebied hier kleiner. Vooral het aandeel van de erosiebescherming (bij GBF/MP) is bepalend voor het cumulatief scenario. Indien we rekening houden met het gegeven dat in geval van de gravitaire fundering de erosiebescherming grotendeels onder de zeebodem zal verdwijnen daar deze voornamelijk mee ingebed ligt in de ingegraven funderingskuil, dan is de impact van dit worst case cumulatief scenario te relativeren.

Er valt in de zuidelijke Noordzee een globale toename te constateren van allerlei kunstmatige harde substraten. Men kan verwachten dat de windmolenparken, samen met andere kunstmatige harde substraten zoals boeien, meetpalen, installaties voor maricultuur, wrakken, etc. (die elk op zich slechts een kleine oppervlakte innemen), kunnen werken als opstap voor de verspreiding van allerlei sessiele organismen, waaronder zuidelijke soorten dan wel exoten die warmer water verkiezen (het zogenaamde "stepping stone effect"). Dit werd tijdens discussies in de ICES WGITMO Group (Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms) erkend als een van de belangrijke effecten van windmolenparken. Er werd reeds aangehaald dat niet minder dan 68 niet-inheemse soorten zich reeds in de Belgische kustwateren gevestigd hebben. De monitoring resultaten van het C-Power windmolenpark (Kerckhof *et al.*, 2009, 2010, 2011) bevestigen de toenemende druk van niet-inheemse soorten.

Ongeacht de voor- en nadelen van deze introductie, wordt het effect als aanvaardbaar beschouwd. Enige voorzichtigheid is wel op zijn plaats en verdere monitoring om deze resultaten te bevestigen zijn wenselijk.

6.3.5.5.2 Operationele fase

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht op de fauna van harde substraten tijdens de operationele fase.

6.3.5.5.3 Ontmantelingsfase

Er worden eveneens geen cumulatieve effecten verwacht op de fauna van harde substraten tijdens de ontmantelingsfase.

6.3.5.5.4 Bekabeling

Elektromagnetische velden

Het potentieel cumulatief effect van elektromagnetisch velden is reeds besproken in § 6.3.5.2.4.

6.3.6 Zeezicht & cultureel erfgoed

Tabel 6-19 Overzicht van de cumulatieve effecten op zeezicht en cultureel erfgoed

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Effect op het zeezicht	Neen	S
Effect op het cultureel erfgoed	Ja	n.v.t.
Operationele fase		
Effect op het zeezicht	Neen	<S
Effect op het cultureel erfgoed	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Analoog constructiefase	Neen	S
Bekabeling		
Effect op het zeezicht	Ja	n.v.t.
Effect op het cultureel erfgoed	Ja	n.v.t.

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.6.1 Constructiefase

De constructieactiviteiten van een windmolenpark kunnen een effect hebben op de beleving van toeristen, bewoners en vissers. De scheepvaart zal verhogen en ook de bouwwerkzaamheden op zee kunnen het zeezicht beïnvloeden. De uitvoeringstermijn voor de bouw van de vijf beschouwde parken zal zich vermoedelijk uitstrekken over een periode van 5 jaar. De bouwperiodes kunnen deels overlappen waardoor de verstoring zal verminderen in duur, maar wel een verhoogde intensiteit van verstoring met zich mee zal brengen. Gezien de concentratie van de windmolenparken binnen één afgebakende windconcessiezone zal de verstoring grotendeels aan de oostkust voelbaar zijn. Langs de andere kant kunnen de werkzaamheden ook als een extra toeristische attractie gezien worden. Ongeacht dit gegeven, wordt het cumulatieve effect als gering negatief beoordeeld.

6.3.6.2 Operationele fase

Vanaf de kust zullen enkel de turbines van C-Power en Norther zichtbaar zijn. Tijdens een enquête van Grontmij (2010) aangaande de aanvaardbaarheid van het gesimuleerde zicht van drie toen reeds vergunde parken (C-Power, Belwind en Northwind), beoordeelde 78% van de ondervraagden het zicht als aanvaardbaar. Wanneer ze een simulatie van een worst case scenario te zien kregen, waarbij het volledige concessiegebied met windturbines gevuld is, werd het zicht nog door 62% als aanvaardbaar beschouwd. Doordat de verscheidende parken

in fases gebouwd worden, is het mogelijk dat een langzame gewenning zal optreden aan het wijzigend landschap. Het cumulatieve effect wordt dat ook als aanvaardbaar beschouwd.

6.3.6.3 Ontmantelingsfase

De cumulatieve effecten die tijdens de ontmantelingsfase zullen optreden zijn analoog met de constructiefase.

6.3.6.4 Bekabeling

Langsheen de tracés voor de exportkabels en ook aan de buitenkant van het actuele concessiegebied van Rentel zijn enkele wrakken gesitueerd. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken telkens maximaal nagestreefd wordt door het uitvoeren van een voorafgaande side-scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) langsheen het traject, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt. Het cumulatieve effect door het voorzien van de bekabeling van de vier windmolenparken op het maritiem archeologisch erfgoed wordt bovendien verder gereduceerd door de kabeltracés van de verschillende projecten zoveel mogelijk te bundelen.

6.3.7 Interactie met andere menselijke activiteiten

De cumulatieve effecten onder het hoofdstuk 'Interactie met andere menselijke activiteiten' worden besproken per gebruiksfunctie. Er wordt enkel een onderscheid gemaakt tussen de constructie-, operationele en ontmantelingsfase en de bekabeling indien dit relevant blijkt te zijn.

Tabel 6-20 Overzicht van de cumulatieve effecten op menselijke activiteiten

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Effect op visserij	Neen	>S
Effect op maricultuur	Ja	n.v.t.
Effect op militaire activiteiten	Neen	<S
Effect op kabels en pijpleidingen	Ja	n.v.t.
Effect op zand- en grindontginning	Ja	n.v.t.
Effect op wetenschappelijk onderzoek	Neen	S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.7.1 Visserij

Het invullen van de gehele concessiezone met windturbines beperkt een groter percentage aan vismogelijkheden in deze regio. Indien we uitgaan van de ruwe schatting dat 85% van het BDNZ kan bevist worden (Ecolas, 2003), zou dit neerkomen op een bijkomend verlies voor de traditionele visserij van ongeveer 7% tengevolge van de vijf windmolenparken. Het Rentel concessiegebied heeft hierin slechts een beperkt aandeel; vooral de zones dichter bij de kust en op de zandbanken zijn als visserijgebied interessanter en hebben in die zin een sterkere impact op de sector. Dekker *et al.* (2009) heeft berekend dat het afsluiten van windmolenparken (en ook mariene beschermde gebieden) slechts een minimaal effect zal hebben op de hoeveelheid te vangen vis en dus op de visserij. Maricultuur biedt eveneens

mogelijkheden om de economische activiteit van de visserij deels vervangen. Daarnaast kan de afsluiting van een groot aaneengesloten gebied er wel toe leiden dat de vaartijd van vissersschepen toeneemt.

Gebaseerd op algemene gegevens van de beschikbare studies zijn zowel de Thorntonbank, de Bligh Bank als de Lodewijkbank van minder belang voor de Belgische visserij (ARCADIS, 2011, ARCADIS, 2008, Ecolas, 2007, Ecolas, 2003). Op basis van deze gegevens wordt het cumulatieve effect (beperkte omvang, permanent karakter) van verlies aan traditionele visserijgronden door de windmolenparken als matig negatief ingeschat en dus als aanvaardbaar beoordeeld. Daarnaast wordt de Belgische visserijsector reeds meer onder zware druk gezet door het Europese visserijbeheer (opgelegde TAC's en quota, beperkingen visserij-inspanning), en dat het beschreven cumulatief effect door de windmolenparken hierbij gerelativeerd kan worden.

Naast het ruimtelijke verlies spelen de cumulatieve korte en langetermijneffecten tijdens de constructie- en operationele fase op de vissen een rol voor de visserijsector. Mogelijke cumulatieve negatieve effecten worden veroorzaakt door het heien van de palen (monopile, jacket funderingen) en het ontstaan van elektromagnetische stralingen (kabels). Momenteel bestaat er nog veel onzekerheid rond de impact van deze effecten. Voorlopig wordt dit effect als matig negatief (heigeluid tijdens constructie) tot gering negatief (elektromagnetische straling) ingeschat, maar verder onderzoek is wenselijk. Mits gebruik van milderende maatregelen kunnen beide effecten als aanvaardbaar beoordeeld worden.

Daarnaast kan een afsluiting van het gebied voor visserij en scheepvaart een positief effect hebben op de vispopulaties. Ook de introductie van harde substraten kan resulteren in een toename van vis. Voor een inschatting van deze effecten wordt verder verwezen naar de discipline 'Fauna, flora & biodiversiteit' (§ 5.4).

Tenslotte wordt er op gewezen dat er geen cumulatieve effecten te verwachten zijn van de aanleg van de kabeltracés naar de kust op de visserij. Zij liggen voldoende diep om beschadiging van de kabels door vissersschepen te voorkomen.

6.3.7.2 Maricultuur

In de Belgische mariene wateren zijn vier zones toegekend voor de productie van tweekleppige weekdieren, waaronder de afgebakende windconcesiezone. Momenteel zijn er geen initiatieven in uitvoering of in de nabije toekomst gepland, waardoor er geen cumulatief conflict bestaat. In de toekomst kan het afgebakend windconcessiegebied dus potentieel bieden voor maricultuur alternatieven of bijdragen tot een verhoogde visserij/maricultuur opbrengst door het afsluiten van het gebied voor bodemverstorende activiteiten (zoals boomkorvisserij).

6.3.7.3 Militaire activiteiten

Invulling van alle vergunde windmolenparken leidt tot een directe interferentie met de militaire schietactiviteiten en deels met de ontmijningsactiviteiten. Deze activiteiten vinden echter slechts sporadisch plaats en mits goede afspraken worden er geen cumulatieve effecten verwacht in de overlappende zones.

6.3.7.4 Kabels en pijpleidingen

In het BDNZ liggen diverse kabels en pijpleidingen, wat kruisingen met bestaande kabels en pijpleidingen onvermijdelijk maakt bij het trekken van nieuwe kabels. Reeds eerder werd

aangegeven dat de kruisingen zullen gebeuren in overeenstemming met de exploitant. Ook wordt bij het leggen van de kabeltracés rekening gehouden met de te hanteren veiligheidsperimeters rondom bestaande kabels en pijpleidingen.

Technisch gezien moeten verschillende kabels getrokken worden vanuit de diverse windmolenparken en is één grote kabel niet mogelijk. Wel kan er gestreefd worden om zoveel mogelijk aansluiting te zoeken met bestaande trajecten. Bundeling van kabels zal dus niet leiden tot een vermindering van het aantal kruisingen, maar zal wel het ruimtebeslag zoveel mogelijk beperken. Het ruimtebeslag (soms van de verschillende kabels) is zeer klein. Er kan bovendien aangenomen worden dat indien gekozen wordt voor een synergie tussen de verschillende parken, het cumulatieve effect (technisch, milieu-impact…) tengevolge van de tracés van de verschillende windmolenparken en de reeds aanwezige kabels en pijpleidingen geminimaliseerd wordt.

Gezien alle kabels aangelegd zullen worden conform de richtlijnen en in samenspraak met de exploitant, wordt er van uitgegaan dat deze geen andere effecten zullen hebben op bestaande kabels en pijpleidingen.

6.3.7.5 Zand- en grindontginning

De ingebruikname van de verschillende vergunde parken zal in principe geen significante beïnvloeding van de zand- en grindontginning betekenen, daar de controlezones en de exploratiezones buiten de zone voor windmolenparken vallen. Er worden dus geen cumulatieve effecten verwacht.

6.3.7.6 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

De uitgebreide monitoring in de concessiezone zal een positieve bijdrage leveren aan de wetenschappelijke kennis van het BDNZ. Ook de mogelijkheid tot gemeenschappelijk onderzoek tussen de offshore windindustrie en Belgische universiteiten en andere wetenschappelijke instellingen biedt nieuwe opportuniteiten. Het cumulatief effect op het wetenschappelijk onderzoek wordt dus als matig positief beoordeeld.

6.3.8 Risico's en veiligheid

Er wordt verwacht dat de belangrijkste cumulatieve effecten voor de discipline Risico's en veiligheid zullen optreden voor de deelaspecten 'Scheepvaart' en 'Radar en scheepscommunicatie'. Zodoende worden enkel deze aspecten verder besproken.

6.3.8.1 Scheepvaart

6.3.8.1.1 Methodologie

Binnen dit onderdeel wordt ingegaan op de potentiële effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van windmolenparken en de hiermee verbonden milieuverontreiniging.

De potentiële effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het Norther windmolenpark in combinatie met de andere windenergie initiatieven werden gekwantificeerd in de veiligheidsstudies MARIN (2011a, 2011b). Dit gebeurde op basis van AIS-data van 2008 en het SAMSON-model ('Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea'), waarmee de kans op aanvaring/aandrijving van een schip met een windturbine berekend werd.

In de studies werden de volgende cumulatieve scenario's onderzocht:

- Scenario 1: het Norther windmolenpark in combinatie met de drie vergunde windmolenparken: Belwind (110 turbines), Northwind (72 turbines) en C-Power (54 turbines);
- Scenario 2: het Norther windmolenpark in combinatie met de drie vergunde parken (scenario 1) en de twee windmolenparken waarvoor toen reeds een domeinconcessie werd verkregen, nl. Rentel en Seastar.

In de scenario's zijn de windmolenparken als volledig gerealiseerd beschouwd.

In MARIN (2011a) werden twee inplantingsconfiguraties van het Norther windmolenpark doorgerekend. Algemeen kon daar uit besloten worden dat het aantal turbines meer bepalend is voor het risico van aanvaring/ aandrijving dan de afmeting van de palen. In de aanvullende studie MARIN (2011b) werd het effect gekwantificeerd van het al dan niet meenemen van een extra driehoek aan de zuidkant van het concessiegebied (scenario 2A, zonder driehoek, scenario 2B met driehoek). Daaruit kon besloten worden dat door die extra driehoek en toename in aantal turbines er 18,5% meer kans is op aanvaringen door routegebonden verkeer. Dit hoofdstuk heeft echter als doel het cumulatieve effect te bespreken van alle Belgische domeinconcessies samen en zal niet verder ingaan op verschillende configuratiemogelijkheden van een individueel park, enkel scenario 2B zal besproken worden.

Naast de belangrijkste bevindingen van de MARIN studies, zal ook een evolutie getoond worden van het scheepvaartverkeer door en rond de windmolenparken tussen 2011 en 2008. Dit zal gebeuren aan de hand van densiteitskaarten die werden opgemaakt op basis van AIS-data van de betreffende jaren (bron AIS-data: Beheer- en Exploitatie Team Schelderadarketen, J. Raes, Hoofdbeheerder BET-SRK (VL), A. Descamps, Afdelingshoofd Scheepvaartbegeleiding).

Voor de verspreidingseffecten van milieuverontreiniging afkomstig van mogelijke aanvaringen/aandrijvingen wordt voor voorliggend MER gebruik gemaakt van een overzicht van verspreidingsstudies die ARCADIS (2011) opstelde in het kader van het MER Norther, aangevuld met een recente studie van Dulière en Legrand uitgevoerd in functie van het MEB Norther (2011, in BMM, 2011b).

6.3.8.1.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

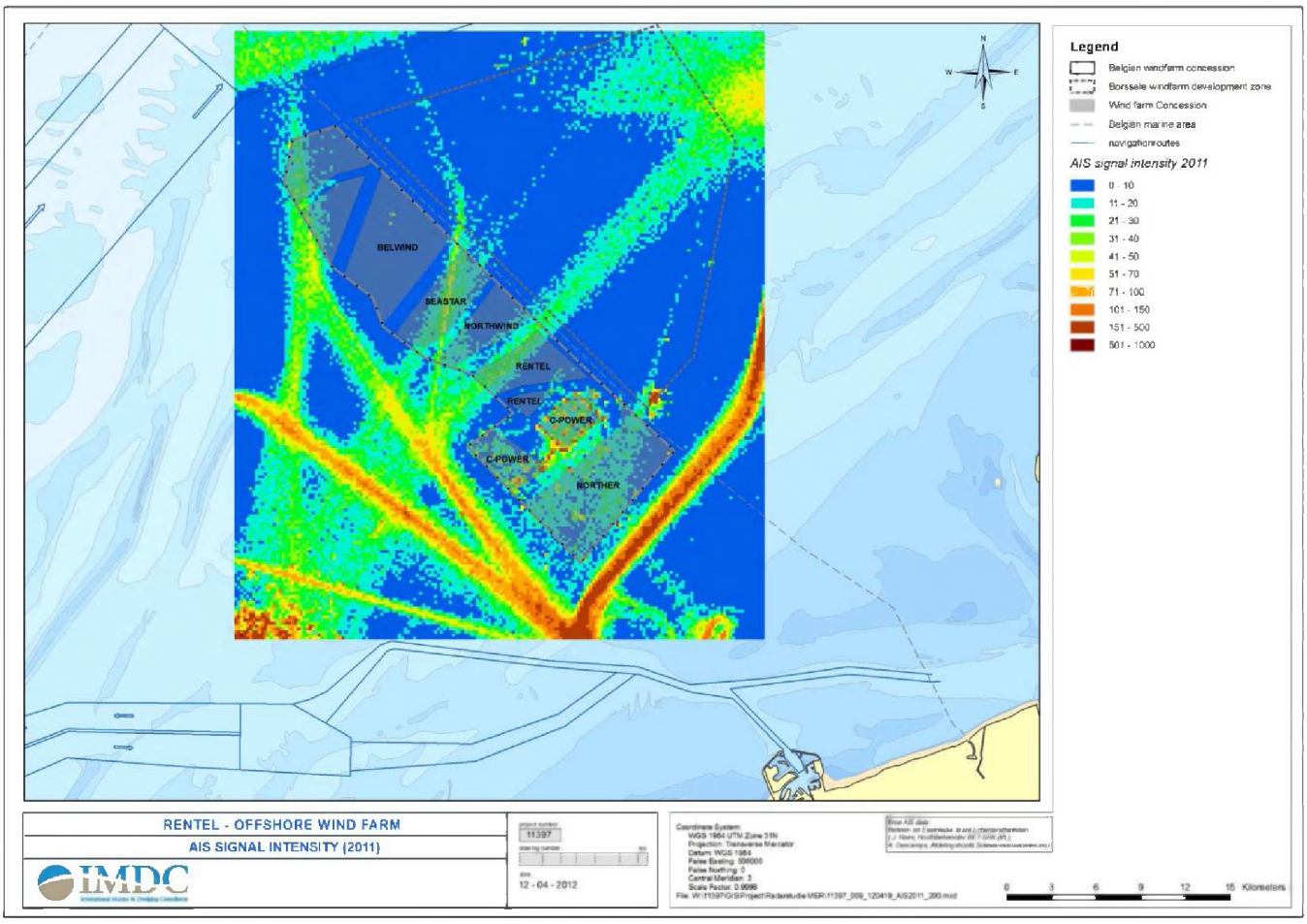
Om een beeld te krijgen van de huidige verkeersafwikkeling is een jaar AIS-data van 2011 geanalyseerd en weergegeven in een densiteitskaart (aantal schepen per gridcel van 200 x 200 m), weergegeven in Figuur 6-2.

Figuur 6-2 toont hoe een secundaire vaarroute zich in het NO deel van het Rentel concessiegebied bevindt.

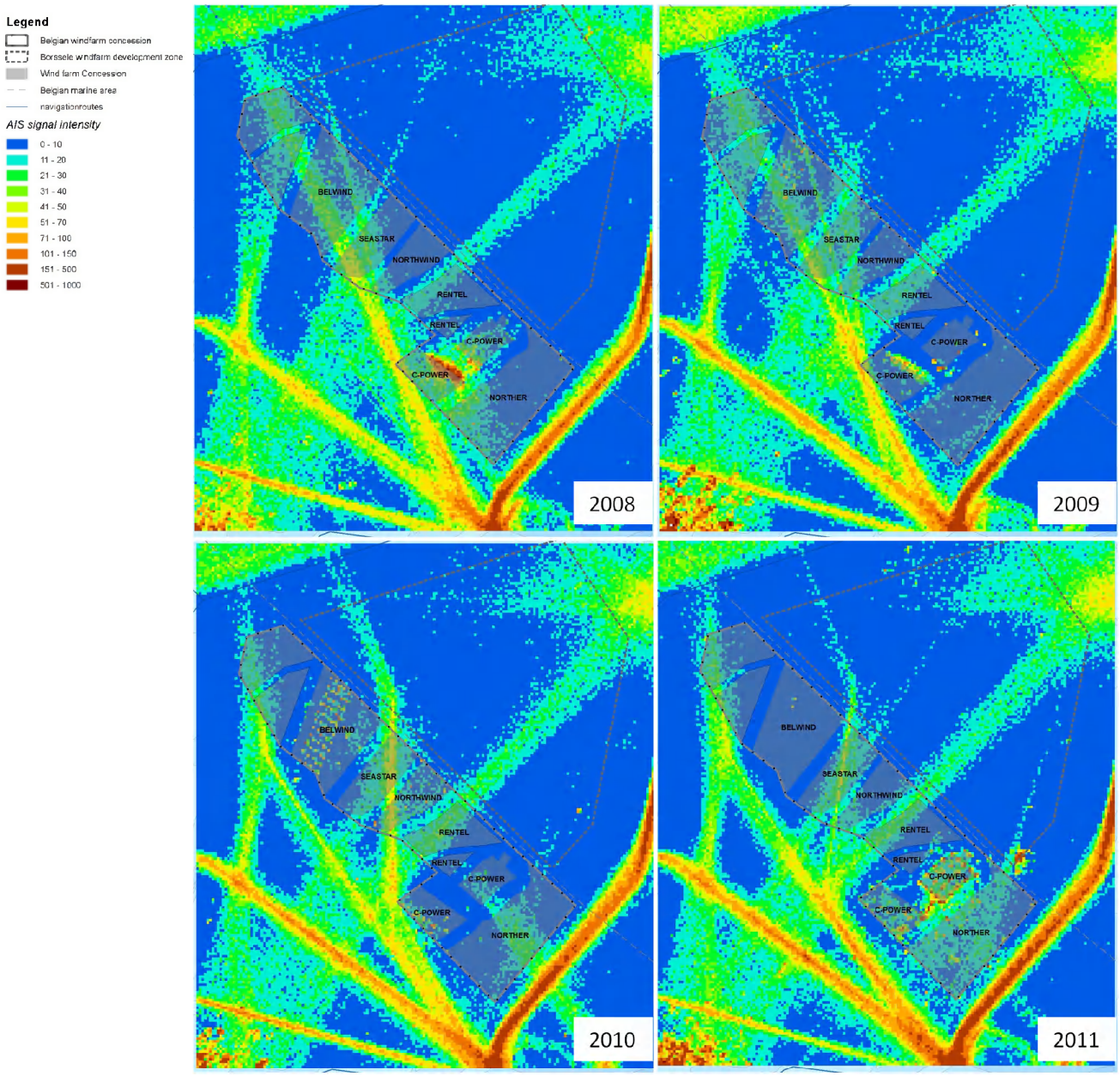
Om de autonome ontwikkeling naar de toekomst toe te kunnen inschatten, kan gekeken worden naar de evolutie van het scheepvaartverkeer tijdens de afgelopen jaren onder invloed van het in gebruik nemen van windmolenparken C-Power en Belwind (Figuur 6-3).

In 2009 ontstond een nieuwe secundaire scheepvaartroute doorheen de Seastar concessiezone, waarschijnlijk mede door werkzaamheden in het Belwind park. In 2009 is ook de intensiteit in scheepvaartverkeer toegenomen in de NW-ZO route ten zuiden van het totale concessiegebied. In 2010 werd scheepvaart in de Belwind concessiezone volledig verboden. De secundaire vaarroutes doorheen het park verlegden zich naar een westelijke en een

oostelijke route rond het park. In 2011 heeft de scheepvaart zich nog meer geconcentreerd in een NNW-ZZO gerichte route parallel aan de ZW kant van het Belgisch concessiegebied. Ook de route doorheen het Seastar gebied heeft zich iets geheroriënteerd waardoor minder verkeer doorheen het Northwind gebied passeert. Het is te verwachten dat door de ingebruikname van de windmolenparken de scheepvaartroutes zich autonoom zullen ontwikkelen tot routes ten ZO en NW rondom de Belgische windmolenzone. Daar zal de intensiteit van de scheepvaart hier sterk toenemen en zich concentreren in strikte varroutes omheen het geheel van de windmolenparken.



Figuur 6-2 Scheepvaartverkeer in 2011 (bron AIS-data: Beheer- en Exploitatie Team Schelderadarketen, J. Raes, Hoofdbeheerder BET-SRK (VL), A. Descamps, Afdelingshoofd Scheepvaartbegeleiding)



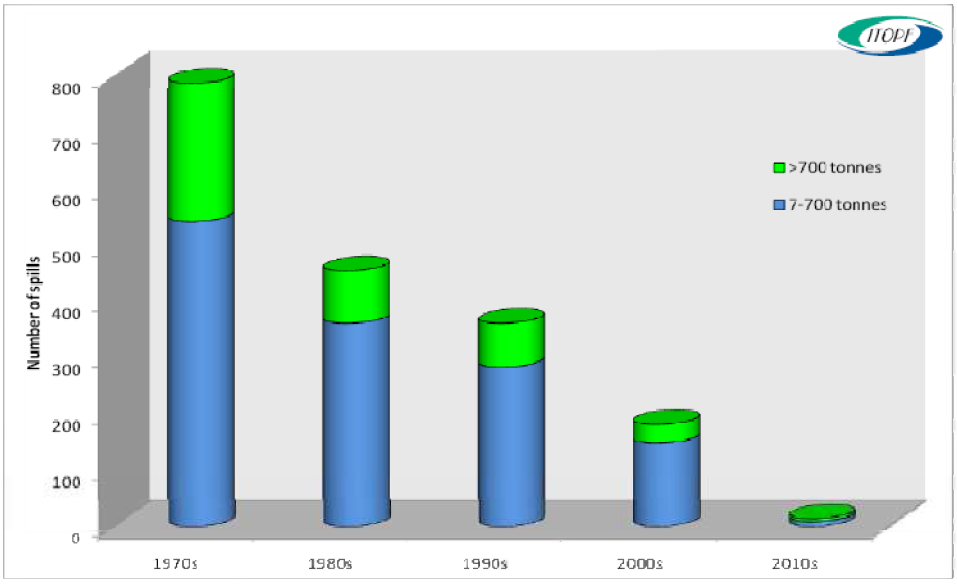
Figuur 6-3 Evolutie van het scheepvaartverkeer rondom en tussen de windmolenparken tussen 2008 en 2011 (bron AIS-data: Beheer- en Exploitatie Team Schelderadarketen, J. Raes, Hoofdbeheerder BET-SRK (VL), A. Descamps, Afdelingshoofd Scheepvaartbegeleiding)

Uit voorgaande studies (Ecolas, 2003; Le Roy *et al.*, 2006, DNV, 2008) blijkt dat de raming van scheepsongevallen in de Belgische territoriale wateren een zeer moeilijke berekening is. De getallen variëren van meerdere aanvaringen per jaar tot minder dan 0,0005/jaar afhankelijk van het beschouwde gebied, het scheepstype en het type accident (aanvaring/aandrijving; met een schip/platform) dat in overweging genomen wordt. Een inzicht in de werkelijke kans op een ongeval op het BDNZ is moeilijk in te schatten. Verder blijken vooral RoRo (Roll on/Roll off) schepen, vrachtschepen en in minder mate ook containers, betrokken te zijn bij een aanvaring tussen 2 schepen (DNV, 2008).

Analoog hiermee, blijkt een grote variatie te bestaan voor de inschatting van het aantal accidenten die effectief aanleiding geven tot milieuverontreiniging. In de RAMA-studie (Le Roy *et al.*, 2006) wordt vermeld dat de kans op een accident met een lozing van gevaarlijke goederen (milieuverontreiniging) op eens om de 3 jaar ingeschat wordt. Dit aantal wordt eerder als een overschatting beschouwd omwille van allerlei redenen (o.a. karakteristieken van het model in combinatie met het zandbank-systeem). MARIN (2011a) berekende die kans op eens om de 31 jaar. In Ecolas (2003) wordt vermeld dat BMM 3 incidenten met milieuvervuiling per 100 jaar, of eens om de ca. 30 jaar, als een aanvaardbaar risico beschouwd.

Een toetsing van deze inschattingen aan de werkelijkheid toont aan dat er gedurende de laatste 40 jaar een 30-tal incidenten geweest zijn met olie, die een potentieel gevaar opleverden voor de Belgische Kust. De gelekte volumes variëren echter tussen de 10.000 ton (Olympic Allience, Dover Street, 1975, Iranean light crude) en minder dan 10 ton (bvb. Noordpas incident, EEZ, 2001, olie niet verder gespecificeerd). De helft van de vervuiling werd veroorzaakt door stookolie, benzine, 'crudes', terwijl de andere helft niet geïdentificeerd werd. Dit resulteerde dus in gemiddelde gelekte hoeveelheden van ongeveer 1.500 ton voor het totaal vervuilde gebied en 500 ton voor het BDNZ. Deze grote hoeveelheid is hoofdzakelijk te wijten aan het accident met de British Trent (1993) waarbij ongeveer 5.000 ton in zee terecht kwam. Een analyse exclusief dit accident geeft voor het BDNZ een gemiddelde gelekte hoeveelheid van ongeveer 50 ton.

Historische gegevens van tankers op wereldschaal (periode 1970-2011) tonen bovendien een duidelijk afnemende trend in het aantal grote (> 700 ton) olieverontreinigingen, met een gemiddeld aantal van 3 grote verontreinigingen per jaar voor de periode 2000-2009 (ITOPF, 2012). In 2011, werd slechts 1 grote verontreiniging geregistreerd en slechts 4 gemiddelde verontreinigingen. Het totaal aantal verontreinigingen boven 7 ton in 2011 is het laagste aantal tot nu toe (Figuur 6-4). Het is dus bemoedigend om vast te stellen dat ondanks het toenemend scheepvaartverkeer (inclusief olietankers) er een dalende trend in olieverontreiniging vast te stellen is.



Figuur 6-4 Aantal olieverontreinigingen tussen 7-700 ton en groter dan 700 ton (ITOPF, 2012)

Uit een overzicht van verontreiniging met olietankers voor de periode 1970 – 2011 (ITOPF, 2012) (Tabel 6-21), blijkt dat de verontreiniging in 95% van de gevallen < 700 ton (kleine en middelgrote uitstromen). Een groot aandeel van deze verontreinigingen, 40% en 29% respectievelijk, komen voor tijdens laden en lossen in havens en olieterminals. De oorzaak is meestal onbekend, maar materiaalpech en scheuren in de romp gelden voor ca. 46% van de ongevallen als oorzaak van zowel kleine als middelgrote uitstromen (Tabel 6-21). In 5% van de ongevallen is de uitstroom > 700 ton. In 50% van deze gevallen gebeurde de uitstroom onderweg in open water, door toedoen van vooral aandrijvingen/aanvaringen en het aan de grond lopen van het schip (samen 58%).

Tabel 6-21 Aantal verontreinigingen tijdens bepaalde operaties en mogelijke oorzaken van verontreiniging door tankers (1970-2011) (ITOPF, 2012)

	< 7 ton	7-700 ton	> 700 ton	Totaal
Operaties				
Laden/uitladen	3.156	388	41	3.585
Bunkering	563	33	1	597
Andere	1.270	136	329	1.735
Onbekend	2852	785	83	3.720
Oorzaken				
Aanvaringen	182	344	134	660
Aan de grond lopen	239	269	148	656
Scheuren in de romp	577	100	59	736
Materiaal problemen	1.679	202	19	1.900
Brand, explosie	173	47	54	274
Andere/ongekende	4.991	380	40	5.411
Totaal	7.841	1.342	454	9.637

Wegens de aanduiding van de Noordzee als speciale zone onder MARPOL, en de strengere regelgeving wordt een daling vastgesteld in opgemerkte lozingen. Terwijl in de jaren '90 jaarlijks ongeveer 50 olielozingen werden opgemerkt, worden er sinds 2000 jaarlijks nog slechts een dertigtal lozingen opgemerkt in de Belgische mariene wateren. Ook het totale volume van de lozingen loopt terug, waarbij de maximale olievlekken tussen de 10-100 m³ bedragen (www.mumm.ac.be – Luchttoezicht). Deze vorm van olievervuiling staat echter los van de windmolenparken, en zal niet verder in detail behandeld worden.

6.3.8.1.3 Effecten

Door de aanleg van een windmolenpark zal een schip dat nu een route volgt door het toekomstige windmolenpark, in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windmolenpark op minimaal 500 m afstand moeten passeren conform het KB van 11 april 2012 (publicatie 1 juni 2012). Naast de rechtstreekse hinder dat het schip hierdoor ondervindt, zijn er ook nog andere gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windmolenpark een hogere intensiteit. Als gevolg van de hogere

intensiteiten op deze routes is het te verwachten dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen zal toenemen.

De effecten voor en door de scheepvaart kunnen opgesplitst worden in:

- Directe effecten voor het scheepvaartverkeer: veranderende verkeersstromen en een verhoogde kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine of ander schip;
- Gevolgschade:
  - Schade aan het windmolenpark en schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen;
  - Verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp (inclusief de milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingsolie als gevolg van een aanvaring met een turbine);
  - Persoonlijk letsel;
  - Impact op rest van de scheepvaart.

Constructiefase

Gedurende de bouwperiode varen dagelijks enkele schepen (maximaal vijf) van en naar het windmolenpark. De meeste van deze vaarbewegingen worden uitgevoerd met normale snelheid en geven daardoor niet meer hinder voor de andere scheepvaart dan een normale scheepsbeweging. Het effect van deze scheepvaart op het totale risico in een gebied hangt af van de drukte in het gebied. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard. Figuur 6-3 illustreert de bedrijvigheid in 2008 en 2009 ter hoogte van de ZW C-Power concessiezone, de uitvoeringswerken in het Belwind windmolenpark en de monitoring of vooronderzoeken in het Northwind park in 2010, en de bedrijvigheid ter hoogte van het NO C-Power concessiegebied in 2011.

Vermoedelijk zal Oostende, Zeebrugge of Vlissingen de uitvalsbasis voor het Rentel windmolenpark worden. Van hieruit naar het Rentel windmolenpark is het ongeveer 1,5h varen. Met vijf schepen zijn dit 5 x 1,5h x 2 (heen + terug) = 15 extra vaaruren per dag. Tijdens de bouwperiode zijn dus gemiddeld 15/24 = 0,63 extra schepen aanwezig (buiten het park). Op een totaal van 55 gemiddeld aanwezige schepen op de Belgische Noordzee is dit een verhoging van 1,1%. Het aantal van 55 schepen is opgebouwd uit 29 routegebonden schepen, bepaald uit de verkeersdatabase, en 26 niet-routegebonden schepen, uitgaande van dezelfde verhouding tussen routegebonden en niet-routegebonden schepen als in het Nederlandse deel van de Noordzee (MARIN, 2011b).

Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom 2,3% hoger dan normaal (het aantal aanvaringen tussen schepen neemt kwadratisch met de intensiteit toe). De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 1,1%.

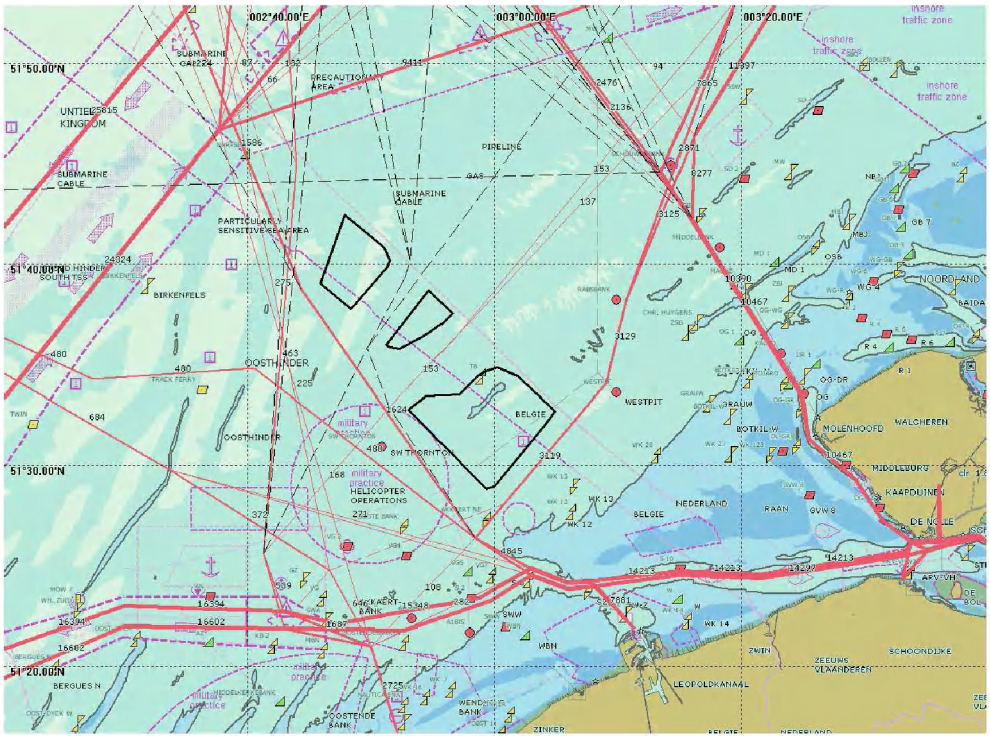
Operationele fase

Directe effecten voor scheepvaartverkeer

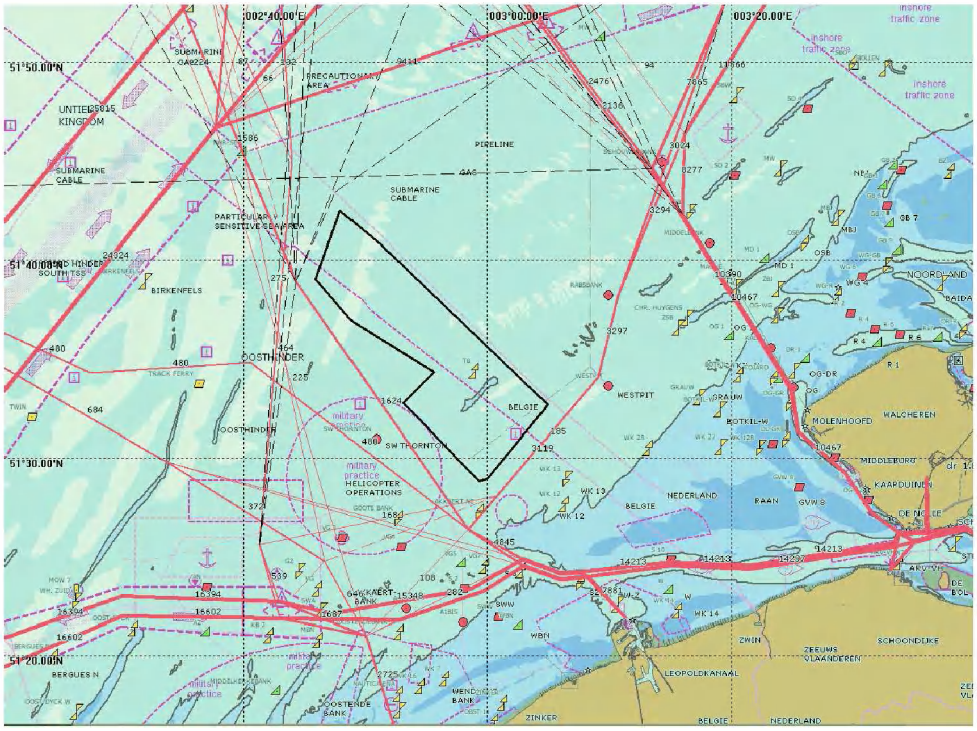
Veranderende verkeersstromen

Het gebied van het windmolenpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een 'verboden' gebied voor alle scheepvaart (met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen). Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windmolenpark.

Het verkeersbeeld in de huidige situatie, bij aanwezigheid van de operationele windmolenparken Belwind en C-Power, is weergegeven in Figuur 6-2 en komt nagenoeg overeen met het beeld in Figuur 6-5 (scenario 1), de verkeerssituatie bij aanwezigheid van Belwind, Northwind, C-Power en Norther. Het gewijzigd verkeersbeeld voor scenario 2B bij aanwezigheid van Belwind, Seastar, Northwind, Rentel, C-Power en Norther is geïllustreerd in 6-6.



Figuur 6-5 Verkeerssituatie bij scenario 1 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, Northwind, C-Power en Norther (met extra driehoek) (MARIN, 2011b)



Figuur 6-6 Verkeerssituatie bij scenario 2B bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, Seastar, Northwind, Rentel, C-Power en Norther (MARIN, 2011b)

De kleine verschillen in verkeersstromen tussen de huidige situatie en scenario 2B worden veroorzaakt door de windmolenparken Rentel en Seastar (MARIN, 2011b). Het verkeer dat nu tussen de windmolenparken doorvaart (i.e. de Thornton route) zal bij afsluiting van het gebied via Westpit moeten (MARIN, 2011b).

Aanvaringen/aandrijvingen met windturbines

Door de aanwezigheid van het windmolenpark is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart of aandrijft.

De frequenties voor aanvaringen tegen één van de windturbines zijn bepaald met het SAMSON-model. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt waarbij de windmolenparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (6-6). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windmolenpark.

Uit de tabellen en figuren voor scenario 2B blijkt dat de windturbines aan de zuidoostelijke rand van de Belgische windmolenzone een relatief hoge aanvaarkans hebben vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de route van en naar Maas West die langs het park loopt. Verder hebben de hoogspanningsstations door de grotere afmetingen een hogere aanvaarkans. Dit verschil is minder groot bij gebruik van jacket funderingen.

De verschillen in aanvaring/aandrijvingsrisico tussen scenario 1 en scenario 2B is niet zo groot (2,4%). Dit klein verschil wordt veroorzaakt door de kleine stroom routegebonden verkeer dat over de Thornton route van en naar Maas West vaart, en onder scenario 2B om moet varen ten zuiden van Norther langs, via Westpit (MARIN, 2011b).

Tabel 6-22 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windmolenparken onder scenario 2B (met extra driehoek Norther concessie)

Windmolenpark	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens in de … jaar
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Norther	0,03700	0,01593	0,03635	0,00537	0,09465	11
Belwind	0,00580	0,00802	0,04849	0,00499	0,06729	15
Northwind	0,00023	0,00323	0,02363	0,00315	0,03024	33
C-Power	0,00401	0,00248	0,01995	0,00261	0,02905	34
Rentel	0,00009	0,00228	0,01664	0,00288	0,02189	46
Seastar	0,00108	0,00519	0,01517	0,00237	0,02381	42
Totaal	0,04822	0,03712	0,16022	0,02137	0,26694	4

Tabel 6-23 Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windmolenparken onder scenario 2B (met extra driehoek Norther concessie)

Windmolenpark	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
Norther	76,7%	42,9%	22,7%	25,1%	35,5%
Belwind	12,0%	21,6%	30,3%	23,3%	25,2%
Northwind	0,5%	8,7%	14,7%	14,7%	11,3%
C-Power	8,3%	6,7%	12,5%	12,2%	10,9%
Rentel	0,2%	6,1%	10,4%	13,5%	8,2%
Seastar	2,2%	14,0%	9,5%	11,1%	8,9%
Totaal	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabel 6-22 toont de aanvarings- en aandrijfkansen voor scenario 2B voor alle windmolenparken. Hieruit blijkt dat de kans op aanvaring en aandrijving door routegebonden schepen voor het Rentel windmolenpark eens in de 60 jaar bedraagt en voor niet-routegebonden schepen eens in de 194 jaar.

Uit de tabel kan ook afgeleid worden dat de kans op aanvaring/aandrijving relatief hoog is voor het Norther park vergeleken met de andere parken uit het scenario, met uitzondering van het Belwind windmolenpark die vergelijkbare aanvaringskansen vertoont als het Norther windmolenpark. Beide parken bevinden zich (in dit scenario) aan de uiteindes van de Belgische windmolenzone. De totale aanvarings- en aandrijfkans voor Rentel is de kleinste van alle beschouwde parken. Het bevindt zich in het midden van de Belgische

windmolenzone, ingesloten tussen naburige parken. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar.

Tijdens de operationele fase zal elk jaar een beperkt aantal scheepsbewegingen nodig zijn voor onderhoud en reparaties. Ook is voorzien dat de weersomstandigheden tijdens deze onderhouds- en reparatiewerken voldoende goed moeten zijn om een veilige benadering en uitvoering van de werken te verzekeren. Tijdens de exploitatiefase wordt geen aanzienlijke verhoging van de risico's verwacht door dit scheepsverkeer in verhouding tot de huidige situatie, aangezien de frequentie uiterst beperkt zal zijn in vergelijking met het totale scheepvaartverkeer op het BDNZ.

Aanvaringen tussen schepen onderling

Buiten de mogelijke aanvaringen met windturbines kan de aanwezigheid van de windmolenparken ook op andere gebieden effect hebben op de scheepvaart. Zo zorgt omvaren van schepen voor extra kosten en zal door omvaren het aantal aanwezige schepen in bepaalde geconcentreerde vaarzones op zee significant toenemen. Bovendien heeft het verleggen van de routes en een verandering van intensiteiten ook een mogelijk effect op de onderlinge ontmoetingen van schepen, en daarmee ook op het risico van onderlinge aanvaringen.

Tabel 6-24 geeft de effecten van het windmolenpark op de scheepvaartongevallen buiten het windmolenpark op het BDNZ, als gevolg van de veranderingen van vaarroutes ten opzichte van het basisscenario (enkel Belwind, Northwind en C-Power aanwezig) (MARIN, 2011b). De eerste kolom met resultaten geeft het absolute aantal aanwezige schepen onder scenario 2B. De kolom daarnaast geeft het absolute verschil ten opzichte van het basisscenario en de laatste kolom geeft het relatieve verschil ten opzichte van het basisscenario.

Er blijkt dat wat betreft aanwezige schepen er weinig verschillen zijn ten opzichte van het basisscenario. De verschillen zijn het grootst voor de chemicaliëntankers en de olietankers.

In de tabel staan onder 'veiligheid' de effecten van de veranderde routes op het aantal ongevallen weergegeven per ongevalstype. Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 2B toenemen met 0,13% ten opzichte van het basisscenario.

De toename van het aantal afgelegde scheepsmijlen ten opzichte van het basisscenario is op het BDNZ minder dan 500 NM per jaar voor scenario 2B. Een precieze schatting is niet te maken door afronding in de berekeningen. Dit geeft al aan dat de mogelijke toename marginaal is. Daarmee zijn ook de totale kosten van de extra af te leggen scheepsmijlen niet preciezer te schatten dan maximaal 76.000 euro. De kosten van ruim 292 miljoen euro die in de tabel staat genoemd, zijn de kosten van de totaal afgelegde zeemijlen die voor het scenario beschouwd zijn op het BDNZ.

Tabel 6-24 Scoretabel voor de effecten van windmolenpark Norther onder scenario 2B voor de scheepvaart op het BDNZ (MARIN, 2011b)

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor hele BDNZ na aanpassing van het verkeer volgens scenario 2B	Effect windmolenpark t.o.v. basis scenario	Relatieve effect scenario 2B t.o.v. basis scenario
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's		0,0810	0,0000	0,00%
Chemicaliën tankers		4,2290	0,0030	0,07%
Olietankers		1,5920	0,0020	0,13%
Gas tankers		1,0880	0,0000	0,00%
Bulkers		205330	0,0000	0,00%
Unitised		8,5430	-0,0010	-0,01%
General Dry Cargo		9,0300	0,0000	0,00%
Passenger schepen + conv. Ferries		0,7750	0,0000	0,00%
High speed Ferries		0,0000	0,0000	
Overig		1,3380	0,0000	0,00%
Totaal Routegebonden		29,2590	0,0040	0,01%
Totaal niet routegebonden		14,6260	0,0000	0,00%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	Aantal/jaar	1,7054	0,0022	0,13%
Stranding als gevolg van navigatiefout	Aantal/jaar	1,5947	0,0001	0,01%
Stranding als gevolg van een motorstoring	Aantal/jaar	0,2285	0,0002	0,09%
Zinken	Aantal/jaar	0,1138	0,0000	0,00%
Gat in scheepshuid	Aantal/jaar	0,0000	0,0000	
Brand / explosie	Aantal/jaar	0,0000	0,0000	
Totaal		3,7051	0,0016	0,04%
Economisch effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	292,186	0,0000	0,00%

Gevolgschade aan schip en windturbines

Naast de raming van de kans op een aanvaring of contact tussen een vaartuig en een windturbine/OHVS, moet de gevolgschade van een dergelijk effect ingeschat worden. Deze berekening is afhankelijk van een aantal factoren. De belangrijkste zijn:

- De afmeting en het soort vaartuig;
- De snelheid van het vaartuig bij de botsing;

- De manier waarop het vaartuig het obstakel raakt;
- Het feit of het obstakel een monopile of jacket is, of dat het om het OHVS gaat.

Algemeen geldt dat hoe groter het schip, hoe kleiner de impact van het obstakel op het schip zal zijn, maar hoe groter de impact op het obstakel. Daarnaast zal ook de schade aan het schip en het obstakel vergroten met de snelheid. Uit de MER C-Power (Ecolas, 2003) blijkt dat op basis van inschattingen door experts een schip op drift van 10.000 GT (= 3/4 van de schepen) een windturbine volledig zou overvaren, zodat de windturbine om zou vallen op de zeebodem of het OHVS ernstig zou beschadigen.

Het is duidelijk dat de specifieke kenmerken van het type, en dus de vorm en de bouw van het schip invloed zullen hebben op de effecten van een incident. Er zal verschil zijn in de effecten van het doordringen van de romp van een bulkvrachtschip, een enkelwandige olietanker of een algemeen vracht- of containerschip. De locatie en het volume van bunkertanks zijn ook afhankelijk van het type vaartuig.

Voor de gevolgschade aan het schip worden drie types onderscheiden: schade aan het schip in het geval dat de gondel en mastdeel op het schip valt na de aanvaring, alleen schade aan de scheepshuid en geen schade. De kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen voor elk scenario is weergegeven in MARIN (2011b). De soorten schade veroorzaakt door het totaal van de verschillende scheepstypen is voor scenario 2B weergegeven in Tabel 6-25.

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier types onderscheiden: geen schade, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen. De frequentie van deze verschillende types voor het gehele windmolenpark is gegeven in Tabel 6-26. Uitgaande van deze resultaten wordt voor scenario 2B, eens om de 11 jaar schade verwacht aan het Belgische windmolenpark ((-) aanvaardbaar effect).

Op basis van de gemiddelde massa van een bepaald scheepstype en scheepsgrootte en de gemiddelde snelheid kan de kinetische energie bepaald worden op het moment van de 'impact'. De verdeling van de aanvaar/aandrijffrequenties voor de verschillende impactenergie-niveaus is gegeven in Tabel 6-27.

Tabel 6-25 Kans (aantal per jaar) op een bepaalde soort schade veroorzaakt door de verschillende scheepstypen voor scenario 2B (MARIN, 2011b)

Scheepstype	Soort Schade			Totaal
	GosMos[1]	Schade aan scheepshuid	Geen schade	
Olietanker	0,000038	0,001995	0,000346	0,002379
Chemicaliën tanker	0,000078	0,004287	0,00715	0,005080
Gastanker	0,000007	0,001157	0,000096	0,001260
Container + RoRO	0,003158	0,017958	0,028767	0,049883
Ferry	0,000031	0,0001374	0,000427	0,000595
Overige R-schepen	0,000335	0,010108	0,003705	0,014148
N-Schepen	0,000022	0,000022	0,021260	0,021304
Totaal	0,003669	0,035664	0,055316	0,094649

[1]Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming

Tabel 6-26 Schade aan het totale windmolenpark binnen scenario 2B (MARIN, 2011b)

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de … jaar
	Frontaal		Schampen							
	R- Schepen	N- Schepen	R- Schepen	N- Schepen	R- Schepen	N- Schepen	R- Schepen	N- Schepen		
Geen	0,000000	0,001444	0,000000	0,013947	0,001533	0,005352	0,001533	0,020743	0,022276	45
Scheef	0,000000	0,000106	0,000019	0,000039	0,011421	0,000023	0,011440	0,000167	0,011608	86
Omvallen	0,003330	0,000039	0,030001	0,000334	0,023395	0,000000	0,056725	0,000374	0,057099	18
GosMos	0,000370	0,000004	0,003277	0,000018	0,000000	0,000000	0,003647	0,000022	0,003668	273
Totaal	0,003700	0,001593	0,033296	0,014338	0,036349	0,005375	0,073345	0,021306	0,094651	11

Tabel 6-27 Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstype en energieklassen voor alle windturbines (MARIN, 2011b)

Kinetische energie (MJ)	Rammen			Driften			Totaal		
	R-Schepen	N-Schepen	Totaal	R-Schepen	N-Schepen	Totaal	R-Schepen	N-Schepen	Totaal
<1	0,0%	4,4%	4,4%	0,4%	5,6%	6,0%	0,4%	10,1%	10,4%
1-3	0,0%	3,9%	3,9%	2,9%	0,0%	2,9%	2,9%	4,0%	6,9%
3-5	0,0%	1,2%	1,2%	4,2%	0,0%	4,2%	4,2%	1,2%	5,4%
5-10	0,0%	4,5%	4,5%	4,3%	0,0%	4,3%	4,3%	4,5%	8,7%
10-15	0,0%	1,7%	1,7%	3,1%	0,0%	3,1%	3,1%	1,7%	4,8%
15-50	0,0%	0,7%	0,7%	16,6%	0,0%	16,6%	16,6%	0,7%	17,3%
50-100	0,0%	0,0%	0,1%	5,2%	0,0%	5,2%	5,2%	0,0%	5,3%
100-200	0,3%	0,4%	0,7%	1,7%	0,0%	1,7%	2,0%	0,4%	2,4%
>200	38,7%	0,0%	38,7%	0,1%	0,0%	0,1%	38,8%	0,0%	38,8%
Totaal	39,1%	16,8%	55,9%	44,1%	5,7%	44,1%	77,5%	22,5%	100,0%

Voor scenario 2B geeft Tabel 6-27 aan dat ongeveer 56% van de contacten met turbines door rammen wordt veroorzaakt en 44% door driften. Verder blijkt dat het in zijn totaliteit voor ongeveer 78% routegebonden schepen betreft.

In MARIN (2011b) werd afgeleid dat alle aanvaringen (rammen) een impact energie hebben groter dan 0.0001 MJ. Het aantal aanvaringen dat een impact heeft boven een bepaalde energiewaarde, zal afnemen naar mate die drempelwaarde toeneemt. Er vinden nooit aandrijvingen (driften) met een impact plaats van meer dan 1000 MJ. Alleen aanvaringen hebben een impact van meer dan 1000 MJ.

Schade aan het milieu ten gevolge van een scheepsramp

Lading- en bunkerolie

Aangezien het projectgebied in de Noordzee ligt, valt dit onder de regelingen die van toepassing zijn op de MARPOL 'speciale zones', Bijlage I. Het lozen van oliehoudende vloeistoffen is daarbij verboden. De interne regelingen en controle worden verondersteld afdoende te zijn opdat geen lozingen zouden plaatsvinden. In de praktijk echter blijven illegale verontreinigingen een groot aandeel houden in de olievervuiling in de Noordzee (zie bijvoorbeeld OSPAR, 2000a).

Olievervuiling kan op verschillende manieren optreden: enerzijds door een incident met een windturbine of OHVS met als resultaat het lekken van olie of olieachtige smeermiddelen en anderzijds door een onvoorzien verlies van olieachtige substanties van een schip (door aanvaring/aandrijving) ten gevolge van schepen die betrokken zijn bij de werkzaamheden rond het project (bouwfase, bekabeling, onderhoudswerken, ontmanteling) of ten gevolge van een ongeval met schepen die geen verband houden met het project.

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving met een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypes olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie.

De totale kans op een uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving en rammen met een windturbine van het Norther windmolenpark en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar is voor scenario 2B gegeven in

Tabel 6-28. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie 422 jaar. De gemiddelde uitstroom van 2,216 m³ ladingolie voor dit scenario in

Tabel 6-28 dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van 2,216 m³ ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 221,6 m³ eens in de 100 jaar.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor het gehele BDNZ. Dit getal geldt voor de situatie zonder windmolenparken. Indien geen windmolenparken in de BDNZ aanwezig zijn, wordt de totale uitstroomkans op eens om de 31 jaar geschat. Hierbij zou voor een gemiddelde aan 6,1 m³ bunkerolie en 164,2 m³ ladingsolie uitstromen. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Norther windmolenpark onder scenario 2B toe met (0,001962 + 0,000405) / (0,023553 + 0,008280) ≈ 7,4%. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Rentel windmolenpark onder scenario 2B is kleiner wegens de ligging van het park in het midden van de Belgische windmolenzone. De totale verwachte uitstroom aan olie per jaar wordt voor alle windmolenparken in scenario 2B samen ingeschat op 22,88 m³ (MARIN, 2011b).

Tabel 6-28 Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine van het Norther windmolenpark onder scenario 2B (MARIN, 2011b)

	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de …. jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3	Eens in de … jaar
Windmolenpark Norther Scenario 2B Verkeer 2008	0,001962	510	1,243	0,000405	2471	2,216	422
BDNZ zonder windmolenparken	0,023553	42	6,1	0,008280	121	164,2	31

De cijfers betreffende de uitstroomkans en de uitstroom van olie per jaar zijn indicatief en de gevolgen ervan zijn niet gekend: er kan immers niet voorspeld worden welke ongevallen zullen gebeuren en wat de ernst ervan is. Het is dus mogelijk dat er geen schade aan het milieu zal zijn, maar in een worst-case scenario kan die schade aanzienlijk oplopen. Een versterkte waakzaamheid is aangewezen.

Chemicaliën

Naast de uitstroom van olie veroorzaakt ook de uitstroom van chemicaliën schade aan het milieu. Niet alle soorten chemicaliën zijn even schadelijk voor het milieu, de mate waarin een bepaalde stof schadelijk is wordt aangeduid met ecologisch risico. In Tabel 6-29 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico voor scenario 2B. Een vergelijking van de frequenties van uitstroom van chemicaliën, als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine, voor verschillend ecologisch risico voor de verschillende varianten, geeft hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

Tabel 6-29 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine (Scheepvaartverkeer 2008) (MARIN, 2011b)

Ecologische risico-indicator	Frequentie	Eens in de … jaar
Zeer hoog ecologisch risico	0,000093	10.753
Hoog ecologisch risico	0,000014	71.429
Gemiddeld ecologisch risico	0,000015	66.667
Gering ecologisch risico	0,000167	5.988
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0,000048	20.833

Totaal	0,000338	2.959

Verspreiding en impactevaluatie

Voor de verspreidingseffecten van milieuverontreiniging afkomstig van mogelijke aanvaringen/aandrijvingen wordt voor voorliggend MER gebruik gemaakt van een overzicht van verspreidingsstudies die ARCADIS (2011) opstelde in het kader van MER Norther, aangevuld met een recente studie van Dulière en Legrand uitgevoerd in functie van het MEB Norther (2011, in BMM, 2011b).

Eenmaal een accidentele lozing heeft plaatsgevonden, zal deze zich verspreiden en een mogelijke bedreiging vormen voor het mariene ecosysteem en de kustgebieden. Met het oog op de impact van olievervuiling moet men rekening houden met de weersomstandigheden tijdens de vervuiling, de soort olie, de gelekte hoeveelheid en de plaats waar het lek plaatsvond. Deze kenmerken zullen bepalend zijn voor de omvang van de olievlek, de stroombaan en hoe snel deze uiteen zal vallen, emulgeren, verdampen, verspreiden en zinken.

In het kader van het C-Power project op de Thorntonbank werd een modelstudie uitgevoerd door WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003) om de effecten van een accidentele olielozing van 1000 ton HFO (heavy fuel oil) onder verschillende omstandigheden te kunnen schatten. De keuze van 1000 ton is gemaakt op basis van het huidige maximale volume dat nog binnen de capaciteit van de bestrijdingsmogelijkheden ligt voor België.

Hieruit bleek dat bij een windsnelheid van 17 m/s en een windrichting die recht naar de kust blaast (worst case scenario; in ca. 1,2 tot 2,6% van de observaties) een deel van de olie de Belgische kust bereikt. Bij lagere windsnelheden bereikt de olievlek de Belgische kust niet maar spreidt zich uit in noordoostelijke richting. Mogelijk zal de olievlek dan de Nederlandse kust bereiken. Bijgevolg kunnen zich dan ook effecten voordoen op de avifauna in de Voordelta.

Uit de resultaten van de modellering (Kleissen, 2003; Boot, 2003) blijkt dat er ook verschillen kunnen gevonden worden tussen de oppervlakte die verontreinigd wordt. Een lozing bij springtij blijkt te resulteren in een grotere verspreiding van de olie, wat de bestrijding zou bemoeilijken ten opzichtte van een lozing bij dood tij. In het geval van een scenario bij springtij en 5% frictiecoëfficiënt blijkt dat na 6 à 8h de olievlek een lengte heeft bereikt van meer dan 20 km. De olievlek is korter bij 3% frictiecoëfficiënt en nog kleiner bij doodtij.

Uit de simulaties van Dulière en Legrand (2011) voor het Norther windmolenpark, dat dichter bij de kust ligt dan het C-Power park, blijkt dat tijdens kalme weerscondities (geen wind) een olievlek, gevormd in de Norther zone, oscilleert tussen de Belgische en Nederlandse wateren met het ritme van de getijden. De olievlek kan de Voordelta en de Vlakte van de Raan impacteren, maar geen van de Belgische beschermde gebieden zou beïnvloed worden door de olie (BMM, 2011b).

Bij de gebruikelijke weerscondities (4,5 m/s) kan de olie de Nederlandse zone bereiken binnen 3 tot 6h na lozing. Het zal de Voordelta en de Nederlandse zone impacteren. Alle windrichtingen tezamen, kan olie geloosd aan het wateroppervlak bij een wind van 4.5 m/s stranding veroorzaken op de Belgische kust na 48h. De Belgische en Nederlandse beschermde gebieden kunnen bereikt worden: Vlakte van de Raan en Voordelta na 12h, SBZ-V-2 en SBZ-V-3 na 24h; SBZ-V-1, SBZ-H en Zwin na 48h.

Tijdens zwaardere weerscondities (wind van 17 m/s) is de oliedrift vooral afhankelijk van de windsnelheid en –richting. De olie kan de Nederlandse zone bereiken in minder dan 3h en de Franse kust ongeveer 18h na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 6h. De Vlakte van de Raan en Voordelta kunnen worden bereikt binnen respectievelijk ongeveer 3 en 6h na lozing. Eerste stranding kan verwacht worden 6h na lozing in de buurt van Zeebrugge en binnen ongeveer 12h elders aan de Belgische kust. De olie kan de Nederlandse en Franse kust bereiken binnen 12h na lozing voor de zones grenzend aan de Belgische zone en later voor de verder gelegen zones (ongeveer 24h voor Duinkerke en 24-36h voor Den Haag).

Een overzicht van de gemodelleerde eerste strandingstijden en locaties voor de verschillende meteorologische weerscondities wordt gegeven in Tabel 6-30.

Tabel 6-30 Schatting van de eerste strandingstijden en locaties voor verschillende weerscondities bij lozing in het centrum van de Norther zone (BMM, 2011b) (combinatie van resultaten lozing bij hoogwater, laagwater, vloed en eb)

Wind scenario	Eerste tijdstip stranding	Strandingsplaats 72u na lozing
Geen wind	Niet binnen 72h	-
ZW – 4.5 m/s	72h (of minder bij lichte wijziging van wind)	Voordelta (NL)
ZW – 17 m/s	36h	Ten noorden van Den Haag (NL)
NW – 4.5 m/s	48h	Van Oostende tot Knokke-Heist (B)
NW – 17 m/s	6h	Van De Haan (B) tot Cadzand-Bad (NL)
N – 4 m/s	> 72h	Van Nieuwpoort tot Oostende (B)
N – 17 m/s	12h	Van Koksijde tot De Haan (B)
NO – 4 m/s	-	-
NO – 17 m/s	24h	Calais en Cap Griz Nez zone (F)

Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing. Hierbij dient wel opnieuw de nadruk gelegd te worden op het feit dat het hier gaat om scenario's met een windsnelheid van 17 m/s of 7 Beaufort. Bij deze weersomstandigheden is interventie hoe dan ook een hachelijke en moeilijke zaak en de efficiëntie van de bestrijding laag (te hoge golven zullen bijvoorbeeld het gebruik van drijflichamen ('booms') sterk bemoeilijken en is het uitvaren van bepaalde schepen problematisch).

Anderzijds geeft dit de minimale tijd weer. In geval van lagere windsnelheden zal er dus meer tijd zijn om interventies op touw te zetten en zal bestrijding op zee eenvoudiger zijn.

De federale overheid beschikt over pollutiebestrijdingsmateriaal dat de Norther zone binnen de 1,5-2h kan bereiken (BMM, 2011b). Het materiaal kan gebruikt worden tot 4 Bft. Uit deze gegevens kan afgeleid worden dat bij kalme weerscondities er tijdig kan worden ingegrepen om de Belgische en Nederlands beschermde gebieden te ontzien (BMM, 2011b). Bij gebruikelijke weerscondities (4,5 m/s) kan een stranding aan de Belgische kust vermeden worden. Maar met de huidige capaciteit aan pollutiebestrijdingsmateriaal kan niet vermeden worden dat de olie de Belgische en Nederlandse beschermde gebieden bereikt (3-6h na

lozing voor Nederland, min. 12h na lozing voor België). Bij zwaardere weerscondities zal de olie snel de Belgische beschermingszone bereiken (6h) en nog eerder de Nederlandse zone. Bij een wind van meer dan 8 Bft wordt bestrijding moeilijk. Evenwel zal bij dergelijke omstandigheden de olie reeds deels natuurlijk dispergeren door de krachtige golfslag en de verticale vermenging van waterlagen (BMM, 2011b).

Het voorzorgsprincipe dient toegepast te worden waarbij in de eerste plaats een aanvaring dient te worden voorkomen en, indien dit niet mogelijk blijkt, een lozing te vermijden of zo snel mogelijk te beperken (BMM, 2011b). Een specifieke Emergency Towing Vessel (ETV) – operationeel direct beschikbaar in de directe omgeving van het windmolenpark – kan hierin maximaal tegemoetkomen.

Uit de veiligheidsstudies (MARIN, 2011a, 2011b) blijkt dat aandrijvingen het grootste risico geven. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een stationssleepboot. De aanwezigheid van een stationsleepboot of ETV in de zone zou de kans op een aanvaring/aandrijving merkbaar verkleinen (MARIN, 2011a). Het ETV kan een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt bijgevolg sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. In de MARIN studie werd Oostende als thuishaven gekozen voor windkracht 0-4 Bft en werd er aangenomen dat dit schip buitengaats bij ankergebied Westhinder op wacht ligt vanaf windkracht 5 Bft. Voor eerdere configuraties en scenario's van Norther zijn berekeningen met en zonder ETV uitgevoerd in voorbereiding van het MER (MARIN 2010) en werd een reductie van het aantal aandrijvingen met ongeveer 68% verwacht.

Naast het feit van de interventietijd, kunnen er zich verder ook problemen voordoen door het feit dat de windturbines een obstakel kunnen vormen voor het bestrijden van de olievlek (ARCADIS, 2011). Dit zal vooral het geval zijn als de gelekte volumes groter zijn. Een lek van 20 m³ is voldoende om een cirkelvormig oppervlak met een straal van 500 m te bedekken met een uniforme dikte van 0,1 mm, dit is ongeveer de minimale afstand tussen twee windturbines. Men mag niet vergeten dat de olie zich zelden in een cirkelvorm verspreidt. Het verspreiden van de olie hangt ook af van het soort en de viscositeit: dieselolie verspreidt zich verder en sneller dan zware stookolie of ruwe olie.

Zelfs een olievlek van meer dan enkele tientallen ton, die van buiten het park afkomstig is, kan dus een probleem vormen. Wanneer de olievlek te dicht bij de windturbines komt, maakt dit het indammen moeilijker omdat de bestrijdingsschepen hier veel omzichtiger moeten manoeuvreren. De bestrijding zelf gebeurt door het indammen van de olievlek met behulp van drijflichamen. De olie wordt daarna verzameld in een container met behulp van 'skimmers' (boot, vacuüm pomp, absorberend materiaal) en afgevoerd. Eventueel wordt gebruik gemaakt van chemische dispersanten die de olie afbreekt in kleinere partikels die minder schadelijk zijn.

De impact dat een worst-case olielozing bij springtij heeft op de mariene fauna werd eveneens berekend door WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003). De belangrijkste resultaten worden hier kort samengevat. Voor meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het MER C-Power (Ecolas, 2003).

De directe verliezen van invertebraten en vissen, bij blootstelling aan de hoogste potentiële concentratie van zware stookolie uit de simulaties, zijn zeer gering. In geval van lagere

windsnelheden worden de effecten als nul ingeschat. Eieren en larven van vissen in ondiepe wateren kennen wel een hoge mortaliteit door olieverontreiniging, vooral indien dispersanten gebruikt worden bij de bestrijding van olieverontreiniging (Lindgren & Lindblom, 2004).

De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Voor het worst-case scenario met een wind van 17 m/s resulterend in een impactgebied van 47 km² kust, verwacht het model tussen de 300 en 400 dode vogels (Ecolas, 2003). Het aantal slachtoffers stijgt tot 669 bij een wind van 10 m/s en tot 1117 bij een wind van 7 m/s (Di Marcantonio *et al.*, 2009). De gemodelleerde verliezen aan strandvogels blijven verwaarloosbaar.

De gemodelleerde verliezen dienen evenwel enigszins genuanceerd te worden. De gehanteerde vogeldensiteiten zijn immers gebaseerd op gemiddelde dichtheden in de winter over een periode van 10 jaar. De invloed van de conditie van de vogels en de milieucondities (seizoen, voedselbeschikbaarheid, meteorologische omstandigheden…) van de simulaties op deze densiteit werd niet in rekening gebracht. De densiteit van de vogels op zee bij een windkracht van 17 m/s zal hoogstwaarschijnlijk afwijken van de gemiddelde winterdensiteit (vermoedelijk lager liggen). Evenmin werd rekening gehouden met het feit dat de vogels bij stormweer rustig water opzoeken. Gezien olie op het water de golfslag verminderd zien de vogels dit als 'rustig' water, wat leidt tot een grotere impact. Bovendien dient hierbij opgemerkt te worden dat de schatting van strandvogels enkel opgaat voor de soorten die vermeld staan in de kwetsbaarheidindex (Vandenbroele *et al.*, 1997), mortaliteit onder andere mogelijk voorkomende soorten is dus niet in overweging genomen wegens een gebrek aan gegevens. Het gehanteerde model kan bijgevolg nog verfijnd worden door meer invloedsparameters in rekening te brengen.

Vogels die besmeurd zijn met olie gaan veelal dood, aangezien de beschermende waslaag aangetast wordt. Het herstel van de vogelpopulatie hangt af van de resterende aanwezigheid van jonge niet-broedende volwassen vogels die dan nog kunnen broeden, of van de reproductiesnelheid. Volgens Lindgren & Lindblom (2004) is er geen bewijs gevonden dat een accidentele olielozing een zeevogelpopulatie permanent vernietigd heeft. Sommige vogelpopulaties met een lokale verspreiding kunnen evenwel sterk beïnvloed worden.

Ook zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden bij potentiële verontreiniging daar zij afhankelijk zijn van de atmosferische lucht voor ademhaling (nauw contact water - lucht oppervlak). Volgens Lindgren & Lindblom (2004) zijn er weinig gegevens beschikbaar over het effect van olieverontreiniging op zeezoogdieren, maar wordt het effect van een olielozing op zeezoogdieren eerder beperkt ingeschat aangezien zeezoogdieren zich voldoende kunnen verplaatsen naar gebieden zonder olieverontreiniging.

Tenslotte zal ook de planktongemeenschap beïnvloed worden, maar kan zich in principe snel herstellen. De impact op pelagische vissen is verwaarloosbaar. De benthische fauna zal veelal niet beïnvloed worden door acute toxische effecten, maar zij kunnen wel hinder ondervinden door verstikking door dikke olielagen (Lindgren & Lindblom, 2004).

Er is een gebrek aan goede ecotoxicologische referentiegegevens voor de bepaling van de impact van diverse types oliën op de mariene organismen. Algemeen kan voor de ecotoxiciteit gezegd worden dat lichtere olietypes meer toxisch zijn dan zware olietypes. Pelagische organismen zullen minder beïnvloed worden dan benthische organismen op basis van de

gevoeligheid aan blootstelling. Eieren en larven zijn dan weer gevoeliger dan volwassen exemplaren (Lindgren & Lindblom, 2004).

Persoonlijk letsel

Persoonlijk letsel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. De term groepsrisico wordt gehanteerd bij een kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers. Een dergelijke ramp doet zich alleen maar voor wanneer een chemicaliën tanker, een ferry of een gastanker de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt. Voor de frequenties wordt verwezen naar de detailberekeningen in het rapport van MARIN (2011b).

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee, maar voor het schatten van de externe veiligheid is door MARIN aansluiting gezocht bij de risiconormering voor vervoer van gevaarlijke stoffen. Daar is een oriënterende waarde voor het groepsrisico gegeven van 10^{-4} per jaar per kilometer route (vaarweg) voor een ramp met minstens 10 slachtoffers. Het is overigens de vraag of deze norm toegepast mag worden, want het gaat hier om slachtoffers van de vervoerders (die het ongeval veroorzaken) en niet om slachtoffers in de directe omgeving van de route. Toch is deze oriënterende waarde gebruikt voor het beoordelen van het groepsrisico.

Bij scenario 2B is de kans op meer dan 10 doden gelijk aan 1/8.579 per jaar. Het Norther windmolenpark heeft een lengte van ongeveer 9,4 km, gemeten langs de zuidoostelijke rand waar de turbines met de hoogste aanvaarkansen staan. Per km vaarweg is de kans dus $1{,}27.10^{-5}$ voor scenario 2B. Gezien de 'worst case' benaderingen mag geconcludeerd worden dat het overlijdensrisico geen echte rol speelt bij de keuze van de inrichtingsvariant.

Bij het gebruik van 6,15 MW turbines is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets groter (4,76 voor scenario 2 voor het Norther park) dan bij gebruik van 3,6 MW turbines (4,38 onder scenario 2). Het verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de 6,15 MW turbine groter is en dus een groter oppervlakte beslaat wanneer de turbine op het dek valt. Deze redenering volgend, zal de kans op persoonlijk letsel voor een 10 MW turbine nog iets groter zijn.

Ontmantelingsfase

Tijdens de ontmantelingsfase zal er bijkomend scheepvaartverkeer zijn tussen de werf en de projectsite. De risico's tijdens de ontmantelingfase zullen vergelijkbaar zijn met deze tijdens de constructiefase.

Bekabeling

Er wordt geen bijkomend effect verwacht voor het leggen van de parkbekabeling in vergelijking met de reeds besproken impact ten gevolge van de plaatsing van de windturbines.

Wat betreft het leggen van het kabeltracé vanaf het OHVS tot de kust is de situatie enigszins anders. Tijdens het leggen van de kabels worden er werkzaamheden uitgevoerd waarbij de vaargeulen gekruist moeten worden. Zoals reeds besproken in de andere disciplines zullen de verstoringen en dus de risico's slechts binnen een korte periode optreden. Indien de nodige regulering en communicatie voor het aangeven van deze activiteiten strikt nageleefd wordt, zal ook het risico beperkt blijven.

6.3.8.1.4 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op scheepvaart

De kans op aanvaring van windturbines door routegebonden en niet-routegebonden schepen is voor het Rentel windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar) in vergelijking met de

parken aan de NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther). De totale aanvaar- en aandrijfkans van het Rentel windmolenpark is slechts 8,2% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windmolenparken in de scenario 2B. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar (MARIN, 2011b).

De aanvarings/aandrijvingskans wordt vooral bepaald door het aantal turbines, in mindere mate door de afmetingen ervan. Het cumulatief effect van de verschillende windmolenparken (toename in aantal turbines) op aanvaring van turbines is maximaal gelijk aan de som van de effecten van elk park afzonderlijk. Het cumulatief effect zal waarschijnlijk zelfs kleiner zijn, omdat door de omlopende verkeerstromen bij de afsluiting van een park het aantal windturbines die aangevaren kunnen worden vermindert.

De verschillen in aanvaring/aandrijvingsrisico tussen scenario 1 (Belwind, Northwind, C-Power en Norther) en scenario 2B (scenario 1 plus Rentel en Seastar) is niet zo groot (2,4%). Dit klein verschil wordt veroorzaakt door de kleine stroom routegebonden verkeer dat over de Thornton route van en naar Maas West vaart (doorheen de Rentel en Seastar concessiezone) en onder scenario 2B om moet varen ten zuiden van Norther langs, via Westpit (MARIN, 2011b). De grootste aanvaarkans geldt voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het Norther windmolenpark (dichtst bij de route van en naar Maas West).

In het BDNZ zal het aantal schepen nagenoeg niet toenemen door aanpassing van de verkeerstromen volgens scenario 2B, ten opzichte van een basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power). De verschillen zijn het grootst voor de chemicaliëntankers (+0,07%) en de olietankers (+0,13%).

Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 2B toenemen met 0,13% ten opzichte van het basisscenario. De kans op aanvaring neemt wel exponentieel toe met de intensiteit. Het cumulatieve effect van de bouw van de windmolenparken, waardoor de densiteit in de vaarroutes rond de Belgische windmolenzone steeds verder toeneemt, zal dus groter zijn dan de som van de effecten van elk park afzonderlijk.

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Norther windmolenpark onder scenario 2B toe met 7,4%. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Rentel windmolenpark onder scenario 2B is kleiner wegens de ligging van het park in het midden van de Belgische windmolenzone.

De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

Uit simulaties van Dulière en Legrand (2011, in: BMM, 2011b) blijkt dat bij zware weerscondities (wind van 17 m/s) de olie de Nederlandse zone kan bereiken in minder dan 3h en de Franse kust ongeveer 18h na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 6h. De Vlakte van de Raan en Voordelta kunnen worden bereikt binnen respectievelijk ongeveer 3 en 6h na lozing. Eerste stranding kan verwacht worden 6h na lozing in de buurt van Zeebrugge en binnen ongeveer 12h elders

aan de Belgische kust. De olie kan de Nederlandse en Franse kust bereiken binnen 12h na lozing voor de zones grenzend aan de Belgische zone en later voor de verder gelegen zones (ongeveer 24h voor Duinkerke en 24-36h voor Den Haag). Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing.

Vooral de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste korte termijn effecten ondervinden door olieverontreiniging. De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Naast de directe slachtoffers die een ramp veroorzaakt, zijn er ook mogelijks negatieve gevolgen voor de populatie (langdurig effect). Het is echter niet altijd eenvoudig het effect van de ramp te onderscheiden van natuurlijke fluctuaties in een populatie.

Bij bovenstaande besluiten moet evenwel rekening gehouden worden met het feit dat dergelijke effecten sterk afhankelijk zijn van geografische, fysiologische, chemische omstandigheden en weersomstandigheden waardoor de olieverontreiniging beïnvloed kan worden. Het cumulatieve effecten van verontreiniging bij de aanwezigheid van meerdere windmolenparken zal mogelijks groter zijn dan de som van de effecten van elk park afzonderlijk. Door de toename van aantal windturbines bij elk nieuw park, zal dit het indammen bemoeilijken omdat de bestrijdingsschepen veel omzichtiger moeten manoeuvreren.

Tabel 6-31 geeft een samenvatting weer van de effecten op scheepvaart tijdens de volledige levenscyclus van het Rentel windmolenpark onder scenario 2B t.o.v. een basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--). In Tabel 6-32 is aangegeven of het cumulatief effect gelijk is aan, groter dan of kleiner dan de som van de effecten.

Tabel 6-31 Overzicht van de effecten op scheepvaart bij het cumulatieve scenario 2B (Belwind, Seastar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther) t.o.v. een basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power)

Effecten op scheepvaart	
Constructiefase	
Risico's op aanvaring tussen schepen	0/-
Operationele fase	
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: veranderende verkeersstromen	0/-
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: aanvaringen/aandrijvingen van turbines	-
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: aanvaringen tussen schepen	0/-
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: Bij onderhoud en reparaties	0/-
Gevolgschade: Schip en windturbines	-
Gevolgschade: Verontreiniging en de gevolgen van een scheepsramp	0/-

Gevolgschade: Persoonlijk letsel	0
Ontmantelingsfase	
Risico's op aanvaring	0/-
Bekabeling	
Risico's op aanvaring	0/-

Tabel 6-32 Overzicht van de cumulatieve effecten op scheepvaart

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Constructiefase		
Risico's op aanvaring tussen schepen	Neen	>S
Operationele fase		
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: veranderende verkeersstromen	Neen	S
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: aanvaringen/aandrijvingen van turbines	Neen	<S
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: aanvaringen tussen schepen	Neen	>S
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: Bij onderhoud en reparaties	Neen	S
Gevolgschade: Schip en windturbines	Neen	S
Gevolgschade: Verontreiniging en de gevolgen van een scheepsramp	Neen	>S
Gevolgschade: Persoonlijk letsel	Ja	n.v.t.
Ontmantelingsfase		
Risico's op aanvaring tussen schepen	Neen	>S
Bekabeling		
Risico's op aanvaring tussen schepen	Neen	>S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten)

6.3.8.2 Radar en scheepscommunicatie

6.3.8.2.1 Methodologie

In overleg met de bevoegde overheid (BMM) werd beslist om, naast de risico's en effecten door de bouw van enkel het Rentel windmolenpark op radar en scheepscommunicatie, ook de cumulatieve effecten te onderzoeken van het volledige Belgische concessiegebied op radar en scheepscommunicatie. Daarbij werden de effecten bekeken vanuit zowel het Belgische als het Nederlandse oogpunt en werd ook het toekomstig Nederlands windmolenpark Borssele ingetekend dat grenst aan de Belgische concessiezone.

De bespreking en beoordeling van de effecten van operationele windmolenparken op radar en scheepscommunicatie werd opgemaakt in een deelstudie door Flemtek-IMDC (2012) (integraal bijgevoegd als externe bijlage bij dit MER). De belangrijkste resultaten in verband met het cumulatief effect van de windmolenparken op radar en scheepscommunciatie worden hieronder opgesomd.

6.3.8.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

In hoofdstuk 1 van Flemtek_IMDC (2012) wordt het studiegebied gesitueerd. In hoofdstuk 2 volgt een overzicht van de actuele gegevens van de SRK radarketen, scheepsradars, marifone installaties en het effect van individuele windturbines op radar. Het wettelijke werkingsgebied werkingsgebied wordt geschetst, maar ook het feitelijk bereik van de SRK radarstations in functie van verschillende hoogtes van de waar te nemen objecten.

6.3.8.2.3 Effecten tijdens operationele fase

Uit een analyse van de beschikbare literatuur konden de volgende zeven effecten op radars en marifone installaties worden afgeleid:

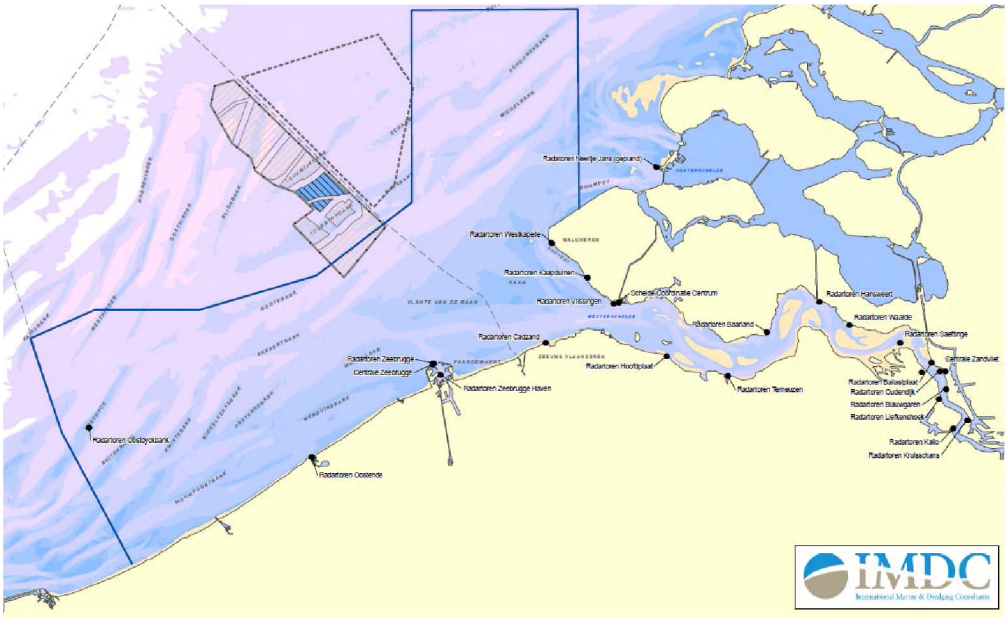
1. Line of Sight (LoS). Eerst worst nagegaan of de parken zichtbaar zijn, rekening houdend met de kromming van de aarde en de hoogte van objecten;
2. Mogelijke detectie door sidelobes;
3. Shadowing en mogelijke dode zones;
4. Mogelijke onvoldoende vrije Fresnel doorgangen tussen de windturbines (ook voor de radio communicatie);
5. Meervoudige reflecties en mogelijke valse echo's;
6. Clutter effect door reflecties van de draaiende wieken en reflecties van de windturbines onderling;
7. Diffractie en multipath propagatie, met range en azimuth errors.

Uit de analyses en bijhorende simulaties kunnen de onderstaande conclusies geformuleerd worden, naar zowel de cumulatieve en grensoverschrijdende effecten in het algemeen, als naar de impact van het project Rentel in het bijzonder op de operationele werking van de radarsystemen en de marifonie. De conclusies omvatten tevens de besproken effecten omtrent het gehele Belgische concessiegebied op de SRK radarinstallaties, de scheepsradar en de marifone radiocommunicatiesystemen.

6.3.8.2.4 Impact op de waarnemingen van de SRK walradarstations.

Eerst en vooral dient opgemerkt te worden dat nagenoeg het volledige Belgische concessiegebied buiten het wettelijke werkingsgebied van de SRK walradarketen ligt. Enkel een beperkt gedeelte van het project Norther (nog voor de Thorntonbank gelegen) maakt deel uit van het SRK werkingsgebied. Het project Rentel is volledig buiten het SRK werkingsgebied gelegen. Dit is duidelijk te zien op de Figuur 6-7 waar zowel het concessiegebied als het SRK werkingsgebied worden weergegeven.

Dit neemt echter niet weg dat het feitelijke werkingsgebied van de SRK walradarketen zich verder uitstrekt, en dat het scheepvaartverkeer daar ook opgevolgd wordt.

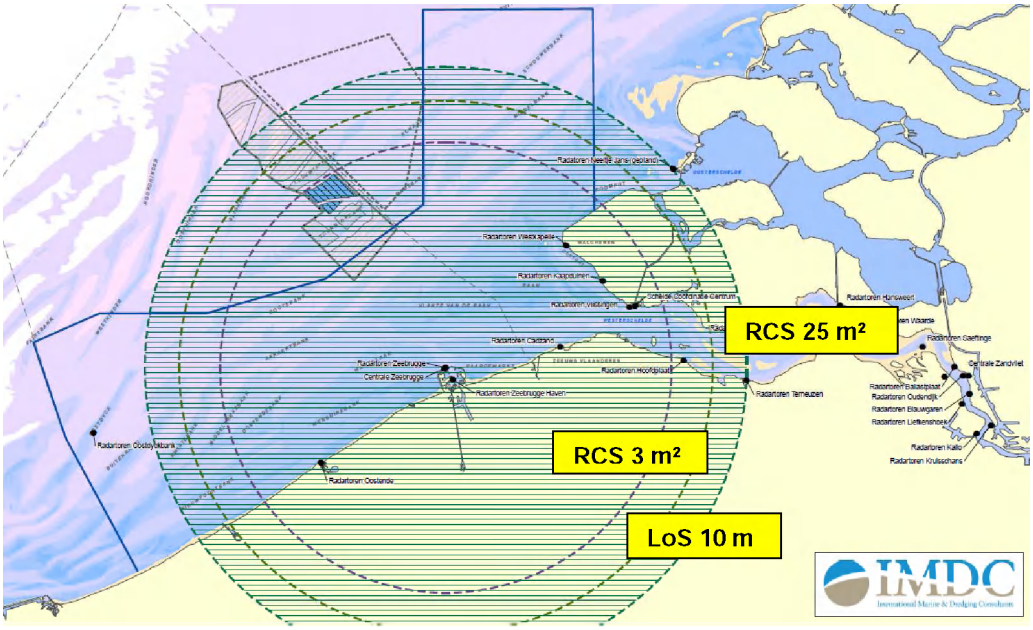


Figuur 6-7 SRK werkingsgebied en Belgische concessiegebied voor offshore windmolenparken

Reikwijdte van de SRK radarstations

De reikwijdte van de SRK radarstations wordt enerzijds bepaald door de effectieve LoS (Line of Sight), en anderzijds door de RCS (Radar Cross Section) van de schepen.

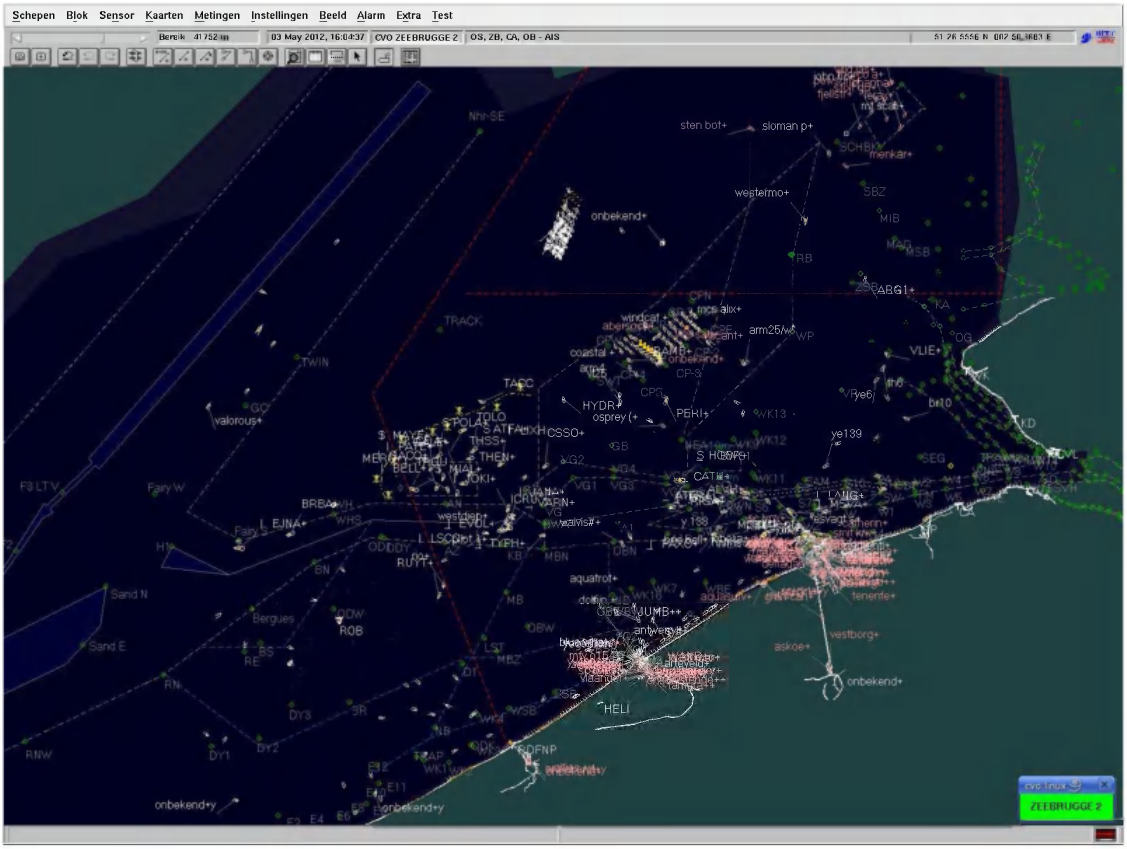
De Los hangt af van zowel de hoogte van de radar antennemast aan de wal, als de hoogte van de objecten op zee. Maar binnen deze voorwaarden is ook de RCS van de schepen mee bepalend, omdat het gereflecteerde signaal nog voldoende detecteerbaar moet zijn boven de ruis van de ontvanger (Signal/Noise ratio of S/N). Als voorbeeld toont Figuur 6-8 een combinatie van LoS reikwijdte bij een objecthoogte van 10 m, en het RCS bereik voor een RCS waarde van 1 m² en 25 m², voor het radarstation van Zeebrugge, en waarbij dus in het ene geval de LoS en in het andere geval de RCS de beperkende factor is.



Figuur 6-8 Voorbeeld voor de SRK radar van Zeebrugge omtrent beperking van de reikwijdte in functie LoS en RCS

Hieruit volgt dat grotere schepen met een grotere hoogte boven de zeespiegel en een grotere RCS waarde meteen tot op een grotere afstand kunnen waargenomen worden dan kleinere schepen. Dit verklaart ook dat de verder afgelegen windmolenparken nog zichtbaar blijven op de schermen van de SRK walradar (hoogte meer dan 100 m en relatief grote RCS).

Deze effecten zijn duidelijk waarneembaar op de screenshot van Figuur 6-8, waarbij het project Belwind duidelijk te zien is, maar nagenoeg alle schepen op grotere afstand "verdwenen" zijn uit het geregistreerde radarbeeld.

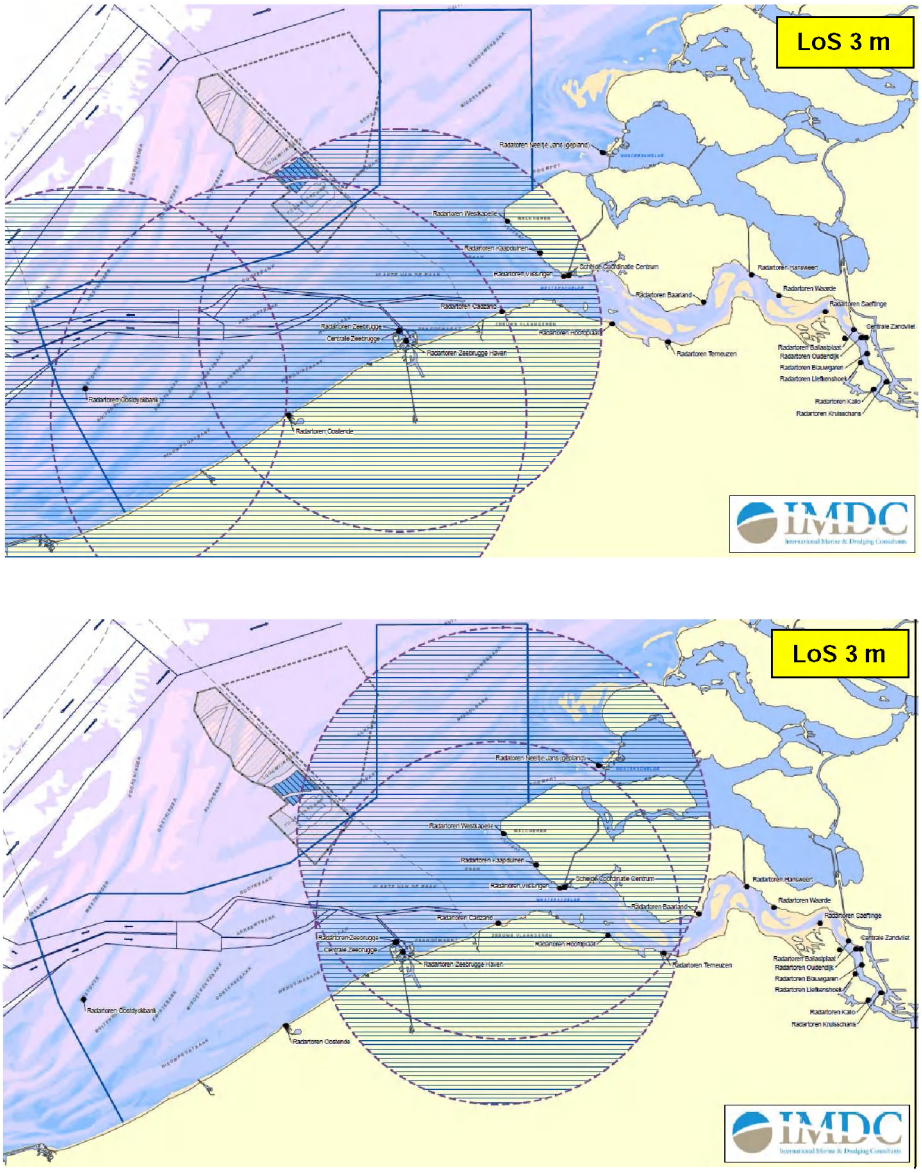


Figuur 6-9 Typisch radar-screenshot van het scheepvaartverkeer (momentopname). Courtesy van "Afdeling Scheepvaartbegeleiding"

Bovendien heeft zelfs de volledige invulling van het Belgische concessiegebied voor offshore windmolenparken geen enkel gevolg op de opvolging van het scheepvaartverkeer op de hoofdnavigatieroutes. Dit is te zien op de Figuur 6-10 waarop het minimale bereik van de SRK radars wordt weergegeven voor een LoS van 3 m hoogte van het object.

Dit bereik wordt ook gescheiden weergegeven voor zowel de Vlaamse als de Nederlandse radarinstallaties. Hieruit blijkt dat de dubbele radardekking van de zones ten westen en ten oosten van het Belgische concessiegebied gegarandeerd blijft, ook wanneer de schaduwzones ten gevolge van de offshore windmolenparken mee in rekening gebracht worden (zie verder 'Shadowing en dode zones').

Wel dient opgemerkt te worden dat los van een invulling van het Belgische concessiegebied, het noordelijkste deel op Nederlands grondgebied van het SRK werkingsgebied op dit moment niet optimaal afgedekt wordt. Dit wordt in de toekomst verholpen door de inplanting van een extra radarstation "Neeltje Jans", dat op korte termijn (2015) een optimale radardekking zal garanderen.



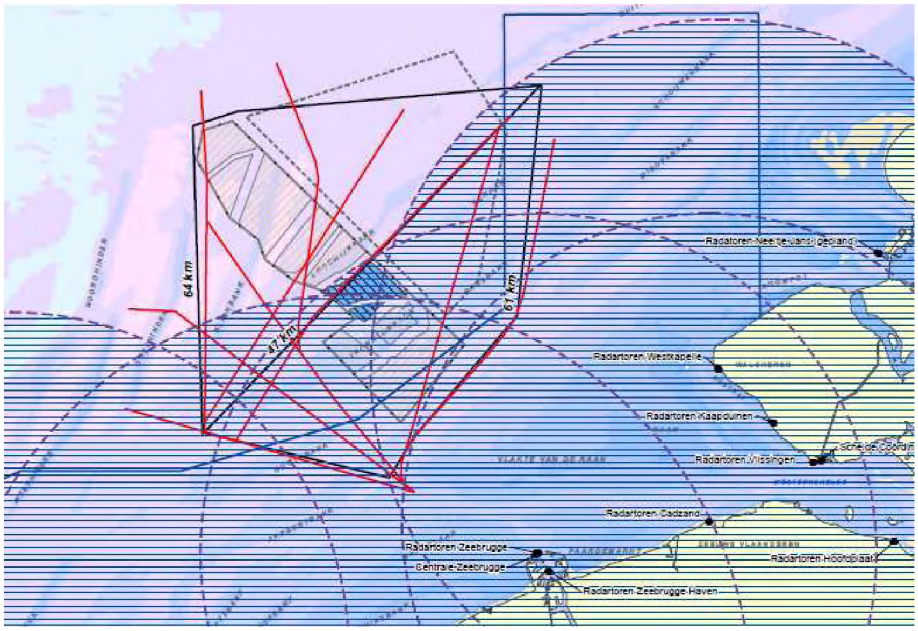
Figuur 6-10 Bereik van de SRK radars bij een LoS van 3 m (Vlaamse boven en Nederlandse onder)

Voor radarzichtbaarheid van de secundaire navigatieroutes zal de invulling van het volledige concessiegebied wel gevolgen hebben, ook en vooral omdat de gangbare routes zullen gewijzigd worden.

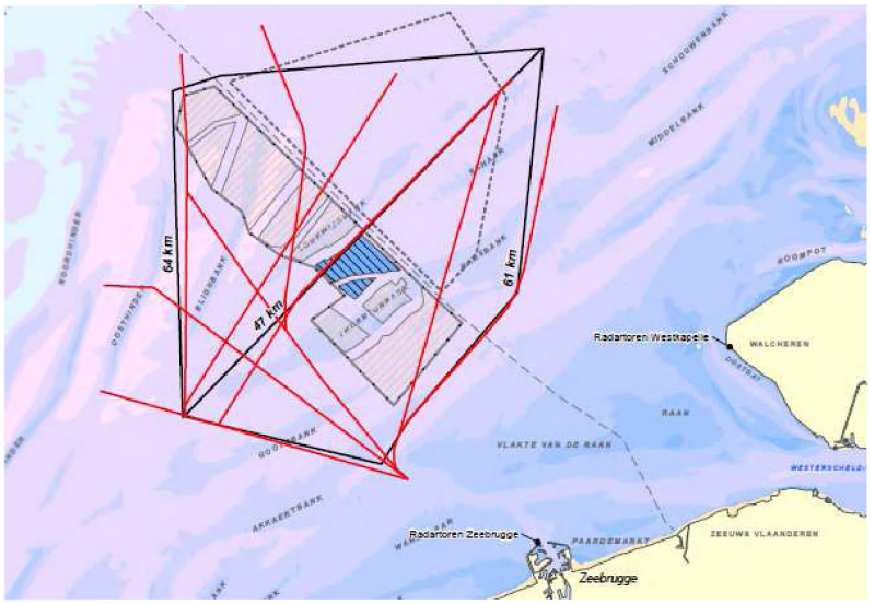
De doorgang tussen de verschillende offshore parken wordt beperkt door het recent gepubliceerde KB (*d.d. 11/04/2012 – BS 1/6/2012*) omtrent veiligheidsafstanden, waardoor een corridor tussen de offshore windmolenparken niet meer mogelijk is. Secundaire navigatieroutes zullen enkel nog mogelijk zijn langs en omheen het concessiegebied, waardoor de noodzaak aan opvolging van deze scheepstrafiek een andere operationele invulling zal krijgen. Dit is een gezamenlijk en algemeen probleem van alle offshore windmolenparken.

Deze gewijzigde situatie van secundair scheepvaartverkeer wordt geschetst in Figuur 6-11 en in Figuur 6-12 waarbij het SRK bereik voor schepen met een LoS van 3 m als referentie wordt aangehouden. Het is duidelijk dat een deel van de voordien zichtbare secundaire vaarroutes

(rood op Figuur 6-11 en in Figuur 6-12), na inplanting van de offshore windmolenparken zullen omgelegd worden (zwart op Figuur 6-11 en in Figuur 6-12) en buiten het bereik zal vallen van de SRK radars. Niet het project Rentel op zich, maar wel de verder zeewaarts gelegen offshore windmolenparken zijn daarvan de directe oorzaak.



Figuur 6-11 Schematische voorstelling van het omleggen van de secundaire scheepvaartroutes bij invulling van het concessiegebied, tegenover het SRK werkingsgebied en het bereik van de actuele SRK radarstations bij een LoS hoogte van 3 m



Figuur 6-12 Schematische voorstelling (detail) van het omleggen van de secundaire scheepvaartroutes bij invulling van het concessiegebied

In verband met de veiligheid van deze scheepstrafiek kan verder verwezen worden naar de betreffende hoofdstukken in de MER studie:

- hoofdstuk 6.3.8.1. cumulatieve effecten: risico's en veiligheid – scheepvaart

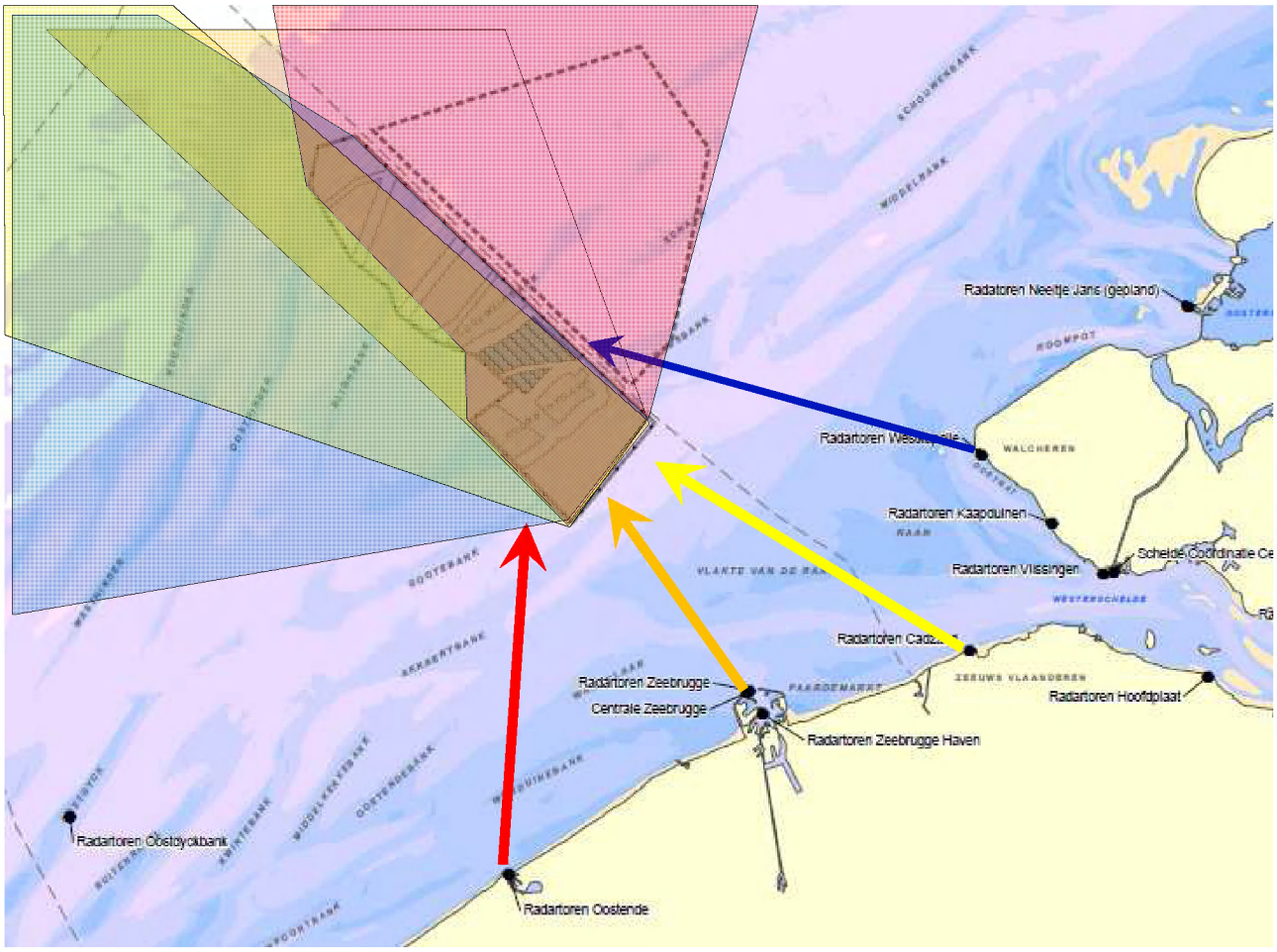
- hoofdstuk 7.5. grensoverschrijdende effecten – risico's en veiligheid

Mogelijke detectie door zijlobes

Uit de voorgaande analyses en simulaties blijkt dat de offshore windmolenparken binnen het Belgische concessiegebied niet door de zijlobes van de SRK radarinstallaties kunnen gedetecteerd worden, en waardoor ook geen valse of verkeerde beeldvorming kan ontstaan. De afstand, waarbij een zijlobe detectie mogelijk is, ligt immers op 6 km tussen radar installatie en object.

Shadowing en dode zones

Uit de voorgaande analyses en simulaties blijkt dat achter de offshore windmolenparken er een radarblinde zone zal ontstaan voor de SRK radar installaties. Dit betekent concreet dat voor de radars van Oostende en Zeebrugge een gedeelte ten oosten van het concessiegebied en voor de radars van Cadzand en Westkapelle een gedeelte ten westen van het Belgische concessiegebied, niet meer zichtbaar zal zijn. Zoals echter reeds in 'Reikwijdte van de SRK radarstations' aangehaald, zal dit geen repercussie hebben op de goede werking van de SRK radarketen. Zie de Figuur 6-10.



Figuur 6-13 Schematische voorstelling van de richtingen waarin schaduwzones optreden voor de verschillende SRK radarstations, en waardoor het project Rentel volledig verdoken ligt achter de offshore windmolenparken van Norther en C-Power (rode pijlen) of toch nog gedeeltelijk zichtbaar blijft (blauwe pijl) bij niet-invulling van het concessiegebied Borssele

Bovendien dient hier expliciet gesteld te worden dat het project Rentel op zich verdoken ligt achter de voorliggende windmolenparken van Norther en C-Power voor wat de radarinstallaties betreft van Oostende, Zeebrugge en Cadzand en dus geen bijkomende cumulatieve effecten met zich zal meebrengen. Het project Rentel blijft voor een klein en beperkt gedeelte in directe lijn zichtbaar voor de radarinstallatie van Westkapelle. Bij de uitbouw van offshore windmolenparken in het Nederlandse Borssele concessiegebied zal het project Rentel eveneens voor de radarinstallatie van Westkapelle onzichtbaar worden

Zoals eerder gesteld heeft dit echter geen invloed op de zichtbaarheid ten westen (vanuit Oostende en Zeebrugge) en ten oosten (Cadzand en Westkapelle) van het concessiegebied.

In Figuur 6-13 wordt in een schematische voorstelling de richtingen gegeven, waarbij schaduwzones optreden voor de verschillende SRK radarstations, en waardoor het project Rentel verdoken ligt achter de offshore windmolenparken van Norther en C-Power. Een meer gedetailleerde weergave per SRK radarstation is weergegeven in de deelstudie van Flemtek-IMDC (2012) (externe bijlage).

Vrije radarpropagatie onder Fresnel condities

Uit de voorgaande analyses blijkt dat er geen oplijning mogelijk is van de windturbines tegenover de verschillende SRK radarinstallaties, noch binnen eenzelfde windmolenpark en ook niet tussen de verschillende offshore windmolenparken, en dit om windtechnische redenen. Propagatie van de radarsignalen doorheen de offshore windmolenparken zal dus praktisch niet mogelijk zijn. Zoals reeds in de vorige paragraaf 'Shadowing en dode zones' gesteld, zullen er dus achter de windmolenparken radarblinde zones ontstaan voor de verschillende SRK radarposten. Maar dit zal, zoals in de paragraaf 'Reikwjdte van de SRK radarstations' reeds aangehaald, geen verdere invloed hebben op de waarnemingen door de SRK radarketen.

Mogelijke valse echo's door meervoudige reflecties

Valse echo's door het optreden van meervoudige reflecties zullen zich ten opzichte van de SRK radarketen niet voordoen.

Mogelijke clutter van de draaiende wieken

Fysisch kan een schip zich niet op de plaats van een windturbine bevinden, en bijgevolg ook niet in dezelfde radar-waarnemingscel van een windturbine (evenwel met uitzondering voor de onderhoudsschepen nabij of in een windmolenpark). Daardoor kan er ook geen directe maskering van een schip door een windturbine optreden. De mogelijk variërende reflecties van draaiende wieken is een sterk locaal effect en van een totaal andere aard dan de clutter afkomstig van de zeegolven. De anti-clutter algorithmes zullen in dit geval geen impact hebben op de waarnemingen om en nabij de windturbines en de mogelijke clutter afkomstig van draaiende wieken speelt dus bij de scheepvaart geen enkele rol.

Fouten door diffractie en multi path propagatie

Uit de voorgaande analyses volgt dat de fouten op range (afstand) zich hoogstens tot één waarnemingscel zullen beperken (maximaal 60 m) en in azimut tot een fout van 0,1°. Deze fouten zijn in de praktijk van de radaropvolging van de scheepvaart dus verwaarloosbaar.

Algemeen kan dus gesteld worden dat er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de offshore windmolenparken binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations.

Wel dient opgemerkt te worden dat de secundaire navigatieroutes zullen wijzigen, en dat deze wijziging de nodige aandacht verdient in verband met de veiligheid en de gerelateerde opvolging van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes die zich beperken tot hoogstens enkele km.

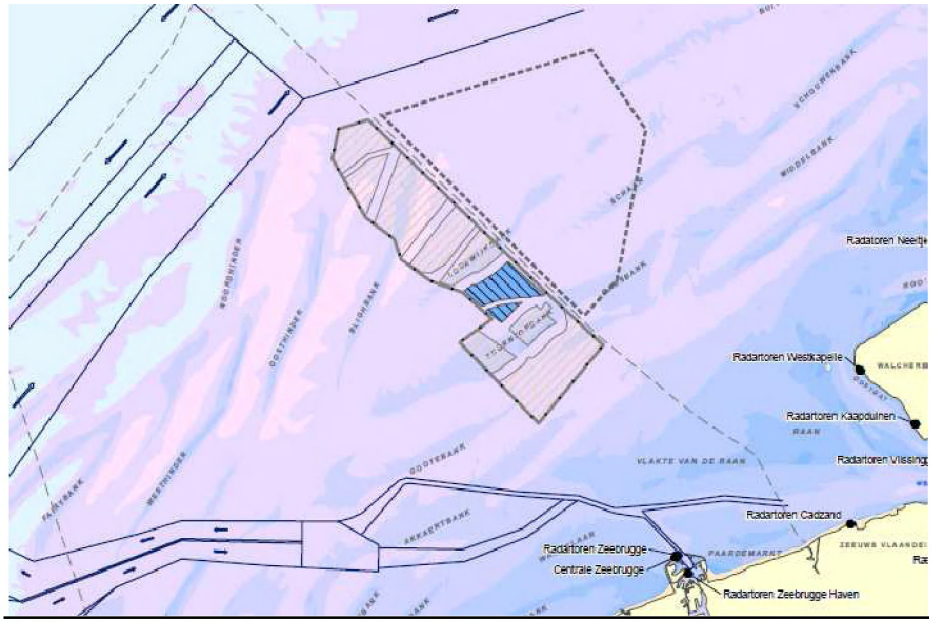
6.3.8.2.5 Impact op de waarnemingen van de scheepsradar

De impact op de scheepsradar heeft te maken met het feit dat de afstanden tussen een scheepsradar en de offshore windmolenparken relatief klein kan worden. De mogelijke effecten manifesteren zich inderdaad binnen afstanden die zich beperken tot ten hoogste enkele km.

Reikwijdte van een typische scheepsradar

De reikwijdte van een typische scheepsradar kan ingeschat worden op ongeveer 25 km en wordt hoofdzakelijk bepaald door de effectieve LoS.

Het is duidelijk (Figuur 6-14) dat voor de hoofdnavigatieroutes, de aanwezigheid van de offshore windmolenparken geen verschil zal uitmaken in vergelijking met de huidige situatie.



Figuur 6-14 Ligging van de hoofdnavigatieroutes tegenover de concessiegebieden

Voor wat de secundaire navigatieroutes betreft, kan hierbij direct verwezen worden naar de opmerkingen geformuleerd in paragraaf 'Reikwijdte van de SRK radarstations' en meer specifiek geschetst in Figuur 6-11 en Figuur 6-12. In verband met de veiligheid van deze scheepstrafiek kan verder verwezen worden naar de betreffende hoofdstukken in de MER studie:

- hoofdstuk 6.3.8.1. cumulatieve effecten: risico's en veiligheid – scheepvaart
- hoofdstuk 7.5. grensoverschrijdende effecten – risico's en veiligheid

Het is duidelijk dat voor deze nieuwe secundaire routes, en ook voor het scheepvaartverkeer van en naar de offshore windmolenparken, aandacht dient besteed te worden aan die effecten die zich op korte afstand van de windmolenparken manifesteren. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

Mogelijke detectie door zijlobes

Uit de voorgaande analyses en enkele gelijkaardige buitenlandse ervaringen blijkt dat detectie van een windturbine via de zijlobes van de scheepsradarantenne, mogelijk is binnen een typische afstand tot 1,5 km van de windturbines. Dit betekent dat er zich een "valse echo" kan voordoen met een virtueel offshore park op het radarscherm. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat een dergelijk verschijnsel niet eigen is aan de aanwezigheid van een windturbine, maar zich kan voordoen bij alle grotere objecten. Radaroperatoren aan boord kennen normaal gezien dit verschijnsel, en zullen meestal de gevoeligheid van de ontvanger kortstondig verminderen, zodat detectie via zijlobes zich niet meer voordoet.

Shadowing en dode zones

Shadowing en radar blinde zones kunnen optreden voor objecten die in lijn liggen van de scheepsradar en een windturbine. Dit verschijnsel is ook maar van belang voor schepen op relatief korte afstand van een offshore windmolenpark (tot 2,5 km). Uit de voorgaande analyses blijkt dat de zichtbaarheid van buitenaf in het windmolenpark en van binnenuit naar het scheepvaartverkeer in de omgeving van de windmolenparken toch mogelijk blijft, wanneer de betreffende schepen zich niet in die directe shadowing zone bevinden, zoals dat a priori het geval is bij het buitenvaren van een windmolenpark.

Vrije radarpropagatie onder Fresnel condities

Zoals in de betreffende deelstudie (Flemtek-IMDC, 2012) wordt aangehaald, blijft zichtbaarheid vanuit de windmolenparken naar het scheepvaartverkeer erbuiten en van buitenaf naar binnen mogelijk onder de Fresnel condities, die op korte afstand slechts een tiental meter vooropstelt. Dit vormt geen probleem gegeven de afstanden tussen de windturbines in de, omwille van windtechnische redenen, voorziene inplanting van de windturbines.

Mogelijke valse echo's door meervoudige reflecties

Meervoudige reflecties kunnen optreden, maar enkel op een relatief korte afstand van maximaal 1,5 km tussen scheepsradar en windturbines. Dit is echter geen verschijnsel dat zich specifiek voordoet rond windturbines, maar ook tussen verschillende schepen onderling.

De radaroperatoren kennen dit verschijnsel, en kunnen desgevallend de gevoeligheid van de scheepsradar voor korte tijd verminderen, zodat de beeldvorming op het scherm niet verstoord wordt.

Mogelijke clutter door de draaiende wieken

Er zijn geen specifieke clutter algorithmes geïmplementeerd bij de signaalverwerking van een scheepsradar en de mogelijke clutter zal zich dus slechts manifesteren in de waarnemingscel waarin een windturbine zich bevindt. In de praktijk stelt de bijhorende maskering geen probleem, want een schip kan zich niet in dezelfde waarnemingscel bevinden.

Fouten door diffractie en multipath propagatie

Op korte afstand kunnen zich fouten voordoen ten opzichte van een exacte azimuth bepaling van een object. Gegeven de korte afstand waarbinnen zich grotere fouten dan de eigen resolutie van de radarbundel kunnen voordoen (tot ongeveer 0,5 km), blijft de resulterende

fysische fout in azimuthale afstand toch voldoende klein. Vanaf afstanden tussen scheepsradar en objecten van 1 km en meer, worden de fouten verwaarloosbaar tegenover de eigen resolutie van de radarantenne.

Algemeen kan dus gesteld worden dat met betrekking tot de operationele werking van de scheepsradar er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. De meeste fenomenen zijn nu reeds bekend wanneer zich een voldoende groot object (in casu ander schip) in de nabijheid van de eigen scheepsradar bevindt. In de meeste gevallen betreft het zelfs een mast of ander object aan boord van het eigen schip dat de oorzaak van foutieve beeldvorming is. De radaroperatoren aan boord zijn dan ook met deze verschijnselen voldoende vertrouwd. Enkel voor de opvolging van het scheepvaartverkeer in een windmolenpark, of voor de opvolging vanuit een windmolenpark dient de opmerking gemaakt dat er zich direct achter windturbines dode zones kunnen voordoen, maar dat tussenin de transparantie voldoende gegarandeerd blijft.

6.3.8.2.6 Impact op de VHF communicatie en aanverwante marifone systemen (AIS, RDF).

Vooreerst dient gesteld te worden dat de hieronder geformuleerde conclusies zowel gelden voor de VHF communicatie zelf, als voor de AIS en RDF systemen, die ook gebruik maken van een aantal eigen VHF radiokanalen. Er wordt opnieuw onderscheid gemaakt tussen de communicatie van schip naar wal en van schip naar schip. Hierbij dient ook aangestipt te worden dat slechts een beperkt aantal fenomenen van belang of van toepassing zijn bij de marifone communicatiesystemen, en dat zijlobe detectie en meervoudige reflecties een gelijkaardig verschijnsel opleveren als multipath propagatie. Clutter door de draaiende wieken is voor de VHF radiocommunicatie niet van toepassing is.

Reikwijdte van de VHF systemen.

Zoals voor de radarinstallaties zal hier de LoS afstand de feitelijke reikwijdte van de VHF systemen bepalen. Dit betekent in de praktijk een typische afstand van 40 km voor de communicatie van schip/wal en 25 km voor schip/schip.

Voor het scheepvaartverkeer op de hoofdnaviatieroutes zal de realisatie van de offshore windmolenparken geen direct operationeel gevolg hebben en geen verschil uitmaken met de huidige werking en mogelijkheden.

Voor de secundaire navigatieroutes zal een volledige invulling van het concessiegebied wel gevolgen hebben, ook al omdat de gangbare vaarroutes zullen gewijzigd worden. De doorgang tussen de verschillende offshore parken wordt beperkt door de aangepaste veiligheidsafstanden (*zie KB d.d. 11/04/2012- BS 1/6/2012*) waardoor een corridor tussen de verschillende offshore windmolenparken niet meer mogelijk is.

Secundaire navigatieroutes zullen enkel nog mogelijk zijn langs en omheen het concessiegebied, waardoor de noodzaak aan operationele opvolging van deze scheepstrafiek een andere invulling zal krijgen. Dit is duidelijk een gezamenlijk en algemeen probleem van alle offshore parken.

Deze gewijzigde situatie van secundair scheepvaartverkeer wordt geschetst in Figuur 6-11 en in Figuur 6-12. Het is duidelijk dat een deel van de voordien VHF bereikbare secundaire

vaarroutes (rood op Figuur 6-11 en in Figuur 6-12) na inplanting van de offshore windmolenparken, door de omlegging van deze secundaire vaarroutes (zwart op Figuur 6-11 en in Figuur 6-12), buiten het bereik van de VHF radiostations zal vallen. Niet het project Rentel op zich, maar wel de verder zeewaarts gelegen offshore windmolenparken zijn daarvan de directe oorzaak.

In verband met de veiligheid van deze scheepstrafiek kan verder verwezen worden naar de betreffende hoofdstukken in de MER studie:

- hoofdstuk6.3.8.1. cumulatieve effecten: risico's en veiligheid – scheepvaart
- hoofdstuk 7.5. grensoverschrijdende effecten – risico's en veiligheid

Shadowing en dode zones, en vrije radiopropagatie onder Fresnel condities

Uit de voorgaande analyses blijkt dat achter de offshore windmolenparken er een radioblinde zone zal ontstaan voor de SRK radarinstallaties. Dit betekent concreet dat voor de VHF radiostations van Oostende en Zeebrugge een gedeelte ten oosten van het concessiegebied en voor het VHF radiostation van Westkapelle een gedeelte ten westen van het Belgische concessiegebied, niet meer bereikbaar zal zijn. Zoals echter reeds in vorige paragraaf 'Reikwijdte van de VHF systemen' aangehaald, zal dit geen repercussie hebben op de goede werking van de VHF radiostations. De situatie is analoog als voor de radarstations, zoals op Figuur 6-10 weergegeven.

Bovendien dient hier expliciet gesteld te worden dat het project Rentel verdoken ligt achter de dichter bij de kust gelegen windmolenparken van Norther en C-Power voor wat de VHF radiostations betreft van Oostende en Zeebrugge en dus geen bijkomende cumulatieve effecten met zich zal meebrengen. Het project Rentel heeft daarbij geen invloed op de VHF radiocommunicatie ten westen van het Belgische concessiegebied. Het gebied ten oosten van de concessiegebieden blijft volledig bereikbaar voor het VHF radiostation in Westkapelle.

Toch dient de nodige aandacht besteed aan de verder afgelegen gebieden, zowel voor de communicatie naar de te verwachten secundaire scheepvaartroutes en voor de nooddiensten Search and Rescue (SAR). In verband met de SAR diensten, dient de installatie vermeld te worden van een relaisstation in het offshore windmolenpark Belwind voor de VHF kanalen 16 en 67, en één variabel instelbaar radiokanaal (voorzien per 1 juli 2012).

Voor de communicatie tussen de schepen onderling zal er zich geen noemenswaardig verschil voordoen voor de schepen op de hoofdnavigatieroutes. Radiocommunicatie blijft mogelijk voor schepen die zich in en nabij de offshore windmolenparken (onderhoud) bevinden, maar communicatie doorheen de windmolenparken zal gestoord tot tijdelijk onmogelijk zijn.

Mogelijke effecten van multipath propagatie

Mogelijke effecten op de kwaliteit van de radio ontvangst kunnen zich voordoen binnen een afstand van ongeveer 1 km rond de windmolenparken. Dit type effect doet zich echter ook voor door reflecties op andere objecten (aan boord) of andere schepen binnen eenzelfde afstand en zijn dus niet eenzijdig toe te schrijven aan de aanwezigheid van de offshore parken. Dit geldt zowel voor de communicatie tussen schip en wal, en schip naar schip.

Verder kan expliciet gesteld worden dat de realisatie van de offshore windmolenparken geen directe invloed zal hebben op zowel de werking van de AIS systemen, als van de RDF systemen. Zoals hierboven aangehaald wordt de reikwijdte hiervan evenzeer beperkt door de

LoS afstanden van de VHF communicatie systemen, en blijven de mogelijke fouten beperkt binnen de specificaties van beide systemen.

Voor het AIS systeem kan een bijkomend relaisstation in het offshore windmolenpark Belwind, de opvolging op de hoofdnavigatieroute mogelijk maken.

Algemeen kan dus gesteld worden dat met betrekking tot de VHF radiostations er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen op Belgisch of Nederlands grondgebied voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. Dit geldt evenzeer voor de werking van het AIS systeem als voor het RDF systeem.

*Opnieuw verdienen de aangepaste secundaire navigatieroutes rondom de offshore windmolenparken de nodige aandacht in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek, waarbij de radio communicatie **doorheen** de windmolenparken tussen schip en schip quasi onmogelijk zal zijn.*

6.3.8.2.7 Besluit bespreking en beoordelingen van de effecten op radar en scheepscommunicatie

Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van het singuliere offshore windmolenpark "Rentel" geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich vandaag de dag voordoet. Mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ, zullen in eerste instantie bepaald worden door de effecten van de projecten Norther en C-Power voor en op de Thorntonbank, gezien deze gebieden nog binnen de actieve zone van zowel de Vlaamse en Nederlandse SRK radarstations, als de VHF radiostations gelegen zijn.

Verder dient er op gewezen te worden dat in deze studie enkel de effecten van de SRK radarbewaking van de scheepvaart, de radarwaarneming door de scheepsradar en de VHF radio communicatie (schip/wal en schip/schip) besproken zijn. De bewaking van het hier beschouwde windmolenpark zelf (en van de diverse andere windmolenparken) is in deze studie niet aan bod gekomen. Hiervoor dienen er uiteraard gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om de scheepvaartraffiek om en rond de meer zeewaarts gelegen zijde van het afgebakende concessiegebied op het BDNZ adequaat op te volgen. Hierbij kan gedacht te worden aan een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte. Het is echter evident dat een dergelijke extra radarinstallatie meteen alle offshore windmolenparken (Norther, C-Power, "Rentel", Northwind, Belwind en eventueel andere initiatieven) kan en zal "bedienen".

6.4 LEEMTEN IN DE KENNIS

Door het toenemende aantal offshore windenergie projecten groeit het bewustzijn dat er meer aandacht moet besteed worden aan het mogelijke milieueffect tengevolge van de combinatie van meerdere initiatieven en neemt het aantal wetenschappelijke studies toe. De eerste monitoringsresultaten van constructiewerkzaamheden ter hoogte van het C-Power windmolenpark en het Belwind windmolenpark zijn gepubliceerd, maar laten nog niet toe om

eventuele cumulatieve effecten te identificeren. Er bestaat dus nog steeds veel onzekerheid over de mogelijke cumulatieve effecten van verschillende windmolenparken onderling en in combinatie met andere mariene activiteiten.

De leemten in de kennis zijn reeds besproken in de afzonderlijke hoofdstukken binnen dit MER.

6.5 MILDERENDE MAATREGELEN

Naarmate meer parken worden gerealiseerd zowel in binnen- als buitenland, is er een grotere kans op het optreden van cumulatieve effecten. Deze groei in windenergie-initiatieven wereldwijd zou in de eerste plaats veel baat kunnen halen uit een gesynchroniseerde ruimtelijke planning op internationale schaal om de mogelijke cumulatieve effecten over de grenzen heen beter te beheren en begrenzen. Om het ruimtebeslag van de kabeltracés te beperken en zodoende zo veel mogelijk ruimte beschikbaar te houden voor overige gebruiksfuncties, wordt voorgesteld om de kabels waar mogelijk gebundeld aan te leggen.

Gezien de onzekerheid en leemtes in de kennis moeten de eerste resultaten met de nodige voorzichtigheid beoordeeld worden en is de beste mitigerende maatregel bijkomende monitoring van mogelijke cumulatieve effecten.

6.6 MONITORING

Monitoring is noodzakelijk om de geïdentificeerde leemtes in de kennis weg te werken. Als basis voor de monitoring wordt verwezen naar de verschillende hoofdstukken. Indien mogelijk moeten de monitoringsprogramma's van de verschillende parken op elkaar afgestemd worden en synergieën gezocht worden, in overleg met de BMM. Dit moet ervoor zorgen dat zoveel mogelijk leemten opgevuld raken en dat financiële inspanningen voor monitoring leiden tot een nuttig resultaat.

7. GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG

7.1 INLEIDING

Het Verdrag van ESPOO (1991) wijst op de verplichtingen van de verschillende lidstaten inzake grensoverschrijdende milieueffecten van bepaalde activiteiten, waaronder de ontwikkeling van offshore windenergie. Het Verdrag werd opgenomen in het KB van 07 september 2003 (art. 19). Gezien de positie en de afstand van de inplanting van het Rentel project ten opzichte van de buurlanden kunnen enkel effecten verwacht worden naar Nederland toe.

Door de beperkte afstand tot het Nederlands grondgebied kan verwacht worden dat vrijwel alle effecten die tot buiten het concessiegebied waarneembaar zijn, ook zullen optreden op het Nederlands grondgebied (BMM, 2011b). Voor een uitgebreide bespreking van de relevante effecten wordt dan ook verwezen naar de desbetreffende hoofdstukken in dit MER.

7.2 KLIMAAT

Er zijn sterke indicaties dat vlak achter een windmolenpark de windsnelheid tot 40% kan dalen. Indien de turbines dichter dan 500 m van elkaar geplaatst worden, neemt de windschaduw zelfs zodanig toe dat vlak achter het park geen wind meer is (Brand, 2009). Op een onderlinge afstand van 1.400 m (14 rotordiameters) tussen de windturbines, is er vlak achter het park een verlies van 6% in windsnelheid.

Indien men in de toekomst in het nabijgelegen Nederlandse windenergiegebied 'Borssele' windturbines zou plaatsen, dan zou de Belgische windconcessiezone potentieel de wind in dit gebied significant verstoren (Figuur 7-1). Om het verlies in windsnelheid achter een windmolenpark te beperken tot minder dan 0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in acht genomen te worden tussen de parken in de overheersende windrichting (WZW) (Brand, 2009). Daar de windenergie evenredig is met de derde macht van de windsnelheid is een verlies van meer dan 0,5 m/s betekenisvol. De afstand van de windmolens in het Rentel projectgebied tot de Nederlandse grens waarlangs het Borssele windenergiegebied ligt is ca. 600 m.

Momenteel bestaat er echter nog geen duidelijkheid over de invulling van windmolenparken in de Nederlandse zone, noch over de effectieve verandering in het windklimaat afwaarts van de Belgische windmolenparken. Verder onderzoek naar de 'schaduweffecten' van de Belgische windmolenparken is bijgevolg aangewezen.

7.3 GELUID EN ZEEZICHT

Gezien de grote afstand tot de Nederlandse kust (ca. 30 km) zullen de windturbines van het Rentel project geen visuele hinder noch geluidshinder veroorzaken tijdens de operationele fase. Het specifieke geluid aan de kustlijn onder het worst case scenario (13 dB(A) onder een invulling van 55 WTG's x 10MW) bevindt zich ruim onder het huidig achtergrondgeluidsniveau van 30 tot 40 dB(A) tijdens de nachtperiode.

Op zee kan er wel geluidshinder verwacht worden tijdens de operationele fase, maar deze zal zeer beperkt zijn. Boven water aan de rand van de veiligheidszone (zone van 500 m rond het park) zal het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A). Dit is vergelijkbaar met het geluidsniveau veroorzaakt door licht autoverkeer op 30 m, regen, koelkast, afwasmachine, omgevingsgeluid in het bos.

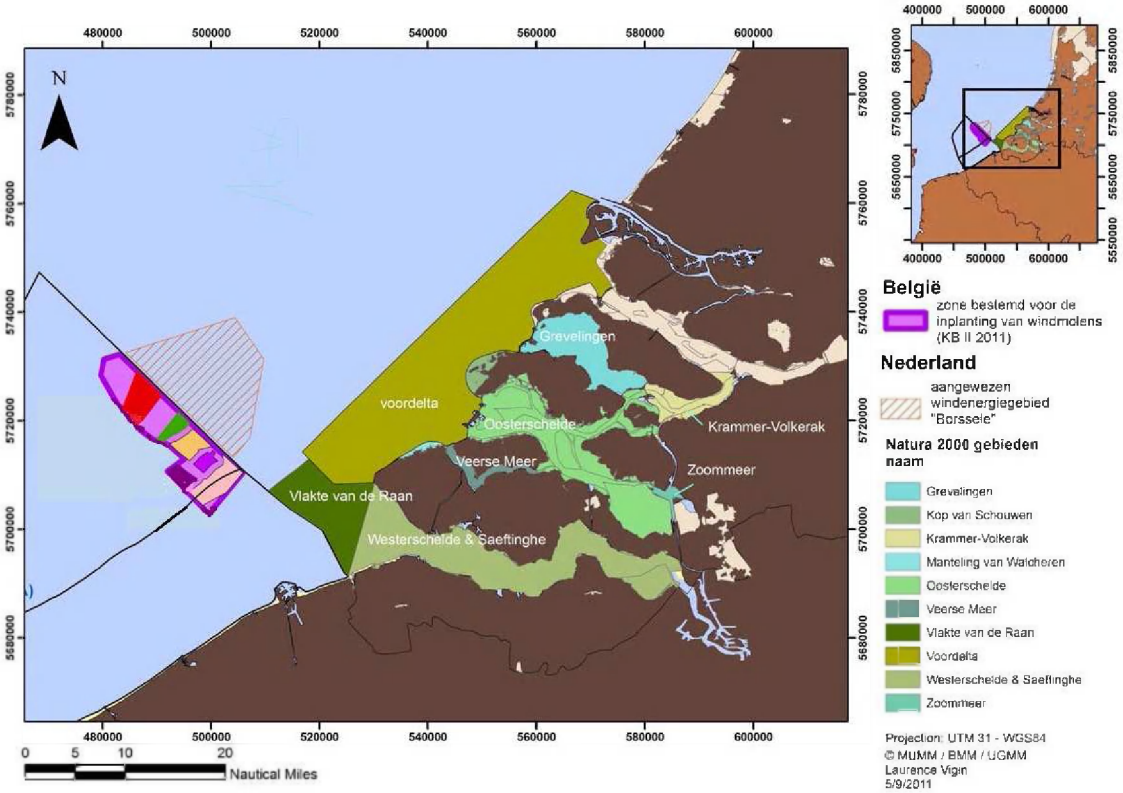
Monitoring van het onderwatergeluid tijdens de constructiefase van het Belwind park op de Bligh Bank (Norro *et al.*, 2010) heeft echter aangewezen dat het voorgestelde criterium voor impulsgeluiden voor een behoud van een goede milieutoestand (Kaderrichtlijn Mariene Strategie), nl. het niveau van antropogene impulsgeluiden dient kleiner te zijn dan 185 dB re 1µPa (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron, niet gerespecteerd werd tijdens het heien van een monopile. Het maximaal toelaatbaar piekgeluidsniveau van 185 dB re 1µPa werd slechts bereikt op een afstand van 1580 m van de paal.

Op basis van de literatuurgegevens uit geluidsmetingen onder water tijdens het heien van palen (diameters tussen 4 en 5 m, met verschillende lengte en ter hoogte van verschillende bathymetrie) en de geluidsoverdrachtsformule opgenomen in de literatuurstudies van Nedwell *et al.* (2007) en Norro *et al.* (2010), werd het piekniveau berekend op grotere afstanden (0,5 km tot 80 km) tot de paal. Daaruit volgt dat er tijdens het heien van de funderingen op 20 km nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1µPa). Op 80 km wordt het achtergrondgeluidsniveau nagenoeg nergens meer overschreden. Gezien de nabijheid van het Rentel windmolenpark tot de Nederlandse grens (ca. 600 m) zal heien van funderingen tijdens de constructiefase, een effect hebben tot over de grens.

Ook het baggeren van funderingsputten tijdens de constructiefase zal een effect hebben tot over de Nederlandse grens. In een studie van de BMM (2007) werden op 430 m en 1.500 m afstand van een baggerschip geluidsniveaus van 138 dB, respectievelijk 131 dB (re 1 µPa) opgemeten. Het onderwatergeluid bij gunstige weersomstandigheden zal tot op enkele kilometers van de bron significant hoger zijn dan het aanwezig achtergrondgeluidsniveau.

7.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT

Momenteel bevinden zich twee Natura 2000 gebieden over de grens met Nederland op minder dan 20 km van het Rentel windmolenpark: de Vlakte van de Raan (Habitatrichtlijngebied) en de Voordelta (Vogel- en Habitatrichtlijngebied en aangewezen wetland) (Figuur 7-1). Op 30 december 2010 werd het Nederlandse gedeelte van de Vlakte van de Raan definitief als Natura 2000 gebied aangewezen. Het gebied Voordelta werd door Nederland bij aanwijzingsbesluit aangewezen als Natura 2000 gebied op 19 februari 2008. In het noordelijk deel van de Voordelta zijn er rustgebieden voor zeehonden en vogels aangewezen en is er een zone waar de bodem extra wordt beschermd.



Figuur 7-1 Overzicht van de Nederlandse beschermde natuurgebieden binnen de mogelijke beïnvloedingszone van de vijf windmolenparken (Rood: Belwind, Groen: Northwind, Geel: Rentel, Paars: C-Power en Roze: Norther) (BMM, 2011b).

7.4.1 Benthos en vissen

De Vlakte van Raan en de Voordelta werden onder meer aangewezen voor Habitat 1110B – permanent overstroomde zandbanken. Dit habitat komt veel voor in de zuidelijke Noordzee. Tijdens de constructie- en operationele fase van het Rentel windmolenpark worden geen veranderingen in de bodemdichtheid of bodemsamenstelling verwacht op Nederlandse Natura 2000 gebieden. De BMM (2011b) stelt dat ook de instandhoudingdoelstellingen voor dit habitattype op Nederlandse bodem worden niet gehypothekeerd bij de aanleg van het Norther windmolenpark. Aangezien dit park dichter bij de Vlakte van Raan en de Voordelta gelegen is, zal dit ook gelden voor het Rentel windmolenpark.

Van de beschermde vissen - Zeeprik, Rivierprik en Fint - in de Voordelta en de Vlakte van De Raan zijn geen kwantitatieve data bekend (Jak *et al.*, 2009). Alle in de Voordelta en de Vlakte van de Raan beschermde vissoorten zijn migrerende diadrome vissen. Voor de Voordelta zijn de instandhoudingsdoelstellingen voor vissen niet gekwantificeerd. Voor Vlakte van de Raan (Jak *et al.*, 2009) bestaan de instandhoudingsdoelstellingen uit het behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied voor uitbreiding van de populatie van deze vissen. De instandhoudingdoelstellingen zullen door de constructie- en exploitatie van het Rentel windmolenpark niet aangetast worden (BMM, 2011b). De belangrijkste beperkende factor in de ontwikkeling van deze beschermde vissoorten wordt bepaald door de kwaliteit en beschikbaarheid van zoetwaterhabitats en de moeilijke passeerbaarheid van sluizen (Jak *et*

al., 2009). Hier hebben de windmolenparken en hun constructie en exploitatie geen effect op (BMM, 2011b).

7.4.2 Vogels

De Voordelta is aangewezen habitat voor 30 niet broed-vogelsoorten, waaronder de zeevogels Roodkeelduiker, Kuifduiker, Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief. Voor deze soorten geldt de doelstelling: 'behoud omvang en kwaliteit van het leefgebied en behoud van de populatie'. De voordelta is voor deze soorten vooral van belang als foerageergebied (voor Dwergmeeuw is dit meer specifiek tijdens de trekperiode). De Voordelta heeft voor Grote stern en Visdief een belangrijke functie als foerageergebied van de broedkolonies in de aangrenzende Natura 2000-gebieden (zie Figuur 7-1) (BMM, 2011b).

Tijdens de constructiefase zijn de voornaamste impacts volgende effecten geïndentificeerd binnen de MER-analyse: verstoring door geluid en trillingen ten gevolge van het heien van palen, het kabelleggen en de toegenomen scheepvaart, en een verhoogde turbiditeit in de waterkolom door baggerwerken. De effecten blijken vooral soortspecifiek te zijn, waardoor de constructiefase voor verstoringsgevoelige soorten gepaard gaat met tijdelijk habitatverlies (Christensen *et al.*, 2003; Petersen *et al.*, 2006). Naast de verstoring van lokale en foeragerende vogels, is er ook een negatief effect op vislarven. In Nederland wordt aangenomen dat binnen een straal van 1 km van de heilokatie alle vislarven gedood worden (Prins *et al.*, 2009). Dit is echter een worst case scenario en is waarschijnlijk overschat (Bolle *et al.*, 2011, BMM, 2011b). Momenteel is er ook weinig geweten over de positie van kraamgebieden van vissen in deze regio. Indien heien significant negatief is voor vislarven dan kan dit een verminderd voedselaanbod betekenen voor visetende vogelsoorten na het heien en dus zorgen voor een verminderde kwaliteit van het foerageergebied (BMM, 2011b).

In het kader van dit project werd een pluimmodelleringsstudie uitgevoerd om de turbiditeit tijdens het baggeren van een funderingsput voor een GBF te begroten (IMDC, 2012c, cf. externe bijlage). Het baggeren van een funderingsput van 90.000 m³ - als 'worst case' illustratie bij het potentieel vertroebelen van het heldere Kanaal zeewater - werd ingeschat op 14 cycli van baggeren en dumpen, wat in totaal ongeveer 1,5 dag duurt. De simulaties werden uitgevoerd tijdens een springtij om de worst-case effecten te benaderen. Er werden twee scenario's doorgerekend:

- scenario 1: baggeren aan de zuidwest zijde van het Rentel projectgebied, en dumpen op 300 m opwaarts van de dominante stromingsrichting;
- scenario 2: baggeren aan de noordoost zijde van het projectgebied, dicht bij de Nederlandse grens, en dumpen centraal in het projectgebied (op ca. 2 km afstand).

De modelresultaten tonen dat de achtergrondwaarde in de regio van ongeveer 4 mg/l (Van den Eynde, 2010) niet langer dan 3,5h (10% van de tijd) overschreden wordt tijdens de volledige baggerwerken van één funderingsput (scenario 1) en minder dan 5% van de tijd (2h) voor scenario 2. Het is vooral de dumpactiviteit die de hoogste turbiditeit veroorzaakt. Tijdens die periode van overschrijding heeft de dumppluim een afstand van ongeveer 5 km afgelegd, tot buiten de grenzen van de concessiezone en voorbij de Nederlandse grens.

In scenario 1 wordt buiten de Rentel consessiezone de achtergrondwaarde van 4 mg/l minder dan 5% van de tijd overschreden (1h45). De limiet van 10 mg/l ('helder water') wordt buiten de Rentel zone voor slechts 2% van de tijd (40 min) overschreden. In scenario 2, reikt de pluim

boven de 4 mg/l bijna niet buiten het projectgebied in de richting van Nederland. Binnen de Rentel zone treden overschrijdingen op voor 7% van de tijd (2,5 uur). De 10 mg/l limiet wordt niet overschreden buiten de Rentel zone. Er binnen, duurt de overschrijding in totaal slechts 2h (5% van de totale tijd).

Wat de effecten tijdens de operationele fase betreft, kunnen er enerzijds directe gevolgen optreden door aanvaringen van vogels met de turbines, en anderzijds indirecte gevolgen door fysische wijzigingen van het habitat. Recente resultaten van Vanermen *et al.* (2011) suggereren dat het windmolenpark op de Thorntonbank een aantrekkende werking heeft op Grote stern en Visdief. Camphuyzen (2011) toonde aan dat de Nederlandse windmolenparken erg aantrekkelijk zijn als rustgebieden voor verschillende meeuwensoorten, waaronder Kleine mantelmeeuwen. In het Nederlandse OWEZ park werd vastgesteld dat er een aantrekkend effect is op Aalscholvers. Die gebruiken de structuren in het windmolenpark als uitvalsbasis om te foerageren (Leopold *et al.,* 2009). Hoewel deze bevindingen positief zijn in het licht van habitatverlies, zorgt een verhoogde activiteit van deze soorten in het windmolenpark voor een hoger aanvaringsrisico (Vanermen *et al.*, 2011). Rekening houdend met deze foerageerafstanden is het niet ondenkbaar dat Meeuwen, Sternen en Aalscholvers vanuit de vogelrichtlijngebieden SBZ-V3 Zeebrugge (BE), Voordelta (NL), Westerschelde – Saeftinghe (NL), Oosterschelde (NL) en Grevelingen (NL) tot in de projectlocatie komen om te foerageren (BMM, 2011b). Van deze soorten zal Kleine mantelmeeuw het gevoeligst zijn voor aanvaringen doordat ze vaak op rotorhoogte vliegen (17% van de waarnemingen op de Thorntonbank; Vanermen *et al.,* 2009) en doordat ze groot en weinig wendbaar zijn (BMM, 2011b). De aanvaringskans voor sternen wordt laag ingeschat (Vanermen *et al.*, 2009).

7.4.3 Zeezoogdieren

De dichtstbijzijnde zeehondenkolonies bevinden zich in de Voordelta op ca. 40 km van het Rentel projectgebied (Geoloket Provincie Zeeland, 2012). In de Voordelta heeft men recentelijk een toename in aantallen Grijze zeehonden waargenomen. Het is echter niet duidelijk of het huidige leefgebied geschikt genoeg is voor een duurzame populatie als er geen immigratie meer zou optreden. De Gewone zeehond heeft in het Deltagebied een te laag geboortecijfer waardoor de populatie zich niet in stand kan houden. Er wordt gestreefd naar een populatie van tenminste 200 exemplaren in zuidwest Nederland, waarbij de Voordelta de grootste bijdrage levert. Hiertoe zal in het Voordelta gebied het areaal rustig gebied moeten toenemen waardoor het gebied meer geschikt wordt voor voortplanting (BMM, 2011b).

De aantallen zeehonden in de kolonies in de Voordelta en de Westerschelde leken in 2011 niet lager dan de jaren daarvoor, hoewel vanaf 7 april tot bijna de hele maand augustus 2011 funderingen voor een windmolenpark geheid werden op de Thorntonbank, net ten zuiden van het Rentel projectgebied (C-Power fase 2 en 3). De diameter van de geheide palen was relatief beperkt (1,7 m), en de geluidsemissie onder water tijdens het heien was lager dan vastgesteld bij palen met een grotere diameter. Er werd geen hogere sterfte waargenomen onder zeehonden tijdens de heiwerkzaamheden en er werden een aantal pups geboren zowel in de Voordelta als in de Westerschelde (BMM, 2011b). De propagatie van het geluid tot de Westerschelde – Saeftinghe of de Oosterschelde werd niet onderzocht, maar wordt als niet relevant beschouwd, gezien de grote afstand. Er wordt vastgesteld dat veel van de zeehonden die zich dicht bij de kust en in de Westerschelde ophouden aan relatief hoge geluidsniveaus blootgesteld worden door scheepvaart; vooral de Westerschelde is een druk bevaren gebied, en het is niet gekend in welke mate de zeehonden die daar verblijven daar hinder van

ondervinden. Geluid afkomstig van scheepvaart in het gebied is echter van chronische aard, met mogelijke gewenning, terwijl het geluid van heien ter hoogte van de Thorntonbank, en mogelijk in de toekomst ten zuiden ervan (voor Norther concessie) en ten noorden (voor Rentel park) van de Thorntonbank, en mogelijk ter hoogte van de Westerscheldemonding nog hoorbaar voor zeehonden, eerder acuut is (BMM, 2011b).

De grensoverschrijdende effecten tijdens de operationele fase zullen zeer beperkt zijn, gezien slechts een beperkte verhoging van het onderwatergeluid wordt verwacht, de afstand tot de Nederlandse Natura 2000 gebieden en de beperkte hoorbaarheid voor zeezoogdieren (BMM, 2011b).

7.4.4 Besluit grensoverschrijdende effecten op fauna en flora

De effecten op benthos, vissen, vogels en zeezoogdieren in Nederlandse Natura 2000 gebieden worden als aanvaardbaar geacht omwille van volgende redenen (BMM, 2011b):

- De verstoring is tijdelijk en lokaal;
- De grote afstand tot zeehondenkolonies in de Nederlandse Delta;
- Het uitgebreide foerageergebied van zeehonden en vogels;
- Het ruime verspreidingsgebied van Bruinvissen.

7.5 RISICO'S EN VEILIGHEID

7.5.1 Scheepvaart

Vanaf de constructiefase van windmolenpark Rentel zal het gebied niet langer toegankelijk zijn voor scheepsverkeer. De aanwezigheid van het Rentel windmolenpark zal de scheepsdensiteit in de verkeersstromen rond de windmolenparken, ook op Nederlands grondgebied, doen toenemen. Dit zal ook effecten hebben op de veiligheid, de economische kosten en de extra uitstoot van broeikasgassen door omvaren in Nederland.

Bij het operationeel worden van alle windmolenparken zal het scheepvaartverkeer moeten omvaren wat resulteert in een toename van minder dan 500 NM per jaar ten opzichte van een basisscenario met de reeds vergunde windmolenparken Belwind, Northwind en C-Power (MARIN, 2011b). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. De toename aan NO_x en SO_2 uitstoot door omvaren is echter minder dan 1% van de vermeden emissies door klassieke productie (cf. hoofdstuk 'Klimaat en atmosfeer').

Een nauwkeurigere schatting dan 500 NM is niet te maken, wat aangeeft dat de mogelijke toename marginaal is. Daarmee zijn ook de totale kosten van de extra af te leggen scheepsmijlen niet preciezer te schatten dan maximaal 76.000 euro per jaar (MARIN, 2011b). De kosten van de totaal afgelegde zeemijlen per jaar op de Belgische Noordzee is ruim 292 miljoen euro (inclusief omvaren). Getallen in dezelfde grootteorde worden verwacht net over de grens op Nederlands grondgebied.

Door toenemende scheepsdensiteit neemt ook de kans op scheepvaartongevallen toe. De kans op aanvaring van windturbines door routegebonden en niet-routegebonden schepen is voor het Rentel windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar) in vergelijking met de parken

aan de actuele NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther). De totale aanvaar- en aandrijfkans van het Rentel windmolenpark is slechts 8,2% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windmolenparken in de scenario 2B. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar (MARIN, 2011b). De grootste aanvaarkans geldt voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het Norther windmolenpark (dichtst bij de route van en naar Maas West).

Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 2B toenemen met 0,13% ten opzichte van het basisscenario. De kans op aanvaring neemt wel exponentieel toe met de intensiteit. Het cumulatieve effect van de bouw van de windmolenparken, waardoor de densiteit in de vaarroutes rond de Belgische windmolenzone steeds verder toeneemt, zal dus groter zijn dan de som van de effecten van elk park afzonderlijk.

De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Norther windmolenpark onder scenario 2B toe met 7,4%. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Rentel windmolenpark onder scenario 2B is kleiner wegens de ligging van het park in het midden van de Belgische windmolenzone.

De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

Uit simulaties van Dulière en Legrand (2011, in: BMM, 2011b) blijkt dat bij zware weerscondities (wind van 17 m/s) de olie de Nederlandse zone kan bereiken in minder dan 3h en de Franse kust ongeveer 18h na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 6h. De Vlakte van de Raan en Voordelta kunnen worden bereikt binnen respectievelijk ongeveer 3 en 6h na lozing. Eerste stranding kan verwacht worden 6h na lozing in de buurt van Zeebrugge en binnen ongeveer 12h elders aan de Belgische kust. De olie kan de Nederlandse en Franse kust bereiken binnen 12h na lozing voor de zones grenzend aan de Belgische zone en later voor de verder gelegen zones (ongeveer 24h voor Duinkerke en 24-36h voor Den Haag). Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing.

Vooral de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste korte termijn effecten ondervinden door olieverontreiniging. De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Naast de directe slachtoffers die een ramp veroorzaakt, zijn er ook mogelijks negatieve gevolgen voor de populatie (langdurig effect). Het is echter niet altijd eenvoudig het effect van de ramp te onderscheiden van natuurlijke fluctuaties in een populatie.

Bij bovenstaande besluiten moet evenwel rekening gehouden worden met het feit dat dergelijke effecten sterk afhankelijk zijn van geografische, fysische, chemische omstandigheden en weersomstandigheden waardoor de olieverontreiniging beïnvloed kan worden. Het cumulatieve effecten van verontreiniging bij de aanwezigheid van meerdere windmolenparken zal mogelijks groter zijn dan de som van de effecten van elk park afzonderlijk. Door de toename van aantal windturbines bij elk nieuw park, zal dit het indammen bemoeilijken omdat de bestrijdingsschepen veel omzichtiger moeten manoeuvreren.

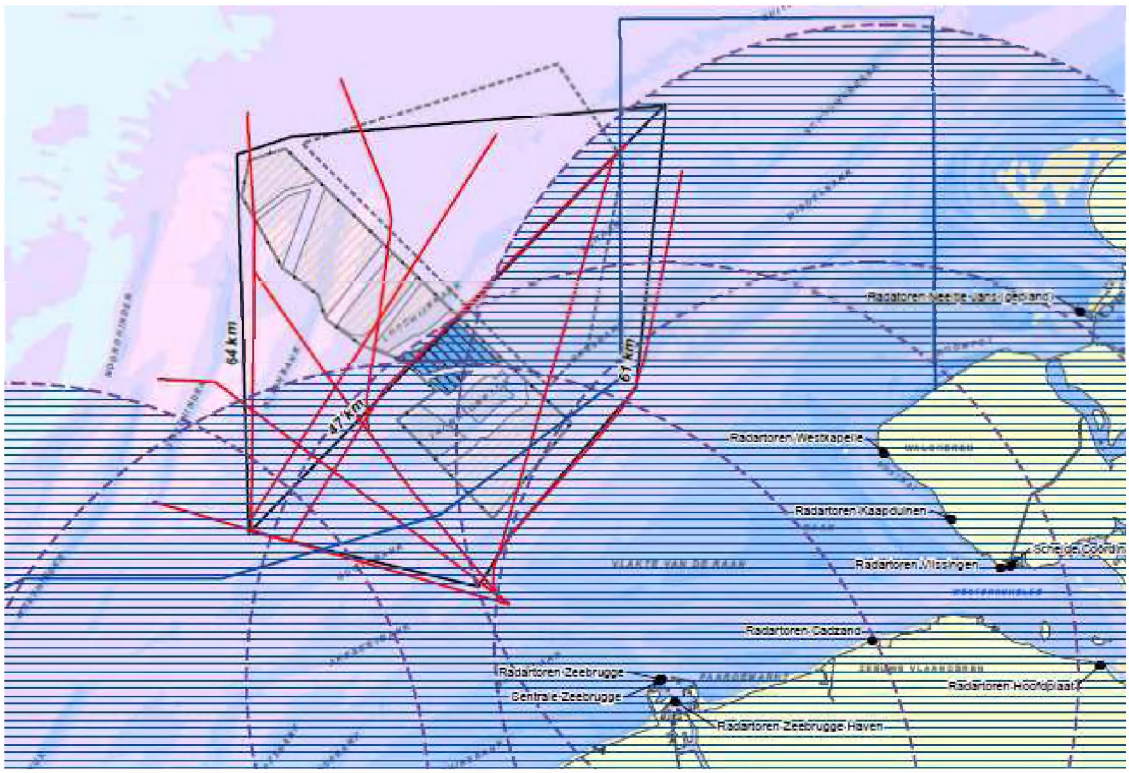
7.5.2 Radar en scheepscommunicatie

De deelstudie met betrekking tot radar en scheepscommunicatie die werd uitgevoerd in het kader van dit MER gaat specifiek in op het potentieel effect van de Belgische windmolenparken op de Nederlandse SRK radar- en radiocommunicatie (Flemtek-IMDC, 2012, integraal als externe bijlage).

Er dient a priori opgemerkt te worden dat los van een invulling van het Belgische concessiegebied, het noordelijkste deel op Nederlands grondgebied van het SRK werkingsgebied op dit moment niet optimaal afgedekt wordt. Dit wordt in de nabije toekomst verholpen door de inplanting van een extra radarstation "Neeltje Jans", dat op korte termijn (2015) een optimale radardekking zal garanderen.

Voor radarzichtbaarheid en VHF bereik van de secundaire navigatieroutes zal de invulling van het volledige concessiegebied gevolgen hebben, omdat de gangbare routes zullen gewijzigd worden.

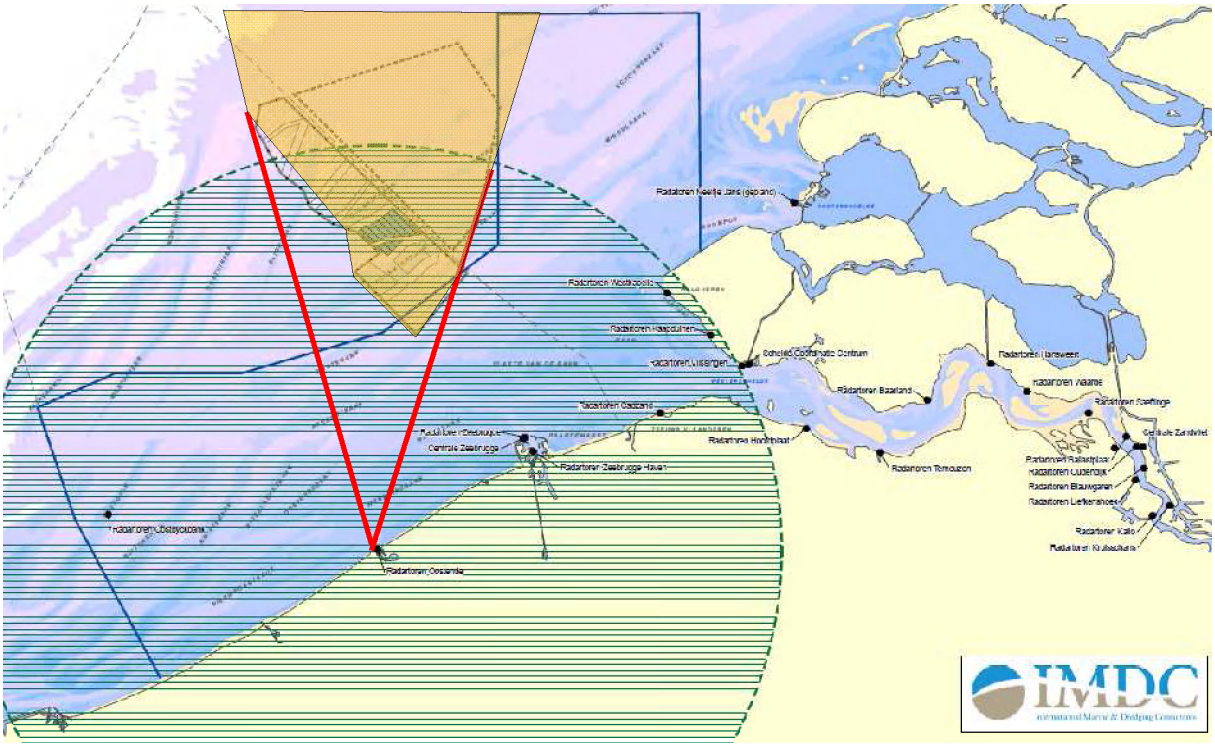
Deze gewijzigde situatie van secundair scheepvaartverkeer wordt geschetst in Figuur 7-2, waarbij het SRK bereik voor schepen met een LoS van 3 m als referentie wordt aangehouden. Het is duidelijk dat een deel van de voordien zichtbare secundaire vaarroutes (rood), bvb de route dwars door Rentel, na inplanting van de offshore windmolenparken zullen omgelegd worden (zwart) en buiten het bereik zal vallen van de SRK radars.



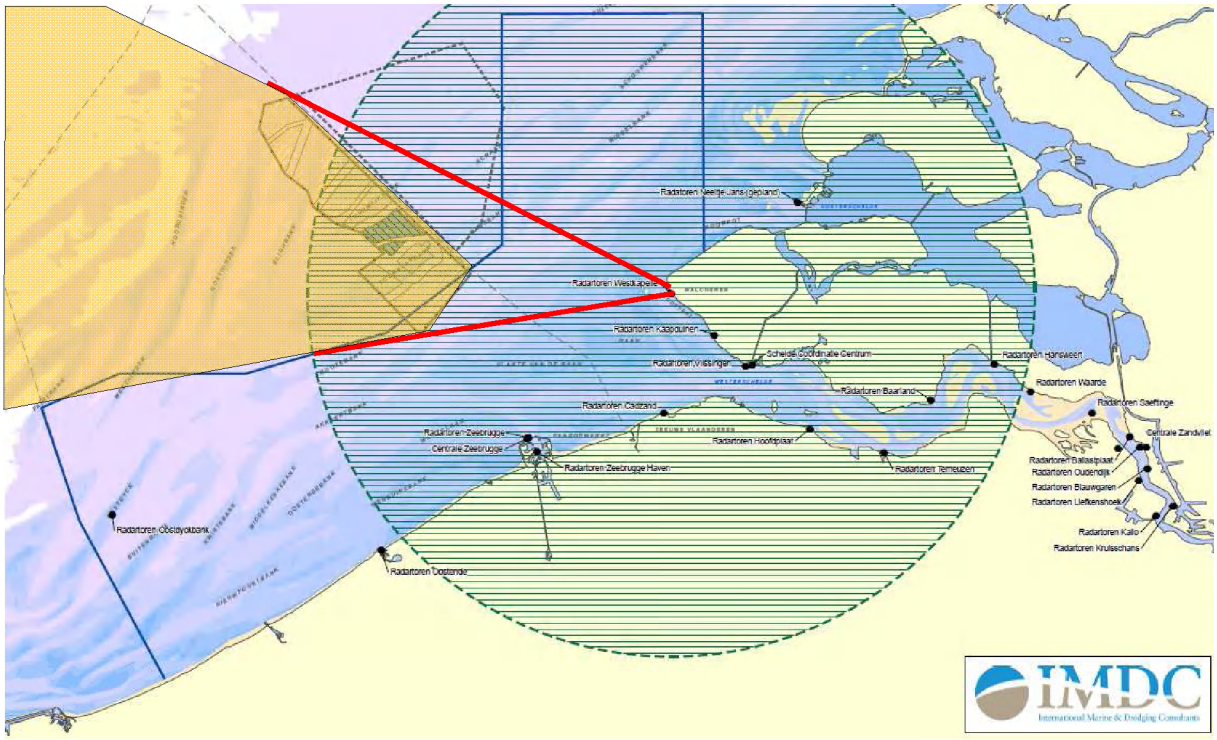
Figuur 7-2 Schematische voorstelling van het omleggen (zwart) van de oorspronkelijk secundaire scheepvaartroutes (rood) bij invulling van het concessiegebied, tegenover het SRK werkingsgebied en het bereik van de actuele SRK radarstations bij een LoS hoogte van 3 m

Uit de analyses en simulaties blijkt dat achter de offshore windmolenparken er een radarblinde en radioblinde zone zal ontstaan voor de SRK radar installaties (Flemtek-IMDC, 2012). Dit

betekent concreet dat voor de radars van Oostende en Zeebrugge een gedeelte ten oosten van het concessiegebied (t.h.v. Borssele windconcessiezone, Figuur 7-3) en voor de radars van Cadzand en Westkapelle (Figuur 7-4) een gedeelte ten westen van het Belgische concessiegebied, niet meer zichtbaar zal zijn. Dit zal echter geen repercussie hebben op de goede werking van de SRK radarketen, omdat de Vlaamse en Nederlandse radarstations mekaar aanvullen en het wettelijke SRK bereik (blauwe polygoon) (als een gemeenschappelijke-integrale werking tussen Nederland en België) sowieso gedekt blijft, uitgezonderd ter hoogte van de zuidelijkste punt van het Norther gebied.



Figuur 7-3 Schaduweffecten voor de radar van Oostende (LoS zone 20 m hoogte) door totaal concessiegebied



Figuur 7-4 Schaduweffecten voor de radar van Westkapelle (LoS zone 20 m hoogte) door totaal concessiegebied

Algemeen kan gesteld worden dat er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de radar- en radio-opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de offshore windmolenparken binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations. Het gemeenschappelijk beleid zorgt hier voor een optimale dekking. Wel dient opgemerkt te worden dat de secundaire navigatieroutes zullen wijzigen, en dat deze wijziging de nodige aandacht verdient in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes, waarbij de radio communicatie doorheen de windmolenparken tussen schip en schip quasi onmogelijk zal zijn.

Met betrekking tot de operationele werking van de scheepsradar zullen er zich geen wezenlijke veranderingen voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. De meeste fenomenen omtrent foutieve beeldvorming bij de scheepsradar zijn reeds goed gekend bij de schippers en operatoren. Zo is de foutieve beeldvorming wanneer een voldoend groot object (in casu ander schip) in de nabijheid van de eigen scheepsradar zich bevindt een gekend fenomeen. De radaroperatoren aan boord zijn dan ook met deze verschijnselen voldoende vertrouwd. Enkel voor de opvolging van het scheepvaartverkeer in een windmolenpark, of voor de opvolging vanuit een windmolenpark dient de opmerking gemaakt dat er zich direct achter windturbines dode zones kunnen voordoen, maar dat tussenin de transparantie voldoende gegarandeerd is.

8. SYNTHESE EN CONCLUSIES

8.1 RENTEL WINDMOLENPARK

Doorheen het MER voor de ontwikkeling (inclusief de voorbereidende en begeleidende in situ surveys), de bouw en de exploitatie van het windmolenpark Rentel – met inbegrip van de elektrische transportinfrastructuur – werden de effecten besproken voor zowel de basisconfiguratie als drie configuratiealternatieven (Tabel 7-1).

Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen voor het Rentel windmolenpark varieert tussen het minimale 288 MW uit de initiële concessie en de maximale 550 MW in de beschouwde potentiele uitbreiding van concessiezone en inplanting. Het park zal jaarlijks een opbrengst van ca. 900 GWh tot 1.700 GWh genereren, wat overeenkomt met het gemiddeld jaarverbruik van ca. 286.000 tot 550.000 doorsnee gezinnen.

Tabel 7-1 Weerhouden combinaties van configuratie en type fundering

Configuratie	Aantal turbines	Rotor-diameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderings-type	Erosie-bescherming
Basis	47	126 m	6,15 MW	289 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	Nee
					GBF	Ja
					Suction	Idem MP en JF
Configuratie 1	78	120-130 m	4-6,5 MW	312-507 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	Nee
					GBF	Ja
					Suction	Idem MP en JF
Configuratie 2	60	140-165 m	6,5-7,5 MW	390-350 MW	Monopile	Ja: Statisch/dynamisch
					Jacket	Nee
					GBF	Ja
					Suction	Idem MP en JF
Configuratie 3	55	150-160 m	7,5-10 MW	413-550 MW	Jacket	Nee
					GBF	Ja
					Suction	Idem MP en JF

8.2 INGREEP-EFFECTRELATIES

In dit MER werden de geassocieerde milieueffecten geïdentificeerd en geëvalueerd op basis van de projectbeschrijving, de beschikbare literatuur en door overleg met de belanghebbende partijen. Hierbij werd telkens een onderscheid gemaakt tussen de constructie-, operationele en

ontmantelingsfase van het project (inclusief de in situ surveys), alsook de elektrische bekabelingsinfrastructuur. Om de significantie van een impact te bepalen, werd rekening gehouden met de grootorde, de omvang of reikwijdte en de duur (tijdelijk of permanent karakter). De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven (Tabel 7-2). Positieve effecten duiden op een verhoging, ondersteuning of versterking van de betrokken (natuurlijke of gewenste) eigenschap van het milieu, een negatieve beoordeling wijst op het verdwijnen, een verlaging of een aantasting van een bepaalde (natuurlijke of gewenste) eigenschap.

Tabel 7-2 Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten

Symbool	Effect niveau	Beschrijving	Beoordeling milieu/organismen
++	Significant positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BDNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Zeer positief
+	Matig positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Positief
0/+	Gering positief	Meetbaar kleine positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Neutraal
0	Geen	Onmeetbaar effect of niet relevant.	Geen
0/-	Gering negatief	Meetbaar kleine negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief	Meetbaar negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Aanvaardbaar
--	Significant negatief	Meetbaar negatieve modificatie op de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BDNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Onaanvaardbaar

8.3 VERWACHTE EFFECTEN VAN HET RENTEL WINDMOLENPARK

Volgende tabellen geven een overzicht van de verwachte effecten tijdens de constructie- (Tabel 7-3), operationele (Tabel 7-4) en ontmantelingsfase (Tabel 7-5), alsook de bekabeling (Tabel 7-6).

Tabel 7-3 Overzicht van de ingreep-effecten voor de verschillende disciplines tijdens de constructiefase

Configuratie	Basis			1			2			3	
	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
ABIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op de bodem	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-	-
Effecten op het water	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het klimaat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de atmosfeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op geluid en trillingen	-	0/-	-	-	0/-	-	-	0/-	-	0/-	-
Effecten op zeezicht	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op benthos	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	-	0/-	-
Effecten op vissen	-	-	0/-	-	-	0/-	-	-	0/-	-	0/-
Effecten op vogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op zeezoogdieren	-	-	0/-	-	-	0/-	-	-	0/-	-	0/-
Effecten op fauna van harde substraten	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
MENSELIJKE ACTIVITEITEN											
Effecten op visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op wetenschappelijk onderzoek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEILIGHEID											
Effecten op radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 7-4 Overzicht van de ingreep-effecten voor de verschillende disciplines tijdens de operationele fase

Configuratie	Basis			1			2			3	
	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
ABIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op de bodem	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het water	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het klimaat	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Effecten op de atmosfeer	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Effecten op geluid en trillingen	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0
Effecten op zeezicht	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op benthos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op vissen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vogels	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Effecten op zeezoogdieren	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Effecten op fauna van harde substraten	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0	0/- of 0
MENSELIJKE ACTIVITEITEN											
Effecten op visserij	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op wetenschappelijk onderzoek	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
VEILIGHEID											
Effecten op radar en scheepscommunicatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 7-5 Overzicht van de ingreep-effecten voor de verschillende disciplines tijdens de ontmantelingsfase

Configuratie	Basis			1			2			3	
	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
ABIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op de bodem	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het water	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het klimaat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de atmosfeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op geluid en trillingen	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0	0/-	0
Effecten op zeezicht	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op benthos	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vissen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op zeezoogdieren	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op fauna van harde substraten	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
MENSELIJKE ACTIVITEITEN											
Effecten op visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op wetenschappelijk onderzoek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEILIGHEID											
Effecten op radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 7-6 Overzicht van de ingreep-effecten voor de verschillende disciplines voor de bekabeling

Configuratie	Basis			1			2			3	
	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	MP	JF	GBF	JF	GBF
ABIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op de bodem	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het water	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het klimaat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de atmosfeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op geluid en trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op zeezicht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING											
Effecten op benthos	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vissen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vogels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op zeezoogdieren	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op fauna van harde substraten	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
MENSELIJKE ACTIVITEITEN											
Effecten op visserij	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op andere windmolenparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op wetenschappelijk onderzoek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VEILIGHEID											
Effecten op radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8.4 CUMULATIEVE EFFECTEN

In Tabel 7-7 wordt een overzicht gegeven van de evaluatie van de cumulatieve effecten per discipline ten gevolge van de ontwikkeling van de vier momenteel vergunde windmolenparken in het BDNZ (Norther, C-Power, Northwind en Belwind) in combinatie met Rentel. Aangezien voor Norther en Rentel vandaag noch het aantal turbines, noch het funderingstype al expliciet gekend is, is men voor elke discipline uitgegaan van een worst case scenario.

Momenteel zijn reeds zes windturbines (met gravitaire funderingen) van het C-Power windmolenpark operationeel en zijn de overige 48 jacket funderingen geplaatst. Gedurende 2012 worden de turbines geplaatst. Northwind plant de bouw van 72 turbines met monopile

fundering (aanvang voorjaar 2013). Ter hoogte van het Belwind windmolenpark werden reeds 55 turbines geïnstalleerd (met monopile funderingen). Er is nog geen nadere informatie beschikbaar wanneer de tweede fase zal aanvatten waarbij nogmaals 55 windturbines (monopiles) zullen worden geplaatst. Voor Norther tenslotte is de uiteindelijke configuratie nog niet gekend.

Tabel 7-7 Overzicht van de cumulatieve ingreep-effecten voor de verschillende disciplines

Fase	Constructie	Exploitatie	Ontmanteling	Bekabeling
ABIOTISCHE OMGEVING				
Effecten op de bodem	-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het water	0/-	0	0	0/-
Effecten op het klimaat	0	0/+	0	0
Effecten op de atmosfeer	0/-	+	0/-	0/-
Effecten op geluid en trillingen	0/-	0/-	0/-	0
Effecten op zeezicht	0/-	0/-	0/-	0
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING				
Effecten op benthos	-	0	0/-	0/-
Effecten op vissen	-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vogels	0/-	0/-	0/-	0
Effecten op zeezoogdieren	-	0/-	0/-	0
Effecten op fauna van harde substraten	0/- of 0/+	0/-	0/-	0
MENSELIJKE ACTIVITEITEN				
Effecten op visserij	0	0/+	0	0
Effecten op maricultuur	0	0/+ (?)	0	0
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0
Effecten op andere windmolenparken	0	0	0	0
Effecten op wetenschappelijk onderzoek	0	0/+	0	0
VEILIGHEID				
Risico's op scheepvaartaccidenten	0/-	-	0/-	0/-
Effecten op radar en scheepscommunicatie	0	0/-	0	0
Effecten op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0

8.5 CONCLUSIES

In dit overzicht volgt een opsomming van de belangrijkste conclusies per fase van het project. Enkel effecten die op basis van de uitgebreide analyse als betekenisvol werden geïdentificeerd worden hier herhaald. Indien voor bepaalde effecten relevante verschillen worden gevonden tussen de verschillende configuraties, worden deze afzonderlijk vermeld.

Voor leemten in de kennis, milderende maatregelen en voorgestelde monitoring maatregelen wordt verwezen naar de specifieke hoofdstukken.

8.5.1 Constructiefase

8.5.1.1 Bodem

- Bij paalfunderingen (MP/JF) zal voor de helft van de funderingen – ongeacht de configuratie – een nivellering van de zeebodem moeten gebeuren. Het gebaggerd zand wordt hierbij permanent gestockeerd (13.300 m³/MP en 11.200 m³/JF).
- Voornamelijk bij GBF moet een aanzienlijk zandoverschot (90.000 m³/ turbine) als gevolg van de benodigde uitgraving, tijdelijk gestockeerd worden; de keuze voor de stockagelocatie binnen het projectgebied is een belangrijk punt van aandacht.
- Bij het hergebruiken van het gestockeerde materiaal bij GBF, treden opnieuw bagger- en dumpingsverliezen op. Dus voor het opvullen van de funderingsputten en de GBF zal meer materiaal nodig zijn dan wat gestockeerd werd.
- De maximale hoogte van de stockage is best in dezelfde grootteorde als de natuurlijke zandduinen in het gebied, en op een zo klein mogelijk oppervlak zodat de oppervlakte waarbinnen het benthos verstoord wordt, minimaal is. Door te kiezen voor een stockage hoogte van 5 m wordt voldaan aan beide voorwaarden.
- Bij de aanleg van de erosiebescherming wordt enerzijds grind (kaliber 2-120 mm) gebruikt, anderzijds breuksteen (kaliber 50-540 mm). Bij het gebruik van geologisch zuivere materialen voor de erosiebescherming worden (vrijwel) geen effecten verwacht op de chemische bodemkwaliteit.

8.5.1.2 Water

- Een zeer lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit ten gevolge van het inheien van de palen en/of het baggeren/nivelleren en terugstorten van zand is te verwachten.

8.5.1.3 Atmosfeer

- De energieconsumptie en daaraan gerelateerde emissies zijn het grootst tijdens de periode van het winnen van de grondstoffen tot en met de productie van de turbineonderdelen.
- De emissies ten gevolge van scheepvaart zullen slechts een zeer beperkte invloed hebben op de lokale luchtkwaliteit ter hoogte van het BDNZ.
- De impact op de luchtkwaliteit zal ten gevolge van het hoger aantal ingeschatte transporten iets groter zijn bij de keuze voor configuratie 1 dan bij configuratie 2 en 3 of de basisconfiguratie. Ook bij de keuze voor JF zal het aantal transporten lager liggen.

8.5.1.4 Geluid en trillingen

- Er treedt een significante tijdelijke en lokale verhoging van de geluidsniveau's boven en onder water (vnl. ten gevolge van het heien) voor zowel de MP en JF funderingen: onder water zal dit heigeluid het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1µPa) overstijgen tot op ca. 20 km van de bron;

- Boven water bedraagt het specifieke geluid van een hydraulische heihamer met mantel (bronvermogen ca. 101 dB(A)) ongeveer 35 db (A) op een afstand van om en bij 420 m (berekend met overdrachtsmodel IMMI 2010).

8.5.1.5 Fauna en flora

- Het benthisch habitatverlies wordt geschat op ca. 5 ha (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) tot max. 312 ha (conf. 1; GBF, stockage 5m) door de constructie van de funderingen en erosiebescherming (direct biotoopverlies) en door stockage van gebaggerd zand (indirect biotoopverlies); of m.a.w. <0,1% van het BDNZ.
- Het verlies aan organismen is sterk gerelateerd met het biotoopverlies en zal dus toenemen bij de keuze voor meer turbines en/of bij de keuze voor GBF (~ indirect biotoopverlies). Afhankelijk van het funderingstype of opstellingsvariant wordt het verlies aan organismen als gering (MP, JF) tot matig negatief (GBF) geschat.
- Er wordt expliciet een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen ten gevolge van het omwoelen van de zeebodem en de daaruit voortvloeiende verhoogde turbiditeit beschreven. Door de productie van geluid en trillingen ten gevolge van de toegenomen scheepstraffiek treedt er ook verstoring op.
- Onderwatergeluid tijdens het heien van het windmolenpark (MP/JF) kan leiden tot verhoogde mortaliteit bij vislarven en (zware) verstoring van bepaalde vissoorten waardoor deze tijdelijk het gebied zullen verlaten. Onzekerheid omtrent de grootte van de impact van geluid en trillingen blijft bestaan. Indien suction bucket techniek wordt gebruikt vervallen de negatieve effecten van het heien.
- De aanwezigheid van turbines, funderingen en erosiebescherming zal leiden tot het ontstaan van een nieuw biotoop en hiermee verbonden gemeenschappen ('reef effect'). Het effect (ongeacht positief of negatief) zal groter zijn bij GBF dan bij MP of JF, maar steeds aanvaardbaar gezien de beperkte oppervlakte inname ten opzichte van het BDNZ (< 0,01%).
- Tijdelijke verstoring (gering negatief effect) van verstoringsgevoelige vogelsoorten kan optreden tijdens de bouw van het windmolenpark als gevolg van de werkzaamheden. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten het gebied tijdelijk verlaten, maar terugkeren na het beëindigen van de constructiefase.
- Zeezoogdieren kunnen tijdelijke hinder (gering negatief effect) ondervinden als gevolg van toenemende turbiditeit, onderwaterbewegingen en toegenomen werfverkeer. De grootste hinder valt echter te verwachten door toegenomen geluid en trillingen (vnl. heiwerkzaamheden MP/JF) en veranderingen in voedselbeschikbaarheid tijdens de constructiefase. Waarschijnlijk zullen ze daardoor het gebied tijdelijk verlaten; milderende maatregelen zoals het gebruik van de suction bucket techniek of andere aangepaste heitechnieken of assisterende maatregelen zijn nodig om deze effecten binnen aanvaardbare normen te houden.

8.5.1.6 Zeezicht en cultureel erfgoed

- Tijdelijke visuele wijziging van het zeezicht en het kustlandschap door werfverkeer en bouwactiviteiten blijft binnen aanvaardbare grenzen; terwijl de impact op de beleving (rustverstoring versus toeristische attractie) als verwaarloosbaar wordt ingeschat.

8.5.1.7 Menselijke activiteiten

- De belangrijkste effecten voor visserij zijn het ruimtelijke verlies (visgronden) door het afsluiten van het concessiegebied voor de scheepvaart.
- Voor de andere gebruikers worden er geen effecten verwacht.

8.5.1.8 Risico's en veiligheid

- Zie cumulatieve effecten.

8.5.1.9 Conclusie

Tijdens de constructiefase zal er een tijdelijke milieuverstoring plaatsvinden ten gevolge van de werkzaamheden. Bij GBF dient er een aanzienlijke hoeveelheid gebaggerd zand gestockeerd te worden binnen het concessiegebied. Bij deze oplossing dient daarenboven een extra hoeveelheid gebaggerd te worden voor het heropvullen van de funderingsput en als ballast. Er treedt een tijdelijke benthische habitatverstoring op door de stockage van het gebaggerd zand en een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen. Als gevolg van de activiteiten (varen, baggeren, heien, gebruik van de kraan , …) zal er een tijdelijk een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn onder en boven water. Er is onzekerheid over de grootte van de impact van geluid en trillingen op het mariene leven. Als gevolg van de erosiebescherming en de turbines zal er beperkt verlies zijn aan zandbodem als leefomgeving. De creatie van harde substraten zal leiden tot een verhoogde en veranderde biodiversiteit. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten. Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers binnen het BDNZ.

8.5.2 Operationele fase

8.5.2.1 Bodem

- Lokale erosie wordt tegengegaan door het gebruik van erosiebescherming bij MP en GBF (minder relevant voor JF). Potentiële secundaire erosie langsheen de rand van de erosiebescherming.

8.5.2.2 Water

- Verwaarloosbare verandering in de hydrodynamica in de directe omgeving van de individuele palen.

8.5.2.3 Klimaat

- Een afname in de windsnelheid en een verhoging van de turbulentie aan de lijzijde van de windturbines. Zeer lokaal effecten in en rond het windmolenpark.

8.5.2.4 Atmosfeer

- Naar verwachting zullen er door de bouw van het windmolenpark 4,2% (900 GWh) tot 7,9% (1.700 GWh) vermeden emissies van broeikasgassen zijn in vergelijking met klassieke centrales. De vermeden CO_2-emissies hebben een significant positief effect op het behalen van de Kyoto-reductiedoelstelling. De vermeden SO_2- en NO_x-emissies

bedragen 0,63 tot 1,18% en 0,36 tot 0,68% van het NEC-emissieplafond (significant positief effect).

8.5.2.5 Geluid en trillingen

Impact op onderwatergeluid en trillingen is waarschijnlijk beperkt tot lokale verstoring (< 500 m veiligheidszone rond concessie).

Het bovenwatergeluid zal verhoogd zijn afhankelijk van het type (range 4 MW - 10 MW) en het aantal turbines. Aan de rand van de veiligheidszone (zone van 500 m rond het park) zal het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A).

8.5.2.6 Fauna en flora

- Voor de meeste soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden.
- Er wordt een licht positieve invloed verwacht op het visbestand en benthische leven ten gevolge van het sluiten van het gebied voor boomkorvisserij, scheepvaart en zandextractie.
- Effecten van onderwatergeluid en trillingen op vissen en zeezoogdieren zijn nog niet volledig gekend, maar algemeen wordt het effect als gering negatief beschouwd.
- Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten (grote meeuwen, Jan-Van-Gent, Grote jager) kunnen hinder (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de operationele fase die momenteel als gering tot matig negatief wordt ingeschat, maar verder radaronderzoek naar vogelbewegingen in het volledige windmolengebied moet dit bevestigen.
- Zeezoogdieren kunnen gering negatieve effecten ondervinden door de fysische aanwezigheid van het windmolenpark, geluid en trillingen en door onderhoudswerken. Veranderingen in voedselbeschikbaarheid kunnen eventueel een gering positief effect hebben.

8.5.2.7 Zeezicht

- Het Rentel park is gelegen achter de Norther en C-Power parken en zal dus niet rechtstreeks zichtbaar zijn vanaf de kust.

8.5.2.8 Menselijke activiteiten

- Er wordt een positief effect verwacht op de visserij in de nabije omgeving van de windmolenparken door een indirecte stijging van de visserijvangsten door het afsluiten van het gebied voor boomkorvisserij. Het biedt ook mogelijkheden voor maricultuur.
- De toename in monitoring en onderzoek ter hoogte van de windmolenparken zal zorgen voor meer wetenschappelijke kennis.
- Er worden geen effecten verwacht op andere gebruikers van het BDNZ mits het respecteren van de vereiste veiligheidszones en een goede communicatie met betrokken partijen.

8.5.2.9 Risico's en veiligheid

- Zie cumulatieve effecten.

8.5.2.10 Conclusie

Tijdens de operationele fase treden eveneens een aantal effecten op. Potentiële erosie t.h.v. de turbines wordt tegengaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming (enkel direct voorzien bij MP of GBF) en het nauwkeurig monitoren van de lokale erosie en de aangebrachte bescherming. De kans op verontreiniging van water en bodem is verwaarloosbaar. Tijdens de exploitatie van dit windmolenpark worden tot bijna 8% emissies vermeden van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales (significant positief effect). Het windmolenpark zal quasi niet waarneembaar zijn vanuit verschillende kuststeden, aangezien het achter de parken van Norther en C-Power ligt. Door het functioneren van de turbines wordt er ook in de onmiddellijke omgeving van de turbines een verhoogd onderwatergeluid verwacht. Boven water zal er ook een verhoogd geluid zijn, wat maximaal hoorbaar kan zijn tot op 5 km.

Voor de meeste fauna-soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden. Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen een gering tot matig negatief effect (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de operationele fase. Verder radaronderzoek is echter wenselijk om deze voorlopige inschattingen te bevestigen. Aanwezigheid en gedrag van zeezoogdieren kan zowel positief als negatief beïnvloed worden door trillingen, geluid, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen. Er wordt een indirect positief effect (verhoogde visvangst) verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving, door het afsluiten van de windmolenparkzone voor boomkorvisserij.

8.5.3 Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de constructiefase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. Geluidsverstoring zal blijven voorkomen, doch zal beperkt blijven tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen funderingen). De significante geluidsverstoring ten gevolge van het heien (MP/JF) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase dus niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase. De effecten variëren van (vrijwel) geen effect tot een gering negatief effect, afhankelijk van het beschouwde alternatief.

8.5.4 Bekabeling

8.5.4.1 Bodem

- Een tijdelijke verstoring van de bodemstructuur en vrij geringe kans op bloot komen te liggen van kabel.

8.5.4.2 Water

- Een zeer lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit door het kabelleggen.

8.5.4.3 Klimaat

- Optreden van een lokale temperatuursgradiënt in de bodem rondom de kabel, die geen effect heeft op lokale klimaat

8.5.4.4 Geluid en trillingen

- Een tijdelijke verhoging van het geluid boven en onder water tijdens kabelleggen (kabellegschip).

8.5.4.5 Fauna en flora

- Een lokale, tijdelijke verstoring van het benthos door bekabeling.
- Een mogelijk gelokaliseerde verstoring van gedrag van (kraakbeen)vissen o.i.v. elektromagnetische velden. Grootte impact is momenteel nog niet voldoende duidelijk.
- Tijdelijke verstoring van avifauna en zeezoogdieren als gevolg van de aanwezigheid van kabellegschepen, omwoeling van het sediment. De aanwezigheid van de kabels en het opgewekte elektromagnetische veld zal waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de zeezoogdieren tijdens de operationele fase. Het effect van bekabeling wordt als (vrijwel) geen tot gering negatief ingeschat.

8.5.4.6 Cultureel erfgoed

- Langsheen beide alternatieve exportkabeltracés liggen meerdere (gekende) wrakken. Op basis van de resultaten van een screening van de zeebodem zal het kabeltracé indien nodig lokaal gewijzigd worden zodat het effect op het maritiem beschermd erfgoed tot een minimum beperkt blijft.

8.5.4.7 Menselijke activiteiten

- Er wordt een gering negatief effect verwacht voor de aanleg van beide alternatieve exportkabeltracés voor de speciale beschermingszone SBZ-V3 (Zeebrugge) en voor de visserij (tijdelijke hinder).
- Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers.

8.5.4.8 Risico's en veiligheid

- Zie cumulatieve effecten.

8.5.4.9 Conclusie

De voornaamste invloed van het kabelleggen is de lokale en tijdelijke verstoring van de bodem en de daarin levende organismen. Deze invloed zal beperkt zijn tot de onmiddellijke omgeving rond het kabeltracé en na een tijd verdwenen zijn (gering negatief effect). De invloed van de elektromagnetische straling en de lokale opwarming van de zeebodem (door de warmteontwikkeling in de elektrische kabels) op benthos, vissen en zeezoogdieren tijdens de exploitatie van het windmolenpark is onzeker, maar blijft absoluut beperkt tot de nabije omgeving.

8.5.5 Cumulatieve effecten

8.5.5.1 Bodem

- In het hypothetisch geval dat voor de parken Norther en Rentel zou gekozen worden voor gravitaire funderingen (worst case scenario), dient tijdelijk een groot volume zand gestockeerd te worden voor de uitgraving van de gravitaire funderingen. De volumes worden normaliter niet gelijktijdig ontgraven en geborgen, waardoor kan worden gesteld dat de cumulatieve effecten kleiner zullen zijn dan de som van de effecten per individueel park.
- De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is verwaarloosbaar. Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de drie projecten verschillende trajecten hanteert.
- De lokale erosie door de constructies wordt voor de vijf windmolenparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming (met uitzondering van JF) in combinatie met een nauwgezette monitoring/opvolging van het erosieproces rond de funderingen. Het cumulatieve effect is kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming.
- Indien de erosiebescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het cumulatieve effect zal niet groter zijn dan de som van de individuele effecten.

8.5.5.2 Water

- De constructie van de fundering zal een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Deze zal het grootst zijn voor het Rentel configuratiealternatief 1 met 78 gravitaire funderingen. In vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stormen is dit echter een verwaarloosbaar effect. Het cumulatieve effect is de som van de individuele effecten.
- De impact van de aanleg van de parkkabels en de exportkabels naar land is zeer tijdelijk en lokaal. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.

8.5.5.3 Klimaat en atmosfeer

- Een belangrijk effect tijdens de operationele fase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windmolenparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt.
- De vermeden emissies van elk windmolenpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO_2, NO_x en CO_2. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van

de individuele bijdragen (significant positief effect), met name tot 4.213 ton/jaar voor SO_2, tot 4.317 ton/jaar voor NO_x en tot 4.317.600 ton/jaar voor CO_2.

8.5.5.4 Geluid en trillingen

- Tijdens de constructiefase brengt het heien van de funderingspalen een impulsgeluid voort. Deze heiactiviteiten komen slechts tijdelijk voor. Bijgevolg zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark (de kans dat de puls van het heien van de windmolenparken samenvalt is namelijk zeer klein).
- Op een afstand van 500 m rond het park zal het geluidsniveau lager zijn dan 50 dB(A). Dit wordt eveneens bekomen wanneer de windmolenparken afzonderlijk in werking zijn. Buiten de 500 m-zone tot het windmolenpark zal het cumulatieve effect bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.
- Bij de cumulatieve werking van de windmolenparken in een matig belastende situatie zal er enkel in de zones tussen de windmolenparken een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn t.o.v. de individuele werkingstoestand van elk windmolenpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

8.5.5.5 Fauna en flora

- Voor de meeste effecten op benthos en vissen (biotoopverlies/ verstoring, verlies organismen, introductie hard substraat, geluid) geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijk effecten per windmolenpark. Deze zijn bovendien vaak recht evenredig met het ruimtebeslag. De totale maximale biotoopverstoring van de vijf parken samen blijft relatief klein tov het BDNZ (0,19%). Er kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn.
- Er heerst nog een grote onzekerheid omtrent de grootte van het cumulatieve effect van geluidsverstoring onder water en elektromagnetische straling ten gevolge van de bekabeling. Verder onderzoek is aangewezen.
- Met betrekking tot vogels kan verwacht worden dat de aanwezigheid van een groot aantal windmolenparken in een relatief kleine zone een licht verhoogde mortaliteit van zeevogels op populatieniveau tot gevolg kan hebben. Ook al vallen er waarschijnlijk relatief gezien weinig aanvaringsslachtoffers, dit kan op lange termijn toch een significant effect hebben op de populatie van bepaalde soorten. De aanwezigheid van de windmolenparken kan voor verstoringsgevoelige zeevogelsoorten bovendien een verlies van habitat betekenen. De aanwezigheid van de windmolenparken kan tevens een vermindering van foerageergebied betekenen voor bepaalde verstoringsgevoelige vogelsoorten, of een barrière-effect teweeg brengen dat vooral van belang is ten aanzien van de migrerende vogels. Deze cumulatieve effecten kunnen echter op basis van de huidige gegevens niet eenduidig ingeschat worden. Bijkomend onderzoek is noodzakelijk.
- Voor zeezoogdieren wordt verwacht dat de meeste cumulatieve effecten (verstoring, geluid, fysische aanwezigheid windmolenpark, wijziging in voedselbeschikbaarheid…) de som van de afzonderlijke effecten zullen zijn. Er zijn echter veel leemten in de kennis.

8.5.5.6 Zeezicht en cultureel erfgoed

- De verstoring van het zeezicht tijdens de overlappende bouwfases van de windmolenparken zal verminderen in duurtijd, maar wel een verhoogde intensiteit van verstoring met zich meebrengen.
- Voor het cumulatief effect van de aanwezigheid van de diverse windmolenparken op het zeezicht zijn de dichtst bijgelegen windmolenparken (Norther en C-Power) van belang gezien deze het zeezicht vanaf de kust bepalen.
- Door de combinatie van meerdere windmolenparken zal een zekere 'verdichting' van de zone in het gezichtsveld optreden, waarbij het met het stijgende aantal windturbines in de gehele windmolenparkzone steeds moeilijker zal worden om afzonderlijke windturbines te onderscheiden (egaler beeld versus drukker beeld).
- Doordat de verscheidene windmolenparken gefaseerd gebouwd worden, is het mogelijk dat een langzame gewenning zal optreden aan het wijzigende zeelandschap.
- Het cumulatief effect op het cultureel erfgoed is verwaarloosbaar.

8.5.5.7 Menselijke activiteiten

- De vijf windmolenparken zouden potentieel een bijkomend verlies voor de traditionele visserij betekenen van ongeveer 5% indien een veiligheidszone van 500 m rond de concessiegebieden in rekening wordt gebracht. Ten opzichte van het beviste gebied van de Noordzee gaat ongeveer 0,1% verloren (aanvaardbaar).
- Voor visserij en maricultuur kan de bouw en exploitatie van de verschillende windmolenparken indirect ook positieve gevolgen hebben daar zij de vispopulatie ten goede komen (sluiting gebieden voor boomkorvisserij, scheepvaart, …) én dus ook de visserij in de nabije omgeving, of de mogelijkheid bieden tot het ontwikkelen van alternatieve vormen van visserij.
- Er worden geen negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de andere gebruikers van de Noordzee.

8.5.5.8 Risico's en veiligheid

- Een zeer klein en aanvaarbaar risico van milieuvervuiling bestaat door de aanwezige oliën en vetten bij het omvallen van de turbine en bij een complete structurele faling van het transformatorplatform.
- De kans op aanvaring van windturbines is voor het Rentel windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar), in vergelijking met de parken aan de actuele NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther). De totale aanvaar- en aandrijfkans van het Rentel windmolenpark is slechts 8,2% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windmolenparken. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar.
- De aanvarings/aandrijvingskans wordt vooral bepaald door het aantal turbines, in mindere mate door de afmetingen ervan. Het cumulatief effect van de verschillende windmolenparken (toename in aantal turbines) op aanvaring van turbines is maximaal gelijk aan de som van de effecten van elk park afzonderlijk. Het cumulatief effect zal waarschijnlijk zelfs kleiner zijn, omdat door de omlopende verkeerstromen bij de

afsluiting van een park het aantal windturbines die aangevaren kunnen worden vermindert.

- De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein.
- De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Norther windmolenpark toe met 7,4%. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het Rentel windmolenpark is kleiner wegens de ligging van het park in het midden van de Belgische windmolenzone.
- De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.
- Uit simulaties blijkt dat bij zware weerscondities (wind van 17 m/s) de olie de Nederlandse zone kan bereiken in minder dan 3h en de Franse kust ongeveer 18h na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 6h. De Vlakte van de Raan en Voordelta kunnen worden bereikt binnen respectievelijk ongeveer 3 en 6h na lozing. Eerste stranding kan verwacht worden 6h na lozing in de buurt van Zeebrugge en binnen ongeveer 12h elders aan de Belgische kust. Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing.
- Vooral de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste korte termijn effecten ondervinden door olieverontreiniging. De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Naast de directe slachtoffers die een ramp veroorzaakt, zijn er ook mogelijks negatieve gevolgen voor de populatie (langdurig effect).
- Er wordt geen noemenswaardige invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

8.5.5.9 Conclusie

Bij de cumulatieve effecten (gezamenlijke effecten van de vijf windmolenparken) worden enkel de effecten verder besproken die niet verwaarloosbaar zijn voor een enkel windmolenpark. Voor deze niet-verwaarloosbare effecten zal het cumulatieve effect meestal gelijk of kleiner zijn dan de som van de individuele effecten. Indien gekozen wordt voor een GBF bij het Rentel en Norther windmolenpark (andere windmolenparken opteren voor MP en/of JF), zal in totaliteit voor de vijf windmolenparken samen bijna 8,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden in de respectievelijke concessiegebieden ten gevolge van de benodigde uitgraving. Het cumulatieve milieueffect ten gevolge van de stockage van zand zal door de fasering kleiner zijn dan de som van de effecten. De vermeden emissies van elk windmolenpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO_2, NO_x en CO_2. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen. Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot de veiligheidszone. Het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten. Voor de meeste effecten op benthos en vissen geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijk effecten - vaak recht evenredig met het ruimtebeslag dat in totaliteit relatief klein blijft t.o.v. het BDNZ- per windmolenpark. Voor vogels en zeezoogdieren geldt eveneens dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijke

effecten. Enkel naar inname van habitat voor rustende en foeragerende vogels door de uitstralende werking van elk windmolenpark treedt er een cumulatief effect op dat groter is dan de som van de effecten per windmolenpark. Hier wordt het cumulatieve effect op de verstoring van Alk, Zeekoet en Jan van Gent als matig negatief beoordeeld. Er worden geen noemenswaardige negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de verschillende gebruikers van de Noordzee.

De kans op aanvaring van windturbines is voor het Rentel windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar), in vergelijking met de parken aan de NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther). De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 4 jaar. Er wordt geen significant negatieve invloed verwacht van de aanwezigheid en exploitatie van de windmolenparken op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

8.5.6 Grensoverschrijdende effecten

8.5.6.1 Klimaat

- Er zijn indicaties dat vlak achter een windmolenpark de windsnelheid tot 40% kan dalen en zelfs afnemen tot 100% indien de turbines dichter dan 500 m van elkaar geplaatst worden.
- Indien men echter voldoende rekening houdt met de afstand tussen de Belgische en Nederlandse parken zal het effect op het volledige windveld gering blijven. Verder onderzoek naar de 'schaduweffecten' van windmolenparken is aangewezen.

8.5.6.2 Geluid en zeezicht

- Gezien de grote afstand tot de Nederlandse kust (ca. 30 km) zullen de windturbines van het Rentel project geen visuele hinder noch geluidshinder veroorzaken.
- Boven water aan de grens met Nederland wordt er een specifiek geluid van ongeveer 50 dB(A) verwacht.

8.5.6.3 Fauna en flora

- Er bevinden zich twee Natura 2000 gebieden over de grens met Nederland op minder dan 20 km van het Rentel windmolenpark: de Vlakte van de Raan en de Voordelta.
- De effecten op benthos, vissen, vogels en zeezoogdieren in Natura 2000 gebieden worden als aanvaardbaar geacht omwille van de tijdelijk en lokale aard van de verstoring, de grote afstand tot zeehondenkolonies in de Nederlandse Delta, het uitgebreide foerageergebied van zeehonden en vogels, en het ruime verspreidingsgebied van Bruinvissen.

8.5.6.4 Risico's en veiligheid

- De scheepsdensiteit in de verkeersstromen rond de windmolenparken, ook op Nederlands grondgebied, zal toenemen. Hierdoor neemt de kans op scheepvaartongevallen en de kans op olieverontreiniging toe.

- Door het omvaren rond de Belgische windmolenparken nemen de economische kosten en de CO_2 uitstoot in Nederland toe.
- Er zullen zich geen wezenlijke veranderingen voordoen voor wat de radar en radio opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations.

8.5.6.5 Conclusie

Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de grens kunnen enkel beperkte effecten verwacht worden naar Nederland toe. Gezien de afstand tot de Nederlandse kust worden de effecten als aanvaardbaar beschouwd.

9. REFERENTIES

3E (2001a). Offshore windpark op de Wenduinebank. Opbrengstberekening a.h.v. meteostations Westhinder, Wandelaar, Droogte van 't Schoonveld, Vlakte van de Raan en Cadzand, Studiedeel 7.

3E (2011). "Opbrengstberekening Offshore windpark zone 7" dd 16/05/2011

Adriansens, J. (2009). Vissen met quota – Belgische zeevisserij, Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie.

Alara-Lukagro (2011). Windy business, Curbing the commotion. Offshore Industry, Volume 4, Issue 6.

Andersson, M.H. (2011). Offshore wind farms - ecological effects of noise and habitat alteration on fish. Doctoral thesis. Stockholm: Department of Zoology, Stockholm University.

Andrulewicz, E., Napierska, D. & Otremba, Z. (2003). The environmental effects of the installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. Journal of Sea Research 49 (2003) 337-345.

Arcadis (2008). Milieueffectenrapport voor een offshore windturbinepark op de Bank Zonder Naam. Uitgevoerd in opdracht van Eldepasco NV. 302 + app.+ figuren. 05/10293/PV.

Arcadis (2011). Milieueffectenrapport - Offshore North Sea Power windpark, in opdracht van Norther NV. Project 10296 | versie A | 06-05-2011.

Ashley, G.M. (1990). Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. Journal of Sedimentary Petrology, 60(1): 160-172.

Bach, S., Teilmann, J. & Henriksen, O.D. (2000). Environmental Impact Assessment (EIA) of offshore windfarms at Rødsand and Omø Stålgrunde, Denmark. A technical report on harbour porpoises.

Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G. & Thompson, P. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore wind farm and its potential effects on marine mammals. Marine Pollution Bulletin 60: 888-897.

Belderson, R.H. (1986). Offshore tidal and non-tidal sand ridges and sheets: differences in morphology and hydrodynamic setting, Canadian Society of petroleum geologists, pp. 293-301.

Bergman, M.J.N., G.CA. Duineveld & M.S.S. Lavaleye (2005). Long term closure of an area to fisheries at the Frisian Front (SE North Sea): effects on the bottom fauna. NIOZ-Rapport 2005-6.

BERR – Department for Business Enterprise & Regulatory Reform in association with Defra (2008). Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry. Technical report.

Bio/consult A/S (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring - Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status Report 2004. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Birdlife International (2004a). Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Birdlife Conservation Series No. 12. Birdlife International, Cambridge.

Birdlife International (2004b). Birds in the European Union: a status assessment. Wageningen, The Netherlands: BirdLife International.

Birdlife International, (2009). Species factsheets. http://www.birdlife.org/ (geraadpleegd op 16 maart 2012).

BMM (2004). Bouw en exploitatie van een windturbinepark op de Thorntonbank in de Noordzee: Milieueffectenbeoordeling van het project ingediend door de n.v. C-Power. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 170 pp.

BMM (2006a). Bouw en exploitatie van een windturbinepark op de Thorntonbank in de Noordzee. Milieueffectenbeoordeling van de aanvraag ingediend door de NV C-Power tot wijziging van de vergunning en machtiging voor het bouwen, inclusief de aanleg van kabels, en het exploiteren van een min 216 – max 300 MW farshore windenergiepark op de Thorntonbank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 43pp.

BMM (2006b). Advies van het bestuur. Aanvraag van de leden van Zeegra vzw en de Vlaamse overheid voor de extractie van mariene aggregaten op het "Belgisch Deel van de Noordzee (BDNZ)". Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel.

BMM (2007). Milieueffectenbeoordeling van het BELWIND offshore windturbinepark. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 182 pp.

BMM (2009). Milieueffectenbeoordeling van het ELDEPASCO offshore windmolenpark op de Lodewijkbank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 185 pp.

BMM (2011a). Advies van het Bestuur aan de minister bevoegd voor de bescherming van het mariene milieu. Betreffende: de machtigings- en vergunningsaanvraag van de n.v. Norther voor de bouw en exploitatie van een offshore windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. November 2011.

BMM (2011b). Milieueffectenbeoordeling van het NORTHER offshore windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 200 pp.

BMM (2012). Website van de BMM, geconsulteerd op 19 april 2012. www.mumm.ac.be.

Bochert, R. & M.L. Zettler (2004). Long-term Exposure of Several Marine Benthic Animals to Static Magnetic Fields. Bioelectromagnetics 25: 498-502.

Boehlert, G.W. & Gill, A. (2010). Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development. A current synthesis. Oceanography Vol. 23. No. 2: 68-75.

Boon, A.R., ter Hofstede, R., Klok, C., Leopold, M., Blacquiere, G., Poot, M.J.M., Kastelein, R.A., Camphuysen, C.J. (2010). Monitoring and researching ecological effects of Dutch offshore wind farms Masterplan. Deltares. 157.

Boot, G. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windturbinepark op het Thorntonbank: Aanvullende scenario's. WL Delft Hydraulics. 11.

Bos, O.G., Leopold, M.F., Bolle, L.J. (2009). Passende Beoordeling windmolenparken: Effecten van heien op vislarven, vogels en zeezoogdieren. Rapport C079/09, 68.

Brand, A.J. (2009). Wind power plant North Sea - Wind farm interaction, the effect of wind farming on mesoscale flow, ECN Wind Energy, Report ECN-E-09-041.

Brandt, M. J., Diederichs, A. & Nehls, G. (2009). Harbour porpoise responses to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Final report to DONG Energy. Husum, Germany, BioConsult SH.

Brasseur, S., Reijnders, P., Meesters, E., Aarts, G. & Cremer, J. (2008). Harbour seals, Phoca vitulina, in relation to the wind farm site OWEZ, in the Netherlands – Interim rapport. Beschikbaar op www.noordzeewind.nl. 25.

Buurma L.S. & Van Gasteren, H., (1989). Trekvogels en obstakels langs de Zuidhollandse kust. Radarwaarnemingen van vogeltrek en het aanvaringsrisico bij hoogspanningsleidingen en windturbines op de Maasvlakte. Koninklijke Luchtmacht, sectie Ornithologie, 's Gravenhage.

Camphuysen, C.J., (2009). Het gebruik van zeetrektellingen bij de analyse van populatieschommelingen. 2. Dwergmeeuwen Larus minutus langs de kust. Sula 22: 49-66.

Cattrijsse, A. & Vincx, M. (2001). Biodiversity of the benthos and avifauna of the Belgian coastal waters. Summary of data collected between 1970 and 1998. Federal Office for Scientific, Technical & Cultural Affairs, Brussels: 48.

Cefas/University of Southampton (2009). A generic investigation into noise profiles of marine dredging in relation to the acoustic sensitivity of the marine fauna in UK waters with particular emphasis on aggregate dredging: PHASE I Scoping and review of key issues.

Ceuleneer, G., Lauwaert, B. (1987). Les sédiments superficiels de la zone des "Vlaamse Banken" UGMM, Bruxelles. 34. Report.

Christensen, T.K, Clausager, I. & Petersen, I.K. (2003). Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Horns Rev, and results from the year of construction. - NERI report 2001. 60.

Christian, B., Brünner, H.V., Knudsen, F.R. (2005). Hydroacoustic Monitoring of Fish Communities in Offshore Wind Farms. Annual Report 2004. Horns Rev Offshore Wind Farm. 33.

Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2001). PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth. 91 pp.

Coates, D. & Vincx, M. (2010). Monitoring the effects of offshore wind farms on the soft substratum macrobenthos: Year-1 Bligh Bank and Year-2 Thorntonbank. 83-103 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal

Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Coates, D., Vanaverbeke, J., Rabaut, M. & Vincx, M., (2011). Soft-sediment macrobenthos around offshore wind turbines in the Belgian Part of the North Sea reveals a clear shift in species composition. 47-63 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 + annex.

CONCERE-ENOVER (2010). National renewable energy action plan http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_belgium_en.pdf en http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/milieuvriendelijke/Nuttige_documenten/Nationaal_actieplan_HE.pdf

Copejans, E. & Smits, M. (2011). De wetenschap van de zee. Leuven: Acco, 175.

Courtens, W. & E.W.M. Stienen, (2004). Voorstel tot afbakening van een Vogelrichtlijngebied voor het duurzaam in stand houden van de broedpopulaties van kustbroedvogels te Zeebrugge-Heist. Adviesnota IN.A.2004.100. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Courtens, W., E.W.M. Stienen, M. Van de walle & D. Verbelen, (2009). Tussentijds rapport monitoring van de SBZ-V 'Kustbroedvogels te Zeebrugge-Heist' en de SBZ-V 'Poldercomplex': resultaten van het vijfde jaar (2009-2010). INBO.R.2009.58. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Courtens, W., Stienen, E.W.M. & Vanermen, N. (2006). Zeevogels en zeezoogdieren van de Vlakte van de Raan, in: Coosen, J. *et al.* (Ed.) (2006). Studiedag: De Vlakte van de Raan van onder het stof gehaald, Oostende, 13 oktober 2006. VLIZ Special Publication, 35: 59-72.

Dayton, P.K., Trush, S., Coleman, F.C. (2002). Ecological effects of fishing in marine ecosystems of the United statesPew Oceans Commissio, Arlington, Virginia.

De Backer, A., Moulaert, I., Hillewaert, H., Vandendriessche, S., Van Hoey, G., Wittoeck, J. and Hostens, K. (2010). Monitoring the effects of sand extraction on the benthos of the Belgian Part of the North Sea. ILVO-report, 117.

De Batist, M., (1989). Seismostratigrafie en structuur van het Paleogeen in de Zuidelijke Noordzee. Unpublished PhD. Thesis, RUG, Gent, 107.

De Jong & Ainslie (2008). Underwater radiated noise due to the piling for the Q7 offshore Wind Park.

De Maersschalck, M., Hostens, K., Wittoeck, J., Cooreman, K., Vincx, M., Degraer, S. (2006). Monitoring van de effecten van het Thornton windturbinepark op de benthische macro-invertebraten en de visfauna van zachte substraten: Referentietoestand. Studie uitgevoerd in opdracht van het KBIN en BMM. 81 pp.

DECC (2011). Guidance Notes for Industry: Decommissioning of Offshore Installations and Pipelines under the Petroleum Act 1998, Offshore Decommissioning Unit, Department of Energy and Climate Change, Aberdeen

Decloedt, S., De Poorter, J., Botteldooren, D. (1998). Vakgroep Informatietechnologie, Groep Akoestiek, RUG, 'Onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden: Het Zwin', Gent, studie in opdracht van AMINAL.

DEFRA (2002). Guidelines for Environmental Risk Assessment and Management, Department for Environment Food and Rural Affairs, September 2002.

Degraer, S. & Brabant, R. (Eds.) (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 + annexes.

Degraer, S., Courtens, W., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Stienen, E. & Van Hoey, G. (2010b). Bepalen van instandhoudingsdoelstellingen voor de beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee, in het bijzonder in beschermde mariene gebieden. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Directoraat-generaal Leefmilieu. Brussel, België. 132.

Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 + annex.

Degraer, S., Braeckman, U., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Merckx, B., Rabaut, M., Stienen, E., Van Hoey, G., Van Lancker, V. & Vincx, M. (2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst met potentiële Habitatrichtlijn gebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Directoraat-generaal Leefmilieu. Brussel, België. 93

Degraer, S., Vincx, M., Meire, P., (1999). Macrobenthic community changes: dynamics versus stability and their importance in coastal zone management. In: Degraer, S. (Ed.), Macrobenthos of Shallow Marine Habitats (Belgian coast) and its Use in Coastal Zone Management. Ph.D. Thesis, Ghent University, Belgium, unpublished.

Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J., Vanden Berghe, W., Vincx, M. (2006). De macrobenthos atlas : van het Belgisch deel van de Noordzee. Federaal Wetenschapsbeleid: Brussel. ISBN 90-810081-5-3. 163 pp.

Degrendele, K., Roche, M. & Schotte, P. (2003). Kaartblad Thorntonbank (2003), Intern document van de FOD Economie, K.M.O., Middenstand & Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Fonds voor Zandwinningen.

Dekker, W., Deerenberg, C., Daan, N., Storbeck, F. & Brinkman, A.G. (2009). Marine Protected Areas and commercial fisheries: the existing fishery in potential protected areas, and a modelling study of the impact of marine protected areas on North Sea Plaice. IMARES Rapport number C066/09.

Deleu S., Van Lancker V., Van den Eynde D., Moerkerke G. (2004). Morphodynamic evolution of the kink of an offshore tidal sandbank: the Westhinder Bank (Southern North Sea). Continental Shelf Research, 24, 1587–1610.

Deleu, S. (2001). Zeebodemmobiliteitsstudie van de Hinderbanken regio. Scriptie voorgelegd voor het verkrijgen van het Diploma van licentiaat in de Geologie. Universiteit Gent.

DEME (2008). Gravity based foundations for the Thornton bank offshore wind farm (Bosschem, E., Nonneman, H., Peire, K.). CEDA Dredging days: Dredging facing Sustainability, Antwerpen.

Derous, S., Verfaillie, E., Van Lancker, V., Courtens, W., Stienen, E.W.M., Hostens, K., Moulaert, I., Hillewaert, H., Mees, J., Deneudt, K., Deckers, P., Cuvelier, D., Vincx, M. & Degraer, S. (2007). A biological valuation map for the Belgian part of the North Sea: BWZee, Final report, Research in the framework of the BELSPO programme 'Gobal chance, ecosystems and biodiversity' – SPSD II, March 2007, 99 (+ Annexes).

Derweduwen, J., Vandendriessche, S. & Hostens, K. (2010). Monitoring of the effects of the Thorntonbank and Bligh Bank wind farms on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during construction (T2), Bligh Bank: status during construction (T1). pp. 105-131 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184. + annexes.

DHI, (2009). Anholt Offshore Wind Farm. Hydrography, sediment Spill, water quality, geomorphology and coastal morphology. In opdracht van Energinet.dk.

DHV Ruimte en Mobiliteit BV (2004), Geluidseffecten scheepvaartlawaai (metingen, literatuurstudie en ontwikkeling rekentool

Dickey-Collas, M., Nash, R. D. M., Brunel, T., van Damme, C. J. G., Marshall, C. T., Payne, M. R., Corten, A., Geffen, A. J., Peck, M. A., Hatfield, E. M. C., Hintzen, N. T., Enberg, K., Kell, L. T., and Simmonds, E. J. (2010). Lessons learned from stock collapse and recovery of North Sea herring: a review. – ICES Journal of Marine Science, 67: 1875–1886.

Diederichs, A., Nehls, G., Dähne, M., Adler, S., Koschinski, S. & Verfuß U. (2008). Methodologies for measuring and assessing potential changes in marine mammal behaviour, abundance or distribution arising from the construction, operation and decommissioning of offshore windfarms. BioConsult SH report to COWRIE Ltd.

Dietz, R., Teilmann, J., Henriksen, O.D. (2000). EIA study of offshore wind farm at Rødsand. Technical report about seals. Miljø- og Energiministeriet, National Environmental Research Institute. 46.

DNV (2008). Technical report. Navigational Risk Assessment Eldepasco Wind Farm. October 2008.

DNV (2010). JIP(Joint Industry Project)-Summary report from JIP on the Capacity of grouted connections in offshore wind turbine structures; report No. 2010-1053 rev.05, DNV 2011/05/12

DNV (2011). http://www.dnv.com/press_area/press_releases/2011/new_design_practices_offshore_wind_turbine_structures.asp , website geraadpleegd juni 2012

Dolman, S.J., Simmonds, M.P. & Keith, S. (2003). Marine wind farms and cetaceans. International Whaling Commission, doc. IWC/SC/55/E4. 17.

Dong energy, Vattenfall, Danish Energy Authority & Danish Forest and Nature Agency (2006). Danish offshore wind – key environmental issues. 142.

Drewitt, A. & Langston, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. British Ornithologists' Union, Ibis 148: 29 – 42.

DTI (2005). Guidance on the assessment of the impact of offshore wind farms. Seascape and visual impact report. 127.

DTI (2006). Decommissioning of Offshore Renewable Energy Installations under the Energy Act 2004: Guidance Notes for Industry, Department for Trade and Industry, Londen, December 2006.

Dulière, V. en Legrand, S., (2011). Oil Spill drift study for Norther, 12. Annex in BMM (2011): Milieueffectenbeoordeling van het NORTHER offshore windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 200.

Duyzer, J.H. (2009). Betere luchtkwaliteit in havengebieden. TNO Magazine. http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=nieuwsbericht&laag1=37&laag2=69&item_id=2009-10-14%2019:56:45.0&Taal=1

Dyer, K.R. and Huntley, D.A. (1999). The origin, classification and modelling of sand banks. Continental Shelf Research, 19, 1285-1330.

Ecofys (2006). Achtergronddocument bij MER Offshore Windturbinepark Scheveningen Buiten. 135 p.

Ecolas NV - Arcadis Belgium (2008). Milieueffectenrapport voor een offshore windturbine-park op de Bank zonder Naam. Uitgevoerd in opdracht van Eldepasco.

Ecolas NV (2003). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 241 + app.

Ecolas NV (2006). Milieueffectenrapport voor de extractie van mariene aggregaten op het BDNZ. Uitgevoerd in opdracht van Zeegra vzw & AWZ Afdelingen Kust en Maritieme Toegang. 194 + app.

Ecolas NV (2007). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Bligh Bank. Uitgevoerd in opdracht van Belwind. 306 + app.

E-connection (2007). MER Offshore windmolenpark Rijnveld Oost. 365.

E-Connection Project BV (2008), Aanvulling 3 Wbr-vergunning Windturbinepark Rijnveld Noord

Edrén, S.M.C., Teilmann, J., Carstensen, J., Harders, P., Dietz, R. (2005). Effects of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary - based on remote video monitoring and visual observations. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 54.

ELIA (2011). Hoogspanningsnet in de Noordzee. Een toekomstvisie. http://www.elia.be/repository/Lists/Library/Attachments/1068/HSnetNoordzee-Visie.pdf

ELIA (2012). Website geraadpleegd op 3/04/2012:
http://www.elia.be/repository/pages/f42a7a66e7d04b9a9a6ae13789481313.aspx

Elsam Engineering & ENERGI E2 (2005). Review report 2004: The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms - Environmental impact assessment and monitoring. Denmark. 135.

Entec (2002). Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community; Report on behalf of the European Commission ENV.C1, 88 pp.

Everaert J., Devos K. & Kuijken E. (2002). Windturbines en vogels in Vlaanderen. Voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen. Instituut voor Natuurbehoud, Rapport 2002.3, Brussel.

Everaert, J. & Stienen, E.W.M. (2006). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. Biodiversity and Conservation, online publication DOI 10.1007/s10531-006-9082-1. The publication is available at www.springerlink.com.

Fabi, G., Grati, F., Lucchetti & Trovarelli, L. (2002). Evolution of fish assemblage around a gos platform in the norhtern Adriatic Sea. ICES Journal of Marine Science, 59, Supp. 1, 309-315.

Fettweis, M., Francken, F., Van den Eynde, D., Houziaux, J.-S., Vandenbergh, N., Fontaine, K., Deleu, S., Van Lancker, V., Van Roojj D. (2005). Mud Origin, Characterisation and Human Activities (MOCHA): Characteristics of cohesive sediments on the Belgian Continental Shelf. Scientific Report Year 1, Belgian Science Policy. 70.

Fox, A.D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T.K. and Petersen, K.. 2006. Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds Ibis 148 (Suppl. 1): 129–144.

Geoloket provincie Zeeland (2012). http://zldags.zeeland.nl/geo/ (geraadpleegd op 23 mei 2012).

Gill, A.B. & Taylor, H. (2001). The potential effects of electromagnetic fields generated by cabling between offshore wind turbines upon elasmobranch fishes, Countryside Council for Wales, Contract Science Report 488.

Gill, A.B., Gloyne-Phillips, I., Neal, K.J. & Kimber, J.A. (2005). The potential effects of electromagnetic fields generated by sub-sea power cables associated with offshore wind farm developments on electrically and magnetically sensitive marine organisms – a review. Report commissioned by COWRIE. 128 p.

Gill, A.B., Huang, Y., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J. & Wearmouth, V. (2009). COWRIE 2.0 Electromagnetic Fields (EMF) Phase 2: EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. 128 p.

Gordon, J., D. Thompson, D. Gillespie, M. Lonergan, S. Calderan, B. Jaffey, and V. Todd. (2007). Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. COWRIE, Ltd.

Grontmij (2006). Offshore windmolenpark Katwijk – Milieueffectrapport. Definitief. In opdracht van WEOM. 335.

Grontmij (2008). Windmolenpark ELNU – Toelichting visualisaties en zichtbaarheidskaarten. 9.

Grontmij (2010). Studieopdracht – Monitoring van de effecten van far-shore windmolenparken op het landschap - deel socio-landschappelijk onderzoek. Referentie 258468_Eindrapport. Studie op opdracht van BMM. 149.

G-tec (2012). Rentel – Geophysical Survey results (Ref. 11D_037_Rentel_SeabedReport).

Haelters *et al.,* (2012, in voorbereiding). The assessment of the impact of piling activities on the distribution of the harbour porpoise Phocoena phocoena in Belgian waters. Report RBINS/MUMM.

Haelters, J. & Camphuysen, K.C.J. (2009). The harbour porpoise in the southern North Sea: Abundance, threats and research- & management proposals. Project financed by IFAW (International Fund for Animal Welfare). 58.

Haelters, J. (2009). Monitoring of marine mammals in the framework of the construction and exploitation of offshore wind farms in Belgian marine water. 237-266 in Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287. + annexes.

Haelters, J. (2010). Contribution to CLIMAR – Marine Mammals. 7

Haelters, J., Jacques, T.G., Kerckhof, F. & Degraer, S. (2010). Spatio-temporal patterns of the harbor porpoise Phocoena phocoena in the Belgian part of the North Sea. 153-163 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184. + annexes.

Haelters, J., Kerckhof, F., Vigin, L. & Degraer, S., (2011). Offshore windfarm impact assessment: monitoring of marine mammals during 2010. 131-146 37 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157. + annex.

Haelters, J., Norro, A., Jacques, T.G. (2009). Underwater noise emission during the phase I construction of the C-Power wind farm and baseline for the Belwind wind farm. 17-37. In: Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring.

Hansen, N.E.O. and Gislason, K., (2002). Movable scour protection on highly erodible sea bottom. Dec. 2002. Report to the UVE programme J.Nr. 51171/00-0039.

Hastings, M. C., Popper, A. N. (2005). Effects of sound on fish. Report to California Department of Transportation Contract No. 43A0139, Task Order 1.

Henriksen, O.D., Teilmann, J. & Karstensen, J. (2003). Effects of the Nysted offshore wind fam construction on harbour porpoises – the 2002 annual status report for the acoustic T-POD monitoring programme. Technical report commissioned by ENERGI E2 A/S, August 2003. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment, Denmark. 44.

Hill M.O. (1973) Diversity and eveness: a unifying notation and its consequences. Ecology, 54: 427-432.

Hillewaert, H. & Maertens, B. (2003). Trends in the spatial distribution of macrobenthos along the Belgian coast. ICES WGEXT Report 2003, 93-95.

Hiscock, K., Tyler-Walters, H. & Jones, H., (2002). High level environment screening study for offshore wind farm developments - marine habitats and species project. Report from the Marine Biological Association to The Department of Trade and Industry New & Renewable Energy Programme. (AEA Technology, Environment Contract: W/35/00632/00/00). 156.

Hoffmann, E., Astrup, J., Larsen, F. & Munch-Petersen, S. (2000). Effects of marine windfarms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in the Horns Rev area. Baggrundsrapport nr. 24. 42.

Hofkens, E., Roosens, I. (eds.) (2001). Nieuwe impulsen voor de landschapszorg. De landschapsatlas: baken voor een verruimd beleid. M&L-cahier 5. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap: Afdeling Monumenten en Landschappen.

Houbolt, J.J.H.C., (1968). Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea. Geologie & Mijnbouw, 47(4): 245-273.

Huddleston, J. (ed.) (2010). Understanding the environmental impacts of offshore windfarms. COWRIE 2010. 138.

Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K. M., Fredrich, E. and Hill, R. (2006) 'Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines', Ibis, vol 148, 90–109.

ICES (2001). Report of the Working Group on Marine Mammel Population Dynamics and Habitats. ICES CM/2001/ACE:01.

ICES (2003). Report of the benthic ecology working group. ICES CM/2003/E:09.

ICPC (2007). ICPC Recommendation n°3, issue 9A: Criteria to be applied to proposed crossings between submarine telecommunication cables and pipelines/power cables".

IMDC (2010a). MER voor de extractie van mariene aggregaten in de exploratiezone van het Belgisch deel van de Noordzee. In opdracht van de Vlaamse Overheid – Afdeling kust. I/RA/11361/10.043/RDS.

IMDC (2010b). Het effect van elektromagnetische velden afkomstig van onderzeese kabels op vissen. In opdracht van C-Power. I/NO/14125/10.297/MSM/.

IMDC (2010c). Wind Farm Dan Tysk: Construction Tender. Preliminary Scour Protection Design. In opdracht van DEME. I/RA/17133/10.169/ABO

IMDC (2011a). Technische studie ter ondersteuning van het ontwerp voor een eiland op zee. I.o.v. Studiesyndicaat Stopcontact op zee. I/RA/15044/11.009/PIH.

IMDC (2011b). Design Basis Part A.4. Site specific wind data. In opdracht van Northwind. NWD-FND-DB-GEN-REP-005-DB_PartA4.

IMDC (2012a). Norther offshore wind farm, Design Basis Part A - Site conditions: Part A.2 - Hydrodynamic conditions. I/RA/14159/12.014/PIH.

IMDC (2012b). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11397/12.072/LWA.

IMDC (2012c). Environmental Impact Report windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11397/12.114/VBA.

IMDC (2012d). Nota korrelgrootteclassificatie. In opdracht van de Vlaamse Overheid – Afdeling Kust. I/NO/11310/12.021/ABO.

IMDC (2012e). Het effect op vissen van elektromagnetische velden afkomstig van onderzeese kabels van het windmolenpark Belwind. In opdracht van Belwind. I/NO/14168/12.016/cpa/.

IMO (1972). London Convention (1972). Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and other Matter. United Nations Conference on the Human Environment.

IMO (1989). Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone', International Maritime Organization,19 October 1989.

IMO (1996). 1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972.

IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

ISO 9613-1 (2006), Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1 – Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.

ISO 9613-2 (2006), Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2 – General method of calculation.

ITOPF (2012). Overzichtsstatistieken van accidentele olieverontreinigingen. Webpagina beschikbaar op 04/05/2012. (http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/#no).

Jak, R.G., Bos, O.G., Witbaard, R. & Lindeboom, H.J. (2009). Instandhoudingsdoelen Natura 2000-gebieden Noordzee. Rapport nr. C065/09, IMARES, Wageningen UR, in opdracht van het Ministerie LNV, 177.

Jensen, A.C., Collins, K.J. & Lockwood, A.P.M. (eds.) (2000). Artificial reefs in European seas. Kluwer Academic Publishers. 508.

Kerckhof, F., Degraer, S., Norro, A. & Rumes, B., (2011). Offshore intertidal hard substrata: a new habitat promoting non-indigenous species in the Southern North Sea: an exploratory study. 27-37 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157. + annex.

Kerckhof, F., Haelters, J. & Gollasch, S. (2007). Alien species in the marine and brackish ecosystem: the situation in Belgian waters. Aquatic Invasions 2(3): 243-257.

Kerckhof, F., Norro, A., Jacques, T.G. & Degraer, S. (2009). Early colonisation of a concrete offshore windmill foundation by marine biofouling on the Thornton Bank (southern North Sea).

39-51 in Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring.Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Kerckhof, F., Rumes, B., Norro, A., Jacques, T.G. & Degraer, S. (2010). Seasonal variation and vertical zonation of the marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea). 53-68 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 + annexes.

Kleissen, F.M. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank. W.L. Delft Hydraulics. 13

KMI (2012). www.meteo.be. Geraadpleegd op 3 april 2012.

Knudzen, V.O., Alford, R.S., Emling, J.W. (1948). Underwater Ambient Noise. Journal Maritime Research, 7:410.

Koschinski S, Culik B, Henriksen OD, Tregrenza N, Ellis G, Jansen C, Kathe G (2003). Behavioural reactions of freeranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. Mar Ecol Prog Ser 265: 263–273.

Krijgsveld K.L., R.C. Fijn, M. Japink, P.W. van Horssen, C. Heunks, M.P. Collier, M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen (2011). Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee: Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. NoordzeeWind report nr OWEZ_R_231_T1_20111114_flux&flight, Bureau Waardenburg report nr 10-219.

Lambers, R., Hille Ris & Hofstede, R. ter. (2009). Refugium Effects of the MEP - NSW Windturbinepark on Fish: Progress Report 2007. Interim report demersal fish. IMARES report. 23 pp.

Lanckneus, J., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Van den Eynde, D., Fettweis, M., De Batist, M. & Jacobs, P. (2001) – "Investigation of the natural sandtransport on the Belgian Continental Shelf (BUDGET)", Final Report. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), 104 +87 Annex.

Le Blanc Bakmar, C. (2009). The monopod bucket foundation: recent experience and challenges ahead. Powerpoint presentation for Hamburg Offshore Wind 12 mei 2009.

Le Bot, S., Van Lancker, V., Deleu, S., De Batist, M., Henriet, J.P. & Haegeman, W., (2005). Geological characteristics and geotechnical properties of Eocene and Quaternary deposits on the Belgian continental shelf: synthesis in the context of offshore wind farming. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, 84 – 2, 147 – 160.

Le Roy, D., Volckaert, A., Vermoote, S., de Wachter, B., Maes, F., Coene, J. & Calewaert, J.B. (2006). Risk Analysis of Marine Activities in the Belgian part of the North Sea (RAMA). SPSDII, April 2006.

Lensink, R., van Gasteren, H., Hustings, F., Buurma, L., van Duin, G., Linnartz, L., Vogelzang, F. & Witkamp, C., (2002). Vogeltrek over Nederland 1976-1993. Schuyt & Co, Haarlem, ISBN 90-6097-566-9.

Leonhard, S.B. & Pedersen, P. (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status report 2003: 1-62. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Leonhard, S.B. & Pedersen, P. (2006). Benthic Communities at Horns Rev Before, During and After Construction of Horns Rev Offshore. Annual Status report 2005. 134 pp. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Leonhard, S.B. (2000). Horns Rev Offshore Wind Farm. Environmental Impact Assessment of Sea Bottom and Marine Biology. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Leopold, M.F., Camphuysen C.J., Verdaat H., Dijkman E.M., Meesters H.W.G., Aarts G.M., Poot M., Fijn R. (2009). Local Birds in and around the OffshoreWind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 en T- IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20100329, 269.

Leopold M.F., Verdaat H., Spierenburg P., & van Dijk J. (2010). Zee-eendenvoedsel op een recente zandsuppletie bij Noordwijk. IMARES rapport C021/10.

Leopold, M.F. & Camphuysen, C.J. (2007). Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact local seabirds? NoordzeeWind.

Leopold, M.F. & Camphuysen, C.J. (2008). Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact porpoises? Beschikbaar op www.noorzeewind.nl.17.

Lerch, R.N., Blanchard, P.E., and Thurman, E.M. (1998). Contribution of hydroxylated atrazine degradation products to the total atrazine load in Midwestern streams. Environmental Science Technology 32:40-48.

Lindeboom, H.J. (2002). Comparison of effects of fishing with effects of natural events and non fishing anthropogenic impacts on benthic habitats. Symposium on effects of fishing activities on Benthic habitats: Linking geology, biology, socioeconomics and management. November 2002 Tampa Florida USA.

Lindeboom, H.J. (2009). Significance & Applicability: Ecological Guidelines for Offshore Wind Energy. Conference on Offshore Wind Energy in the Netherlands - Results of We@Sea research in perspective. 1-2 december 2009, Den Helder, Nederland.

Lindeboom, H.J., Geurts van Kessel, A.J.M. & Berkenbosch, A. (2005). Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008. Alterra rapport nr. 1109. ISBN nr. 90-369-3415-X. 103.

Lindgren, C. & Lindblom, E. (2004). Short term effects of accidental oil pollution in waters of the Nordic Countries. IVL Swedish Environmental Research Institute in collaboration with SYKE, SFT, HFS and DMU.

LNE (2012). http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/vlaams-klimaatbeleidsplan-2013-2020 (geraadpleegd op 6 maart 2012).

Lopez, J.C., Romero, P.C. (2011). Prediction of the magnetic field generated by a twisted three-core sea cable.

López-Sanz, A., Stelzenmüller, V., Maynou, F. & Sabatés, A. (2011). The influence of environmental characteristics on fish larvae spatial patterns related to a marine protected area: The Medes islands (NW Mediterranean). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 92:521-533.

Lucke, K., Dähne, M., Peschko, V., Müller, S., Adler, S., Gilles, A., Krügel, K., Brandecker, A., Sundermeyer, J., Verfuss, U., Benke, H. en Siebert, U. (2011). StUKplus: Investigations in addition to the effects monitoring – marine mammals. Meeresumwelt-Symposium, Hamburg, Proceedings 61-62.

Mackinson, S., Curtis, H., Brown, R., McTaggart, K., Taylor, N., Neville, S. & Rogers, S. (2006). A report on the perceptions of the fishing industry into the potential socio-economic impacts of offshore wind energy developments on their work patterns and income. Sci. Ser. Tec Rep., Cefas Lowestoft, 133: 99.

Mackinson, S., Curtis, H., Brown, R., McTaggart, K., Taylor, N., Neville, S. & Rogers, S. (2006), A report on the perceptions of the fishing industry into the potential socio-economic impacts of offshore wind energy.

Madsen, P.T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. and Tyack, P. (2006). "Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs." Marine Ecology Progress Series 309: 279-295.

Maes, F., Schrijvers, J., Van Lancker, V., Verfaille, E., Degraer, S., Derous, S., De Wachter, B., Volckaert, A., Vanhulle, A., Vandenabeele, P., Cliquet, A., Douvere, F., Lambrecht, J. & Makgill, R. (2005). Towards a spatial structure plan for sustainable management of the sea. Research in the framework of the BELSPO Mixed Actions – SPSD II, Juni 2005. 539.

MARIN (2010). Veiligheidsstudie offshore windpark 'North Sea Power'. Rapportnummer 23307.620/1. Rapport 18/08/2010.

MARIN (2011a). Veiligheidsstudie offshoe windpark 'North Sea Power'. Rapportnummer 23307.620/B3. Eindrapport 15/04/2011.

MARIN (2011b). Aanvulling veiligheidsstudie offshoe windpark 'North Sea Power'. Rapportnummer 25661-1-MSCN-rev.1. Eindrapport 19/12/2011.

Masden, E.A., Haydon, D.T., Fox, A.D., Furness, R.D., Bullman, R. & Desholm, M. (2009). Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. ICES Journal of Marine Science 66: 746-753.

Mathys, M. (2009). The Quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea. Unpublished PhD thesis, Universiteit Gent, XXIV, 382, annexes.

Mathys, M., Van Lancker, V., Versteeg, W., De Batist, M. (2009). Wetenschappelijke begeleiding en geïntegreerde interpretatie van seismisch onderzoek en trilboringen in Exploratiezone 4 op het Belgisch Continentaal Plat. Rapport Vlaamse Overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlenging en Kust, Afdeling Kust,146.

Mathys, M. (2010). Het onderwaterreliëf van het Belgisch deel van de Noordzee. Grote Rede 26, 16-26, VLIZ.

McKenzie-Maxon, C., 2000, Offshore Wind-Turbine Construction, Offshore Pile-Driving Underwater and Above-water Noise Measurements and Analysis, report 00.877, Report to SEAS Distribution A.m.b.A..

Meetnet Vlaamse Banken (2012). Vlaamse Hydrografische gegevens, Hydro Meteo Atlas, consulteerbaar op http://www.vlaamsehydrografie.be/hm_atlas_cd/www/index.htm.

Meißner, K. & Sordyl, H. (2006). Literature Review of Offshore Wind Farms with Regard to Benthic Communities and Habitats. - In: Zucco, C., Wende, W., Merck, T., Köchling, I. & Köppel, J. (eds.): Ecological Research on Offshore Wind Farms: International Exchange of Experiences - PART B: Literature Review of the Ecological Impacts of Offshore Wind Farms. BfN-Skripten 186: 1-45.

Meißner, K., Bockhold, J. & Sordyl, H. (2007). Problem Kabelwärme? – Vorstellung der Ergebnisse von Feldmessungen der Meeresbodentemperatur im Bereich der elektrischen Kabel im dänischen Offshore- Windmolenpark Nysted Havmøllepark (Dänemark). In:Meeresumwelt-Symposium 2006. Hrsg. Bundesamt für Seeschiffahrt und Hydrographie : 153-161.

Merck, T. (2009). Assessment of the environmental impacts of cables. OSPAR Commission.

Myhre G, Alterskjaer, K. and Lowe, D. (2009). A fast method for updating global fossil fuel carbon dioxide emissions Environ. Res. Lett. 4 034012.

Nedwell, J.R., Langworthy, J. & Howell, D. (2003). Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise. Report No. 544 R 0424 commissioned by COWRIE. 72.

Nedwell, J., Howell, D. (2004). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. Report 544 R 0308, commissioned by COWRIE.

Nedwell, J.R., Parvin, S.J., Edwards, B., Workman, R., Brooker, A.G. & Kynoch, J.E. (2007). Measurement and interpretation of underwater noise during construction and operation of offshore windfarms in UK waters. Subacoustech Report No. 544R0738 to COWRIE Ltd. 78.

Newell, R.C., Seiderer, L.J., Simpson, N.M. & Robinson, J.E. (2002). Impact of marine aggregate dredging and overboard screening on benthic biological resources in the central North Sea: Production Licence Area 408; Coal Pit. Marine Ecological Surveys Limited Technical Report No. ER1/4/02 to the British Marine Aggregate Producers Association. 72.

Norro, A., Haelters, J., Rumes, B. & Degraer, S. (2010). Underwater noise produced by the piling activities during the construction of the Belwind offshore wind farm (Bligh Bank, Belgian marine waters). 37-51 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 + annexes.

Norro, A., Rumes, B. & Degraer, S., (2011). Characterisation of the operational noise, generated by offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. 17-26 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157. + annexes.

Öhman M., Sigray P. en Westerberg H. (2007). Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. Ambio 36: 630-633.

OSPAR (2000a). Quality Status Report 2000 Region II - Greather North Sea OSPAR Commission. 136.

OSPAR (2006). Review of the current state of knowledge on the environmental impacts of the location, operation and removal/disposal of offshore wind-farms. Status report April 2006, OSPAR Commission. Publication number 278/2006. 34.

OSPAR (2008a). Assessment of the environmental impact of offshore wind-farms. OSPAR Commission. Publication number 385/2008. 36.

OSPAR (2008b). Background Document on potential problems associated with power cables other than those for oil and gas activities. OSPAR Commission. Publication number 370/2008. 50.

OSPAR (2009a). Assessment of the environmental impact of underwater noise. OSPAR Biodiversity series, publication 436.

OSPAR (2009b). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. OSPAR Biodiversity series, publication 441. 134.

OSPAR (2010). Quality status raport 2010. Assessment of the impact of shipping on the marine environment.

Paelinckx, D., Sannen, K., Goethals, V., Louette, G., Rutten, J. & Hoffmann M., (2009). Gewestelijke doelstellingen voor de habitats en de soorten van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn voor Vlaanderen. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.M.2009.6. INBO, Brussel.

Petersen, I.K and Fox, A.D.(2007). Changes in bird habitat utilization, around the Horns Rev 1 offshore wind farm, with particular emphasis on Common Scoter. Report request. Commissioned by Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute. 36.

Petersen, I.K., Christensen, T.K., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox, A.D. (2006). Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI Report request. Commissioned by DONG energy and Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute. Ministry of the Environment. Department of Wildlife Ecology and Biodiversity. 161.

Petersen, J.K. & Malm, T. (2006). Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. Ambio Vol. 35, No.2, 75-80.

Phua, C., van den Acker, S., Baretta, M. & van Dalfsen, J. (2004). Ecological effects of sand extraction in the North Sea. 22.

Pieters, M., Demerre, I., Lenaerts, T., Zeebroek, I., De BIE, M., De Clercq, W., Dickinson, B., Monsieur, P. (2010). De Noordzee: een waardevol archief onder water. Meer dan 100 jaar onderzoek van strandvondsten en vondsten uit zee in België: een overzicht. Relicta 6, 177-218.

Poléo, A.B.s., Johannessen, H.F. & Harboe, M.jr. (2001). High Voltage Direct Current (HVDC) sea cables and sea electrodes: Effects on marine life – 1st revision of the literature study: 50.

Popper, A.N., Salmon, M. & Horch, K. (2001). Acoustic detection and communication by decapods crustaceans. J. Comp. Physiol. A 187, (2), 83-89.

Prins, TC, Van Beek, JKL, Bolle, L (2009) Modelschatting van de effecten van heien voor offshore windmolenparken op de aanvoer van vislarven naar Natura 2000 gebieden. Report No. Z4832, Deltares.

Prins, T.C., Twisk, F., van den Heuvel-Greve, M.J., Troost, T.A. & van Beek, J.K.L. (2008). Development of a framework for Appropriate Assessments of Dutch offshore wind farms. 177.

Provincie Zeeland (1998), MER-windenergie deelaspect geluid Nederland

Rabaut, M., Guilini K., Van Hoey, G., Magda, V., Degraer, S. (2007). A bio-engineered soft-bottom environment: The impact of Lanice conchilega on the benthic species-specific densities and community structure. Estuar Coast Shelf Sci 75:525-536.

RBINS & MUMM (2009), 'Offshore wind farms – Belgian part of the North Sea: state of the art after two years of environmental monitoring.

RCMG (2006), Monitoring van het onderwatergeluid op de Thorntonbank – Referentietoestand van het jaar nul – eindrapport JPH/2005/sec15

Reid, P.C., Gorick, G. & Edwards, M. (2011). Climate change and European Marine Ecosystem Research. 53p. Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science, Plymouth, UK.

REPAP2020- Renewable Energy Policy Action Paving the Way for 2020 – www.repap2020.eu

Resource Analysis (2010). Plan-MER voor het Geïntegreerd Kustveligheidsplan. In opdracht van Afdeling Kust.

Reubens, J., Vanden Eede, S. & Vincx, M. (2009a). Monitoring of the effects of offshore wind farms on the endobenthos of soft substrates: Year-0 Bligh Bank and Year-1 Thorntonbank. 61-91 in Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M. (2009b). The importance of marine wind farms, as artificial hard substrates, on the North Sea bottom for the ecology of the ichthyofauna fish. 53-60 in Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M. (2010). The importance of marine wind farms, as artificial hard substrata, for the ecology of the ichthyofauna. 69-82 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 + annexes.

Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M., (2011). Spatial and temporal movements of cod (Gadus morhua) in a wind farm in the Belgian part of the North Sea using acoustic telemetry, a VPS study. 39-46. In Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 + annex.

Richardson, W.J., Greene Jr, C.R., Malme, M.I. & Thomson, D.H. (1995). Marine mammals and noise. Academic Press, London & New York. 576.

Roberts, C.M., Bohnsack, J.A., Gell, F., Hawkins, J.P. & Goodridge, R. (2001). Effects of marine reserves on adjacent fisheries. Science, Vol. 294 (5548): 1920-1923.

Roos, P.C. (2004). Seabed pattern dynamics and offshore sand extraction. Doctoraatsproefschrift, Universiteit Twente. 167.

Sakhalin Energy Investment Company LTD, Phase 2 project onshore pipelines-River crossing strategy

Sanderhoff, P. (1993). PARK – User's guide, A PC-program for calculation of wind turbine park performance. RISO National Laboratory, Roskildek Denmark, 133.

SCANS-II. (2008). Small cetaceans in the European Atlantic and North Sea. Final Report to the European Commission under project LIFE04NAT/GB/000245, SMRU, Gatty Marine Laboratory, University of St Andrews, St Andrews, Fife KY16 8LB, UK.

Scheidat, M., Tougaard, J., Brasseur, S., Carstensen, J., van Polanen Petel, T., Teilmann, J. en Reijnders, P., (2011). Harbour porpoises (Phocoena phocoena) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. Environ. Res. Lett. 6, 025102 (10p.) doi:10.1088/1748-9326/6/2/025102.

Senternovem (2005). Handboek risicozonering Windturbines versie 2. www.senternovem.nl.

SGS (2007). Studie windturbines en veiligheid. http://www.energiesparen.be

SGS Environmental Services (2003). Milieueffectrapport voor een windturbinepark te Zeebrugge. Projectnummer: 02.6086.

Söker, H., Rehfeldt, K., Santjer, F., Stracker, M. & Schreiber, M. (2000). Offshore Wind Energy in the North Sea. Technical possibilities and ecological considerations. A Study for Greenpeace. 83.

Spence, J., Fischer, R., Bahtiarian, M., Boroditsky, L., Jones, N., and Dempsey, R.(2007), Review of existing and future potential treatments for reducing underwatersound from oil and gas industry activities, NCE REPORT 07-001, JIP on E&PSound and Marine Life, London

Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E. (2002). De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank. Studie ter beoordeling en monitoring van de impact van een offshore windmolenpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Rapport IN.A.2002.244, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 60.

Stienen, E.W.M., Van Waeyenberghe, J. & Kuijken, E. (2007). Trapped within the corridor of the southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds. In: de Lucas, M., Guyonne, F.E. & Ferrer, M., 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, 71 – 80.

Strucker, R.C.W.; Arts, F.A.; Lilipaly, S. (2012). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. RWS Waterdienst BM, 12.07. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Waterdienst: Vlissingen. 122.

Tasker, M.L., Amundin, M., Andre, M., Hawkins, A., Lang, W., Merck, T., Scholik-Schlomer, A., Teilmann, J., Thomsen, F., Werner, S. & Zakharia, M. (2010). Marine Strategy Framework Directive – Task Group 11 Underwater noise and other forms of energy. European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 55.

Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixan, T.J. & Blake, B.F. (1984). Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. Auk 101: 567- 577.

Technum nv (2007). MER-Uitbreiding van het Zwin, beschrijving huidige geluidsbelasting in het Zwin a.d.h.v. in-situ geluidsmetingen i.o.v. Arcadis.

Technum-IMDC (2009). Wind Farm Thornton Bank Phase 2. Preliminary scour protection design for monopile foundations. In opdracht van C-Power. 2-ENG-DES-TN-009.

Teilmann, J., Carstensen, J., Dietz, R. & Edrén, S.M.C (2005). Aerial monitoring of seals during construction and operation of Nysted Offshore Wind Farm. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 37.

Teilmann, J., Carstensen, J., Dietz, R., Edrén, S.M.C & Andersen, S.M. (2006c). Final report on aerial monitoring of seals near Nysted Offshore Wind Farm. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 41.

Ter Hofstede, R., Heessen, H.J.L. & Daan, N. (2005). Systeembeschrijving Noordzee: Natuurwaardenkaarten vis. RIVO rapport C090/05, 55.

Tessens, E. & Velghe, M. (2010). De Belgische Zeevisserij: aanvoer en besomming 2009. Departement Landbouw en Visserij. Afdeling Landbouw en Visserijbeleid. Zeevisserij. 32.

Tessens, E. & Velghe, M. (2011). De Belgische Zeevisserij: aanvoer en besomming 2010. Departement Landbouw en Visserij. Afdeling Landbouw en Visserijbeleid. Zeevisserij. 115.

Thiele R. (2002). Propagation loss values for the North Sea. Handout Hachgespräch: Offhore-windmillssound emissions and marine mammals

Thompson P. M., Lusseau, D., Barton, T., Simmons, D., Rusin, J., Bailey, H. (2010). Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. Marine Pollution Bulletin 60 (2010) 1200-1208.

Thomsen, F., McCully, S.R., Wood, D., White, P. and Page, F. (2009). A generic investigation into noise profiles of marine dredging in relation to the acoustic sensitivity of the marine fauna in UK waters with particular emphasis on aggregate dredging: PHASE 1 Scoping and review of key issues, Thomsen, F., McCully, S., Wood, D., Pace, F. and White, P., Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF) MEPF Ref No. MEPF/08/P21.

Thomsen, F., Lüdemann, K., Kafeman, R., Piper, W. (2006). Effect of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Biola, Hambur, Germany on behalf of COWRIE Ltd. 62 pp.

TNO (2009), Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea.

Tougaard, J., Carstensen, J., Damsgaard Henrikson, O., Skov, H., Teilman, J. (2003). Short-term effects of the construction of wind turbines on harbour porpoise at Horns Rev. Techical Report to TechWise A/S. HME/362-02662, Hedeselkabet, Roskilde.

Tougaard, J., Tougaard, S., Jensen, R.C., Jensen, T., Teilmann, J., Adelung, D., Liebsch, N. & Müller, G. (2006a). Harbour seals at Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S. Biological Papers from the Fisheries and Maritime Museum No. 5, Esbjerg, Denmark. Available at www.hornsrev.dk.

Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M.S., Jespersen, M., Teilmann, J. & Ilsted Bech, N. (2006b). Harbour Porpoises on Horns Reef – Effects of the Horns Reef Wind Farm – Final Report to Vattenfall A/S. NERI Commissioned Report. Roskilde, Denmark. 111.

Tougaard, J., Carstensen, J., Ilsted Bech, N. & Teilmann, J. (2006c). Final report on the effect of Nysted Offshore Wind Farm on harbour porpoises. Annual report 2005. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Roskilde, Denmark. 65.

Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M.S., Teilmann, J., Ilsted Bech, N., Skov, H. & Henriksen, O.D. (2005). Harbour Porpoises on Horns Reef – Effects of the Horns Reef Wind Farm. Annual Status Report 2004 to Elsam Engineering A/S. NERI Technical Report. Roskilde, Denmark 71.

Tougaard, J., Madsen, P.T. & Wahlbergs, M. (2008). Underwater noise from construction and operation of offshore wind farms. Bioacoustics 17: 1-3 (2008) 146-146.

Tractebel Engineering (2011). Windpark in de concessiezone ten noordwesten van de Bligh Bank – Micro-Siting, B4P-BIS/4NT/0206774/000/00. In opdracht van Electrabel, Belgium.

Tractebel Engineering (2010). Offshore wind farms Blue4Power Zone I and II - Wind Energy Yield Assessment, B4PPRED/4NT/144256/000/01. In opdracht van Electrabel – Jan De Nul, Belgium.

Turner, S.J., Thrush, S.F., Pridmore, R.D., Hewitt, J.E., Cummings, V.J. & Maskery, M. (1995). Are softsediment communities stable? An example from a windy harbour. Marine Ecology Progress Series 120, 219-230.

UK Government (2005). Environmental protection, England and Wales, Hazardous Waste (England and Wales) Regulations.

UNCLOS (1982). 'United Nations Convention on the Law of the Sea'.

Van Cauwenberghe, C. (1971). Hydrographic analysis of the Flemish banks along the Belgian-French coast [Hydrografische analyse van de Vlaamse banken langs de Belgische-Franse kust]. Het Ingenieursblad 40(19): 563-576.

Van den Eynde, D.; De Sutter, R.; Polet, H.; Verwaest, T.; Maes, F.; Volckaert, A.M.; Vanderperren, E.; Ozer, J.; Ponsar, S.; Van der Biest, K.; Willekens, M. (2009). CLIMAR - evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities, in: Mees, J. *et al.* (Ed.) (2009). VLIZ Young Scientists' Day, Brugge, Belgium 6 March 2009: book of abstracts. VLIZ Special Publication, 41: 68.

Van den Eynde, D., Brabant, R., Fettweis, M., Francken, F., Melotte, J., Sas, M., Van Lancker, V. (2010). Monitoring of hydrodynamic and morphodynamical changes at the C-Power and the Belwind offshore wind farm sites - A synthesis. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. (Eds.) (2010) Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgia Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 + annexes.

Van den Eynde, D., De Sutter, R., Haerens, P. (2012). Evolution of marine storminess in the Belgian part of the North Sea.

Van Gompel, J. (2003) in Verkem, S., De Maeseneer, J., Vandendriessche, B., Verbeylen, G. & Yskout, S. Zoogdieren in Vlaanderen. Ecologie en verspreiding van 1987 tot 2002. Natuurpunt Studie en JNM-Zoogdierenwerkgroep, Mechelen en Gent, België.

Van Hoey, Degraer, S. & Vincx, M. (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom communities on the Belgian Continental Shelf. Est., coast. And shelf sci. 59: 601-615.

Van Lancker, V., Deleu, S., Bellec, V., Le Bot, S., Verfaillie, E., Schelfaut, K., Fettweis, M., Van den Eynde, D., Francken, Monballiu, J., Giardino, A., Portilla, J., Lanckneus, J., Moerkerke, G. & Degraer, S. (2007). Management, research and budgeting of aggregates in shelf seas related to end-users (MAREBASSE). Final Scientific Report. Belgian Science Policy, SPSDII North Sea.

Van Lancker, V.R.M., Du Four, I., Degraer, S., Fettweis, M., Francken, F., Van den Eynde, D., Monbaliu, J., Toorman, E., Verwaest, T., Janssens, J., Vincx, M., Houziaux, J.-S. (2009). Changes in the marine environment: the Belgian part of the North Sea revisited, in: (2009). 41st International Liège Colloquium on Ocean Dynamics: Science-Based Management of the Coastal Waters, 4-8 May 2009.

Vanagt, T., Calewaerts, J. en Van de Moortel, L. (2011). Onderzoeksmogelijkheden mariene biologie, aquacultuur en duurzame vsserij gekoppeld aan offshore windmolenpark op de Bligh Bank, 9.

Vanaverbeke, J., Franco, M.A., Remerie, T., Vanreusel A., Vincx, M., Moodley, L., Soetaert, K., van Oevelen, D., Courtens, W., Stienen, E.W.M., Van de walle, M., Deneudt, K., Vanden Berghe, E., Draisma, S., Hellemans B., Huyse, T., Volckaert, F.A.M.J. & Van den Eynde, D., (2007). Higher trophic levels in the southern North Sea (Trophos). Final Report EV/25. Belgian Science Policy, Brussels.

Vandenbroele, M., Vangheluwe, M., Janssen, C., Persoone, G., Van Haecke, P. & Le Roy, D. (1997). Definiëring en toepassing van ecologische criteria en economische indicatoren voor de effectstudie en kostenbepaling van diverse types van verontreiniging in de Noordzee. 142.

Vandendriessche, S., Derweduwen, J. & Hostens, K., (2011). Monitoring the effects of offshore windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: baseline monitoring. 65-81 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 + annex.

Vandendriessche, S., Hostens, K. & Wittoeck, J. (2009). Monitoring of the effects of the Thorntonbank and Bligh Bank windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during construction (T1), Bligh Bank: reference condition (T0). 93-150 in Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Vanderperren, E. & Polet, H. (2009). CLIMAR – Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities. Subdocument 'Belgian fisheries - sector analysis' ILVO – Institute for Agricultural and Fisheries Research, Animal Sciences – Fisheries: Ostend, Belgium. 44.

Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Courtens, W. & Van de Walle, M. (2006). Referentiestudie van de avifauna van de Thorntonbank. [Reference study of the avifauna of the Thorntonbank]. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, A.2006-22. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek: Brussel, Belgium. 131.

Vanermen, N. & Stienen, E. (2009). Seabirds & offshore wind farms: monitoring results 2008. 151-221 in Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 + annexes.

Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W., Van de walle, M. & Verstraete, H. (2010). Monitoring seabird displacement effects by offshore wind farms: a modelling approach. 133-152 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 + annexes.

Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W. & Van de walle, M., (2011). Seabirds & offshore wind farms: Power and impact analyses 2010. 93-129 in Degraer, S., *et al.* (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 + annex.

Vattenfall A/S (2006). Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status Report for the Environmental Monitoring Programme 2005: January 2005 - March 2006. Vattenfal A/S, Report No 6659 – LAJL/JKG. Fredericia, Denmark. 96.

Vella, G., Rushforth, I., Mason, E., Hough, A., England, R., Styles, P., Holt, T. & Thorne, P. (2001). Assessment of the effects of noise and vibration from offshore wind farms on marine wildlife. 107.

Verboom, W.C. & Kastelein, R.A. (2005). Some examples of marine mammal 'discomfort tresholds' in relation to man-made noise. Proc. UDT 2005.

Verboom, W.C. (1991). Possible distrubance of marine mammal hearing perception by human mad nois-preparatory study, TPD-HAG-RPT-91-110.

Verfaillie, E., Van Lancker, V. and Van Meirvenne, M. (2006). Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. Continental Shelf Research 26, 2454-2468.

Verhaeghe, D., DelBare, D., Pollet, H. (2011). Haalbaarheidsstudie passieve visserij en maricultuur binnen de Vlaamse windmolenparken? Eindrapport Maripas.

Vestas Wind Systems (2005). Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines.

Vlarem II (uitgave 2011), milieuwetboek (deel 2: milieukwaliteitsnormen en beleidstaken ter zake)

VLIZ Alien Species Consortium (2012). http://www.vliz.be/wiki/Lijst_niet-inheemse_soorten_Belgisch_deel_Noordzee_en_aanpalende_estuaria (geraadpleegd op 15 maart 2012).

VMM (2009). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest – Jaarverslag Immissiemeetnetten, Kalenderjaar 2008. Vlaamse Milieumaatschappij, AFDeling Lucht, Mileieu en Communicatie, Dienst Lucht, Erembodegem.

VMM (2010). Lozingen in de lucht 1990-2008. Vlaamse Milieumaatschappij Aalst.

VMM (2011). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest – Jaarverslag Immissiemeetnetten Kalenderjaar 2010. Vlaamse Milieumaatschappij, AFDeling Lucht, Mileieu en Communicatie, Dienst Lucht, Erembodegem.

Volckaert, A., Engledow, H., Beck, O., Degraer, S., Vincx, M., Coppejans, E. & Hoffmann, M. (2004). Onderzoek van de ecologische interacties van macroalgen, macrofauna en vogels geassocieerd met intertidale harde constructies langsheen de Vlaamse kust. Universiteit Gent/Instituut voor Natuurbehoud: Belgium. 123.

Wahlberg, M. and Westerberg, H. (2005). Hearing in fish and their reaction to sound from offshore wind farms. Mar. Ecol. Prog. Ser. 288: 295-309.

Westerberg, H. & Lagenfelt. (2008). Sub-sea power cables and the migration behavior of the European eel. Fisheries Management and Ecology 15: 369-375.

Westerberg, H. (1994). Fiskeriundersokningar vid havsbaserat vindkraftverk.

Wetlands International, (2006). Waterbird Population Estimates – fourth edition. Wetlands International, Wageningen.

Wilhelmsson, D. & Malm, T., (2008). Fouling assemblages on offshore wind power plants and adjacent substrata. Estuarine Coastal and Shelf Science 79(3): 459-466.

Winter, H.V., Aarts, G. & van Keeken, O.A. (2010). Residence time and behaviour of sole and cod in the Offshore Wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). Report number OWEZ_r_265_T1_20100916.

Würsig, B., Greene, Jr., C.R., and Jefferson, T.A.. (2000). Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. Marine Environmental Research 49:79-93.

Wußow, S., Sitzki, L. & Hahm, T. (2007). "3D simulation of the turbulent wake behind a wind turbine". Journal of physics: Conference series, The science of making torque from wind 75 012033.

Zalmon, I.R., Novelli, R., Gomes, M. & Faria, V.V. (2002). Experimental results of an artificial reef programme on the Brazilian coast north of Rio de Janeiro. ICES Journal of Marine Science, 59, 83-87.

Zucco, C., Wende, W., Merck, T., Köchling, I. & Köppel, J., (2006). Ecological Research on offshore wind farms: International exchange of experiences (Part B Literature Review of Ecological impacts) 284.

http://aps.vlaanderen.be/svr/energie.html of http://www4.vlaanderen.be/sites/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx: Excelbestanden: Aandeel elektriciteit uit hernieuwbare engergiebronnen en WKK (1994-2010); Aandeel hernieuwbare energie (2005-2010), http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/ (geraadpleegd 30 maart 2012).

http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/energie/prijzen/gemid_8/ (geraadpleegd op 16 april 2012).

http://www.kustveiligheid.be/ (geraadpleegd op 16 april 2012).

http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm (geraadpleegd op 8 februari 2012).

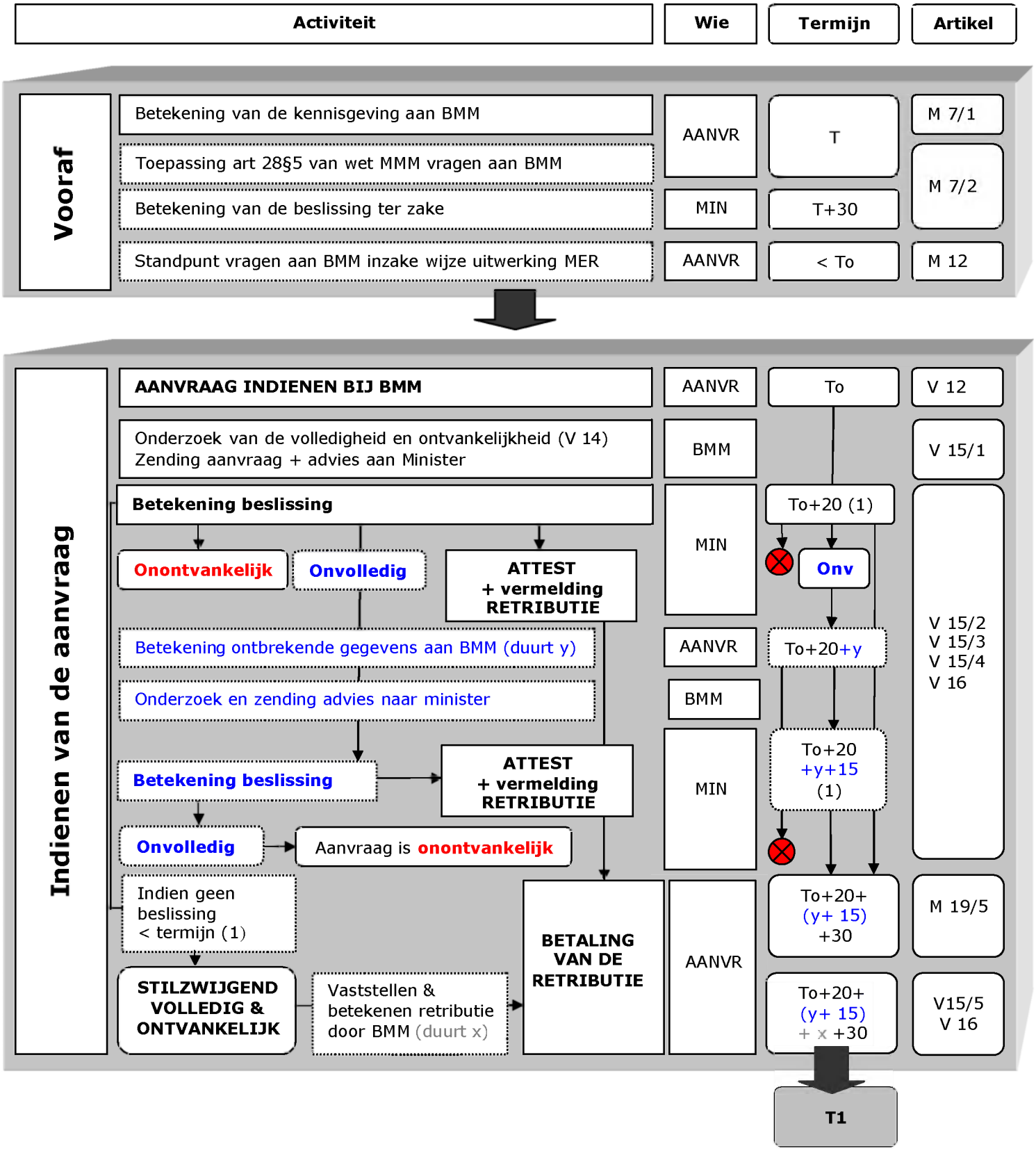
http://www.vliz.be/projects/bwzee (geraadpleegd op 15 mei 2012).

http://www.wrecksite.eu/ (geraadpleegd op 8 februari 2012).

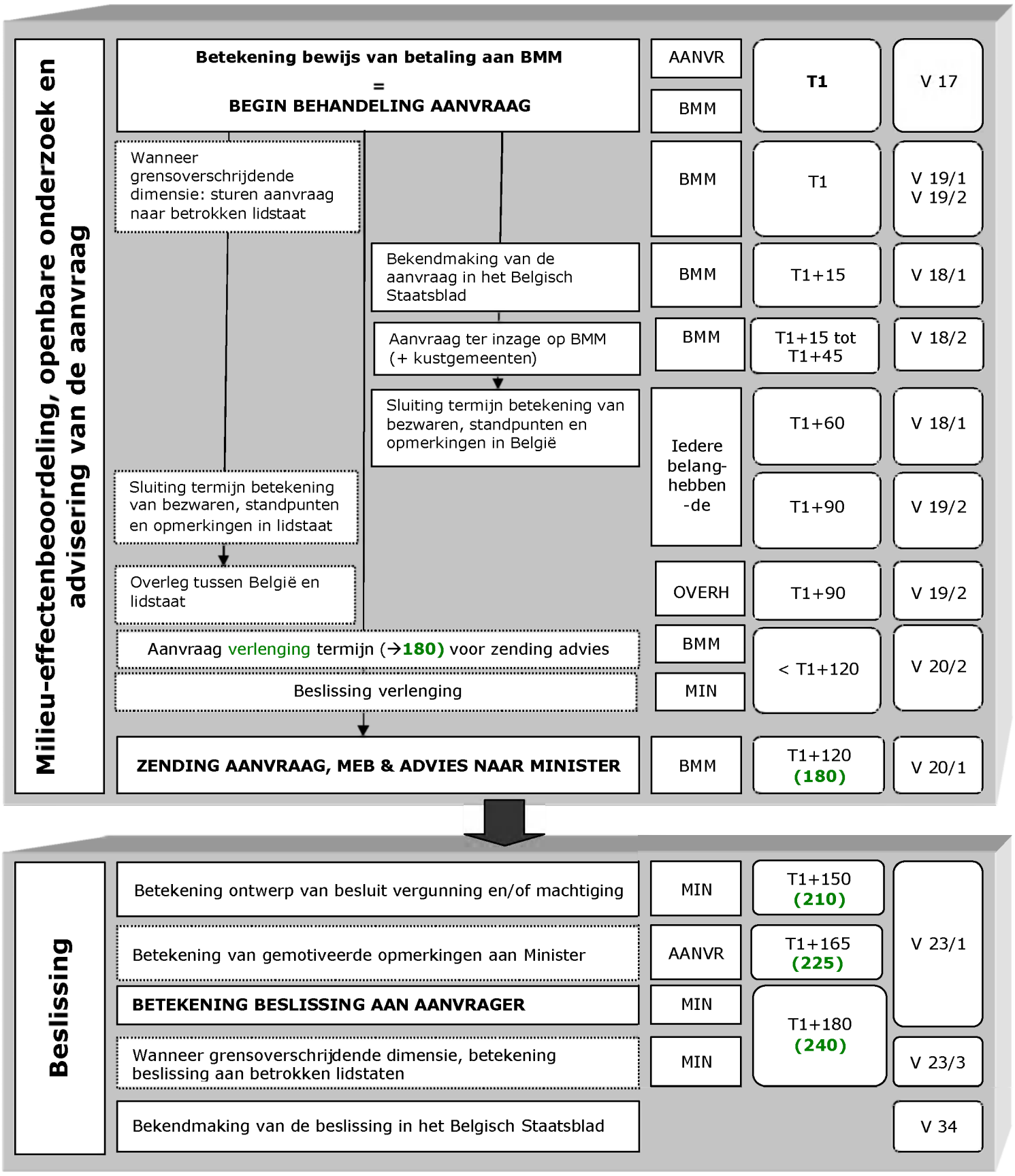
Bijlage A Milieuvergunningsaanvraag

A.1 Milieuvergunningsprocedure (Vigin & Di Marcantonio, 2003)

Procedure met inspraak voor het bekomen van vergunning en /of machtiging



Betekening = aangetekend opsturen, AANVR = aanvrager, MIN = minister, OVER= overheden, M = KB 9/9/2003, V = KB 7/9/2003,····· facultatieve stap



Betekening = aangetekend opsturen, AANVR = aanvrager, MIN = minister, OVER= overheden, M = KB 9/9/2003, V = KB 7/9/2003,····· facultatieve stap

A.2 Aanvraagdossier overdracht domeinconcessie THV Rentel naar Rentel NV

RENTEL NV

FOD Economie
Tav. Gustaaf Vanbavinckhoven
Claude Adams
Vooruitgangstraat 50
1210 Brussel

datum	ons kenmerk	uw kenmerk	cc
21/03/2012	REN12-S004		

Betreft: **Oprichting RENTEL NV**
Overdracht van de domeinconcessie van THV RENTEL naar RENTEL NV

Geachte Heer Vanbavinckhoven,

We schrijven U aangaande de domeinconcessie die op 4 juni 2009 werd toegekend aan THV Rentel in toepassing van het Koninklijk Besluit van 20 december 2000, zoals gewijzigd (de 'Concessie').

Zoals reeds in het aanvraagdossier tot het bekomen van de Concessie werd aangekondigd, had de THV RENTEL de intentie om de THV om te vormen tot een NV en haar Concessie over te dragen aan een NV.

Op 16 december 2011 werd RENTEL NV, met maatschappelijke zetel te Slijkensesteenweg 2, 8400 Oostende, opgericht voor notaris Lemmerling te Brussel. Hierin participeren niet alleen Rent-A-Port NV en Electrawinds NV, de oprichtende partijen van de THV Rentel, via Electrawinds Offshore NV en Rent-a-port Energy NV, maar ook 7 bijkomende partners teneinde een bredere expertise en draagkracht te verzekeren. Deze bestaan uit Aspiravi Offshore, DEME NV, SRIW Environment SA, Z-kracht NV, Power@sea NV, Socofe SA en Otary NV. Otary NV is op haar beurt een holdingvennootschap samengesteld uit voorgaande 8 partners met de intentie om de nodige kennis en financiering te bundelen voor de ontwikkeling van offshore windparken.

Middels dit schrijven hadden we graag voor de de goede orde kennis gegeven van de aanvraag tot overdracht van de domeinconcessie van THV Rentel aan NV Rentel conform artikel 20 van voormeld KB. Conform dit KB dient Rentel NV, als kandidaat overnemer te voldoen aan de selectiecriteria opgesomd in artikel 2.

Als bijlage gaat een aanvraagdossier, evenals de vereiste stukken conform artikel 20 van het KB om dit verzoek te staven.

Headquarters
Slijkense Steenweg 2 - 8400 Oostende - Belgium - Tel: 03/250.55.51 - Fax: 03/250.55.52 - administration@otary.be
Bank Details
Dexia Bank - IBAN BE83-0688-9413-5115 - BIC GKCCBEBB - VAT: BE 842.251.889

Wij weten U dank te bevestigen dat deze overdracht niet onverenigbaar is met het behoud van Concessie. In geval van ontstentenis van deze bevestiging gaan we er van uit dat de overdracht kan plaatstvinden na een termijn van 50 werkdagen vanaf de kennisgeving zoals bepaald in het KB.

We weten U dank voor Uw bericht en verblijven,

Hoogachtend,

Namens THV RENTEL als kandidaat-overdrager

Marc Stordiau
CEO
Rent-A-Port NV

Electrawinds NV
vertegenwoordigd door NV LDS
gedelegeerd bestuurder
met dhr. Luc Desender als vaste
vertegenwoordiger

Namens NV RENTEL als kandidaat-overnemer

Olivier Vanderijst
Namens Sparaxis SA
voorzitter van de raad van bestuur RENTEL NV

Alain Bernard
Bestuurder RENTEL NV

Bijlage: Aanvraagdossier

Aanvraagdossier

overdracht van de domeinconcessie van THV RENTEL NAAR RENTEL NV

Contents

INHOUDSTABEL 2

Deel 1 Inleiding 4

Deel II Beantwoording aan de selectie criteria 5

II.1. Functionele en financiële structuur (art. 2.1°) 5

II.1.1. Functionele structuur 5

II.1.2. Financiële structuur 8

II.1.3. Besluit 8

II.2. Aanvragende vennootschap (art. 2.2°) 9

II.2.1. Oprichting overeenkomstig de Belgische wetgeving (art. 2.2° a) 9

II.2.2. Maatschappelijke zetel & administratieve zetel (art. 2.2° b) 9

II.3. Afwezigheid van een toestand van faillissement, van vereffening, van gerechtelijk akkoord of lopende procedure (art.2, 3° en 4°) 10

II.3.1. Attest Rechtbank van Koophandel 10

II.3.2. Verklaring op eer m.b.t. de afwezigheid van faillissement 11

II.3.3. Verklaring op eer m.b.t. de afwezigheid van gerechtelijk akkoord 12

II.4. Afwezigheid van veroordelingen (art. 2, 5°) 13

II.4.2. Uitreksel bevestiging blanco strafregister vennootschap RENTEL NV 13

II.4.2. Getuigschriften van goed gedrag en zeden van de bestuurders 14

II.5. Financiële en economische draagkracht van de aanvrager (art. 2 juncto art 4, §2, 9°) 15

II.5.1. Jaarrekeningen (art. 2 juncto art 4, §2, 9° a) 15

II.5.2. Voorziene balansen en resultatenrekeningen van de N.V. RENTEL voor de volgende 5 jaar (art. 2 juncto art 4, §2, 9° b) 15

II.5.3 Interne en externe bronnen van financiering op vijf jaar (art. 2 juncto art 4, §2, 9° c) 18

II.6 Burgerlijke aansprakelijkheid (art. 2,7°) 20

II.7. Technische bekwaamheden 21

II.7.1 Inleiding 21

Deel 1 Inleiding

Op 4 juni 2009 is aan THV Rentel een domeinconcessie voor een termijn van 20 jaar toegekend voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden met een totaal geïnstalleerd vermogen van 288 MW in het zeegebied gelegen tussen de Bank Zonder Naam en de Thornton bank (zone 3) in toepassing van het Koninklijk Besluit van 20 december 2000, zoals gewijzigd bij het Koninklijk Besluit van 17 mei 2004.

Zoals reeds in het aanvraagdossier tot het bekomen van deze domeinconcessie werd aangekondigd, had de THV RENTEL de intentie om de THV om te vormen tot een NV en haar concessie over te dragen aan een NV. De founding fathers van de THV Rentel (Rent-A-Port NV en Electrawinds NV) kunnen bogen op een brede expertise en relevante partners om het windturbine park op de concessie van RENTEL te realiseren.

Echter, om nog een bredere expertise en draagkracht te garanderen, alsook om een zeer sterke relatie met een aantal relevante partners te hebben, werd besloten om in de NV RENTEL, buiten Electrawinds Offshore NV en Rent-a-port Energy NV zeven extra partners op te nemen. Op deze wijze werd het aandeelhouderschap uitgebreid tot negen partners.

Overeenkomstig het KB van 20 december 2000 betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen overeenkomstig het internationaal zeerecht, gewijzigd door het KB van 28 september 2008 tot wijziging van dit koninklijk besluit van 20 december 2000, dient de aanvraag tot gehele of gedeeltelijke overdracht van de domeinconcessie aan de afgevaardigde van de minister ter kennis worden gebracht. De kandidaat overnemer is onderworpen aan de selectiecriteria opgesomd in artikel 2 van dit KB van 20 december 2000.

Conform deze artikelen wenst de NV RENTEL in dit aanvraagdossier de overdracht van de domein concessie, toegekend aan de THV RENTEL op 4 juni 2009, aan de NV RENTEL aan te vragen. In het onderhavige dossier worden de verschillende elementen zoals bepaald in artikel 2 van dit KB van 20 december 2000 punt voor punt behandeld.

Deel II Beantwoording aan de selectie criteria

II.1. Functionele en financiële structuur (art. 2.1°)

II.1.1. Functionele structuur

Voor de realisatie van het RENTEL project werd de NV RENTEL opgericht, met als doel het ontwikkelen van de domeinconcessie RENTEL zoals gegund bij Ministerieel Besluit van 4 juni 2009.

DE NV RENTEL heeft volgende aandeelhouders: Rent-A-Port Energy NV, Electrawinds offshore NV, Aspiravi Offshore, DEME NV, SRIW Environment SA, Z-kracht NV, Power@sea NV, Socofe SA en Otary NV.

Door het samenbrengen van deze verschillende partners in een NV wordt de specifieke kennis en sterktes van alle groepen gecombineerd. Op deze wijze heeft RENTEL NV een nog betere technische en financiële draagkracht om de ontwikkeling, bouw en uitbating van een offshore windenergiepark te realiseren.

Electrawinds Offshore is een volle dochteronderneming van Electrawinds die veel ervaring heeft opgebouwd op het gebied van engineering, vergunningsaanvragen, de bouw en exploitatie van elektriciteitscentrales op basis van hernieuwbare energiebronnen, waaronder windenergieparken, biomassacentrales en zonne energie projecten in België en het buitenland.

Rent-A-Port Energy is een investeringsvehikel van haar aandeelhouders CFE en Ackermans & van Haaren, twee beursgenoteerde bedrijven, gericht op investeringen en het bundelen van kennis in energie projecten.

Aspiravi Offshore (voorheen Groene Energie Maatschappij) is een volle dochteronderneming van Aspiravi Holding NV waarin alle offshore activiteiten zijn gebundeld. Aspiravi ontwikkelt, investeert, bouwt en exploiteert hernieuwbare energie projecten in Belgie. Dit zijn voornamelijk on en offshore windprojecten, biogas motoren en biomassa centrales. De aandeelhouders van Aspiravi Holding zijn 4 intercommunales die 95 Belgische gemeenten vertegenwoordigen. Deze aandeelhouders geven de financiële zekerheid voor Aspiravi voor het realiseren van haar doelen.

DEME heeft als marine contractor de nodige technische expertise en speelt wereldwijd een vooraanstaande rol in mariene bouwwerken, alsook in de bouw van windenergieparken op zee. DEME is markt leider in het installeren van grote offshore windturbines en ondersteuningsconstructies. DEME heeft de focus op innovatie en de ontwikkeling van nieuwe technologieën en toepassingen. DEME was een van de initiators voor het eerste Belgische Offshore project (C-Power) waarin ze nog steeds aandeelhouder zijn. De grootste aandeelhouders van DEME , Ackermans & van Haaren and CFE, zijn beiden beursgenoteerde ondernemingen in Belgie

SRIW Environment is eigendom van de SRIW Group, een Belgische Holding met als doel het financieel participeren in bedrijven die in Belgie en het buitenland actief zijn met het promoten van de economische ontwikkeling van Wallonie. SRIWE is met name gericht op participaties in bedrijven die zich in de duurzame energie sector bewegen

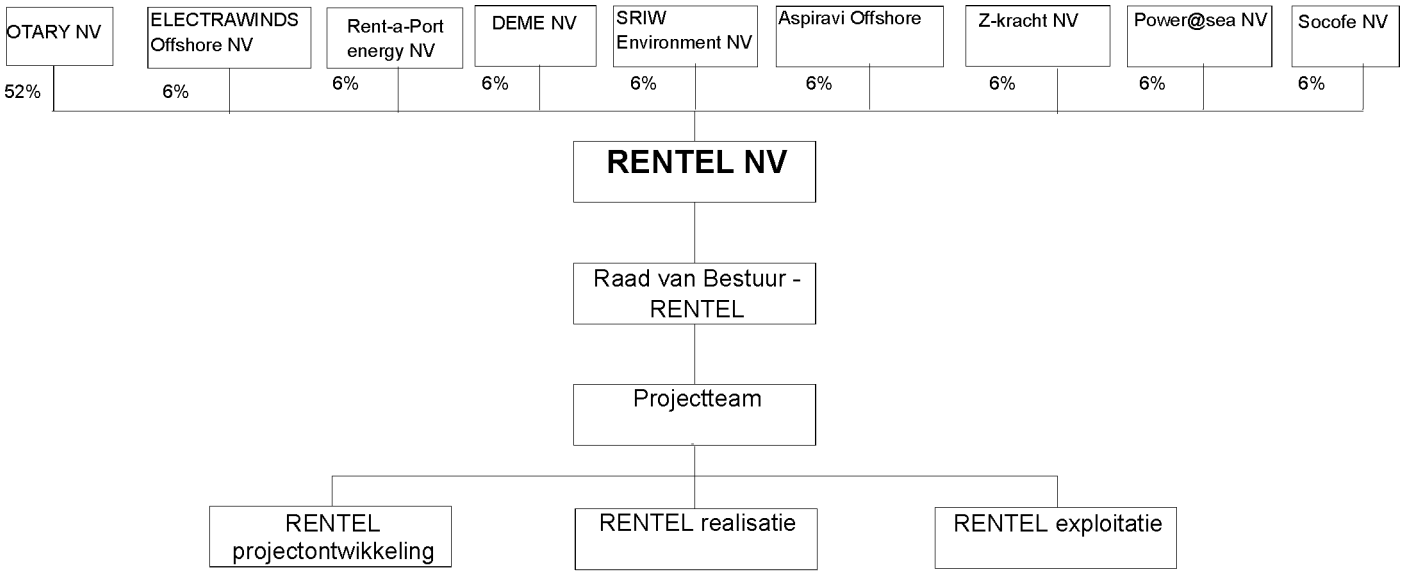
Z-kracht is een dochtervennootschap van NUHMA, met de hoofdzakelijke focus op offshore wind energie. NUHMA vertegenwoordigt 44 Limburgse gemeenten met als doel het investeren in duurzame energie projecten. Zo is Nuhma 45% aandeelhouder in Aspiravi en een belangrijke aandeelhouder in het C-Power project, het eerste offshore windpark voor de Belgische kust.

Power@sea is een Belgische onderneming die grote offshore windparken ontwikkelt en tevens aandeelhouder in het C-Power project is.

Socofe behartigt de belangen van de waalse intercommunales en gemeenten en investeert onder andere ook in duurzame energie projecten, via Power@sea, SRIW en C-power Hold co is het een belangrijke aandeelhouder in het C-power project.

Otary is een holding firma samengesteld uit voorgaande 8 partners en heeft de intentie om de nodige kennis en financiering te bundelen voor de ontwikkeling van offshore windparken.

De NV RENTEL is opgericht met volgende projectstructuur:



Figuur 1.1: Structuur NV RENTEL

De Raad van Bestuur bestaat uit de volgende leden:

Functie	naam	categorie
voorzitter	Sparaxis NV, vertegenwoordigd door Olivier Vanderijst	
bestuurder	Marc Stordiau	Rent-a-port Energy
bestuurder	Nuhma NV, vertegenwoordigd door VOF Geebelen J vertegenwoordigd door Jo Geebelen	Z-Kracht
bestuurder	Alain Bernard	DEME
bestuurder	FINC Consult vertegewoordigd door Anne Vleminckx	Electrawinds Offshore
bestuurder	Rik Van de Walle	ASPIRAVI OFFSHORE
bestuurder	Socofe SA, Nuhma NV, vertegenwoordigd door Marianne Basecq	SOCOFE
bestuurder	Samanda SA, vertegenwoordigd door Karin Fabry	SRIWE
bestuurder	Power@Sea, vertegenwoordigd door Christian Van Meerbeeck	Power@Sea

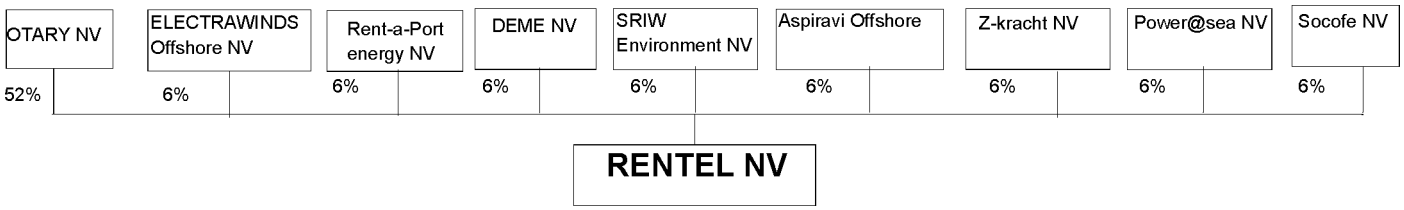
Samenstelling van het projectteam:

Het projectteam is samengesteld uit medewerkers van de verschillende aandeelhouders, speciaal aangetrokken medewerkers en aangevuld met een aantal partijen die specifieke knowhow zullen inbrengen met betrekking tot verschillende deelaspecten de realisatie van een offshore windenergiepark.

Het projectteam wordt verder uitgebouwd naar gelang de voortgang van de ontwikkeling van het project.

II.1.2. Financiële structuur

De aandeelhouders van de NV RENTEL bestaan uit de hoger omschreven 8 partners en de NV Otary die deze 8 groepeert in een holding. Het schema hierna geeft de aandeelhoudersstructuur weer van RENTEL NV.



Alle 8 partijen houden elk 6% van de aandelen in RENTEL NV voor een totaal van 48%. Alle 8 partijen zijn ook aandeelhouder in Otary NV die 52% van RENTEL NV zal gaan houden.

II.1.3. Besluit

Uit het voorgaande blijkt dat er, conform artikel 2, 1ste lid van het KB betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin de België rechtsmacht kan uitoefenen overeenkomstig het internationaal zeerecht van 20 december 2000, bij de aanvrager een aangepaste functionele en financiële structuur aanwezig is die de mogelijkheid biedt preventieve maatregelen te plannen en toe te passen teneinde de betrouwbaarheid, en veiligheid van de productie installatie te verzekeren en eveneens na de looptijd van de concessie en vergunningen te zorgen voor een buitendienststelling en definitieve stopzetting in optimale en veilige omstandigheden met respect voor mens en milieu.

We kunnen concluderen dat door het aantreden van de nieuwe aandeelhouders de basis voor de NV Rentel aanzienlijk wordt verstevigd.

II.2. Aanvragende vennootschap (art. 2.2°)

De onderhavige aanvraag wordt ingediend door de concessiehouders Electrawinds Offshore NV en Rent-a-Port Energy in de THV Rentel. De kandidaat overnemer is Rentel NV.

II.2.1. Oprichting overeenkomstig de Belgische wetgeving (art. 2.2° a)

De vennootschap RENTEL NV werd opgericht overeenkomstig de Belgische wetgeving.

Een kopie van de oprichtingsakte, zoals verleden op 16 december 2011 voor notaris Alexis Lemmerling, is bijgevoegd met integrale opname van de statuten van de vennootschap.

Tevens gaat in bijlage kopie van de publicatie van de oprichting in de bijlagen bij het Belgisch staatsblad op datum van 11 januari 2012. De naam één der bestuurders werd aangepast in een rectificatieve akte die werd gepubliceerd in de bijlagen bij het Belgisch staatsblad op datum van 1 februari 2012

II.2.2. Maatschappelijke zetel & administratieve zetel (art. 2.2° b)

De maatschappelijke en administratieve zetel van RENTEL NV is op de Slijkensesteenweg 2, 8400 Oostende. De maatschappelijke zetel is dus gevestigd in een Lidstaat van de Europese Unie.

OPRICHTING NV

Dossier: DD/AD/n° 211-2983/lv Repertorium : 52.961

"RENTEL"
naamloze vennootschap
te 8400 Oostende, Slijkense Steenweg 2

OPRICHTING - STATUTEN - BENOEMINGEN.

Het jaar tweeduizend en elf.
Op zestien december.
Te Brussel (Sint-Pieters-Woluwe), Tervurenlaan 268 A.
Voor Mij, Meester **Alexis LEMMERLING**, Geassocieerd Notaris, vennoot van "Berquin Notarissen", burgerlijke vennootschap met handelsvorm van een coöperatieve vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, met zetel te 1000 Brussel, Lloyd Georgelaan, 11 en ondernemingsnummer 0474.073.840 (RPR Brussel),

ZIJN VERSCHENEN:

(1) de naamloze vennootschap **ELECTRAWINDS OFFSHORE**, met maatschappelijke zetel te 8400 Oostende, John Cordierlaan 9, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0831.221.208 (hierna, **Electrawinds Offshore**);

(2) de naamloze vennootschap **ASPIRAVI OFFSHORE**, met maatschappelijke zetel te 8530 Harelbeke, Vaarnewijkstraat 17, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0477.948.593 (Kortrijk) (**Aspiravi Offshore**);

(3) de naamloze vennootschap **DREDGING ENVIRONMENTAL & MARINE ENGINEERING**, met maatschappelijke zetel te 2070 Zwijndrecht, Haven 1025, Scheldedijk 30, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0400.473.705 (hierna, **DEME**);

(4) de naamloze vennootschap **RENT A PORT ENERGY**, met maatschappelijke zetel te 2000 Antwerpen, Haverstraat 1, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0832.273.757 (hierna, **Rent a Port Energy**);

(5) de naamloze vennootschap **Z-KRACHT**, met maatschappelijke zetel te 3500 Hasselt, Trichterheidweg 8, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0832.420.049 (hierna, **Z-KRACHT**);

(6) de naamloze vennootschap **SOCOFE**, met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0472.085.439 (hierna, **Socofe**);

(7) de naamloze vennootschap **S.R.I.W. ENVIRONNEMENT**, met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0426.516.918 (hierna, **S.R.I.W.E.**);

(8) de naamloze vennootschap **POWER@SEA**, met maatschappelijke zetel te 2070 Zwijndrecht, Scheldedijk 30, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0468.783.479 (hierna, **Power@Sea**);

(9) de naamloze vennootschap **OTARY RS**, met maatschappelijke zetel te 8400

Oostende, Slijkense Steenweg 2, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0833.507.538 (hierna, **OTARY**).

Vertegenwoordiging - Volmachten

Beide comparanten zijn hier vertegenwoordigd door mevrouw Inge Christina Maria NEVEN, geboren te Sint-Truiden op 21 mei 1986 en wonende te 3800 Sint-Truiden, Lenaertsstraat 10, handelend in haar hoedanigheid van bijzondere volmachtdrager ingevolge negen (9) hieraangehechte onderhandse volmachten.

Die mij notaris, gevraagd hebben bij authentieke akte de oprichting en de statuten vast te stellen van de hierna genoemde vennootschap.

TITEL 1. - OPRICHTING.

RECHTSVORM - NAAM - ZETEL.

Er wordt een vennootschap opgericht onder de rechtsvorm van een naamloze vennootschap en met de naam "**RENTEL**"

De zetel wordt voor het eerst gevestigd te 8400 Oostende, Slijkense Steenweg 2.

KAPITAAL - AANDELEN - VOLSTORTING.

Het maatschappelijk kapitaal is volledig geplaatst en bedraagt twee miljoen euro (2.000.000 EUR).

Het is vertegenwoordigd door tweeduizend (2.000) aandelen op naam, zonder vermelding van waarde, die ieder één/tweeduizendste (1/2.000ste) van het kapitaal vertegenwoordigen.

Op de kapitaalaandelen wordt als volgt in geld ingeschreven:

- door de naamloze vennootschap **ELECTRAWINDS OFFSHORE**, voornoemd sub 3), ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie A;
- door de naamloze vennootschap **ASPIRAVI OFFSHORE**, voornoemd sub 1), ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie B;
- door de naamloze vennootschap **DREDGING ENVIRONMENTAL & MARINE ENGINEERING**, voornoemd sub 2), ten belope van honderd twintig aandelen categorie C;
- door de naamloze vennootschap **RENT A PORT ENERGY**, voornoemd sub 7), ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie D;
- door de naamloze vennootschap **Z-KRACHT**, voornoemd sub 5), ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie E;
- door de naamloze vennootschap **SOCOFE**, voornoemd sub 8), ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie F;
- door de naamloze vennootschap **S.R.I.W. ENVIRONNEMENT**., voornoemd sub 4), ten belope van honderd twintig (120) aandelen G
- door de naamloze vennootschap **POWER@SEA**, voornoemd sub 6), ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie H;
- door de naamloze vennootschap **OTARY RS**, voornoemd sub 9), ten belope van duizend veertig (1.040) aandelen categorie I.

totaal: tweeduizend (2.000) aandelen

BANKATTEST.

De inbrengen in geld werden voorafgaandelijk aan de oprichting, in toepassing van artikel 449 van het Wetboek van vennootschappen, gedeponeerd op een bijzondere rekening

nummer BE 83 0688 9413 5115 bij Dexia, zoals blijkt uit een door voormelde financiële instelling op 16 december 2011 afgeleverd bankattest, dat aan de notaris werd overhandigd en in diens dossier bewaard zal blijven.

De inschrijvers verklaren en erkennen dat ieder aandeel waarop door hen werd ingeschreven, volgestort is ten belope van vijftig ten honderd.

De vennootschap beschikt bijgevolg over een bedrag van één miljoen euro (1.000.000 EUR).

Het kapitaal is volgestort ten belope van één miljoen euro (1.000.000 EUR).

DUUR.

De vennootschap wordt opgericht voor onbepaalde duur, en begint, zonder dat dit afbreuk doet aan de bekrachtiging conform artikel 60 van het Wetboek van vennootschappen zoals vermeld in fine van deze akte, te werken op datum van heden

FINANCIEEL PLAN - QUASI INBRENG – OPRICHTINGSKOSTEN.

De oprichters erkennen:

- dat de notaris hen toelichting verstrekt heeft over de beschikkingen van het Wetboek van vennootschappen betreffende het *financieel plan* en betreffende de verantwoordelijkheid van de oprichters van een vennootschap wanneer deze opgericht wordt met een kennelijk ontoereikend kapitaal (440 van het Wetboek van vennootschappen).

- te weten dat, indien de vennootschap binnen de twee jaar te rekenen vanaf de oprichting, overweegt een vermogensbestanddeel te verwerven onder de vorm van een aankoop of een ruiling, dat toebehoort aan één van de comparanten, bestuurders of aandeelhouders, en waarvan de tegenwaarde minstens gelijk is aan één/tiende van het geplaatst kapitaal, deze verwerving onderworpen is aan de goedkeuring van de algemene vergadering, beslissend met een gewone meerderheid van stemmen, wat ook het aantal aanwezige of vertegenwoordigde aandelen mogen zijn. In dat geval dient voorafgaandelijk aan de vermelde algemene vergadering een verslag opgemaakt te worden door de commissaris of bij ontstentenis door een bedrijfsrevisor aangesteld door de raad van bestuur, alsook een bijzonder verslag opgesteld door deze raad (artikels 445, 446 en 447 van het Wetboek van vennootschappen).

- te weten dat het bedrag van de kosten en de lasten die ten laste van de vennootschap komen bij benadering vierduizend zeshonderd zestien euro twintig cent (4.616,20 EUR) bedraagt.

TITEL 2. - STATUTEN.

TITEL I : RECHTSVORM - NAAM - ZETEL - DOEL - DUUR

Artikel 1 : Naam

De vennootschap heeft de rechtsvorm van een naamloze vennootschap, afgekort "NV".

Zij draagt de naam "**RENTEL**".

Artikel 2 : Zetel

De zetel van de vennootschap is gevestigd te 8400 Oostende, Slijkense Steenweg 2.

De raad van bestuur kan, zonder wijziging van de statuten, de zetel van de vennootschap verplaatsen in België, voor zover deze zetelverplaatsing geen wijziging veroorzaakt inzake het op de vennootschap toepasselijke taalregime.

De zetelverplaatsing wordt bekend gemaakt in de bijlage van het Belgisch Staatsblad.

De vennootschap kan, bij eenvoudig besluit van de raad van bestuur, in België of in het buitenland bijkomende administratieve zetels en bedrijfszetels vestigen, alsmede kantoren en bijkantoren oprichten.

Artikel 3 : Doel

De vennootschap heeft tot doel zowel in België als in het buitenland zowel voor eigen naam en voor eigen rekening als voor naam of voor rekening van derden, alleen of in samenwerking met derden:

1) alle handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks, geheel of gedeeltelijk betrekking hebben op het ontwikkelen en uitbaten van windenergie projecten en parken op zee;
2) alle handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks, geheel of gedeeltelijk betrekking hebben op het verlenen van diensten en het uitvoeren van engineering opdrachten in verband met windenergie projecten en parken op zee en dit zowel voorafgaandelijk aan het bekomen van een concessie als nadien;
3) alle handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks, geheel of gedeeltelijk betrekking hebben op het leveren van operationeel management inzake windenergie projecten en parken op zee, kortweg omschreven als "project management";
4) het leveren van technisch, financieel, commercieel en economisch advies met betrekking tot de voormelde activiteiten;
5) het uitvoeren van de logistiek met betrekking tot de voormelde activiteiten;
6) in het algemeen alle andere verrichtingen die hogergenoemde doelstellingen kunnen helpen bereiken, waaronder het aangaan van ad hoc joint ventures, partnerships enzovoort, alsmede het opzetten van studies en leveren van advies met betrekking tot financiële dienstverlening;
7) het bij wijze van inschrijving, inbreng, fusie, samenwerking, financiële tussenkomst of anderszins verwerven van een belang of deelneming in alle bestaande of nog op te richten vennootschappen, ondernemingen, bedrijvigheden of verenigingen zonder onderscheid, in België of in het buitenland. De vennootschap mag deze belangen of deelnemingen beheren, valoriseren en te gelde maken en in het algemeen alle handelingen stellen die behoren tot de zogenaamde "holding"-activiteiten in de ruimste betekenis; en
8) deelnemen aan het bestuur, de directie, de controle en vereffening van de vennootschappen, ondernemingen, bedrijvigheden en verenigingen waarin zij een belang of deelneming heeft, of waarmee zij op enigerlei wijze samenwerkt.

De vennootschap mag :

* alle hoegenaamde handels-, nijverheids-, financiële, roerende en onroerende verrichtingen uitvoeren, die rechtstreeks of onrechtstreeks in verband staan met haar doel of die van aard zijn dit te begunstigen;
* op om het even welke wijze alle intellectuele rechten, merken, modellen en/of tekeningen verwerven, uitbaten en te gelde maken;
* zich ten gunste van de vennootschappen, ondernemingen, bedrijvigheden en verenigingen waarin zij een belang of deelneming heeft, of waarmee zij samenwerkt, borgstellen of aval verlenen, optreden als agent of vertegenwoordiger, voorschotten toestaan, kredieten verlenen, hypothecaire of andere zekerheden verstrekken.

Artikel 4 : Duur

De vennootschap wordt opgericht voor een onbepaalde tijd.

Behoudens de gerechtelijke ontbinding, kan de vennootschap slechts ontbonden worden door de buitengewone algemene vergadering met inachtneming van de voorschriften van het Wetboek van vennootschappen inzake ontbinding van vennootschappen.

TITEL II : KAPITAAL

Artikel 5 : Maatschappelijk kapitaal

5.1 Kapitaal en aandelen

Het maatschappelijk kapitaal bedraagt twee miljoen euro (2.000.000 EUR).

Het is verdeeld in tweeduizend (2.000) aandelen zonder vermelding van nominale waarde, waarvan:

- 120 aandelen, genummerd van 1 tot en met 120 zullen behoren tot de categorie A;
- 120 aandelen, genummerd van 121 tot en met 240 zullen behoren tot de categorie B;
- 120 aandelen, genummerd van 241 tot en met 360 zullen behoren tot de categorie C;
- 120 aandelen, genummerd van 361 tot en met 480 zullen behoren tot de categorie D;
- 120 aandelen, genummerd van 481 tot en met 600 zullen behoren tot de categorie E;
- 120 aandelen, genummerd van 601 tot en met 720 zullen behoren tot de categorie F;
- 120 aandelen, genummerd van 721 tot en met 840 zullen behoren tot de categorie G;
- 120 aandelen, genummerd van 841 tot en met 960 zullen behoren tot de categorie H; en
- 1.040 aandelen, genummerd van 961 tot en met 2.000 zullen behoren tot de categorie I;

die alle genieten van dezelfde rechten en voordelen, behoudens uitdrukkelijk andersluidende bepalingen in de statuten.

Het maatschappelijk kapitaal is volledig en onvoorwaardelijk geplaatst. In geval van overdracht van aandelen tussen aandeelhouders, zullen de overgedragen aandelen automatisch behoren tot de categorie van aandelen zoals reeds aangehouden door de overnemer.

5.2 Historiek van het kapitaal

Bij oprichting van de vennootschap werd het kapitaal vastgesteld op twee miljoen euro (2.000.000 EUR) vertegenwoordigd door tweeduizend (2.000) aandelen die onmiddellijk voor de helft werden volgestort in geld.

Artikel 6 : Kapitaalverhoging - Voorkeurrecht

1. Tot verhoging van het kapitaal wordt besloten door de algemene vergadering volgens de regels gesteld voor de wijziging van de statuten.

   De uitgifteprijs en de voorwaarden van uitgifte van de nieuwe aandelen worden vastgesteld door de algemene vergadering op voorstel van de raad van bestuur. In voorkomend geval besluit de raad van bestuur tot verhoging van het kapitaal binnen

het kader van het toegestane kapitaal.

2. In geval de nieuwe aandelen worden uitgegeven met een uitgiftepremie, dient deze onmiddellijk volledig volgestort te worden op het ogenblik van de inschrijving op de aandelen.
3. Bij elke verhoging van het maatschappelijk kapitaal moeten de aandelen waarop in geld wordt ingeschreven eerst aangeboden worden aan de aandeelhouders, naar evenredigheid van het deel van het kapitaal door hun aandelen vertegenwoordigd, gedurende een termijn van tenminste vijftien dagen te rekenen van de dag van de openstelling van de inschrijving.
4. Inzake de uitoefening van het voorkeurrecht voor aandelen waarop meerdere personen gerechtigd zijn, wordt verwezen naar de bepalingen van artikel 11 van onderhavige statuten.
5. Het recht van voorkeur kan door de algemene vergadering met inachtneming van de wettelijke voorschriften terzake, in het belang van de vennootschap beperkt of opgeheven worden.
6. De algemene vergadering, of in voorkomend geval de raad van bestuur binnen het kader van het toegestane kapitaal, kan besluiten tot een kapitaalverhoging ten gunste van het personeel van de vennootschap of één of meerdere van haar dochtervennootschappen, mits inachtneming van de voorschriften van artikel 609 van het Wetboek van vennootschappen.

Artikel 7 : Kapitaalvermindering - Inkoop van eigen aandelen

Tot vermindering van het kapitaal of tot inkoop van eigen aandelen kan worden beslist met inachtneming van de wettelijke voorschriften ter zake en van de beperkingen door deze statuten opgelegd.

TITEL III : AANDELEN - OBLIGATIES

Artikel 8 : Aard van de aandelen

De aandelen zijn op naam en worden aangetekend in een register van aandelen op naam.
Het register van aandelen op naam mag worden aangehouden in elektronische vorm.

Artikel 9 : Niet volgestorte aandelen - Stortingsplicht

De verbintenis tot volstorting van een aandeel is onvoorwaardelijk en ondeelbaar.
Indien niet-volgestorte aandelen aan verscheidene personen in onverdeeldheid toebehoren, staat ieder van hen in voor de betaling van het gehele bedrag van de opgevraagde opeisbare stortingen.
Bijstorting of volstorting wordt door de raad van bestuur opgevraagd op een door hem te bepalen tijdstip. Aan de aandeelhouders wordt hiervan bij aangetekende brief kennis gegeven met opgave van een bankrekening waarop de betaling, bij uitsluiting van elke andere wijze van betaling, door overschrijving of storting dient te worden gedaan. De aandeelhouder komt in verzuim door het enkel verstrijken van de in de kennisgeving bepaalde termijn en er is aan de vennootschap rente verschuldigd tegen de op dat tijdstip vastgestelde wettelijke rentevoet, vermeerderd met twee punten.
Zolang de opgevraagde opeisbare stortingen op een aandeel niet zijn gedaan overeenkomstig deze bepaling, blijft de uitoefening van de daaraan verbonden lidmaatschapsrechten geschorst.
Vervroegde stortingen op aandelen kunnen niet zonder voorafgaande instemming van de raad

van bestuur worden gedaan.
Bij de vaststelling van dividenden dient rekening te worden gehouden met de mate waarin ieder aandeel in het betrokken boekjaar deelneemt in het resultaat, zoals nader omschreven in artikel 39 van deze statuten.

Artikel 10 : Uitoefening van de rechten verbonden aan een aandeel waarop meerdere personen gerechtigd zijn

1. De uitoefening van alle rechten verbonden aan de in pand gegeven aandelen blijft uitsluitend voorbehouden aan de eigenaar-pandgever, behoudens uitdrukkelijk andersluidende kennisgeving door de eigenaar-pandgever en de pandhoudende schuldeiser samen bij aangetekende brief aan de vennootschap.
   De pandhoudende schuldeiser zal alle medewerking moeten verlenen aan de eigenaar-pandgever om deze in staat te stellen zijn rechten vrij te kunnen uitoefenen.
2. In alle andere gevallen gelden de navolgende regels, onverminderd de toepassing van de voorschriften van gemeen recht :

a) Aanstelling van een gemeenschappelijke vertegenwoordiger
   De eigenaars van een of meerdere aandelen in onverdeeldheid, de blote eigenaars en vruchtgebruikers, of in het algemeen, alle personen die door één of andere oorzaak samen in eenzelfde aandeel gerechtigd zijn, dienen zich voor de uitoefening van de daaraan verbonden rechten te laten vertegenwoordigen door éénzelfde persoon. De volledige identiteit van deze persoon wordt door alle gezamenlijk gerechtigde personen samen, bij aangetekende brief, ter kennis gebracht van de voorzitter van de raad van bestuur, op de zetel van de vennootschap.
   Kan geen overeenstemming bereikt worden tussen de gezamenlijk gerechtigde personen, dan kan de meest gerede partij zich tot de bevoegde rechter wenden en om aanstelling van een gemeenschappelijke vertegenwoordiger of een voorlopige bewindvoerder verzoeken (beide hierna aangeduid als "gemeenschappelijke vertegenwoordiger").
   Zolang geen gemeenschappelijke vertegenwoordiger voor de betrokken aandelen is aangewezen tegenover de vennootschap, zijn de aan deze aandelen verbonden lidmaatschapsrechten geschorst.

b) Oproepingen, bekendmakingen en kennisgevingen
   Alle oproepingen, bekendmakingen en kennisgevingen door de vennootschap aan de gezamenlijk gerechtigde personen geschieden geldig en uitsluitend aan de aangewezen gemeenschappelijke vertegenwoordiger.

c) Toelating tot de algemene vergaderingen
   Alleen de gemeenschappelijke vertegenwoordiger wordt tot de algemene vergaderingen toegelaten, onverminderd het recht voor de gemeenschappelijke vertegenwoordiger om zich te laten vertegenwoordigen door een volmachtdrager van zijn keuze, overeenkomstig de voorschriften van artikel 31 van onderhavige statuten.

d) Stemrecht
   Het stemrecht komt steeds toe aan de gemeenschappelijke vertegenwoordiger.

e) Voorkeurrecht
   * *Aandelen in onverdeelde mede-eigendom*

In geval van kapitaalverhoging of uitgifte van andere effecten onder toepassing van het voorkeurrecht van de bestaande aandeelhouders, komt het voorkeurrecht toe aan de, eenstemmig handelende, gezamenlijk gerechtigde personen.
Indien het voorkeurrecht wordt uitgeoefend, behoren de aldus verworven aandelen in onverdeelde mede-eigendom toe aan de gezamenlijk gerechtigde personen.
Indien het voorkeurrecht niet wordt uitgeoefend, is dit recht vervallen zonder dat het geheel of gedeeltelijk kan ten goede komen van een of meerdere van de gemeenschappelijk gerechtigde personen, onverminderd het recht voor de gezamenlijk gerechtigde personen om dit voorkeurrecht over te dragen.

* *Aandelen in blote eigendom en vruchtgebruik*
De uitoefening van het voorkeurrecht komt principieel toe aan de blote eigenaar.
Indien de blote eigenaar dit recht onbenut laat, komt het toe aan de vruchtgebruiker.
Alle aldus verworven aandelen horen de blote eigenaar, respectievelijk de vruchtgebruiker toe in volle eigendom en vallen bijgevolg niet onder de bovenstaande regels.

Artikel 11 : Zegellegging
De erfgenamen, schuldeisers of andere rechthebbenden van een aandeelhouder kunnen onder geen beding tussenkomen in het bestuur van de vennootschap, noch het leggen van zegels op de goederen en waarden van de vennootschap uitlokken, noch de invereffeningstelling van de vennootschap en de verdeling van haar vermogen vorderen.
Zij moeten zich voor de uitoefening van hun rechten houden aan de balansen en inventarissen van de vennootschap en zich schikken naar de besluiten van de algemene vergadering.

Artikel 12 : Uitgifte van obligaties
Onverminderd het bepaalde in artikel 581 van het Wetboek van vennootschappen, kan de raad van bestuur overgaan tot uitgifte van obligaties al dan niet gewaarborgd door zakelijke zekerheden.

TITEL IV : OVERDRACHT VAN AANDELEN

Artikel 13 : Overdracht van aandelen – Onoverdraagbaarheid en recht van voorkoop

1. Aandelen kunnen niet overgedragen worden tot na de goedkeuring door de raad van bestuur van de vennootschap van een finaal business plan met het oog op het bekomen van de financiële closing van het Rentel Project.
2. Elke overdracht van aandelen is onderworpen aan een voorkooprecht vanwege de overige aandeelhouders overeenkomstig de bepalingen van deze statuten.
   De overdrachten zoals beschreven in artikel 14.5 van deze statuten zijn evenwel niet onderworpen aan de bepalingen van onderhavig artikel, mits de raad van bestuur hiervan voorafgaandelijk en bij aangetekende brief in kennis werd gesteld.
3. Behoudens in de hierboven vermelde gevallen is de aandeelhouder die aandelen wenst over te dragen ertoe gehouden om deze voorafgaandelijk, volgens de hierna beschreven procedure te koop aan te bieden aan de overige aandeelhouders (hierna het

Voorkooprecht).
Deze aandeelhouders kunnen de te koop aangeboden aandelen bij voorrang verwerven tegen dezelfde voorwaarden als geboden door de voorgestelde overnemer.

4. Procedure

(a) Kennisgeving

Elke aandeelhouder die aandelen wenst over te dragen (hierna de **Aanbiedende Aandeelhouder**), moet de andere aandeelhouders (hierna de **Andere Aandeelhouders**) en de raad van bestuur op voorhand in kennis stellen van zijn voornemen om alle of een deel van zijn aandelen over te dragen. De kennisgeving (hierna de **Kennisgeving**) wordt per aangetekende brief verzonden, samen met (i) een vermelding van het aantal en de categorie waartoe de aandelen waarvan de overdracht is voorgesteld behoren (hierna de **Aangeboden Aandelen**), (ii) de naam en het adres van de kandidaat-verkrijger en van de persoon of personen die de uiteindelijke controle hebben over de kandidaat-verkrijger, (iii) de geboden prijs in contanten per Aandeel door de kandidaat-verkrijger (hierna de **Prijs**) en de timing van de betaling daarvan, en (iv) alle andere bepalingen en voorwaarden van de geplande overdracht. Voorts dient een bijlage te worden toegevoegd aan de Kennisgeving met (i) een document dat is ondertekend door de kandidaat-verkrijger, waarin hij verklaart volledig geïnformeerd te zijn over het Voorkooprecht ten voordele van de Andere Aandeelhouders en (ii) een kopie van het bindend bod of de overeenkomst met de kandidaat-verkrijger en een verklaring van deze laatste, waaruit blijkt dat hij bereid is om de Aangeboden Aandelen van het Aanbiedende Aandeelhouder te verwerven aan de vermelde Prijs en tegen de genoemde voorwaarden en om toe te treden tot de Aandeelhoudersovereenkomst en de bepalingen ervan na te leven.
De Kennisgeving geldt als een aanbod van de Aanbiedende Aandeelhouder aan de Andere Aandeelhouders voor de overdracht van de Aangeboden Aandelen aan de voorwaarden daarin vermeld. Dit aanbod kan niet worden ingetrokken zolang de procedure beschreven in dit artikel 14.4 nog niet is voltooid.

(b) Voorkooprecht

Vanaf de Kennisgeving beschikken de Andere Aandeelhouders over een periode van 3 (drie) maanden (hierna de **Eerste Periode**) om hun Voorkooprecht uit te oefenen op de Aangeboden Aandelen. Elke Andere Aandeelhouder kan dit Voorkooprecht op alle of een deel van de Aangeboden Aandelen uitoefenen.

(c) Uitoefening

Een Andere Aandeelhouder die zijn Voorkooprecht wenst uit te oefenen, moet de Aanbiedende Aandeelhouder, de Andere Aandeelhouders en de raad van bestuur hiervan per aangetekende brief in kennis stellen.

(d) Resultaat van de Uitoefening van het Voorkooprecht

(i) De raad van bestuur zal de Aanbiedende Aandeelhouder en de Andere Aandeelhouders (hierna de **Tweede Kennisgeving**) binnen een termijn van 5 (vijf) werkdagen na het verstrijken van de Eerste Periode in kennis stellen van het feit of het aantal Aangeboden Aandelen minder is dan, gelijk is aan, of meer is dan het aantal aandelen waarvoor het

Voorkooprecht is uitgeoefend; de Tweede Kennisgeving zal ook de toewijzing van de Aangeboden Aandelen aan elk van de Andere Aandeelhouders specificeren in overeenstemming met (ii) of (iii) hieronder.

(ii) Indien het aantal aandelen waarop het Voorkooprecht wordt uitgeoefend tijdens de Eerste Periode gelijk is aan het aantal Aangeboden Aandelen, dan zal elke Andere Aandeelhouder het aantal Aangeboden Aandelen toegewezen worden waarop hij zijn Voorkooprecht heeft uitgeoefend.

(iii) Indien het aantal aandelen waarop het Voorkooprecht wordt uitgeoefend tijdens de Eerste Periode het aantal Aangeboden Aandelen overschrijdt, dan zullen de Aangeboden Aandelen worden toegewezen in verhouding tot het aantal aandelen dat elk van de Andere Aandeelhouders die gebruik maakt van het Voorkooprecht bezit in vergelijking met het totale aantal aandelen aangehouden door de Andere Aandeelhouders die gebruik maken van het Voorkooprecht, of, naargelang het geval, in de verhouding gezamenlijk overeengekomen onder hen.

(iv) Indien het Voorkooprecht tijdens de Eerste Periode niet is uitgeoefend op alle Aangeboden Aandelen, zal de raad van bestuur de Aanbiedende Aandeelhouder en alle Andere Aandeelhouders hiervan binnen 5 (vijf) werkdagen na het verstrijken van de Eerste Periode in kennis stellen door middel van de Tweede Kennisgeving. De Andere Aandeelhouders die het Voorkooprecht hebben uitgeoefend tijdens de Eerste Periode beschikken over een periode van 5 (vijf) werkdagen vanaf de Tweede Kennisgeving (hierna de **Tweede Periode**) om de raad van bestuur in kennis te stellen van hoeveel extra aandelen zij wensen over te nemen.

De raad van bestuur stelt de Aanbiedende Aandeelhouder en de Andere Aandeelhouders binnen een termijn van 5 (vijf) werkdagen na het verstrijken van de Tweede Periode (hierna de **Derde Kennisgeving**) in kennis van het feit of het aantal Aangeboden Aandelen minder is dan, gelijk is aan of groter is dan het aantal aandelen waarop het Voorkooprecht is uitgeoefend tijdens de Eerste Periode en de Tweede Periode.

Indien het aantal aandelen waarvoor het Voorkooprecht wordt uitgeoefend tijdens de Eerste en de Tweede Periode gelijk is aan het aantal Aangeboden Aandelen zal de raad van bestuur de Aangeboden Aandelen in overeenstemming met de bepalingen onder (ii) hierboven verdelen. Indien het aantal aandelen waarvoor het Voorkooprecht is uitgeoefend tijdens de Eerste en de Tweede Periode hoger is dan het aantal Aangeboden Aandelen zal de raad van bestuur de Aangeboden Aandelen in overeenstemming met de bepalingen onder (iii) hierboven

verdelen. De Derde Kennisgeving bevat het aantal aandelen dat werd toegewezen aan elk van de Andere Aandeelhouders.

(v) Indien het Voorkooprecht niet is uitgeoefend op alle Aangeboden Aandelen gedurende de Eerste Periode en de Tweede Periode, zal het Voorkooprecht voor alle Andere Aandeelhouders komen te vervallen en zullen alle Aangeboden Aandelen kunnen worden overgedragen aan de kandidaat-verkrijger in overeenstemming met artikel 14(f).

(e) Overdracht van eigendom

De prijs waaraan het Voorkooprecht kan worden uitgeoefend is de Prijs (zijnde de contante vergoeding aangeboden door de kandidaat-verkrijger, zoals vermeld in de Kennisgeving). Niettegenstaande de voorwaarden opgenomen in de Kennisgeving dient de Aanbiedende Aandeelhouder geen verklaringen en garanties over de vennootschap en haar activiteiten te verstrekken aan de Overige Aandeelhouders. De Prijs moet worden betaald aan de Aanbiedende Aandeelhouder op dezelfde wijze als werd aangegeven voor de betaling van de Aangeboden Aandelen in de Kennisgeving, binnen 5 (vijf) werkdagen vanaf de Tweede Kennisgeving in het geval van artikel 14.4(d)(ii) en 14.4(d)(iii) of vanaf de Derde Kennisgeving in geval van artikel 14.4(d)(iv), zonder enige intrest. De overdracht van de eigendom van de Aangeboden Aandelen vindt plaats op het moment van dergelijke betaling van de Prijs. Op dat moment zal de overdracht van de Aangeboden Aandelen worden ingeschreven in het aandeelhoudersregister door de Vennootschap.

(f) Niet-uitoefening van het Voorkooprecht

Indien het Voorkooprecht niet werd uitgeoefend met betrekking tot alle Aangeboden Aandelen gedurende de Eerste Periode en de Tweede Periode, dan dient de Aanbiedende Aandeelhouder alle (niet alleen een deel hiervan) Aangeboden Aandelen aan de kandidaat-verkrijger over te dragen tegen de Prijs en de voorwaarden vermeld in de Kennisgeving binnen een termijn van 30 (dertig) werkdagen vanaf de Derde kennisgeving. Voor overdrachten na deze periode van 30 (dertig) werkdagen zal de procedure van het Voorkooprecht opnieuw moeten worden toegepast zoals uiteengezet in dit artikel 14.4.

De Aanbiedende Aandeelhouder stelt de raad van bestuur per aangetekend schrijven in kennis van de overdracht van Aangeboden Aandelen aan de kandidaat-verkrijger ten laatste 10 (tien) werkdagen na de overdracht van de Aangeboden Aandelen.

5. <u>Onbeperkte overdrachten</u>

De Partijen komen overeen dat bij (x) een overdracht door een aandeelhouder van alle of een deel van zijn aandelen aan een verbonden vennootschap die exclusief gecontroleerd wordt door de betrokken aandeelhouder of die deze exclusief controleert en (y) overdrachten van aandelen door Socofe en/of S.R.I.W.E. aan een investeringsfonds beheerd door een beherend vennoot (*general partner*) rechtstreeks gecontroleerd door Socofe of S.R.I.W.E., geen beperkingen gelden, mits (i) van elke

overdracht van aandelen door de overdrager kennis wordt gegeven aan de raad van bestuur en de Andere Aandeelhouders en dit ten minste vijf (5) werkdagen voorafgaand aan dergelijke overdracht met ten minste de informatie over het aantal en de categorie van de Overgedragen Aandelen en de volledige naam en adres van de kandidaat-verkrijger en, in de mate van het mogelijke, van de persoon (personen) die de uiteindelijke controle hebben over de kandidaat-verkrijger, (ii) de verkrijger partij wordt bij de Aandeelhoudersovereenkomst en (iii) aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

(a) de verkijger verbindt zich om de betrokken aandelen terug over te dragen aan de overdrager indien de band die de uitzondering op de overdrachtsbeperkingen toeliet beëindigd wordt, met dien verstande dat, indien van toepassing, een geldig besluit van de algemene vergadering van de verkrijger in overeenstemming met artikel 556 van het Wetboek van vennootschappen wordt openbaar gemaakt; en

(b) de overdrager zich ertoe verbindt de betrokken aandelen van de verkrijger terug te verwerven, als de band die de uitzondering op de overdrachtsbeperkingen toeliet, wordt beëindigd.

Elke overdracht van aandelen tussen Socofe en S.R.I.W.E. is onbeperkt. Elke overdracht van aandelen tussen Z-Kracht en Aspiravi Offshore is onbeperkt.

6. Ongeoorloofde Overdrachten

Elke overdracht die niet in overeenstemming is met de bepalingen van artikelen 14.1 tot en met 14.5 is nietig en niet afdwingbaar ten opzichte van de vennootschap en de aandeelhouders.

TITEL V : RAAD VAN BESTUUR

Artikel 14 : Bevoegdheden van de raad van bestuur

De raad van bestuur is bevoegd om alle handelingen te verrichten die nodig of dienstig zijn tot verwezenlijking van het doel van de vennootschap, behoudens die waarvoor volgens de wet alleen de algemene vergadering van de aandeelhouders bevoegd is.

De bestuurders handelen steeds als college.

Artikel 15 : Benoeming en ontslag van de bestuurders

De vennootschap wordt bestuurd door een raad van bestuur, samengesteld uit ten minste acht (8) bestuurders.

Wanneer een rechtspersoon wordt benoemd tot bestuurder, dient deze rechtspersoon onder zijn aandeelhouders of vennoten, bestuurders, zaakvoerders, leden van de directieraad of werknemers, een vaste vertegenwoordiger aan te stellen die belast wordt met de uitvoering van de opdracht in naam en voor rekening van de rechtspersoon-bestuurder. Uiteindelijk dient deze vaste vertegenwoordiger een natuurlijke persoon te zijn.

Alleen de algemene vergadering is bevoegd om het aantal bestuurders te bepalen.

De bestuurders worden benoemd door de algemene vergadering.

Tenminste acht (8) bestuurders zullen steeds worden verkozen uit (een) kandidatenlijst(en) voorgedragen door de houder(s) van de aandelen van de categorie I.

De duur van hun opdracht mag zes (6) jaren niet overschrijden.

Hun opdracht eindigt bij de sluiting van de algemene vergadering of de raad van bestuur die in

hun vervanging voorziet.
De bestuurders kunnen te allen tijde door de algemene vergadering worden ontslagen. De aandeelhouder van dezelfde categorie als de te vervangen bestuurder heeft het recht om de vervanging, alsook de nieuwe kandidaat-bestuurder, voor te stellen aan de algemene vergadering.
Uittredende bestuurders zijn herbenoembaar.

Artikel 16 : Voortijdige vacature

In geval van voortijdige vacature in de raad van bestuur, hebben de overblijvende bestuurders het recht voorlopig in de vacature te voorzien totdat de algemene vergadering een nieuwe bestuurder benoemt. De aandeelhouders van dezelfde categorie als de bestuurder van wie het bestuursmandaat openvalt, hebben een voordrachtsrecht met betrekking tot de te coöpteren bestuurder.
De benoeming wordt op de agenda van de eerstvolgende algemene vergadering geplaatst, waar de voormelde voordrachtsrechten zullen worden in acht genomen. Elke op deze wijze door de algemene vergadering benoemde bestuurder beëindigt de opdracht van de bestuurder die hij vervangt.

Artikel 17 : Vergoedingen

De algemene vergadering kan beslissen over het al dan niet vergoeden van de opdracht van bestuurder door het toekennen van een vaste of variabele bezoldiging.
Het bedrag ervan wordt door de algemene vergadering vastgesteld en komt ten laste van de algemene kosten van de vennootschap en/of van de winstverdeling.
Bij gebrek aan een uitdrukkelijk besluit inzake de bezoldiging van een bestuurder wordt diens opdracht geacht niet bezoldigd te zijn.

Artikel 18 : Voorzitterschap

De raad van bestuur kan onder zijn leden een voorzitter kiezen.
Indien de voorzitter belet is wordt hij vervangen door een andere bestuurder.

Artikel 19 : Belangenconflict

Wanneer een bestuurder rechtstreeks of onrechtstreeks een door artikel 523 van het Wetboek van vennootschappen aangemerkt belang van vermogensrechtelijke aard heeft, dat strijdig is met een beslissing of een verrichting die behoort tot de bevoegdheid van de raad van bestuur, moet hij dit, vóór de raad van bestuur een besluit neemt, mededelen aan de andere bestuurders en aan de commissaris.
Zijn verklaring alsook de rechtvaardigingsgronden betreffende dit strijdig belang moeten worden opgenomen in de notulen van de raad van bestuur die het besluit moet nemen. In deze notulen omschrijft de raad van bestuur de aard van de beslissing of de verrichting, verantwoordt het besluit en vermeldt de vermogensrechtelijke gevolgen ervan voor de vennootschap. Deze notulen worden integraal opgenomen in het jaarverslag van de raad van bestuur.
Wanneer meerdere bestuurders in deze omstandigheid verkeren, en de vigerende wetgeving hen verbiedt aan de beraadslaging of de stemming dienaangaande deel te nemen, zal dit besluit geldig kunnen genomen worden door de overblijvende bestuurders, zelfs indien in deze omstandigheid het vereiste aanwezigheidsquorum niet wordt bereikt.
Wanneer een bestuurder geconfronteerd wordt met een rechtstreeks of onrechtstreeks

functioneel belangenconflict met betrekking tot een beslissing of een verrichting die behoort tot de bevoegdheid van de raad van bestuur, moet hij dit, vóór de raad van bestuur een besluit neemt, mededelen aan de andere bestuurders. De betrokken bestuurder mag deelnemen aan de beraadslaging omtrent een dergelijke beslissing of verrichting, maar is niet gerechtigd om deel te nemen aan de stemming met betrekking tot een dergelijke beslissing of verrichting, tenzij de beslissing of verrichting betrekking heeft op het Voorkeurrecht (*Priority Right*) zoals omschreven in de Aandeelhoudersovereenkomst.

Artikel 20 : Vergadering van de raad van bestuur

De raad van bestuur vergadert na oproeping door de voorzitter of bij diens ontstentenis van ieder bestuurder zo dikwijls als het belang van de vennootschap het vereist rekening houdende met een oproepingstermijn van ten minste tien (10) werkdagen, alsook binnen tien (10) werkdagen na een daartoe strekkend verzoek van ten minste twee bestuurders. De oproeping kan geldig gebeuren via brief, fax, email of elk ander communicatiemiddel voorzien in artikel 2281 van het Burgerlijk Wetboek. De oproepingstermijn van ten minste tien (10) werkdagen kan enkel verkort worden in uitzonderlijke gevallen, wanneer de dringende noodzakelijkheid en het belang van de vennootschap zulks vereisen, op voorwaarde dat alle bestuurders aanwezig of geldig vertegenwoordigd zijn op de betrokken vergadering.

De vergadering wordt gehouden in de zetel van de vennootschap of in enige andere plaats aangewezen in het oproepingsbericht. Het oproepingsbericht bevat de gedetailleerde agenda en de plaats, datum en uur van de vergadering. De agenda wordt bepaald door de voorzitter, met dien verstande dat de voorzitter elk agendapunt voorgesteld door ten minste één bestuurder dient toe te voegen. De CEO is gerechtigd om de vergaderingen van de raad van bestuur bij te wonen en zal hiertoe worden uitgenodigd op verzoek van de raad van bestuur.

Artikel 21 : Besluitvorming in de raad van bestuur

De raad van bestuur kan slechts beraadslagen en besluiten omtrent aangelegenheden die op de agenda vermeld zijn en slechts op voorwaarde dat tenminste 2/3 van de leden aanwezig of geldig vertegenwoordigd zijn op de vergadering. Indien dit quorum niet wordt bereikt, dan zal een tweede vergadering worden opgeroepen binnen de drie (3) werkdagen na de eerste vergadering die kan beraadslagen en besluiten omtrent aangelegenheden die op de agenda vermeld zijn op voorwaarde dat tenminste 5/9 van de leden aanwezig of geldig vertegenwoordigd zijn op de vergadering.

De niet fysisch ter zitting aanwezige bestuurders kunnen aan de beraadslagingen en stemmingen deelnemen met behulp van telecommunicatiemiddelen, zoals een telefoon- of videoconferentie, op voorwaarde dat alle deelnemers aan de vergadering rechtstreeks kunnen communiceren met alle andere deelnemers.

Over de aangelegenheden die niet op de agenda vermeld zijn kan de raad van bestuur slechts rechtsgeldig beraadslagen en besluiten wanneer alle leden van de raad van bestuur op de vergadering aanwezig zijn en ermee instemmen.

Dit akkoord wordt geacht te zijn gegeven, wanneer blijkens de notulen geen bezwaar is gemaakt.

De besluiten door de raad van bestuur worden op geldige wijze genomen bij meerderheidvan de ter vergadering aanwezige en geldig vertegenwoordigde bestuurders op voorwaarde dat ieder van de ter vergadering aanwezige en geldig vertegenwoordigde bestuurders verkozen op

voordracht van de houder van de aandelen van de categorie I positief heeft gestemd.
Ieder bestuurder kan bij gewone brief, telegram, telex, telefax of elk ander communicatiemiddel, drager van een gedrukt document aan één van zijn collega's opdracht geven om hem te vertegenwoordigen op een welbepaalde vergadering van de raad van bestuur en om voor hem en in zijn plaats te stemmen. De opdrachtgever wordt in deze omstandigheden als aanwezige aangerekend.
Een bestuurder kan slechts één medelid van de raad vertegenwoordigen.
In uitzonderlijke gevallen, wanneer de dringende noodzakelijkheid en het belang van de vennootschap zulks vereisen, kunnen de beslissingen van de raad van bestuur worden genomen bij een eenparig schriftelijk akkoord van de bestuurders. Op verzoek van één of meerdere bestuurders verzendt de voorzitter via brief, fax, email of enig andere communicatiemiddel voorzien in artikel 2281 van het Burgerlijk Wetboek aan alle bestuurders een document waarin de voorgestelde besluiten worden uiteengezet, met het verzoek om het document gedateerd en ondertekende terug te zenden naar de maatschappelijke zetel van de vennootschap binnen de tien (10) kalenderdagen na ontvangst. De handtekeningen van de bestuurders (waarbij ook digitale handtekeningen worden toegelaten overeenkomstig artikel 1322, tweede paragraaf van het Burgerlijk Wetboek) worden aangebracht hetzij op één document hetzij op meerdere exemplaren van dit document. Dergelijk schriftelijk besluit wordt geacht genomen te zijn op de datum van de laatst aangebrachte handtekening of de datum daarin vermeld. Indien de instemming met de schriftelijke besluiten door alle bestuurders niet werd bekomen binnen een periode van twee (2) weken na de datum van initiële verzending van het document, worden deze besluiten geacht niet te zijn genomen.
Deze procedure kan niet worden gevolgd voor de vaststelling van de jaarrekening en, in voorkomend geval, de aanwending van het toegestane kapitaal.

Artikel 22 : Notulen van de raad van bestuur

Van besluiten van de raad van bestuur worden notulen gehouden, die worden ingebonden in een bijzonder register en ondertekend door de voorzitter en bij diens ontstentenis door de bestuurder die de vergadering voorzit, en minstens de meerderheid van de aanwezige leden van de raad.
Afschriften en uittreksels worden ondertekend door twee gezamenlijk handelende bestuurders of een gedelegeerd bestuurder alleen handelend.

TITEL VI : DELEGATIE VAN BEVOEGDHEDEN

Artikel 23 : Dagelijks bestuur - Delegatie van machten - Gedelegeerd bestuurder - Adviserende comités - Voorbehouden bevoegdheden

1. De raad van bestuur kan het dagelijks bestuur en de vertegenwoordiging wat dit bestuur aangaat opdragen aan één persoon die al dan niet bestuurder is, en die de titel "Directeur Generaal" of "CEO" zal voeren.
   Hij benoemt en ontslaat de gedelegeerde tot dit bestuur en bepaalt zijn bevoegdheden.
2. De raad van bestuur en de gedelegeerden tot het dagelijks bestuur, deze laatsten binnen de grenzen van dit bestuur, mogen bijzondere en bepaalde volmachten verlenen aan één of meer personen van hun keuze.
3. De raad van bestuur mag de directie van het geheel, van een bepaald deel of van een afdeling van de maatschappelijke bedrijvigheden toevertrouwen aan één of meer

personen.

4. De raad van bestuur kan in zijn midden, en onder zijn verantwoordelijkheid, een of meerdere adviserende comités oprichten, waaronder een audit- en remuneratiecomité, waarvan hij de samenstelling en de opdrachten vaststelt.
5. De volgende beslissingen, zonder hiertoe te zijn beperkt, moeten worden goedgekeurd door de raad van bestuur:
   (a) de goedkeuring van het business plan en het jaarlijks budget;
   (b) de formulering van de operationele strategie van de vennootschap en de beslissingen over de operationele plannen en de investeringsvoorstellen en –principes van de vennootschap;
   (c) beslissingen van de vennootschap om een overeenkomst, verplichting of schuld aan te gaan die niet werd voorzien in het business plan of het jaarlijks budget en waaronder de vennootschap, of de met haar verbonden vennootschappen, kapitaaluitgaven van meer dan 500.000 EUR kunnen verschuldigd zijn

TITEL VII : VERTEGENWOORDIGING VAN DE VENNOOTSCHAP

Artikel 24 : Vertegenwoordiging van de vennootschap

Onverminderd de algemene vertegenwoordigingsmacht van de raad van bestuur als college, wordt de vennootschap in en buiten rechte rechtsgeldig verbonden door twee gezamenlijk handelende bestuurders.

De vennootschap wordt eveneens in en buiten rechte rechtsgeldig vertegenwoordigd wat het dagelijks bestuur aangaat:

- hetzij door de Directeur Generaal / CEO, gedelegeerde tot het dagelijks bestuur, die alleen handelt in uitvoering van het delegatiebesluit van de raad van bestuur
- hetzij op de wijze zoals bepaald door de raad van bestuur.

Bovendien wordt de vennootschap rechtsgeldig verbonden door bijzondere gevolmachtigden binnen de perken van de hun verleende volmacht.

Wanneer de vennootschap wordt benoemd tot bestuurder, zaakvoerder, vereffenaar, lid van het directiecomité, van de directieraad of van de raad van toezicht van een andere vennootschap, benoemt zij onder haar aandeelhouders of vennoten, bestuurders, zaakvoerders, leden van de directieraad of werknemers een vaste vertegenwoordiger, natuurlijke persoon, die belast wordt met de uitvoering van de opdracht in naam en voor rekening van de vennootschap.

TITEL VIII : CONTROLE

Artikel 25 : Commissarissen

De controle op de financiële toestand, op de jaarrekening en op de regelmatigheid van de verrichtingen weer te geven in de jaarrekening, wordt aan één of meer commissarissen opgedragen indien het Wetboek van vennootschappen deze verplichting oplegt.

De commissarissen worden benoemd en bezoldigd volgens de regels vervat in het Wetboek van vennootschappen.

TITEL IX : ALGEMENE VERGADERINGEN

Artikel 26 : Gewone, bijzondere en buitengewone algemene vergadering

De gewone algemene vergadering moet ieder jaar worden bijeengeroepen op de derde vrijdag van de maand mei om tien uur.

Indien die dag één wettelijke feestdag is, wordt de vergadering op de eerstvolgende werkdag gehouden, behoudens zaterdag.
Te allen tijde kan een bijzondere of een buitengewone algemene vergadering worden bijeengeroepen om te beraadslagen over enig onderwerp dat tot haar bevoegdheden behoort.
Elke algemene vergadering wordt gehouden in de zetel van de vennootschap of in een andere plaats aangewezen in de oproeping.

Artikel 27 : Bijeenroeping - bevoegdheid - verplichting

De raad van bestuur en iedere commissaris afzonderlijk kunnen elke algemene vergadering bijeenroepen.
Zij moeten de gewone algemene vergadering bijeenroepen op de bij deze statuten bepaalde dag.
De raad van bestuur en de commissarissen zijn verplicht een bijzondere of een buitengewone vergadering bijeen te roepen wanneer één of meer aandeelhouders die alleen of gezamenlijk één/vijfde van het maatschappelijk kapitaal vertegenwoordigen, het vragen.
Het verzoek wordt bij aangetekend schrijven aan de zetel van de vennootschap gestuurd; het moet de agendapunten opgeven waarover de algemene vergadering dient te beraadslagen en te besluiten.
De oproeping tot de dientengevolge te houden algemene vergadering moet worden gedaan binnen drie weken na het gedane verzoek.
In de oproeping kunnen aan de agendapunten opgegeven door de aandeelhouders, andere onderwerpen worden toegevoegd.

Artikel 28 : Oproeping

De aandeelhouders worden tenminste vijftien (15) kalenderdagen voor de datum van de algemene vergadering bij een ter post aangetekende brief opgeroepen, tenzij zij individueel, uitdrukkelijk en schriftelijk hebben ingestemd om de oproeping via een ander communicatiemiddel te ontvangen.
De bestuurders en de commissarissen worden tenminste vijftien (15) kalenderdagen voor de datum van de algemene vergadering door middel van een gewone brief opgeroepen, tenzij zij er individueel, uitdrukkelijk en schriftelijk mee hebben ingestemd om de oproeping via een ander communicatiemiddel te ontvangen.
De oproeping vermeldt de volledige agenda, die de te behandelen onderwerpen dient te bevatten.
Bij de oproepingsbrief moet een afschrift worden gevoegd van alle verslagen en andere stukken die aan de vergadering moeten voorgelegd worden.
In voorkomend geval worden de houders van obligaties en warrants op naam of de houders van certificaten op naam die werden uitgegeven met medewerking van de vennootschap, op dezelfde wijze als de aandeelhouders opgeroepen tot de algemene vergaderingen.

Artikel 29 : Kennisgeving

Uiterlijk vijf (5) kalenderdagen voor de datum van de voorgenomen vergadering moeten de houders van aandelen op naam, of hun vertegenwoordigers, kennis geven van hun voornemen om aan de vergadering deel te nemen bij een gewone brief, te richten aan de zetel van de vennootschap.
De vervulling van deze formaliteiten kan niet geëist worden, indien daarvan geen melding is

gemaakt in de óproeping tot de vergadering.

Artikel 30 : Vertegenwoordiging van aandeelhouders

Elke aandeelhouder kan op de vergadering worden vertegenwoordigd door een gevolmachtigde aan wie een schriftelijke volmacht werd verleend.

De raad van bestuur kan de tekst van deze volmachten vaststellen en eisen dat deze ten minste vijf (5) kalenderdagen voor de datum van de vergadering worden neergelegd op de zetel van de vennootschap.

Rechtspersonen worden vertegenwoordigd door het krachtens hun statuten met de vertegenwoordiging belaste orgaan, of door een persoon al dan niet aandeelhouder, aan wie volmacht is gegeven volgens de voorschriften van dit artikel.

Elke aandeelhouder heeft bovendien het recht om bij brief te stemmen.

Om geldig te zijn dient dergelijke stemming te geschieden bij middel van een formulier dat bij een ter post aangetekende brief tegen ontvangstmelding ten minste vijf (5) kalenderdagen vóór de datum van de vergadering aan de zetel van de vennootschap wordt verzonden (de poststempel geldt als bewijs) en de volgende vermeldingen dient te bevatten :

- aanduiding van de volledige en nauwkeurige identiteit van de aandeelhouder en van het aantal aandelen waarmede hij aan de stemming deelneemt;
- de volledige agenda;
- het steminzicht van de aandeelhouder (voor, tegen of onthouding) aangaande de punten van de agenda. De aandeelhouder mag zijn steminzicht verduidelijken en motiveren.

Artikel 31 : Bureau

De voorzitter van de raad van bestuur, of bij zijn afwezigheid of bij diens ontstentenis een bestuurder, aangewezen door zijn collega's, zit de algemene vergadering voor.

De voorzitter stelt een secretaris aan, die buiten de aandeelhouders mag worden gekozen; de vergadering kiest één of twee stemopnemers.

De in dit artikel genoemde personen vormen het bureau.

Artikel 32 : Verdaging van de vergadering

De raad van bestuur heeft het recht, tijdens de zitting, het besluit met betrekking tot de goedkeuring van de jaarrekening drie weken uit te stellen. Deze verdaging doet geen afbreuk aan de andere genomen besluiten, behoudens andersluidend besluit van de algemene vergadering hieromtrent. De volgende vergadering heeft het recht de jaarrekening definitief vast te stellen.

De raad van bestuur heeft tevens het recht, tijdens de zitting, elke andere algemene vergadering één enkele maal met drie weken uit te stellen. Deze verdaging doet geen afbreuk aan de door deze vergadering reeds genomen besluiten, behoudens andersluidend besluit van de algemene vergadering hieromtrent.

Op de volgende vergadering worden de agendapunten van de eerste vergadering waarover geen definitief besluit werd genomen, verder afgehandeld; aan deze agendapunten kunnen bijkomende agendapunten worden toegevoegd, mits het akkoord van alle aandeelhouders.

Aandeelhouders die aan de eerste vergadering niet hebben deelgenomen, worden tot de volgende vergadering toegelaten, mits zij door de statuten bepaalde formaliteiten hebben vervuld.

Artikel 33 : Besluiten buiten de agenda - Amendementen

De algemene vergadering kan niet rechtsgeldig beraadslagen of besluiten over de punten die niet in de aangekondigde agenda zijn opgenomen of daarin niet impliciet zijn vervat.

De raad van bestuur en elke aandeelhouder hebben het recht amendementen voor te stellen betreffende alle punten van de aangekondigde agenda.

Over niet in de agenda begrepen punten kan slechts beraadslaagd worden in een vergadering waarin alle aandelen vertegenwoordigd zijn en mits daartoe met éénparigheid van stemmen besloten wordt. De vereiste instemming staat vast, indien geen verzet is aangetekend in de notulen van de vergadering.

Artikel 34 : Stemrecht

Overeenkomstig de bepalingen van artikel 541 van het Wetboek van vennootschappen

* geven alle aandelen recht op één (1) stem wanneer alle aandelen een gelijke waarde hebben, zijnde eenzelfde bedrag van het kapitaal vertegenwoordigen.
* geven de aandelen, wanneer zij een verschillende waarde in het kapitaal vertegenwoordigen, van rechtswege recht op een aantal stemmen naar evenredigheid van het gedeelte van het kapitaal dat zij respectievelijk vertegenwoordigen, met dien verstande dat het aandeel dat het laagste bedrag vertegenwoordigt, voor één (1) stem wordt aangerekend. Gedeelten van stemmen worden verwaarloosd, behoudens in de gevallen van artikel 560 van het Wetboek van vennootschappen.

De houders van obligaties, warrants of certificaten die werden uitgegeven met medewerking van de vennootschap, mogen de algemene vergaderingen bijwonen, doch slechts met raadgevende stem.

Artikel 35 : Besluitvorming in algemene vergadering

36.1. Aanwezigheidsquorum

Om geldig te kunnen beraadslagen en besluiten, dienen aandeelhouders die meer dan de helft van het maatschappelijk kapitaal vertegenwoordigen, op de algemene vergadering geldig aanwezig of vertegenwoordigd te zijn.

Wanneer het vereiste aanwezigheidsquorum niet is bereikt, dient een nieuwe vergadering te worden opgeroepen binnen een periode van vijftien (15) werkdagen na de eerste vergadering, met naleving van de wettelijke voorschriften ter zake, die geldig zal kunnen beraadslagen en besluiten ongeacht het aantal aanwezige of geldig vertegenwoordigde aandelen.

36.2. Meerderheden

In de gevallen waar het Wetboek van vennootschappen geen bijzondere meerderheden voorziet, worden de besluiten door de algemene vergadering op geldige wijze genomen bij een meerderheid van uitgebrachte stemmen, zonder afbreuk te doen aan artikel 36.3 van de statuten.

Over personen wordt in principe geheim en schriftelijk gestemd. Over zaken wordt mondeling gestemd bij naamafroeping of door handopsteken, tenzij het bureau of de vergadering vooraf tot geheime stemming heeft besloten.

36.3. Onthoudingen en blanco stemmen

Voor alle agendapunten worden de onthoudingen, de blanco stemmen en de nietige stemmen in aanmerking genomen bij de berekening van het aantal uitgebrachte

stemmen.
Bij staking van stemmen is het voorstel verworpen.

36.4. Schriftelijke besluitvorming

De aandeelhouders kunnen eenparig en schriftelijk alle besluiten nemen die behoren tot de bevoegdheid van de algemene vergadering, met uitzondering van
- de besluiten die bij authentieke akte moeten worden verleden;
- de besluiten te nemen in het kader van de toepassing van artikel 633, van het Wetboek van vennootschappen.

Daartoe zal door de raad van bestuur een rondschrijven, hetzij per brief, fax, e-mail of enige andere informatiedrager, met vermelding van de agenda en de voorstellen van besluit, worden verstuurd naar alle aandeelhouders en naar de houders van obligaties, warrants of certificaten die met medewerking van de vennootschap werden uitgegeven, met de vraag aan de aandeelhouders om de voorstellen van besluit goed te keuren en, binnen een door de raad van bestuur per geval vast te stellen termijn, behoorlijk ondertekend terug te sturen naar de zetel van de vennootschap of naar enige andere plaats in het rondschrijven vermeld.

Is binnen deze termijn de goedkeuring van alle aandeelhouders met betrekking tot de voorstellen van besluit niet ontvangen, dan worden al de voorgestelde besluiten geacht niet genomen te zijn.

Hetzelfde geldt indien binnen deze termijn bepaalde voorstellen van besluit wel eenparig worden goedgekeurd, doch andere niet.

De houders van obligaties, warrants of certificaten die met medewerking van de vennootschap werden uitgegeven mogen van de eenparig en schriftelijk genomen besluiten kennis nemen.

Artikel 36 : Notulen

Van elke algemene vergadering worden notulen opgemaakt, waaraan de aanwezigheidslijst, en de eventuele verslagen, volmachten of schriftelijke stemmingen worden gehecht.
De notulen van de algemene vergaderingen worden ondertekend door de leden van het bureau en door de aandeelhouders die erom verzoeken.
Zij worden nadien ingebonden in een bijzonder register.
Afschriften en uittreksels worden ondertekend door twee gezamenlijk handelende bestuurders die behoren tot een verschillende reeks van bestuurders.

TITEL X : SLUITING VAN HET BOEKJAAR - JAARREKENING - BESTEMMING VAN DE WINST - DIVIDENDEN

Artikel 37 : Boekjaar - Jaarrekening

Het boekjaar van de vennootschap gaat in op één januari en eindigt op éénendertig december van elk jaar.
Per einde van elk boekjaar worden de boeken en bescheiden afgesloten en maakt de raad van bestuur de inventaris op, alsmede de jaarrekening, overeenkomstig de wettelijke voorschriften ter zake.
In voorkomend geval, en voor zover van toepassing, overhandigt het bestuur, tenminste één maand voor de gewone algemene vergadering, de stukken met het jaarverslag aan de commissarissen die het bij de wet voorgeschreven verslag moeten opstellen.

Artikel 38 : Bestemming van de winst

Het batig saldo van de resultatenrekening vormt de te bestemmen winst van het boekjaar.
Van deze winst wordt tenminste vijf ten honderd voorafgenomen om de wettelijke reserve te vormen totdat deze één/tiende van het maatschappelijk kapitaal bedraagt.
Over het saldo beslist de algemene vergadering bij unanimiteit op voorstel van de raad van bestuur.
Indien de algemene vergadering tot winstuitkering beslist, is elk aandeel op dezelfde wijze dividendgerechtigd, doch met dien verstande dat voor de berekening van het dividend van ieder aandeel moet rekening gehouden worden met :
a) het deel van het kapitaal dat dit aandeel vertegenwoordigt ("pro rata participationis")
b) de op dat aandeel gedane volstorting ("pro rata liberationis"), en
c) het aantal dagen dat het betrokken aandeel deelneemt in de winst over het betrokken boekjaar ("pro rata temporis").

Artikel 39 : Uitbetaling van dividenden - Uitkering van een interimdividend

De raad van bestuur bepaalt het tijdstip en de wijze waarop de dividenden zullen worden uitbetaald. De uitbetaling moet geschieden vóór het einde van het boekjaar waarin het bedrag is vastgesteld.
Aan de raad van bestuur wordt bevoegdheid verleend om op het resultaat van het lopende boekjaar een interimdividend uit te keren.

TITEL XI : ONTBINDING - VEREFFENING

Artikel 40 : Ontbinding

Tot de vrijwillige ontbinding van de vennootschap kan slechts worden besloten door een buitengewone algemene vergadering van aandeelhouders en mits naleving van de wettelijke voorschriften ter zake.
De vennootschap blijft na ontbinding van rechtswege als rechtspersoon voortbestaan voor haar vereffening tot aan de sluiting ervan.

Artikel 41 : Benoeming van vereffenaars

Zijn er geen vereffenaars benoemd, dan zijn de bestuurders die op het tijdstip van de ontbinding in functie zijn, van rechtswege vereffenaars.
Wanneer een rechtspersoon tot vereffenaar wordt benoemd, moet de natuurlijke persoon die hem vertegenwoordigt voor de uitoefening van de vereffening in het benoemingsbesluit worden aangewezen. Iedere wijziging van deze aanwijzing moet worden bekend gemaakt in de bijlage tot het Belgisch Staatsblad.
De algemene vergadering van de ontbonden vennootschap kan te allen tijde en bij gewone meerderheid van stemmen een of meer vereffenaars benoemen en ontslaan. Zij beslist of de vereffenaars, indien er meer zijn, alleen, gezamenlijk, dan wel als college de vennootschap vertegenwoordigen.

Artikel 42 : Bevoegdheden van vereffenaars

De vereffenaars zijn bevoegd tot alle verrichtingen vermeld in de artikelen 186, 187 en 188 van het Wetboek van vennootschappen, zonder dat zij daartoe een voorafgaande machtiging van de algemene vergadering nodig hebben, tenzij die algemene vergadering, bij gewone meerderheid van stemmen, anders besluit.

Artikel 43 : Wijze van vereffening

Na betaling van alle schulden, lasten en kosten van vereffening of na consignatie van de nodige gelden om die te voldoen, verdelen de vereffenaars het netto actief, in geld of in effecten, onder de aandeelhouders naar verhouding van het aantal aandelen dat zij bezitten.

Artikel 44 : Bijzondere voorschriften voor vennootschappen in vereffening

1. Iedere wijziging van de naam van een vennootschap in vereffening is verboden.
2. Alle stukken uitgaande van een ontbonden vennootschap vermelden dat zij in vereffening is.
3. Een besluit tot verplaatsing van de zetel van een vennootschap in vereffening kan niet worden uitgevoerd dan na homologatie door de rechtbank van koophandel binnen wiens rechtsgebied de zetel van de vennootschap is gevestigd. De homologatie wordt bij verzoekschrift aangevraagd door de vereffenaar. Een afschrift van het besluit tot homologatie door de rechtbank moet worden gevoegd bij de neerlegging van de akte houdende verplaatsing van de zetel.

TITEL XII : ALGEMENE BEPALINGEN

Artikel 45 : Keuze van woonplaats

De bestuurders en vereffenaars, die hun woonplaats in het buitenland hebben, worden geacht voor de gehele duur van hun taak woonplaats te kiezen in de zetel van de vennootschap, waar hun alle dagvaardingen en kennisgevingen kunnen worden gedaan betreffende de zaken van de vennootschap en de verantwoordelijkheid voor hun bestuur.

Artikel 46 : Toepasselijk recht

Voor alles wat niet uitdrukkelijk in deze statuten is bepaald, of voor de wettelijke voorschriften waarvan in deze statuten niet op geldige wijze zou zijn afgeweken, zijn de voorschriften van het Wetboek van vennootschappen en de andere voorschriften van Belgisch recht van toepassing.

Artikel 47: Definities

In deze statuten zullen de gedefinieerde termen en uitdrukkingen de volgende betekenis hebben, behoudens indien uitdrukkelijk anders bepaald in deze statuten:

- "Aandeelhoudersovereenkomst": betekent de aandeelhoudersovereenkomst betreffende de vennootschap afgesloten op 9 december 2011;
- "Aspiravi Offshore" betekent de naamloze vennootschap Aspiravi Offshore (voorheen Groene Energie Maatschappij), gevestigd te 8530 Harelbeke, Vaarnewijkstraat 17, met ondernemingsnummer 0477.948.593 (RPR Kortrijk);
- "Rentel Project": betekent het Rentel Project zoals gedefinieerd in de Aandeelhoudersovereenkomst;
- "Socofe": betekent de naamloze vennootschap Socofe, gevestigd te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, met ondernemingsnummer 0472.085.437 (RPR Luik) ;
- "S.R.I.W.E.": betekent de naamloze vennootschap S.R.I.W.Environnement, gevestigd te 4000 Luik, Avenue Destenay 13, met ondernemingsnummer 0426.516.918 (RPR Luik);
- "Z-Kracht": betekent de naamloze vennootschap Z-Kracht, gevestigd te 3500 Hasselt, Trichterheideweg 8, met ondernemingsnummer 0832.420.049 (RPR Hasselt).

VERKRIJGING VAN RECHTSPERSOONLIJKHEID.

De vennootschap zal in toepassing van artikel 2, paragraaf 4 van het Wetboek van vennootschappen rechtspersoonlijkheid verkrijgen vanaf de dag van de neerlegging van een

uitgifte van onderhavige oprichtingsakte op de griffie van de bevoegde rechtbank van koophandel, overeenkomstig artikel 68 van het Wetboek van vennootschappen.

BENOEMING VAN DE EERSTE BESTUURDERS.

Overeenkomstig artikel 518 §2 van het Wetboek van vennootschappen worden op voordracht van de houder van aandelen categorie I door de oprichters tot eerste bestuurders benoemd:

1/ de besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid "**FINC Consult**", met maatschappelijke zetel te 3150 Haacht, Beekstraat 11, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 825.655.684, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: mevrouw Anne Vleminckx, wonende te 3150 Haacht, Beekstraat, 11 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 54.05.23-330.52),

2/ de heer **Rik Van de Walle**, wonende te 8530 Harelbeke, Vaarnewijkstraat 14 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 61.06.25-229.53),

3/ de heer **Alain Bernard**, wonende te 9111 Sint-Niklaas, Bosstraat 28 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 55.12.29-211.61),

4/ de heer **Marc Stordiau**, wonende te 9100 Sint Niklaas, Jef De Pauwstraat 1 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 46.05.09-281.62),

5/ de naamloze vennootschap "**Nutsbedrijven Houdstermaatschappij**", met maatschappelijke zetel te 3500 Hasselt, Trichterheideweg 8, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0472.325.068, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de vennootschap onder firma "Geebelen J", met maatschappelijke zetel te 3960 Bree, Luytenstraat 3, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 472.914.986, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Jo Beelen, wonende te 3960 Bree, Luytenstraat 3 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 44.08.06-263.52),

6/ de naamloze vennootschap "**Socofe**", met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 472.085.439, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: mevrouw Marianne Basecq, wonende te 4280 Hannut, Place de l'Eglise, 1 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 68.06.18-264.84),

7/ de naamloze vennootschap "**Sparaxis**", met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 452.116.307, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Oliver Vanderijst, wonende te Avenue Paul Deschanel 19, 1030 Schaarbeek (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 60.10.21-203.12),

8/ de naamloze vennootschap "**Power@Sea**", met maatschappelijk zetel te 2070 Zwijndrecht, Scheldedijk 30, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 468.783.479, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Christian Van Meerbeeck, wonende te Pastoor De Coninckklaan 45, 2610 Antwerpen (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 53.05.27-379.56),

9/ de naamloze vennootschap "**Samanda**", met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 480.028.848, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: mevrouw Karine Fabry, wonende te Rue Chateau des Balances 51, 5000 Namur (ingeschreven in het rijksregister onder nummer:

63.10.03-260.73).

Het mandaat van de eerste bestuurders neemt een einde onmiddellijk na de jaarvergadering van het jaar 2017 (die beraadslaagt over de jaarrekening voor het financiële jaar 2016).

De bestuurders zullen hun mandaat onbezoldigd uitoefenen, behoudens andersluidende beslissing van de algemene vergadering.

Ondergetekende notaris wijst erop dat de bestuurders mogelijks persoonlijk en hoofdelijk aansprakelijk zullen zijn voor alle verbintenissen aangegaan in naam en voor rekening van de vennootschap in oprichting in de periode tussen de oprichtingsakte en de verkrijging door de vennootschap van haar rechtspersoonlijkheid, tenzij de vennootschap deze verbintenissen, in toepassing van en binnen de termijnen gesteld door artikel 60 van het Wetboek van Vennootschappen, overneemt. In toepassing van zelfde artikel kan de vennootschap overgaan tot de bekrachtiging van de handelingen in haar naam en voor haar rekening gesteld vóór de ondertekening van de oprichtingsakte.

BENOEMING VAN EEN COMMISSARIS.

De oprichters beslissen tot commissaris te benoemen de burgerlijke vennootschap die de vorm van een coöperatieve vennootschap met beperkte aansprakelijkheid heeft aangenomen, Deloitte Bedrijfsrevisoren, gevestigd te Berkenlaan 8b, 1831 Diegem, die overeenkomstig artikel 132 van het Wetboek van vennootschappen als vertegenwoordiger de heer Gert Vanhees aanduidt en dit voor drie jaar vanaf heden waardoor zijn mandaat een einde zal nemen na de jaarvergadering van het jaar 2015 (die beraadslaagt over de jaarrekening voor het financiële jaar 2014).

Zijn bezoldiging bedraagt vijfduizend vijfhonderd twintig euro (5.520 EUR) per jaar, gekoppeld aan de index der consumptieprijzen.

BEGIN EN AFSLUITING VAN HET EERSTE BOEKJAAR.

Het eerste boekjaar neemt een aanvang op datum van heden en zal worden afgesloten op éénendertig december tweeduizend en twaalf.

EERSTE JAARVERGADERING.

De eerste jaarvergadering zal gehouden worden in het jaar tweeduizend dertien.

VOLMACHT RECHTSPERSONENREGISTER, BTW ADMINISTRATIE en KRUISPUNTBANK van ONDERNEMINGEN.

De oprichters verlenen bijzondere volmacht aan mevrouw Inge Stiers, met woonplaats te Groenplaats 18, 3890 Gingelom, en aan elke bestuurder van de vennootschap, individueel bevoegd, evenals aan hun aangestelden en lasthebbers, met mogelijkheid tot indeplaatsstelling, teneinde de vervulling van de formaliteiten bij het rechtspersonenregister en, desgevallend, bij de Administratie van de Belasting over de Toegevoegde Waarde, alsook bij een ondernemingsloket met het oog op de inschrijving/aanpassing van de gegevens in de Kruispuntbank van Ondernemingen, te verzekeren.

INFORMATIE – RAADGEVING.

De partijen verklaren dat de notaris hen volledig heeft ingelicht over de rechten, verplichtingen en lasten die voortvloeien uit de rechtshandelingen, die zij bij huidige akte hebben gesteld en dat hij hen op onpartijdige wijze raad heeft gegeven.

VOORLEZING.

De partijen erkennen tijdig een ontwerp van onderhavige akte ontvangen te hebben.

Onderhavige akte werd integraal voorgelezen voor wat betreft de vermeldingen bevat in artikel 12, alinea 1 en 2 van de Organieke Wet Notariaat, en de wijzigingen die werden aangebracht aan het vooraf meegedeelde ontwerp van de akte.

De gehele akte werd door de notaris toegelicht.

RECHTEN OP GESCHRIFTEN (Wetboek diverse rechten en taksen)

Het recht bedraagt vijfennegentig euro (EUR 95,00) .

WAARVAN AKTE.

Verleden op plaats en datum als voormeld.

Na gedeeltelijke voorlezing en toelichting, hebben de partijen met mij, Geassocieerd Notaris, ondertekend.

Volgen de handtekeningen.

Afgeleverd vóór registratie :

- hetzij, bij toepassing van art. 173,1bis W.Reg.met het oog op neerlegging ter griffie van de rechtbank van koophandel overeenkomstig artikel 67 van het Wetboek van Vennootschappen;

- hetzij, bij toepassing van de administratieve beslissing d.d. 7 juni 1977, nr. E.E. / 85.234.

Alexis LEMMERLING - Geassocieerd Notaris te Brussel -

VOOR GELIJKVORMIGE UITGIFTE

13 ROL(LEN)
RÔLE(S)

In de bijlagen bij het Belgisch Staatsblad bekend te maken kopie na neerlegging ter griffie van de akte

Voor-behouden aan het Belgisch Staatsblad

12009099

Nedergelegd ter griffie van de rechtbank van koophandel Brugge – afdeling te Oostende op 29 DEC. 2011

Griffie

De griffier

Ondernemingsnr : 0 842.251.889

Benaming (voluit) : RENTEL

(verkort) :

Rechtsvorm : naamloze vennootschap

Zetel : Slijkense Steenweg 2
8400 OOSTENDE

Onderwerp akte : **OPRICHTING - STATUTEN - BENOEMINGEN**

Er blijkt uit een akte verleden op zestien december tweeduizend en elf, voor Meester **Alexis LEMMERLING**, Geassocieerd Notaris, vennoot van "Berquin Notarissen", burgerlijke vennootschap met handelsvorm van een coöperatieve vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, met zetel te 1000 Brussel, Lloyd Georgelaan, 11 en ondernemingsnummer 0474.073.840 (RPR Brussel),

dat:

(1) de naamloze vennootschap **ELECTRAWINDS OFFSHORE**, met maatschappelijke zetel te 8400 Oostende, John Cordierlaan 9,

(2) de naamloze vennootschap **ASPIRAVI OFFSHORE**, met maatschappelijke zetel te 8530 Harelbeke, Vaarnewijkstraat 17,

(3) de naamloze vennootschap **DREDGING ENVIRONMENTAL & MARINE ENGINEERING**, met maatschappelijke zetel te 2070 Zwijndrecht, Haven 1025, Scheldedijk 30,

(4) de naamloze vennootschap **RENT A PORT ENERGY**, met maatschappelijke zetel te 2000 Antwerpen, Haverstraat 1,

(5) de naamloze vennootschap **Z-KRACHT**, met maatschappelijke zetel te 3500 Hasselt, Trichterheidweg 8,

(6) de naamloze vennootschap **SOCOFE**, met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13,

(7) de naamloze vennootschap **S.R.I.W. ENVIRONNEMENT**, met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13,

(8) de naamloze vennootschap **POWER@SEA**, met maatschappelijke zetel te 2070 Zwijndrecht, Scheldedijk 30,

(9) de naamloze vennootschap **OTARY RS**, met maatschappelijke zetel te 8400 Oostende, Slijkense Steenweg 2,

volgende vennootschap hebben opgericht:

Naam

De vennootschap heeft de rechtsvorm van een naamloze vennootschap, afgekort "NV".

Zij draagt de naam **"RENTEL"**.

Zetel

De zetel van de vennootschap is gevestigd te 8400 Oostende, Slijkense Steenweg 2.

Doel

De vennootschap heeft tot doel zowel in België als in het buitenland zowel voor eigen naam en voor eigen rekening als voor naam of voor rekening van derden, alleen of in samenwerking met derden:

1) alle handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks, geheel of gedeeltelijk betrekking hebben op het ontwikkelen en uitbaten van windenergie projecten en parken op zee;

2) alle handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks, geheel of gedeeltelijk betrekking hebben op het verlenen van diensten en het uitvoeren van engineering opdrachten in verband met windenergie projecten en parken op zee en dit zowel voorafgaandelijk aan het bekomen van een concessie als nadien;

3) alle handelingen die rechtstreeks of onrechtstreeks, geheel of gedeeltelijk betrekking hebben op het leveren van operationeel management inzake windenergie projecten en parken op zee, kortweg omschreven als "project management";

4) het leveren van technisch, financieel, commercieel en economisch advies met betrekking tot de voormelde activiteiten;

5) het uitvoeren van de logistiek met betrekking tot de voormelde activiteiten;

Bijlagen bij het Belgisch Staatsblad - 11/01/2012 - Annexes du Moniteur belge

Op de laatste blz. van Luik B vermelden : Recto : Naam en hoedanigheid van de instrumenterende notaris, hetzij van de perso(o)n(en) bevoegd de rechtspersoon ten aanzien van derden te vertegenwoordigen

Verso : Naam en handtekening

Voor-behouden aan het Belgisch Staatsblad

6) in het algemeen alle andere verrichtingen die hogergenoemde doelstellingen kunnen helpen bereiken, waaronder het aangaan van ad hoc joint ventures, partnerships enzovoort, alsmede het opzetten van studies en leveren van advies met betrekking tot financiële dienstverlening;

7) het bij wijze van inschrijving, inbreng, fusie, samenwerking, financiële tussenkomst of anderszins verwerven van een belang of deelneming in alle bestaande of nog op te richten vennootschappen, ondernemingen, bedrijvigheden of verenigingen zonder onderscheid, in België of in het buitenland. De vennootschap mag deze belangen of deelnemingen beheren, valoriseren en te gelde maken en in het algemeen alle handelingen stellen die behoren tot de zogenaamde "holding"-activiteiten in de ruimste betekenis; en

8) deelnemen aan het bestuur, de directie, de controle en vereffening van de vennootschappen, ondernemingen, bedrijvigheden en verenigingen waarin zij een belang of deelneming heeft, of waarmee zij op enigerlei wijze samenwerkt.

De vennootschap mag :

* alle hoegenaamde handels-, nijverheids-, financiële, roerende en onroerende verrichtingen uitvoeren, die rechtstreeks of onrechtstreeks in verband staan met haar doel of die van aard zijn dit te begunstigen;
* op om het even welke wijze alle intellectuele rechten, merken, modellen en/of tekeningen verwerven, uitbaten en te gelde maken;
* zich ten gunste van de vennootschappen, ondernemingen, bedrijvigheden en verenigingen waarin zij een belang of deelneming heeft, of waarmee zij samenwerkt, borgstellen of aval verlenen, optreden als agent of vertegenwoordiger, voorschotten toestaan, kredieten verlenen, hypothecaire of andere zekerheden verstrekken.

Duur

De vennootschap wordt opgericht voor onbepaalde duur en begint te werken op datum van zestien december tweeduizend en elf.

Kapitaal

Het maatschappelijk kapitaal is volledig geplaatst en bedraagt twee miljoen euro (2.000.000 EUR).

Het is vertegenwoordigd door tweeduizend (2.000) aandelen op naam, zonder vermelding van waarde, die ieder één/tweeduizendste (1/2.000ste) van het kapitaal vertegenwoordigen.

Op de kapitaalaandelen wordt als volgt in geld ingeschreven:

- door de naamloze vennootschap **ELECTRAWINDS OFFSHORE**, ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie A;
- door de naamloze vennootschap **ASPIRAVI OFFSHORE**, ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie B;
- door de naamloze vennootschap **DREDGING ENVIRONMENTAL & MARINE ENGINEERING**, ten belope van honderd twintig aandelen categorie C;
- door de naamloze vennootschap **RENT A PORT ENERGY**, ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie D;
- door de naamloze vennootschap **Z-KRACHT**, ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie E;
- door de naamloze vennootschap **SOCOFE**, ten belope van honderd twintig (120) aandelen categorie F;
- door de naamloze vennootschap **S.R.I.W. ENVIRONNEMENT**., ten belope van honderd twintig (120) aandelen G
- door de naamloze vennootschap **POWER@SEA**, ten belope van honderd twintig (120) aandeten categorie H;
- door de naamloze vennootschap **OTARY RS**, ten belope van duizend veertig (1.040) aandelen categorie I.

totaal: tweeduizend (2.000) aandelen.

Ieder aandeel waarop werd ingeschreven, werd volgestort ten belope van vijftig ten honderd.

Het kapitaal werd volgestort ten belope van één miljoen euro (1.000.000 EUR).

BANKATTEST.

De inbrengen in geld werden voorafgaandelijk aan de oprichting, in toepassing van artikel 449 van het Wetboek van vennootschappen, gedeponeerd op een bijzondere rekening nummer BE 83 0688 9413 5115 bij Dexia, zoals blijkt uit een door voormelde financiële instelling op 16 december 2011 afgeleverd bankattest, dat aan de notaris werd overhandigd en in diens dossier bewaard zal blijven.

Bevoegdheden van de raad van bestuur

De raad van bestuur is bevoegd om alle handelingen te verrichten die nodig of dienstig zijn tot verwezenlijking van het doel van de vennootschap, behoudens die waarvoor volgens de wet alleen de algemene vergadering van de aandeelhouders bevoegd is.

De bestuurders handelen steeds als college.

Artikel 15 : Benoeming en ontslag van de bestuurders

De vennootschap wordt bestuurd door een raad van bestuur, samengesteld uit ten minste acht (8) bestuurders.

Wanneer een rechtspersoon wordt benoemd tot bestuurder, dient deze rechtspersoon onder zijn aandeelhouders of vennoten, bestuurders, zaakvoerders, leden van de directieraad of werknemers, een vaste vertegenwoordiger aan te stellen die belast wordt met de uitvoering van de opdracht in naam en voor rekening van de rechtspersoon-bestuurder. Uiteindelijk dient deze vaste vertegenwoordiger een natuurlijke persoon te zijn.

Alleen de algemene vergadering is bevoegd om het aantal bestuurders te bepalen.

De bestuurders worden benoemd door de algemene vergadering.

Tenminste acht (8) bestuurders zullen steeds worden verkozen uit (een) kandidatenlijst(en) voorgedragen door de houder(s) van de aandelen van de categorie I.

De duur van hun opdracht mag zes (6) jaren niet overschrijden.

Bijlagen bij het Belgisch Staatsblad - 11/01/2012 - Annexes du Moniteur belge

Voor-behouden aan het Belgisch Staatsblad

Hun opdracht eindigt bij de sluiting van de algemene vergadering of de raad van bestuur die in hun vervanging voorziet.

De bestuurders kunnen te allen tijde door de algemene vergadering worden ontslagen. De aandeelhouder van dezelfde categorie als de te vervangen bestuurder heeft het recht om de vervanging, alsook de nieuwe kandidaat-bestuurder, voor te stellen aan de algemene vergadering.

Uittredende bestuurders zijn herbenoembaar.

Besluitvorming in de raad van bestuur

De raad van bestuur kan slechts beraadslagen en besluiten omtrent aangelegenheden die op de agenda vermeld zijn en slechts op voorwaarde dat tenminste 2/3 van de leden aanwezig of geldig vertegenwoordigd zijn op de vergadering. Indien dit quorum niet wordt bereikt, dan zal een tweede vergadering worden opgeroepen binnen de drie (3) werkdagen na de eerste vergadering die kan beraadslagen en besluiten omtrent aangelegenheden die op de agenda vermeld zijn op voorwaarde dat tenminste 5/9 van de leden aanwezig of geldig vertegenwoordigd zijn op de vergadering.

De niet fysisch ter zitting aanwezige bestuurders kunnen aan de beraadslagingen en stemmingen deelnemen met behulp van telecommunicatiemiddelen, zoals een telefoon- of videoconferentie, op voorwaarde dat alle deelnemers aan de vergadering rechtstreeks kunnen communiceren met alle andere deelnemers.

Over de aangelegenheden die niet op de agenda vermeld zijn kan de raad van bestuur slechts rechtsgeldig beraadslagen en besluiten wanneer alle leden van de raad van bestuur op de vergadering aanwezig zijn en ermee instemmen.

Dit akkoord wordt geacht te zijn gegeven, wanneer blijkens de notulen geen bezwaar is gemaakt.

De besluiten door de raad van bestuur worden op geldige wijze genomen bij meerderheidvan de ter vergadering aanwezige en geldig vertegenwoordigde bestuurders op voorwaarde dat ieder van de ter vergadering aanwezige en geldig vertegenwoordigde bestuurders verkozen op voordracht van de houder van de aandelen van de categorie I positief heeft gestemd.

Ieder bestuurder kan bij gewone brief, telegram, telex, telefax of elk ander communicatiemiddel, drager van een gedrukt document aan één van zijn collega's opdracht geven om hem te vertegenwoordigen op een welbepaalde vergadering van de raad van bestuur en om voor hem en in zijn plaats te stemmen. De opdrachtgever wordt in deze omstandigheden als aanwezige aangerekend.

Een bestuurder kan slechts één medelid van de raad vertegenwoordigen.

In uitzonderlijke gevallen, wanneer de dringende noodzakelijkheid en het belang van de vennootschap zulks vereisen, kunnen de beslissingen van de raad van bestuur worden genomen bij een eenparig schriftelijk akkoord van de bestuurders. Op verzoek van één of meerdere bestuurders verzendt de voorzitter via brief, fax, email of enig andere communicatiemiddel voorzien in artikel 2281 van het Burgerlijk Wetboek aan alle bestuurders een document waarin de voorgestelde besluiten worden uiteengezet, met het verzoek om het document gedateerd en ondertekende terug te zenden naar de maatschappelijke zetel van de vennootschap binnen de tien (10) kalenderdagen na ontvangst. De handtekeningen van de bestuurders (waarbij ook digitale handtekeningen worden toegelaten overeenkomstig artikel 1322, tweede paragraaf van het Burgerlijk Wetboek) worden aangebracht hetzij op één document hetzij op meerdere exemplaren van dit document. Dergelijk schriftelijk besluit wordt geacht genomen te zijn op de datum van de laatst aangebrachte handtekening of de datum daarin vermeld. Indien de instemming met de schriftelijke besluiten door alle bestuurders niet werd bekomen binnen een periode van twee (2) weken na de datum van initiële verzending van het document, worden deze besluiten geacht niet te zijn genomen.

Deze procedure kan niet worden gevolgd voor de vaststelling van de jaarrekening en, in voorkomend geval, de aanwending van het toegestane kapitaal.

Dagelijks bestuur - Delegatie van machten - Gedelegeerd bestuurder - Adviserende comités - Voorbehouden bevoegdheden

1. De raad van bestuur kan het dagelijks bestuur en de vertegenwoordiging wat dit bestuur aangaat opdragen aan één persoon die al dan niet bestuurder is, en die de titel "Directeur Generaal" of "CEO" zal voeren.

Hij benoemt en ontslaat de gedelegeerde tot dit bestuur en bepaalt zijn bevoegdheden.

2. De raad van bestuur en de gedelegeerden tot het dagelijks bestuur, deze laatsten binnen de grenzen van dit bestuur, mogen bijzondere en bepaalde volmachten verlenen aan één of meer personen van hun keuze.

3. De raad van bestuur mag de directie van het geheel, van een bepaald deel of van een afdeling van de maatschappelijke bedrijvigheden toevertrouwen aan één of meer personen.

4. De raad van bestuur kan in zijn midden, en onder zijn verantwoordelijkheid, een of meerdere adviserende comités oprichten, waaronder een audit- en remuneratiecomité, waarvan hij de samenstelling en de opdrachten vaststelt.

5. De volgende beslissingen, zonder hiertoe te zijn beperkt, moeten worden goedgekeurd door de raad van bestuur:

(a) de goedkeuring van het business plan en het jaarlijks budget;

(b) de formulering van de operationele strategie van de vennootschap en de beslissingen over de operationele plannen en de investeringsvoorstellen en -principes van de vennootschap;

(c) beslissingen van de vennootschap om een overeenkomst, verplichting of schuld aan te gaan die niet werd voorzien in het business plan of het jaarlijks budget en waaronder de vennootschap, of de met haar verbonden vennootschappen, kapitaaluitgaven van meer dan 500.000 EUR kunnen verschuldigd zijn

Vertegenwoordiging van de vennootschap

Onverminderd de algemene vertegenwoordigingsmacht van de raad van bestuur als college, wordt de vennootschap in en buiten rechte rechtsgeldig verbonden door twee gezamenlijk handelende bestuurders.

De vennootschap wordt eveneens in en buiten rechte rechtsgeldig vertegenwoordigd wat het dagelijks bestuur aangaat:

Bijlagen bij het Belgisch Staatsblad - 11/01/2012 - Annexes du Moniteur belge

Voor-behouden aan het Belgisch Staatsblad

- hetzij door de Directeur Generaal / CEO, gedelegeerde tot het dagelijks bestuur, die alleen handelt in uitvoering van het delegatiebesluit van de raad van bestuur
- hetzij op de wijze zoals bepaald door de raad van bestuur.

Bovendien wordt de vennootschap rechtsgeldig verbonden door bijzondere gevolmachtigden binnen de perken van de hun verleende volmacht.

Wanneer de vennootschap wordt benoemd tot bestuurder, zaakvoerder, vereffenaar, lid van het directiecomité, van de directieraad of van de raad van toezicht van een andere vennootschap, benoemt zij onder haar aandeelhouders of vennoten, bestuurders, zaakvoerders, leden van de directieraad of werknemers *een vaste vertegenwoordiger, natuurlijke persoon, die belast wordt met de uitvoering van de opdracht in naam* en voor rekening van de vennootschap.

Gewone, bijzondere en buitengewone algemene vergadering

De gewone algemene vergadering moet ieder jaar worden bijeengeroepen op de derde vrijdag van de maand mei om tien uur.

Indien die dag een wettelijke feestdag is, wordt de vergadering op de eerstvolgende werkdag gehouden, behoudens zaterdag.

Elke algemene vergadering wordt gehouden in de zetel van de vennootschap of in een andere plaats aangewezen in de oproeping.

Stemrecht

Overeenkomstig de bepalingen van artikel 541 van het Wetboek van vennootschappen

* geven alle aandelen recht op één (1) stem wanneer alle aandelen een gelijke waarde hebben, zijnde eenzelfde bedrag van het kapitaal vertegenwoordigen.
* geven de aandelen, wanneer zij een verschillende waarde in het kapitaal vertegenwoordigen, van rechtswege recht op een aantal stemmen naar evenredigheid van het gedeelte van het kapitaal dat zij respectievelijk vertegenwoordigen, met dien verstande dat het aandeel dat het laagste bedrag vertegenwoordigt, voor één (1) stem wordt aangerekend. Gedeelten van stemmen worden verwaarloosd, behoudens in de gevallen van artikel 560 van het Wetboek van vennootschappen.

De houders van obligaties, warrants of certificaten die werden uitgegeven met medewerking van de vennootschap, mogen de algemene vergaderingen bijwonen, doch slechts met raadgevende stem.

Boekjaar

Het boekjaar van de vennootschap gaat in op één januari en eindigt op éénendertig december van elk jaar.

Bestemming van de winst

Het batig saldo van de resultatenrekening vormt de te bestemmen winst van het boekjaar.

Van deze winst wordt tenminste vijf ten honderd voorafgenomen om de wettelijke reserve te vormen totdat deze één/tiende van het maatschappelijk kapitaal bedraagt.

Over het saldo beslist de algemene vergadering bij unanimiteit op voorstel van de raad van bestuur.

Indien de algemene vergadering tot winstuitkering beslist, is elk aandeel op dezelfde wijze dividendgerechtigd, doch met dien verstande dat voor de berekening van het dividend van ieder aandeel moet rekening gehouden worden met :

a) het deel van het kapitaal dat dit aandeel vertegenwoordigt ("pro rata participationis")

b) de op dat aandeel gedane volstorting ("pro rata liberationis"), en

c) het aantal dagen dat het betrokken aandeel deelneemt in de winst over het betrokken boekjaar ("pro rata temporis").

Uitbetaling van dividenden - Uitkering van een interimdividend

De raad van bestuur bepaalt het tijdstip en de wijze waarop de dividenden zullen worden uitbetaald.

De uitbetaling moet geschieden vóór het einde van het boekjaar waarin het bedrag is vastgesteld.

Aan de raad van bestuur wordt bevoegdheid verleend om op het resultaat van het lopende boekjaar een interimdividend uit te keren.

Ontbinding

Tot de vrijwillige ontbinding van de vennootschap kan slechts worden besloten door een buitengewone algemene vergadering van aandeelhouders en mits naleving van de wettelijke voorschriften ter zake.

De vennootschap blijft na ontbinding van rechtswege als rechtspersoon voortbestaan voor haar vereffening tot aan de sluiting ervan.

Wijze van vereffening

Na betaling van alle schulden, lasten en kosten van vereffening of na consignatie van de nodige gelden om die te voldoen, verdelen de vereffenaars het netto actief, in geld of in effecten, onder de aandeelhouders naar verhouding van het aantal aandelen dat zij bezitten.

BENOEMING VAN DE EERSTE BESTUURDERS.

Werden op voordracht van de houder van aandelen categorie I door de oprichters tot eerste bestuurders benoemd:

1/ de besloten vennootschap met beperkte aansprakelijkheid **"FINC Consult"**, met maatschappelijke zetel te 3150 Haacht, Beekstraat 11, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: mevrouw Anne Vleminckx, wonende te 3150 Haacht, Beekstraat, 11,

2/ de heer **Rik Van de Walle**, wonende te 8530 Harelbeke, Vaarnewijkstraat 14,

3/ de heer **Alain Bernard**, wonende te 9111 Sint-Niklaas, Bosstraat 28,

4/ de heer **Marc Stordiau**, wonende te 9100 Sint Niklaas, Jef De Pauwstraat 1,

5/ de naamloze vennootschap **"Nutsbedrijven Houdstermaatschappij"**, met maatschappelijke zetel te 3500 Hasselt, Trichterheideweg 8, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de vennootschap onder firma "Geebelen J", met maatschappelijke zetel te 3960 Bree, Luytenstraat 3, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Jo Beelen, wonende te 3960 Bree, Luytenstraat 3,

Bijlagen bij het Belgisch Staatsblad - 11/01/2012 - Annexes du Moniteur belge

Voor-behouden aan het Belgisch Staatsblad

6/ de naamloze vennootschap "**Socofe**", met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: mevrouw Marianne Basecq, wonende te 4280 Hannut, Place de l'Eglise, 1,

7/ de naamloze vennootschap "**Sparaxis**", met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Oliver Vanderijst, wonende te Avenue Paul Deschanel 19, 1030 Schaarbeek,

8/ de naamloze vennootschap "**Power@Sea**", met maatschappelijk zetel te 2070 Zwijndrecht, Scheldedijk 30, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Christian Van Meerbeeck, wonende te Pastoor De Coninckiaan 45, 2610 Antwerpen,

9/ de naamloze vennootschap "**Samanda**", met maatschappelijke zetel te 4000 Luik, Avenue Maurice Destenay 13, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: mevrouw Karine Fabry, wonende te Rue Chateau des Balances 51, 5000 Namur.

Het mandaat van de eerste bestuurders neemt een einde onmiddellijk na de jaarvergadering van het jaar 2017 (die beraadslaagt over de jaarrekening voor het financiële jaar 2016).

De bestuurders zullen hun mandaat onbezoldigd uitoefenen, behoudens andersluidende beslissing van de algemene vergadering.

BENOEMING VAN EEN COMMISSARIS.

Werd benoemd tot commissaris : de burgerlijke vennootschap die de vorm van een coöperatieve vennootschap met beperkte aansprakelijkheid heeft aangenomen, Deloitte Bedrijfsrevisoren, gevestigd te Berkenlaan 8b, 1831 Diegem, die overeenkomstig artikel 132 van het Wetboek van vennootschappen als vertegenwoordiger de heer Gert Vanhees aanduidt en dit voor drie jaar vanaf zestien december tweeduizend en elf waardoor zijn mandaat een einde zal nemen na de jaarvergadering van het jaar 2015 (die beraadslaagt over de jaarrekening voor het financiële jaar 2014).

BEGIN EN AFSLUITING VAN HET EERSTE BOEKJAAR.

Het eerste boekjaar neemt een aanvang op datum van zestien december tweeduizend en elf en zal worden afgesloten op éénendertig december tweeduizend en twaalf.

EERSTE JAARVERGADERING.

De eerste jaarvergadering zal gehouden worden in het jaar tweeduizend dertien.

VOLMACHT RECHTSPERSONENREGISTER, BTW ADMINISTRATIE en KRUISPUNTBANK van ONDERNEMINGEN.

Bijzondere volmacht werd verleend aan mevrouw Inge Stiers, met woonplaats te Groenplaats 18, 3890 Gingelom, en aan elke bestuurder van de vennootschap, individueel bevoegd, evenals aan hun aangestelden en lasthebbers, met mogelijkheid tot indeplaatsstelling, teneinde de vervulling van de formaliteiten bij het rechtspersonenregister en, desgevallend, bij de Administratie van de Belasting over de Toegevoegde Waarde, alsook bij een ondernemingsloket met het oog op de inschrijving/aanpassing van de gegevens in de Kruispuntbank van Ondernemingen, te verzekeren.

VOOR GELIJKVORMIG ANALYTISCH UITTREKSEL.

(Tegelijk met dit uittreksel werden neergelegd : een uitgifte van de akte, negen volmachten).

Dit uittreksel werd afgeleverd vóór registratie bij toepassing van artikel 173,1° bis van het Wetboek der Registratierechten.

Peter VAN MELKEBEKE
Geassocieerd Notaris

Bijlagen bij het Belgisch Staatsblad - 11/01/2012 - Annexes du Moniteur belge

In de bijlagen bij het Belgisch Staatsblad bekend te maken kopie na neerlegging ter griffie van de akte

Voor-behouden aan het Belgisch Staatsblad

12028695

Nedergelegd ter griffie van de rechtbank van koophandel Brugge – afdeling te Oostende op 19 JAN. 2012
Griffie De griffier

Ondernemingsnr : 0842.251.889

Benaming (voluit) : **RENTEL**

(verkort) :

Rechtsvorm : naamloze vennootschap

Zetel : Slijkense Steenweg 2
8400 OOSTENDE

Onderwerp akte : **RECTIFICATIEVE AKTE**

Er blijkt uit een akte verleden op twaalf januari tweeduizend en twaalf, voor Meester **Alexis LEMMERLING**, Geassocieerd Notaris, vennoot van "Berquin Notarissen", burgerlijke vennootschap met handelsvorm van een coöperatieve vennootschap met beperkte aansprakelijkheid, met zetel te 1000 Brussel, Lloyd Georgelaan, 11 en ondernemingsnummer 0474.073.840 (RPR Brussel),

dat ondergetekende notaris Alexis Lemmerling verklaard en bevestigd heeft dat de akte verleden voor zijn ambt, in datum van zestien december tweeduizend en elf, dragende volgende registratierelaas:

"Geregistreerd dertien bladen twee renvooien op het 3de Registratiekantoor van Elsene op 26 december 2011. Boek 64 blad 59 vak 13. Ontvangen vijfentwintig euro (25,00 EUR) (getekend) MARCHAL D."

Houdende de oprichting van de naamloze vennootschap **"RENTEL"**, met maatschappelijke zetel te 8400 Oostende, Slijkense Steenweg 2,

volgende materiële vergissing bevat met betrekking tot de benoeming van de vaste vertegenwoordiger van een bestuurder van de vennootschap,

Meer in het bijzonder dient in de akte, de paragraaf betreffende de benoeming van de volgende bestuurder die luidt:

*"de naamloze vennootschap **"Nutsbedrijven Houdstermaatschappij"**, met maatschappelijke zetel te 3500 Hasselt, Trichterheideweg 8, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0472.325.068, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de vennootschap onder firma "Geebelen J", met maatschappelijke zetel te 3960 Bree, Luytenstraat 3, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 472.914.986, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Jo Beelen, wonende te 3960 Bree, Luytenstraat 3 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 44.08.06-263.52)"*

als volgt gelezen te worden:

"de naamloze vennootschap **"Nutsbedrijven Houdstermaatschappij"**, met maatschappelijke zetel te 3500 Hasselt, Trichterheideweg 8, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 0472.325.068, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de vennootschap onder firma "Geebelen J", met maatschappelijke zetel te 3960 Bree, Luytenstraat 3, ingeschreven in het rechtspersonenregister onder nummer: 472.914.986, die als vaste vertegenwoordiger aanduidt: de heer Jo Geebelen, wonende te 3960 Bree, Luytenstraat 3 (ingeschreven in het rijksregister onder nummer: 44.08.06-263.52).

VOOR GELIJKVORMIG ANALYTISCH UITTREKSEL.

(Tegelijk met dit uittreksel werden neergelegd : een uitgifte van de akte).

Dit uittreksel werd afgeleverd vóór registratie bij toepassing van artikel 173,1° bis van het Wetboek der Registratierechten.

Alexis LEMMERLING
Geassocieerd Notaris

Bijlagen bij het Belgisch Staatsblad - 01/02/2012 - Annexes du Moniteur belge

II.3. Afwezigheid van een toestand van faillissement, van vereffening, van gerechtelijk akkoord of lopende procedure (art. 2, 3° en 4°)

II.3.1. Attest Rechtbank van Koophandel

In bijlage gaat een attest van niet faillissement voor de vennootschap zoals afgeleverd door de Rechtbank van Koophandel te Brugge, dienst rechtspersonenregister, Kazernevest 3, 8000 Brugge.

GETUIGSCHRIFT

De ondergetekende , Griffier van de
RECHTBANK VAN KOOPHANDEL TE BRUGGE AFDELING OOSTENDE ,
verklaart en bevestigt hierbij dat :

NV
Rentel
Slijkensesteenweg 2
8400 Oostende

gekend onder het ondernemingsnummer : 0842.251.889 door de
RECHTBANK VAN KOOPHANDEL BRUGGE , AFDELING OOSTENDE
niet failliet werd verklaard noch een procedure voorzien in de wet van 31 januari 2009
betreffende de continuïteit van de ondernemingen.

RECHTBANK VAN KOOPHANDEL TE BRUGGE - AFDELING OOSTENDE

Oostende , 22 MAART 2012
De Griffier ,

H. CROMBEZ

Nr. Rep . : 2012.00119

Nr. R . U. & O . : 294

Opstelrecht : 30 euro

II.3.2. Verklaring op eer m.b.t. de afwezigheid van faillissement

Zie bijgevoegde verklaring hierna ondertekend namens de vennootschap.

RENTEL NV

datum	ons kenmerk	uw kenmerk	cc
21/03/2012	REN12-S001		

Betreft: **Verklaring op eer m.b.t. de afwezigheid van faillissement**

Geachte,

De NV RENTEL met maatschappelijke zetel Slijkensesteenweg 2, 8400 Oostende met ondernemingsnummer 0842.251.889 RPR Oostende verklaart hierbij dat de NV RENTEL niet het voorwerp is of is geweest van een faillissement zonder eerherstel, van vereffening of van elke situatie die het resultaat is van een procedure die van kracht is in een nationale wetgeving of reglementering, noch dat er op datum van deze verklaring een procedure loopt die tot dit resultaat kan leiden.

Opgemaakt te Oostende op 21 maart 2012.

Namens NV RENTEL

Olivier Vanderijst
Namens Sparaxis SA
voorzitter van de raad van bestuur RENTEL NV

Alain Bernard
Bestuurder RENTEL NV

II.3.3. Verklaring op eer m.b.t. de afwezigheid van gerechtelijk akkoord

Zie bijgevoegde verklaring hierna namens de vennootschap.

RENTEL NV

datum	ons kenmerk	uw kenmerk	cc
21/03/2012	REN12-S002		

Betreft: **Verklaring op eer m.b.t. de afwezigheid van gerechtelijk akkoord**

Geachte Heer,
Geachte Mevrouw,

De NV RENTEL met maatschappelijke zetel Slijkense steenweg 2, 8400 Oostende met ondernemingsnummer 0842.251.889 RPR Oostende verklaart hierbij dat de NV RENTEL niet het voorwerp is of is geweest van een gerechtelijk akkoord of elke analoge situatie die het resultaat is van een procedure van diezelfde aard, die van kracht is in een nationale wetgeving of reglementering.

Opgemaakt te Oostende op 21 maart 2012.

Namens NV RENTEL

Olivier Vanderijst
Namens Sparaxis SA
voorzitter van de raad van bestuur RENTEL NV

Alain Bernard
Bestuurder RENTEL NV

Headquarters
Slijkense Steenweg 2 - 8400 Oostende - Belgium - Tel: 03/250.55.51 - Fax: 03/250.55.52 - administration@otary.be
Bank Details
Dexia Bank - IBAN BE83-0688-9413-5115 - BIC GKCCBE8B - VAT: BE 842.251.889

II.4. Afwezigheid van veroordelingen (art. 2, 5°)

II.4.1. Uittreksel bevestiging blanco strafregister vennootschap RENTEL NV

Zie bijgevoegd uitreksel voor RENTEL NV uit het strafregister van rechtspersonen afgeleverd door het Centraal Strafregister op datum van 9 maart 2012.

ONTVANGEN 14 MAART 2012

Federale Overheidsdienst
Justitie

Directoraat generaal - Rechterlijke Organisatie
Centraal strafregister

Waterloolaan 115
1000 Brussel
Tel . 02 / 542 65 11
Fax 02 / 542 70 39
info@just.fgov.be

Datum : 9/03/2012
Onze Ref : ROJ. 32/T.R./64192

Contact : Tel. : 02 / 552 27 30
Fax : 02 / 552 27 82
Email : cjc-csr@just.fgov.be

UITTREKSEL UIT HET STRAFREGISTER

Betreffende : Rentel nv

Voorheen :

Ondernemingsnummer / BTW : 0842-251-889

REDEN VAN DE AANVRAAG : Concessie overdracht

BLANCO STRAFREGISTER
op datum van : 9/03/2012

VOOR HET HOOFD VAN HET CENTRAAL STRAFREGISTER,

Tim Rotty

ROTTY Tim
Casier Judiciaire Central
Centraal Strafregister

II.4.2. Getuigschriften van goed gedrag en zeden van de bestuurders

Zie de bijgevoegde getuigschriften voor de bestuurders/volmachthouders van RENTEL NV, ondertekenaars van dit document:

- Olivier Vanderijst, namens Sparaxis SA, voorzitter van de raad van bestuur RENTEL NV
- Alain Bernard, Bestuurder RENTEL NV

1C

	Royaume de Belgique **Région de Bruxelles-Capitale** **Commune de Schaerbeek** Place Colignon – 1030 Schaerbeek	Tél. : 02 / 244.75.11

EXTRAIT DE CASIER JUDICIAIRE
Modèle 1

demandé pour accéder à une activité qui ne relève pas de l'éducation, de la guidance psycho-médico-sociale, de l'aide à la jeunesse, de la protection infantile, de l'animation ou de l'encadrement de mineurs.

Monsieur Vanderijst, Olivier Marie Fernand William
né à Louvain le 21.10.1960 ()
détenteur de la carte d identité n° 591-5034899-22
exerçant la profession de Directeur(trice)
de nationalité belge
habitant la commune de Schaerbeek depuis le 06.10.1986, Avenue Paul Deschanel, 19 depuis le 03.10.2006.

Déclaration quant à l'activité : Adjudications publiques

	Nature du délit	Peine	Tribunal ou Cour	Date jug.ou arrêt
Condamnations criminelles				
Condamnations correctionnelles				
Condamnations de police				
Mesures de mise à la disposition du gouvernement prises à son égard en vertu du chapitre VII de la loi du 01/07/1964 de défense sociale à l'égard des anormaux, des délinquants d'habitude et des auteurs de certains délits sexuels	NÉANT AU CASIER			
Déchéance de droits civils et politiques en cours				

Délivré à Schaerbeek le 19 mars 2012.

Pour le Bourgmestre,
Le fonctionnaire délégué (art. 126 n.l.c)

M. VANDERMERGEL

Remarque : Il existe un autre document (modèle 2) lorsque l'extrait est demandé en vue d'accéder à une activité qui relève de l'éducation, de la guidance psycho-médico-sociale, de l'aide à la jeunesse, de la protection infantile, de l'animation ou de l'encadrement de mineurs.

ADMon COMMUNALE DE SCHAERBEEK Bruxelles-Capitale

SCHAARBEEK
7.00 EUR
SCHAERBEEK

Provincie Oost-Vlaanderen
Stad Sint-Niklaas

MODEL 1 (in toepassing van art. 595 Sv)

Uittreksel uit het strafregister gevraagd om een activiteit uit te oefenen die NIET onder opvoeding, psycho-medisch sociale begeleiding, hulpverlening aan de jeugd, kinderbescherming, animatie of begeleiding van minderjarigen valt.

Naam	: Bernard
Voornamen	: Alain
Geslacht	: M
Geboortedatum	: 29-12-1955
Geboorteplaats	: Manono (Belgisch Kongo)
Identiteitskaart	: 590-7532661-55
Beroep	: Burgerlijk ingenieur
Nationaliteit	: België
Adres	: Bosstraat, 28
Verblijfplaats	: 9111 Sint-Niklaas (sedert 23-11-1999)

Verklaring betreffende de activiteit (1) : WINDPARK CONCESSIE

OPMERKINGEN: **Geen veroordelingen of maatregelen**

---

afgeleverd te Sint-Niklaas op 09-03-2012

De gemachtigde beambte
(handtekening en naam)

Marina Heirman

OPMERKING
Er bestaat een ander document (Model 596.2) wanneer het uittreksel gevraagd wordt teneinde toegang te krijgen tot een activiteit die onder opvoeding, psycho-medisch sociale begeleiding, hulpverlening aan de jeugd, kinderbescherming, animatie of begeleiding van minderjarigen valt.

Het uittreksel uit het strafregister wordt afgeleverd op grond van rechten, zoals bepaald in artikel 10 van de wet van 8 december 1992 tot bescherming van de persoonlijke levenssfeer ten opzichte van de verwerking van persoonsgegevens.
Op grond van het arrest van 26 januari 2009 van de Raad van State mag geweigerd worden om het uittreksel aan derden over te maken.

---

(1) Hier wordt de verklaring van de aanvrager omtrent de soort uit te oefenen activiteit vermeld.

EINDE UITTREKSEL STRAFREGISTER

II.5. Financiële en economische draagkracht van de aanvrager (art. 2 juncto art 4, §2, 9°)

II.5.1. Jaarrekeningen (art. 2 juncto art 4, §2, 9° a)

Gezien de recente oprichting zijn er nog geen jaarrekeningen van NV RENTEL beschikbaar.

II.5.2. Voorziene balansen en resultatenrekeningen van de N.V. RENTEL voor de volgende 5 jaar (art. 2 juncto art 4, §2, 9° b)

Basisopzet

Er wordt op dit moment constructief samengewerkt met Elia om de optie voor een 'stopcontact op zee' te ondersteunen, evenals de ontwikkeling van Rentel NV af te stemmen op de realisatie van het 'Stevin project'. Gezien op heden nog geen finale duidelijkheid bestaat over de detailuitwerking en timing blijven de intiële uitgangspunten van de concessie-toekenning van toepassing. Deze zullen evenwel worden aangepast in functie van de besluiten inzake het dossier 'stopcontact op zee' en andere (legale en technologische) ontwikkelingen.

Voor de balansen en resultatenrekeningen wordt uitgegaan van een conservatief businessplan, zoals hieronder toegelicht. De gehanteerde parameters blijven tot nader order onveranderd van toepassing:

1. Het geïnstalleerd vermogen voor het beoogde windenergiepark bedraagt 288 MW. Op basis van de conservatieve benadering van de productieberekening van het studiebureau 3E werd de netto jaaropbrengst op 926 GWh begroot.

2. De globale investeringskosten (CAPEX) worden geraamd op € 1.027 miljoen. Deze investeringskosten zijn gebaseerd op anno 2010 gekende prijzen in de markt en aannames. Deze kostenaanname is tot stand gekomen na gesprekken met verschillende leveranciers van de verschillende componenten en investeringsgegevens van offshore windenergieprojecten die momenteel in aanbouw zijn.

3. Voor het kabel tracé is aangenomen dat aangeland wordt in een nieuw te bouwen 380 kV station aan de westkant van Zeebrugge ter hoogte van de transportzone.

4. In de berekeningen is uitgegaan van twee 150 kV verbindingen met het windenergiepark op zee. In het windenergiepark staan twee transformatorplatforms. Op land zal een 150/380 kV transformator worden geplaatst die wordt aangesloten op het openbare elektriciteitsnet.

5. Er wordt in dit model rekening gehouden met een lineaire afschrijvingskost met een afschrijvingsduur van 15 jaar.

6. In de berekeningen is uitgegaan van een bouwtijd op zee verspreid over twee jaar. Het is voorzien dat de helft van het windenergiepark in 2014/2015 operationeel wordt en de andere helft in 2015/2016. In het financieel model is dan ook rekening gehouden met een analoge inkomst aan energieproductie en een analoge uitgave van de investeringen.

7. In de financiële modellering is aangenomen dat de ratio Eigen Vermogen/Vreemd Vermogen (EV/VV) 30/70 zal zijn.

8. In de berekening van de mogelijke subsidies is enkel rekening gehouden met de subsidie van het kabeltracé van € 25 miljoen (gespreid over 5 jaar), zoals voorzien in de beslissing van de Ministerraad betreffende de goedkeuring van een voorontwerp van Wet, tot wijziging van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt ter uitvoering van de Ministerraad van Gembloux. Tevens werd rekening gehouden met een investeringsaftrek van 13 % op 80 % van de totale investering. De investeringsaftrek werd ingevoerd bij KB nr. 48 van 22 juni 1982 en werd sindsdien herhaalde keren gewijzigd. Hij vindt zijn wettelijke grondslag in art. 68 tot 77 WIB (92).

9. In de berekening is rekening gehouden met een financiering over 15 jaar via schulden op lange termijn met een geraamde interestvoet van 6,0 %. Eventuele tijdelijke tekorten bij de opstart worden gefinancierd met tijdelijke bankschulden en/of voorschotten van één of meerdere partijen. Ook hier werd een conservatieve benadering genomen daar de huidige marktrente rond de 5 % schommelt. Aangenomen wordt dat de materiële activa worden afgeschreven op een periode van 15 jaar en samen € 976 miljoen bedragen.

10. Ook voor de berekening van de bouwrente (voorfinanciering tijdens de bouwfase) werd met een dergelijke hoge rentevoet rekening gehouden. Deze bouwrente bedraagt ruim € 58 miljoen en wordt net als de andere immateriële activa (zoals de ontwikkelingskost en de bankcommissies) op 3 jaar afgeschreven. De bouwrente en de immateriële activa bedragen samen ruim € 76,5 miljoen.

11. De opbrengsten worden begroot op € 50/MWh voor de grijze stroom en op € 107 /MWh voor het groene stroomcertificaat voor de eerste 216 MW en € 90 /MWh voor de overige 72 MW. Dit resulteert in een gemiddelde prijs van € 102,75/MWh. Deze tarieven worden niet geïndexeerd.

12. De langetermijn verwachting en de ervaring met andere groenstroom projecten voor baseload energie liggen eerder in de grootteorde van ENDEX waarde met een afslag van 8 €/MWh. De huidige ENDEX staat op 57 €/MWh en Calls op de Duitse markt voor 2016. staan op 58 €/MWh. De gehanteerde € 50 /MWh is dus een reele waarde. De 107 €/MWh respectievelijk € 90 €/MWh is de minimumprijs die is vastgelegd bij KB.

13. De onderhouds- en werkingskost (inclusief verzekeringen) wordt berekend aan de hand van marktgegevens en aanbiedingen van leveranciers. Deze wordt geschat op € 69.500 per geïnstalleerde MW van de initiële investeringskost per jaar. Deze kosten lopen op naar € 86.000 per MW na de garantieperiode. Bovendien wordt rekening gehouden met een jaarlijkse inflatiekost van 3%.

14. De totale provisie voor ontmanteling wordt begroot op € 68 miljoen.

15. Er wordt gerekend met een belastingsvoet van 33 %.

16. Er wordt in de berekening geen winst na belastingen uitgekeerd aan de aandeelhouders.

17. Er werd in het businessplan geen rekening gehouden met mogelijke synergie effecten ten aanzien van het gezamenlijk uitvoeren van werken of gezamenlijk delen van infrastructuur met andere initiatiefnemers die gelijktijdig aan het RENTEL project offshore windparken op het Belgisch Contintaal Plat (BCP) realiseren. De NV RENTEL

staat er zeker voor open dat, indien de opportuniteit zich voordoet, samenwerking zal worden gezocht teneinde kosten te besparen, efficiëntie te verhogen en mogelijke overlast van de werken te minimaliseren.

Bespreking

1. Resultatenrekening: Met de huidige benadering laten de eerste 4 jaar een verlies zien dat in jaar vijf wordt omgebogen naar een gezond bedrijfsresultaat. Vanaf jaar vijf blijft over de hele periode het resultaat na belastingen positief.

2. Activa: Over de hele periode blijven de liquide middelen positief

3. Passiva: het vreemd vermogen wordt terugbetaald binnen de voorziene termijn van 15 jaar.

4. Er worden voldoende liquiditeiten opgebouwd gedurende de looptijd van het project om eventuele onverwachte meerkosten op te vangen.

5. Voor alle aannames is uitgegaan van een conservatieve benadering. Deze dient dan ook als “worst case” beschouwd te worden.

Besluit

1. Op basis van conservatieve premissen komt het project financieel niet in de problemen.

2. Door optimalisatie van de energetische opbrengst (verhoging van het rendement van toekomstige turbines), vermindering van de investerings - en exploitatiekost (door een goede engineering en aanbestedingsprocedure, en te realiseren schaalvoordelen), maximalisatie van de opbrengst (door valorisatie van de grijze en groene kWh-tarief) en minimalisatie van de intrestvoet van het vreemd vermogen, kan het rendement van dit project mogelijk nog worden verhoogd.

3. De conservatieve benadering leert dat het project op een stevige financiële basis kan rekenen.

Er wordt verwezen naar de balans en resultatenrekening zoals die werd ingediend bij de concessie-aanvraag.

II.5.3 Interne en externe bronnen van financiering op vijf jaar (art. 2 juncto art 4, §2, 9° c)

II.5.3.1 Interne en externe bronnen van financiering

Uit gesprekken met financiële instellingen en ervaringen van de aandeelhouders van NV RENTEL in eerder afgesloten financieringen voor Offshore windparken blijkt dat de financiering van dergelijke projecten aanvaardbaar gefinancierd worden met een verhouding van 30%-70%. Hoewel de precieze voorwaarden hiervan op dit moment nog niet vastliggen, wordt er dan ook van uitgegaan dat het nieuwe windenergiepark zal gerealiseerd worden met een eigen vermogen van ongeveer 30% in verhouding tot de totale investeringskosten. De recente financiering van de offshore windprojecten voor de Belgische kust, met onder andere fase 2 van C-power, bevestigen deze assumpties.

Het eigen vermogen wordt door de aandeelhouders van RENTEL NV voorzien. Hoewel de partners nu zeker de wens hebben om enige aandeelhouders te blijven, kunnen op termijn eventueel andere bedrijven overwogen worden die een zelfde visie delen in groene energie.

Deze interne financieringsbronnen zijn voldoende om de volledige projectontwikkeling te financieren. Om de noodzakelijke deelbetalingen van de componenten te financieren is een combinatie van interne en externe financieringsbronnen vereist.

Voor de externe financiering zal een beroep worden gedaan op de kapitaalsmarkt. In eerste instantie komen hiervoor bankleningen in aanmerking. Met de recente ontwikkeling van groene fondsen e.d. wordt de mogelijkheid zeker overwogen om eventuele specifieke financiële instrumenten te ontwikkelen samen met de financiële instellingen om de hele financieringsmarkt en het individueel spaarvermogen te betrekken. Door een betrokkenheid bij het project via financiering van het vreemd vermogen te kunnen realiseren kan het maatschappelijk draagvlak voor de offshore windenergie eveneens vergroot worden.

II.5.3.2 Aanwending van de financiering voor de eerste vijf jaar

De aanwending van het volledige financieringsbedrag wordt als volgt gebudgetteerd:

Jaar	Percentage
2011	1%
2012	3%
2013	20%
2014/15	35%
2015/16	41%
Totaal	100 %

Voor de jaren 2011/2012 wordt vooral geïnvesteerd in:

- Ontwerp van het park;
- Opmaak milieueffectenrapport (MER);
- Opstelling van vergunningsaanvraagdossiers;
- Bepaling van de lokale golfslag- en stromingsparameters;
- Gedetailleerde bepaling van het windklimaat;
- Inschakelen certificeringsbureau en specialistische consultants;
- Start voorbereidende onderzoeken;
- Technische detailstudies van:

- Funderingen;
- Windturbines;
- Elektrische infrastructuur.

In 2012 wordt geïnvesteerd in:

- Doorlopen van de vergunningprocedure;
- Voorbereidende onderzoeken afronden;
- Uitvoering geotechnische en geofysische onderzoeken op zee;
- Opstellen, en uitsturen van lastenboeken.

In 2013 wordt vooral geïnvesteerd in:

- Financiering;
- Contractor selectie;
- Aanbesteding;
- Detail engineering.

In 2014 wordt voornamelijk gewerkt aan:

- Afronden detailengineering;
- Produceren van de funderingen;
- Produceren van de windturbines;
- Produceren van de kabels;
- Produceren van transformatorplatforms.

In 2014/2015 is de realisatie van de eerste fase (windturbines en een transformatorplatform) van het windenergiepark op zee voorzien. In 2015/2016 is de tweede en laatste fase (windturbines en een transformatorplatform) voorzien.

II.5.3.3 Conclusie

Uit het voorafgaande kan geconcludeerd worden dat de NV RENTEL over de nodige financiële draagkracht en stabiliteit beschikt dankzij solide en financieel gezonde aandeelhouders.

De nodige financiële middelen staan ter beschikking voor de fase van het verkrijgen van de noodzakelijke vergunningen en de verdere projectontwikkeling. Door de flexibiliteit in financiering en de draagkracht van de aandeelhouders kunnen de nodige financiële middelen vrijgemaakt worden en aangepast aan de noden van de situatie.

Het business plan en bijhorend financieel model werd opgesteld vanuit een conservatief oogpunt met voldoende veiligheden en reserves om flexibel te kunnen inspelen op veranderende randvoorwaarden.

II.6 Burgerlijke aansprakelijkheid (art. 2,7°)

Zoals blijkt uit het dossier domeinconcessie, dat is toegekend aan de THV RENTEL bij ministerieel besluit van 9 juni 2009, zal ook NV RENTEL verzekerd worden voor het risico van burgerlijke aansprakelijkheid. De specifieke risico's verboden met de offshore activiteiten zullen gedekt worden ofwel via een bijvoegsel van de bestaande BA polissen ofwel door een af te sluiten project specifieke polis bij een toonaangevend gespecialiseerde verzekeringsmaatschappij ofwel via een combinatie van beiden. Het project RENTEL zit nog in de (pre) vergunningsfase waardoor het op dit moment nog niet opportuun is een verbintenis aan te gaan met een bepaalde verzekeringsmaatschappij. Wel zal NV RENTEL zich committeren een dergelijke verzekering af te sluiten, zoals weergegeven in verklaring bijgevoegd in de bijlage.

RENTEL NV

datum	ons kenmerk	uw kenmerk	cc
21/03/2012	REN12-S003		

Betreft: **Verklaring onder ede m.b.t. garantie Burgerlijke Aansprakelijkheid**

Geachte,

De NV RENTEL met Maatschappelijke zetel te Slijkense Steenweg 2, 8400 Oostende met ondernemingsnummer 0842.251.889 RPR Oostende verklaart hierbij voldoende waarborgen voor de dekking van het risico van Burgerlijke Aansprakelijkheid met betrekking tot de installatie(zowel tijdens de bouw- als tijdens de exploitatiefase), volgens de criteria die in het algemeen door de verzekeringsmaatschappijen worden toegepast, te voorzien.

Vanzelfsprekend zal hierbij rekening worden gehouden met de specifieke risico's verbonden aan de offshore activiteiten.

Opgemaakt te Oostende op 21 maart 2012.

Namens NV RENTEL

Olivier Vanderijst
Namens Sparaxis SA
voorzitter van de raad van bestuur RENTEL NV

Alain Bernard
Bestuurder RENTEL NV

II.7. Technische bekwaamheden

II.7.1 Inleiding

Bij het ontwerp, bouw en uitbating van een offshore windenergiepark dienen de ervaringen en verwezenlijkingen uit de onshore windenergie en de distributie van elektriciteit in de offshore technologie te worden geïntegreerd. Meer en meer echter groeien de rechtstreekse ervaringen in het ontwerp, de aanleg en uitbating van offshore windenergieparken. Kijken we maar naar de recente ontwikkelingen van het C-Power en Belwind project dat momenteel reeds de eerste windturbines operationeel heeft.

Via de NV RENTEL worden deze vereiste en beschikbare ervaringen gecombineerd. RENTEL kan als het ware intern beroep doen op de ruime ervaring in de onderscheiden vakgebieden noodzakelijk voor het succesvol ontwikkelen van een offshore windturbinepark. RENTEL NV heeft dankzij haar aandeelhouders een expertise netwerk ter beschikking van mensen en middelen met ruime praktijkervaring. We verwijzen graag naar de bedrijfsinformatie die is bijgevoegd als bijlage alsmede naar de websites van de respectievelijke partners.

De betrokken partners in de NV RENTEL project zijn:

- **Rent-A-Port Energy** is een investeringsvennootschap die ruime technische kennis in mariene bouwwerken combineert met de technische en financiële slagkracht van zijn aandeelhouders om mariene en energie projecten te ontwikkelen. Rent-A-Port Energy werd speciaal opgericht eind 2010 door Marc Stordiau - gewezen CEO van DEME - en Marcel van Bouwel – gewezen bestuurder van DEME samen met de aandeelhouders Ackermans & van Haaren en CFE voor het samenbrengen en ontwikkelen van investeringen in energie projecten (als “co- investeringsvehikel”).

- **CFE** is de grootste Belgische beursgenoteerde bouwonderneming en AvH is de beursgenoteerde financiële holding met participaties in verscheidene sectoren. Graag onderstrepen we, naast het feit dat CFE betrokken was bij de bouw van de betonnen structuren van de eerste windturbines van het C-Power project, dat CFE en AvH ook samen de aandelen van de DEME groep in handen hebben.

- **Electrawinds Offshore** is een volle dochteronderneming van Electrawinds NV waarin de offshore activiteiten van Electrawind zijn geconcentreerd. Electrawinds is een grote speler op de Belgische markt van hernieuwbare energie met als belangrijkste doelstellingen de productie, de verkoop en de promotie van hernieuwbare energie. Onderzoek naar en ontwikkeling van nieuwe technieken behoort eveneens tot de activiteiten van Electrawinds. Op het terrein van de windenergie is het bedrijf zowel on-shore als offshore actief, in Binnen- en Buitenland. De meerderheid van de aandelen van Electrawinds zijn in de handen van de familie Desender, o.a. GIMV, DG Infra+, Gemeentelijke Holding, PMV en Dexia Bank hebben een minderheidbelang in Electrawinds. Electrawinds verzorgt voor haar projecten de hele keten, van conceptie tot ontmanteling. Met haar eigen ontwikkelingsafdeling worden projecten van idee tot volledig vergund opgeleverd aan de afdeling Engineering en Construction die vervolgens de nodige contracten sluiten en instaan voor de realisatie van de projecten. Na een gedegen proefbedrijf en testen van de installaties gaan ze over naar de afdeling operations van Electrawinds. Deze afdeling staat in voor de exploitatie van de installaties en het juiste beheer van de projecten. Electrawinds heeft momenteel 240 mensen in dienst, waaronder experts op alle vlakken in de keten.

- **DEME** is markt leider in het installeren van grote offshore windturbines en ondersteuningsconstructies. DEME heeft de focus op innovatie en de ontwikkeling van nieuwe technologieën en toepassingen. DEME was een van de initiators voor het eerste Belgische Offshore project (C-power) waarin ze nog steeds aandeelhouder zijn. De grootste aandeelhouders van DEME , Ackermans & van Haaren and CFE, zijn beiden beursgenoteerde ondernemingen in Belgie.

- **Aspiravi Offshore** is een 100% dochter van ASPIRAVI Holding NV waarin alle Offshore activiteiten zijn gebundeld. Aspiravi ontwikkelt, investeert, bouwt en exploiteert hernieuwbare energie projecten in Belgie. Dit zijn voornamelijk on en offshore windprojecten, biogas motoren en biomassa centrales. De aandeelhouders van Aspiravi Holding zijn 4 intercommunales die 95 Belgische gemeenten vertegenwoordigen. Deze aandeelhouders geven de financiële zekerheid voor Aspiravi voor het realiseren van haar doelen

Z-kracht is een dochtervennootschap van NUHMA, met de hoofdzakelijke focus op offshore wind energie. NUHMA vertegenwoordigt 44 Limburgse gemeenten met als doel het investeren in duurzame energie projecten. Zo is Nuhma 45% aandeelhouder in Aspiravi en is met 21% de grootste aandeelhouder in het C-power project , het eerste offshore windpark voor de Belgische kust.

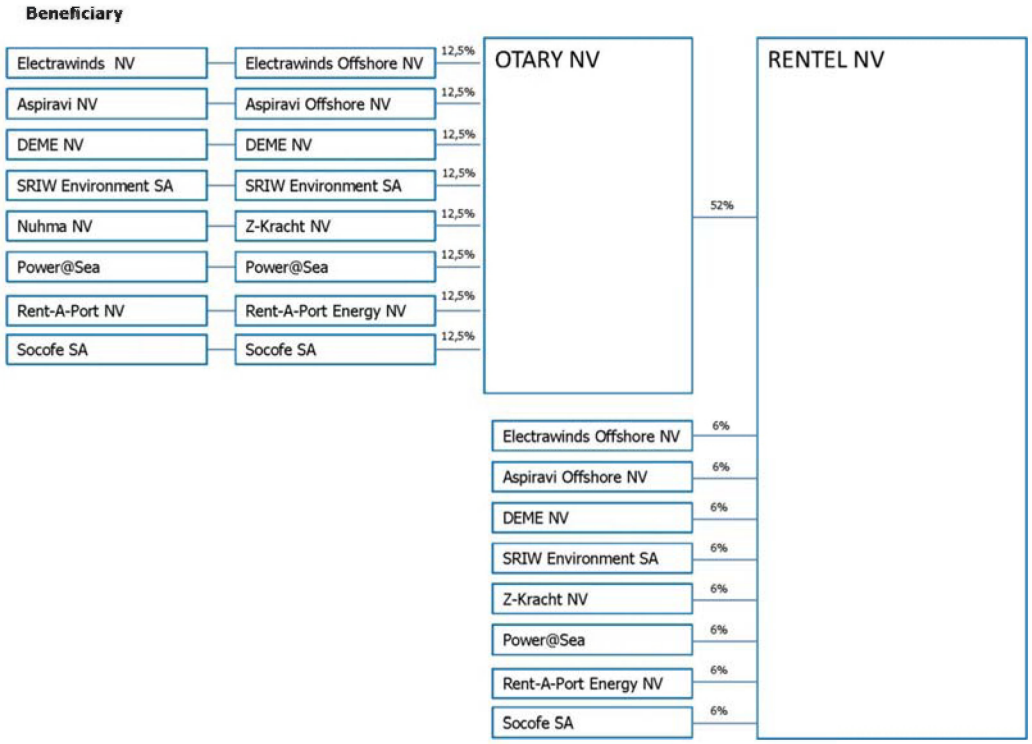
SRIW Environment is eigendom **v**an de SRIW Group, een Belgische Holding met als doel het financieel participeren in bedrijven die in Belgie en het Buitenland actief zijn met het promoten van de economische ontwikkeling van Wallonie. SRIWE is met name gericht op participaties in bedrijven die zich in de duurzame energie sector bewegen

- **Power@sea** is een Belgische onderneming die grote offshore windparken ontwikkelt en tevens aandeelhouder in het C-power project is.

- **Socofe** behartigt de belangen van de waalse intercommunales en gemeenten en investeert onder andere ook in duurzame energie projecten, via Power@sea, SRIW en C-power Hold co is het een belangrijke aandeelhouder in het C-power project.

- **Otary** is een holding firma samengesteld uit voorgaande 8 partners en heeft de intentie om de nodige kennis en financiering te bundelen voor de ontwikkeling van offshore windparken.

In de figuur hieronder geven we een visuele voorstelling van de organisatie en slagkracht van de NV RENTEL via de met haar verbonden ondernemingen.



Hieronder wordt per bedrijf het bedrijfsprofiel geschetst en de lijst weergegeven van werkzaamheden waaraan in de loop van de laatste jaren werd deelgenomen en die relevant zijn voor de realisatie van het RENTEL project.
Tevens worden ook per bedrijf een referentielijst van de belangrijkste kaderleden opgegeven.
Tot slot worden nog enkele tuigen die reeds hun efficiëntie hebben bewezen bij het bouwen van windenergieparken opgelijst.

4.8.1 Bedrijfsprofielen

4.8.1.1 Rent-A-Port Energy www.rentaport.be

Rent-A-Port Energy combineert financiële slagkracht en 'project financing' met doorgedreven kennis in maritieme civiele bouwkunde. Een voorbeeld hiervan is Dinh Vu Industrial Zone, waar Rent-A-Port/IPEM in een Joint Venture met Vietnamese partners in Haiphong (Vietnam) een industriële zone van 1200ha ontwikkelt op laaggelegen gronden, die gewonnen worden op het water.

Rent-A-Port energy werd gecreëerd met de bestaande aandeelhouders van het zusterberijf Rent-A-Port, nml. CFE en Ackermans & van Haaren, en fungeert als een investeringsvehicle van deze aandeelhouders voor energie projecten.

4.8.1.2 DEME www.deme.be

Zoals boven aangetoond is de relevante ervaring inzake de ontwikkeling, bouw en uitbating van offshore windenergieparken aanwezig bij DEME. De aanwezigheid van maritieme civiele bouwkunde is een van de sleutelelementen om de offshore windenergieprojecten tot een goed einde te kunnen brengen.

De Vlaamse baggergroep en waterbouwspecialist DEME NV heeft een prominente plaats veroverd op de wereldmarkt in een hooggespecialiseerde en complexe discipline. Het bedrijf heeft een sterk innovatief karakter en is doorheen zijn rijke geschiedenis steeds weer een trendsetter en voorloper op het vlak van technologische vernieuwing geweest voor de wereldbaggerindustrie en waterbouw. De Groep kan terugkijken op bijna 150 jaar uitbouw van haar kernactiviteit bagger- en opspuitingswerken maar ook in grootschalige waterbouwprojecten. Op dit moment heeft DEME een permanent personeelsbestand van 3.000 mensen.

De hoofdaandeelhouders van de Groep zijn de Antwerpse industriële holdingmaatschappij Ackermans & van Haaren en de aannemingsmaatschappij CFE uit Brussel.

Ter ondersteuning van de activiteiten en om aan de klanten totaaloplossingen te kunnen aanbieden voor hun projecten betreffende haven- en waterwegenuitbouw en grootschalige landaanwinning heeft de groep tijdens de voorbije 20 jaar haar activiteiten gediversifieerd. Binnen de core business werd een offshoretak uitgebouwd met als voornaamste specialisaties het baggeren en navullen van sleuven voor de aanleg van olie- en gaspijpleidingen, het bouwen van aanlandingsstructuren voor diezelfde leidingen, het beschermen en stabiliseren van olie- en gasleidingen door accurate steenbestorting tot op zeer grote dieptes (1000 m). Naast de baggeractiviteiten heeft DEME een expertise opgebouwd in horizontale en verticale boortechnieken, het bouwen van vaste structuren nabij de kust of offshore, zoals radarstations, weerstations en windenergieparken, het beschermen van dijken en rivier- en zeebeddingen met bitumentoepassingen van hoge kwaliteit, het opruimen van wrakken, het verplaatsen van droge aarde en heel wat andere activiteiten.

Na de vele buitenlandse ervaringen, is de maritieme expertise en offshore kennis van DEME nu ook aangewend in België bij de bouw van het windenergiepark op zee op de Thorntonbank. Bouwheer C-Power rekent hiervoor op de kennis en ervaring van DEME die met haar dochterondernemingen voor dit project een totaaloplossing aanreikt: grondonderzoek, bodemverbetering, bouwen en plaatsen van de funderingen, plaatsen van wachtbuis voor de hoogspanningskabel, baggeren van de sleuf voor de hoogspanningskabel, transport en installatie van de windturbines.

Materieel

De baggervloot van DEME bestaat uit 80 grote eenheden én een uitgebreide reeks hulpmateriaal en gespecialiseerd materieel.
In 2008 is DEME een investeringsprogramma gestart dat tot 2012 enkele nieuwe installatie tuigen moet opleveren. Een ervan is de Goliath een groot hefeiland dat in 2010 een week na

oplevering al bezig was met het plaatsen van funderingen voor het Alpha Ventus windpark in Duitsland. Aanvullende bedrijfsinformatie wordt gevoegd in de DEME brochuremap.

Het QA-HSES systeem van DEME

Milieuzorg, kwaliteitsborging , gezondheid, veiligheid en beveiliging vormen de kernwaarden van DEME bij de uitvoering van projecten. De werkmaatschappijen van DEME voeren hun activiteiten dan ook steeds uit conform de wettelijke verplichtingen en volgende normen:

- ISO 9001 voor kwaliteitsborging
- ISO 14001 voor milieuzorg
- VCA voor veiligheid en gezondheid
- OHSAS 18001 voor internationale beroepsgezondheid – en veiligheid
- ISM voor veiligheid op zee en voor mariene milieuzorg
- ISPS voor internationale beroepsgezondheid en

De behaalde certificaten van de werkmaatschappijen zijn te vinden in de DEME brochuremap.

De QA-HSES afdeling van DEME heeft de opdracht om de toepassing en de effectiviteit van het globale zorgsysteem te verifiëren door middel van interne audits en dit op regelmatige tijdstippen.

4.8.1.3 Electrawinds offshore www.electrawinds.be

Electrawinds offshore, dochter van Electrawinds NV is als onafhankelijke speler reeds meerdere jaren succesvol actief in de ontwikkeling van projecten op basis van hernieuwbare energiebronnen. Electrawinds realiseerde reeds de oprichting van 23 wind energie projecten in België, Frankrijk, Italie, Roemenie, en Zuid Afrika, met een totaal geïnstalleerd vermogen van 140,8 MW en realiseert dit jaar nog de oprichting van 14 MW in Belgie en Bulgarije. Daarnaast heeft het nog eens een tiental andere windturbineprojecten op stapel staan in België maar ook in andere landen van de Europese Unie. Electrawinds heeft ook zonneenergie projecten gerealiseerd in Belgie en Italie voor een totaal vermogen van 4,2 MW.

Naast het RENTEL project is Electrawinds ook nog betrokken bij andere offshore wind initiatieven voor de Belgische kust en heeft het een schat aan ervaring opgedaan in het Eldepasco project.

Electrawinds ontwikkelt en bouwt op dit moment windenergie- en biomassaprojecten in Italië en Frankrijk voor circa 200 megawatt. Samen met de biofuel centrales in Oostende (18 MW + 20 MW) en Moeskroen (18 MW) en de solid biomass centrale (18 MW) in Oostende, is Electrawinds op vandaag één van de grootste private producenten van groene elektriciteit in België.

4.8.1.4 Aspiravi Offshore www.aspiravi.be

Aspiravi Offshore is een 100% dochter van Aspiravi. In de Aspiravi Offshore worden de offshore activiteiten van Aspiravi gebundeld.

Aspiravi is ontstaan uit een gezamenlijk initiatief van de aandeelhouders van de Vlaamse zuivere intercommunales Interelectra, IVEG, PBE en WVEM elk met een jarenlange ervaring inzake decentrale productie van energie. Op 30 april 2002 werd Aspiravi officieel opgericht. Wegens de wettelijk verplichte scheiding tussen enerzijds de productie en de levering van energie en anderzijds de distributie en het transport van energie hebben de gemeentes aandeelhouders van de Vlaamse zuivere intercommunales beslist om de holdings NUHMA nv, FINEG nv, CREADIV nv en EFIN nv op de richten. Op die manier kunnen de verschillende gemeentes aandeelhouders actief blijven in de energiesector zowel wat betreft de productie, de distributie als de levering van energie.

De Vlaamse zuivere intercommunales participeren zelf dus niet rechtstreeks in Aspiravi maar wel hun gemeenten, aandeelhouders via hun respectievelijke holdings

Aspiravi investeert in, realiseert en exploiteert projecten voor de productie van hernieuwbare energie. Het gaat hierbij voornamelijk over windenergieprojecten, biomassa-installaties en biogasmotoren. Midden 2010 heeft Aspiravi 56 windturbines in eigen exploitatie + 25% van 7 VLEEMO-windturbines op Antwerpen rechteroever.Het totaal geïnstalleerd vermogen aan windenergie bedraagt 81,6 MW + 25% van 15MW. In 2010 heeft Aspiravi in samenwerking met SPANO NV in Oostrozebeke een 25 MW biomassa centrale gerealiseerd. Tevens heeft Aspiravi enkele biogas motoren in bedrijf en twee kleinschalige waterkracht centrales. Aspiravi is ook 33% aandeelhouder in het Eldepasco offshore wind project en binnen dat project verantwoordelijk voor het Elektrische deel van het Project.

4.8.1.5 Z-kracht www.nuhma.be

Z-kracht is de entiteit waarbinnen Nuhma haar Offshore wind activiteiten heeft gegroepeerd. Dit samen met FINEG nv, CREADIV nv en EFIN nv (zie hoger).

Nuhma werkt namens de Limburgse gemeenten aan duurzaamheid, energie en innovatie via gerichte participaties. Leidraad is de maatschappelijke meerwaarde voor de gemeenschap in het algemeen en Limburg in het bijzonder. Daarnaast ontvangen de gemeenten die lid zijn ieder jaar een dividend.

Nuhma investeert vooral in toepassingen van hernieuwbare energie zoals C-Power, Aspiravi en Bionerga. Nuhma ondersteunt daarbij ook initiatieven rond innovatie zoals Energyville en het Wetenschapspark Limburg. Nuhma werd opgericht in 2001 als de nutsholding van de Limburgse gemeenten.

De gemeenten zijn de aandeelhouders en leveren samen met Nuhma een belangrijke bijdrage aan het CO2-neutraal maken van onze provincie tegen 2020. Vandaag levert Nuhma al meer dan een derde van de Limburgse residentiële energie als groene energie. Nuhma streeft ernaar om tegen 2020 te zorgen dat minstens 50% van de Limburgse residentiële energie groene energie is.

Over de loop der jaren ontwikkelde Nuhma een weldoordachte totaalvisie waarbij investeringen in duurzaamheid, energie en innovatie centraal staan. Via Nuhma participeren de Limburgse gemeenten in activiteiten en projecten die resulteren in een maatschappelijke meerwaarde.

Naast deze investeringen is er ook nog ruimte om de gemeenten jaarlijks een dividend uit te reiken. De 44 gemeenten vormen samen de algemeene vergadering van Nuhma. Een raad van bestuur staat in voor het beheer van de participatieportefeuille. De verschillende projecten van Nuhma zijn schakels in een totaalvisie, die mekaar onderling versterken en die gericht zijn op duurzaamheid, energie en innovatie.

4.8.1.6 Power@sea www.poweratsea.com

4.8.1.7 Socofe www.socofe.be

Socofé behartigd de belangen van de waalse intercommunales en gemeenten en investeert onder andere ook in duurzame energie projecten, via Power@sea, SRIW en C-power Hold co is het een belangrijke aandeelhouder in het C-power project. Het totaal uitstaande kapitaal van Socofe is ruim 114 MEUR

4.8.1.8 SRIWE www.sriw.be

SRIWE is eigendom van de SRIW Group, een Belgische Holding met als doel het financieel participeren in bedrijven die in Belgie en het Buitenland actief zijn met het promoten van de economische ontwikkeling van Wallonie. SRIWE is met name gericht op participaties in bedrijven die zich in de duurzame energie sector bewegen. S.R.I.W. De Société Régionale d'Investissement de Wallonie (S.R.I.W.) en haar filialen, die samen de S.R.I.W. Groep vormen, hebben de opdracht om financieel op **lange termijn** tussen te komen in bedrijven, zowel in België als in het buitenland, om rechtstreeks of onrechtstreeks de economische ontwikkeling van het Waalse gewest te bevorderen. Ze nemen deel aan projecten voor de herontplooiing, de modernisering en de groei van bedrijven. De

financiële middelen die ze in de bedrijven inbrengen, hebben prioritair betrekking op activiteiten die zich bovenaan in de **balans situeren**, in tegenstelling tot de klassieke financieringen op korte termijn die tot het werkgebied van de traditionele bankiers behoren.

De S.R.I.W. Groep wil deze ontwikkeling steunen door hulp te geven bij **activiteiten die een meerwaarde toevoegen** in het Waalse gewest, en tegelijk waken over de rentabiliteit van haar eigen middelen. Om doelbewust deel te hebben aan de ruime en snelle evolutie van de huidige economische wereld, werkt de S.R.I.W. Groep aan de beduidende verruiming van haar contacten op internationaal vlak om, enerzijds, de Waalse bedrijven in hun groei in het buitenland te kunnen begeleiden en, anderzijds, buitenlandse bedrijven te kunnen ontmoeten die overwegen om zich in het Waalse gewest te vestigen.

Bovendien smeedt de S.R.I.W. Groep nauwe banden met professionals in **risicokapitaal** en kan ze, desgevallend, **mede-investeren** met deze professionals.

1. De interventies van de S.R.I.W. Groep kunnen betrekking hebben op **alle sectoren** van het economisch leven van het gewest en kunnen onder meer volgende vormen krijgen :

   - kapitaalparticipaties, al of niet met koop- en/of verkoopopties
   - al of niet converteerbare en al of niet achtergestelde leningen, al of niet met warrants.

   Het totaal uitstaande kapitaal van SRIW overstijgt de 500 MEUR.

4.8.2 Referentielijst van de belangrijkste kaderleden van het bedrijf en in het bijzonder van diegenen die de betrokken werkzaamheden zullen opvolgen en leiden

Naam	Mogelijke rol
Anne Vleminckx	Board of Directors OTARY NV. Overall coordination shareholder Electrawinds Offshore
Marc Stordiau	Board of Directors OTARY NV. Overall coordination shareholder Rent-A-Port Energy
Rik van de Walle	Board of Directors OTARY NV. Overall coordination shareholder Aspiravi Offshore
Jo Geebelen	Board of Directors OTARY NV. Overall coordination shareholder Z-kracht
Alain Bernard	Board of Directors OTARY NV. Overall coordination shareholder DEME
Marianne Basecq	Board of Directors OTARY NV. Overall coordination shareholder SOCOFE
Raoul van Lambalgen	Project Manager RENTEL-Project
Luc Desender	CEO Electrawinds. Overall coordination shareholder Electrawinds Offshore.
Paul Desender	Executive Director Electrawinds. Responsible for legal department.
Pieter Dehaene	Employee Electrawinds. His exact role is not defined yet.
Tim Dieryckx	Employee Electrawinds. His exact role is not defined yet.
Andries Teerlynck	Employee Electrawinds. PPA negotiations
Bart Heyman	Employee Electrawinds. Investment manager
David De Brabant	Employee Electrawinds. Investment manager
Ellen Deprez	Employee Electrawinds. Contract lawyer.
Jeroen Rabaey	Employee Electrawinds. Financial modelling.
Peter Goderis	Employee Electrawinds. Engineering and Construction.
Michael Couckuyt	Employee Aspiravi. Electrical Engineering.

Naam	Mogelijke rol
Peter Van den Bergh	Employee DEME. Senior Management.
Hendrik Nonneman	Employee DEME. Senior Management.
Eric Bosschem	Project Director DEME. Senior Management.
Jan Van Rossum	Employee DEME. Senior Management.
Johny Van Acker	Employee DEME. Senior Management.
Luc Vandenbulcke	General Manager GeoSea (Part of the DEME Group). Senior Management.
Bart De Poorter	Commercial Manager (Part of the DEME Group). Senior Management.

Bijlage B Coördinaten aangevraagde domeinconcessie

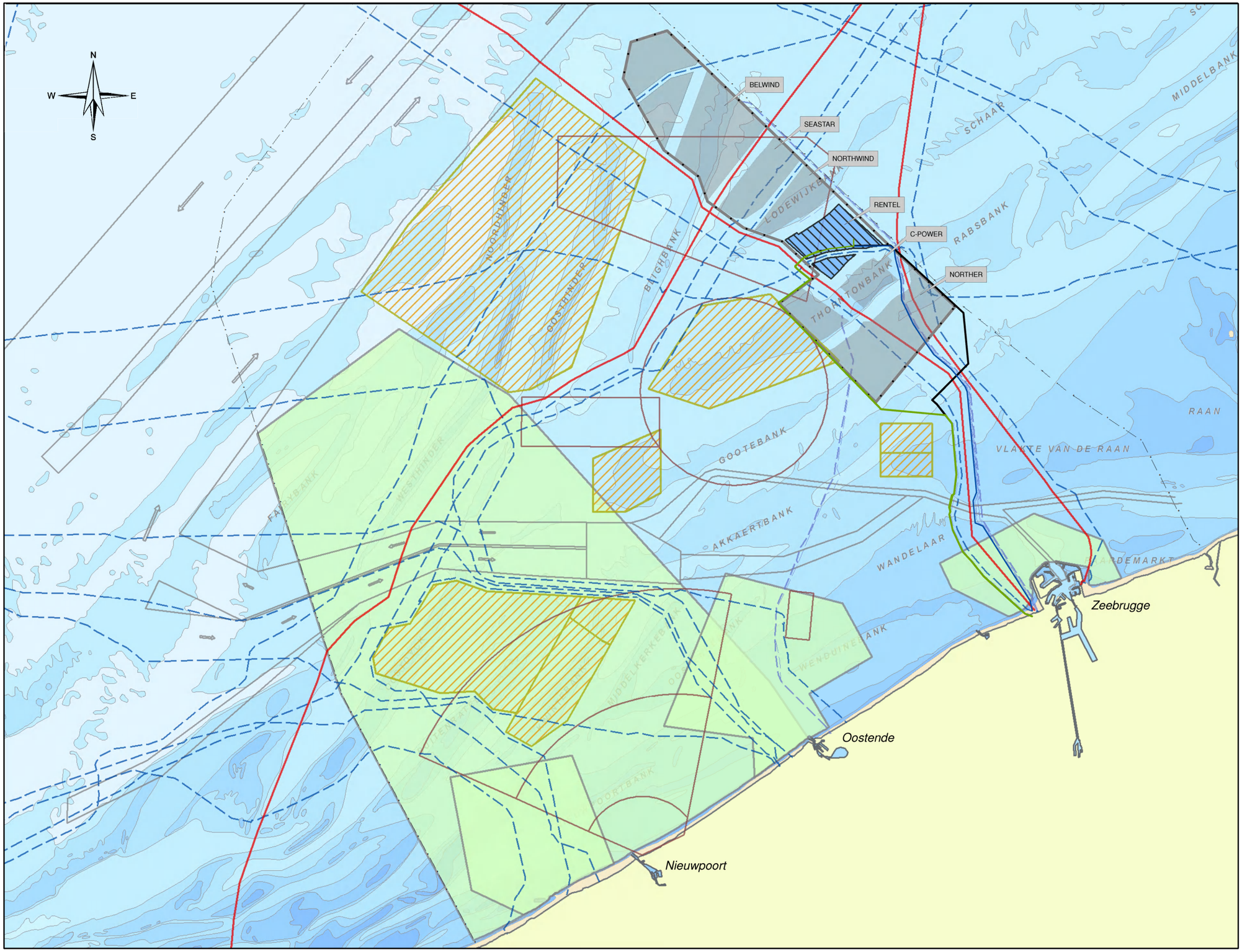
Coördinaten van de hoekpunten van de door Rentel NV aangevraagde domeinconcessie.

Coördinaten RENTEL WGS84 UTM zone 31

	UTM zone 31 (WGS84)		Geographical WGS84	
	X-coördinaat	Y-coördinaat	X-coördinaat OL	Y-coördinaat NB
Deelgebied A				
Ra1	492356	5715661	2°53'22,75"	51°35'31,02"
Ra2	493254	5716242	2°54'09,38"	51°35'49,86"
Ra3	493400	5716101	2°54'16,99"	51°35'45,31"
Ra4	495249	5717298	2°55'53,00"	51°36'24,11"
Ra5	495826	5717761	2°56'23,00"	51°36'39,11"
Ra6	496580	5718468	2°57'02,17"	51°37'02,03"
Ra7	500138	5715231	3°00'07,17"	51°35'17,29"
Ra8	499442	5715172	2°59'31,00"	51°35'15,38"
Ra9	497556	5715136	2°57'53,00"	51°35'14,19"
Ra10	495826	5714931	2°56'23,12"	51°35'07,52"
Ra11	495348	5714806	2°55'58,28"	51°35'03,46"
Ra12	494396	5714468	2°55'08,84"	51°34'52,49"
Ra13	493922	5714237	2°54'44,23"	51°34'44,99"
Deelgebied B				
Rb1	494320	5713875	2°55'04,92"	51°34'33,29"
Rb2	494590	5714006	2°55'18,94"	51°34'37,54"
Rb3	495495	5714328	2°56'05,94"	51°34'47,99"
Rb4	495916	5714438	2°56'27,81"	51°34'51,57"
Rb5	497595	5714637	2°57'55,04"	51°34'58,04"
Rb6	498123	5714653	2°58'22,47"	51°34'58,57"
Rb7	497502	5714179	2°57'50,22"	51°34'43,22"
Rb8	497015	5713657	2°57'24,94"	51°34'26,31"
Rb9	496552	5713135	2°57'00,90"	51°34'09,40"
Rb10	495978	5712600	2°56'31,11"	51°33'52,07"
Rb11	494500	5713711	2°55'14,28"	51°34'27,99"

Bijlage C Situering en lay-out concessiezone Rentel

C.1 Situatieplan concessiezone Rentel



Legende

- Concessiezone Belgische windparken
- Rentel concessie
- Windpark concessiegebieden
- Pijpleidingen
- Onderwaterkabels
- Grens BCP
- Zandextractiegebied
- Beschermd gebied (Natura 2000)
- Militair oefengebied

Rentel exportkabel (alternatieven)

- Rentel tracé Oost
- Rentel alternatief tracé Oost
- Rentel tracé West

Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark Rentel

Algemeen situatieplan

OTARY RS

RENTEL NV

Haven 1025 – Scheldedijk 30
B – 2070 Zwijndrecht
T +32 3 250 52 11
F +32 3 250 56 50

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project nummer : 11397

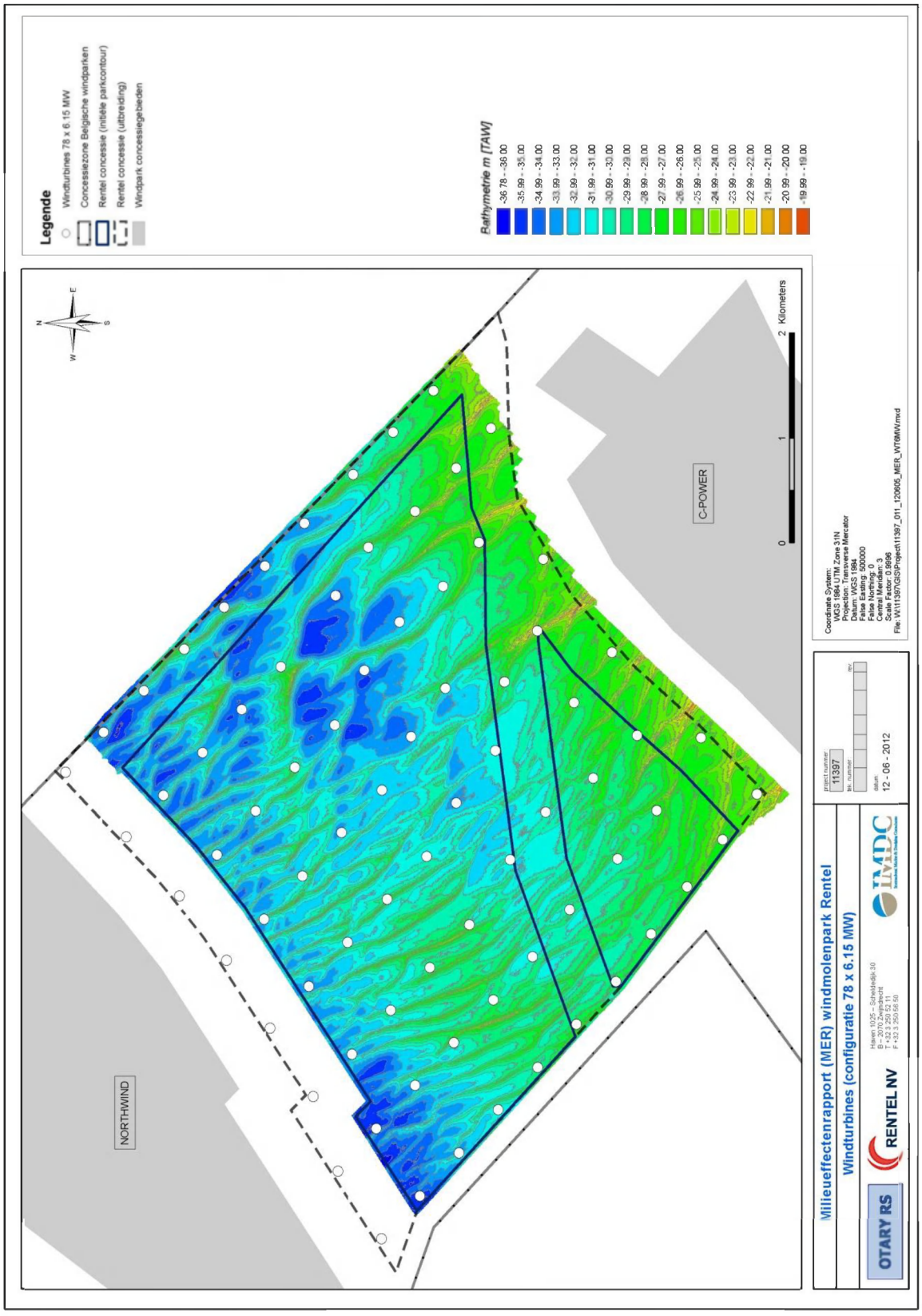
tek. nummer : rev:

datum: 03 - 04 - 2012

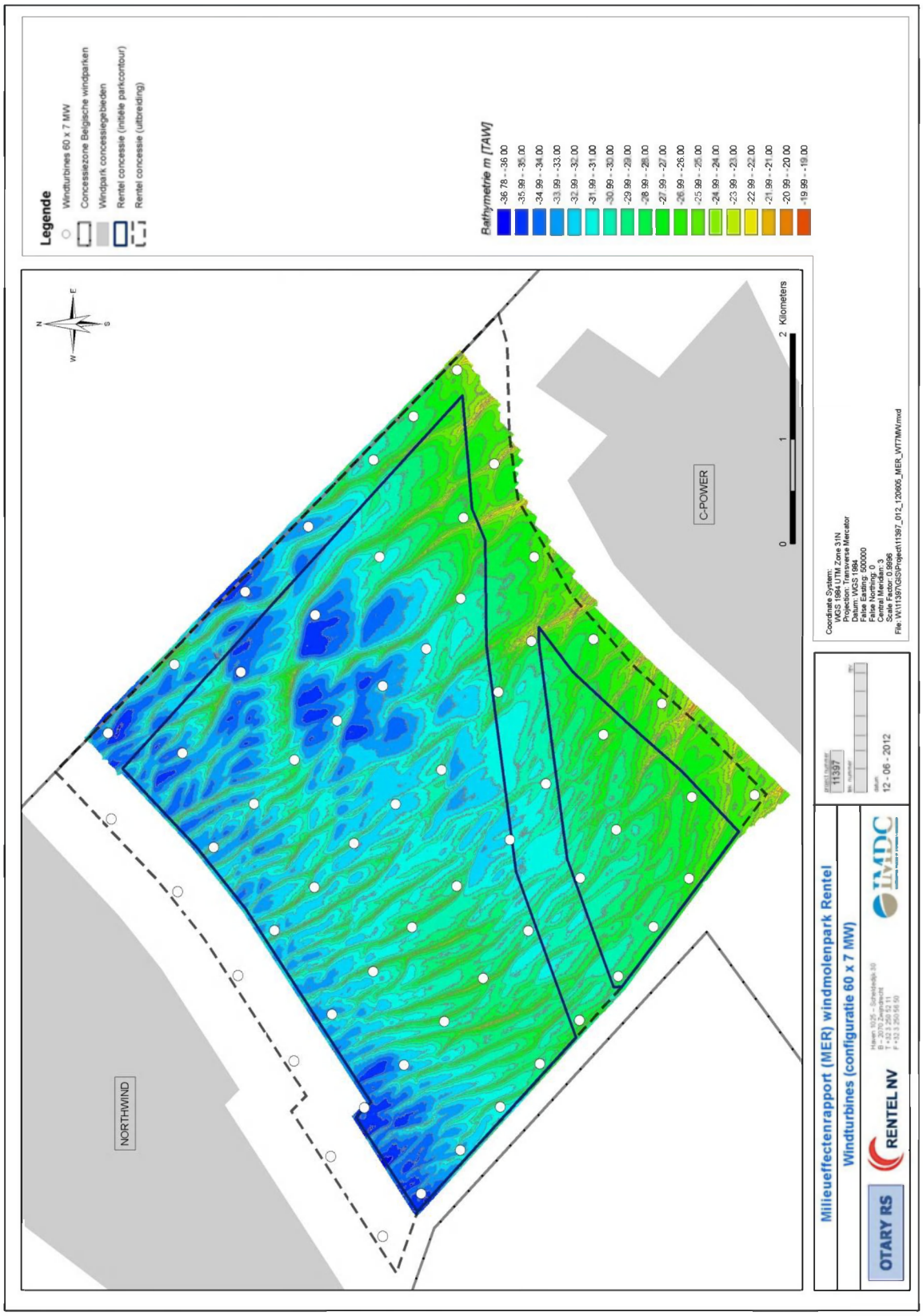
Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500000
False Northing: 0
Central Meridian: 3
Scale Factor: 0.9996
File: W:\11397\GIS\Project\11397_005_1200603_MER_situatieplan.mxd

0 4 8 12 16 20 Kilometers

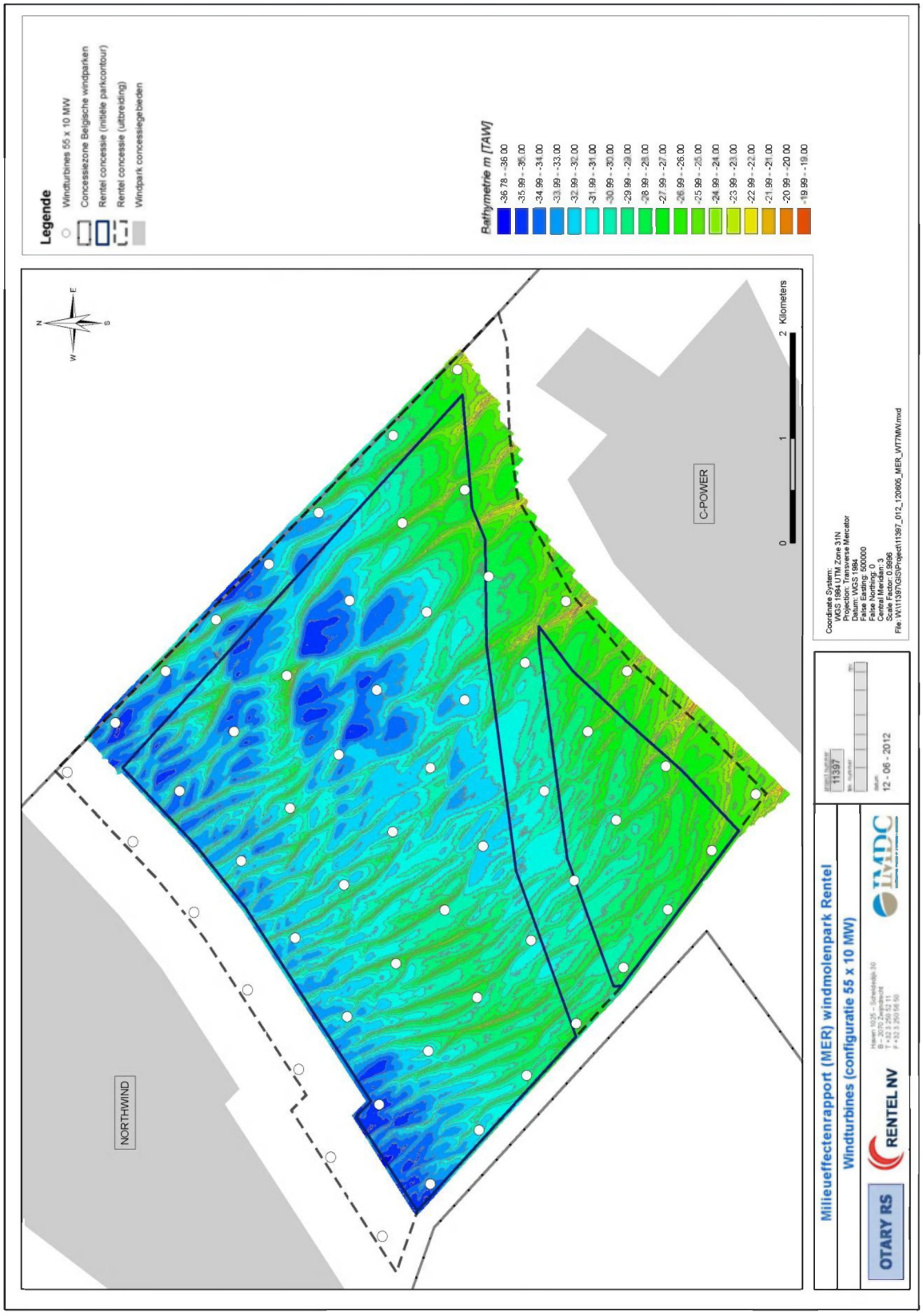
C.2 Inplantingsconfiguratie 1: 78 x 6 MW turbines



C.3 Inplantingsconfiguratie 2: 60 x 7 MW turbines

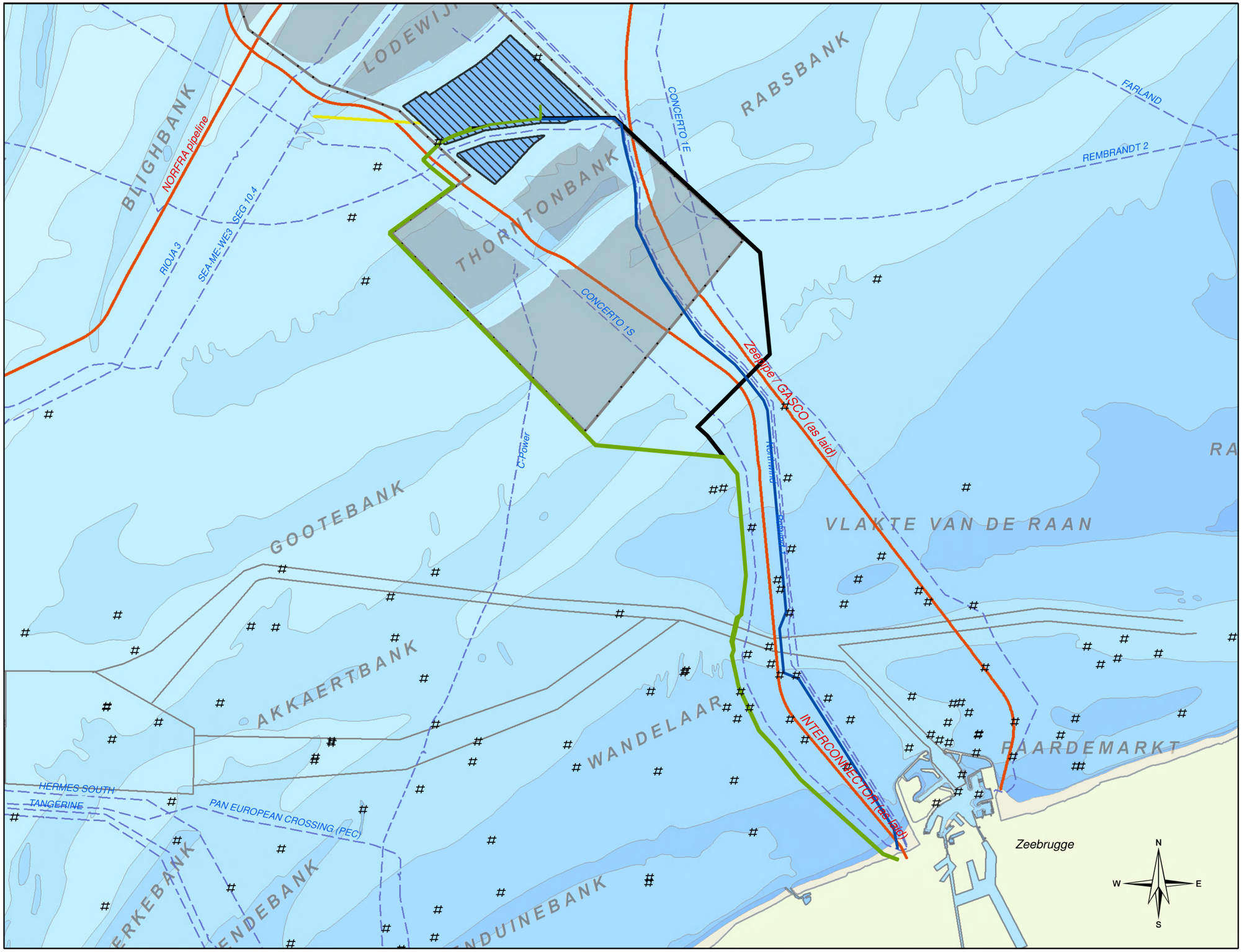


C.4 Inplantingsconfiguratie 3: 55 x 10 MW turbines



Bijlage D Alternatieven exportkabeltraject

D.1 Situeringsplan alternatieve kabeltracés



Legende

- Concessiezone Belgische windparken
- Rentel concessie
- Windpark concessiegebieden
- Wrakken
- Naviagtieroutes
- Pijpleidingen
- Onderwaterkabels

Rentel exportkabel (alternatieven)

- Rentel tracé Oost
- Rentel alternatief tracé Oost
- Rentel tracé West
- Aansluiting alpha-platform

Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark Rentel

Alternatieven voor het exportkabeltracé

OTARY RS

RENTEL NV

Haven 1025 – Scheldedijk 30
B – 2070 Zwijndrecht
T +32 3 250 52 11
F +32 3 250 56 50

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project nummer : 11397

tek. nummer : rev:

datum: 05 - 04 - 2012

Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500000
False Northing: 0
Central Meridian: 3
Scale Factor: 0.9996
File: W:\11397\GIS\Project\11397_006_120405_MER_kabeltrace.mxd

0 2 4 6 8 10 Kilometer

D.2 Hoogspanningsnet in de Noordzee ELIA

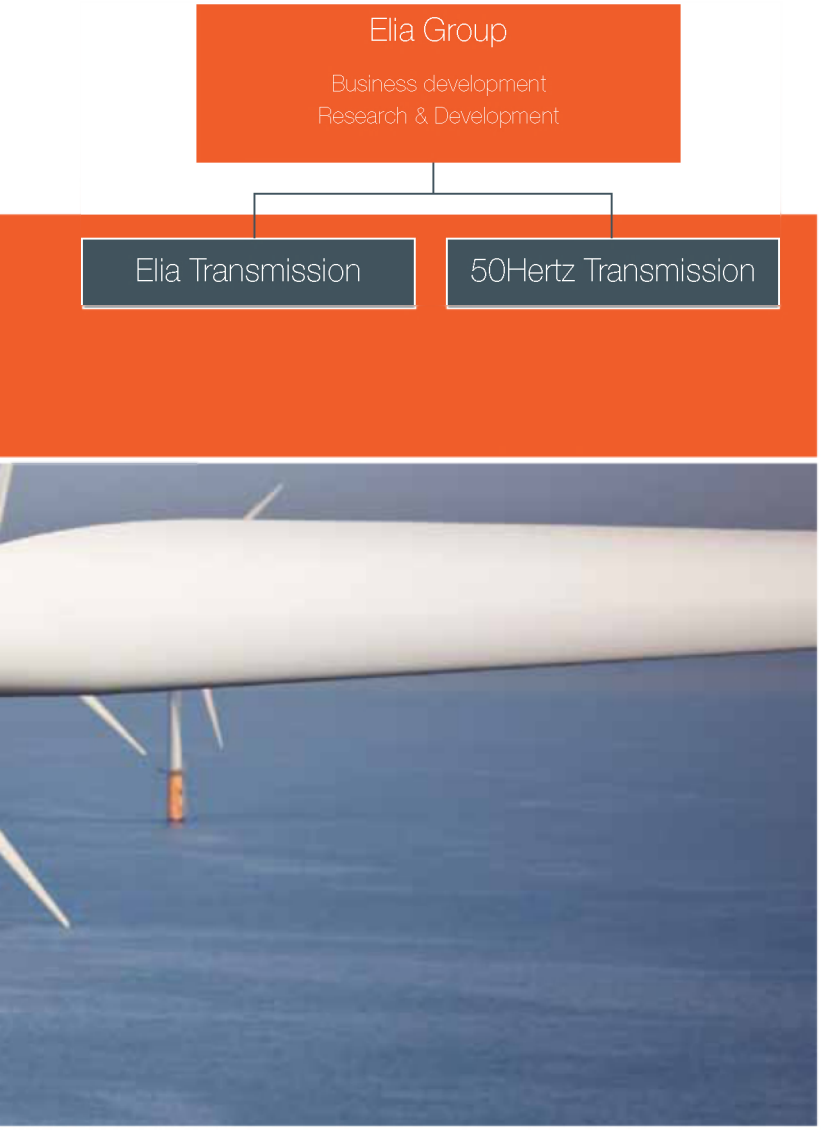
Hoogspanningsnet in de Noordzee
Een toekomstvisie



Om de Belgische en Europese doelstellingen ter bestrijding van de klimaatverandering te verwezenlijken, zal elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen een almaar groter aandeel van de productie op zich nemen. Dit betekent ook dat steeds meer gebruik wordt gemaakt van offshore windenergie.
Elia wil de toekomstige windmolenparken in de Noordzee, die net buiten onze kust zullen liggen, op een voor de gemeenschap optimale manier in het net integreren door een heus netwerk in zee te ontwikkelen. Daarmee legt Elia de basis van een toekomstig groot offshore net in Europa.

Een toekomstvisie !





De **Elia groep** is opgebouwd rond zijn twee transmissienet-beheerders voor elektriciteit, **Elia Transmission** in België en **50Hertz Transmission**, een van de vier Duitse transmissienetbeheerders (actief in het noordoosten van Duitsland), en behoort tot de top 5 van de Europese netbeheerders. De groep is een drijvende kracht achter de ontwikkeling van de Europese elektriciteitsmarkt en zet zich sterk in voor de bevoorradingszekerheid en de integratie van energie uit hernieuwbare energiebronnen. In dat opzicht betekent de overname van 50Hertz in mei 2010 een belangrijke hefboom voor de groep, dankzij de expertise die op dit vlak in Duitsland werd vergaard.





In eerste instantie: het elektriciteitsnet aan land versterken

In 2004 besliste de Belgische regering om de ontwikkeling van een productiecapaciteit van 2000 MW aan windenergie net buiten onze kust te ondersteunen. Elia heeft daarom de nodige stappen ondernomen om zijn elektriciteitsnet aan land in de kustzone te versterken om een massale injectie van energie in dit decentrale deel van België en het vervoer van deze energie naar verbruikscentra in het binnenland mogelijk te maken.
Deze versterkingen van het elektriciteitsnet aan land waren onontbeerlijk omdat het net er oorspronkelijk niet op voorzien was om in dit excentrische gebied een dergelijke productiecapaciteit te ontvangen. De ontwikkeling van het net was er in de loop der tijd immers vooral op gericht om de grote verbruikscentra te verbinden met centrale productieparken.

Bij deze aanpak werd in eerste instantie een nieuwe ondergrondse verbinding op 150 kV aangelegd tussen de stations van Koksijde en Slijkens, werd het hoogspanningsstation te Slijkens versterkt en de as tussen Zeebrugge en Blauwe Toren via twee 150 kV-kabels versterkt met nog een bijkomende kabel tussen Brugge en Blauwe Toren.
Dankzij deze realisaties kunnen de eerste windmolenparken worden aangesloten tot een capaciteit van 900 MW.

Tegelijk ging Elia van start met het project Stevin waarbij het 380 kV-net zal worden doorgetrokken naar Zeebrugge. Daar zal in de nabijheid van de havenzone ook een nieuw 380 kV-hoogspanningsstation worden opgetrokken.



Van het “spaghetti”scenario…

Tot nu toe stonden de promotoren van de eerste windmolenparken, C-Power en Belwind, zelf in voor de aansluiting van hun respectieve parken op de 150 kV-stations te Slijkens en Zeebrugge. Elia draagt gedeeltelijk bij tot de financiering van de onderzeese kabels, voor een bedrag van 25 miljoen € per verbinding, gespreid over 5 jaar.

Deze werkwijze heeft in een eerste fase misschien wel zin, maar is op langere termijn verre van optimaal op technisch-economisch en ecologisch vlak. Op termijn betekent dit dat er meer en meer onderzeese kabels "van punt naar punt" komen tussen de verschillende parken en de hoogspanningsstations aan de kust waarop zij worden aangesloten.

Een dergelijke "spaghetti" van kabels is duur (kosten vermenigvuldigd met het aantal verbindingen), schadelijk voor het milieu (opeenstapeling van kabels op de zeebodem en in de kustzone vlakbij de hoogspanningsstations aan land) en technisch niet optimaal (op het vlak van exploitatieveiligheid bijvoorbeeld).

Elia denkt bijgevolg met de ontwikkelaars na over een oplossing die zowel technisch, economisch als op milieuvlak optimaal is. Dit denkwerk leidde tot de visie van Elia waarbij het de bedoeling is om stap per stap een echt vermaasd net op zee uit te bouwen. In een dergelijk scenario worden de verschillende parken met elkaar verbonden op zee, in hoogspanningsstations op platformen die dicht bij de verschillende concessies liggen. Dit net op zee zal worden geïntegreerd in het net dat Elia op het vasteland beheert.





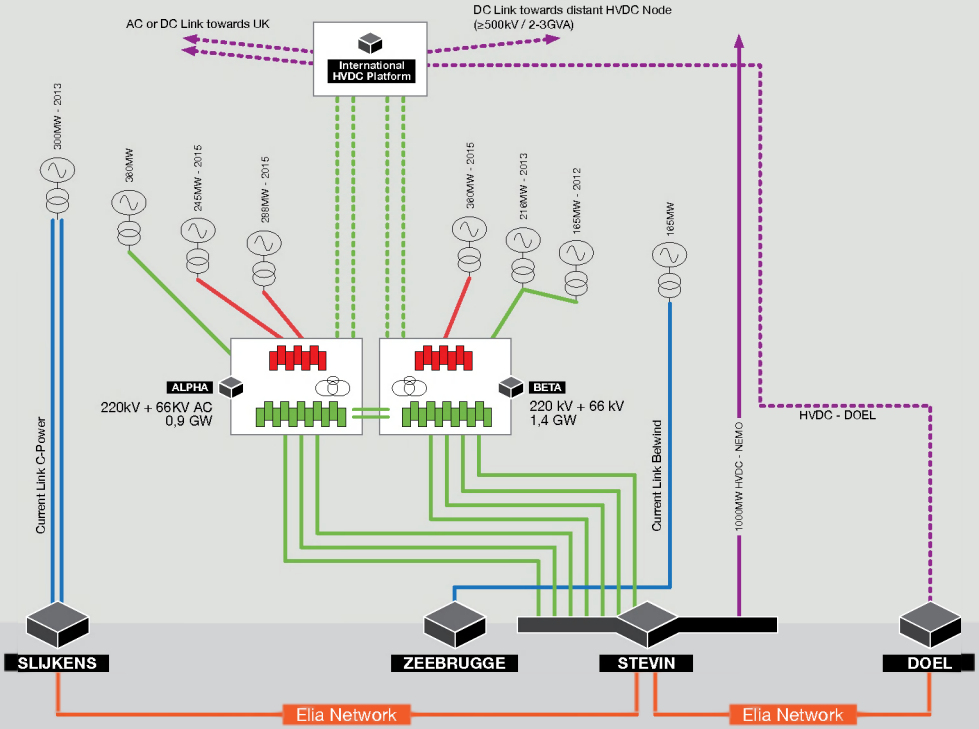
… tot het eerste vermaasde net op zee voor de Belgische kust

De visie die Elia voorstelt bestaat erin om in verschillende fases die overeenstemmen met de geleidelijke inbedrijfstelling van de verschillende parken de basis te leggen van een echt vermaasd net. Dit net zal voordelen bieden die te vergelijken zijn met deze van het bestaande onshore net. Zeker op het vlak van de betrouwbaarheid, dankzij de redundantie die door de vermazing van het net gecreëerd wordt, de optimalisering van de investeringen en het lagere aantal inkomende aansluitingskabels op het landnet.

Deze werkwijze zal leiden tot de opeenvolgende oprichting van twee platformen in de Noordzee, **alpha** en **beta**, die onderling verbonden zullen zijn en die elk door verbindingen op 220 kV aangesloten zullen zijn op het station Stevin dat vlakbij de havenzone van Zeebrugge zal worden opgetrokken.

De twee platformen zullen geleidelijk worden ontwikkeld waarbij elke fase een deel van de globale oplossing vormt. De aansluitingsstations op het onshore net zijn Zeebrugge en Stevin.

Op elk van deze platformen zal een volwaardig hoogspanningsstation van het GIS-type in zee geïnstalleerd worden, met de transformatoren die nodig zijn om de kabels op 66 kV of 220 kV te ontvangen die zullen toekomen vanuit de verschillende parken die geleidelijk in de nabijheid zullen worden gebouwd.



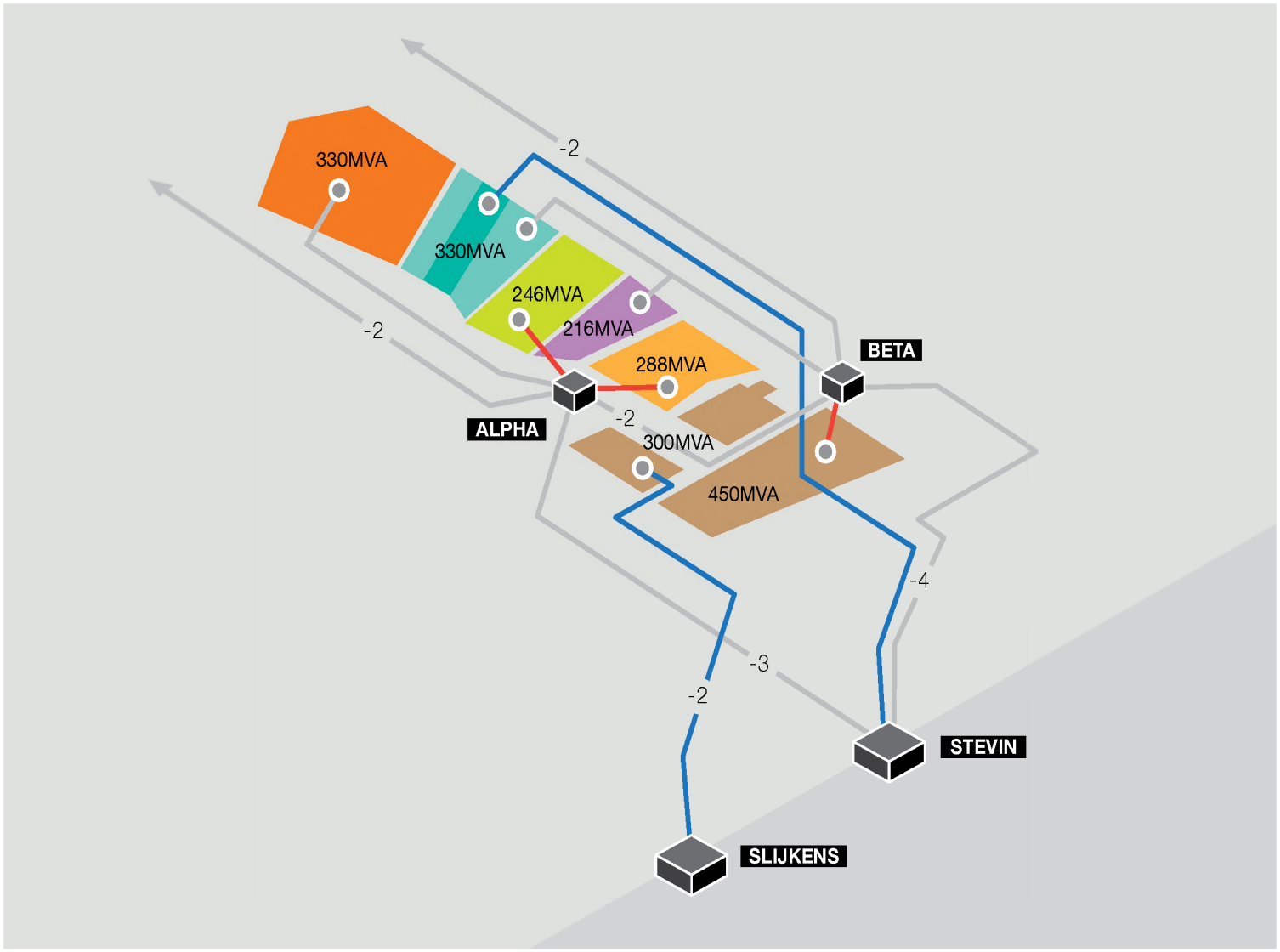
Indicatief schema met de op de publicatiedatum gekende waarden die hier onder voorbehoud worden vermeld.

Deze werkwijze biedt tal van voordelen, zoals

- de optimalisering van de investeringen voor Elia, de promotoren en de hele gemeenschap;
- de spreiding in de tijd van deze investeringen, naargelang de reële behoeften;
- de optimalisering van de onderhoudskosten;
- de duidelijke scheiding tussen de netinstallaties en de installaties van de promotoren;
- de redundantie en betrouwbaarheid die een vermaasd net biedt;
- het niet-discriminerende karakter tegenover de promotoren van windmolenparken;
- het kleiner aantal aansluitingskabels dat in het kustgebied binnendringt.

Bovendien biedt deze werkwijze een technische oplossing van de beste kwaliteit die steunt op een optimalisering van criteria zoals:

- het gewicht, de grootte, het aantal en het ontwerp van de platformen;
- het aantal kabels dat op de zeebodem moet worden gelegd, en dat aan land moet worden aangesloten;
- de afstand ten opzichte van de kust, tussen de platformen en de windmolenparken;
- de onthaalcapaciteit van de aansluitingsstations op het vasteland;
- het aantal transformatorpolen en het nominaal vermogen van de transformatoren;
- de verliezen (veroorzaakt door van de transformatie en het vervoer via kabels);
- het nominale vermogen;
- de energiestromen;
- de ondersteunende diensten, via wederzijdse bijstand tussen platformen en windmolenparken;
- het gebruik van beproefde technologieën.



Indicatieve waarden opgenomen als werkhypothese.
De voorgestelde oplossing is robuust genoeg voor een eventuele verhoging van het vermogen op termijn.





… klaar voor aansluiting
op een toekomstig internationaal platform

Dit vermaasde offshore net vlak voor de Belgische kust zal geleidelijk worden opgebouwd, gelijklopend met de inplanting van de parken van de 7 toegekende concessies. Het zou al op relatief korte termijn – vanaf 2014 – de eerste resultaten kunnen leveren.

Het zal eveneens een voorpost vormen voor een verbinding met een toekomstig internationaal platform.
Buurlanden zoals Engeland of Nederland bijvoorbeeld werken immers ook aan de uitbouw van netten in hun territoriale wateren van de Noordzee.
Op termijn zou in samenwerking met andere transmissienetbeheerders een internationaal AC/DC-platform kunnen worden opgericht voor de transformatie van wisselstroom naar gelijkstroom (waarmee grotere vermogens over langere afstanden zouden kunnen worden overgebracht), bijvoorbeeld op enkele kilometer meer naar het noordwesten. Dit platform zou dan met wisselstroomkabels (met hoog vermogen) worden verbonden met de "lokale" offshore netten.

Een dergelijke structuur zou zo toegang verlenen tot andere energiebronnen, met name de waterkrachtenergie in Scandinavië, die beschikbaar zouden zijn wanneer er geen wind is op de Noordzee of waarmee windenergie zou kunnen worden opgeslagen indien er door de lokale vraag een energieoverschot zou zijn.

Dankzij deze oplossing zouden de Belgische verbruikers via het nieuwe net in de Noordzee groene elektriciteit kunnen krijgen zelfs als het windstil is!

Bovendien sternt deze langetermijnvisie – die tegen 2025 concrete vorm zou krijgen – overeen met de pistes die de Europese Commissie binnen haar energiebeleid en de lidstaten gelegen rond de Noordzee in het project North Sea Countries Offshore Grid Initiative hebben uitgestippeld.



… en nu al met de blik op de toekomstige ontwikkeling **van het onshore productiepark!**

Tot slot dient aangestipt dat de aanpak die hier is voorgesteld - met aansluiting op een internationaal platform met gelijkstroom - op termijn perfect in overeenstemming is met de onthaalcapaciteit van het net. Mocht de sluiting van de kerncentrales in Doel inderdaad doorgaan, dan zou het vermogen aangevoerd vanuit dit internationale platform het vermogen kunnen vervangen dat niet langer vanuit Doel zou worden geïnjecteerd. Dat zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren via een verbinding met gelijkstroomkabels in de Schelde. Dit zou niet alleen de bevoorradingszekerheid kunnen waarborgen maar tevens toegang bieden tot een energiemix die tegelijk gediversifieerd en kwaliteitsvol is op het vlak van duurzaamheid.

Zo wil Elia zijn missie als geëngageerde TNB vervullen, ten bate van de bevoorradingszekerheid en de optimale werking van de markt en met het oog op de strijd tegen de klimaatopwarming.



www.elia.be

Powering a world in progress

Elia System Operator S.A.

Keizerslaan 20
1000 Brussel
België

Design by www.generis.be / Photos: Elia, DEME, iStock /
Verantwoordelijke uitgever Jacques Vandermeiren, Keizerslaan 20, 1000 Brussel

D.3 STEVIN project ELIA

belangrijke factor in duurzame energievoorziening

Project Stevin



Vitaal in een wereld die vooruitgaat

Het project Stevin: antwoord op meervoudige vraag

Met het project Stevin voorziet Elia in de uitbreiding van zijn 380.000 Volt-net tussen Zomergem en Zeebrugge. Deze netversterking biedt de oplossing om aan drie behoeften te voldoen.

- Het project Stevin maakt het mogelijk om de windenergie van windparken op zee aan land te brengen en naar het binnenland te transporteren;
- Stevin creëert de mogelijkheid tot een verdere interconnectie van het Belgische net met een onderzeese verbinding naar het Verenigd Koninkrijk. Dit project ligt momenteel ter studie. Op langere termijn wordt ook gedacht aan een verdere uitbreiding van de interconnecties via de Noordzee om toegang te krijgen tot de duurzame (hernieuwbare) energiemix uit een groot deel van Noord-Europa;
- De uitbreiding van het 380 kV-net naar de kust is eveneens nodig om de zekerheid van de elektriciteitsbevoorrading in de West-Vlaamse regio te verbeteren en een verdere economische ontwikkeling mogelijk te maken in de strategisch belangrijke groeipool rond de haven van Zeebrugge.

Energiebeleid als leidraad

Europa stelt zich tot doel om tegen 2020 het energieverbruik met 20% te verminderen, om 20% minder CO2 uit te stoten en om 20% van het energieverbruik op te wekken uit hernieuwbare bronnen. België moet tegen 2020 13% van zijn energieverbruik opwekken uit hernieuwbare bronnen. De belangrijkste bron in België is de windenergie op zee. Reeds in 2004 heeft de Belgische overheid een zone afgebakend op zee waarbinnen een capaciteit van minstens 2000 MW aan windenergie kan geïnstalleerd worden.

Ondertussen werden reeds vijf domeinconcessies toegewezen voor het realiseren en uitbaten van de windmolenparken op zee. De installatie daarvan is volop aan gang. De geproduceerde elektriciteit dient echter ook aan land te worden gebracht en te worden getransporteerd via het transmissienet naar de distributiemaatschappijen en de afnemers. Het huidige 150.000 Volt-net aan de kust is echter reeds zwaar belast en kan behoudens de eerste drie concessies geen bijkomende belasting meer dragen. Het Vlaams Regeerakkoord van juli 2009 stelt dan ook uitdrukkelijk: "Tegelijk onderzoeken we hoe we de uitbouw van het Elia-netwerk in Vlaanderen kunnen faciliteren om de stroom van de windmolenparken op zee vlot naar de grote verbruikscentra te kunnen voeren".

Tweeledig project

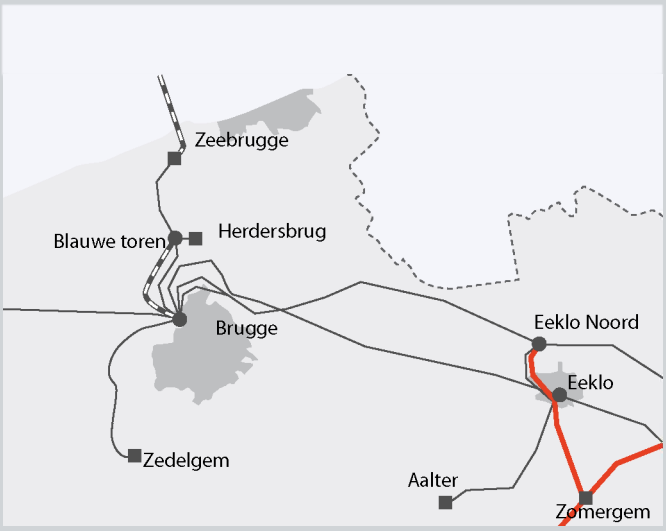
Met het project Stevin gaat Elia het zeer hoge spanningsnet op 380 kV (kilovolt) doortrekken naar de kust bij Zeebrugge.

Het project Stevin omvat twee grote delen:

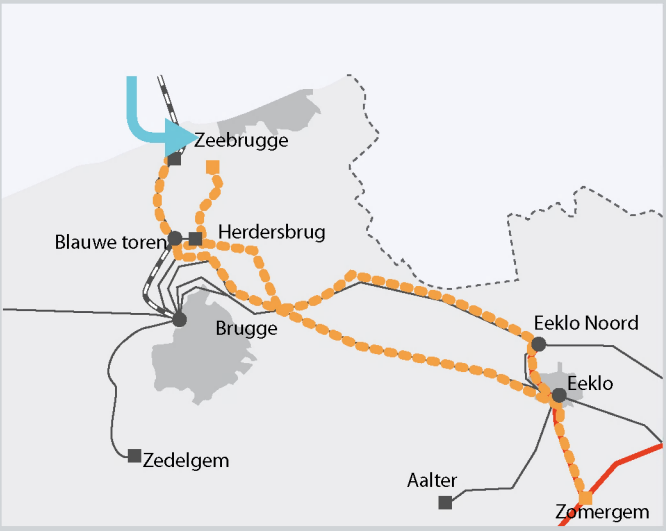
- de aanleg van een hoogspanningsstation in Zeebrugge;
- de aanleg van een bovengrondse 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen een nieuw te bouwen hoogspanningsstation te Zomergem en het nieuw te bouwen hoogspanningsstation te Zeebrugge.

De verbinding

Huidig net West-Vlaanderen



De tracéalternatieven



Elia wil een dubbele verbinding op 380 kV aanleggen met een vermogen van 2 x 3000 MVA (megavolt ampère).

De verbinding zal tussen Zomergem en Zeebrugge lopen over de provincies West- en Oost-Vlaanderen. Volgende gemeenten zijn betrokken: Brugge, Blankenberge, Zuienkerke, Damme, Maldegem, Sint-Laureins, Waarschoot, Eeklo, Zomergem en Lovendegem.

Het definitieve tracé wordt beslist door de Vlaamse Regering en opgenomen in een Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan (GRUP) na de vereiste milieubeoordeling via een plan-milieu-effectenrapportage (plan-MER). De locaties voor de inplantingen van de masten, de hoogte van de bovengrondse hoogspanningsverbinding, de vorm en hoogte van de hoogspanningsmasten zijn nog niet in het voorstel opgenomen. Deze elementen zullen in een latere fase op projectniveau behandeld worden.

Beschrijving van de tracéalternatieven

De voorgestelde tracéalternatieven werden vooraf grondig onderzocht om een oplossing te vinden die rekening houdt zowel met ecologische als met economische en technologische bekommernissen.

Elia wenst maximaal gebruik te maken van de bestaande infrastructuur en waar mogelijk bestaande tracés te volgen om bijkomende impact op de omgeving zoveel mogelijk te beperken.

Ook wordt het aantal overspanningen van woningen zoveel mogelijk beperkt.

380 kV Zomergem - Eeklo
VOOR



380 kV Zomergem - Eeklo
NA



Het voorliggende voorstel, dat na uitgebreid voorafgaand onderzoek is uitgestippeld, omvat 4 deeltracés met verschillende varianten:

- Deeltracé 1: het versterken van de bestaande bovengrondse 380 kV-verbinding tussen Zomergem en Eeklo met behoud van de bestaande pylonen. Dit is mogelijk door het gebruik van hogeperformantiegeleiders.
- Deeltracé 2: een nieuwe bovengrondse 380 kV-verbinding tussen Eeklo en Brugge-Oost. Hiervoor bestaan twee alternatieven: ofwel een noordelijk tracé, gebundeld met een bestaande 150 kV-lijn via het hoogspanningsstation Eeklo-Noord ten noorden van Maldegem naar de Brugse Oostrand, ofwel een meer zuidelijk tracé, gebundeld met een bestaande 150 kV-lijn ten westen van Eeklo en ten zuiden van Maldegem naar de Brugse Oostrand. In beide gevallen zal de bestaande 150 kV-verbinding ten zuiden van Maldegem worden afgebroken tussen Eeklo en Brugge.
- Deeltracé 3: vanuit de Brugse Oostrand liggen enkele alternatieven met lokale varianten voor om de Noordrand van Brugge te bereiken. Deze zijn afhankelijk van de inplanting van het hoogspanningsstation te Zeebrugge, ten oosten of ten westen van het Boudewijnkanaal.
- Deeltracé 4: vanuit de Noordrand van Brugge richting Zeebrugge. Het tracé zal hier afhankelijk zijn van de ligging van het geplande hoogspanningsstation te Zeebrugge.

Om zoveel mogelijk bestaande infrastructuur te kunnen gebruiken, kan de bestaande bovengrondse 150 kV-verbinding Blauwe Toren-Zeebrugge ondergronds worden gebracht in functie van het gekozen tracé.

Het hoogspanningsstation Stevin te Zeebrugge

Er liggen drie verschillende mogelijke inplantingen voor het hoogspanningsstation bij Zeebrugge voor.

Voor één ervan werd een exacte locatie geïdentificeerd: het betreft het militair domein ten oosten en ten westen van de N31 en begrensd ten noorden door de kustweg.

Twee andere mogelijke terreinen zijn als 'zoekzone' in het voorstel opgenomen: één in agrarisch gebied aansluitend aan de 'Transportzone' en één in de achterhaven van Zeebrugge (Havengebied). Hiervoor is geen exacte locatie bepaald.

De installaties in het hoogspanningsstation

De 380 kV-verbinding tussen Zeebrugge en Zomergem wordt verbonden met een nieuw hoogspanningsstation met transformatoren en schakelapparatuur die de omzetting mogelijk maken van elektriciteit op een spanning van 380 kV naar elektriciteit op een spanning van 150 kV.

Dit is een compact station van het GIS- type (gas-insulated switchgear), ondergebracht in een gebouw.







Via een ondergrondse 150 kV-verbinding wordt dit hoogspanningsstation verbonden met het bestaande station aan de Blondeellaan te Zeebrugge.

Daarnaast zullen er ook de installaties voor de aansluiting van windmolenparken op zee gegroepeerd worden.

Het station zal ook alle installaties omvatten voor de onderzeese verbinding naar het Verenigd Koninkrijk die op gelijkstroom (HVDC-High Voltage Direct Current) zal werken. Deze installaties omvatten de aansluiting en het conversiestation met de apparatuur om van gelijkstroom in wisselstroom om te vormen en omgekeerd.

Oog voor mens en milieu

Impact op mens en omgeving zoveel mogelijk beperken

Elia stelt alles in het werk om de impact op mens en omgeving zo beperkt mogelijk te houden.

Door het maximaal hergebruiken van bestaande mastenrijen, door middel van nieuwe technologieën zoals het gebruik van hogeperformantiegeleiders en geïsoleerde mastarmen, en het deels ondergronds brengen van bestaande 150 kV-verbindingen, kunnen bestaande trajecten worden hergebruikt. Bovendien wordt na de realisatie van de netversterking op 380 kV ook een bestaande verbinding tussen Eeklo en Brugge en ten zuiden van Maldegem afgebroken.

Er worden in het verlengde van het project Stevin nieuwe ondergrondse 150kV verbindingen aangelegd.

Elia stelt zich tot doel het aantal overspanningen van woningen zoveel mogelijk te beperken.

Elektrische en magnetische velden

Een **elektrisch veld** wordt gegenereerd door de aanwezigheid van elektrische ladingen. De eenheid waarin een elektrisch veld wordt uitgedrukt is Volt per meter. Een **magnetisch veld** wordt opgewekt door de verplaatsing van deze elektrische ladingen, de stroom. Het varieert in functie van de stroomsterkte en van de afstand tot de geleider. Het wordt uitgedrukt in ampère per meter, vaker ook nog in tesla (T) of microtesla (µT), een miljoenste van een tesla. Beide soorten velden worden gekenmerkt door hun frequentie en golflengte.

Elektrische en magnetische velden zijn fenomenen die gewoon in de natuur voorkomen: in alle vormen van licht, bliksem, enz. De aarde zelf veroorzaakt ook elektromagnetische velden. Verschillende industriële toepassingen wekken ook elektrische en magnetische velden op. Het elektromagnetische spectrum is heel breed.

De transmissie van elektriciteit en elektrische toepassingen (zoals scheerapparaten, wasmachines en andere elektrische apparaten) wekken eveneens elektrische en magnetische velden op. Deze magnetische velden hebben een zeer lage frequentie (50 Hz). Op deze frequentie worden elektrische en magnetische velden afzonderlijk beschouwd.

Elia volgt het wetenschappelijk onderzoek over elektrische en magnetische velden van zeer dichtbij op en heeft in dat kader een samenwerkingsakkoord gesloten met onafhankelijke onderzoekscentra aan verschillende Belgische universiteiten, gegroepeerd binnen de Belgian BioElectroMagnetic Group (BBEMG). Meer informatie is te vinden op de website **www.bbemg.ulg.ac.be**.

Bovengrondse verbinding als beste oplossing

Voor verbindingen op zeer hoge spanningen en met zeer hoge vermogens zoals deze, opteert Elia om verscheidene redenen voor een bovengrondse lijn.

Milieu

Zowel een ondergrondse als een bovengrondse verbinding hebben een milieu-impact. Voor bovengrondse verbindingen is de fysieke impact beperkt tot de mast (~10m breed).

Voor ondergrondse verbindingen is er een permanent onbebouwbare brede corridor van minimum 15 meter zonder bomen of constructies over geheel de lengte. Tijdens de werken is een corridor van zo'n 40 meter breed nodig voor de opslag van grond, de sleuf voor de aanleg van de kabels, het transport en de toegangen.

Zowel bovengrondse als ondergrondse verbindingen genereren magnetische velden van 50 Hz.

In de directe nabijheid van een ondergrondse verbinding kunnen de magnetische velden hoger liggen dan bij een bovengrondse verbinding, daar de ondergrondse verbinding op 1,5 m - 2m diepte in de grond ligt terwijl een bovengrondse lijn meestal 20 à 30 m boven het maaiveld hangt. Bij een ondergrondse verbinding neemt de sterkte van het magnetisch veld wel sneller af met de afstand ten aanzien van die verbinding dan bij een bovengrondse verbinding. Bij een ondergrondse verbinding wordt het elektrisch veld tegengehouden door de isolerende omhulsels.

Technisch

De transmissiecapaciteit van een lange ondergrondse verbinding is beperkt (+/- 900 MVA tegenover 3000 MVA). Doordat kabels zich zeer capacitief gedragen, zal actief vermogen verschuiven naar reactief vermogen. Enkel actief vermogen is echter bruikbaar voor de eindgebruiker. Reactief vermogen creëert warmteverliezen en beperkt de nuttige capaciteit van de installatie. Om dit reactief vermogen te compenseren moeten er regelmatig (+/- om de 30 km) tussenstations gebouwd worden. Dit vergroot de technische complexiteit van het netwerk en de kostprijs. Er zou minimum één tussenstation nodig zijn op de verbinding.

Een ondergrondse verbinding is minder bedrijfszeker dan een bovengrondse verbinding. Bij een bovengrondse verbinding komen veel minder structurele defecten voor dan bij een ondergrondse verbinding. Als een ondergrondse verbinding uitschakelt, blijft de verbinding onbeschikbaar gedurende meerdere dagen of weken. Voor twee elektrische wegen op één bovengrondse verbinding zijn drie ondergrondse elektrische wegen nodig om een gelijke betrouwbaarheid te bekomen. Daarom moeten er meerdere kabelverbindingen aangelegd worden om de energievoorziening te kunnen handhaven.

Economisch

Een ondergrondse 380 kV-verbinding heeft een veel hogere kostprijs. Voor voorliggend project zou deze 7 tot 10 keer hoger liggen dan voor een bovengrondse verbinding. Wegens de beperkte technische ervaring met dit soort verbindingen van een zeer recente technologische ontwikkeling, is de levensduur onvoorspelbaar. Het valt te verwachten dat op lange termijn meer en bovendien hoge vervangingsinvesteringen nodig zijn.

Bovenstaande elementen zouden resulteren in hogere transmissietarieven.

Elia overweegt vandaag de aanleg van ondergrondse 380 kV-hoogspanningsverbindingen enkel voor de aansluiting van productie-eenheden met vermogens lager dan 1.000 MW en dit over kleine afstanden (enkele kilometers). Deze productie-eenheden zijn telkens gelegen op eindtakken van het netwerk en in geval van een defect aan de ondergrondse hoogspanningsverbinding zou dit niet leiden tot het uitvallen van de elektriciteitsvoorziening in een deel van het netwerk.

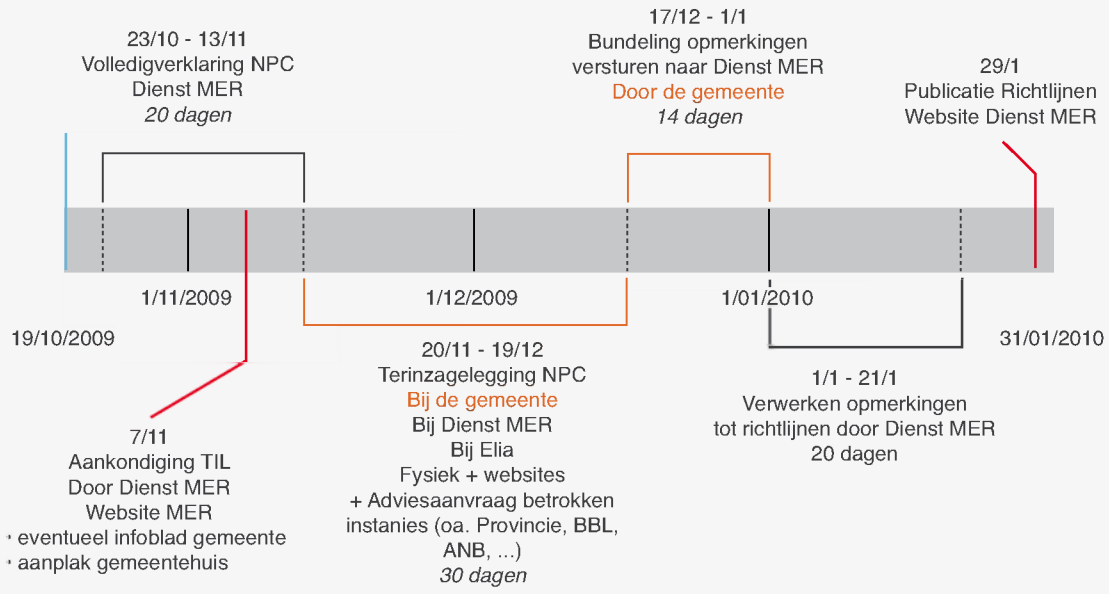
Het vergunningstraject

Stap 1: opname in het Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan en plan-MER

Vooraleer vergunningen kunnen worden afgeleverd voor de bouw van het nieuwe hoogspanningsstation en de bovengrondse hoogspanningsverbinding, dient de nieuwe infrastructuur en het traject van de verbinding te worden opgenomen in een ruimtelijk uitvoeringsplan, definitief vast te stellen door de Vlaamse Regering. Dit gebeurt op basis van een gedegen ruimtelijke afweging en de resultaten van een milieu-effectenrapport waarvan de reikwijdte mede wordt bepaald door inspraak van de burger en adviezen van gemeenten, provinciale en andere administraties. De periode van publieke consultatie zal lopen van midden november tot midden december 2009. Tijdens deze periode kunnen de burgers de nota voor publieke consultatie, die de verschillende trajectvarianten beschrijft en een voorstel van te bestuderen milieueffecten formuleert, inkijken bij de betrokken gemeenten of op de websites van Elia en de Dienst MER en daarover hun opmerkingen geven.

Tijdens die inzageperiode kan het publiek aangeven welke bepaalde bijkomende aspecten dienen onderzocht te worden en alternatieven formuleren. De opmerkingen die het publiek maakt en de adviezen van de administraties worden verwerkt in richtlijnen voor de opmaak van het plan-MER.

Nota voor publieke consultatie: praktisch

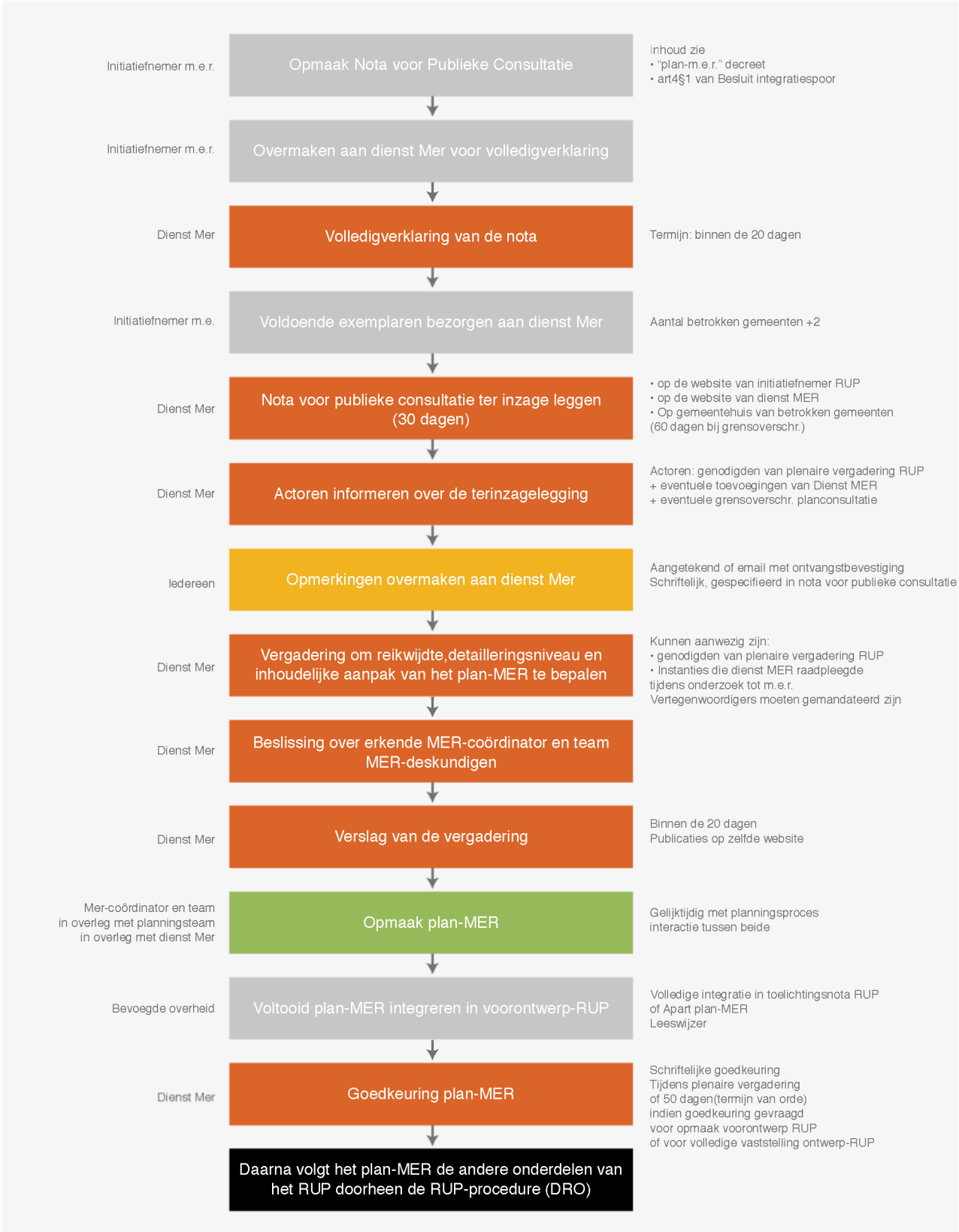


Data zijn richtinggevend

De goedgekeurde plan-MER wordt geïntegreerd in het voorontwerp van GRUP dat voorlopig vastgesteld wordt door de Vlaamse Regering. Nadien wordt een openbaar onderzoek gevoerd dat 60 dagen zal duren. Hierbij wordt opnieuw het advies van administraties en gemeenten gevraagd en kunnen burgers bezwaar indienen. Daarna wordt het GRUP vastgelegd, waarmee het tracé van de verbinding en de inplanting van het hoogspanningsstation definitief vastgelegd worden.

Voor meer detail over de procedure van een plan-MER en een GRUP, raadpleeg de website van MER Vlaanderen, www.mervlaanderen.be en Ruimtelijke Ordening in Vlaanderen, www.ruimtelijkeordening.be

Opmaken van een plan-MER



Volgende stappen vergunningstraject

Project-MER

Naast het milieu-effectenrapport verbonden met het GRUP moet er ook nog een milieu-effectenrapport verbonden met het project gerealiseerd worden.

In deze **project-MER** worden de milieueffecten bestudeerd en geëvalueerd op basis van de gekozen tracés. Daarbij komen bijvoorbeeld aan bod: type, hoogte, reikwijdte en inplanting van de masten, types geleiders, hoogte van de geleiders, uitvoering van de gebouwen van het hoogspanningsstation, groenvoorziening enz...

Stedenbouwkundige vergunning

De **Stedenbouwkundige Vergunning** wordt aangevraagd bij de Vlaamse overheid. De stedenbouwkundige ambtenaren van de betrokken provinciale afdelingen zullen advies inwinnen bij de betrokken instanties en zullen tevens een openbaar onderzoek op het terrein organiseren. Dit openbaar onderzoek duurt 30 dagen en na bundeling van de bezwaren en de adviezen zal de Vlaamse Overheid beslissen.

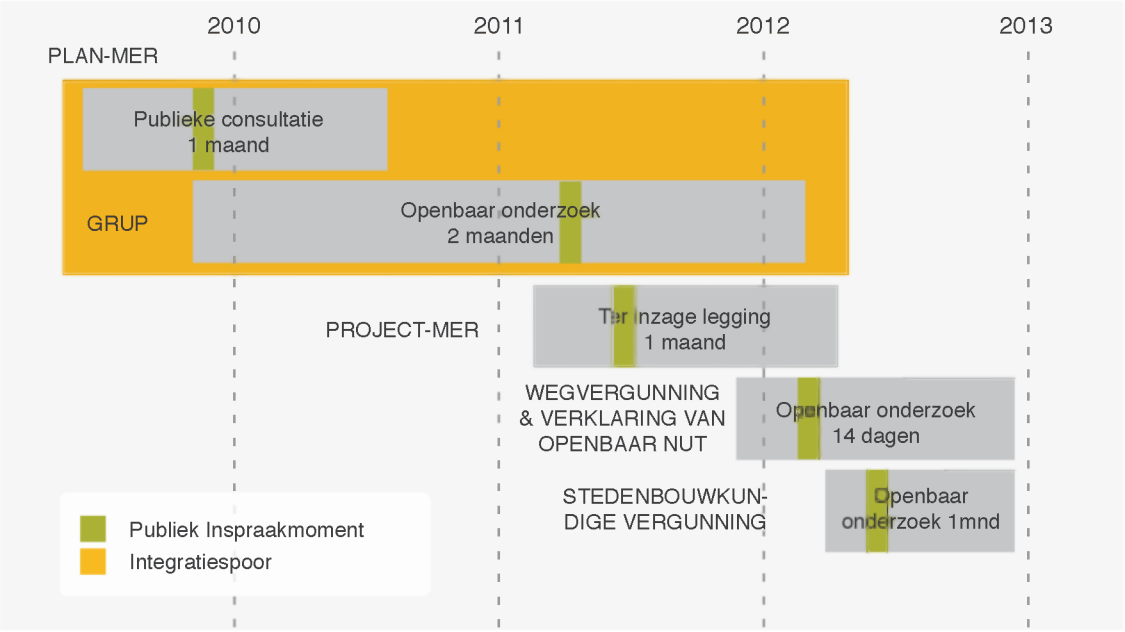
Wegvergunning en Verklaring van Openbaar Nut

Krachtens de wet van 10 maart 1925 wordt voor de hoogspanningsverbinding -gelijklopend met de procedure voor de stedenbouwkundige vergunning- bij de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand & Energie, een **Wegvergunning** en een **Verklaring van Openbaar Nut** aangevraagd.

Een verklaring van openbaar nut wordt aangevraagd voor het aanleggen van elektrische verbindingen op privé-terreinen terwijl een wegvergunning nodig is voor het aanleggen van elektrische verbindingen op openbaar domein zoals o.a. wegen, spoorwegen, kanalen, enz.

De doorlooptijd van beide vergunningen bedraagt ongeveer 12 maanden. Bij het doorlopen van de procedure van Openbaar Nut wordt tevens een openbaar onderzoek georganiseerd waarbij alle eigenaars van de percelen waarop een mast wordt ingeplant persoonlijk zullen worden aangeschreven. De betrokken eigenaars beschikken over 14 dagen om hun bezwaren kenbaar te maken.

Vergunningstraject: overzicht procedures & inspraakmomenten



Milieuvergunning

Voor het hoogspanningsstation Stevin dient een **milieuvergunning** klasse II bij de betrokken gemeente aangevraagd te worden.

De werken: bouwproject in meerdere stappen

Nadat de vergunningsprocedures afgerond zijn kan de eigenlijke uitvoering van de bouw doorgaan.

Het bouwen van een bovengrondse hoogspanningsverbinding bestaat uit de volgende stappen:

- het voorbereiden van de toegangen tot de mastlocaties;
- het aanbrengen van beschermingsportieken om bijvoorbeeld wegen te beschermen tijdens de werken;
- het maken van de fundering van de hoogspanningsmast;
- het samenstellen en oprichten van de mast met behulp van kranen;
- het trekken van de kabels van mast tot mast;
- het opruimen van de werf.

Naargelang de gekozen locaties en deeltrajecten en de gekozen technologie, kunnen de werken meer of minder omvangrijk en tijdrovend zijn. Naargelang het gekozen deeltracé zullen bepaalde stappen immers niet nodig zijn of tot een minimum beperkt blijven.















De timing

De timing van het project is in ruime mate afhankelijk van de duur en het verloop van de vergunningsprocedure. Aangenomen wordt dat deze tegen einde 2012 afgerond kan zijn.

Indien deze verloopt volgens planning, zouden de eigenlijke werken kunnen starten vanaf begin 2013 en lopen tot einde 2014. De afbraak van de meest zuidelijk gelegen bovengrondse 150 kV-verbinding tussen Eeklo en Brugge kan pas na het in gebruik nemen van de nieuwe 380 kV-verbinding. Dit wordt voorzien begin 2015.

Open dialoog met omwonenden

Elia streeft steeds naar een constructieve dialoog met alle betrokkenen. Ook bij dit project zal ruim aandacht worden besteed aan de omwonenden. In de voorbereidende fase wordt in samenwerking met de gemeentelijke diensten en alle andere betrokkenen naar een optimale oplossing gestreefd.

Zodra de locatie van de verbinding en de inplanting van de masten bekend zal zijn, komt een contactpersoon van Elia bij de betrokken bewoners langs om alle praktische schikkingen in goed overleg vast te leggen.

Tijdens de werken staat eveneens een contactpersoon ter beschikking om informatie te verstrekken en de mogelijke hinder van de werken voor de omwonenden zo beperkt mogelijk te houden.

Hoogspanningsstation Horta te Zomergem: schakel naar het interconnectienet

Het hoogspanningsstation Horta nabij Zomergem wordt een nieuw belangrijk knooppunt in het 380 kV-interconnectienet.





Station Horta: bestaande situatie en simulatie na.

Het station Horta vormt tevens een onmisbaar knooppunt om de nieuwe 380 kV-verbinding naar de kust ter hoogte van Zeebrugge, gepland via het project Stevin, te verbinden met de interconnectie tussen Frankrijk, België en Nederland. Het vormt immers de schakel naar de 380 kV-as Avelin (Fr.)-Avelgem-Mercator-Doel-Zandvliet-Geertruidenberg (Nl.). Deze vormt de ruggengraat van ons interconnectienet.

Het nieuwe hoogspanningsstation maakt ook deel uit van de investeringen die nodig zijn om op middellange termijn de elektriciteitsvoorziening in de Gentse havenregio te versterken en de bevoorradingszekerheid te verbeteren. Mede hierdoor wordt de realisatie van dit station als een apart project beschouwd, met een apart vergunningstraject.

Waar?

Een dergelijk hoogspanningstation kan worden gebouwd in Zomergem, ter hoogte van de aftakking richting Eeklo-Noord.

Een locatie werd hiervoor geïdentificeerd in landbouwgebied tussen de woonkernen van de gemeenten Zomergem en Lovendegem.

Nuttige Links

www.elia.be

http://economie.fgov.be/nl/consument/Energie/hernieuwbare_energieen/energiebronnen_offshore/index.jsp

www.mervlaanderen.be

www.ruimtelijkeordening.be

www.bbemg.ulg.ac.be.



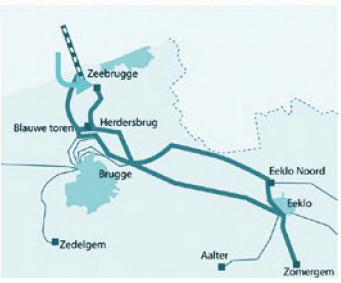










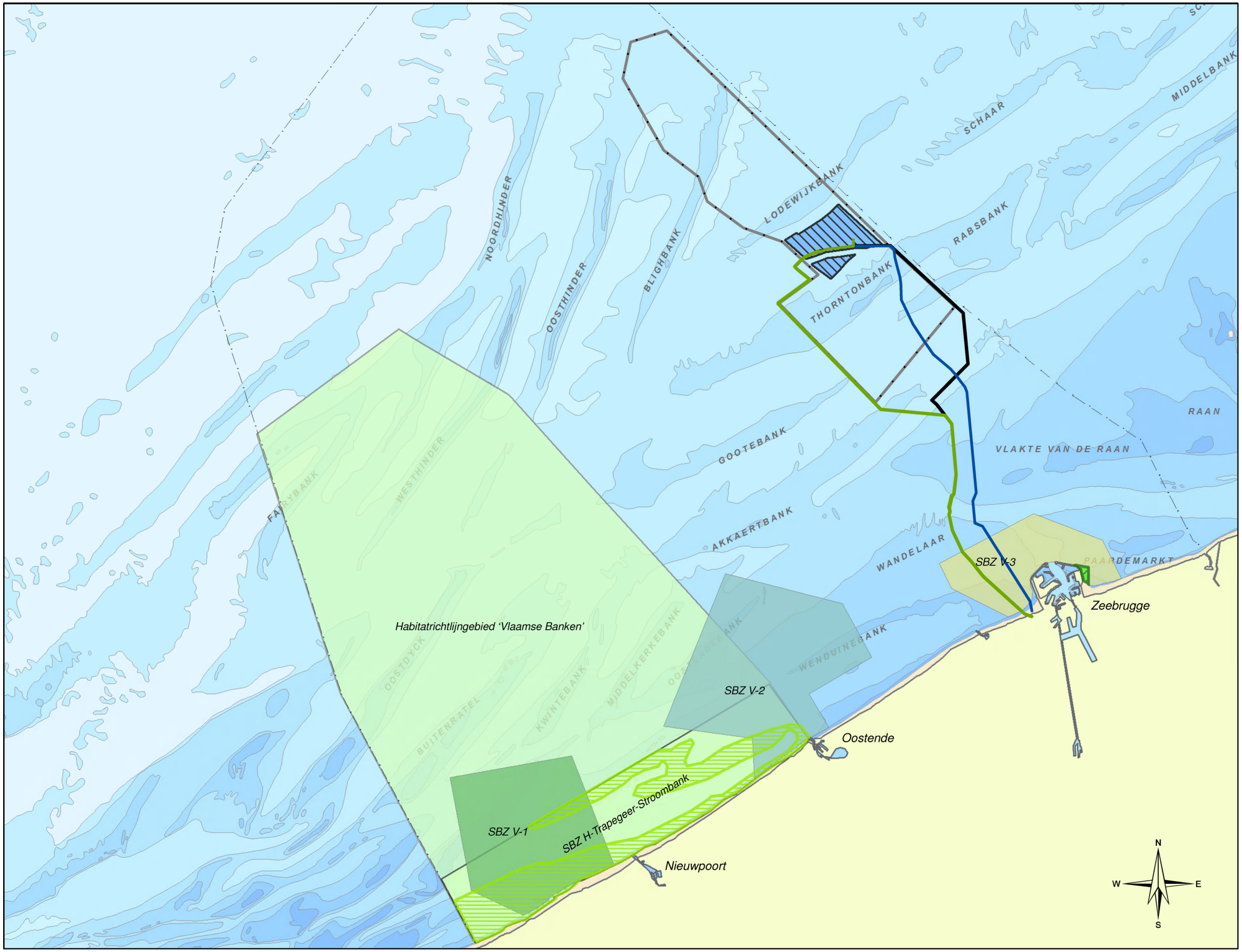




Verantwoordelijke uitgever: Jacques Vandermeiren

Keizerslaan 20 - 1000 Brussel - T +32 (0)2 546 70 11 - F +32 (0)2 546 70 10
info@elia.be - www.elia.be

Bijlage E Beschermde mariene gebieden



Legende

- Concessiezone Belgische windparken
- Rentel concessie
- Grens BCP

Rentel exportkabel (alternatieven)

- Rentel tracé Oost
- Rentel alternatief tracé Oost
- Rentel tracé West

Beschermde gebieden (Natura 2000)

- SBZ V-1
- SBZ V-2
- SBZ V-3
- SBZ H-Trapegeer-Stroombank
- Beschermd gebied (Ramsar)
- Gericht marien reservaat Baai van Heist

Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark Rentel

Beschermde mariene gebieden

OTARY RS

RENTEL NV

Haven 1025 – Scheldedijk 30
B – 2070 Zwijndrecht
T +32 3 250 52 11
F +32 3 250 56 50

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project nummer : 11397

tek. nummer : rev:

datum: 18 - 04 - 2012

Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500000
False Northing: 0
Central Meridian: 3
Scale Factor: 0.9996
File: W:\11397\GIS\Project\11397_009_120418_MER_Marien.mxd

0 4 8 12 16 20 Kilometer

Bijlage F Brochures typevoorbeelden windturbines

May 2010 www.windpowerengineering.com

Windpower ENGINEERING



Breaking the 9-MW barrier

Page 36

INSIDE:

>> INTERPRETING CONTAMINANTS IN HYDRAULIC OIL PAGE 50

>> BRAKES FOR TURBINE TASKS PAGE 44

Paul Dvorak
Editor

Britannia breaks the 9 MW barrier

Getting 10-MW from a wind turbine will take a permanent-magnet generator with four independent sections, a gearbox lighter than those on smaller turbines, a 150-m diameter rotor, and more.

A 10 MW offshore turbine is in the works that addresses the growing demand for reliable and efficient offshore wind energy. Over its lifetime, each Britannia from Clipper Windpower is expected to displace the use of two-million barrels of oil and offset the need to dispel 724,000 tons of CO_2 into the atmosphere. It will initially deploy in European waters.

The 10 MW design is an evolution of Clipper's 2.5 MW wind-turbine architecture introduced in 2003. The overall design concepts were introduced by Jim Dehlsen, a pioneer in the wind energy industry for more than 30 years, as well as an experienced wind engineering team that had been involved in the development of four generations of wind turbines –ranging in size from early 550 kW turbines up to the 1.5 MW models.

"We plan to achieve the same tower mass as current 5 MW machines, while using larger diameter blades to bring the cost-of-energy down for offshore operation," said Amir Mikhail, PhD. Senior Vice President of Engineering at Clipper Windpower. "The design concept is to produce twice as much power for the same mass." He explains that the project targets a lighter nacelle (the enclosed drive train and associated equipment at the top of the tower) which will also translate into lower balance-of-plant (BOP). Some aspects of the Clipper Liberty 2.5 MW machine are being scaled up to the Britannia, however a raft of additional innovations are being introduced to make this concept work in the real world.

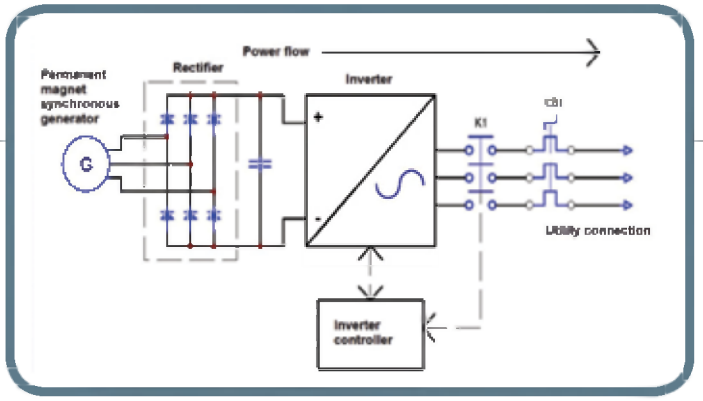


The 10 MW

Britannia

from Clipper

Windpower



The electrical system provides redundancy for offshore applications. For example, the design calls for multiple generator windings, rectifiers, down-tower conductors, and inverters.

Design Evolution

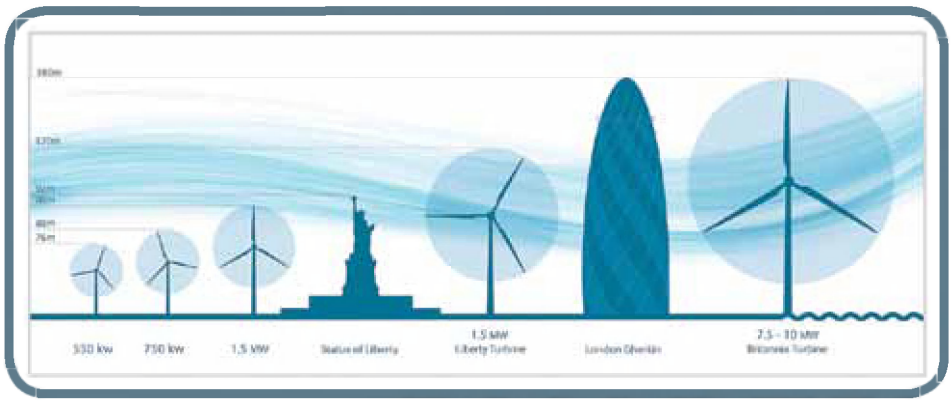
The company spent many years working with the U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL) in Golden, Colorado to prove out the early stages of the 2.5 MW design. In fact, NREL's National Wind Technology Center provided a grant to help develop and test the initial Liberty concept.

Modern gearboxes typically use two-stage planetary and one parallel-shaft stage with helical gears which are attached to a single generator. However, this necessitates massive gear casings that stretch the capabilities of traditional manufacturers, and places enormous loads on the bearings. Wind turbines have grown from an average of 700 kW to over 2 MW in the past decade, and some 5 MW models are currently in operation. As a result of this shift in orders of magnitude, the three-stage gearing concept suffers too many failures due to excessive loads. Clipper has spent many years refining a lightweight two-stage helical design using four permanent magnet (PM) generators instead of the usual single-wound rotor-induction generator. This was then validated during extensive testing at NREL which evolved into the company's 2.5 MW turbine.

"The Liberty's multiple-drive path design radically decreases individual gearbox component loads, which reduces gearbox size and weight," said says Bob Thresher, director of NREL's National Wind Technology Center. "The new generators significantly reduce component mass by eliminating much of the copper that would be required for windings in the rotor. The machine will also take advantage of advanced feedback controls to reduce load excursions in turbulent wind conditions and optimize pitch schedules to reduce drive train loads and improve energy capture." Apart from reducing loads, this approach is aimed at boosting turbine uptime.

Also under development is a way to improve the variable-speed technology used in most modern wind turbines. Variable-speed designs maximize energy capture from the wind by continually adjusting the rotational speed of the blade to match prevailing wind conditions. The Clipper design harnesses the latest generation of transistors and switches to achieve full power conversion which is more suited to modern grid requirements such as low-voltage ride through and grid stabilization in a simpler way, about half the cost of full speed conversion. The company has been granted many patents in this area.

This all adds up to weight reduction. Many modern gearboxes in MW-scale wind turbines weight 50 to 70 tons. By comparison, Liberty's gearbox weighs in at only 36 tons, including gearbox, brakes, and housing.



The profiles give an idea of the scale of the Britannia.

Britannia

Some of these concepts are being carried over to the Britannia 10 MW model. It will use permanent magnet (PM) generators, and will incorporate an advanced gearbox system and control systems. But due to its scale, most components will have to be redesigned to accommodate much greater loads and operate well in a challenging marine environment.

"The 500 working Liberty machines have proven the variable speed concept, which can be migrated directly into the Britannia," said Mikhail. "We also took the idea of dividing the load and carried it to a higher level."

Four generators atop a 10 MW wind tower would require a more complex connection to the gearbox. So instead of four PM generators, the load will be separated into four outputs inside the drive train to make it more compact. Result: a single medium-speed generator with multiple windings. The medium speed makes it possible to use a two-stage gearbox rather than the 3-stages commonly used in the industry. As a general rule of thumb, with fewer stages, there are fewer reliability issues, and efficiency is higher.

A 30-year life span was another novel idea introduced to the market by the Liberty as opposed to the typical 20 years offered in the industry. The Britannia Project is also targeting a thirty-year span.

Similarly, the Liberty's two pre-loaded, low-speed tapered-roller main bearings are being scaled up. These bearings help absorb the massive thrust loads and mitigate problematic axial motion as well as main shaft misalignment often associated with

low-speed bearing failures.

A major effort has been made to reduce unscheduled maintenance costs for the proposed turbine. Doubly-fed induction generators, in contrast, require replacing brushes, while other U.S. concepts require rotating rectifiers and exciters which are generally placed in the rotor hub. So like the Liberty, there are no moving brushes, rotating rectifiers, or exciter parts in the generator's rotor. The PM generator also eliminates the need for brushes on the shaft as there is no need to excite the rotor.

"The total weight of the Britannia's nacelle is currently targeted at 500 tons, which is comparable to current machines which are half the capacity" said Mikhail. "Lower weight translates directly into lower costs for the machine and the balance of plant which ultimately translates into lower cost of energy."

Blades

While what goes on atop the tower is of vital importance, the blades can make or break turbine performance. Mikhail explains that energy production is proportional to the square of the blade diameter, and loads increase with the cube of the swept area.

Over the years, then, OEMs have made their nacelles larger as more features were added to mitigate loads. This trend can not continue indefinitely and so Clipper has opted for a two pronged approach: reduce the weight of the machine and lengthen the blades to capture more energy while introducing innovation into blade design to lessen their loads.

While most turbine rotors today have less than 100-m diameters (the largest currently has a 126-m diameter), the Britannia Project targets a 150-m rotor diameter. Carbon fiber will be used to reduce weight and boost energy production. This is being accomplished with a proprietary airfoil design that makes the blade as light as possible and a novel structural layout.

"Carbon fiber is expensive so we are making judicious use of it, particularly to change the geometry of the spar and to maintain the stiffness requirements of the skin in certain areas," said Mikhail. "These brand new blades will each weight 30 tons and be 72 meters long."

He adds that they were designed to have a higher tip speed which means they will have to deal with a high Reynolds number. This represents a type of flow to which



Get Blown Away by the Power of One. Composites One.

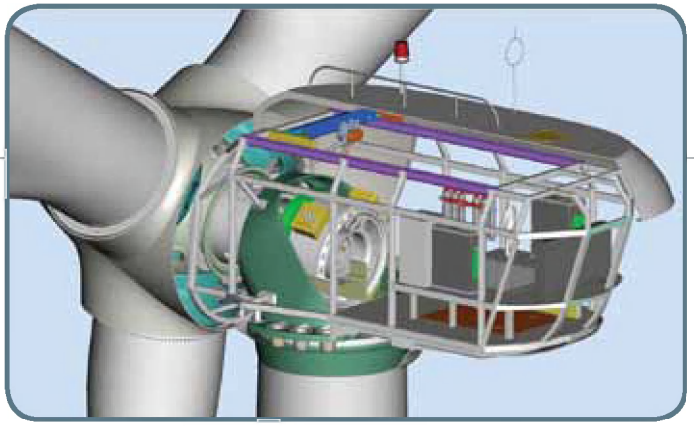
With their high strength-to-weight ratio, design flexibility, reduced drag, and excellent fatigue and corrosion resistance, composites offer structural advantages ideal for wind energy components. And with Composites One, you get process experts who can guide wind engineers from design implementation to finished parts manufacturing. Plus, you'll find one source for all the raw materials and process consumables you need, backed by technical support, local customer service, value-added benefits and more.

That's the power of one. Composites One.

COMPOSITES ONE®

800.621.8003 www.compositesone.com www.b2bcomposites.com

See us at Booth # 5822 during Windpower 2010 in Dallas, May 23-26.



Tower-head mass of the Britannia compares to that of current 5 MW class turbines. The unit, intended for 30 year life, reduces O&M costs by letting technicians easily change out onboard components. All heavy key components can be swapped out with an onboard crane, including the generator rotor, or stator, or both.

these proprietary airfoils are suited. These flat-back airfoils allow for more structural rigidity with minimal performance loss.

The company expects major energy capture gains. Clipper verified the performance using a model of the intended blade in the DLR Wind Tunnel in Braunschweig, Germany.

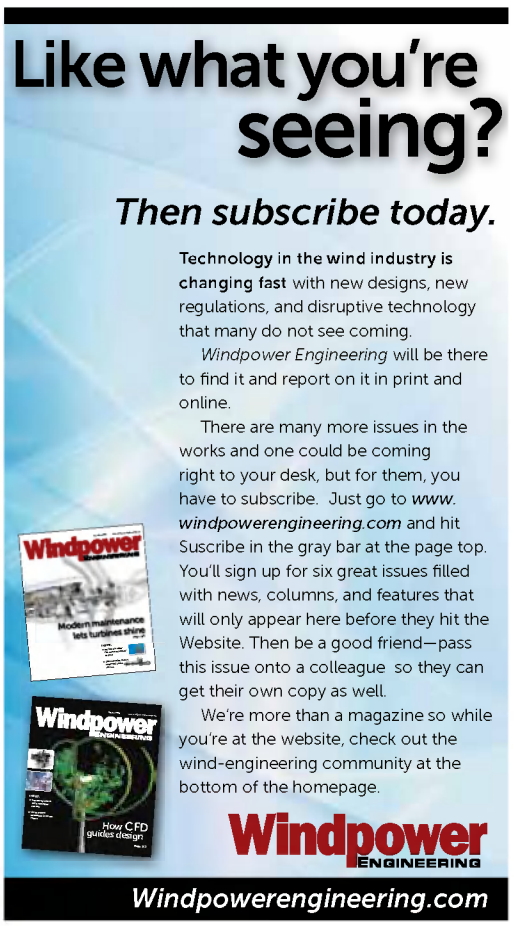
Prototyping

To execute this project, Clipper has established a Centre of Excellence for Offshore Wind in Blyth in the northeast of the UK in conjunction with the Blyth-based New and Renewable Energy Centre (NaREC). NaREC is one of five centers of excellence set up by the North East regional development agency, One NorthEast. It includes a range of research, testing, and development facilities for verifying components before they are assembled on the prototype wind turbine.

NaREC is providing a full-scale test support package for engineering and a drivetrain test laboratory, including blade testing facilities. OneNorthEast funding has already established a blade test stand. This will be expanded to cope with the 72-m long blades. Further test stands will be erected in the near future for gearbox and generator testing.

Engineering for the project is being directed by Clipper's Advanced Technology Group in California while the company operations in Blyth will handle sthe Balance of Station which includes foundation, assembly, and erection. Funding provided by the Department of Energy and Climate Change (DECC) also will support the development of Clipper's turbine supply chain and related manufacturing facilities. This has already been set in motion. For





example, following successful modeling in Germany and subsequent blade plug development, Clipper signed a lease agreement with the Shepherd plant in the Northeast of England to produce the blades, starting with those intended for the prototype. This new 4,000-m^2 facility recently broke ground near Newcastle.

The first machine will be based near shore for easier testing. "The Britannia prototype will run at 7.5 MW on land," said Mikhail. "However, we will ramp it up to 10 MW for testing to ensure it is operating as planned." While everything will essentially be the same as the intended offshore model, the tip speed will be limited occasionally to keep noise levels down.

Before it is erected, however, the timeline calls for the NaREC gear box testing facility to be ready by the middle of 2011 to allow testing of that system. Mikhail says he intends to conduct thorough and realistic tests of the drive train before moving forward with prototype construction. The plan is to test key components before putting up the turbine in the Blyth area, currently targeted for the second quarter of 2012.

That model will have to include a host of redundancy and marine-worthy features to ensure it can cope with the tough demands of the North Sea. Mikhail said the this includes multiple features to increase reliability and cut down on required maintenance for the simple reason that an offshore turbine can be hard to reach due to weather and sea conditions. Accordingly, it includes four different lines of power output (each 2.5 MW), fully redundant sensors, and other key parts. So even if one part of the turbine does go offline, it can continue to operate at 7.5 MW until repairs are safely carried out.

The nacelle will be fully enclosed to keep the air inside free from salt and humidity. In addition, a dehumidifier will maintain air quality. These features have been extended to include areas of the tower that house equipment. **WPE**



The medium speed, permanent-magnet generator, dubbed MegaFlux, is rated for 10.6 MW. The unit is 98.3% efficient, a 1% improvement over the Liberty and 2 to 4% over conventional induction generators. The medium speed will generate fewer natural frequencies to dampen compared to the company's Liberty quad generator. Multiple independent output windings per generator provide the same quad redundancy in the electrical system as the Liberty design.



YOUR SOURCE FOR WIND TURBINE RELIABILITY, MAINTENANCE EQUIPMENT AND SERVICES

- ONLINE CONDITION MONITORING - GL Certified
- DYNAMIC ROTOR BALANCING AND VIBRATION ANALYSIS
- GEARBOX-TO-GENERATOR LASER ALIGNMENT

LUDECA wind
(305) 591-8935 • www.ludecawind.com

See us at WindPower 2010 Booth 10254

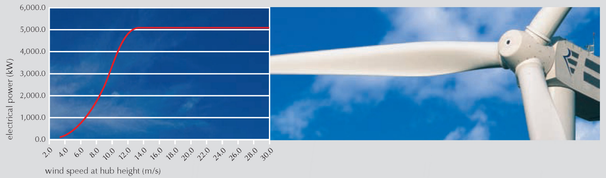
Proven technology in a new dimension

The REpower 5M takes our internationally renowned technology to a new dimension. Its innovative, detailed design reinforces our leadership in the provision of technical solutions. With a rated power of 5 megawatt and a rotor diameter of 126 metres, the 5M is one of the largest and most powerful wind turbines in the world. The 5M sets new standards for the economic viability of windfarms, especially in offshore installations.

Windfarms with turbines of this size achieve outputs similar to conventional power plants. This in turn puts high demands on the control and regulation system because optimised integration into the power grid is essential. In the 5M, REpower has once again shown how compatibility with the grid can be optimised. The 5M can be easily integrated into the grid, just like any other power plant of its size.

Due to its modular structure and logistical flexibility, the 5M is suitable for onshore and offshore installation. The offshore version is specifically designed to withstand extreme environmental conditions. This includes, for example, redundancy of key components to guarantee maximum availability, effective protection against corrosion and a permanent monitoring system.

Our comprehensive and efficient service ensures reliable and cost-effective operation of the 5M over its entire service life.



Powerful, economical, reliable

By choosing REpower turbines, you are selecting power plant technology of the highest quality. To ensure that your investment retains its value, we offer comprehensive after-sales service.

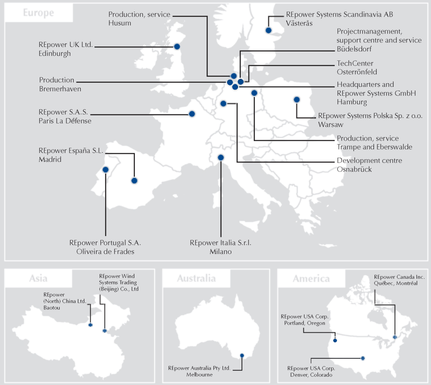
Our permanent system monitors your power plants 24 hours a day, 365 days a year ensuring the quickest possible response times of our local service teams. We also offer integrated service packages (ISP-onshore and OSP-offshore) that allow you to calculate your long-term operating costs.

We are constantly upgrading our services to meet the increasingly stringent requirements of monitoring, documenting and optimising the operational behaviour of windfarms. With our „REguard“ package, we offer a comprehensive modular windfarm management system that can be flexibly configured to suit local factors, ensuring efficient operation of your plant at all times.

For more information, please refer to our brochures or contact our sales team.



The REpower sales teams are always there for you.



Please visit our website: at **www.repower.de ▶ Company ▶ REpower Germany** or **REpower International** you can find the addresses of all our company sites.

All information contained in this product brochure are subject to change at any time. REpower assumes no liability for any errors or omissions in the content of this product brochure, nor does REpower give any guarantees under it. Any scope of services and supply shall be determined exclusively by a formal agreement.

	MM82	MM92	MM100	3.4M104	3.2M114	5M	6M
Rated power	2,050 kW	2,050 kW	1,800 kW	3,370 kW	3,170 kW	5,075 kW	6,150 kW
Rotor diameter	82.0 m	92.5 m	100.0 m	104.0 m	114.0 m	126.0 m	126.0 m

*RE*power Systems SE · Headquarters · Überseering 10 · 22297 Hamburg · Germany
Phone: +49-40-5 55 50 90-0 · Fax: +49-40-5 55 50 90-39 99
E-mail: info@repower.de · www.repower.de

www.bilder-archiv.de



5M

The 5-megawatt power plant with 126 metre rotor diameter



5M

Technical data

Design data

Rated power	5,075 kW
Cut-in speed	3.5 m/s
Rated wind speed	14.0 m/s
Cut-out speed	25.0 m/s onshore 30.0 m/s offshore
Type class	Offshore IEC IB, REpower S-Classes Onshore IEC IB, IEC IIA

Rotor

Diametre	126.0 m
Rotor area	12,469 m²
Rotor speed	7.7–12.1 rpm (±15.0 %)

Rotor blade

Length	61.5 m
Type	GFRP shell construction, pre-bent

Yaw system

Type	Externally geared four-point bearing
Drive system	Gear motors with multi-disc brakes
Stabilisation	Disc brake with hydraulically operated brake shoes

Gear system

Type	Two helical planetary stage and one spur gear stage
Transmission ratio	i = approx. 97

Electrical system

Generator type	Double-fed asynchronous generator, 6-pole
Rated power	5,075 kW
Rated rotor voltage	660 V
Rated stator voltage	950 V
Rated speed	750–1,170 rpm (±15.0 %)
Generator protection class	IP 54
Converter type	Pulse-modulated IGBTs

Power control

Principle	Electrical blade angle adjustment – pitch and speed control

Tower

Type	Steel tube tower
Hub height	117 m onshore approx. 85 – 95 m offshore (depending on site conditions)

Foundation

Onshore	Reinforced concrete foundation, depending on site conditions
Offshore	Substructure suitable for actual site

Safety system

- Individually adjustable blades (electrically controlled) – fail-safe system
- Extensive temperature and speed sensing system including builtin redundancy
- Fully integrated lightning protection
- Automatic fire protection system
- Shielded cables protecting people and machinery
- Rotor holding brake with soft-brake function



Rotor bearing and shaft
- Double-supported distributed drive train with clear functional separation
- Bearing consisting of one movable bearing (CARB™) and one fixed bearing (spherical roller bearing) with optimised bearing housing and automatic for-life lubrication, ensuring excellent antifriction properties and prolonged service life
- The use of CARB™ bearings allows for axial shifts and inclination of the rotor shaft without causing damage



Rotor hub
- Extremely low deformation due to compact design adjusted to power flow, with optimised integrated external pitch drives
- Generously dimensioned spinner allowing access to the hub in all weather directly from the nacelle
- Elastomer bearings of the battery boxes prevent damage due to acceleration peaks



Pitch system
- Virtually maintenance-free electronic system ■ High-quality double-row blade bearing with hardened gears and automatic lubrication of track and gearing ■ Protected against the elements by means of integrated deflector in the spinner
- Maximum reliability due to redundant blade angle detection by means of two separate measuring systems
- Fail-safe design with separate control and regulation systems for each rotor blade
- High-quality batteries in heated battery boxes; charge and status permanently monitored depending on the actual temperature



Rotor blade
- Load-optimised GFRP construction
- Lightning protection with multi-receptor system, including drain receptor in the blade tip
- Optional load and blade status monitoring system



Fire protection
- Fully automated fire protection system with active signals (for smoke and aerosols) and smoke detection in the nacelle, the switch cabinets and the transformer room (for early fire detection)
- Automatic nitrogen multi-point fire extinguishing equipment protecting the electrical components
- Carbon dioxide and ABC fire extinguishers for manual fire-fighting in the tower and nacelle



Electrical system
- optimised integration of the complete system into the nacelle
- Reliable protection against humidity and salt through cooling with air to air heat exchangers
- Low transmission loss as components are located close to each other
- Components mounted on elastomer bearings, reducing structure-born sound and vibration



Tube Tower
- Characteristic frequency of the tower is above rotating frequency of the rotor (rigid design) and ensures minimum stress in tower and machine
- No restrictions regarding speed range of unit, as there is no risk of frequency interference
- Excellent component safety due to T- and L-flanges and load-optimised door opening



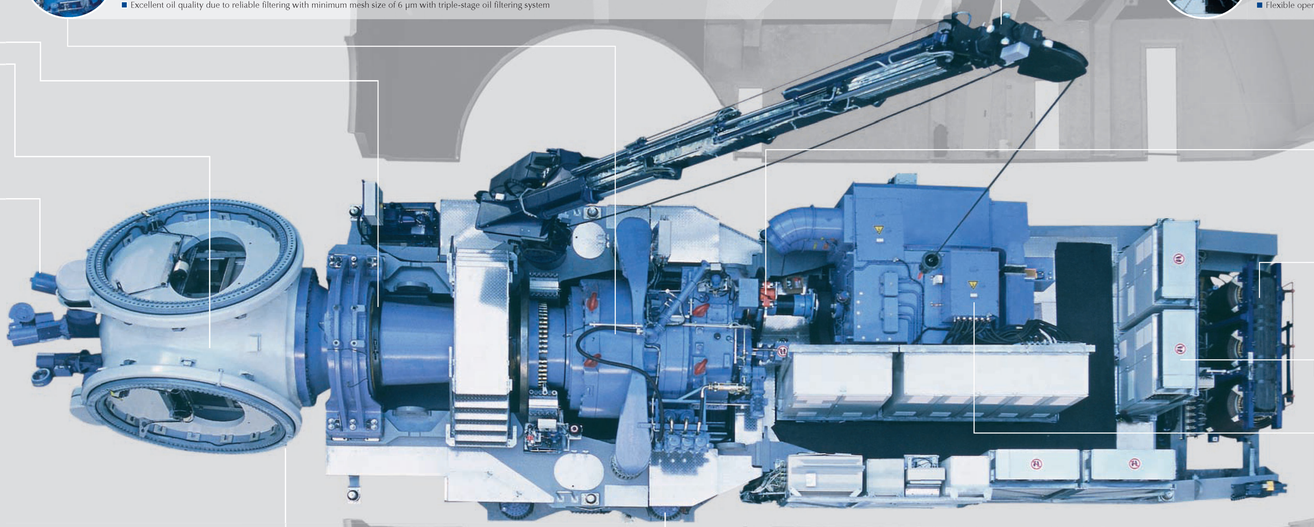
Gear system
- Two helical planetary stages and a double helical spur gear stage ■ Net torque transmission via slip-on gear design Dimensioned according to REpower gear regulations, meeting the most stringent requirements regarding service life and smooth running ■ optimised efficiency
- Elastomer bearing of torque multiplier for effective structure-borne sound insulation and gear-protecting compensation of peak loads
- Low temperature level due to efficient oil cooling system with oil/air heat exchanger
- Electric and mechanical system for optimised lubrication during normal and idle operation
- Excellent oil quality due to reliable filtering with minimum mesh size of 6 µm with triple-stage oil filtering system



Lightning protection
- Lightning protection concept based on zones, meeting the stringent requirements of IEC lightning protection class I and the GL regulations, with internal and external lightning protection ■ Outer lightning protection by means of multiple receptors located in the rotor blades and the lightning rod at the weather mast ■ Reliable protection of bearings due to defined lightning conduits
- GFC coupling for the galvanic insulation of the generator system from the gear system
- Overvoltage arrester protecting the electric system ■ Reliable protection of the generator by means of insulated bearing bushings



Environment
- No leakage of lubricants at hub or nacelle, due to
  - labyrinth packing in spinner
  - grease and oil collecting pans integrated in nacelle
  - coaming edges in nacelle panelling and
  - oil pan below azimuth gearing
- Closed central lubrication system of blade bearings ■ Shielding of all relevant cables to protect workers and machine
- Very low noise level





On-board crane
- Fully hydraulic marine crane ■ All necessary maintenance work can be completed with on-board equipment due to:
  - unrestricted swivel range
  - great each
  - high load capacity
  - great lifting heights
- Flexible operation with remote control ■ Option for transport of people with caged platform



Holding brake
- Secure holding of rotor via generously dimensioned disc brake
- Soft-brake function with delayed hydraulic actuation protects the gear system



Transformer
- Use of cast resin and dry-type transformers with excellent ecological properties
- Fully enclosed assembly with air to air heat exchanger
- Reduced weight and fire risk
- Output voltage adjustable between 20 and 33 kV



Converter
- Low conversion loss and high total efficiency as converter output is limited to maximum 20 % of the overall output
- Redundant system with 4 modules aligned in pairs allows for continuous operation even in the event of a module failure
- optimised frame construction minimizes vibration and oscillation



Generator
- Yield-optimised variable speed range
- Fully enclosed generator with air/air heat exchanger
- optimised temperature level in generator, even at high outside temperatures
- Low-voltage operation allows for the use of tried and tested series components without the need of additional switching equipment
- Excellent safety as insulation is dimensioned for 20 kV



Azimuth/Yaw system
- Externally geared four-point bearing, driven by generously dimensioned high-quality gear motors with multi-disc brakes
- Hydraulic holding brakes relieve the drives when idle and stabilise the nacelle
- Minimum load on drives due to low friction at four-point bearing and minimum brake pressure during tracking



Corrosion prevention
- Special multi-layer coating according to DIN EN ISO 12944
- Highly effective additional coating of the tower and foundation area
- Protected installation of all electrical components in nacelle
- Cooling and ventilation of components through heat exchangers
- No intake of humid or salty air into the nacelle



Serviceability
- Ample space in nacelle for ergonomically optimised and reliable service ■ Hub easily accessible in all weather conditions without having to leave the nacelle ■ Excellent accessibility of all components ■ Guards mounted over all rotating components ensure safe servicing
- If necessary, the unit can be easily and safely dismantled as drive train components are flange-mounted and the electric connections are equipped with plug-type connectors ■ Easy handling of heavy components due to sturdy folding crane located in the nacelle
- Permanent status monitoring and reliable early detection system combined with optimised maintenance schedule based on condition monitoring system ■ Helicopter descent platform for offshore installations ensure accessibility to the unit even in adverse weather conditions



6M

Die Weiterentwicklung der erfolgreichen Offshore-Anlage REpower 5M

The further development of the successful offshore turbine REpower 5M

Die neue Offshore-Windenergieanlage REpower 6M stellt die Weiterentwicklung des erfolgreichen Vorgängermodels REpower 5M dar.

Die Entwicklung basiert auf den bekannten REpower-Qualitäten wie Servicefreundlichkeit, konservativer Komponentenauslegung, Transportfähigkeit und exzellenter Netzverträglichkeit mit dem klaren Fokus auf den Einsatz in großen Offshore-Windparks.

Technische Daten

Auslegung

Nennleistung	6.150 kW
Einschaltwindgeschwindigkeit	3,5 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	Onshore 14,5 m/s
	Offshore 14,0 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	Onshore 25,0 m/s
	Offshore 30,0 m/s
Windzone	DIBt 4*
	*DIN 1055-4:2005-03
Typenklasse	Offshore IEC IB, REpower S-Classes
	Onshore IEC IB, IEC IIA

Rotor

Durchmesser	126,0 m
Rotorfläche	12.469 m^2
Drehzahl	7,7 bis 12,1 min^{-1} (+15,0 %)

Rotorblatt

Länge	61,5 m
Bauart	Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)

Windnachführung

Bauart	Außenverzahntes Vierpunktlager
Antrieb	Getriebemotoren mit Lamellenbremsen
Stabilisierung	Scheibenbremsen mit hydraulischen Bremsbacken

Getriebe

Bauart	Dreistufiges Planeten-/Stirnradgetriebe
Übersetzung	i = ca. 97

Elektrisches System

Nennleistung	6.150 kW
Nennspannung	20 kV, 30 kV, 33 kV
Nennfrequenz	50 Hz
Generator	Doppelt gespeister Asynchrongenerator
Generatorschutzklasse	IP 54
Statorspannung	6,6 kV
Nenndrehzahl	1.170 min^{-1}
Drehzahlbereich	750–1.170 min^{-1}
Frequenzumrichter	Pulsmodulierte IGBT (wassergekühlt)
Transformator	Drei-Phasen Gießharztransformator
	Kühlung über Luft-Luft-Wärmeaustauscher

Leistungsregelung

Prinzip	elektrische Blattwinkelverstellung – Pitch- und Drehzahlregelung

Turm

Nabenhöhe	Onshore 100 m–117 m
	Offshore ~ 85 m–95 m Standortabhängig

Sicherheitssystem

- Voneinander unabhängige elektrische Einzelblattverstellung
- Umfangreiche Temperatur- und Drehzahlsensorik in redundanter Auslegung
- Vollintegriertes Blitzschutzzonenkonzept
- Rotorhaltebremse mit Soft-Brake-Funktion
- Automatisches Brandschutzsystem

The new REpower 6M offshore wind turbine represents the further development of the successful predecessor REpower 5M.

This development is based on well established REpower philosophies including superior service friendliness, conservative component design, ease of transportation and enhanced grid compatibility with a clear focus on the operation in big offshore wind farms.

Technical Data

Design data

Rated power	6,150 kW
Cut-in wind speed	3.5 m/s
Rated wind speed	Onshore 14.5 m/s
	Offshore 14.0 m/s
Cut-out wind speed	Onshore 25.0 m/s
	Offshore 30.0 m/s
Type class	Offshore IEC IB, REpower S-Classes
	Onshore IEC IB, IEC IIA

Rotor

Diameter	126.0 m
Rotor area	12,469 m²
Rotor speed	7.7 to 12.1 rpm (+15.0 %)

Rotor blade

Length	61.5 m
Type	Glass-fibre reinforced plastics (GRP)

Yaw system

Type	Externally geared four-point bearing
Drive system	Gear motors
Stabilisation	Disc brakes

Gear system

Type	Three stage planetary/spur-gear system
Transmission ratio	i = approx. 97

Electrical system

Rated power	6,150 kW
Rated voltage	20 kV, 30 kV, 33 kV
Rated frequency	50 Hz
Generator	Asynchronous doubly-fed generator
Generator protection class	IP 54
Stator voltage	6.6 kV
Rated speed	1,170 min^{-1}
Speed range	750–1,170 min^{-1}
Converter	Pulse width-modulated IGBT (water cooled)
Transformer	Cast resin 3-phase transformer (cooling via air to air heat exchanger)

Power control

Principle	Electrical blade angle adjustment – pitch and speed control

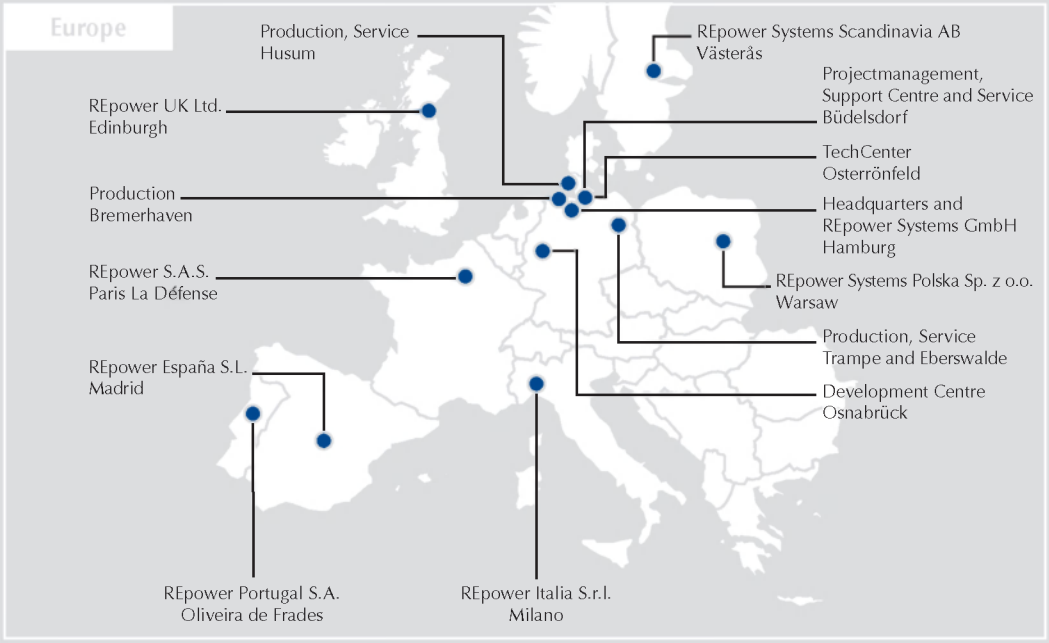
Tower

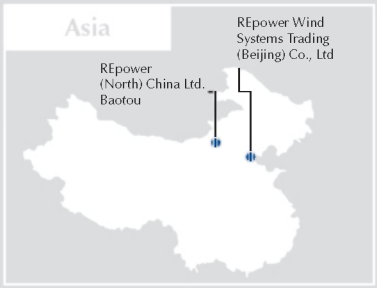
Hub height	Onshore 100 m–117 m
	Offshore ~ 85 m–95 m (site specific)

Safety system

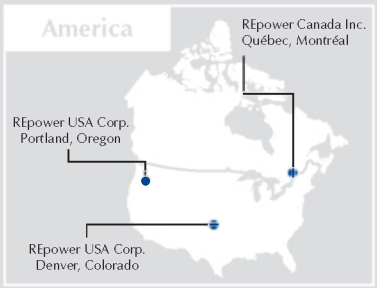
- Individually adjustable blades (electrically controlled)
- Extensive redundant temperature and speed sensing system
- Fully integrated lightning protection
- Rotor holding brake with soft-brake function
- Automatic fire protection system

Die REpower-Vertriebsteams sind für Sie da.
The REpower sales teams are always there for you.









Please visit our website: following **www.repower.de ▶ Company ▶ REpower Germany** or **REpower International** you can find the addresses of all our company sites.

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite: Unter **www.repower.de ▶ Unternehmen ▶ REpower Deutschland** oder **REpower International** finden Sie sämtliche Adressen unserer Standorte.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Keine Beschaffenheitsangaben oder Garantien enthalten. Lieferumfang ausschließlich gemäß Liefervertrag.

Subject to alteration and errors excepted. There are no statements as to consistence or guarantees. Scope of services and supply are determined exclusive by an agreement.

REpower Systems SE · Headquarters · Überseering 10 · 22297 Hamburg · Germany
Phone: +49-40-5 55 50 90-0 · Fax: +49-40-5 55 50 90-39 99
E-mail: info@repower.de · www.repower.de

04/2011
www.barisch-design.de

Vestas®

V164
7.0 MW

Wind. It means the world to us.™

Lowering the cost of energy offshore

A new era for offshore wind power

We stand on the threshold of a revolution in wind power, as the potential of the offshore wind power market is fully recognised. With the right equipment and strategy, huge returns on investment are achievable. The challenges associated with harvesting offshore wind are clear – the large scale of projects, the distance from shore, the depths of installation and safety. That's why we at Vestas, having pioneered the offshore industry since its dawn, have developed a new generation of turbines 100 per cent dedicated to offshore environments.

Technology geared towards profitability

With the launch of the 164-7.0 MW Vestas introduces design choices to drive your profitability to new levels in offshore wind.

- Maximising the amount of energy capture, not only with the huge rotor diameter of 164m, but also through an optimal rotor to generator ratio
- Reducing operations and maintenance costs by enabling customers to run fewer, larger turbines
- Reducing the scale and risk of investment required, as fewer turbines also means fewer foundations and less cabling
- Maximising your return on investment thanks to the 25 year structural design life of the V164-7.0 MW - outstanding by industry standards. This gives you a longer period to generate energy, and adds to your business case certainty.


V164-7.0 MW
takes offshore to
the next level
Wind. It means the world to us.™
Wind is all we do. We are relentlessly committed to the success of wind as a source of energy for the world, providing everything you need to succeed in your wind power ambitions.

Predictable, competitive cashflow... **together**!

Working together to maximise the value of your investment

At Vestas, the design and planning of a new wind power project always begins the same way – by listening to you, the customer, and understanding your commercial needs and how to turn them into reality.

Although the cost of the turbines typically represents approximately one third of the total capital expenditure for an offshore project, logistical decisions – such as weight, size, service access, etc. – impacts on other costs along the value chain. That's why we consider all the factors at an overall project level, rather than simply at an individual turbine level.

Business case certainty is key. Using our three decades of industry experience, we've combined proven technology and innovative engineering to design the ultimate offshore turbine.

Previous offshore turbine types have been adapted from onshore equivalents. The V164-7.0 MW is taking the full step and has been designed from the first nut to the last bolt with challenging offshore conditions in mind.

By raising the bar for the industry, we've created the most convincing financial proposition ever for offshore energy investment.

A technical revolution tailored for success

The V164-7.0 MW signifies a quantum leap forward in rotor size and energy capture. The 164m rotor diameter offers you a swept area of more than 21,000m^2 - the equivalent of almost three football pitches. When it comes to profitability the bigger the swept area, the bigger the revenue.

The size of the swept area does not do it alone

In addition, we have optimised the rotor-to-generator ratio to maximise the yield, taking into account variables like:

- Wind speed
- Water depth
- Wind power plant size
- Grid capacity
- Foundation type

The V164-7.0 MW also includes various specific strategies to mitigate the risk:

- The turbine features failure-tolerant modes to run with reduced output in the event of unexpected issues arising
- Aircraft-inspired 'redundant component' policy, to avoid unnecessary interventions between scheduled servicing and ensure normal output
- We use a medium-speed gearbox for reliable operations
- All equipment and components are evolutions of proven existing technology

The resulting cash flow will make you a true leader at sea and place you at the forefront of the offshore energy revolution.



Reliable, predictable, lifetime performance

The V164-7.0 MW has been designed with two guiding principles in mind: firstly, this new generation of offshore turbines is intended to require as little maintenance as possible. Secondly, when servicing is required, it should be as safe, quick and cost efficient as possible.

This means the parts we manufacture are sturdy and engineered to the highest degree of precision, resulting in fewer unscheduled visits and less downtime. For every offshore wind power plant, we tailor a maintenance programme to suit the site's specific needs, from full-scope service agreements guaranteeing availability, to more flexible support deals. The choice is yours.

The right people and knowledge

From day one we nurture a relationship of trust and transparency with our partners. Through this relationship we channel our incomparable turbine knowledge to make your wind power plant achieve its ultimate performance. Teams of researchers, technicians and engineers spend every day working to ensure your wind power plant is as reliable and efficient as possible.

When maintenance needs arise, our global supply network ensures we supply the right tools, parts and people – on time, every time. We aim to provide maximum output for the longest period possible, increasing your profits with every day of optimum performance. This is because your investment means as much to us as it does to you.

Shrinking the onshore/offshore price gap

By narrowing the cost gap between onshore and offshore energy production, we are opening the planet's most wind-rich areas for commercial enterprise and furthering our goal of elevating wind power to the same global status as fossil fuels.

1. Partnerships with customers
2. Accurate energy output predictions
3. Cutting-edge components
4. Efficient installation
5. Failure-tolerant technology
6. Streamlined operations and maintenance

These are the six steps which underline our dedication towards making the V164-7.0 MW the new standard-bearer for offshore wind projects – Making you a leader at sea.



V164-7.0 MW
some impressive data

POWER REGULATION pitch regulated with variable speed

OPERATING DATA	
Rated power	7.0 MW
Cut-in wind speed	4 m/s
Operational rotor speed	4.8 - 12.1 rpm
Nominal rotor speed	10.5 rpm
Operational temperature range	-10 - +25°C
Extreme temperature range	-15 - +35°C

DESIGN PARAMETERS	
WIND CLASS - IEC	IEC S
Annual avg. Wind speed	11 m/s
Weibull shape parameter	k 2.2
Weibull scale parameter	12.4 m/s
Turbulence intensity	IEC B
1 year mean wind speed V1 (10 min avg.)	40 m/s
50 year mean wind speed V50 (10 min avg.)	50 m/s
Max inflow angle (vertical)	0°
Structural design lifetime	25 years

ROTOR	
Rotor diameter	164 m
Swept area	21,124 m²

ELECTRICAL	
Frequency	50 Hz
Converter type	Full scale converter
Generator type	Permanent magnet
Nominal voltage	33 - 35 and 66 kV

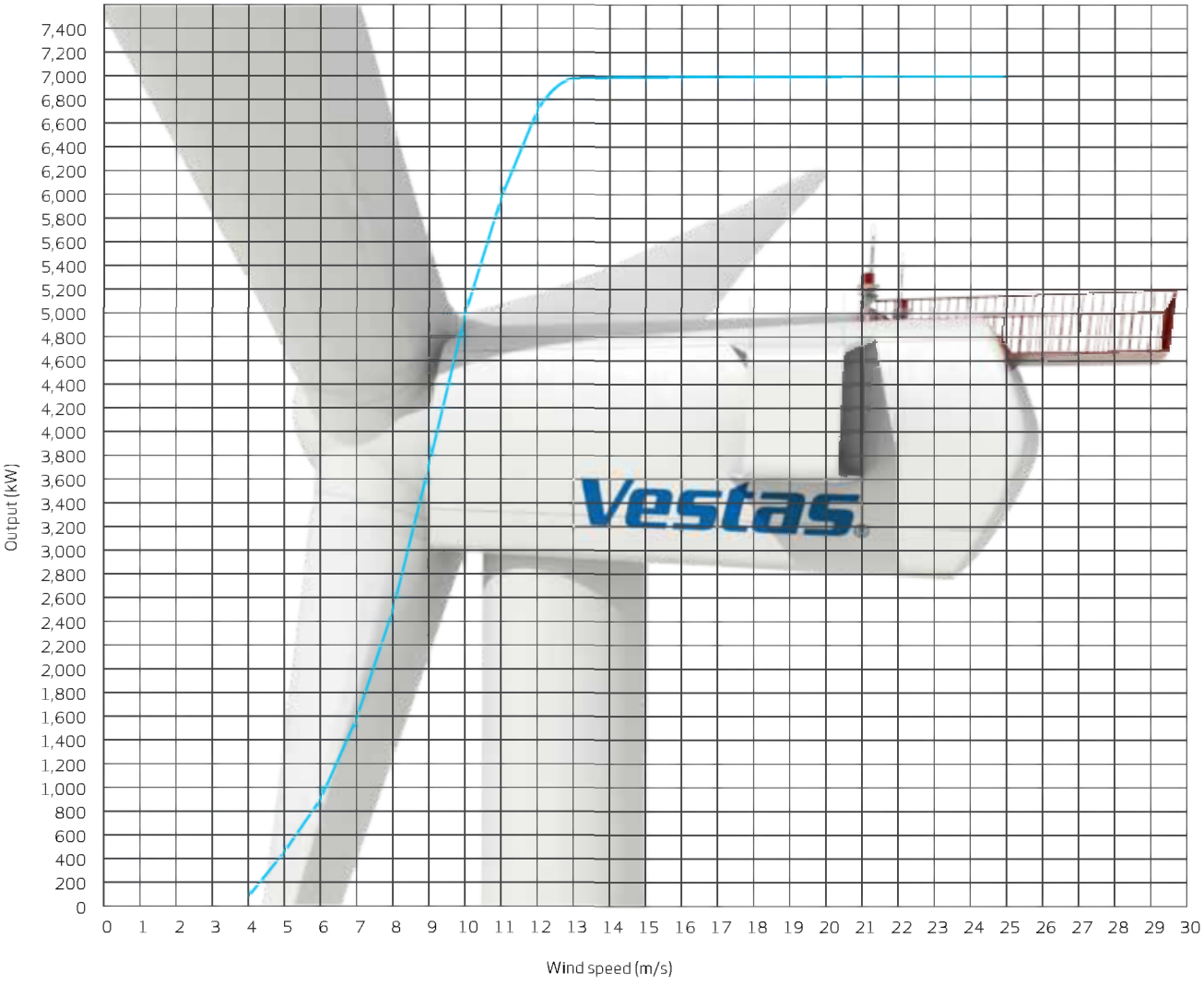
TOWER	
Type	Tubular steel tower
Hub heights	Site specific

BLADE DIMENSIONS	
Length	80 m
Max. chord	5.4 m

NACELLE DIMENSIONS (INCL. HUB AND COOLERS)	
Height	7.5 m
Length	24 m
Width	12 m

WEIGHTS	
Nacelle, including hub	390 ± 10% tonnes
Blade	35 tonnes
Tower	Site dependent

POWER CURVE FOR V164-7.0 MW



Vestas Wind Systems A/S
Alsvej 21 . 8940 Randers SV . Denmark
Tel: +45 9730 0000 . Fax: +45 9730 0001
vestas@vestas.com
vestas.com

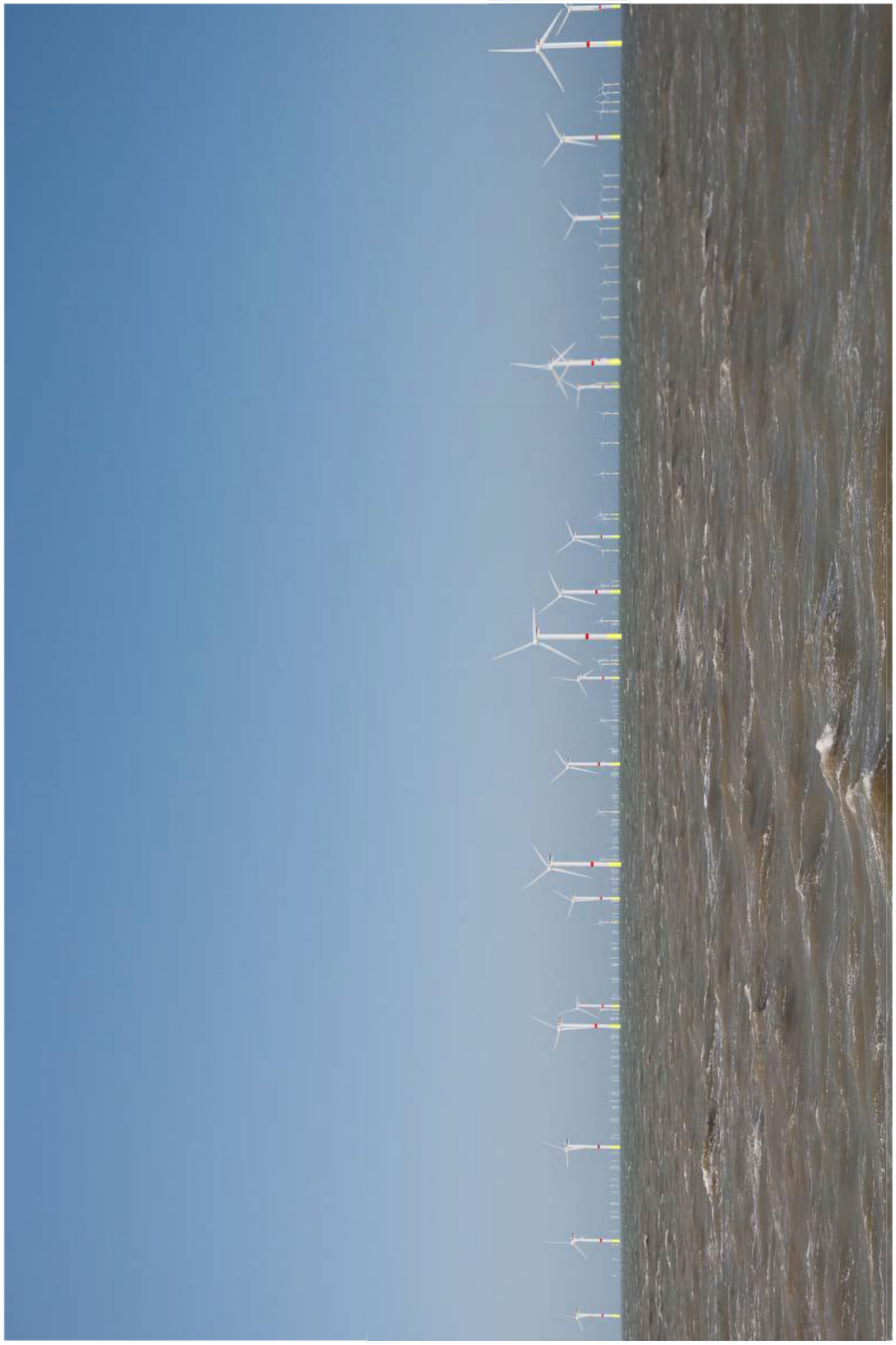
© 2011 Vestas Wind Systems A/S. All rights reserved.
This document was created by Vestas Wind Systems A/S on behalf of the Vestas Group and contains copyrighted material, trademarks and other proprietary information. This document or parts thereof may not be reproduced, altered or copied in any form or by any means without the prior written permission of Vestas Wind Systems A/S. All specifications are for information only and are subject to change without notice. Vestas Wind Systems A/S does not make any representations or extend any warranties, expressed or implied, as to the adequacy or accuracy of this information. This document may exist in multiple versions including language versions. In case of inconsistencies between versions the latest English version shall prevail. This product is in its current form a 50 Hz version and therefore not available for 60 Hz markets. This product will not be released for sale in all locations/countries.

03/2011 EN

Bijlage G Zeezicht en cultureel erfgoed: uittreksel uit fotosimulaties door Grontmij (2010) (in: Arcadis, 2011)



Figuur Bijlage G-1 Simulatie van de drie gekende vergunde windmolenprojecten (C-Power, Northwind en Belwind), standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Grontmij, 2010)



Figuur Bijlage G-2 Simulatie van de volledige inname van de juridisch afgebakende zone voor windmolens op zee ('worst case'), zicht van op zee, standpunt op ca 2 km van dichtste windturbine, kijkrichting noordwesten (Grontmij, 2010)