RAPPORT



THV SeaStar

# Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar

MER SeaStar

10 juli 2013 - versie 1.0

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 SeaStar |
| Project | Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar |
| Opdrachtgever | THV SeaStar |
| Documentref | I/RA/11421/12.201/MIM |
| Documentnaam | K:\PROJECTS\11\11421 - MER SeaStar\10-Rap\RA12201_MER SeaStar\RA12201_MER_SeaStar_v1.0.docx |

## Revisies / Goedkeuring

| Versie | Datum | Omschrijving | Auteur | Nazicht | Goedgekeurd |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 10/07/13 | Finale versie | CPA/MIM/MGO | MIM/MSM | MSA |

## Verdeellijst

| | | |
|---|---|---|
| 32 | Analoog | Marc Huygens (THV SeaStar) |
| 1 | Pdf/Word | Marc Huygens (THV SeaStar) |

## Document Identificatie

| | |
|---|---|
| Titel | MER SeaStar |
| Project | Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar |
| Opdrachtgever | THV SeaStar |
| Documentref | I/RA/11421/12.201/MIM |
| Documentnaam | K:\PROJECTS\11\11421 - MER SeaStar\10-Rap\RA12201_MER SeaStar\RA12201_MER_SeaStar_v1.0.docx |

## Revisies / Goedkeuring

| Versie | Datum | Omschrijving | Auteur | Nazicht | Goedgekeurd |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 10/07/13 | Finale versie | CPA/MIM/MGO | MIM/MSM | MSA |

## Verdeellijst

| | | |
|---|---|---|
| 37 | Analoog | Marc Huygens (THV SeaStar) |
| 1 | Pdf/Word | Marc Huygens (THV SeaStar) |

# Inhoudstafel

**INHOUDSTAFEL ..... II**
**LIJST VAN TABELLEN ..... VI**
**LIJST VAN FIGUREN ..... XI**
**VOORWOORD ..... 1**
**LIJST MET AFKORTINGEN EN DEFINITIES ..... 3**
**1. INLEIDING ..... 8**
1.1 DOELSTELLING VAN DIT RAPPORT ..... 8
1.2 INITIATIEFNEMER ..... 9
1.3 MER-DESKUNDIGEN ..... 11
**2. BESCHRIJVING VAN HET PROJECT ..... 13**
2.1 DE INITIATIEFNEMERS ..... 13
*2.1.1 Power@Sea NV (www.poweratsea.be) ..... 13*
*2.1.2 Electrawinds NV (www.electrawinds.be) ..... 14*
*2.1.3 Aspiravi Offshore NV (www.aspiravi.be) ..... 15*
*2.1.4 DEME NV (www.deme.be) ..... 15*
*2.1.5 SRIW Environnement SA (www.sriw.be) ..... 16*
*2.1.6 Z-kracht NV (www.nuhma.be) ..... 16*
*2.1.7 Rent a Port Energy (www.rentaport.be) ..... 16*
*2.1.8 Socofe SA (www.socofe.be) ..... 16*
*2.1.9 Otary RS NV ..... 16*
2.2 DOELSTELLING EN MOTIVERING VAN HET PROJECT ..... 16
2.3 RUIMTELIJKE SITUERING VAN HET PROJECT ..... 20
*2.3.1 Motivatie van de locatiekeuze ..... 20*
*2.3.2 Ruimtelijke situering t.o.v. andere gebruikers ..... 21*
*2.3.3 Lay-out van het park ..... 24*
*2.3.4 Mogelijke concessieuitbreiding ..... 24*
2.4 OMHULLENDE CONFIGURATIES ..... 25
2.5 TERMIJN EN FASERING VAN HET PROJECT ..... 27
2.6 BESCHRIJVING VAN DE ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN ..... 28
*2.6.1 Algemeen ..... 28*
*2.6.2 De ontwikkelingsfase (2012-2018) ..... 29*
*2.6.3 Constructiefase (2016-2018) ..... 33*
*2.6.4 Exploitatiefase (2018-2038) ..... 64*
*2.6.5 Ontmantelingsfase ..... 66*
2.7 BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE ..... 68
*2.7.1 Windturbines ..... 69*

*2.7.2 Funderingen ... 78*
*2.7.3 Erosiebescherming ... 86*
*2.7.4 Windmeetmast of meteomast ... 88*
*2.7.5 Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform) ... 89*
*2.7.6 Bekabeling ... 90*
**3. JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN ... 95**
3.1 JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN ... 95
*3.1.1 Algemeen ... 95*
*3.1.2 Wetgeving in België ... 95*
*3.1.3 Internationale wetgeving ... 99*
3.2 BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN ... 107
*3.2.1 Doelstellingen voor Europa ... 107*
*3.2.2 Doelstellingen voor België en Vlaanderen ... 109*
*3.2.3 Het aandeel van de geleverde energie door SeaStar in de federale verplichting inzake hernieuwbare energie en $CO_2$ uitstoot ... 110*
**4. BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN ... 112**
4.1 CONFIGURATIEALTERNATIEVEN ... 112
4.2 ALTERNATIEVE KABELTRACÉS EN SPANNINGSNIVEAU VAN DE KABELS ... 113
*4.2.1 Belgian Offshore Grid van Elia ... 113*
*4.2.2 Kabeltracé scenario's ... 114*
4.3 ALTERNATIEVEN NAAR UITVOERING ... 120
*4.3.1 Type windturbine ... 120*
*4.3.2 Type fundering ... 121*
*4.3.3 Kruising van exportkabel met pijpleidingen en kabels ... 126*
*4.3.4 Het ingezette materieel ... 126*
**5. BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE ... 127**
5.1 BODEM EN WATER ... 128
*5.1.1 Methodologie ... 128*
*5.1.2 Referentiesituatie ... 128*
*5.1.3 Autonome ontwikkeling ... 156*
*5.1.4 Effecten ... 157*
*5.1.5 Leemten in de kennis ... 177*
*5.1.6 Milderende maatregelen ... 177*
*5.1.7 Monitoring ... 178*
5.2 KLIMAAT EN ATMOSFEER ... 180
*5.2.1 Methodologie ... 180*
*5.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling ... 181*
*5.2.3 Effecten ... 188*
*5.2.4 Leemten in de kennis ... 199*

*5.2.5 Milderende maatregelen ..... 200*
*5.2.6 Monitoring ..... 200*
5.3 GELUID EN TRILLINGEN ..... 201
*5.3.1 Methodologie ..... 201*
*5.3.2 Referentiesituatie ..... 202*
*5.3.3 Autonome ontwikkeling ..... 208*
*5.3.4 Effecten ..... 208*
*5.3.5 Trillingshinder ..... 237*
*5.3.6 Leemten in de kennis ..... 238*
*5.3.7 Milderende maatregelen ..... 239*
*5.3.8 Monitoring ..... 242*
5.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT ..... 243
*5.4.1 Methodiek ..... 243*
*5.4.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling ..... 249*
*5.4.3 Effecten ..... 285*
*5.4.4 Leemten in de kennis ..... 344*
*5.4.5 Milderende maatregelen ..... 346*
*5.4.6 Monitoring ..... 349*
*5.4.7 Passende beoordeling ..... 351*
5.5 ZEEZICHT EN CULTUREEL ERFGOED ..... 361
*5.5.1 Methodologie ..... 361*
*5.5.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling ..... 361*
*5.5.3 Effecten ..... 365*
*5.5.4 Leemten in de kennis ..... 373*
*5.5.5 Milderende maatregelen ..... 373*
*5.5.6 Monitoring ..... 374*
5.6 INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN ..... 375
*5.6.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling ..... 375*
*5.6.2 Effecten ..... 384*
*5.6.3 Leemten in de kennis ..... 389*
*5.6.4 Milderende maatregelen ..... 389*
*5.6.5 Monitoring ..... 390*
*5.6.6 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op de menselijke activiteit ..... 391*
5.7 RISICO'S EN VEILIGHEID ..... 393
*5.7.1 Installaties ..... 393*
*5.7.2 Scheepvaart ..... 397*
*5.7.3 Luchtvaartverkeer ..... 398*
*5.7.4 Radar en scheepscommunicatie ..... 400*

**6. CUMULATIEVE EFFECTEN ..... 401**
6.1 INLEIDING ..... 401
6.2 CUMULATIEVE EFFECTEN ..... 402
6.3 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE ..... 403
*6.3.1 Bodem ..... 403*
*6.3.2 Water ..... 407*
*6.3.3 Klimaat en atmosfeer ..... 409*
*6.3.4 Geluid en trillingen ..... 411*
*6.3.5 Fauna, flora & biodiversiteit ..... 418*
*6.3.6 Zeezicht & cultureel erfgoed ..... 430*
*6.3.7 Interactie met andere menselijke activiteiten ..... 431*
*6.3.8 Risico's en veiligheid ..... 434*
6.4 LEEMTEN IN DE KENNIS ..... 476
6.5 MILDERENDE MAATREGELEN ..... 477
6.6 MONITORING ..... 477
**7. GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG 478**
7.1 INLEIDING ..... 478
7.2 KLIMAAT ..... 478
7.3 GELUID EN ZEEZICHT ..... 478
7.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT ..... 479
*7.4.1 Benthos en vissen ..... 480*
*7.4.2 Vogels ..... 481*
*7.4.3 Zeezoogdieren ..... 482*
*7.4.4 Besluit grensoverschrijdende effecten op fauna en flora ..... 483*
7.5 RISICO'S EN VEILIGHEID ..... 483
*7.5.1 Scheepvaart ..... 483*
*7.5.2 Radar en scheepscommunicatie ..... 485*
**8. SYNTHESE EN CONCLUSIES ..... 489**
8.1 SEASTAR WINDMOLENPARK ..... 489
8.2 INGREEP-EFFECTRELATIES ..... 490
8.3 VERWACHTE EFFECTEN VAN HET SEASTAR WINDMOLENPARK ..... 491
8.4 CUMULATIEVE EFFECTEN ..... 494
8.5 CONCLUSIES ..... 496
*8.5.1 Constructiefase ..... 496*
*8.5.2 Operationele fase ..... 498*
*8.5.3 Ontmantelingsfase ..... 500*
*8.5.4 Bekabeling ..... 500*

*8.5.5 Cumulatieve effecten ..... 501*
*8.5.6 Grensoverschrijdende effecten ..... 506*
**9. REFERENTIES ..... 507**

## Lijst van tabellen

TABEL 1-1OPPERVLAKTE VAN HET INITIËLE EN UITGEBREIDE CONCESSIEGEBIED VAN SEASTAR ..... 8
TABEL 1-2 MER-DESKUNDIGEN ..... 11
TABEL 2-1 VOORZIENE BIJDRAGES HERNIEUWBARE ENERGIE TOT 2020 (CONCERE-ENOVER, 2010) ..... 18
TABEL 2-2 OVERZICHT VAN GEÏNSTALLEERD VERMOGEN, UITGEWERKT VOOR HET TYPEVOORBEELD BIJ ELKE OMHULLENDE CONFIGURATIE ..... 26
TABEL 2-3 BESPROKEN FUNDERINGSTYPES PER CONFIGURATIE ..... 26
TABEL 2-4 WEERHOUDEN COMBINATIES VAN CONFIGURATIE EN TYPE FUNDERING ..... 27
TABEL 2-5 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOORBEREIDING BOUWLOCATIE PER CONFIGURATIE ..... 60
TABEL 2-6 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN FUNDERINGEN PER CONFIGURATIE ..... 60
TABEL 2-7 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN TRANSITIESTUKKEN PER CONFIGURATIE ..... 61
TABEL 2-8 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN EROSIEBESCHERMING PER CONFIGURATIE ..... 62
TABEL 2-9 OVERZICHT GERAAMD AANTAL TRANSPORTBEWEGINGEN VOOR DE AANVOER VAN WINDTURBINES, DE OFFSHORE HOOGSPANNINGSSTATIONS EN DE METEOMAST PER CONFIGURATIE ..... 63
TABEL 2-10 OVERZICHT VAN BESCHIKBARE WINDTURBINES ..... 70
TABEL 2-11 PROTOTYPES WINDTURBINES IN ONTWIKKELING ..... 70
TABEL 4-1 WEERHOUDEN COMBINATIES VAN PARKCONFIGURATIE EN TYPE FUNDERING (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) ..... 113
TABEL 4-2 ALTERNATIEVEN WINDTURBINES MER ..... 121
TABEL 4-3 DIAMETER BENODIGDE EROSIEBESCHERMING ..... 125
TABEL 5-1 GEHANTEERDE DEFINITIES VOOR DE BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN. ..... 127
TABEL 5-2 GEBAGGERD VOLUME SEDIMENT EN VERSTOORDE BODEMOPPERVLAKTE BIJ ELKE TYPE FUNDERING TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE ..... 158
TABEL 5-3 HET TOTALE GRONDVERZET EN DE VERSTOORDE OPPERVLAKTES VOOR DE BASISCONFIGURATIE EN DE OMHULLENDE CONFIGURATIES TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE ..... 159
TABEL 5-4 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP BODEM (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). ..... 170
TABEL 5-5 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP WATER (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). ..... 176
TABEL 5-6 WINDGEGEVENS MEETSTATIONS 'WANDELAAR' EN 'WESTHINDER' ..... 183

TABEL 5-7 WINDSNELHEID OP OPEN ZEE (>10 KM VAN DE KUST) VOOR 5 STANDAARD HOOGTES (SÖKER ET AL., 2000) ..... 184

TABEL 5-8 GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98-PERCENTIELWAARDE VOOR $SO_2$ IN DE NABIJHEID VAN DE KUST IN ZEEBRUGGE (2008) EN HOUTEM (2011) (UURWAARDEN IN µG/M³) (VMM, 2009, 2012) ..... 185

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, 2012) ..... 185

TABEL 5-10 GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98-PERCENTIELWAARDE VOOR $O_3$ IN DE NABIJHEID VAN DE KUST IN 2011 (UURWAARDEN IN µG/M³) (VMM, 2012) ..... 186

TABEL 5-11: GEMIDDELDE, 50-PERCENTIEL EN 98-PERCENTIELWAARDE VOOR STOF IN DE OMGEVING VAN DE KUST (DAGWAARDEN IN MG/M³) (VMM, 2012) ..... 186

TABEL 5-12 VERWACHTE EMISSIES VOOR TWEE SCENARIO'S (MARIN, 2013) EN BIJKOMENDE EMISSIE DOOR OMVAREN T.O.V. HET BASISSCENARIO ..... 194

TABEL 5-13 EMISSIEFACTOREN VOOR ELEKTRICITEITSPRODUCTIE IN BELGIË (VMM, 2008) ..... 194

TABEL 5-14 VERMEDEN EMISSIES (TON/JAAR) ALS GEVOLG VAN DE WERKING VAN HET WINDMOLENPARK ..... 195

TABEL 5-15 ENERGIECONSUMPTIE V90-3,0 MW WINDTURBINE (VESTAS, 2006) ..... 196

TABEL 5-16 ENERGIECONSUMPTIE 10 MW TURBINE RESPECTIEVELIJK OP JF EN OP GBF (IMDC, 2013C) ..... 196

TABEL 5-17 GEPRODUCEERDE EN VERMEDEN EMISSIES ALS GEVOLG VAN DE WERKING VAN HET WINDMOLENPARK ..... 198

TABEL 5-18 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET KLIMAAT EN DE ATMOSFEER VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). ..... 199

TABEL 5-19 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). ..... 209

TABEL 5-20 GELUIDSSPECTRUM EN GELUIDSVERMOGENNIVEAU BOVEN WATER VAN EEN ONTGINNINGSVAARTUIG. ..... 210

TABEL 5-21 EQUIVALENT GELUIDSDRUKNIVEAU TIJDENS HET BAGGEREN ..... 211

TABEL 5-22 INDICATIEVE PAALDIAMETERS VOOR MONOPILE AND JACKETFUNDERINGEN VOOR WINDMOLENPARK SEASTAR ..... 217

TABEL 5-23 BEREKEND GELUIDSNIVEAU OP VERSCHILLENDE AFSTANDEN MET ATTENUATIEFORMULE VOOR VERSCHILLENDE LOCATIES VOLGENS NEDWELL ET AL. (2007) EN NORRO ET AL. (2010) (IN ARCADIS, 2011) ..... 218

TABEL 5-24 VERWACHT SPECIFIEK GELUID VOOR EEN SLEEPHOPPERZUIGER (GERARDUS MERCATOR) IN FUNCTIE VAN DE AFSTAND TOT DE BRON ..... 222

TABEL 5-25 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS CONSTRUCTIEFASE WINDMOLENPARK SEASTAR ..... 223

TABEL 5-26 OVERZICHT VAN DE UITGEWERKTE CONFIGURATIES ..... 224

TABEL 5-27 GELUIDSVERMOGEN IN DB(A). FREQUENTIESPECTRUM PER $1/1^E$ OCTAAFBANDEN ..... 225

TABEL 5-28 GELUIDSVERMOGEN (IN DB(A)) VAN EEN 125 MVA TRANSFORMATOR (MER NORTHWIND, ARCADIS 2008). FREQUENTIESPECTRUM PER $1/1^E$ OCTAAFBANDEN. ..... 225

TABEL 5-29 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER DE BASISCONFIGURATIE VAN 41 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW ..... 227

TABEL 5-30 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER HET SCENARIO VAN 62 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW..... 228

TABEL 5-31 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER HET SCENARIO VAN 54 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 8 MW..... 229

TABEL 5-32 BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER HET SCENARIO VAN 43 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 7 MW..... 230

TABEL 5-33 VERGELIJKING VAN HET GELUIDSNIVEAU VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR TER HOOGTE VAN DE WONINGEN MET DE REFERENTIESITUATIES (BEREKENING MET GEOMILIEU) ..... 231

TABEL 5-34 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS OPERATIONELE FASE WINDMOLENPARK SEASTAR ..... 234

TABEL 5-35 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS ONTMANTELINGSFASE WINDMOLENPARK SEASTAR ..... 235

TABEL 5-36 OVERZICHT EFFECTEN OP GELUID TIJDENS BEKABELING WINDMOLENPARK SEASTAR .... 236

TABEL 5-37 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP GELUID VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING). ..... 237

TABEL 5-38 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE DENSITEIT VAN HET EPIBENTHOS IN DE LENTE EN HERFST PER TAXONOMISCHE GROEP OP DE BLIGHBANK IN 2008 (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) ..... 260

TABEL 5-39 OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE BIOMASSA VAN HET EPIBENTHOS IN DE LENTE EN HERFST PER TAXONOMISCHE GROEP OP DE BLIGHBANK IN 2008 (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) ..... 261

TABEL 5-40 VERGELIJKING VAN DE SEIZOENALE VERDELING (AANTAL VOGELS/KM²) VAN ZEEVOGELS OP DE BLIGHBANK (BB) 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)..... 267

TABEL 5-41 BIOTOOPVERSTORING BIJ DE CONSTRUCTIE VAN HET SEASTAR WINDMOLENPARK (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITY BASED FUNDERING)..... 286

TABEL 5-42 BIOMASSABEREKENINGEN VAN MACRO- EN EPIBENTHOS OP DE THORNTONBANK. (DE MAERSSCHALK ET AL., 2006)..... 288

TABEL 5-43 BIOMASSAVERLIES VOOR HET SEASTAR WINDMOLENPARK (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITY BASED FUNDERING)..... 288

TABEL 5-44 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP BENTHOS (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING, ST: STATISCHE EROSIEBESCHERMING, DYN: DYNAMISCH EROSIEBESCHERMING)..... 295

TABEL 5-45 RANGES (90 $dB_{HT}$) WAARBIJ BEPAALDE ORGANISMEN VERMIJDINGSGEDRAG VERTONEN TENGEVOLGE VAN HEIACTIVITEITEN (NEDWELL ET AL., 2003) ..... 299

TABEL 5-46 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP VISSEN (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING, SB: SUCTION BUCKET)..... 309

TABEL 5-47 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)..... 312

TABEL 5-48 VERWACHT AANTAL AANVARINGSSLACHTOFFERS IN HET TOEKOMSTIG WINDMOLENPARK OP DE THORNTONBANK (C-POWER) (VANERMEN & STIENEN, 2009)..... 315

TABEL 5-49 OVERZICHT VAN DE ROTORDRAAIHOOGTES VAN DE VERSCHILLENDE CONFIGURATIES.... 316

TABEL 5-50 VOORLOPIGE EFFECTEN OP ZEEVOGELS DOOR DE AANWEZIGHEID VAN WINDMOLENPARKEN OP DE THORNTONBANK EN DE BLIGHBANK (VANERMEN ET AL., 2011, 2012) ..... 320

TABEL 5-51 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP VOGELS (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING)GERING NEGATIEF (0/-), MATIG NEGATIEF (-), SIGNIFICANT NEGATIEF (--)..... 323

TABEL 5-52 OVERZICHT VAN DE ALGEMENE KENMERKEN VAN HET GELUID TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE ..... 325

TABEL 5-53 INVLOEDSZONES VOOR BRUINVISSEN, BEPAALD AAN DE HAND VAN DE GESCHATTE DREMPELWAARDEN EN UITGEVOERDE GELUIDSMETINGEN BIJ DIVERSE HEIWERKZAAMHEDEN ... 327

TABEL 5-54 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP ZEEZOOGDIEREN (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING, SB: SUCTION BUCKET)..... 337

TABEL 5-55 OPPERVLAKTE HARD SUBSTRAAT (HS) PER FUNDERINGSTYPE..... 338

TABEL 5-56 BESCHIKBAAR HARD SUBSTRAAT VOOR KOLONISATIE ..... 339

TABEL 5-57 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)..... 342

TABEL 5-58 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP DE FAUNA VAN HARDE SUBSTRATEN (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING)..... 344

TABEL 5-59 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) ..... 353

TABEL 5-60 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET ZEEZICHT (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING)..... 369

TABEL 5-61 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP HET CULTUREEL ERFGOED (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING)..... 372

TABEL 5-62 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP DE MENS (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING)..... 391

TABEL 5-63 SCENARIO'S EN FAALKANSEN VOOR RISICOANALYSES (SENTEROVEM, 2005 IN SGS, 2007) ..... 394

TABEL 5-64 MAXIMALE WERPAFSTAND (IN M) VAN AFBREKENDE BLADEN BIJ DRIEBLADIGE WINDTURBINES TIJDENS EEN OVERTOEREN- SITUATIE (KUSTLOCATIE) ..... 395

TABEL 5-65 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP DE VEILIGHEIDSASPECTEN VAN DE INSTALLATIES VOOR DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) ..... 396

TABEL 5-66 OVERZICHT CUMULATIEVE STOCKAGEVOLUMES EN STOCKAGE-OPPERVLAKTES ..... 404

TABEL 5-67 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP WATER..... 407

TABEL 5-68 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP WATER..... 408

TABEL 5-69 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP KLIMAAT EN ATMOSFEER..... 409

TABEL 5-70 VERMEDEN EMISSIES VAN DE ZES WINDMOLENPARKEN. AANGEZIEN DE UITEINDELIJKE NETTOPRODUCTIE NOG NIET IS GEKEND VOOR ELK PARK, ZIJN DE MINIMALE EN MAXIMALE WAARDEN WEERGEGEVEN ..... 410

TABEL 5-71 VERWACHTE EMISSIES VOOR TWEE SCENARIO'S (MARIN, 2013) EN BIJKOMENDE EMISSIE DOOR OMVAREN T.O.V. HET BASISSCENARIO ..... 410

TABEL 5-72 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN VAN GELUID EN TRILLINGEN..... 411

TABEL 5-73 CUMULATIEF SPECIFIEK GELUID VAN SIMULTANE HEIWERKZAAMHEDEN IN SEASTAR EN BELWIND, MET 1200 M TUSSENAFSTAND, VOOR EEN WAARNEMER OP TOENEMENDE AFSTAND TOT DE WERKEN ..... 412

TABEL 5-74 BEREKEND SPECIFIEK GELUID BOVEN WATER VAN DE 6 WINDMOLENPARKEN ONDER HET WORST CASE SCENARIO MET 10 MW TURBINES VOOR SEASTAR (#: 54), 6 MW TURBINES VOOR RENTEL (# 55), 3 MW TURBINES VOOR BELWIND (#: 110), 3 MW TURBINES VOOR NORTHWIND (#: 72), 5 MW TURBINES VOOR C-POWER (#: 54), 5 MW TURBINES VOOR NORTHER (#: 74) ..... 415

TABEL 5-75 VERGELIJKING VAN HET GELUIDSNIVEAU VAN DE WINDMOLENPARKEN ( BELWIND + SEASTAR + NORTHWIND + RENTEL + C-POWER + NORTHER) TER HOOGTE VAN DE WONINGEN MET DE REFERENTIESITUATIES (BEREKENING MET GEOMILIEU) ..... 417

TABEL 5-76 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP BENTHOS ..... 418

TABEL 5-77 BIOTOOPVERSTORING PER WINDMOLENPARK. ..... 419

TABEL 5-78 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE VISSEN ..... 420

TABEL 5-79 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE VOGELS ..... 421

TABEL 5-80 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE ZEEZOOGDIEREN ..... 426

TABEL 5-81 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP DE FAUNA VAN HARDE SUBSTRATEN ... 428

TABEL 5-82 CUMULATIEVE BIJDRAGE INTRODUCTIE HARD SUBSTRAAT ..... 429

TABEL 5-83 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP ZEEZICHT EN CULTUREEL ERFGOED .... 430

TABEL 5-84 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP MENSELIJKE ACTIVITEITEN ..... 431

TABEL 5-85 AANTAL VERONTREINIGINGEN TIJDENS BEPAALDE OPERATIES EN MOGELIJKE OORZAKEN VAN VERONTREINIGING DOOR TANKERS (1974-2012) (ITOPF, 2013) ..... 440

TABEL 5-86 VERWACHTE AANVARINGEN/AANDRIJVINGEN VOOR ALLE WINDMOLENPARKEN EN CONFIGURATIES IN CUMULATIEF SCENARIO 1 ..... 447

TABEL 5-87 VERWACHTE AANVARINGEN/AANDRIJVINGEN VOOR ALLE WINDMOLENPARKEN EN CONFIGURATIES IN CUMULATIEF SCENARIO 2 ..... 447

TABEL 5-88 RELATIEF AANTAL AANVARINGEN/AANDRIJVINGEN VOOR ALLE WINDPARKEN ONDER SPECIFIEK SCENARIO ..... 448

TABEL 5-89 SCORETABEL VOOR DE EFFECTEN VAN WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER SCENARIO 1 VOOR DE SCHEEPVAART OP HET BDNZ ..... 450

TABEL 5-90 SCORETABEL VOOR DE EFFECTEN VAN WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER SCENARIO 2 VOOR DE SCHEEPVAART OP HET BDNZ ..... 451

TABEL 5-91 KANS (AANTAL PER JAAR) OP EEN BEPAALDE SOORT SCHADE VEROORZAAKT DOOR DE VERSCHILLENDE SCHEEPSTYPEN VOOR SCENARIO 1-62 ..... 452

TABEL 5-92 SCHADE AAN HET TOTALE WINDMOLENPARK BINNEN SCENARIO 1-62 ..... 453

TABEL 5-93 UITSTROOM VAN BUNKEROLIE EN LADINGOLIE ALS GEVOLG VAN EEN AANDRIJVING VAN EEN WINDTURBINE VAN HET SEASTAR WINDMOLENPARK, TER VERGELIJKING IS OOK HET NORTHER WINDMOLENPARK ONDER SCENARIO 2B GEGEVEN (MARIN, 2011B) ..... 454

TABEL 5-94 FREQUENTIE VAN UITSTROOM VAN CHEMICALIËN ALS GEVOLG VAN EEN AANDRIJVING VAN EEN WINDTURBINE (SCHEEPVAARTVERKEER 2012) ..... 455

TABEL 5-95 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) ..... 456

TABEL 5-96 OVERZICHT VAN DE EFFECTEN OP SCHEEPVAART BIJ HET CUMULATIEVE SCENARIO 1 (BELWIND, SEASTAR, NORTHWIND, RENTEL, C-POWER, NORTHER) T.O.V. EEN BASISSCENARIO (BELWIND, NORTHWIND, C-POWER, NORTHER) ..... 462

TABEL 5-97 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN OP SCHEEPVAART (ALLE WINDMOLENPARKEN SAMEN, I.E. SCENARIO 2) ..... 463

TABEL 8-1 WEERHOUDEN COMBINATIES VAN CONFIGURATIE EN TYPE FUNDERING (MP: MONOPILE, JF: JACKET FUNDERING, GBF: GRAVITAIRE FUNDERING) ..... 489

TABEL 8-2 GEHANTEERDE DEFINITIES VOOR DE BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN ..... 490

TABEL 8-3 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES TIJDENS DE CONSTRUCTIEFASE ..... 491

TABEL 8-4 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES TIJDENS DE OPERATIONELE FASE ..... 492

TABEL 8-5 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES TIJDENS DE ONTMANTELINGSFASE ..... 493

TABEL 8-6 OVERZICHT VAN DE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES VOOR DE BEKABELING ..... 494

TABEL 8-7 OVERZICHT VAN DE CUMULATIEVE INGREEP-EFFECTEN VOOR DE VERSCHILLENDE DISCIPLINES ..... 495

## Lijst van figuren

FIGUUR 2-1 STRUCTUUR VAN THV SEASTAR ..... 15

FIGUUR 2-2 ENERGIEVERDELING VAN DE BELGISCHE RES ELEKTRICITEITSPRODUCTIE IN 2020 (REPAP-STUDY 2010) ..... 17

FIGUUR 2-3 LIGGING SEASTAR CONCESSIEZONE T.O.V. ANDERE GEBRUIKERS VAN HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE ..... 22

FIGUUR 2-4 SITUERING SEASTAR PROJECTGEBIED T.O.V. OMLIGGENDE CONCESSIEZONES, KABELS EN PIJPLEIDINGEN. ..... 23

FIGUUR 2-5 MONTAGE EN LADEN VAN TURBINE ONDERDELEN MET MOBIELE KRANEN AAN WAL (BRON: DEME) ..... 34

FIGUUR 2-6 ILLUSTRATIE VAN EEN INSTALLATIEVAARTUIG (RAMBIZ) (BRON: DEME) ..... 34

FIGUUR 2-7 ILLUSTRATIES VAN JACK-UP PONTONS (GOLIATH EN VAGANT) (BRON: DEME) ..... 35

FIGUUR 2-8 ILLUSTRATIE TRANSPORTPONTON VOORTGETROKKEN DOOR EEN SLEEPBOOT (BRON: DEME) ..... 36

FIGUUR 2-9 ILLUSTRATIE VAN EEN SLEEPHOPPERZUIGER (BRON: DEME) ..... 37

FIGUUR 2-10 ILLUSTRATIE VAN EEN STEENSTORTSCHIP, TYPE ZIJSTORTEN (BRON: DEME) ..... 37

FIGUUR 2-11 ILLUSTRATIE VAN EEN STEENSTORTSCHIP 'ROLLINGSTONE', TYPE VALPIJPSTORTEN (BRON: DEME) ..... 38

FIGUUR 2-12 ILLUSTRATIES VAN KABELLEGGERS (BRON: DEME) ..... 39

FIGUUR 2-13 ILLUSTRATIE VAN EEN NIET-GRONDVERPLAATSENDE KABELPLOEG SEA STALLION IV (BRON: VSMC) ..... 40

FIGUUR 2-14 ILLUSTRATIE VAN HET DOORTREKKEN VAN DE EXPORTKABEL ONDER DE DUINEN (BRON: IMDC I.O.V. C-POWER, APRIL 2012) ..... 40

FIGUUR 2-15 ILLUSTRATIE VAN TRANSITIESTUK MET CONCENTRISCHE CONNECTIE MET SHEAR KEYS ..... 42

FIGUUR 2-16 ILLUSTRATIE VAN TRANSITIESTUK MET CONISCHE VORM VAN ZOWEL MONOPILE ALS TRANSITIESTUK ZONDER SHEAR KEYS (BRON: DNV, 2011) ..... 42

FIGUUR 2-17 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 ..... 45

FIGUUR 2-18 ILLUSTRATIE VAN HET AANBRENGEN VAN DE BACKFILL EN EROSIEBESCHERMING BIJ EEN GRAVITAIRE FUNDERING (BRON: DEME, 2008) ..... 48

FIGUUR 2-19 TRANSPORT VAN EEN SUCTION BUCKET VIA HET WATER (BRON: LE BLANC BAKMAR 2009) ..... 50

FIGUUR 2-20 ILLUSTRATIES BIJ HET SUCTION BUCKET PRINCIPE (BRON: LE BLANC BAKMAR 2009) ..... 51

FIGUUR 2-21 ILLUSTRATIES BIJ HET SUCTION BUCKET PRINCIPE: POMPINSTALLATIE (BRON: LE BLANC BAKMAR 2009) ..... 51

FIGUUR 2-22 ILLUSTRATIES VAN DE INSTALLATIE VAN WTG EN ROTOR (BRON: DEME, C-POWER FASE 2) ..... 54

FIGUUR 2-23 ILLUSTRATIE VAN DE INSTALLATIE VAN EEN OHVS ..... 55

FIGUUR 2-24 ILLUSTRATIE MONOPILE FUNDERING (BRON: TECHNUM-IMDC) ..... 80

FIGUUR 2-25 ILLUSTRATIE JACKET FUNDERING (BRON: TECHNUM-IMDC) ..... 81

FIGUUR 2-26 ILLUSTRATIE GRAVITAIRE FUNDERING (BRON: TECHNUM-IMDC) ..... 83

FIGUUR 2-27 VOORBEELD VAN EEN SUCTION BUCKET FUNDERING (BRON: LE BLANC BAKMAR, 2009) ..... 84

FIGUUR 2-28 HET PRINCIPE VAN DE 'SUCTION BUCKET' FUNDERING (BRON: HTTP://WWW.LORC.DK/KNOWLEDGE/WIND/SUPPORT-STRUCTURES/THE-SUCTION-BUCKET-MONOTOWER ) ..... 85

FIGUUR 2-29 ILLUSTRATIE STATISCHE EROSIEBESCHERMING (IMDC, 2010C) ..... 87

FIGUUR 2-30 ILLUSTRATIE DYNAMISCHE EROSIEBESCHERMING (BIJ DEZE ILLUSTRATIE ZONDER FILTERLAAG) (HANSEN AND GISLASON, 2002 IN: TECHNUM-IMDC, 2009). ..... 87

FIGUUR 2-31 VOORBEELDEN VAN EEN XLPE ONDERWATER KABELSYSTEEM (BRON: ABB USER'S GUIDE) ..... 91

FIGUUR 4-1 SCENARIO 1 - OPTIE A: RECHTSTREEKSE AANSLUITING VAN SEASTAR OP ALPHA VIA MEERDERE (PARALLELLE) VERBINDINGSKABELS ..... 116

FIGUUR 4-2 SCENARIO 1 - OPTIE B: RECHTSTREEKSE AANSLUITING VAN SEASTAR OP ALPHA VIA 1 OF 2 VERBINDINGSKABEL(S) ..... 117

FIGUUR 4-3 SCENARIO 2: DIRECTE AANSLUITING VAN SEASTAR OHVS OP STEVIN STATION IN ZEEBRUGGE ..... 119

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 ..... 129

FIGUUR 5-2 KORRELGROOTTEVERDELING OP HET BDNZ (NAAR VERFAILLIE ET AL., 2006) ..... 130

FIGUUR 5-3 DE TERTIAIRE AFZETTINGEN DIE VOORKOMEN ONDER DE NIET-GECONSOLIDEERDE QUARTAIRE AFZETTINGEN (NAAR LE BOT ET AL., 2003) ..... 131

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) ..... 133

FIGUUR 5-5 INTERPRETATIE SEISMISCHE PROFIELEN OPGENOMEN IN SEASTAR CONCESSIEZONE (G-TEC, 2013). INTERPRETATIE IMDC: R1=BASIS-QUARTAIR, BOVENLIGGENDE REFLECTOR = TOP-PLEISTOCEEN ..... 135

FIGUUR 5-6 SITUERING VAN VIER SEISMISCHE PROFIELEN IN HET SEASTAR PROJECTGEBIED. ..... 136

FIGUUR 5-7 SEISMISCH PROFIEL C+6500, DIEPTE IN M, RODE LIJN = ZEEBODEM; BLAUWE LIJN = BASIS QUARTAIR (DATA G-TEC, 2013, INTERPRETATIE IMDC) ..... 137

FIGUUR 5-8 SEISMISCH PROFIEL C, DIEPTE IN M, RODE LIJN = ZEEBODEM; BLAUWE LIJN = BASIS QUARTAIR (DATA G-TEC, 2013, INTERPRETATIE IMDC) ..... 137

FIGUUR 5-9 SEISMISCH PROFIEL L4, DIEPTE IN M, RODE LIJN = ZEEBODEM; BLAUWE LIJN = BASIS QUARTAIR(DATA G-TEC, 2013, INTERPRETATIE IMDC) ..... 137

FIGUUR 5-10 SEISMISCH PROFIEL L1, DIEPTE IN M, RODE LIJN = ZEEBODEM; BLAUWE LIJN = BASIS QUARTAIR(DATA G-TEC, 2013, INTERPRETATIE IMDC) ..... 138

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) ..... 139

FIGUUR 5-12 BATHYMETRISCHE KAART VAN HET SEASTAR CONCESSIEGEBIED OP BASIS VAN MULTIBEAM DATA (DIEPTE IN M TAW) (G-TEC, 2013) ..... 141

FIGUUR 5-13 BATHYMETRISCHE KAART VAN HET SEASTAR CONCESSIEGEBIED OP BASIS VAN MULTIBEAM DATA (DIEPTE IN M TAW), MET AANDUIDING VAN LOCATIE SEISMISCHE PROFIELEN EN SNAPSHOTS (G-TEC, 2013) ..... 142

FIGUUR 5-14 SNAPSHOT 1 IN HET ZUIDEN VAN HET SEASTAR CONCESSIEGEBIED (G-TEC, 2013). LOCATIE ZIE FIGUUR 5-13. ..... 143

FIGUUR 5-15 SNAPSHOT 7 IN HET NOORDOOSTEN VAN HET SEASTAR CONCESSIEGEBIED (G-TEC, 2013). LOCATIE ZIE FIGUUR 5-13. ..... 143

FIGUUR 5-16 VERTICAAL PROFIEL L1 (ZW TOT NO). LOCATIE ZIE FIGUUR 5-13. ..... 144

FIGUUR 5-17 VERTICAAL PROFIEL L3 (ZW TOT NO). LOCATIE ZIE FIGUUR 5-13. ..... 144

FIGUUR 5-18 VERTICAAL PROFIEL L4 (ZW TOT NO). LOCATIE ZIE FIGUUR 5-13. ..... 144

FIGUUR 5-19 VOORKOMEN VAN ZANDDUINEN IN CONCESSIEGEBIED RENTEL (NAAR VAN LANCKER ET AL, 2007) ..... 145

FIGUUR 5-20 KORRELGROOTTEVERDELING EN VOORKOMEN VAN GRIND OP HET BDNZ, INGEZOOMD OP HET GEBIED ROND DE SEASTAR CONCESSIEZON (NAAR VERFAILLIE ET AL., 2006 EN VAN LANCKER ET AL., 2007) ..... 146

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. ..... 148

FIGUUR 5-22 GEMIDDELDE STROOMSNELHEDEN OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN WINTERCONDITIES (RECHTS) ..... 149

FIGUUR 5-23 MAXIMALE STROOMSNELHEDEN OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN WINTERCONDITIES (RECHTS) ..... 149

FIGUUR 5-24 GEMIDDELDE STROOMSNELHEIDSELLIPSEN TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN TIJDENS WINTERCONDITIES (RECHTS) (OVER DOODTIJ-SPRINGTIJCYCLUS), BATHYMETRIE ALS ACHTERGROND ..... 150

FIGUUR 5-25 RESIDUEEL WATERTRANSPORT TIJDENS ZOMERCONDITIES (LINKS) EN TIJDENS WINTERCONDITIES (RECHTS) (OVER DOODTIJ-SPRINGTIJCYCLUS) ..... 150

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) ..... 152

FIGUUR 5-27 RESIDUEEL SEDIMENTTRANSPORT OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS VOOR ZOMERCONDITIES (BOVEN) EN WINTERCONDITIES (ONDER)..... 153

FIGUUR 5-28 EROSIE-SEDIMENTATIEPATRONEN OVER EEN DOODTIJ-SPRINGTIJ CYCLUS VOOR ZOMERCONDITIES (BOVEN) EN WINTERCONDITIES (ONDER)..... 154

FIGUUR 5-29 GEMIDDELDE TEMPERATUUR IN UKKEL VOOR DE PERIODE 1981-2010 (KMI, 2013) ... 181

FIGUUR 5-30 GEMIDDELDE NEERSLAG IN UKKEL VOOR DE PERIODE 1981-2010 (KMI, 2013)..... 182

FIGUUR 5-31 WIND ENERGIE ROOS (COMBINATIE FREQUENTIE EN WINDSNELHEID) TER HOOGTE VAN DE WESTHINDER-MEETPAAL (BRON: 3E, 2011)..... 183

FIGUUR 5-32 FREQUENTIEDISTRIBUTIE VAN DE WINDSNELHEID VOOR MOW 7 WESTHINDER (3E, 2001) ..... 184

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) ..... 187

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)..... 187

FIGUUR 5-35 CONTOUREN VAN DE WINDSNELHEDEN (IN M/S) BIJ EEN GEMIDDELDE $V_{IN}$=10 M/S OP ROTORHOOGTE (WUßOW ET AL., 2007) ..... 189

FIGUUR 5-36 CUMULATIEF EFFECT VAN VERSCHILLENDE WINDTURBINES OP ÉÉN RIJ ACHTER ELKAAR (MET EEN WINDRICHTING PARALLEL AAN DE WINDTURBINES) (SANDERHOFF, 1993)..... 190

FIGUUR 5-37 GEMIDDELD GELUIDSSPECTRUM ONDER WATER T.H.V. DE THORNTONBANK (NAJAAR 2005) – BLAUWE CURVE: HYDROFOON OP 2 M DIEPTE, GROENE CURVE: HYDROFOON OP 16,5 M DIEPTE (RCMG, 2006) ..... 205

FIGUUR 5-38 VERSPREIDING VAN HET GELUID VRIJGEKOMEN BIJ HET HEIEN DOORHEEN DE WATERKOLOM (BRON: GERASCH, 2007: SCHALLEINTRAG WÄHREND DER BAUPHASE, BEISPIEL FINO2)..... 212

FIGUUR 5-39 ONDERWATERGELUID ALS FUNCTIE VAN DE ENERGIE VAN EEN HAMERSLAG VAN EEN VALHAMER (MENCK MHF10-20) OP 2,2 M PAALDIAMETER OP 500 M AFSTAND. VIER PROEVEN WERDEN UITGEVOERD MET E=37 KJ (MINIMALE ENERGIE VOOR DEZE PAAL), 50 KJ, 100 KJ EN 200 KJ (BRON: SCHULTZ-VON GLAHN ET. AL. 2006)..... 213

FIGUUR 5-40 GELUIDSVERLOOP BIJ ÉÉN HEISLAG..... 213

FIGUUR 5-41 GELUIDSSPECTRUM BIJ ÉÉN HEISLAG OP 770 M VAN DE STALEN MONOPILE (B10) VAN HET WINDMOLENPARK BELWIND. (NAAR NORRO ET AL., 2011)..... 215

FIGUUR 5-42 MAX SEL EN PIEKNIVEAU AAN HET HORNS REV II (HR2), IN VERGELIJKING TOT ANDERE OFF-SHORE HEIWERKZAAMHEDEN (FINO 1(2003), ALPHA VENTUS (2008), UTGRUNDEN (2000), SKY (2002), FINO 2 (2006), AMRUMBANK WEST (2005), NORTH HOYLE (2003), Q7 (2007), BARROW (2005), FINO 3 (2008)).- (KLAUS BETKE, 2008 - MEASUREMENT OF WIND TURBINE CONSTRUCTION NOISE AT HORNS REV II) ..... 219

FIGUUR 5-43 $1/3^E$ 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)..... 220

FIGUUR 5-44 DE ATTENUATIE ALS FUNCTIE VAN DE FREQUENTIE: (A)= ZOETWATER (B)=ZEEWATER ..... 221

FIGUUR 5-45 TRANSMISSIEVERLIES BEREKEND MET 3 VERSCHILLENDE FORMULES: VOLGENS THIELE (2002), VOLGENS EEN CILINDRISCHE UITBREIDING EN VOLGENS EEN SFERISCHE UITBREIDING ..... 222

FIGUUR 5-46 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN DE SEASTAR BASISCONFIGURATIE VAN 41 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW ..... 227

FIGUUR 5-47 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER HET SCENARIO VAN 62 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 6 MW ..... 228

FIGUUR 5-48 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER HET SCENARIO VAN 54 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 8 MW ..... 229

FIGUUR 5-49 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN HET WINDMOLENPARK SEASTAR ONDER HET SCENARIO VAN 43 WTG'S MET ELK EEN ELEKTRISCH VERMOGEN VAN 7 MW ..... 230

FIGUUR 5-50 OVERDRACHT VAN GELUID VAN EEN WINDTURBINE NAAR HET WATER ..... 232

FIGUUR 5-51 VOORBEELD VAN HET $1/3^{E}$ 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 ELEKTRISCH VERMOGEN T.O.V. HET NOMINAAL VERMOGEN. (INSTITUT FÜR STATIK UND DYNAMIK, 2007) ..... 233

FIGUUR 5-52 BELLENGORDIJN MET MEERDERE INJECTIEDIEPTES - 'VERPLAATSING VAN HET BELLENGORDIJN IN EEN STROMING VAN 1 KNOOP' (CHRISTOPHERSON AND WILSON, 2002) ..... 240

FIGUUR 5-53 'FOAM-COATED' PILE SLEEVE ..... 241

*FIGUUR 5-54 LOCATIES VAN DE STAALNAMECAMPAGNE IN 2008 WANNEER DE BASELINE STUDIE OP DE BLIGHBANK IS UITGEVOERD (REUBENS ET AL., 2009A)* ..... 244

FIGUUR 5-55 BEMONSTERDE STATIONS IN DE CONCESSIEZONE VAN BELWIND EN DE REFERENTIE ZONES (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) ..... 246

FIGUUR 5-56 MONITORINGSTRAJECTEN GEVOLGD IN DE PERIODE 2008-2010, MET DE LOCATIE VAN (TOEKOMSTIGE) WINDMOLENPARKEN VAN C-POWER (THORNTONBANK) EN BELWIND (BLIGHBANK) (VANERMEN ET AL., 2010) ..... 247

FIGUUR 5-57 GEOGRAFISCHE VERDELING VAN DE VERSCHILLENDE BIOTOPEN IN HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE MET DE LOCATIE VAN SEASTAR ROOD OMLIJND (ROOD: MACOMA BALTHICA, BLAUW: ABRA ALBA, GROEN: NEPHTYS CIRROSA EN PAARS: OPHELIA LIMACINA BIOTOOP; WIT: ONVOORSPELD GEBIED, NIET GEANALYSEERD) (DEGRAER ET AL., 2009) ..... 250

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. DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ROOD OMLIJND. ..... 252

FIGUUR 5-59 KORRELGROOTTEVERDELING OP HET BDNZ (NAAR VERFAILLIE ET AL., 2006). DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ZWART OMLIJND. ..... 253

FIGUUR 5-60 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR HET MACROBENTHOS (DEROUS ET AL., 2007). DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ZWART OMLIJND. ..... 254

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). DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ZWART OMLIJND. ..... 255

FIGUUR 5-62 HABITATTYPE 1170 GRINDBEDDEN (DEGRAER ET AL., 2009). DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ROOD OMLIJND. ..... 256

FIGUUR 5-63 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). ..... 257

FIGUUR 5-64 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR HET EPIBENTHOS (DEROUS ET AL., 2007). DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ROOD OMLIJND. ..... 259

FIGUUR 5-65 DENSITEITEN VAN HET EPIBENTHOS PER TAXONOMISCHE GROEP VOOR DE BLIGHBANK EN ZIJN REFERENTIEGEBIEDEN, LENTE (BOVEN) EN HERFST (ONDER) IN 2008 (VANDENDRIESSCHE ET AL., 2009) ..... 260

FIGUUR 5-66 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). ..... 262

FIGUUR 5-67 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR DE DEMERSALE VISFAUNA (DEROUS ET AL., 2007). DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ROOD OMLIJND. ..... 264

FIGUUR 5-68 DENSITEITEN VAN DEMERSALE VISSEN PER TAXONOMISCHE GROEP OP DE BLIGHBANK EN ZIJN REFERENTIEZONES, TIJDENS DE LENTE (BOVEN) EN HERFST (ONDER) VAN 2008 (VANDENDRIESSCHE ET AL.,2009) ..... 265

FIGUUR 5-69 VOGELDENSITEITEN (N/KM²) OP DE BLIGHBANK (BB) IN VERGELIJK MET HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE (BDNZ) TIJDENS DE WINTER, LENTE, ZOMER EN HERFST (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 267

FIGUUR 5-70 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART VOOR DE VOGELS (DEROUS ET AL., 2007.) DE LOCATIE VAN SEASTAR IS ZWART OMLIJND. ..... 268

FIGUUR 5-71 OVERZICHT VAN O.A. DE 3 SPECIALE BESCHERMINGSZONES VOOR VOGELS (SBZ-V) IN HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE ..... 269

FIGUUR 5-72 WINTER DISTRIBUTIE VAN DE DWERGMEEUW OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 270

FIGUUR 5-73 LENTE DISTRIBUTIE VAN DE DWERGMEEUW OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 270

FIGUUR 5-74 HERFST DISTRIBUTIE VAN DE DWERGMEEUW OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 271

FIGUUR 5-75 LENTE DISTRIBUTIE VAN DE GROTE STERN OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 272

FIGUUR 5-76 DISTRIBUTIE VAN DE GROTE STERN OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE TIJDENS HET BROEDSEIZOEN (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009)..... 272

FIGUUR 5-77 ZOMER DISTRIBUTIE VAN DE GROTE STERN OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 273

FIGUUR 5-78 LENTE DISTRIBUTIE VAN DE VISDIEF OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009)..... 274

FIGUUR 5-79 DISTRIBUTIE VAN DE VISDIEF OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE TIJDENS HET BROEDSEIZOEN (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009) ..... 274

FIGUUR 5-80 ZOMER DISTRIBUTIE VAN DE VISDIEF OP HET BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (AANTAL PER KM²) (VANERMEN & STIENEN, 2009)..... 275

FIGUUR 5-81 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). ..... 277

Figuur 5-82 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., 2012a)..... 278

Figuur 5-83 Aantal gestrande Bruinvissen in België tussen 1970 en 2009 (Haelters et al., 2010)..... 279

Figuur 5-84 Aantal ad hoc waarnemingen van Bruinvissen gerapporteerd door het publiek en door diensten actief op zee tussen 1970 en 2007 (Haelters & Camphuysen, 2009)..... 279

Figuur 5-85 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)..... 280

Figuur 5-86 Soortenrijkdom en diversiteit van de epifauna van de intertidale, transitie en subtidale zone (Kerckhof et al., 2009) ..... 284

Figuur 5-87 Audiogram van Zalm, Kabeljauw, Haring en Schar (Thomsen et al., 2006)..... 298

Figuur 5-88 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). ..... 302

Figuur 5-89 Operationeel geluid windmolenpark, omgevingsgeluid en audiogram van Zalm, Kabeljauw, Haring en Schar (Thomsen et al., 2006) ..... 303

Figuur 5-90 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)..... 307

Figuur 5-91 Locaties voor fluxtellingen (Vanermen & Stienen, 2009)..... 314

Figuur 5-92 Frequentiedistributies van de vlieghoogte van zes veel voorkomende zeevogels in het BDNZ (Vanermen & Stienen, 2009) ..... 318

Figuur 5-93 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..... 326

Figuur 5-94 Luchtwaarnemingen van Bruinvisdensiteiten tijdens surveys op 24-25 maart (links boven), 29 maart (rechts boven), 14 april (links benenden) en 16 april 2011 (rechts beneden). De ster duidt de locatie van de heiactiviteiten aan die aanvingen op 7 april (Haelters et al., 2012a). ..... 330

Figuur 5-95 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) ..... 331

FIGUUR 5-96 VERGELIJKING VAN DE GEVOELIGHEID VAN HARINGEN (GROENE LIJN) EN BRUINVISSEN (ZWARTE LIJN) TEN OPZICHTE VAN ANTHROPOGENE GELUIDEN (THOMSEN ET AL., 2009) ..... 332

FIGUUR 5-97 SITUERING VAN MIDDELEEUWSE EILANDEN WULPEN, KOEZAND EN WATERDUNEN (NAAR MATHYS, 2010) ..... 364

FIGUUR 5-98 SIMULATIE VAN DE DRIE GEKENDE VERGUNDE WINDMOLENPROJECTEN (C-POWER, NORTHWIND EN BELWIND), STANDPUNT OP DE ZEEDIJK IN BLANKENBERGE (GRONTMIJ, 2010) (UITVERGROOT IN BIJLAGE G) ..... 365

FIGUUR 5-99 ILLUSTRATIES VAN DE AANLEG VAN EEN EXPORTKABEL OP HET STRAND (BRON: IMDC I.O.V. C-POWER, APRIL 2012) ..... 366

FIGUUR 5-100 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-2). ..... 368

FIGUUR 5-101 LIGGING WRAKKEN T.O.V. WINDMOLENPARK SEASTAR EN ALTERNATIEF KABELTRACÉ SCENARIO 2 ..... 370

FIGUUR 5-102 MULTIBEAM OPNAMES VAN DE WRAKKEN GELEGEN LANGSHEEN HET KABELTRACÉ NAAR LAND. LINKSBOVEN HET NOORDELIJK GELEGEN WRAK, RECHTSBOVEN HET OOSTELIJK GELEGEN WRAK (NIPPON) EN ONDERAAN HET WESTELIJK GELEGEN WRAK (SAMVURN). VAN HET ZUIDELIJKE WRAK (CHARLES D. MACIVER) IS GEEN SONARDATA BESCHIKBAAR.(WWW.VLAAMSEHYDROGRAFIE.BE) ..... 372

FIGUUR 5-103: TOP 10 VAN AANGELANDE SOORTEN DOOR DE BELGISCHE VLOOT IN 2010 EN 2011 (TESSENS & VELGHE, 2012) ..... 377

FIGUUR 5-104 EVOLUTIE JAARLIJKSE OMZET IN DE BELGISCHE VISSERIJ (TESSENS & VELGHE, 2012) ..... 377

FIGUUR 5-105 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) ..... 379

FIGUUR 5-106 MILITAIRE ACTIVITEITEN OP HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE (BMM, 03/12/2012) ..... 381

FIGUUR 5-107 NAVIGATIEKAART MET SCHEIDINGSLIJNEN VAN HET BEHEER VOOR DE LUCHTVAART (VERTREK) ..... 399

FIGUUR 5-108 NAVIGATIEKAART MET SCHEIDINGSLIJNEN VAN HET BEHEER VOOR DE LUCHTVAART (AANKOMST) ..... 399

FIGUUR 5-109: OVERZICHT VAN DE DOMEINCONCESSIES VOOR OFFSHORE WINDMOLENPARKEN IN HET BELGISCH DEEL VAN DE NOORDZEE (BMM, 2012) ..... 402

FIGUUR 5-110 GELUIDSCONTOUREN VAN HET BEREKEND SPECIFIEKE GELUID BOVEN WATER VAN DE 6 WINDMOLENPARKEN ONDER HET WORST CASE SCENARIO MET 10 MW TURBINES VOOR SEASTAR (#: 54), 6 MW TURBINES VOOR RENTEL (# 55), 3 MW TURBINES VOOR BELWIND (#: 110), 3 MW TURBINES VOOR NORTHWIND (#: 72), 5 MW TURBINES VOOR C-POWER (#: 54), 5 MW TURBINES VOOR NORTHER (#: 74) ..... 415

FIGUUR 5-111 OVERZICHT VAN DE CONCESSIEZONES VOOR WINDENERGIE IN DE NOORDZEE (GROEN: OPERATIONEEL, ROOD: IN PLANNINGSFASE, ROZE: IN VERGUNNINGSFASE) (HTTP://WWW.4COFFSHORE.COM) ..... 425

FIGUUR 5-112 SCHEEPVAARTVERKEER IN 2012 (BRON AIS-DATA: BEHEER- EN EXPLOITATIE TEAM SCHELDERADARKETEN, J. RAES, HOOFDBEHEERDER BET-SRK (VL), A. DESCAMPS, AFDELINGSHOOFD SCHEEPVAARTBEGELEIDING). ..... 437

FIGUUR 5-113 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) ..... 438

FIGUUR 5-114 AANTAL OLIEVERONTREINIGINGEN TUSSEN 7-700 TON EN GROTER DAN 700 TON (ITOPF, 2013) ..... 439

FIGUUR 5-115 WEERGAVE VAN ROUTES LANGS DE WINDMOLENPARKEN IN JANUARI 2012 (ROUTEGEBONDEN VERKEER) ..... 442

FIGUUR 5-116 VERKEER VAN EN NAAR ZEEBRUGGE TUSSEN DE WINDMOLENPARKEN BELWIND EN C-POWER DOOR, GEKLEURD PER SCHEEPSTYPE ..... 443

FIGUUR 5-117 VERKEERSBEELD IN DE HUIDIGE SITUATIE (VOLLEDIG JAAR 2012), BIJ AANWEZIGHEID VAN WINDMOLENPARKEN BELWIND EN C-POWER ..... 444

FIGUUR 5-118 VERKEERSBEELD IN HET BASISSCENARIO BIJ AANWEZIGHEID VAN WINDMOLENPARKEN BELWIND, NORTHWIND, C-POWER EN NORTHER ..... 444

FIGUUR 5-119 VERKEERSBEELD IN SCENARIO 1 BIJ AANWEZIGHEID VAN WINDMOLENPARKEN BELWIND, SEASTAR, NORTHWIND, RENTEL, C-POWER EN NORTHER ..... 445

FIGUUR 5-120 VERKEERSBEELD IN SCENARIO 2 BIJ AANWEZIGHEID VAN WINDMOLENPARKEN MERMAID, BELWIND, SEASTAR, NORTHWIND, RENTEL, C-POWER EN NORTHER ..... 445

FIGUUR 5-121 SRK WERKINGSGEBIED EN BELGISCHE CONCESSIEGEBIED VOOR OFFSHORE WINDMOLENPARKEN ..... 465

FIGUUR 5-122 VOORBEELD VOOR DE SRK RADAR VAN ZEEBRUGGE OMTRENT BEPERKING VAN DE REIKWIJDTE IN FUNCTIE LOS EN RCS ..... 466

FIGUUR 5-123 TYPISCH RADAR-SCREENSHOT VAN HET SCHEEPVAARTVERKEER (MOMENTOPNAME). COURTESY VAN "AFDELING SCHEEPVAARTBEGELEIDING" ..... 467

FIGUUR 5-124 BEREIK VAN DE SRK RADARS BIJ EEN LOS VAN 3 M (BOVEN: VLAAMSE RADARSINSTALLATIES EN ONDER: NEDERLANDSE RADARINSTALLATIES) ..... 468

FIGUUR 5-125 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 ..... 469

FIGUUR 5-126 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN DE RICHTINGEN WAARIN SCHADUWZONES OPTREDEN VOOR DE VERSCHILLENDE SRK RADARSTATIONS, EN WAARDOOR HET PROJECT SEASTAR BIJNA VOLLEDIG VERDOKEN LIGT ACHTER DE OFFSHORE WINDMOLENPARKEN VAN NORTHWIND, RENTEL, C-POWER EN NORTHER (ORANJE EN GELE PIJL) OF TOCH NOG GEDEELTELIJK ZICHTBAAR BLIJFT (RODE EN BLAUWE PIJL) BIJ NIET-INVULLING VAN HET CONCESSIEGEBIED BORSSELE ..... 470

FIGUUR 5-127 LIGGING VAN DE HOOFDNAVIGATIEROUTES TEGENOVER DE CONCESSIEGEBIEDEN ..... 472

FIGUUR 7-1 OVERZICHT VAN DE NEDERLANDSE BESCHERMDE NATUURGEBIEDEN BINNEN DE MOGELIJKE BEÏNVLOEDINGSZONE VAN DE ZES WINDMOLENPARKEN ..... 480

FIGUUR 7-2 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET OMLEGGEN VAN DE SECUNDAIRE SCHEEPVAARTROUTES (HUIDIG: GEEL, TOEKOMSTIG: GROEN) BIJ INVULLING VAN HET CONCESSIEGEBIED, TEGENOVER HET SRK WERKINGSGEBIED EN HET BEREIK VAN DE ACTUELE SRK RADARSTATIONS BIJ EEN LOS HOOGTE VAN 3 M ..... 486

FIGUUR 7-3 SCHADUWEFFECTEN VOOR DE RADAR VAN OOSTENDE (LOS ZONE 20 M HOOGTE) DOOR TOTAAL CONCESSIEGEBIED ..... 487

FIGUUR 7-4 SCHADUWEFFECTEN VOOR DE RADAR VAN WESTKAPELLE (LOS ZONE 20 M HOOGTE) DOOR TOTAAL CONCESSIEGEBIED ..... 487

## 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, Norther en Rentel) in combinatie met het SeaStar 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 schrijven van Rioja kabeleigenaars
- 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 (2013a). Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11413/13.113/MIM.
- IMDC (2013b). Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11413/13.114/MIM.
- IMDC (2013c). Milieueffectenrapport windpark SeaStar. Life cycle analysis. I/RA/11421/13.126/MGO
- Flemtek-IMDC (2013). Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark —SeaStar met betrekking tot: de SRK-radarinstallaties, de scheepsradar en de marifone communicatie. In opdracht van THV SeaStar, in samenwerking met IMDC.
- MARIN (2013). Veiligheidsstudie offshore windmolenpark 'SeaStar'. Rapportnummer 25095-1-MSCN-rev.2

## Lijst met afkortingen en definities

| | |
|---|---|
| AFDW | Ash Free Dry Weight, NL: asvrij drooggewicht |
| AIS | Automatic identification system |
| Alpha | Net als Beta, offshore connectiepunt van Elia dat met het onshore connectiepunt “Stevin” van Elia te Zeebrugge is verbonden. Op Alpha en Beta kunnen windmolenparken aansluiten. Beta zal worden uitgevoerd als stalen platform, Alpha als kunstmatig eiland op de Lodewijkbank. |
| ATF | Atmosferische transmissie factor |
| BBT | Best Beschikbare Technieken |
| BDNZ | Belgisch Deel van de Noordzee |
| Beta | Net als Alpha, offshore connectiepunt van Elia dat met het onshore connectiepunt “Stevin” van Elia te Zeebrugge is verbonden. Op Alpha en Beta kunnen windmolenparken aansluiten. Beta zal worden uitgevoerd als stalen platform, Alpha als kunstmatig eiland op de Lodewijkbank. |
| BMM | Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium |
| 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 M50 (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 |
| exportkabel | (ENG: export cable) kabel tussen OHVS binnen de concessiezone en Stevin of tussen Alpha, resp. Beta en Stevin |
| 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 |
| LoS | Line of Sight |
| $L_{sp}$ | 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 |
| parkkabel | (ENG: infield cable) kabel tussen WTG's of tussen de WTG-string en OHVS binnen de concessiezone |
| PC | Permanente Commisie |
| POD | Porpoise Detectors |
| re 1 µPa | Referentie voor geluidsdruk onder water |
| re 1 µPa²s | Eenheid voor SEL (sound exposure level) |
| RCS | Radar Cross Section |
| 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 |
| verbindingskabel | (ENG: connection cable) kabel tussen WTG-string en Alpha of tussen OHVS binnen de concessiezone en Alpha. |
| 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 |

# 1. INLEIDING

## 1.1 DOELSTELLING VAN DIT RAPPORT

Op 1 juni 2012 werd door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, een domeinconcessie toegekend aan de THV SeaStar voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in het gebied tussen de Lodewijkbank en de Blighbank (MB 01/06/2012 (EB-2010-0016-B) "toekenning domeinconcessie aan THV SeaStar", gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad op 8 juni 2012).

De locatie ligt op ca. 38 km afstand van de kust en de gemiddelde waterdiepte bedraagt hier 31 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-2010-0016-B vermelde coördinaten (totale oppervlakte van het gebied = 18,4 $km^2$).

Het voorziene windmolenpark wordt gebouwd ten noordwesten van de Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind) en ten zuidoosten van de Blighbank (domeinconcessie Belwind).

In overeenstemming met de afbakening van het gereserveerde gebied bestemd voor de inplanting van windturbines in de zeegebieden waar België rechtsmacht kan uitoefenen, zoals recent aangepast en vastgelegd in KB van 3 februari 2011, is een potentiële uitbreiding van de concessiezone reeds meegenomen in de verdere analyse (Tabel 1-1).

*Tabel 1-1Oppervlakte van het initiële en uitgebreide concessiegebied van SeaStar*

| | **Initieel concessiegebied** | **Uitgebreid concessiegebied** |
|---|---|---|
| Totale oppervlakte (omhullend) $A_{tot}$ ($km^2$) | 18,41 | 20,27 |
| Bufferzone Rioja ($km^2$) | 0,66 | 0,73 |
| Effectieve oppervlakte $A_{eff}$ ($km^2$) | 17,75 | 19,54 |

De in de concessieaanvraag voorgestelde inplanting van 41 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. 62 WTG's met rotordiameter 120-135 m– individueel vermogen 4-6,5 MW
2. 54 WTG's met rotordiameter 150-165 m – individueel vermogen 7,5-10 MW
3. 43 WTG's met rotordiameter 140-175 m – individueel vermogen 6,5-7,5 MW

Configuratie 1 voorziet een maximaal aantal windturbines (i.e. 62 WTG's), configuratie 2 toont een optimale inplanting naar maximaal geïnstalleerd vermogen (i.e. 540 MW) en de laatste configuratie voorziet een optimale configuratie voor een type windturbine met de grootste

rotordiameter (i.e. 175 m). Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen varieert aldus tussen het in de concessieaanvraag gedefinieerde totaal geïnstalleerd vermogen van 246 MW en een maximaal potentieel van 540 MW. Preliminaire opbrengstberekeningen tonen een jaarlijks gegenereerde opbrengst van om en bij 800 GWh voor de basisconfiguratie van de concessieaanvraag. Bij de hierna verder uitgewerkte omhullende alternatieven varieert de opbrengst tussen ca. 1.000 GWh en 1.400 GWh. De aldus gegenereerde opbrengst komt overeen met het gemiddeld jaarverbruik van 286.000 tot 400.000 doorsnee gezinnen.

Gerelateerd aan de snelheid waarmee netwerkbeheerder ELIA de aansluiting op het Belgisch hoogspanningsnet verzekert, wordt het SeaStar offshore windmolenpark gefaseerd uitgevoerd vanaf begin 2017. Realisatie en operationele aansluiting op het net tegen staat nu gepland voor voorjaar 2018/najaar 2018.

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 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 SeaStar. THV SeaStar 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 SeaStar bestaat voor 50% uit Power@Sea NV en voor 50% uit Electrawinds NV. 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.

Ondertussen is een aandeelhoudersovereenkomst gesloten waarbij is afgesproken dat de SeaStar concessie wordt ondergebracht in een projectvennootschap onder de vorm van een Naamloze Vennootschap, “NV SeaStar”. Deze overeenkomst voorziet naast de oprichting van de projectvennootschap ook een formele overdracht van de hierboven omschreven domeinconcessie en alle gerelateerde initiatieven van THV SeaStar naar de projectvennootschap.

**Power@Sea**

Haven 1025 - Scheldedijk 30

2070 Zwijndrecht

Geert Mertens

Tel. +32 3 250 57 29

**Electrawinds**

John Cordierlaan 9

8400 Oostende

Raoul Vanlambalgen

Tel +32 59 56 97 51

Gemandateerd vertegenwoordiger voor THV SeaStar:

Nathalie Oosterlinck

Tel. +32 3 250 55 51

Mob +32 495 58 43 52

Contactpersoon en technisch aanspreekpunt voor het MER:

**Marc Huygens**

Haven 1025 - Scheldedijk 30

2070 Zwijndrecht

Tel 03/210 68 37

Fax 03/250 56 50

Mob 0470/89 12 52

Overeenkomstig de aandeelhoudersovereenkomst participeren volgende aandeelhouders in de hierboven omschreven op te richten projectvennootschap:

- Power@Sea NV en Electrawinds Offshore NV, als vertegenwoordigers van de oprichtende partijen van de THV SeaStar
- maar ook 7 bijkomende partners teneinde een nog bredere expertise en draagkracht te verzekeren. Deze partners zijn Aspiravi Offshore NV, DEME NV, SRIW Environment SA, Z-kracht NV, Rent a Port Energy 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.

De feitelijke oprichting van deze projectvennootschap NV SeaStar is voorzien in de komende maanden.

## 1.3 MER-DESKUNDIGEN

Het team van deskundigen voor de opmaak van het milieueffectenrapport is samengesteld uit:

*Tabel 1-2 MER-deskundigen*

| Onderdeel van het MER | Deskundige |
|---|---|
| Coördinatie | Dr.lic. Mieke Mathys |
| Inleiding, projectbeschrijving, juridische en beleidsmatige randvoorwaarden, beschrijving van de alternatieven | Lic. Cleo Pandelaers |
| Bodem & water | Dr.lic. Mieke Mathys, Lic. Michiel Goossens |
| Fauna, flora & biodiversiteit | Lic. Michiel Smits, Lic. Cleo Pandelaers |
| Lucht & klimaat, Interactie met andere menselijke activiteiten | Lic. Michiel Goossens, Lic. Cleo Pandelaers |
| Geluid & trillingen | Ing. Chris Neuteleers |
| Risico's & veiligheid | Dr.lic. Mieke Mathys |
| Zeezicht & cultureel erfgoed | Lic. Michiel Goossens |

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 herinterpretatie van de bestaande studie uitgevoerd in het kader van MER Rentel 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.
- IMDC voor het uitschrijven van een Life Cycle Analysis voor 10 MW turbines 40 km offshore.
- MARIN voor het uitvoeren van een nautische veiligheidsstudie.

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 (2013a). Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11413/13.113/MIM.
- IMDC (2013b). Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11413/13.114/MIM.
- IMDC (2013c). Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar. Life cycle analysis. I/RA/11421/13.126/MGO
- Flemtek-IMDC (2013). Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark —SeaStar met betrekking tot: de SRK-radarinstallaties, de scheepsradar en de marifone communicatie. In opdracht van THV SeaStar, in samenwerking met IMDC.

- MARIN (2013). Veiligheidsstudie offshore windpark ‘SeaStar’. Rapportnummer 25095-1-MSCN-rev.1

# 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 SeaStar opgericht. Het Ministerieel Besluit van 1 juni 2012 dat op 8 juni 2012 is gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad (ref. EB-2010-0016-B) kent aan deze THV SeaStar een domeinconcessie toe voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in de zeegebieden gelegen tussen de Lodewijkbank en de Blighbank.

THV SeaStar bestaat voor 50% uit Power@Sea NV en voor 50% uit Electrawinds NV. Door het combineren van beide firma's wordt de nodige knowhow in projectfinanciering, projectontwikkeling en het bouwen en exploiteren van windenergieparken samengebracht.

### 2.1.1 Power@Sea NV (www.poweratsea.be)

Power@Sea, met maatschappelijke zetel aan de Scheldedijk 30, 2070 Zwijndrecht, ingeschreven in de Kruispuntbank der Ondernemingen te Antwerpen onder RPR/BTW nummer 0468.783.479 heeft tot doel het uitvoeren van engineering opdrachten (technisch en economisch) in verband met milieuvriendelijke energieopwekking en distributie, alsmede het participeren in ondernemingen die milieuvriendelijke (wind-)energie ontwikkelen, vervaardigen of exploiteren, de exploitatie van (wind-)energieprojecten op zee en het organiseren van onderhoudswerkzaamheden van offshore (wind-)parken en andere projecten op zee. Power@Sea was een van de initiators van het C-Power project, en is referentieaandeelhouder in C-Power Holdco, de meerderheidsaandeelhouder van C-Power NV. De aandeelhouders van Power@Sea zijn DEME NV, Socofe NV, SRIWE NV en Techno@Green NV.

De Raad van Bestuur bestaat uit volgende leden:

| | | |
|---|---|---|
| Marc Stordiau | Chairman of the Board | representingTechno@green NV |
| Christian Van Meerbeeck | | representing Techno@green NV |
| Alain Bernard | | representing DEME NV |
| Marcel Van Bouwel | | representing DEME NV |
| Marc Maes | | representing DEME NV |
| Martin Ockier | | representing DEME NV |
| Claude Grégoire | | representing SOCOFE SA |
| Marianne Basecq | | representing SOCOFE SA |
| Samanda S.A. | vertegenwoordigd door Mr. Olivier Vanderijst | representing SRIWE SA |
| Karine Fabry | | representing SRIWE SA |

### 2.1.2 Electrawinds NV (www.electrawinds.be)

Electrawinds, met maatschappelijke hoofdzetel op de John Cordierlaan 9 , 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 meerdere 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.

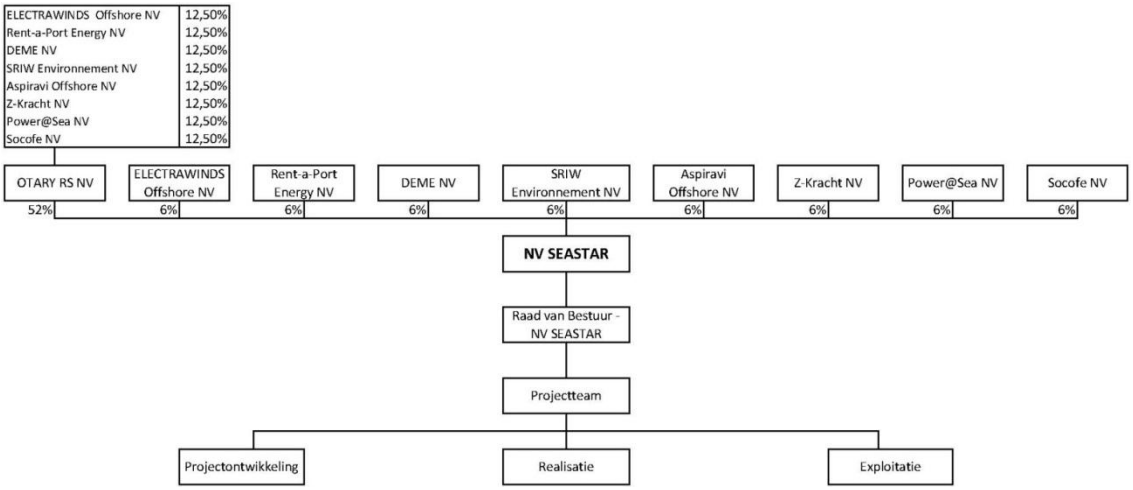
Electrawinds werkt aan kwaliteitsvolle en innovatieve projecten met een minimale impact op mens en milieu. Door te investeren in hernieuwbare energie helpt Electrawinds de wereldwijde uitstoot van $CO_2$ verminderen die mee verantwoordelijk is voor de opwarming van de aarde.

De Raad van Bestuur bestaat uit volgende leden:

| | | |
|---|---|---|
| Jo Cornu | Chairman of the board | representing Mercodi bvba |
| Willi Mannheim | Co-founder ECT, member of audit, remuneration and nomination committee | |
| Paul Vanderkerckhove | Member of audit, nomination committee | representing Buraco NV |
| Alexandre Vanderkerckhove | | representing Winpar NV |
| Dirk Dewals | Member of audit, remuneration and nomination committee (GIMV) | |
| Rudie Vandervennet | Member of audit committee (FPIM) | |
| Paul Desender | | representing PDS Consulting bvba |

Ondertussen is een aandeelhoudersovereenkomst gesloten waarbij principieel is afgesproken dat de SeaStar-concessie wordt ondergebracht in een projectvennootschap onder de vorm van een Naamloze Vennootschap “NV SeaStar”. Deze overeenkomst voorziet naast de oprichting van de projectvennootschap ook een formele overdracht van de hierboven omschreven domeinconcessie en alle gerelateerde initiatieven van THV SeaStar naar de projectvennootschap.

In deze projectvennootschap participeren niet alleen Power@Sea NV en Electrawinds Offshore NV, als directe vertegenwoordigers van de oprichtende partijen van de THV SeaStar, maar ook 7 bijkomende partners. Deze bijkomende partners zijn: Aspiravi Offshore NV, DEME NV, SRIW Environment SA, Z-kracht NV, Rent a Port Energy NV, Socofe SA en Otary RS NV (Figuur 2-1).




*Figuur 2-1 Structuur van THV SeaStar*

Vanuit de THV en de navolgende aandeelhoudersovereenkomst werd Nathalie Oosterlinck als contactpersoon en projectleider aangesteld (nathalie.oosterlinck@otary.be). Als dusdanig treedt zij op als gemandateerd vertegenwoordiger van de THV SeaStar. De feitelijke technische opvolging van het MER-proces wordt verzorgd door Marc Huygens (huygens.marc@deme.be).

Door het combineren van deze firma's wordt de nodige knowhow, expertise en ervaring in projectfinanciering, projectontwikkeling en het bouwen en exploiteren van windenergieparken op zee maximaal samengebracht. Deze kennis en ervaring vormt aldus een garantie voor een succesvolle ontwikkeling en implementatie van het voorliggende project.

Hieronder worden kort de respectievelijke toekomstige overige aandeelhouders voorgesteld.

### 2.1.3 Aspiravi Offshore NV (www.aspiravi.be)

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. Aspiravi Offshore is ook aandeelhouder in het offshore windpark Northwind.

### 2.1.4 DEME NV (www.deme.be)

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 is. De grootste aandeelhouders van DEME, Ackermans & van Haaren en CFE, zijn beiden beursgenoteerde ondernemingen in België.

### 2.1.5 SRIW Environnement SA (www.sriw.be)

SRIW Environnement 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 (www.nuhma.be)

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 Rent a Port Energy (www.rentaport.be)

Rent-a-Port Energy NV is de zustermaatschappij van Rent-a-port NV, 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, werd opgericht 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). Rent-a-Port Energy NV werd opgericht onder meer met het oog op de participatie in ondernemingen die milieuvriendelijke (wind-) energie ontwikkelen, vervaardigen of exploiteren.

### 2.1.8 Socofe SA (www.socofe.be)

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

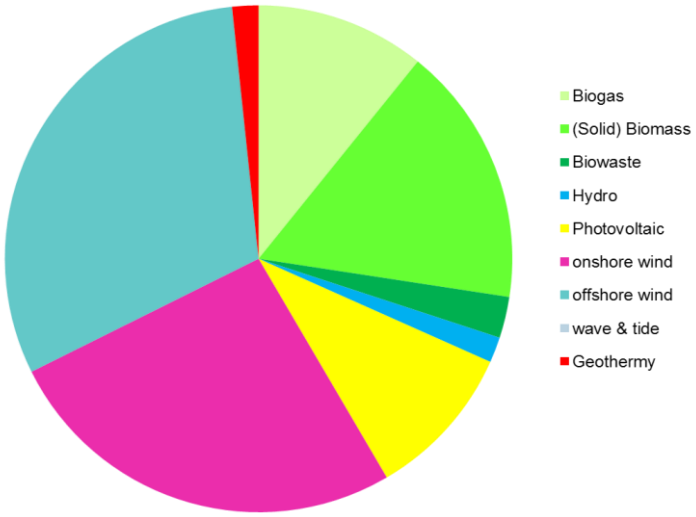
Otary RS NV is op haar beurt een holdingvennootschap samengesteld uit voorgaande 8 partners met de intentie de nodige kennis en financiering te bundelen voor de ontwikkeling van offshore windmolenparken.

## 2.2 DOELSTELLING EN MOTIVERING VAN HET PROJECT

Het doel van aanvrager THV SeaStar 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 800 GWh/jaar verwacht. Het netto-equivalent van deze energieproductie resulteert in een jaarlijkse reductie van de $CO_2$ emissie van 200.000 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 41 windturbines van 6 MW, die jaarlijks ca. 800 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. 8% 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 2017-2018;
- 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 THV SeaStar 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 THV SeaStar 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 2016/2017 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 SeaStar is gelegen in de Belgische Exclusieve Economische Zone (EEZ) op het Belgisch Deel van de Noordzee. Het park bevindt zich tussen de Lodewijkbank en de Blighbank. De site ligt 38 km uit zee, er heerst een waterdiepte van ongeveer 31 m.

### 2.3.1 Motivatie van de locatiekeuze

De keuze voor de inplantingsplaats voor het SeaStar 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 SeaStar 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 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 SeaStar-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 Northwind (vroeger Eldepasco) op de Lodewijkbank (aan de zuidoostflank) en Belwind op de Blighbank (aan de noordwestflank).

De coördinaten van de hoekpunten van de door THV SeaStar verkregen domeinconcessie zijn gegeven in Bijlage B.

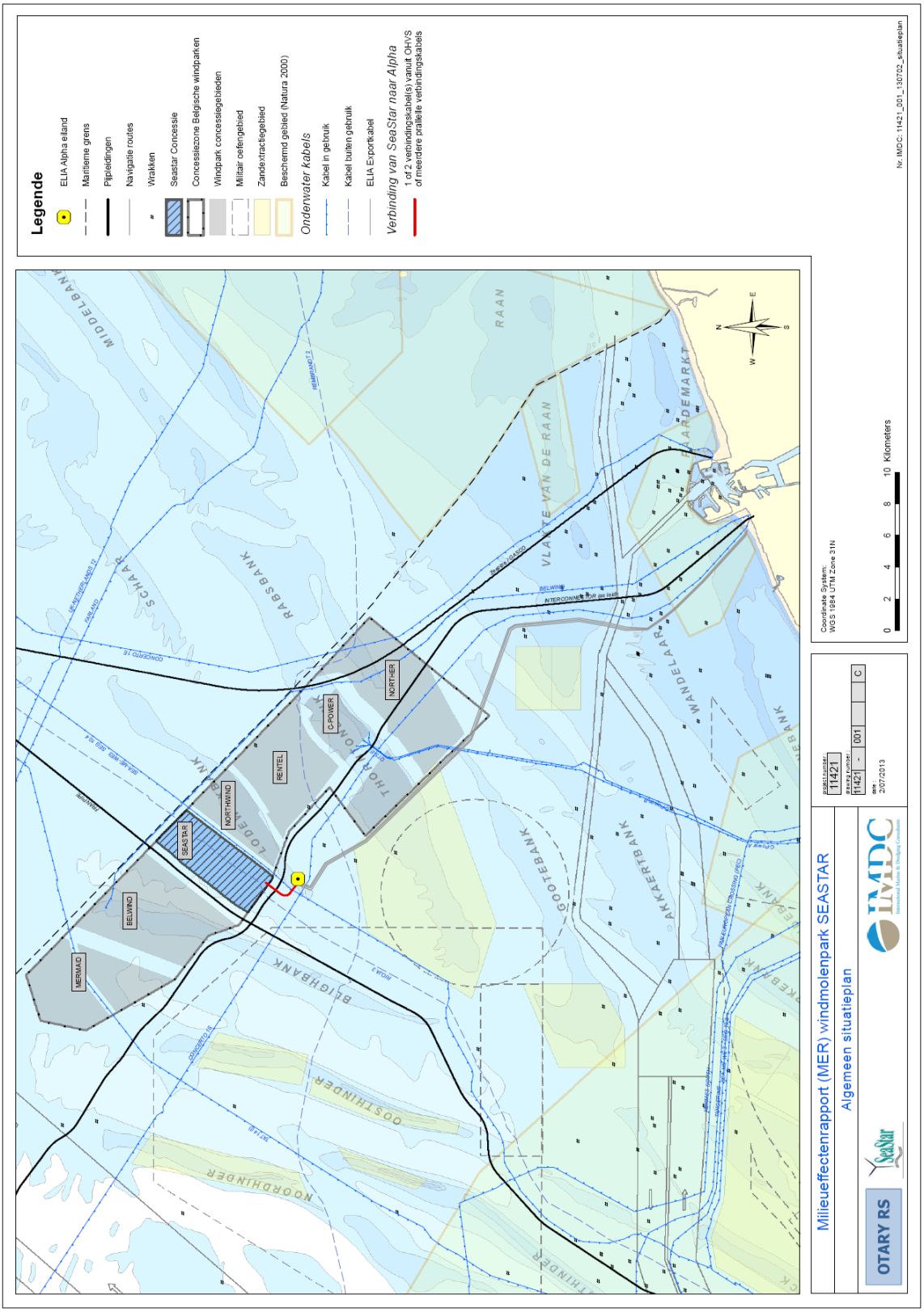
### 2.3.2 Ruimtelijke situering t.o.v. andere gebruikers

Bijgevoegd is het algemene situeringsplan van de SeaStar concessiezone, conform het KB van 20 december 2000 en KB van 3 februari 2011 is aangegeven (Figuur 2-3 en Bijlage C.1):

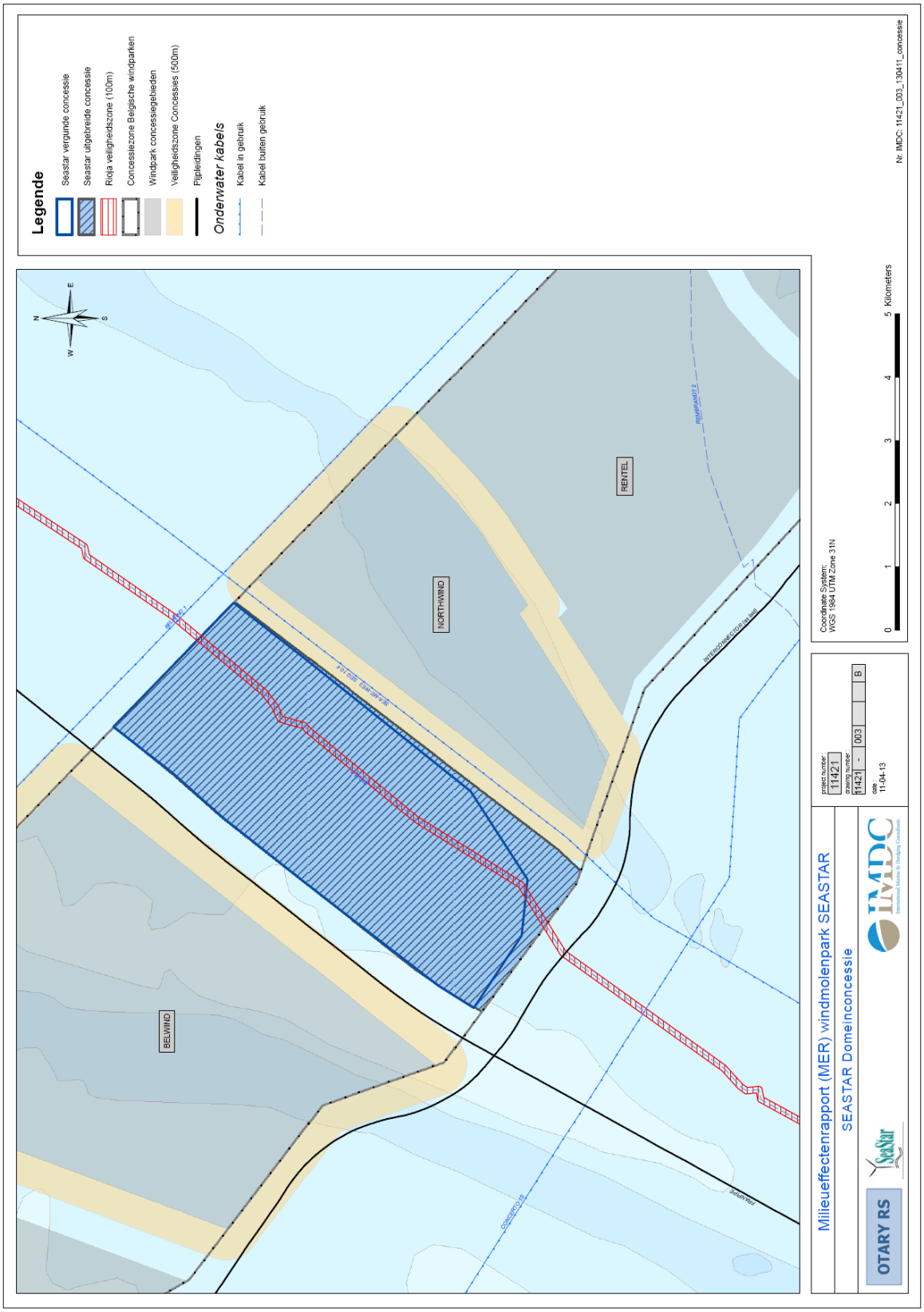
- De afbakening van de domeinconcessie waarvoor de aanvraag wordt ingediend, met verduidelijking van de lokalisering van de installatie in verhouding tot de maritieme activiteiten die er worden verricht;
- De aanduiding van de grenzen van de naburige blokken waarvoor reeds een concessie werd toegekend;
- De potentiële locatie waar het Alpha-eiland van Elia zal gerealiseerd worden.
- De ligging van de exportkabels van Elia tussen het Alpha en de kust
- Het geplande tracé voor de kabels van de door de installaties geproduceerde elektriciteit tot aan de voor de aansluiting op het net geplande vertakking (Alpha of Zeebrugge).

Het SeaStar concessiegebied wordt omringd door volgende actuele activiteiten (Figuur 2-4):

- De Northwind concessie in het zuidoosten op de Lodewijkbank;
- De Belwind concessie in het noordwesten op de Blighbank;
- De Belwind landingskabels in het noordoosten;
- De SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel in het zuidoosten;
- De Franpipe pijpleiding in het noordwesten;
- De gasleiding Interconnector in het zuidwesten;
- Het park zelf wordt doorkruist door de inactieve Rioja telecomkabel.




*Figuur 2-3 Ligging SeaStar concessiezone t.o.v. andere gebruikers van het Belgisch Deel van de Noordzee*




*Figuur 2-4 Situering SeaStar projectgebied t.o.v. omliggende concessiezones, kabels en pijpleidingen.*

### 2.3.3 Lay-out van het park

Heel specifiek is met betrekking tot de aanwezige kabels en leidingen bij de lay-out van het SeaStar park rekening gehouden met:

- Het concessiegebied wordt enkel doorkruist door de inactieve telecommunicatiekabel Rioja. De voorgeschreven veiligheidsafstand bedraagt standaard 250 m, maar aangezien Rioja niet langer in gebruik is en niet meer in gebruik zal genomen worden (formeel bevestigd door de kabeleigenaars in schrijven d.d. 21 juli 2009 in Bijlage A.2), kan een veiligheidsafstand van 50 m gehanteerd worden voor de verschillende inplantingsconfiguraties van de turbines conform de situatie met de Rembrandt2 kabel in de Rentel concessiezone. Het is echter ook mogelijk dat de Rioja kabel wordt verwijderd alvorens de werken beginnen. Geen enkele gaspijpleiding bevindt zich in het SeaStar concessiegebied.
- Inplanting van de windturbines en transformatorplatforms gebeurt op minimaal 500 m van de ten zuidwesten van het park gelegen Interconnector gasleiding en de ten noordwesten gelegen Franpipe gasleiding. Voor het bepalen van de positie van de Interconnector, de Franpipe gasleiding en de SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel is er uitgegaan van de exacte coördinaten zoals bepaald in de recente site survey.
- De windturbines en het eventuele transformatorplatform 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. Langs het zuidoosten wordt een veiligheidszone van 250 m voorzien tot de SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel.

De totale oppervlakte van het initiële concessiegebied bedraagt zo'n 18,4 $km^2$, 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 17,8 $km^2$ is weerhouden.

### 2.3.4 Mogelijke concessieuitbreiding

Er worden stappen ondernomen om het initiële concessiegebied (blauwe contour in Figuur 2-4) uit te breiden om te komen tot een maximale verruiming van het beschikbare concessiegebied (lichtblauw gearceerd gebied).

De uitgebreide concessiezone wordt begrensd door de veiligheidzone van 500 m (vanaf de tip van de turbine) langsheen de Franpipe gasleiding, de veiligheidzone van 250 m langsheen de SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel en de grens van de afbakening zoals die door de FOD Economie in februari 2011 werd vastgelegd.

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 18,4 $km^2$ tot 20,3 $km^2$ met een effectief beschikbaar oppervlak van 19,5 $km^2$ (bufferzone rond niet-actieve Rioja kabel = 0,73 $km^2$) en kan het aantal turbines uiteraard worden vergroot (Figuur 2-4). Deze maximale

verruiming tot 20,3 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 41 turbines met 6,15 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 basisconfiguratie met 41 windturbines van 6 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: 41 WTG’s in het initiële concessiegebied, met rotordiameter (RD) 126 m - individueel vermogen 6 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M turbine.
1. 62 WTG’s in het uitgebreide concessiegebied, met rotordiameter 120-135 m - individueel vermogen 4-6,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Areva (5 MW, 135 m RD).
2. 54 WTG’s in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 150-165 m - individueel vermogen 7,5-10 MW. Een typevoorbeeld is de Vestas V164 (8 MW, 164 m RD).
3. 43 WTG’s in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 140-175 m - individueel vermogen 6,5-7,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Samsung-7.0 MW (7 MW, 171 m RD).

Op die manier wordt de optie met het maximaal aantal mogelijke funderingen besproken (configuratie 1), de optie met maximaal geïnstalleerd individueel en totaal vermogen (configuratie 2) en de optie met maximale rotordiameter (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 246 en 540 MW, waarbij de Areva (5 MW), de REpower 6M (6,15 MW), de Vestas V164 (8 MW) en de Samsung (7 MW) als typevoorbeelden (met gebruik van hun beschikbare technische gegevens) worden uitgewerkt in het MER (Tabel 2-2).

*Tabel 2-2 Overzicht van geïnstalleerd vermogen, uitgewerkt voor het typevoorbeeld bij elke omhullende configuratie*

| | Area | WTG capaciteit (MW) | # WTG's | Opp. (km²) | Rotor Diam. (m) | Geïnstalleerd Vermogen (MW) | Capaciteit densiteit (MW/km²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Basisconfiguratie** | init | 6 | 41 | 18,4 | 126 | 246 | 13,37 |
| **Configuratie 1** | ext | 5 | 62 | 20,3 | 135 | 310 | 15,29 |
| **Configuratie 2** | ext | 8 | 54 | 20,3 | 164 | 432 | 21,31 |
| **Configuratie 3** | ext | 7 | 43 | 20,3 | 171 | 301 | 14,85 |

Voor de basisconfiguratie zal de impact besproken worden van vier funderingsmogelijkheden: gravitaire fundering (GBF), monopile (MP), jacket en 'suction bucket' principe (Tabel 2-3). Ook voor configuratie 1 en 2 wordt de milieu-impact van deze vier funderingsmogelijkheden afgewogen. Bij configuratie 3 worden enkel 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 2-3 Besproken funderingstypes per configuratie*

| | Configuratie | | | Funderingstype | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Area | Capaciteit | # WTG's | GBF | MP | JF | Suction bucket |
| Basisconfiguratie | init | 6 MW | 41 | + | + | + | + |
| Configuratie 1 | ext | 5 MW | 62 | + | + | + | + |
| Configuratie 2 | ext | 8 MW | 54 | + | + | + | + |
| Configuratie 3 | ext | 7 MW | 43 | + | X | + | + |

Bij configuratie 3 is een uitvoering met MP fundering technisch niet meer mogelijk wegens een te grote rotordiameter voor de beschouwde turbine (7 MW) en mede door de lokale waterdieptes. Bij turbines met een vermogen van 7 MW en rotordiameter van 170 m 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.

THV SeaStar 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 2-2).

*Tabel 2-4 Weerhouden combinaties van configuratie en type fundering*

| Configuratie | Aantal turbines | Rotordiameter | Individueel vermogen | Totaal geïnstalleerd vermogen | Funderingstype | Erosiebescherming |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie | 41 | 126 m | 6 MW | 246 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 1 | 62 | 120-135 m<br>135 m | 4-6,5 MW<br>5 MW | 248-403 MW<br>310 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 2 | 54 | 150-165 m<br>164 m | 7,5-10 MW<br>8 MW | 405-540 MW<br>432 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 3 | 43 | 140-175 m<br>171 m | 6,5-7,5 MW<br>7 MW | 280-323 MW<br>301 MW | Jacket | optioneel |
| | | | | | 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 SeaStar project en de reeds eerder voorgestelde projectinvulling in de concessieaanvraag, wordt hieronder een geactualiseerde planning weergegeven.

1. Vergunningen en voorbereiding 12/2012–07/2013
2. FEED-studies (design basis, conceptueel ontwerp, geotechnische survey, basisontwerp, termsheets, ..) 04/2013-09/2016
3. Contractonderhandelingen WTG + EPCI contractor 04/2016-10/2016
4. Afronding financiën (Financial Close) 10/2016
5. EPCI (Fundering+Kabels) – finaal ontwerp 08/2016-02/2017
6. EPCI (Fundering+Kabels) – Aankoop+Onshore constructie 11/2016-04/2018
7. EPCI (Fundering) – Offshore installaties 05/2017-05/2018

8. WTG – Aankoop + Onshore constructie 01/2017-04/2018
9. EPCI (Kabels) – Offshore installaties 01/2018-10/2018
10. WTG – Offshore installaties + Commissioning 03/2018-10/2018
11. Operationeel park – Aansluiting op ELIA-net 12/2018

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 begin 2016 (Stevin Project). Daarenboven voorziet ELIA als transmissienetbeheerder ook voor offshore locaties in het Belgische Deel van de Noordzee een gepaste aansluitingsconfiguratie. De realisatie en activering van de betreffende offshore transformatorstations (Alpha- en Beta-project) als essentiële onderdelen van het BOG, Belgian offshore Grid, is voorzien tegen 2017. De geplande aansluiting van een volledig operationeel SeaStar windmolenpark tegen eind 2018 past perfect in deze ELIA-planning.

## 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 (2012 – 2018):
    - 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, het offshore hoogspanningsstation (Offshore High Voltage Station of OHVS, indien van toepassing), 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 (2016 – 2018):
    - 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 het OHVS (indien van toepassing);
    - Voorbereiding op zee van de bouwplaats van windturbines en het 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 het OHVS (indien van toepassing);
- 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 het OHVS);
- In werking zetten van de windturbines;

3. De exploitatiefase (2018 – 2038):

   - De windturbines produceren elektriciteit die via de vermogenkabels naar het land of naar het Alpha eiland van Elia 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 het 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 (2012-2018)

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 vooreerst de grootte-orde van 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;
- De kabeltracés van de verbindingskabels met Alpha 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 staalnames 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 (indien van toepassing);
- 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 waterniveaus 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 (2016-2018)

#### 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.

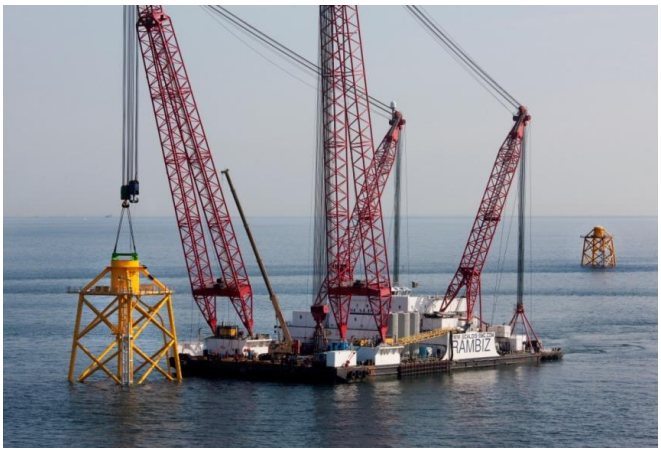
Deze kranen worden gebruikt om de turbines grotendeels vooraf aan wal te monteren zodat de moeilijkere mariene interventies tot een minimum herleid kunnen worden.




*Figuur 2-5 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 2-6 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 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 2-7 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 2-8 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 2-9 Illustratie van een sleephopperzuiger (bron: DEME)*




*Figuur 2-10 Illustratie van een steenstortschip, type zijstorten (bron: DEME)*



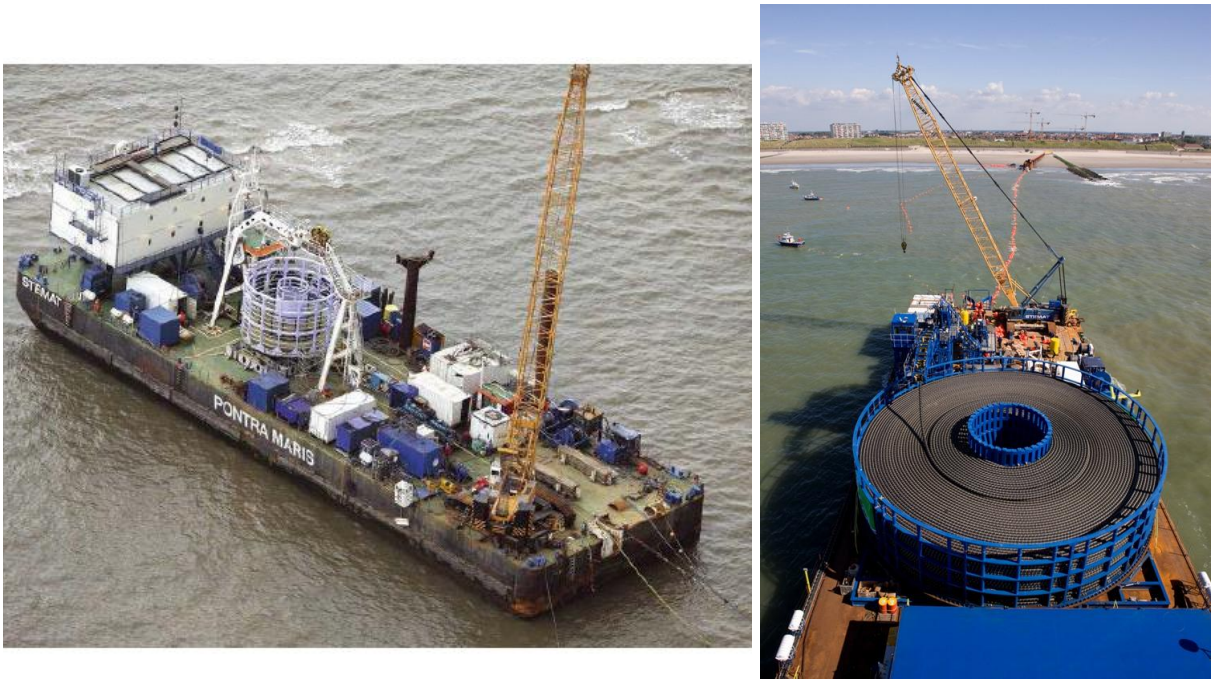
*Figuur 2-11 Illustratie van een steenstortschip 'Rollingstone', type valpijpstorten (bron: DEME)*

#### 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 2-12 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 de zeebodem open met minimale grondverplaatsing (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 is minder effectief 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 2-13 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 2-14 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***

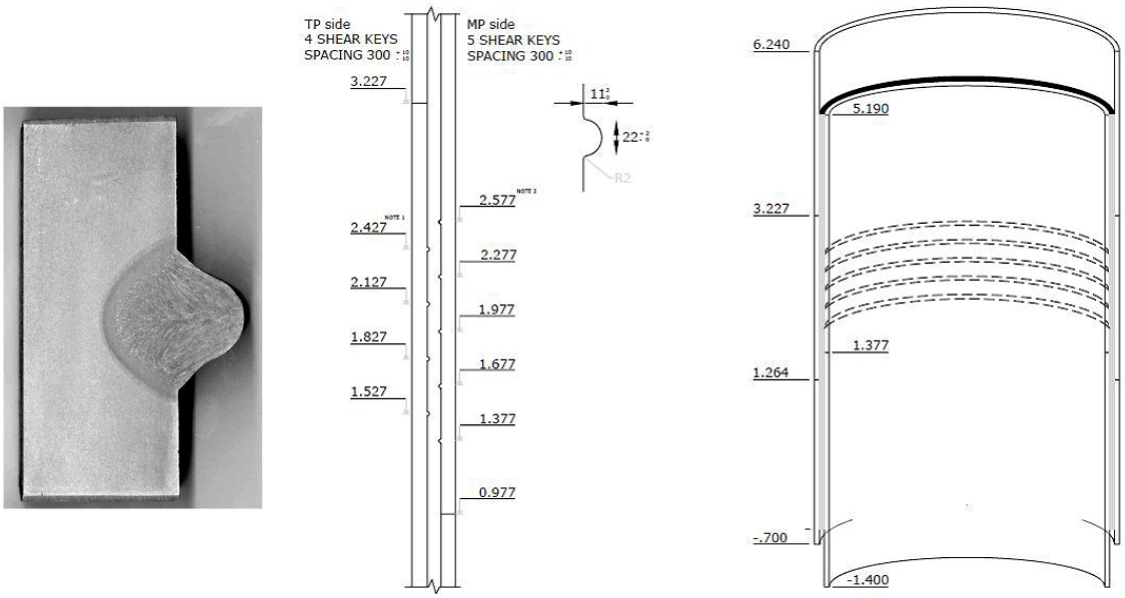
Indien voor dit funderingstype gekozen wordt, zijn de **dimensies** naar verwachting als volgt:

- Paaldiameter: 6,2-7,2 m voor een REpower 6M en een 5 MW Areva windturbine (basisconfiguratie en configuratie 1); indicatieve paaldiameter van 7,5 m voor een 8 MW Vestas V164 (configuratie 2);
- Indicatieve inheidiepte: 35 m voor een REpower 6M en 5 MW Areva windturbine (basisconfiguratie en configuratie1); identieke waarden voor Vestas V164 (configuratie 2);
- Indicatieve totale paallengte: 65-75 m voor een REpower 6M en 5 MW Areva windturbine (basisconfiguratie en configuratie 1); 75-85 m voor Vestas V164;

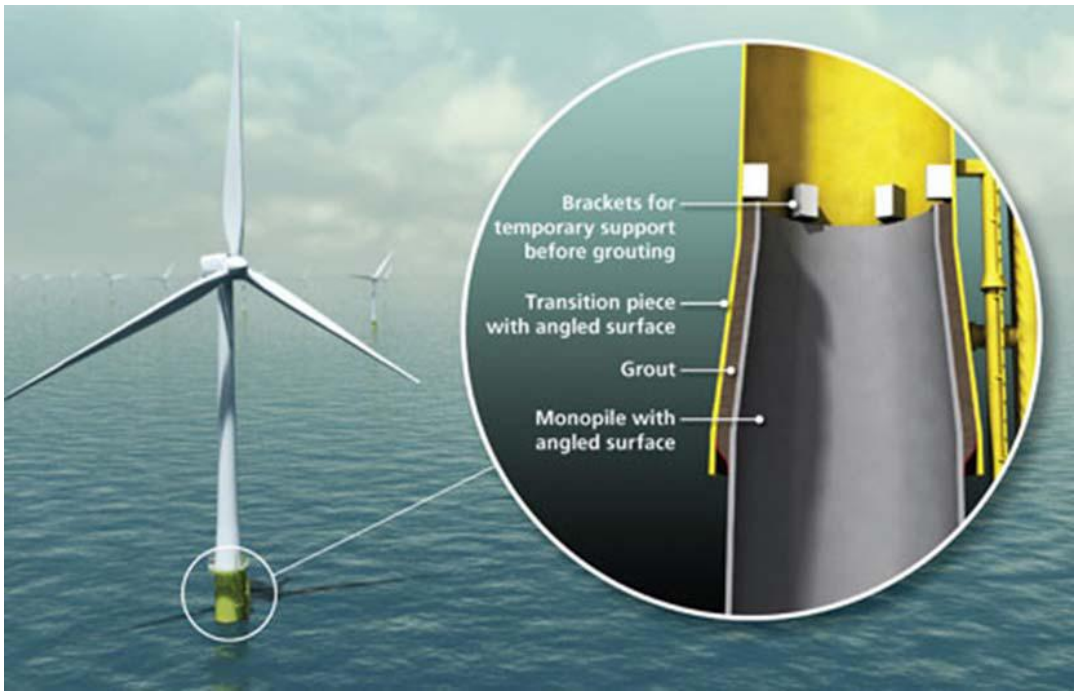
**Benodigd materieel** voor het plaatsen van de monopile funderingen:

- 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 2-15). 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 2-16).

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 2-15 Illustratie van transitiestuk met concentrische connectie met shear keys*




*Figuur 2-16 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 kan optreden – 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 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 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 Blighbank (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.

***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 (basisconfiguratie), een Areva 5 MW windturbine (configuratie 1) en een 8 MW Vestas V164 (configuratie 2); 3 m voor een 7 MW Samsung turbine met 171 m rotordiameter (configuratie 3);
- Indicatieve inheidiepte in de zeebodem: 20-55 m voor alle types;

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 (pinpiles) 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 2-17). 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.

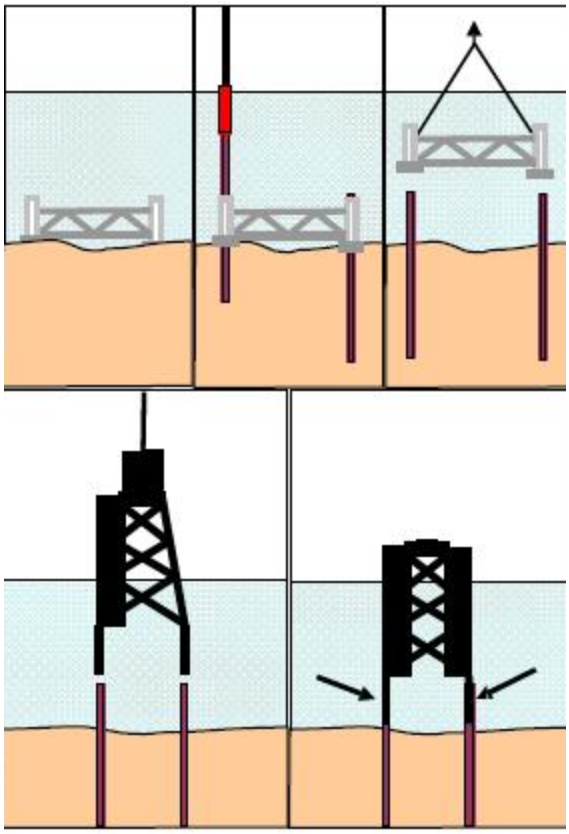
Aangezien bij het design en de constructie van Jackets wordt gekozen voor een beperkt aantal types (bvb. één type voor elke 3 m bodemverschil) en er rekening moet gehouden worden met een maximale ‘stick up’ van de pre-piles (max. 8 m), worden egalisatiebaggerwerken voorzien op de locaties met grote (mogelijk mobiele) zandduinen.

Het projectgebied vertoont in het NO en langs de ZO rand nogal wat zandduinen die mogelijks ook mobiel zijn en hoogtes hebben tot 10 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 2-17 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. Maar gelet op de specifieke geotechnische karakteristieken van de lokale zeebodem (in de geul tussen de Blighbank (NW-flank) en de Lodewijkbank (ZO-flank) wordt een minder dikke Quartaire zandafdekking verwacht) bestaat de mogelijkheid dat ook bij een deel van de jacketfunderingen een erosiebescherming wordt aangebracht rond de individuele poten. Er wordt van uitgegaan dat op de overige 50% van de locaties, waar de zandduinen lager zijn en waar niet genivelleerd dient te worden, het Quartair dek dun is. Daar zal een dynamische erosiebescherming aangebracht worden. Na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieputten rondom de individuele palen toegestaan. Deze putten worden vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de individuele paaldiameter.

***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 SeaStar 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 2-18.

### *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:

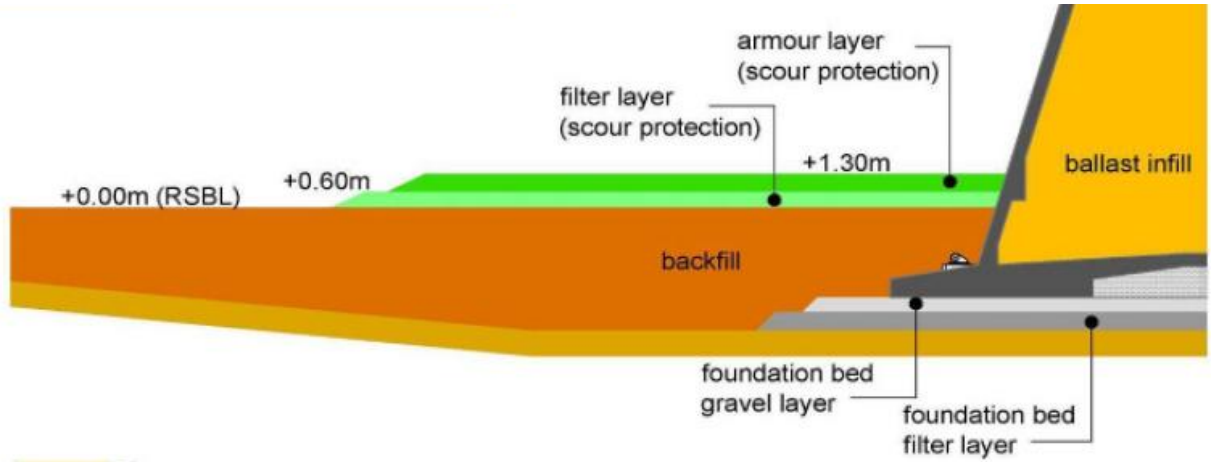
- In eerste instantie wordt de put die is uitgebaggerd terug aangevuld met uitgebaggerd zand (backfill);

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 2-18 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 2-19). 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 2-20 en Figuur 2-21). 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. Indien de pompsnelheid een bepaalde kritische waarde overschrijd zal er liquefactie optreden van het sediment dat de rok omringt, dit veroorzaakt een zadelvormige uitholling rond de suction bucket (Wang *et al.*, 2006). 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. Afhankelijk van het type overgangselement ("lid") dient er rond deze constructie ook een zelfde type erosiebescherming te worden voorzien als bij een standaard monopile fundering. Er bestaan echter een aantal ontwerpen waarbij dit niet nodig is (Margheritini & Nezhentseva, 2012)

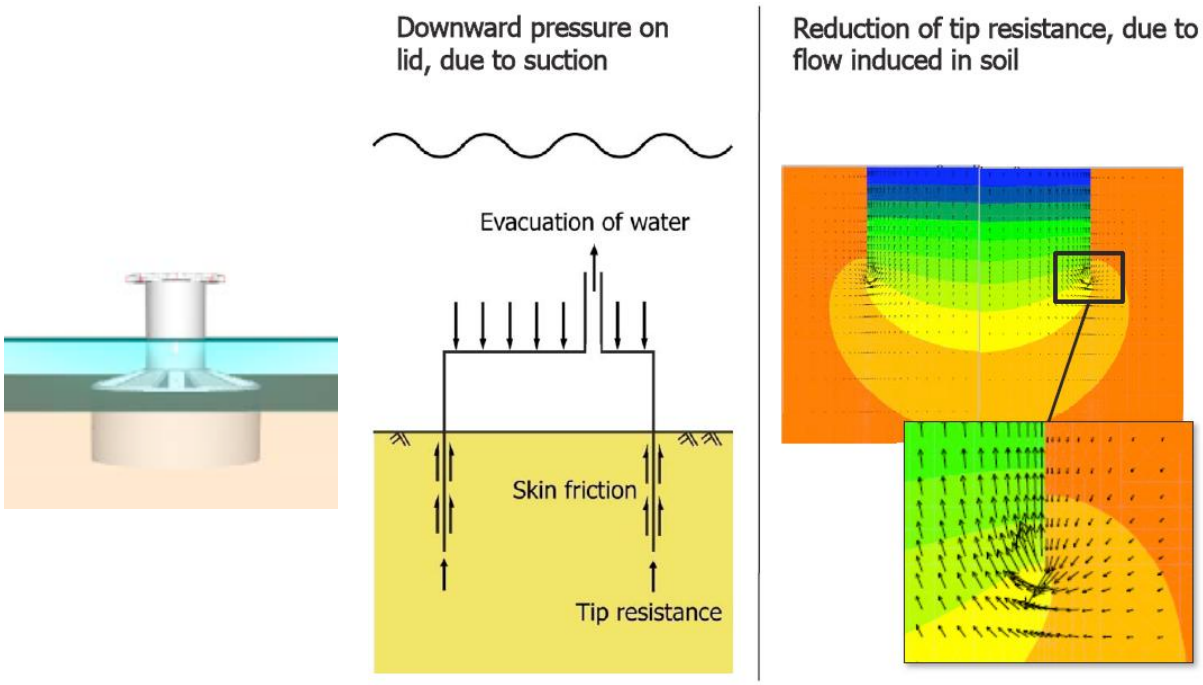
In het geval het suction bucket principe gebruikt wordt ter vervanging van het inheien van een jacket zal er enkel erosiebescherming nodig zijn waar het Quartair dek dun is (op maximaal 50% van de locaties).

### *Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine*

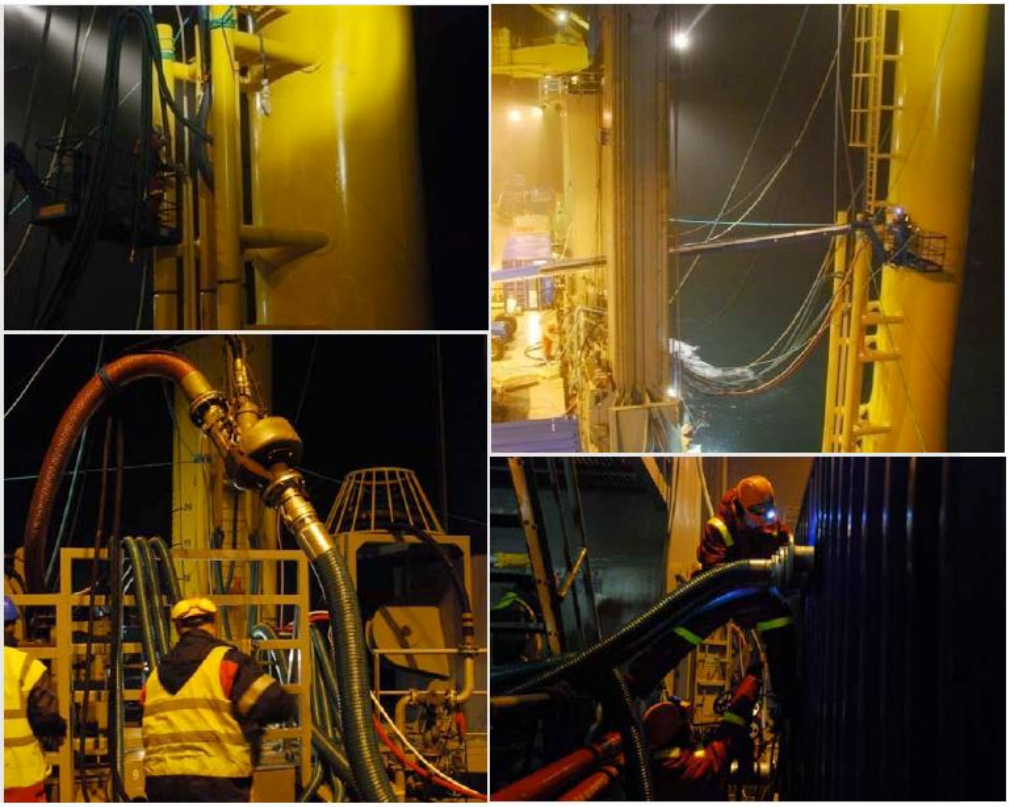
Het suction penetratieproces zelf duurt ongeveer 6-8 uur. De positionering en het neerlaten wordt geschat op 2-4 uur.



*Figuur 2-19 Transport van een suction bucket via het water (bron: Le Blanc Bakmar 2009)*




*Figuur 2-20 Illustraties bij het suction bucket principe (bron: Le Blanc Bakmar 2009)*



*Figuur 2-21 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 2-22 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. Het fall-back scenario is de aansluiting op een standaard hoogspanningsstation (OHVS) binnen het concessiegebied, waarna het OHVS met land verbonden worden door middel van een exportkabel. Hierbij volgt de aldus voorziene exportkabel precies het kabeltraject zoals voorzien in het BOG-project van Elia. Het basisscenario is echter 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 SeaStar gebied voorzien op het offshore transformatorstation, het zogenaamde Alpha-eiland. De huidige potentiële locatie van dit artificieel eiland is de Lodewijkbank. Afhankelijk van de BBT status van 33-66 kV kabels, kunnen de turbines rechtstreeks aangesloten worden op Alpha met meerdere parallelle verbindingskabels (optie A). In dat geval is geen exportkabel nodig binnen het SeaStar project. De algemeen gekende state-of-the-art uitvoering is de aansluiting van de turbines op één OHVS binnen het concessiegebied. Eén of twee verbindingskabel(s) verbindt dan het OHVS met het Alpha-eiland (optie B).

#### 2.6.3.4.1 Het offshore hoogspanningsstation

Het offshore hoogspanningsstation bestaande uit transformator(en), schakelapparatuur, stuur- en controlekasten, wordt volledig op land samengebouwd. Het complete station wordt 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 2-23). De fundering van het offshore hoogspanningsstation wordt apart geleverd en geïnstalleerd, gelijkaardig aan de funderingen van de windturbines.



*Figuur 2-23 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 Alpha-eiland. 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 duinengordel 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 2-12). 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 minstens 1,5 m onder de zeebodem ingegraven, behalve ter hoogte van de kruising met de vaargeul waar de kabel minimaal op -26 m LAT wordt gelegd (met minstens 4 m bedekking).

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 2 meter diepte, afhankelijk van de bodemgesteldheid. In realiteit wordt vaak slechts 1 meter diepte bereikt.
- **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 2 meter. In realiteit wordt vaak slechts 1 meter diepte bereikt.
- **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 biedt ook als voordeel dat niet-gedetecteerde objecten kunnen verwijderd worden.
- **Baggeren + jetting of ploegen**: Aangezien de haalbare diepte van de klassieke jetting en ploeg methodes gelimiteerd is tot een maximale diepte van ongeveer 1-2 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.

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 4-5 lijnstrengen (interarray cables) met elkaar verbonden en aangesloten ofwel op een traditioneel OHVS-platform ofwel rechtstreeks naar het nabijgelegen transformatorplatform (Alpha-eiland). 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. 26 km voor 41 windturbines, 35 km voor 54 windturbines en 40 km voor 62 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 vanaf de zeebodem omhoog 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 voorgesteld: een aansluiting op het Alpha-eiland van ELIA op de Lodewijkbank (zie kaarten in hoofdstuk 4.2) of als fall-back scenario, een route rechtstreeks naar land via de westzijde van de concessiezones (Northwind, Rentel, C-Power en Norther) volgens het tacé vooropgesteld als exportkabeltraject tussen Alpha en de kust. Het tracé naar land kruist, in volgorde van windmolenpark tot land:

- de Interconnector gasleiding
- de operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel
- de Concerto 1S telecommunicatiekabel
- de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel
- de exportkabels van C-power
- de vaargeul ‘Scheur’

Bij aansluiting op het nabijgelegen Alpha-eiland op de Lodewijkbank dienen de verbindingskabels van het SeaStar windmolenpark de Interconnector gasleiding te kruisen en de operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel. Het kruisen van kabels en

pijpleidingen gebeurt steeds maximaal onder een hoek van 90° om de overlap tot een minimum te herleiden.

### *Kruising met de vaargeul*

Wat betreft het kruisen van de vaargeul wenst THV SeaStar 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 (Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare werken, Haven- en Waterbeleid).

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 -26 m LAT. Om de vereiste begravingsdiepte onder de toekomstige toestand van de geul te garanderen, dient de kabel dus ingegraven te worden op een diepte van -26,5 m LAT.

Aangezien de haalbare diepte van de klassieke ploeg methodes gelimiteerd is tot een maximale diepte van ongeveer 1-2 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 -26,5 m LAT 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 een deel van het eerder weggebaggerde materiaal dat tijdelijk gestockeerd wordt op een dumplocatie bepaald door BMM, tot 4 m bedekking bereikt wordt.

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 nautische dienstchef van de afdeling Scheepvaartbegeleiding van MDK, de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA), de havenautoriteiten / havenkapiteinsdiensten, THV SeaStar 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 THV SeaStar 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 SeaStar 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 SeaStar kabel is gelegd wordt ook deze afgedekt met beschermingsmatten om het risico op beschadiging tijdens de daaropvolgende steenstortwerken te beperken.
- De SeaStar 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 één hoogspanningsstation 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 fundering, 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 statische 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 jackets is enkel een baggerschip vereist voor de helft van de locaties.

*Tabel 2-5 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voorbereiding bouwlocatie per configuratie*

| Configuratie | Aantal turbines +OHVS | Funderingstype | | Aantal transportbewegingen |
|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie | 41+1 | Monopile | Statische erosiebescherming | 14 |
| | | | Dynamische erosiebescherming | n.v.t. |
| | | Jacket | | 7 |
| | | GBF | | 28 |
| Configuratie 1 | 62+1 | Monopile | Statische erosiebescherming | 21 |
| | | | Dynamische erosiebescherming | n.v.t. |
| | | Jacket | | 11 |
| | | GBF | | 42 |
| Configuratie 2 | 54+1 | Monopile | Statische erosiebescherming | 19 |
| | | | Dynamische erosiebescherming | n.v.t. |
| | | Jacket | | 10 |
| | | GBF | | 37 |
| Configuratie 3 | 43+1 | Jacket | | 8 |
| | | GBF | | 30 |

#### 2.6.3.5.2 Transportbewegingen aanvoer funderingen en transitiestukken

Voor de aanvoer van de funderingen voor de turbines en het 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 2-6. 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 2-6 Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van funderingen per configuratie*

| Configuratie | Aantal turbines +OHVS | Funderingstype | Aantal transportbewegingen |
|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie | 41+1 | Monopile | 11 |
| | | Jacket | 11 |
| | | GBF | 42 |

| Configuratie | Aantal turbines +OHVS | Funderingstype | Aantal transportbewegingen |
|---|---|---|---|
| Configuratie 1 | 62+1 | Monopile | 16 |
| | | Jacket | 16 |
| | | GBF | 63 |
| Configuratie 2 | 54+1 | Monopile | 14 |
| | | Jacket | 14 |
| | | GBF | 55 |
| Configuratie 3 | 43+1 | Jacket | 11 |
| | | GBF | 44 |

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 2-7.

*Tabel 2-7 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 | 41+1 | Monopile | 11 | 5 |
| | | Jacket | n.v.t. | n.v.t. |
| | | GBF | n.v.t. | n.v.t. |
| Configuratie 1 | 62+1 | Monopile | 16 | 7 |
| | | Jacket | n.v.t. | n.v.t. |
| | | GBF | n.v.t. | n.v.t. |
| Configuratie 2 | 54+1 | Monopile | 14 | 6 |
| | | Jacket | n.v.t. | n.v.t. |
| | | GBF | n.v.t. | n.v.t. |
| Configuratie 3 | 43+1 | Jacket | n.v.t. | n.v.t. |
| | | GBF | n.v.t. | n.v.t. |

#### 2.6.3.5.3 Transportbewegingen aanvoer erosiebescherming

Rondom alle monopile en gravitaire funderingen, en de helft van de jacket funderingen wordt een erosiebescherming aangelegd.

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 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 stockeerplaats of de haven.

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 en jacket fundering, filter en armour laag in geval van gravitaire fundering.

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 erosiebescherming per configuratie*

| Configuratie | Aantal turbines +OHVS | Funderingstype | | Aantal transportbewegingen |
|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie | 41+1 | Monopile | Statische erosiebescherming | 14 |
| | | | Dynamische erosiebescherming | 14 |
| | | Jacket | | 7 |
| | | GBF | | 28 |
| Configuratie 1 | 62+1 | Monopile | Statische erosiebescherming | 21 |
| | | | Dynamische erosiebescherming | 21 |
| | | Jacket | | 11 |
| | | GBF | | 42 |
| Configuratie 2 | 54+1 | Monopile | Statische erosiebescherming | 19 |
| | | | Dynamische erosiebescherming | 19 |
| | | Jacket | | 10 |
| | | GBF | | 38 |
| Configuratie 3 | 43+1 | Jacket | | 8 |
| | | GBF | | 30 |

#### 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 het offshore hoogspanningsstation 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 het hoogspanningsstation geplaatst en wordt er samen mee getransporteerd.

Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie en per transportalternatief wordt weergegeven in Tabel 2-9.

*Tabel 2-9 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 | 41+1 | Monopile | 16 | 5 |
| | | Jacket | 16 | 5 |
| | | GBF | 16 | 5 |
| Configuratie 1 | 62+1 | Monopile | 23 | 7 |
| | | Jacket | 23 | 7 |
| | | GBF | 23 | 7 |
| Configuratie 2 | 54+1 | Monopile | 20 | 6 |
| | | Jacket | 20 | 6 |
| | | GBF | 20 | 6 |
| Configuratie 3 | 43+1 | Jacket | 17 | 5 |
| | | GBF | 17 | 5 |

* 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 voor het scenario 2 kabeltracé (fallback scenario overeenkomendmet het traject van het BOG-project) ongeveer 40 km (tot aan land). Voor scenario 1, optie B (1 of 2 verbindingskabels vanaf OHVS tot aan het Alpha-eiland) is het kabeltracé zo'n 5 tot 8 km lang.

De totale afgelegde afstand binnen het park (parkkabels) is ongeveer 27 km in geval van configuratie 3 en 40 km in geval van configuratie 1. Bij de gebeurlijke rechtstreekse verbinding naar het nabijgelegen Alpha-eiland wordt een extra kabellengte van om en bij 5 km voorzien voor de 4-5 lijnstrengen (verbindingskabels) tussen het park en het eiland.

Extra transportbewegingen worden voorzien voor assisterende schepen. Het aantal transporten wordt geschat op 10.

Bij het tracé naar land worden bovendien minstens 5 kabels en leidingen gekruist en 1 keer de vaargeul. Het tracé naar het Alpha-eiland zal minstens 1 kabel en 1 gasleiding kruisen.

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 (2018-2038)

### 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.

THV SeaStar 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 SeaStar 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.

Uit ervaring met de bestaande parken blijkt echter dat de eerste jaren bijna dagelijks onderhoudswerken en bijhorende transporten nodig zijn.

#### 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 SeaStar) 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. In de eerste jaren na constructie kan dit echter neerkomen op bijna dagelijks onderhoud.

### 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 werden geplaatst 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 THV SeaStar 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 SeaStar windmolenpark:

| **Onderwerp** | **Omschrijving** |
|---|---|
| **Locatie** | |
| Situering | Gelegen op 38 km van de kust;<br>Gelegen tussen Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind) en Blighbank (domeinconcessie Belwind) langs de grens met Nederland;<br>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. 18,4 km² met een eventuele uitbreiding tot 20,3 km² |
| Parkinrichting | Inplanting: basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties , zie Bijlage C;<br>Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -22 tot -38 m TAW;<br>Te respecteren afstanden tot de Interconnector en Franpipe gasleidingen (500 m), de SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel (250 m) en de inactieve telecommunicatiekabel Rioja (50 m indien niet verwijderd), 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:<br>Basisconfiguratie: rotordiameter 126 m, individueel vermogen 6 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 246 MW. Typevoorbeeld REpower 6M turbine;<br>Configuratie 1: rotordiameter 120-135 m, individueel vermogen 4-6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 310 MW. Typevoorbeeld Areva 5 MW turbine;<br>Configuratie 2: rotordiameter 150-165 m, individueel vermogen 7,5-10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 432 MW. Typevoorbeeld Vestas V164 8 MW turbine;<br>Configuratie 3: rotordiameter 140-175 m, individueel vermogen 6,5-7,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 301 MW. Typevoorbeeld Samsung 7 MW turbine. |
| Aantal | Basisconfiguratie: 41 turbines;<br>Configuratie 1: 62 turbines;<br>Configuratie 2: 54 turbines;<br>Configuratie 3 : 43 turbines. |
| Productie | Ca. 800 tot 1.400 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.<br>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. SeaStar voorziet een nivellering op maximaal 50% van de locaties en een dynamische erosiebescherming rondom de overige 50% van de locaties.<br>Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3. |

| Onderwerp | Omschrijving |
|---|---|
| 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.<br>Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3. |
| **Windmeetmast** | |
| Aantal | Principieel niet voorzien in het SeaStar park |
| **Fundering hoogspanningsstations** | |
| Type | Gelijkaardig aan de fundering van de turbines. |
| **Elektrische infrastructuur** | |
| Parkkabels binnen het Windmolenpark en rechtstreekse verbindingskabels naar Alpha | De windturbines worden in groepen (4-5 strings) van telkens ca. 30 MW of 60 MW verbonden op resp. een 33 of 66 kV parkkabel en aangesloten op een OHVS (scenario 1, optie B) of rechtstreeks op het Alpha-eiland van ELIA buiten het concessiegebied (scenario 1, optie A);<br>Kabeltracés scenario 1, optie A: zie Bijlage D;<br>Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem. |
| Offshore hoogspanningsstation (OHVS) | Aantal: maximum 1 (scenario 1, optie B en scenario 2), afhankelijk van de interarray bekabeling en de externe aansluiting op het nabijgelegen Alpha-eiland;<br>Step-up transformatoren 33 kV → 150-220 kV of 66 kV → 150-220 kV |
| Kabels vanaf OHVS naar land of naar Alpha | Scenario 1, optie B en scenario 2: 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV kabel; afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen 2 x 150 kV of 1-2 x 220 kV.<br>Kabeltracé scenario 1, optie B en scenario 2: zie Bijlage D<br>Bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid (departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven- en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties;<br>Aansluitingspunt aan de kust (scenario 2): het nieuw te bouwen hoogspanningsstation STEVIN in Zeebrugge<br>Aansluitingspunt scenario 1, optie B: het Alpha-eiland van Elia (Belgian Offshore Grid) op de Lodewijkbank |
| **Exploitatie** | |
| Besturing en bewaking windmolenpark | SCADA-systeem (Supervisory, Control And Data Aquisition) vanuit een controlekamer op het land |
| Frequentie gepland onderhoud | Eerste jaren meermaals per maand, later 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

SeaStar 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 2-10 hieronder geeft een overzicht van de huidig beschikbare offshore windturbines.

*Tabel 2-10 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 2-11 Prototypes windturbines in ontwikkeling*

| Constructeur | Vermogen | Rotordiameter | Beschikbaar |
|---|---|---|---|
| Areva | 5,0 MW | 135 m | Prototype 2013 - productie 2015 |
| 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 | 171 m | Prototype 2013 - productie 2015 |
| Vestas V164 | 7,0 MW | 164 m | Prototype 2011- productie 2014 |
| Gamesa GX14-7MW | 7,0 MW | 140 à 150 m | |
| Vestas V164 | 8,0 MW | 164 m | Prototype 2014 - productie 2016 |

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 5 MW Areva turbine, 8 MW Vestas V164 en de 7 MW Samsung turbine voor respectievelijk de basisconfiguratie en 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 Bijlage F.

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; 6,6-15,1 rpm voor de Areva 5 MW; 4,8-12,1 rpm voor de 8 MW Vestas V164 en comparable voor de Samsung 7 MW;
- 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; naar verwachting 135 m voor de Areva 5 MW; 164 m voor de 8 MW Vestas V164; 171 m voor de Samsung 7 MW;
- 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; 95 m voor de Areva 5 MW; 107 m voor de 8 MW Vestas V164 en ca. 110 m voor de Samsung 7 MW turbine;
- Diameter aan de voet: ca. 5 m voor de REpower 6M windturbine en voor de Areva 5 MW; ca. 6 m voor de 8 MW Vestas V164 en voor de 7 MW Samsung.

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 het offshore hoogspanningsstation zal eventueel van hetzelfde licht worden 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. Onderstaande waarden werden bekomen door opschaling van gekende bronvermogens van kleinere windturbines (SIEMENS SWT-3.6-107 en Vestas windturbine V80-2 MW) (cf. § 5.3):

- REpower 6M: bronvermogen 108,7 dB(A) bij een representatieve windsnelheid;
- 5 MW Areva: bronvermogen 108,7 dB(A) bij een representatieve windsnelheid:
- 8 MW Vestas V164: bronvermogen 112 dB(A) bij een representatieve windsnelheid;
- 7 MW Samsung: bronvermogen 112 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;

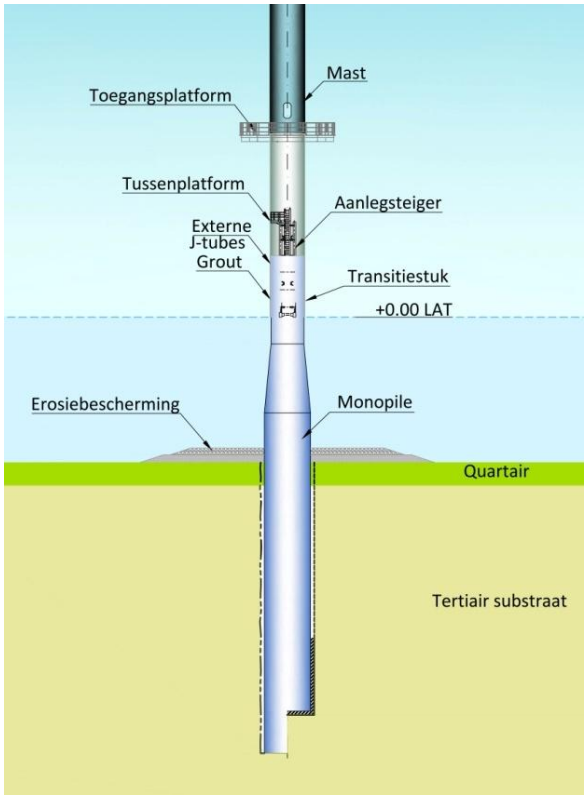
Monopile funderingen worden het meest gebruikt voor de bouw van windmolens wegens hun eenvoud in fabricage en installatie. Maar uit de ervaringen van de verschillende projectpartners in vorige windmolenparken (niet enkel op het Belgisch Continentaal Plat) weten we dat monopiles in grote waterdieptes 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 2-24). 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 (basisconfiguratie) en een Areva 5 MW (configuratie 1); indicatieve paaldiameter van 7,5 m voor een 8 MW Vestas V164 (configuratie 2);
- Indicatieve inheidiepte: 35 m voor een REpower 6M windturbine (basisconfiguratie); identieke waarden voor Areva 5 MW en Vestas V164: 35 m (configuratie 1 en 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 2-24 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

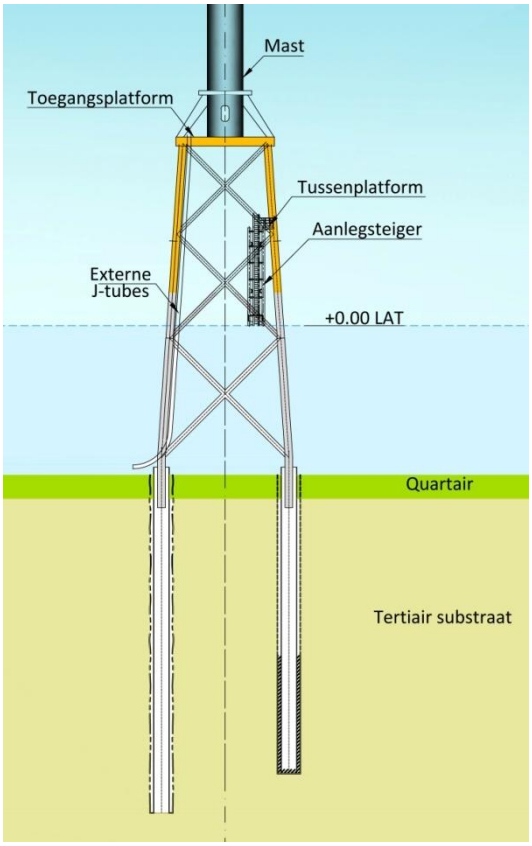
Een variante op de monopile fundering is de multipode fundering; deze kan worden toegepast indien één monopile niet volstaat om de krachten uitgeoefend op de fundering op te vangen. In dat geval worden meerdere (kleinere) monopiles voorafgaandelijk in de zeebodem geheid

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 2-25). 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, Areva 5 MW en 8 MW Vestas V164; 3 m voor een 7 MW Samsung met 171 m rotordiameter;
- Indicatieve inheidiepte in de zeebodem: 20-55 m voor alle configuraties;
- 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 2-25 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 2-26). 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:

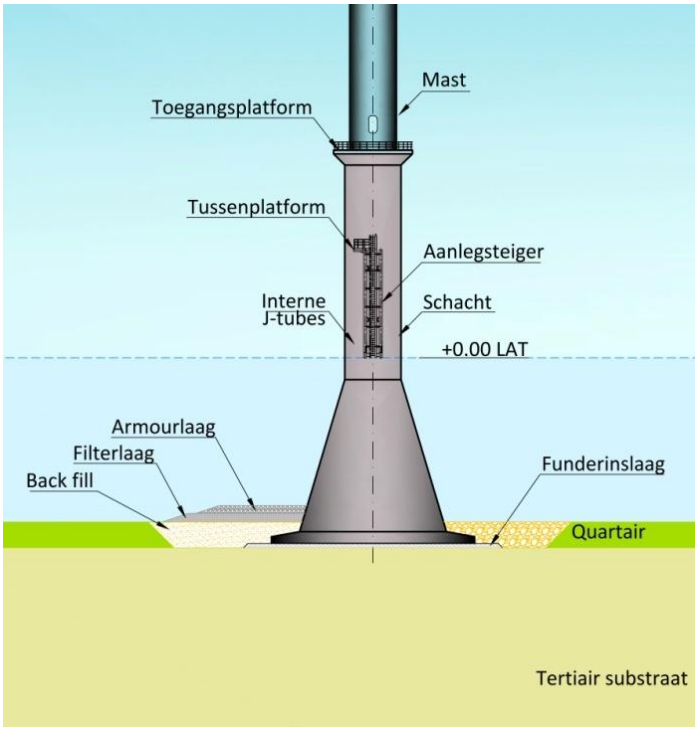
- Grondverbetering/verdichting van de zeebodem ter hoogte van de gravitaire fundering door compacteren en/of injecties;
- Verwijderen (wegbaggeren) van de toplaag van de zeebodem en aanbrengen van een stabiele en vlakke laag zand/grind.
- Tegenwoordig worden ook alternatieven onderzocht om de gravitaire 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 2-26 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. 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). Op de Doggerbank (125 km van de Britse kust) zijn dit jaar de eerste twee commerciële suction bucket funderingen geplaatst als basis voor meteomasten (Carbontrust website, 2013).

Het wordt gezien als een veelbelovend concept omwille van zijn lichte constructie en betaalbare prijs in verhouding tot de relatief grote water diepte (40 m, Ibsen et al., 2005) waarop het gebruikt kan worden. Bovendien is het concept milieuvriendelijk wegens zijn stille plaatsing (er is geen hamer nodig) en omkeerbare installatie. Uit een 3D numerieke modellering bleek dat de structuur van een suction bucket stijver dan een monopile onder gemiddelde belasting (Abdel-Rahman & Achmus, 2006). Echter onder zwaardere belasting, zoals te verwachten in grotere waterdieptes, nemen de vervormingen sterk toe en worden zelfs groter dan bij monopile funderingen. Suction buckets zouden dus eerder bruikbaar zijn op gemiddelde water dieptes (Abdel-Rahman & Achmus, 2006). Mogelijke andere 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.

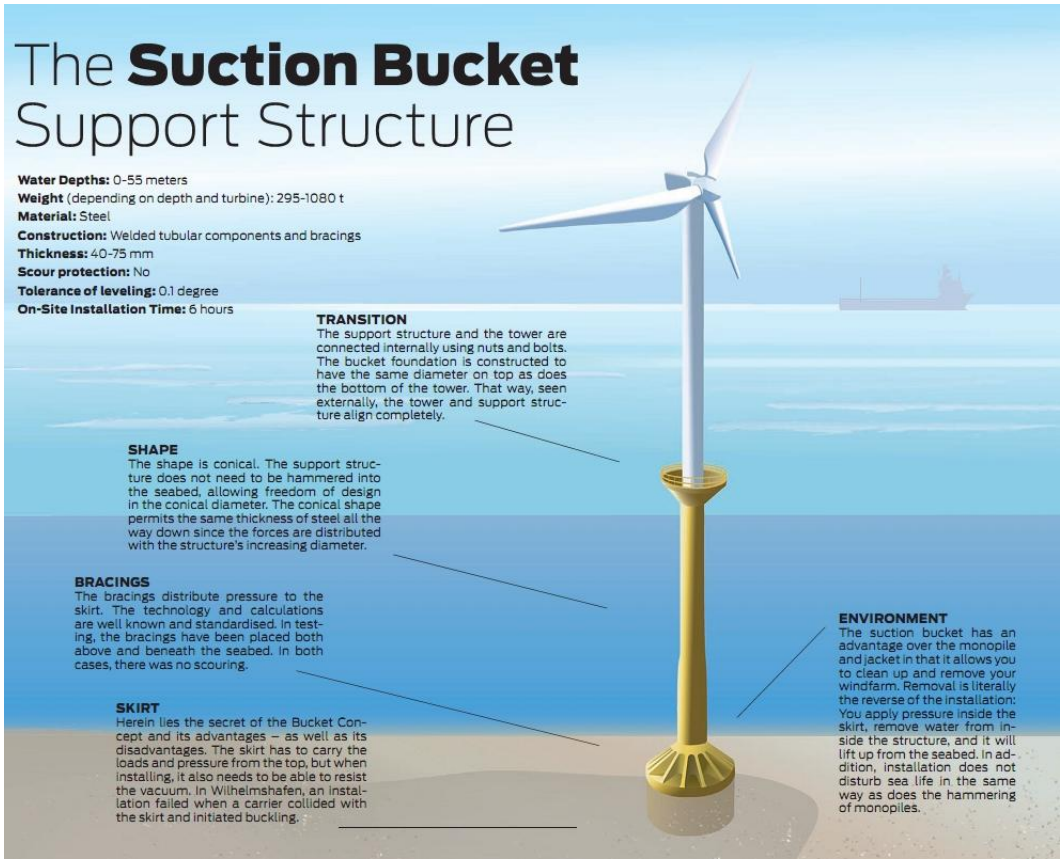
Momenteel wordt vooral gekeken naar installatiemogelijkheden in gelaagde en kleihoudende ondergrond, wordt mogelijke ‘scouring’ gemonitord rond de prototypes (Le Blanc Bakmar, 2009) en worden fysische (Kejin, 2012, Lu et al., 2012, Margheritini & Nezhentseva, 2012) en numerieke modellen opgezet voor het bestuderen van o.a. het gedrag van de suction bucket onder cyclische laterale druk (Foglia et al., 2012), het mogelijk wankelen van de structuren

door onvolmaaktheden in de geometrie (Madson et al., 2012), het vermogen om de structuur opnieuw te verwijderen (Patel & Singh, 2012) en consolidatie na installatie (Ulvestad, 2012), terwijl Vaitkunaite et al. (2012) een vergelijking maken tussen verschillende numerieke modellen. Monitoringsresultaten van reële situaties en impactanalyses vormen echter een duidelijke leemte in de kennis.

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 2-27). 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 2-28). 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 2-27 Voorbeeld van een suction bucket fundering (bron: Le Blanc Bakmar, 2009)*




*Figuur 2-28 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.

Door de druk te verminderen in de ruimte tussen de rok en de zeebodem wordt een stroming gecreëerd die de effectieve druk en penetratieweerstand verminderd (Ibsen et al., 2005). De rok wordt bovendien voorzien van buizen en pompen waarlangs overtollig grondwater continu afgevoerd wordt wanneer de draagstructuur in de ondergrond dringt. De spoeling ondersteunt de zuigkracht. Bovendien kan via de buizen 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 buizen 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 SeaStar de aanleg van een erosiebescherming rondom de jacket fundering voor het project enkel noodzakelijk in zones met een dun Quartair dek. Dit is maximaal op de helft van de locaties.

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. Ook hier is een erosiebescherming nodig op maximaal de helft van de locaties.

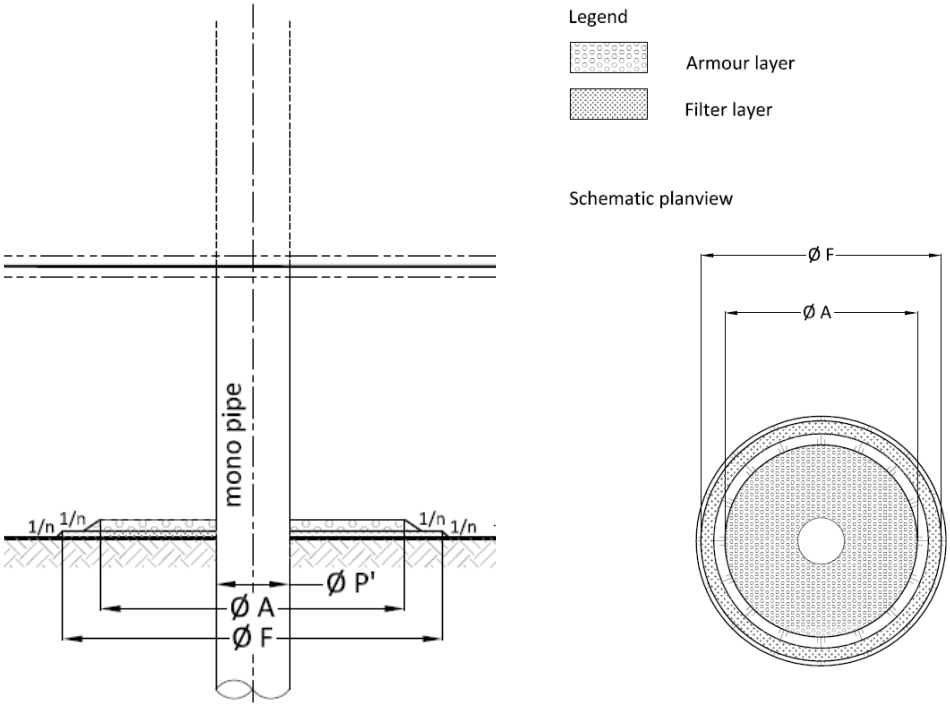
#### 2.7.3.1 Bij monopile

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 Dn50 = 50 mm) met een dikte van ca. 100 cm. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de paaldiameter.

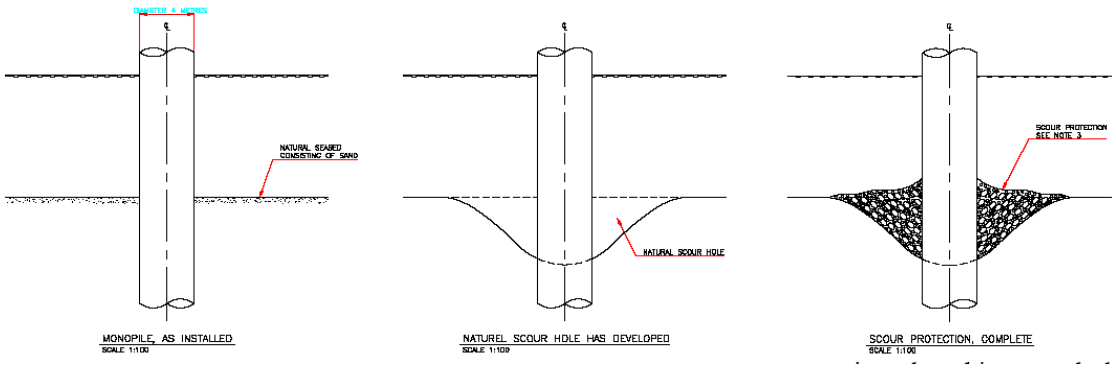
Na aanleg van de filterlaag kan de monopile fundering geplaatst worden. Kort nadien volgt de afwerking van de erosiebescherming, namelijk door aanleg van een laag stenen met voldoende hydraulische stabiliteit, i.e. een armour layer of een toplaag van breukstenen

(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 2-29 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 2-30). 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 2-30 Illustratie dynamische erosiebescherming (bij deze illustratie zonder filterlaag) (Hansen and Gislason, 2002 in: Technum-IMDC, 2009).*

#### 2.7.3.2 Bij jacket

Bij jacket funderingen wordt op maximaal de helft van de locaties gekozen voor een dynamische erosiebescherming, en wordt de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd. De jacket fundering wordt zonder voorbereiding van de zeebodem geplaatst en na installatie van de fundering wordt de vorming van erosieputten rondom de vier palen toegestaan (Figuur 2-30). Deze putten worden vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag.

#### 2.7.3.3 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). In de SeaStar concessiezone wordt momenteel geen windmeetmast voorzien.

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 een standaard hoogspanningsstation (Offshore High Voltage Station of OHVS) binnen het concessiegebied (scenario 1, optie B). De tweede optie is de rechtstreekse aansluiting op het eerder reeds besproken nabijgelegen offshore transformatorplatform (cf. ELIA: Alpha-eiland). Hierbij kan in principe de verbinding rechtstreeks met de windturbines in het park gemaakt worden (scenario 1, optie A). 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 wordt in het voorontwerp maximaal één offshore hoogspanningsstation voorzien dat de volledig geïnstalleerde energie (van ca. 246-540 MW) aankan conform alle veiligheidsregulaties.

Het hoogspanningsstation bevat 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 het hoogspanningsstation 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 .

De fundering van het hoogspanningsstation 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). Vanaf het OHVS lopen één of meerdere kabels: ofwel extern aan het windmolenpark naar de kust (i.e. exportkabels) waar die worden aangesloten aan het elektriciteitsnet op het land met behulp van een landkabel, ofwel extern aan het windmolenpark naar het Alpha-eiland (i.e. één of twee verbindingskabels). Indien de BBT het toelaat, kunnen de ingelijnde windturbines via gepaste parkkabels rechtstreeks met dit Alpha-eiland worden verbonden. De verdere offshore exportkabel tussen dit Alpha-eiland 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 parkkabel of een 66 kV parkkabel. 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 respectievelijke clusters van windturbines, onderling verbonden via parkkabels op 33kV of 66kV, gaan bij de laatste WTG over in de zogenaamde verbindingskabels op 33 kV of 66kV, die de link naar het offshore transformatorstation realiseren.
- 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 eventueel het OHVS wordt als volgt gerealiseerd.

Individuele turbines worden in lijnstrengen (4-5 strings) met elkaar verbonden en aangesloten op een OHVS binnen het concessiegebied of rechtstreeks op het Alpha-eiland buiten het concessiegebied. Per lijn wordt een 33 kV of 66 kV parkkabel voorzien om de aansluiting met het transformatorstation te realiseren. De algemeen gekende state-of-the-art uitvoering is de aansluiting van de turbines op één OHVS binnen het concessiegebied. Maar afhankelijk van de 'best beschikbare technologie (BBT)' van de 33-66 kV kabels, kunnen de turbines rechtstreeks aangesloten worden op Alpha met meerdere parallelle verbindingskabels.

SeaStar opteert wat de bekabeling van het volledige windenergiepark betreft voor toepassing van de BBT 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 2-31 geeft een type dwarsdoorsnede van een XLPE kabel.




*Figuur 2-31 Voorbeelden van een XLPE onderwater kabelsysteem (bron: ABB user's guide)*

### 2.7.6.2 Verbindingskabels tussen OHVS en Alpha-eiland

Voor de verbinding tussen het OHVS binnen het concessiegebied en het Alpha-eiland worden één of twee 150-220 kV verbindingskabels voorzien, identiek aan een standaard exportkabel. De verbinding tussen het offshore Alpha-eiland 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.

#### 2.7.6.3 Exportkabels naar de kust

Als fall-back scenario wordt het alternatief voorzien van een standaard OHVS configuratie binnen de domeinconcessie waarbij het OHVS via een exportkabel met land verbonden wordt.

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 1.000 $mm^2$ 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 1.000 $mm^2$ verondersteld die 550 MVA aankan) nog niet operationeel/commercieel beschikbaar.

Vanaf het 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 (Stevin-project). 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 1,5 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 -26 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 3x1.000 mm² 245 kV kabel van ABB (Figuur 2-31). 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 (246 MW) en configuratie 3 (323 MW).
- Het maximaal geproduceerd vermogen bij configuraties 1 en 2 is 403 MW en 540 MW resp. Daarvoor zal een combinatie van kabels aangewend worden. Alternatieven zijn combinaties van 150 kV (1.400 mm² draagt 224 MVA, 630 mm² draagt 161 MVA) en 220 kV kabels (1.000 $mm^2$ draagt tot 350 MVA). De installatie van 2 exportkabels 150 kV heeft steeds de voorkeur ten overstaan van 1 kabel van 220 kV aangezien deze redundantie biedt bij de uitval van 1 exportkabel.

Bij toenemend geïnstalleerd vermogen van de windturbines zal niet alleen het 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 1.200 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 1.200mm²). 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 540 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.

#### 2.7.6.4 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 3.000 MVA) naar Zomergem voorzien. In functie van het verloop van de vergunningsprocedures voorziet de planning in een einde van de werken tegen eind 2014.

#### 2.7.6.5 Elektrische beveiligingen

De beveiligingen voor het windmolenpark SeaStar 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 2 alternatieve kabeltracés: één met aanlanding ter hoogte van de Westelijke Strekdam te Zeebrugge of aansluiting op het Alpha-eiland van Elia. Indien gekozen wordt voor het kabeltracé naar land, doorkruist deze 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 in juli 2012 aan de Europese Commissie voorgelegd (Belgische Staat, 2012).

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 vertaalt 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 voorgelegd in juli 2012 (Belgische Staat, 2012).
- 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. Deze zijn gedefinieerd in de omschrijving van de Goede Milieutoestand en vaststelling van milieudoelen voor de Belgische mariene wateren (Belgische Staat, 2012).

***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.
- Het UNESCO Conventie (2001) wil door middel van internationale samenwerking de bescherming van erfgoed onder water garanderen, omdat andere zeerechtverdragen dat onvoldoende doen. België zal deze conventie begin 2013 ratificeren als eerste land in NW-Europa. Met ratificatie door Frankrijk, België, het Verenigd Koninkrijk en Nederland zou meteen het erfgoed in het zuidelijke deel van de Noordzee van een efficiënte bescherming genieten.
- Het Verdrag van Malta (1992) beoogt het cultureel erfgoed dat zich in de bodem bevindt beter te beschermen. Het gaat om archeologische resten als nederzettingen, grafvelden, en gebruiksvoorwerpen. Uitgangspunt van het verdrag is dat het archeologische erfgoed integrale bescherming nodig heeft en krijgt.
- 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 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. Op de recente klimaattop van Doha van december 2012 (COP 18) werd het verlengstuk van het Kyoto Protocol tot in 2020 goedgekeurd door de meeste Europese landen en Australië, maar niet door enkele belangrijke vervuilers zoals de VS, Rusland, Canada 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 Doha van december 2012 (COP 18) werd het verlengstuk van het Kyoto Protocol tot in 2020 goedgekeurd door de meeste Europese landen en Australië, maar niet door enkele belangrijke vervuilers zoals de VS, Rusland, Canada 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.

In april 2012 werd in het Vlaams parlement een resolutie goedgekeurd om de Vlaamse doelstellingen op te trekken tot een $CO_2$ reductie van 30% tegen 2020. Hoogstwaarschijnlijk wordt deze doelstelling in de loop van 2013 opgenomen in het Vlaams Klimaatplan.

Het aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitsverbruik in Vlaanderen bedroeg eind 2011 ca. 3,8% (www4.vlaanderen.be, 2012). 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 SeaStar in de federale verplichting inzake hernieuwbare energie en $CO_2$ uitstoot

De bouw van windmolenpark SeaStar 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 SeaStar 800 tot 1.400 GWh/jaar produceren. Dit betekent ongeveer 7,6 tot 13,4% van de windenergiedoelstelling voor ons land tegen 2020.

Bovendien zal de bouw van het SeaStar 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. Bij de berekening van de ‘vermeden emissies’ werd bovendien rekening gehouden met de $CO_2$ uitstoot en het energieverbruik bij de productie, transport en constructie van de windturbines (Life Cycle Analysis, IMDC 2013c).

# 4. BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN

## 4.1 CONFIGURATIEALTERNATIEVEN

Alle beschouwde alternatieven voor de verdere MER-studie, worden steeds verondersteld als ingetekend in de uitgebreide concessiezone zoals besproken in hoofdstuk 2 (maximale impact).

Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt geopteerd om naast de basisconfiguratie met 41 windturbines van 6 MW, drie alternatieve configuraties te bespreken (met elk hun range van vermogen en rotordiameter en een maximaal aantal turbines), waarbij voor elk van de configuraties telkens de naar verwachting 'worst-case' situatie zal onderzocht worden op vlak van milieu-impact.

Naast de basisconfiguratie, zullen de volgende drie omhullende configuraties beschreven worden, die zich in de eerste plaats onderscheiden in aantal turbines en individueel vermogen:

4. Basisconfiguratie: 41 WTG's in het initiële concessiegebied, met rotordiameter (RD) 126 m - individueel vermogen 6 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M turbine.
5. 62 WTG's in het uitgebreide concessiegebied, met rotordiameter 120-135 m - individueel vermogen 4-6,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Areva (5 MW, 135 m RD).
6. 54 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 150-165 m - individueel vermogen 7,5-10 MW. Een typevoorbeeld is de Vestas V164 (8MW, 164 m RD).
7. 43 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 140-175 m - individueel vermogen 6,5-7,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Samsung-7.0 MW (7 MW, 171 m RD).

Op die manier wordt de optie met het maximaal aantal mogelijke funderingen besproken (configuratie 1), de optie met maximaal geïnstalleerd individueel en totaal vermogen (configuratie 2) en de optie met maximale rotordiameter (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 246 en 540 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 | 41 | 126 m | 6 MW | 246 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 1 | 62 | 120-135 m<br>135 m | 4-6,5 MW<br>5 MW | 248-403 MW<br>310 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 2 | 54 | 150-165 m<br>164 m | 7,5-10 MW<br>8 MW | 405-540 MW<br>432 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 3 | 43 | 140-175 m<br>171 m | 6,5-7,5 MW<br>7 MW | 280-323 MW<br>301 MW | Jacket | optioneel |
| | | | | | GBF | ja |
| | | | | | Suction bucket | Idem MP en JF |

## 4.2 ALTERNATIEVE KABELTRACÉS EN SPANNINGSNIVEAU VAN DE KABELS

### 4.2.1 Belgian Offshore Grid van Elia

In het Federaal Ontwikkelingsplan 2010-2020 (versie dd. 01/09/2011) 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 vermaasd net op zee uit te bouwen met centrale aansluitingspunten, het zogenaamde Belgian Offshore Grid (BOG). Dergelijk net biedt voordelen naar:

- Betrouwbaarheid, dankzij redundantie door de gecreëerde vermazing
- Optimalisering in de investeringen bij aanleg van exportkabels
- Reductie van het aantal aanlandingen van exportkabels en aansluitingen op het landnet.

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 expliciet de ontwikkeling van twee aansluitingspunten (Alpha en Beta) in de Noordzee voorzien die hoogst waarschijnlijk via 220 kV exportkabels onshore aansluiten op het Stevin-station. Dergelijk technisch concept voorziet in een volwaardig hoogspanningsstation van het GIS-type dat transformatoren bevat om inkomende verbindingskabels op 66 kV33 kV of 220 kV vanuit de nog te ontwikkelen respectievelijke windmolenparken te ontvangen en “door te schakelen” naar het onshore distributienet.

Het voorziene offshore connectiepunt Beta wordt een OHVS in de Norther concessiezone. Het connectiepunt Alpha zal ontwikkeld worden als een eiland op de Lodewijkbank in de concessiezone bestemd voor ‘stopcontact op zee’ in het Marien Ruimtelijk Plan (FOD Leefmilieu, 2013).

De onshore aansluiting van Elia 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 geproduceerde elektrische energie 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 begin van de werken in het eerste kwartaal van 2014.

### 4.2.2 Kabeltracé scenario’s

Principieel zijn er twee scenario’s voor de aansluiting van SeaStar op het transmissienet van Elia voorzien:

- Scenario 1 (Basisscenario): Aansluiting van SeaStar op het offshore connectiepunt Alpha op de Lodewijkbank. Hierbij zijn er twee opties:
    - Optie A: Aansluiting van SeaStar op Alpha rechtstreeks via meerdere (parallelle) verbindingskabels tussen de eerste WTG van elke string en Alpha (Figuur 4-1 en Bijlage D.1).
    - Optie B: Aansluiting van SeaStar op Alpha waarbij elke WTG-string eerst op het OHVS binnen de SeaStar-concessiezone aangesloten wordt. De

aansluiting van het OHVS met Alpha gebeurt met één of twee verbindingskabel(s) (Figuur 4-2 en Bijlage D.1).

- Scenario 2 (Fall-back scenario): Directe aansluiting van SeaStar op het onshore connectiepunt Stevin. In dit scenario wordt elke string op het OHVS binnen de concessiezone aangesloten. Het OHVS wordt vervolgens met een exportkabel langsheen de westzijde van de concessiezone op de kust aangesloten. (zie Figuur 4-3 en Bijlage D.1).

  Daarenboven wordt vooropgesteld dat het hier voorgestelde kabeltracé in scenario 2 maximaal samenvalt met de kabelcorridor die door ELIA wordt voorgesteld als de verbinding tussen Alpha en de onshore verbinding op Stevin.

  Hierbij wordt een maximale afstemming en interactie nagestreefd met het (deels parallel lopende) MER-proces van het Belgian Offshore Grid van Elia en de afgebakende zones voor leidingen binnen het actueel voorliggende ontwerp van Marien Ruimtelijk Plan.

#### 4.2.2.1 Scenario 1 (Basisscenario): Aansluiting op offshore connectiepunt Alpha van Elia

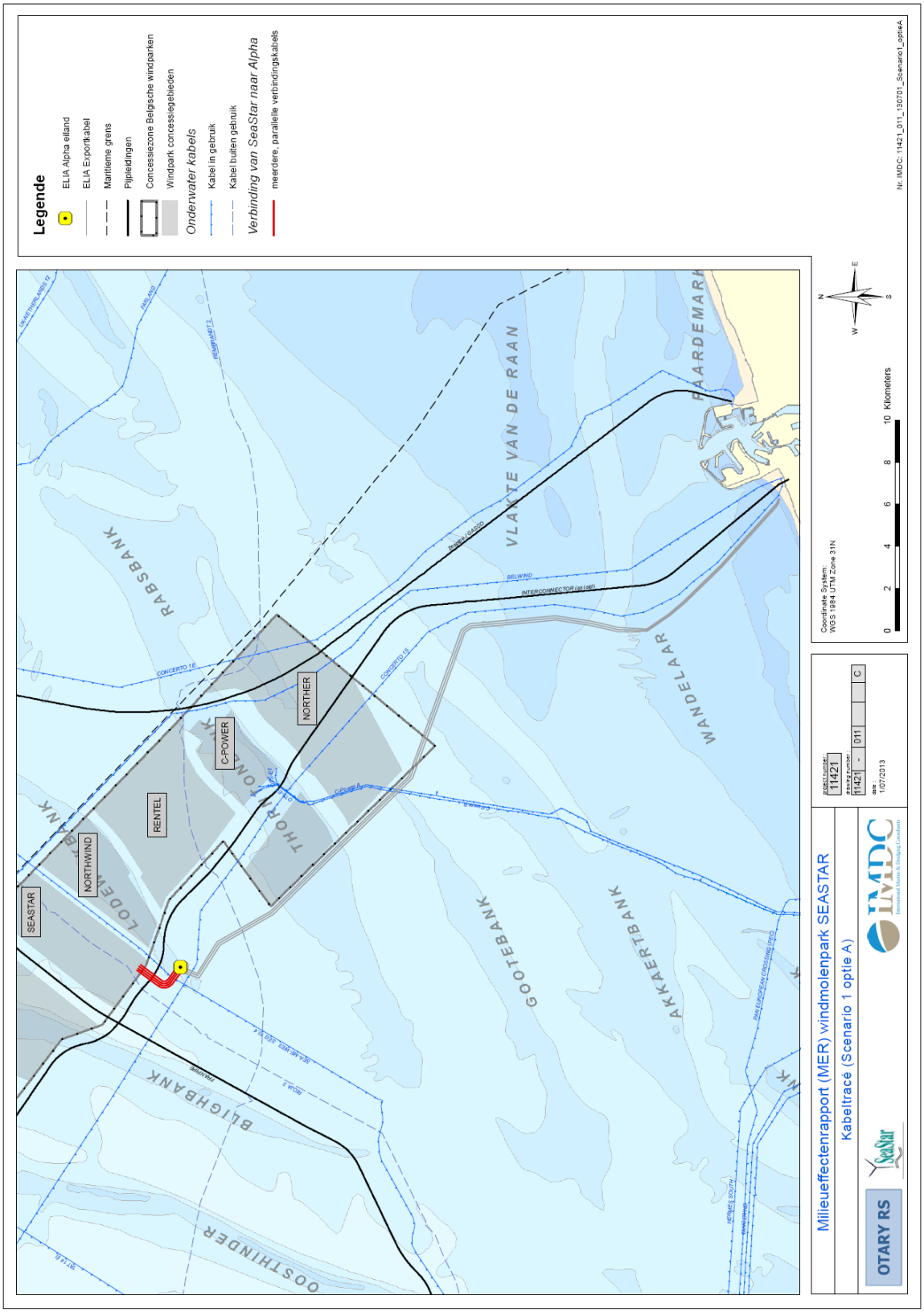
De kortste route voor aansluiting van SeaStar op het HV-transmissienet van Elia is via aansluiting op Alpha. Hierbij wordt SeaStar – in overeenstemming met de ELIA-visie rond de verdere uitbouw van het offshore grid – via verbindingskabels op Alpha aangesloten zonder tussenliggend OHVS binnen de concessiezone, i.e. optie A. Het OHVS, waar getransformeerd wordt, bevindt zich dan op Alpha. Volgens de voorlopige inplantingsschetsen, zou het Alpha-eiland zich ter hoogte van de Lodewijkbank bevinden, ten westen van de SeaStar concessiezone. Zoals aangegeven in het plan (rood tracé in Figuur 4-1) wordt een corridor-zone voorzien voor deze verbindingskabels. De lengte van deze verbindingskabels vanuit de grens van het park tot aan het platform wordt nu ingeschat op ca. 2 km voor de Alpha-locatie op de Lodewijkbank.

Indien Alpha technisch gezien te ver van het SeaStar concessiegebied zou ingeplant worden dient in dit geval elke string aangesloten te worden op één OHVS binnen het SeaStar concessiegebied, i.e. optie B. Eén of meerdere verbindingskabels sluit dan de OHVS aan op Alpha.

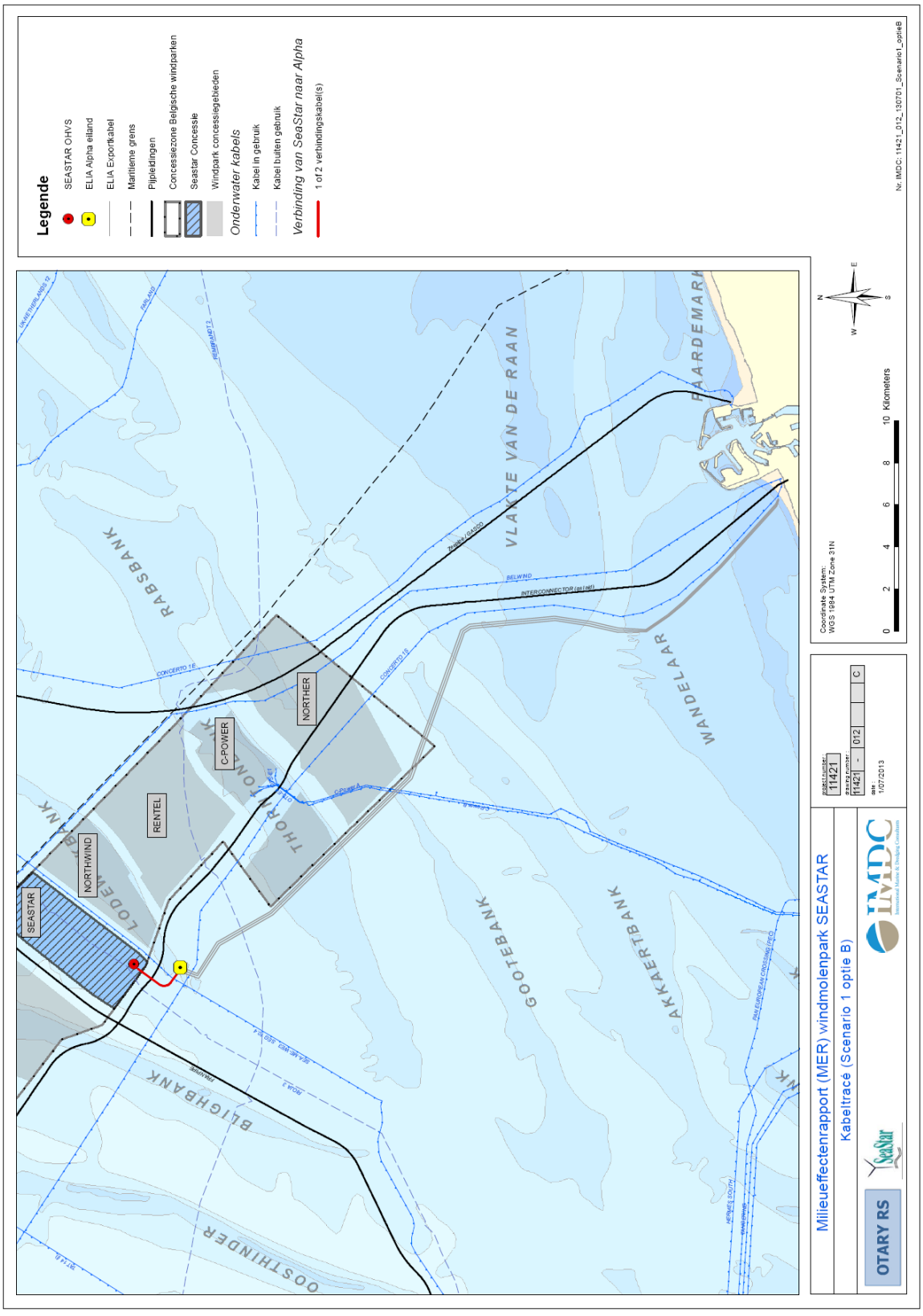
Het basisscenario kabeltracé naar Alpha kruist achtereenvolgens van windmolenpark tot Alpha:

- de Interconnector gasleiding
- de operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel

Het kruisen van kabels en pijpleidingen gebeurt bij voorkeur onder een hoek van 90° om de overlap tot een minimum te herleiden. Technische specificaties omtrent ontwerp en uitvoering van dergelijke kruisingen worden verder in detail expliciet uitgewerkt bij de milieuvergunningsaanvraag.




*Figuur 4-1 Scenario 1 - Optie A: rechtstreekse aansluiting van SeaStar op Alpha via meerdere (parallelle) verbindingskabels*




*Figuur 4-2 Scenario 1 - Optie B: rechtstreekse aansluiting van SeaStar op Alpha via 1 of 2 verbindingskabel(s)*

#### 4.2.2.2 Scenario 2 (Fall-back scenario): exportkabel naar Zeebrugge

Deze route (rood tracé in Figuur 4-3, totale lengte = ca.42 km) vertrekt vanaf het OHVS uit het SeaStar-gebied en kruist in de directe omgeving van de concessiezone de Interconnector-gasleiding. Deze 235 km lange 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.

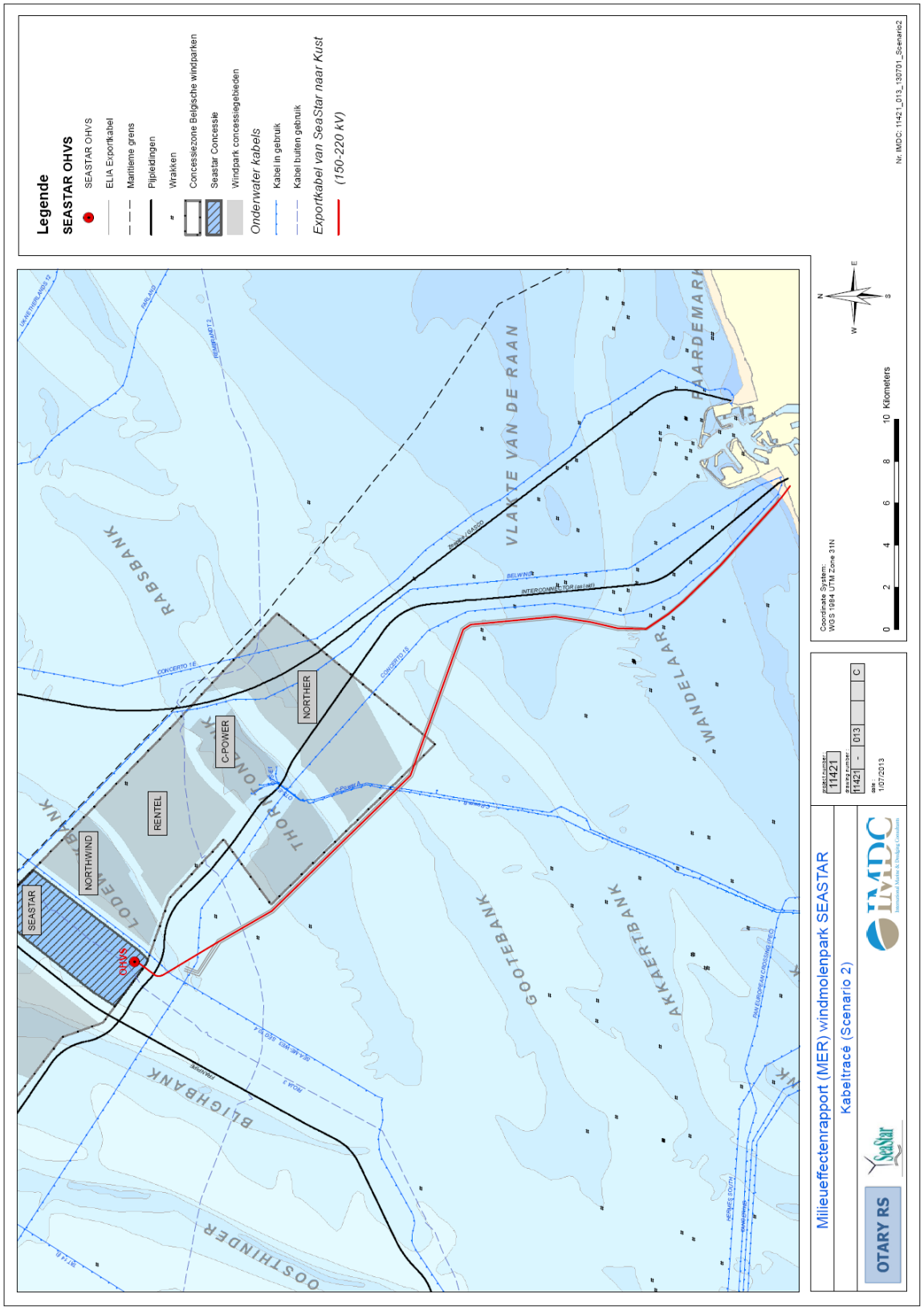
De exportkabel loopt verder richting de C-Power concessiezone en langsheen Norther. Hierbij wordt het afgebakende gebied voor zand- en grindexploitatie aan deze westzijde van beide concessiezones slechts aan de uiterste oostrand doorlopen.

De exportkabel kruist daarbij achtereenvolgens de SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel. Vervolgens wordt ook de Concerto 1S telecommunicatiekabel, de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel gekruist, en dichter bij de kust ook de twee 150 kV exportkabels van het C-Power project op de Thorntonbank (naar Oostende). 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).

Wat betreft het kruisen van de vaargeul 'het Scheur' zullen de veiligheidsvoorschriften zoals beschreven in bijlage 2.1.2. van het KB van 12 maart 2002 over het leggen van offshore kabels worden gevolgd.

In dit traject wordt de onshore aanlanding in Zeebrugge ten westen van de Interconnector-gasleiding en de Concerto South 1S telecomkabel voorzien. Voor aansluiting op het Stevin hoogspanningsstation in Zeebrugge dienen zowel de Interconnector als Concerto 1S leiding nogmaals gekruist te worden op het land (aansluiting in havengebied Zeebrugge voorzien).

Het vooropgestelde kabeltracé valt maximaal samen met de door Elia voorziene kabelcorridor binnen het verbindingstraject tussen Alpha en de kust (zoals vooropgesteld in BOG-project) en binnen de afgebakende zone van het ontwerp Marien Ruimtelijk Plan.




*Figuur 4-3 Scenario 2: directe aansluiting van SeaStar OHVS op Stevin station in Zeebrugge*

#### 4.2.2.3 Spanningsniveau kabels

Wat betreft exportkabels wordt voor een 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV wisselspanningskabel geopteerd. De 150 kV kabel kan indicatief, 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 exportkabels van 150 kV, of één/mogelijks twee exportkabel(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. Voor de verbindingskabels zal vermoedelijk 66 kV (optie A) of 220 kV (optie B) gebruikt worden.

#### 4.2.2.4 Begravingstechnieken kabels

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 methodes zijn ploegen of jetten buiten de vaargeulen en een combinatie van baggeren en ploegen/jetten in de vaargeul. De gebruikte methode en materieel hangen af van het bodemtype en de specifieke condities op het voorziene kabeltracé. De parkkabels zullen vermoedelijk door middel van jetting begraven worden. De verbindingskabels zullen door middel van jetting of ploegen worden geplaatst in de lokale zeebodem, opnieuw afhankelijk van de lokale bodemcondities.

## 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 de best beschikbare technologie (BBT) gekozen worden. Een belangrijke opmerking daarbij is dat het echter moet gaan om een technologie die voldoende betrouwbaar is.

Voor het SeaStar project zal er voor 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 SeaStar project verwacht dat er

op het moment van het bouwen van het windmolenpark (2017-2018) 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 basisconfiguratie, de Areva (5 MW, 135 m RD) voor configuratie 1, de Vestas V164 (8 MW, 164 m RD) voor configuratie 2 en de Samsung (7 MW, 171 m RD) voor configuratie 3. Een overzicht van de belangrijkste karakteristieken gebruikt voor de beschrijving van de milieueffecten worden samengevat in Tabel 4-2.

*Tabel 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 |
| Areva | 5 MW | 135 | 95 m | 162,5 m |
| Vestas V164 | 8 MW | 164 | 107 m | 189 m |
| Samsung | 7 MW | 171 | 110 m | 195,5 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.
- Aan de hand van bathymetrische en seismische gegevens kaningeschat worden dat een mobiele laag van 2-4 m dik 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 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:

- Heiwerkzaamheden op zee zijn tijdrovend; de duur van de heiwerkzaamheden is bepalend voor de bouwplanning.

Over het algemeen wordt geen erosiebescherming voorzien rond een jacket fundering. Maar gelet op de specifieke geotechnische karakteristieken van de lokale zeebodem (in de geul tussen de Blighbank (NW-flank) en de Lodewijkbank (ZO-flank) wordt een minder dikke Quartaire zandafdekking verwacht) bestaat de mogelijkheid dat ook bij een deel van de jacketfunderingen een beperkte erosiebescherming wordt aangebracht rond de vier poten. Er wordt van uitgegaan dat op de overige 50% van de locaties, waar de zandduinen lager zijn en waar niet genivelleerd dient te worden, het Quartair dek dun is. Daar zal een dynamische erosiebescherming aangebracht worden. Na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieputten rondom de individuele palen toegestaan. Deze putten worden vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de individuele paaldiameter.

#### 4.3.2.3 Gravitaire fundering

Bij dit 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 en opgevuld 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:

- Activiteiten op zee (tijdens transport en installatie) zijn zeer tijdrovend wegens de opeenvolging van veelvuldige separate acties die relatief gevoelig zijn voor wind en golfcondities (lage werkbaarheden in beperkte tijdvensters)
- 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. Door de druk te verminderen in de ruimte tussen de rok en de zeebodem wordt een stroming gecreëerd die de effectieve druk en penetratieweerstand verminderd (Ibsen et al., 2005).

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). Op de Doggerbank (125 km van de Britse kust) zijn dit jaar de eerste twee commerciële suction bucket funderingen geplaatst als basis voor meteomasten (Carbontrust website, 2013). Voordelen zijn:

- De installatietijd wordt sterk verkort in vergelijking met een monopile;
- Nagenoeg elk zeewaardig schip kan het zuigproces uitvoeren;
- De draagstructuur wordt niet geschonden door te hameren; bij de standaard monopile en prepiling van de jacket funderingen dienen speciale ontwerpvoorzieningen uitgewerkt te worden om deze beschadiging maximaal te voorkomen;
- De potentieel lichtere constructie maakt een toepassing op relatief grote diepte een mogelijk economisch alternatief;
- Het concept is milieuvriendelijk wegens zijn stille plaatsing (er is geen hamer nodig);
- De installatie is eventueel omkeerbaar, mits specifieke voorzieningen en begeleidende maatregelen;
- De structuur is stijver dan een monopile onder gemiddelde belasting.

Mogelijke nadelen zijn:

- De operatie van het inzakken/verankeren in bodem is een uiterst delicate operatie die met de nodige omzichtigheid dient uitgevoerd te worden;
- De fabricage van de structuur is complexer;
- De fundering kan enkel gebruikt worden in bepaalde bodemtypes (losse sedimenten);
- Relatief ondiepe funderingsaanzet maakt de constructie gevoeliger voor relatieve beweging, resonantie, erosie, …
- Om de bucket drijvend naar site te transporteren is een voldoende diepe haven nodig;
- Dit is een relatief nieuwe techniek die tot op heden nog niet expliciet werd toegepast als fundering voor windturbines op zee (enkel bij windmeetmasten en bij enkele OHVS-platforms)
- En de installatie zelf is meer complex ('high-tech') dan bij een monopile of jacket, waardoor er makkelijker iets fout kan gaan.

#### 4.3.2.5 Erosiebescherming

Bij monopile en gravitaire fundering wordt per windturbine een erosiebescherming voorzien. Bij jacket funderingen zal op maximaal de helft van de locaties erosiebescherming worden aangebracht, waar het Quartair dek dun is. 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 4-3 Diameter benodigde erosiebescherming*

| Configuratie | Aantal turbines | Individueel vermogen | Funderingstype | Erosiebescherming Diameter (m) |
|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie | 41 | 6 MW | Monopile | 36 |
| | | | Jacket | 15 m rond individuele poten |
| | | | GBF | 60 |
| | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 1 | 62 | 5 MW | Monopile | 36 |
| | | | Jacket | 15 m rond individuele poten |
| | | | GBF | 60 |
| | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 2 | 54 | 8 MW | Monopile | 37,5 |
| | | | Jacket | 15 m rond individuele poten |
| | | | GBF | 60 |
| | | | Suction bucket | Idem MP en JF |
| Configuratie 3 | 43 | 7 MW | Jacket | 15 m rond individuele poten |
| | | | 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 te kruisen 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.

Verdere detaillering omtrent locatie, ontwerp en uitvoering van deze kruisingen wordt expliciet uitgewerkt in de milieuvergunningsaanvraag voor de elektrische bekabeling.

### 4.3.4 Het ingezette materieel

Hierbij gaat het in principe om het gebruik van zeewaardige 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 grootteorde, 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 en Neogeen 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 meteorologische invloed, en in een wintersituatie, mét invloed van een storm met terugkeerperiode van 1 jaar.

De recente meetcampagnes uitgevoerd in opdracht van SeaStar (G-tec, 2013) 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 zullen zijn van het volgen van één van funderingsalternatieven. 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 effecten op de waterkwaliteit in dit hoofdstuk aan bod.

De verhoging van turbiditeit ten gevolge van baggeractiviteiten werd ingeschat op basis van een numerieke modelleerstudie en uitgezet ten opzichte van de natuurlijke achtergrondwaarde.

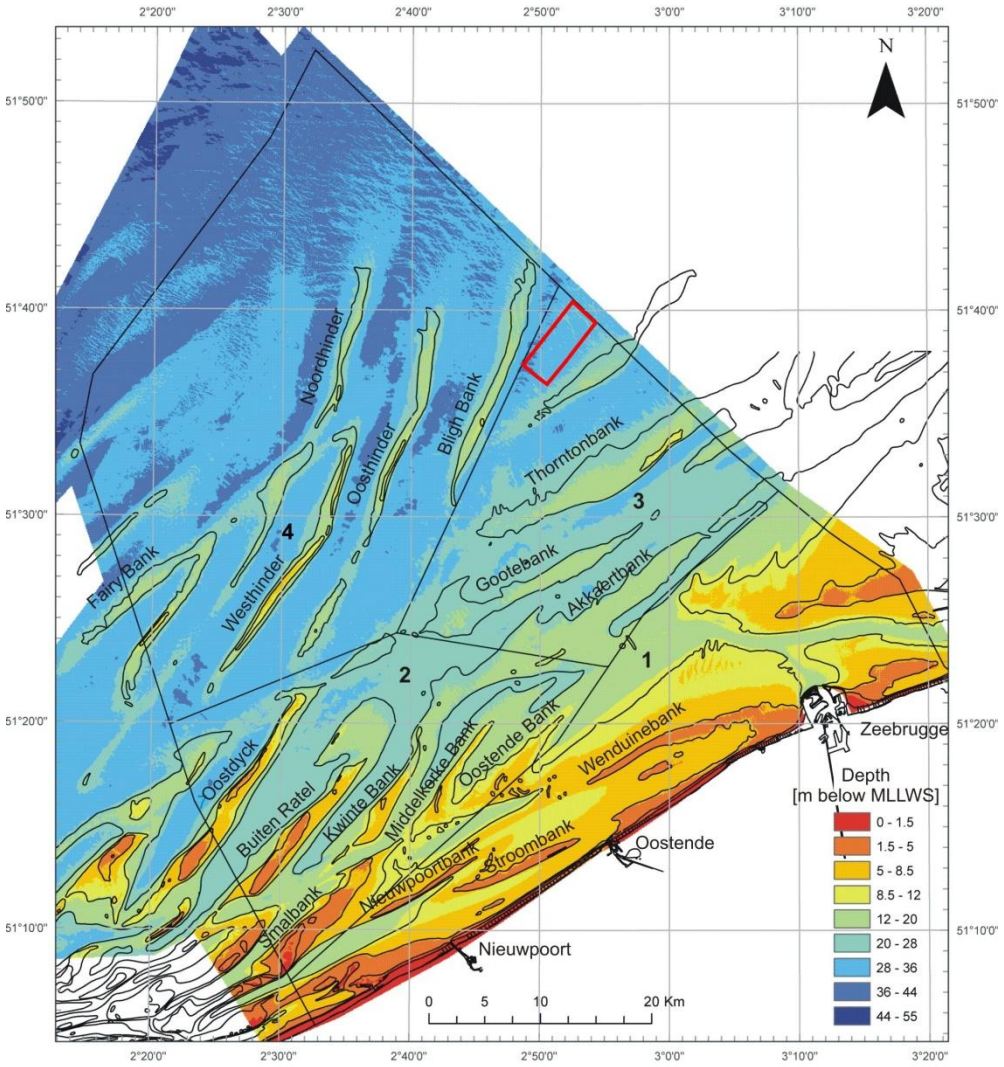
Tot slot wordt een monitoringsprogramma voorgesteld, eventuele milderende maatregelen geformuleerd en worden de leemten in kennis samengevat.

## 5.1.2 Referentiesituatie

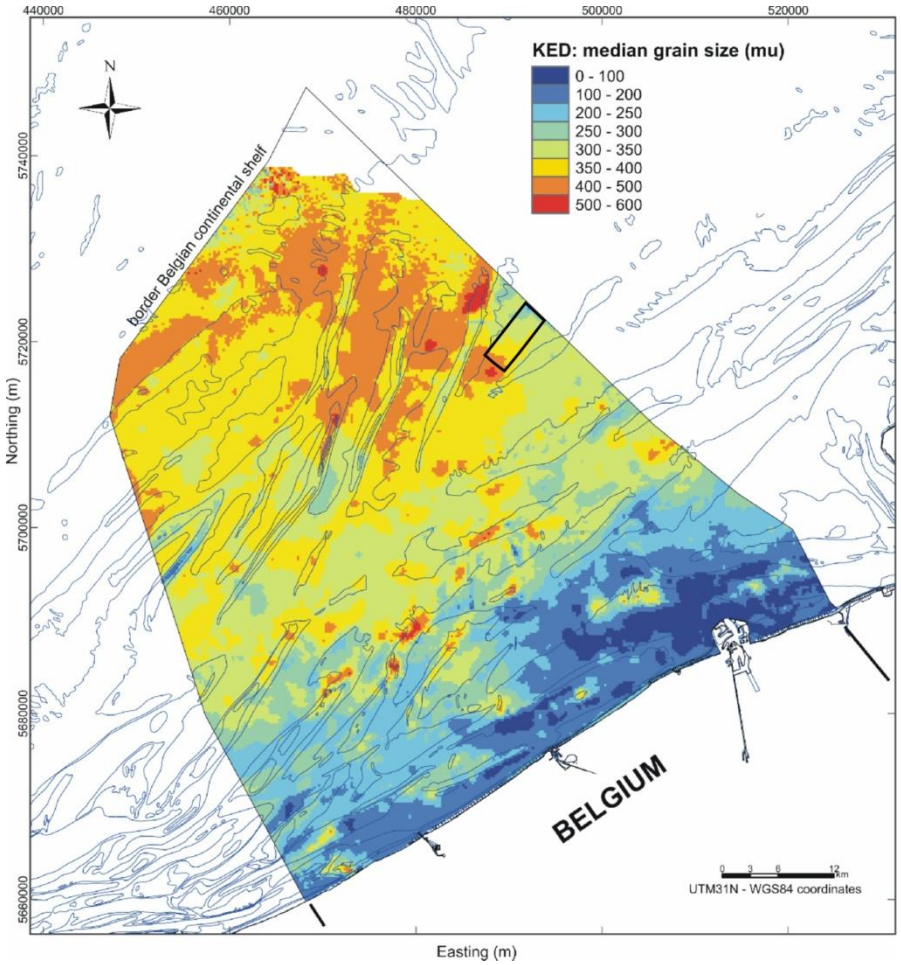
### 5.1.2.1 Algemene beschrijving

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 SeaStar concessiezone ligt in de getijdengeul tussen de Blighbank en de Lodewijkbank (vroeger Bank zonder Naam), die deel uitmaken van respectievelijk de Hinderbanken en de Zeelandbanken (Figuur 5-1). Waterdiepten variëren tussen ongeveer 22 m en 38 m onder TAW. Aan de oppervlakte wordt enkel zand teruggevonden, geen grind (Figuur 5-2 en Figuur 5-20).




*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)*

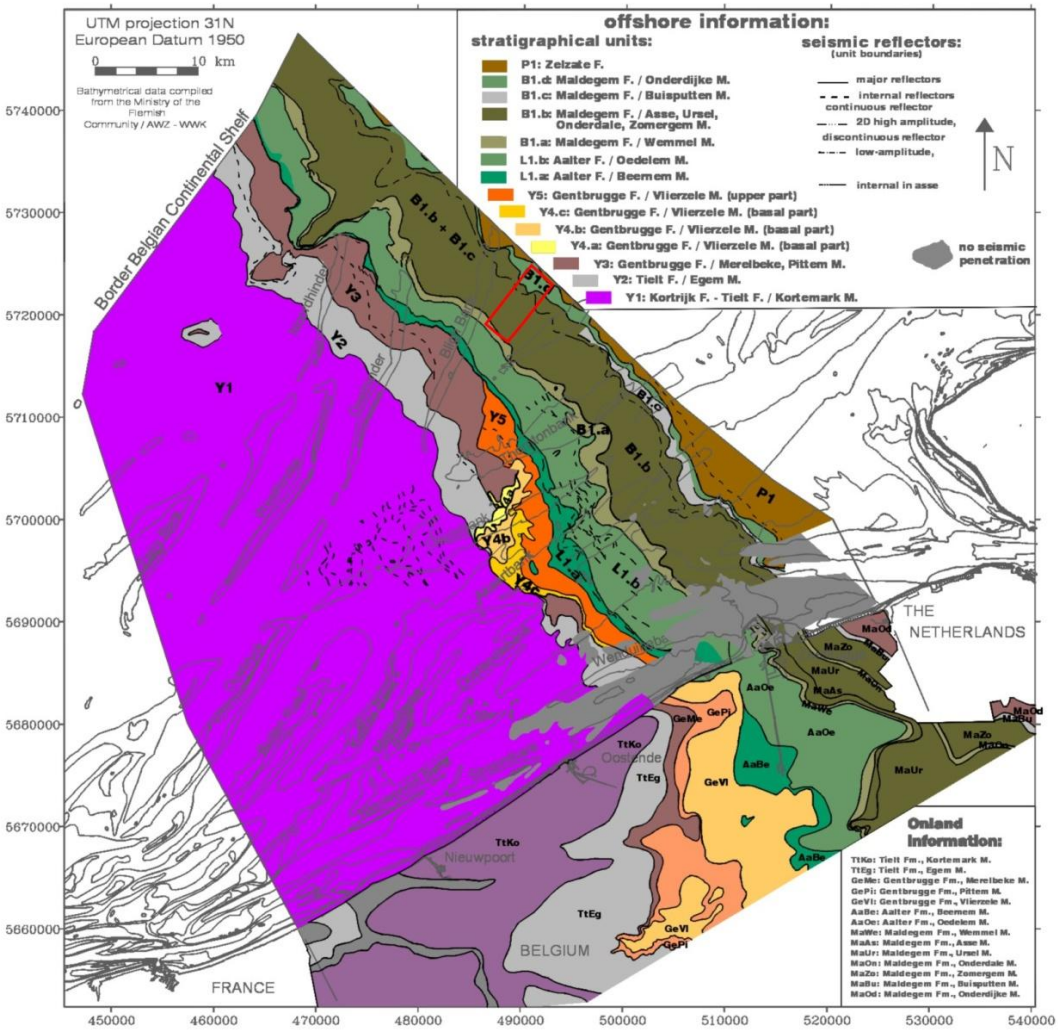
### 5.1.2.2 Geologie

#### 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 zuidwesten van de SeaStar concessiezone, in het gebied van de Hinderbanken. 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 interessegebied bestaat de Tertiaire ondergrond uit de Formatie van Maldegem: in het centrale deel de Leden van Asse, Ursel, Onderdale, Zomergem en mogelijk ook Buisputten (B1.b+B1.c). In de NO rand van het concessiegebied komt Lid van Onderdijke (B1.d) voor, eveneens behorend tot de Formatie

van Maldegem. Aan de meest ZW rand van het concessiegebied komt ook nog Lid van Wemmel (B1.a) 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):

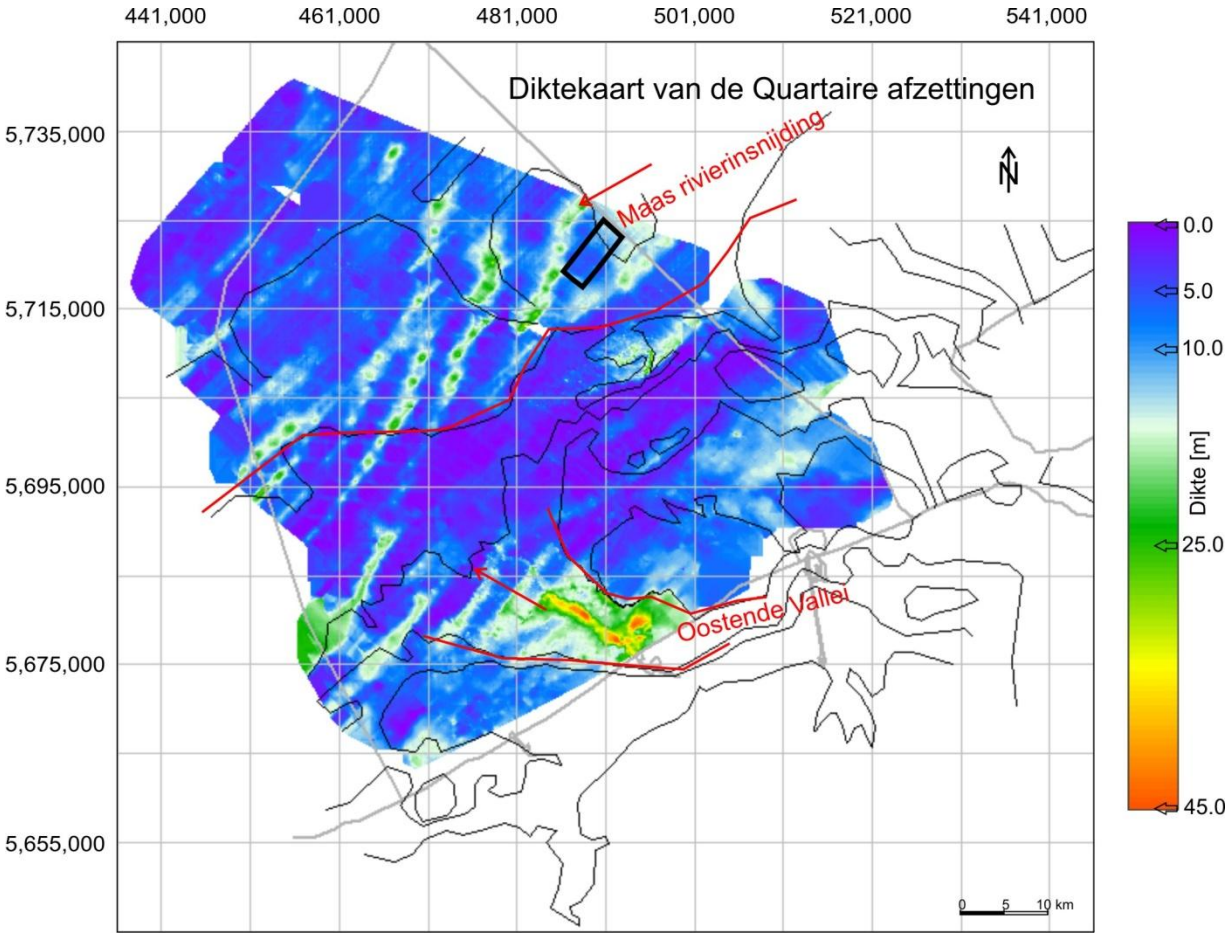
- Lid van Wemmel: grijze glauconiethoudende, kleiige zanden met calcareniet horizonten
- Lid van Asse: gebioturbeerde kleiige zanden en zandige kleien
- Lid van Ursel: blauw-grijze gebioturbeerde massieve klei met pyrietconcreties
- Lid van Onderdale: kleiige zanden
- Lid van Zomergem: sterk gebioturbeerde blauw-groene klei
- Lid van Buisputten: zand

- Lid van Onderdijke: stijve tot zeer harde klei, met variërende hoeveelheden silt en zand bijmenging

De 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 SeaStar concessiezone ligt ter hoogte 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.

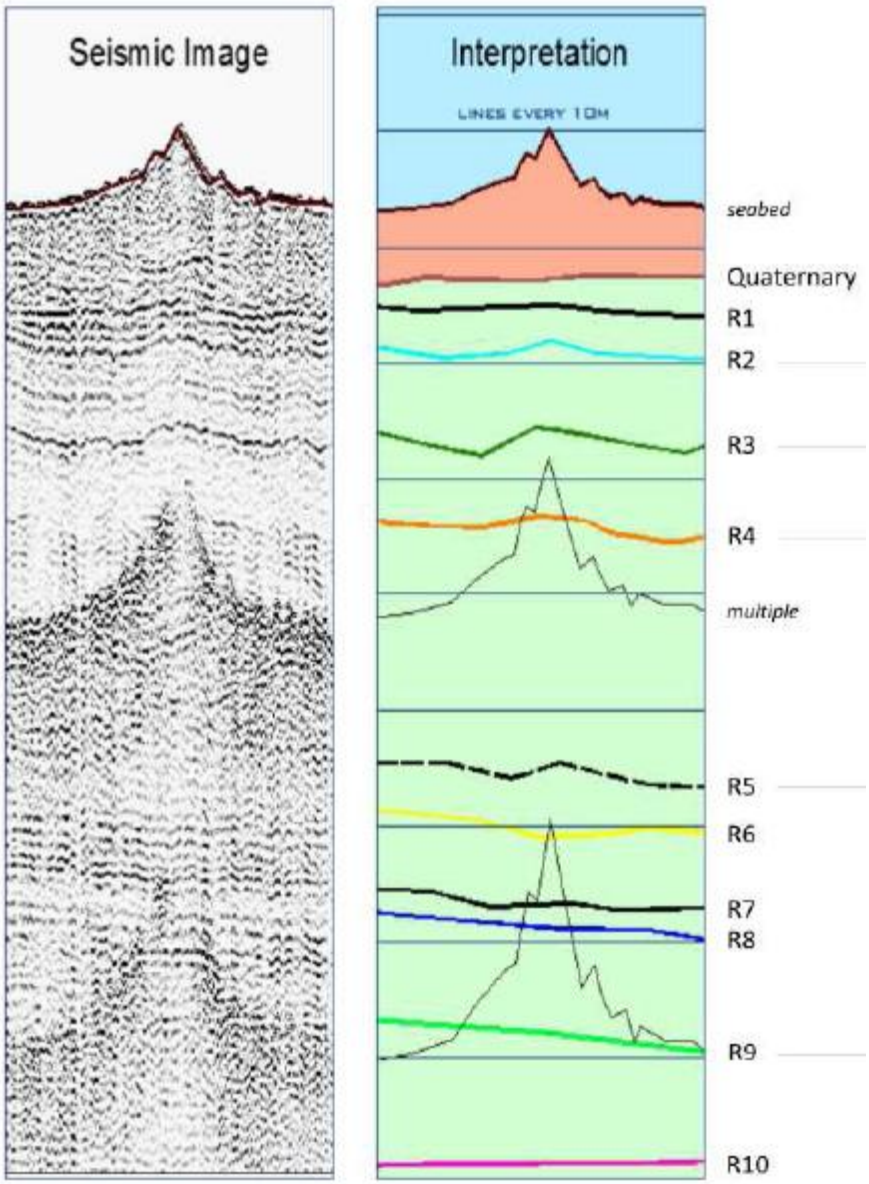
Door de vorming van de getijdenbanken uit lokaal aanwezig materiaal zijn de Quartaire afzettingen sterk geërodeerd en gefragmenteerd. Meestal komen enkel onder de getijdenbanken oudere Quartaire afzettingen voor en is er in de geulen tussen de getijdenbanken weinig bewaard gebleven.

5.1.2.2.2 In het projectgebied

In het SeaStar concessiegebied werd reeds een verkennende seismische campagne uitgevoerd door G-tec (2013). Op de seismische profielen is te zien hoe de Tertiaire lagen hellen in NE richting. De interpretatie van de Tertiaire reflectoren is als volgt (Figuur 5-5, G-tec, 2013):

Onder de R9 reflector: de Formatie van Aalter. Daarboven de Formatie van Maldegem (van onder tot boven):

- Tussen R9 en R5: Lid van Wemmel, Asse en Ursel, moeilijk te onderscheiden
- R5-R4: Lid van Onderdale
- R4-R3: Lid van Zomergem
- R3-R2: Lid van Buisputten
- Boven R2 tot Basis Quartair: Lid van Onderdijke




*Figuur 5-5 Interpretatie seismische profielen opgenomen in SeaStar concessiezone (G-tec, 2013). Interpretatie IMDC: R1=Basis-Quartair, bovenliggende reflector = Top-Pleistoceen*

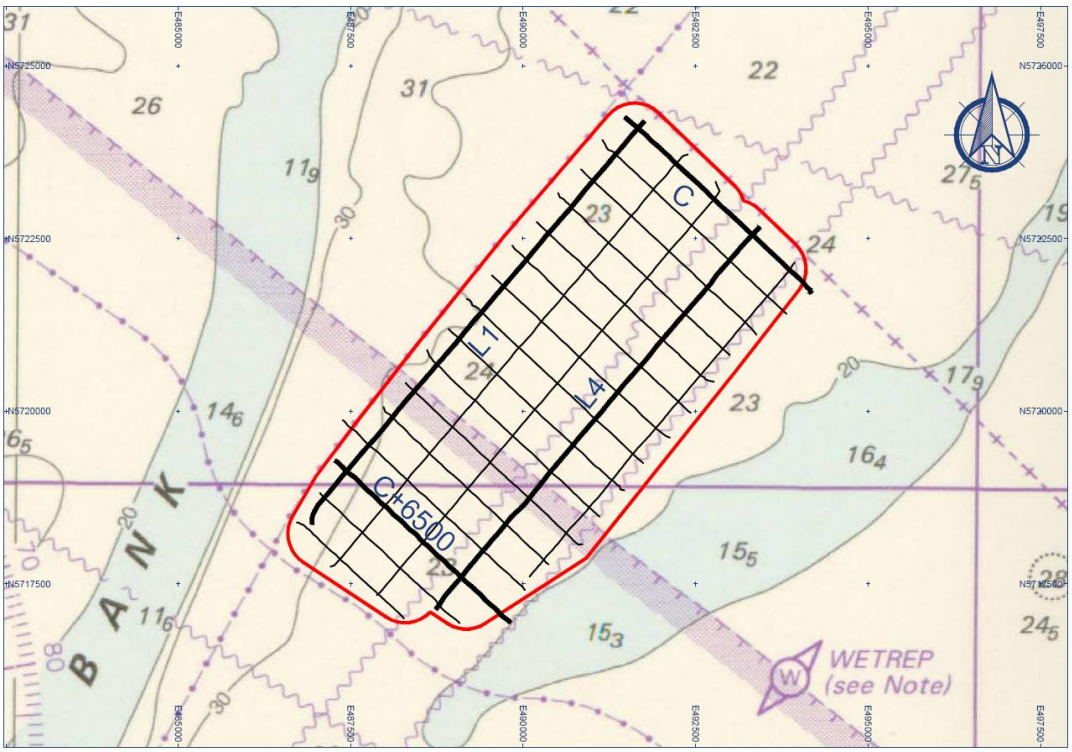
De top van het Tertiair is een erosief oppervlak dat een discordantie vormt tussen de oudere, onderliggende Tertiaire afzettingen en de bovenliggende Quartaire afzettingen. De Tertiaire lagen zijn duidelijk afgesneden op Figuur 5-9 en Figuur 5-10. Dit oppervlak vormt de basis van het Quartair (aangeduid in blauw op Figuur 5-7, Figuur 5-8, Figuur 5-9 en Figuur 5-10 interpretatie IMDC).

De dikte van het Quartair varieert van enkele meter dik, waar het Tertiair bijna tot aan het oppervlak komt (bvb. ter hoogte van punt 3000 m op profiel L4 en tussen 2000 m en 4000 m op profiel L1) tot meer dan 20 m dik, waar zandduinen voorkomen boven depressies ingesneden in het Tertiair substraat (bvb. ter hoogte van punt 6000 m op profiel L4).

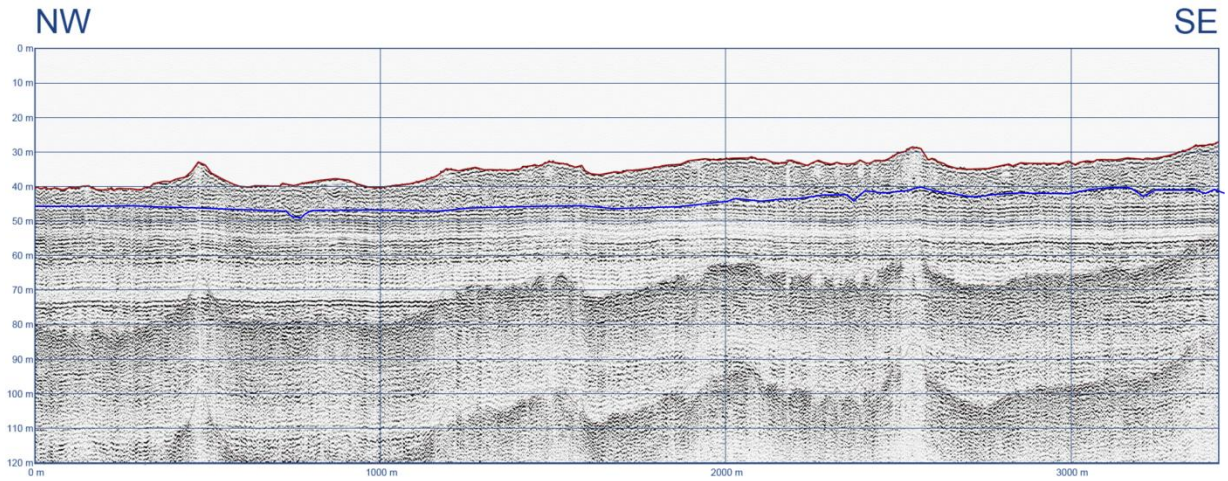
Ook ten westen van de Noordhinder zijn er zones waar het Tertiair bijna aan het oppervlak ligt (Fig. 2.7 in: Mathys *et al.*, 2009). Daar werd een grove, grindhoudende laag aangetroffen op de zeebodem die geïnterpreteerd werd als een transgressie- of basisgrind waarvan de dikte varieert tussen 10 en 30 cm (Mathys *et al.*, 2009). Het is mogelijk dat gelijkaardige grindlagen voorkomen in het SeaStar Concessiegebied onder de dunne Quartaire deklaag.

In het NE van het projectgebied is het Quartair dek over het algemeen dikker dan in het centraal en westelijk deel. De insnijdingen komen waarschijnlijk overeen met estuariene getijdengeulen. Bij gedetailleerd onderzoek op de Hinderbanken (Mathys *et al.*, 2009), bleek dat de Maasvallei insnijding opgevuld is met estuariene afzettingen van Eem (Pleistoceen) ouderdom. Mogelijk komen ook deze voor in het SeaStar gebied.

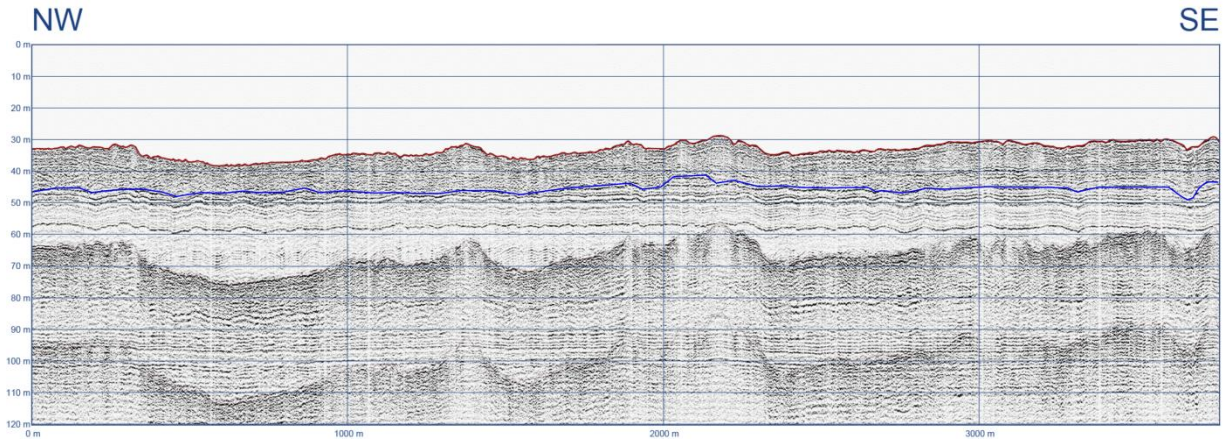
Tijdens het Holoceen, rond 7.000 jaar geleden, begon de vorming van de getijdenbanken en de tussenliggende geulen, waaronder de Blighbank en de andere Hinderbanken. De Lodewijkbank en Thorntonbank werden vermoedelijk reeds eerder gevormd toen getijdenstromingen reeds sterk genoeg waren maar nog steeds loodrecht op de kust gericht (Mathys, 2009). Het materiaal waaruit de getijdenbanken werden opgebouwd, was afkomstig van lokale 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).



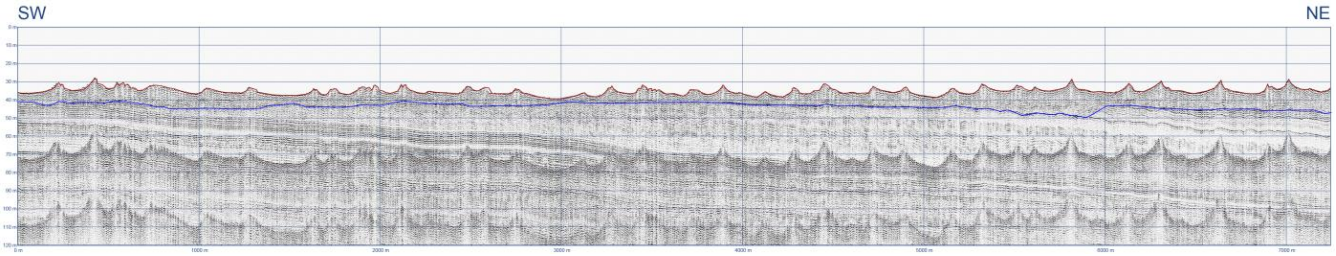

*Figuur 5-6 Situering van vier seismische profielen in het SeaStar projectgebied.*



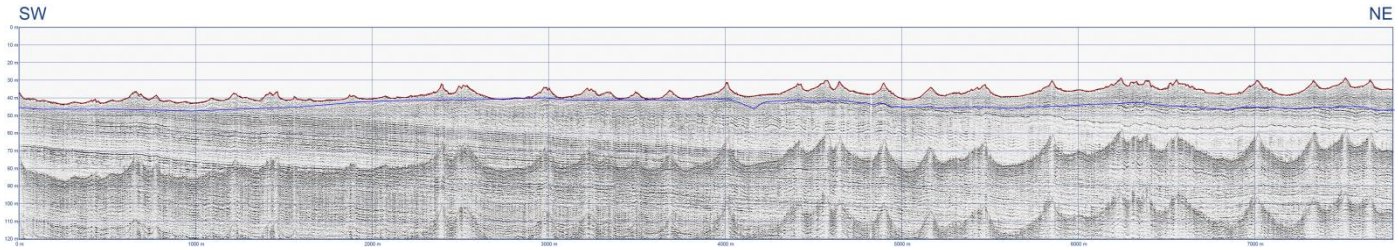

*Figuur 5-7 Seismisch profiel C+6500, diepte in m, rode lijn = zeebodem; blauwe lijn = Basis Quartair (data G-tec, 2013, interpretatie IMDC)*




*Figuur 5-8 Seismisch profiel C, diepte in m, rode lijn = zeebodem; blauwe lijn = Basis Quartair (data G-tec, 2013, interpretatie IMDC)*




*Figuur 5-9 Seismisch profiel L4, diepte in m, rode lijn = zeebodem; blauwe lijn = Basis Quartair(data G-tec, 2013, interpretatie IMDC)*




*Figuur 5-10 Seismisch profiel L1, diepte in m, rode lijn = zeebodem; blauwe lijn = Basis Quartair(data G-tec, 2013, interpretatie IMDC)*

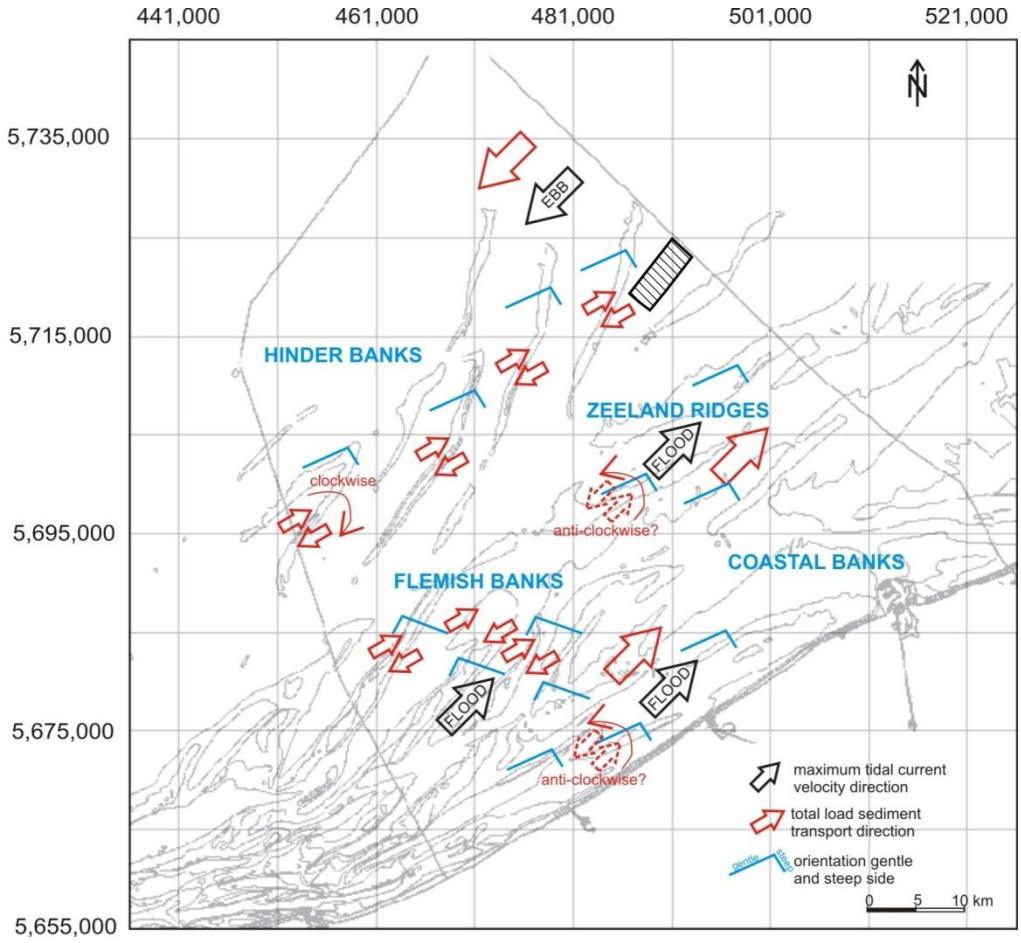
### 5.1.2.3 Morfologie

#### 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. Het projectgebied ligt in de geul ten zuidoosten van de Blighbank (een Hinderbank) en ten noordwesten van de Lodewijkbank (een Zeelandbank) .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. De Hinderbanken zijn ongeveer NNE-ZZW georiënteerd. Ze bestaan van west naar oost uit de Fairy Bank, de Noordhinder, de Westhinder, de Oosthinder en de Blighbank

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 en de Hinderbanken hebben een steile oostelijke flank. De maximale stroomsnelheid langsheen de Zeelandbanken is gericht in de vloedrichting (NO) (Lanckneus *et al.*, 2001). Dit zou duiden op een circulaire zandbeweging rondom de Zeelandbanken in tegenwijzerzin, dit in tegenstelling tot de rest van het BDNZ. Langsheen de Hinderbanken is de dominante stroomsnelheid de ebrichting (ZW), dit zou duiden op een circulaire zandbeweging in wijzerzin. De SeaStar concessiezone ligt op de overgang tussen beide zones.




*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 en de Hinderbanken worden als stabiel beschouwd (Houbolt, 1968, De Moor, 1985). 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 meter 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.

De banken van de Hinderbanken groep zijn langgerekte ruggen tussen 15 km en 26 km lang, die stijgen tot 24 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 SeaStar concessiegebied (Van Lanker *et al.*, 2007). Op de Lodewijkbank en het noordelijk deel van de Blighbank waren toen nog geen data beschikbaar. In het SeaStar gebied komen volgens deze kaart vooral duinen tussen 2 en 4 m voor, met een kleine zone langsheen de NW rand met duinen van 4-6 m.

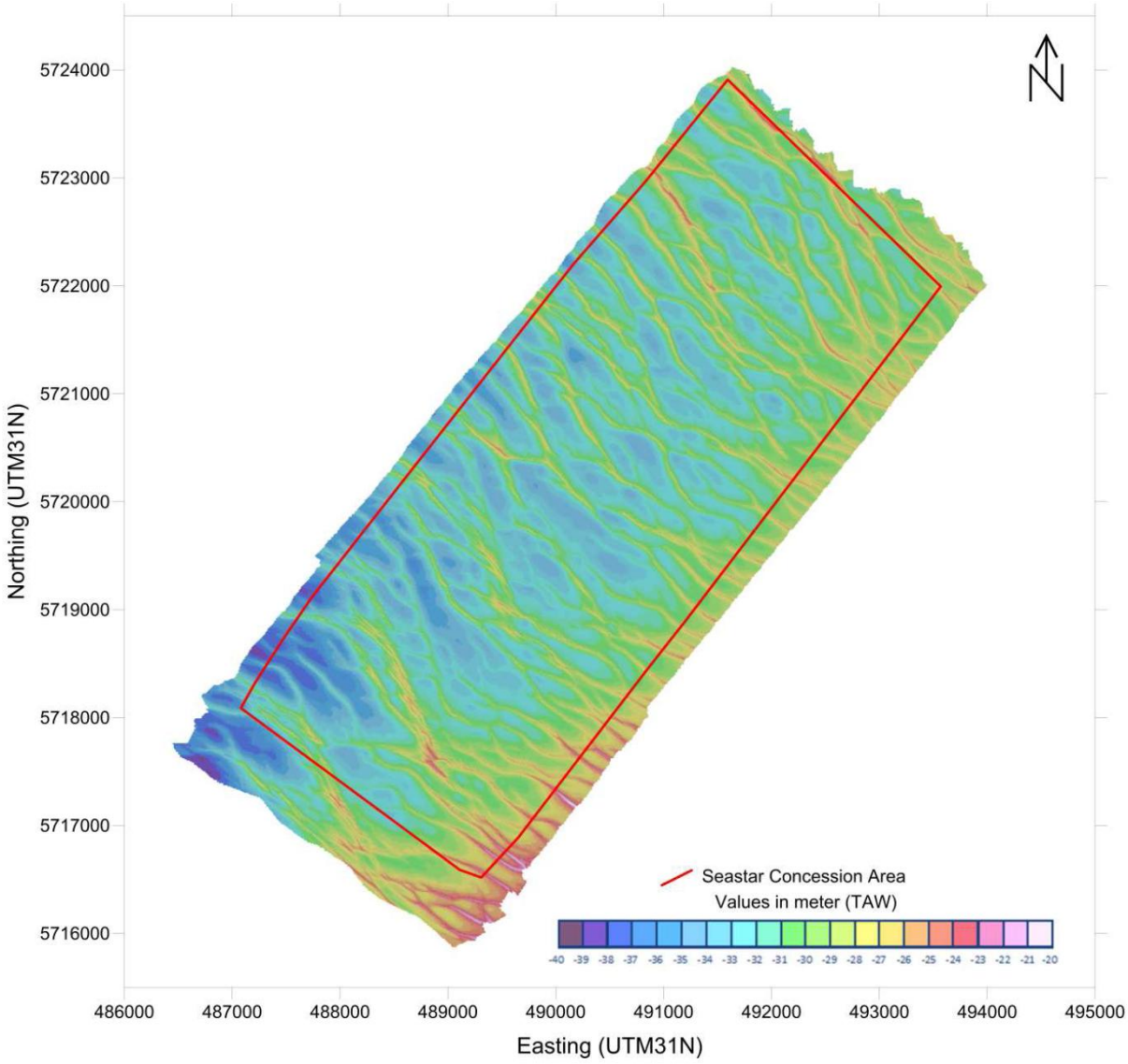
Een meer gedetailleerde bathymetrische kaart wordt getoond in Figuur 5-12. Ze is gebaseerd op een verkennende multibeam meetcampagne recent uitgevoerd in de SeaStar concessiezone (G-tec, 2013).

Het gebied wordt gekenmerkt door grote tot heel grote duinen volgens de indeling van Ashley (1990). De kamlijn van de zeer grote duinen zijn over het algemeen NW-ZO gericht. De afstand tussen opeenvolgende kamlijnen varieert tussen 100 m en 500 m. Duinhoogtes zijn algemeen tot 4 m in het gebied, al zijn lokaal ook hoogtes tot 10 m waargenomen (Figuur 5-17). De grote duinen hebben een tussenafstand van 20-50 m, zijn 1-2 m hoog en bedenkt met kleine duinen.

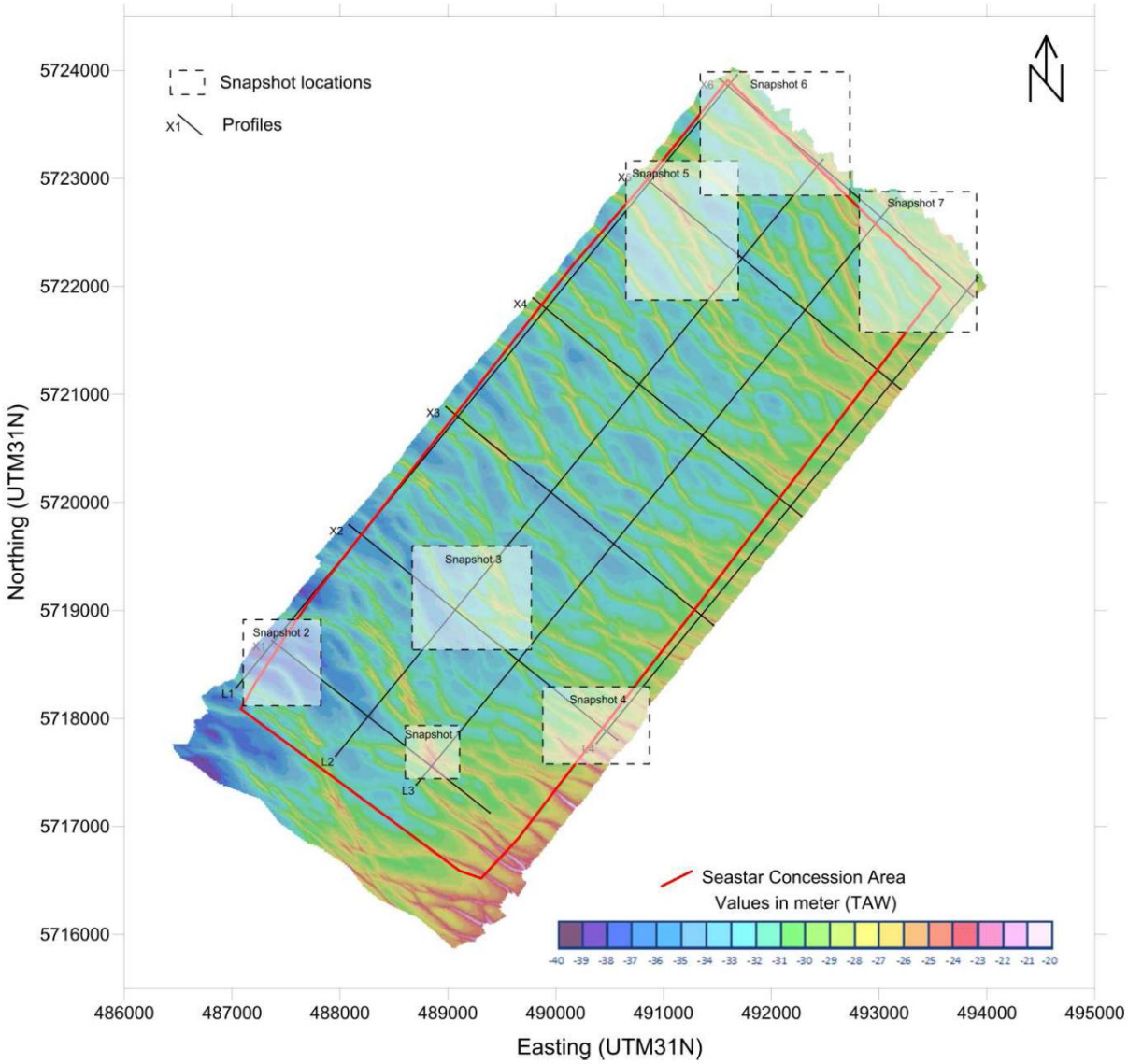
Er kunnen twee verschillende zones met zandduinen onderscheiden worden: een zone met hoge ondiepe duinen aan de NO, ZO en ZW rand van het gebied, uitlopers van de duinen op de Lodewijkbank, en centraal in het concessiegebied waar eerder geïsoleerde iets lagere zandduinen voorkomen. Algemeen neemt de diepte in het gebied toe van oost naar west.

In de geul tussen de Blighbank en de Lodewijkbank komen zowel vloedgedomineerde (steile NO flank), ebgedomineerde (steile ZW flank) als symmetrische duinen voor. Naar het westen toe komen meer vloedgedomineerde duinen voor, bvb. langsheen profiel L1 (bvb. op 1500 en 2500 m, Figuur 5-16). Naar het oosten toe komen meer ebgedomineerde duinen voor, bvb. langsheen profiel L4 (op 2200 en 3100 m, Figuur 5-18).

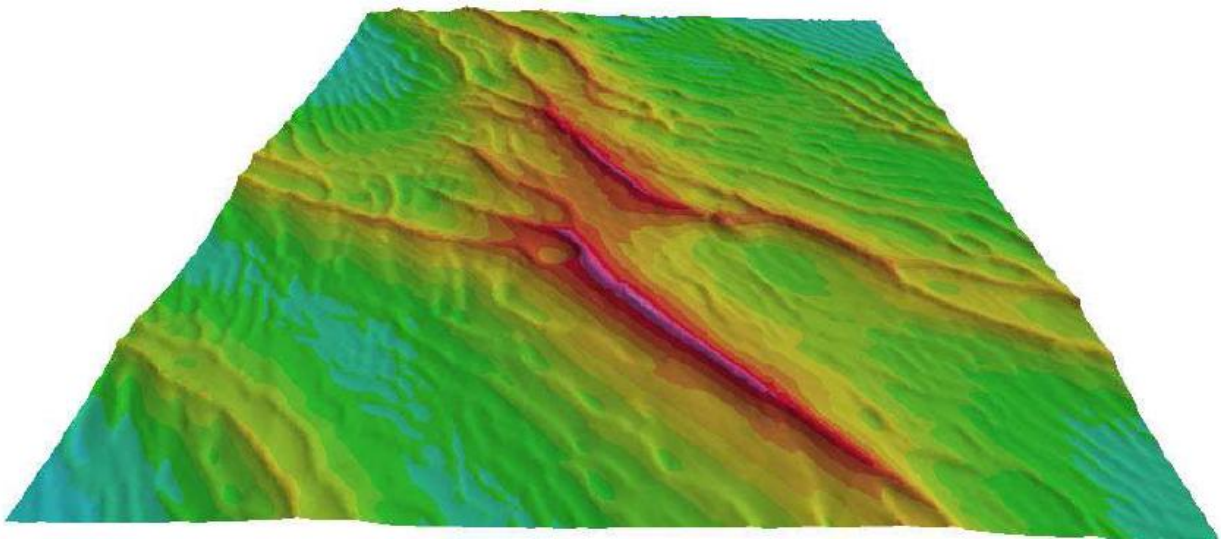
Daar grote tot heel grote duinen zich trager aanpassen aan veranderingen in stromingssterkte geven de grote duinen een goed beeld van de richting van het nettozandtransport over een langere periode (Deleu, 2001).



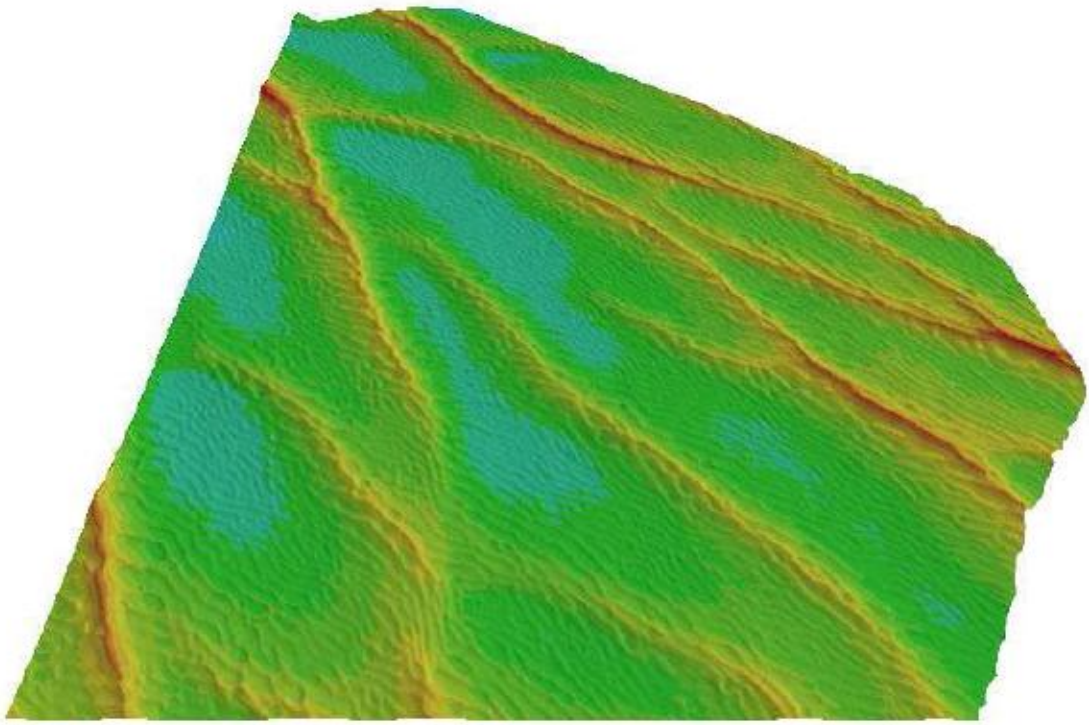

*Figuur 5-12 Bathymetrische kaart van het SeaStar concessiegebied op basis van multibeam data (diepte in m TAW) (G-tec, 2013)*



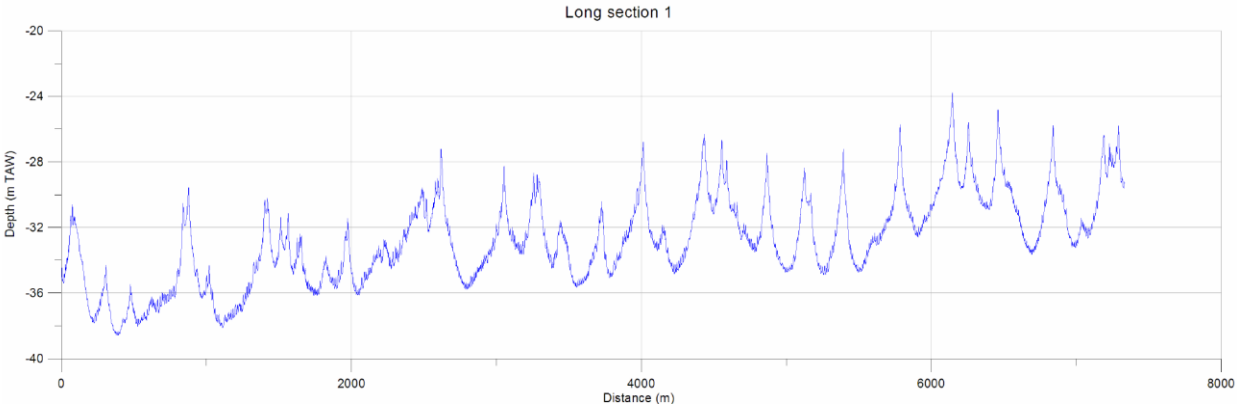

*Figuur 5-13 Bathymetrische kaart van het SeaStar concessiegebied op basis van multibeam data (diepte in m TAW), met aanduiding van locatie seismische profielen en snapshots (G-tec, 2013)*



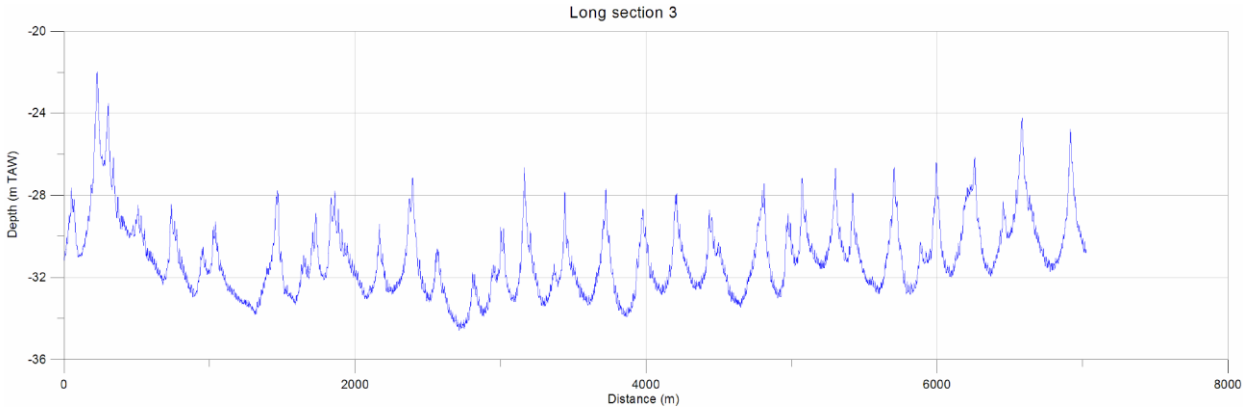
*Figuur 5-14 Snapshot 1 in het zuiden van het SeaStar concessiegebied (G-tec, 2013). Locatie zie Figuur 5-13.*



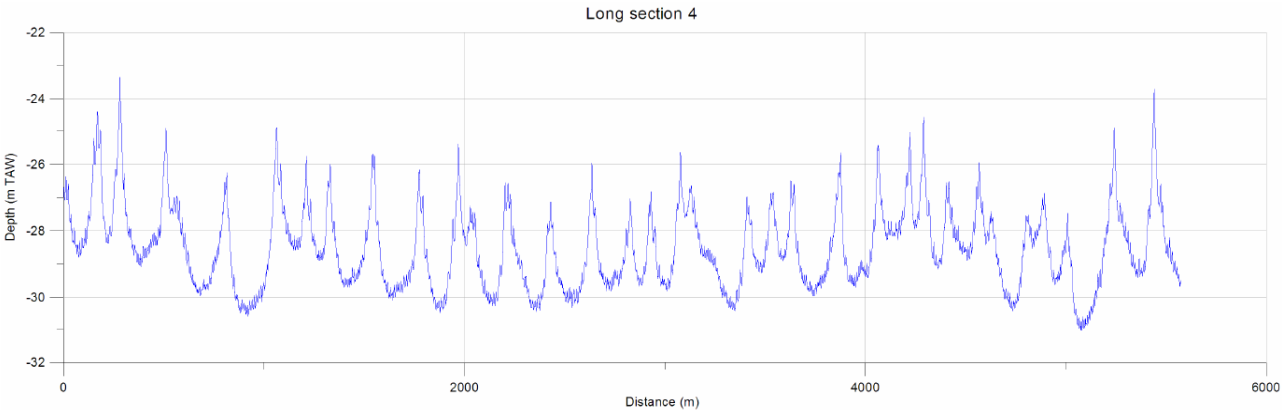
*Figuur 5-15 Snapshot 7 in het noordoosten van het SeaStar concessiegebied (G-tec, 2013). Locatie zie Figuur 5-13.*



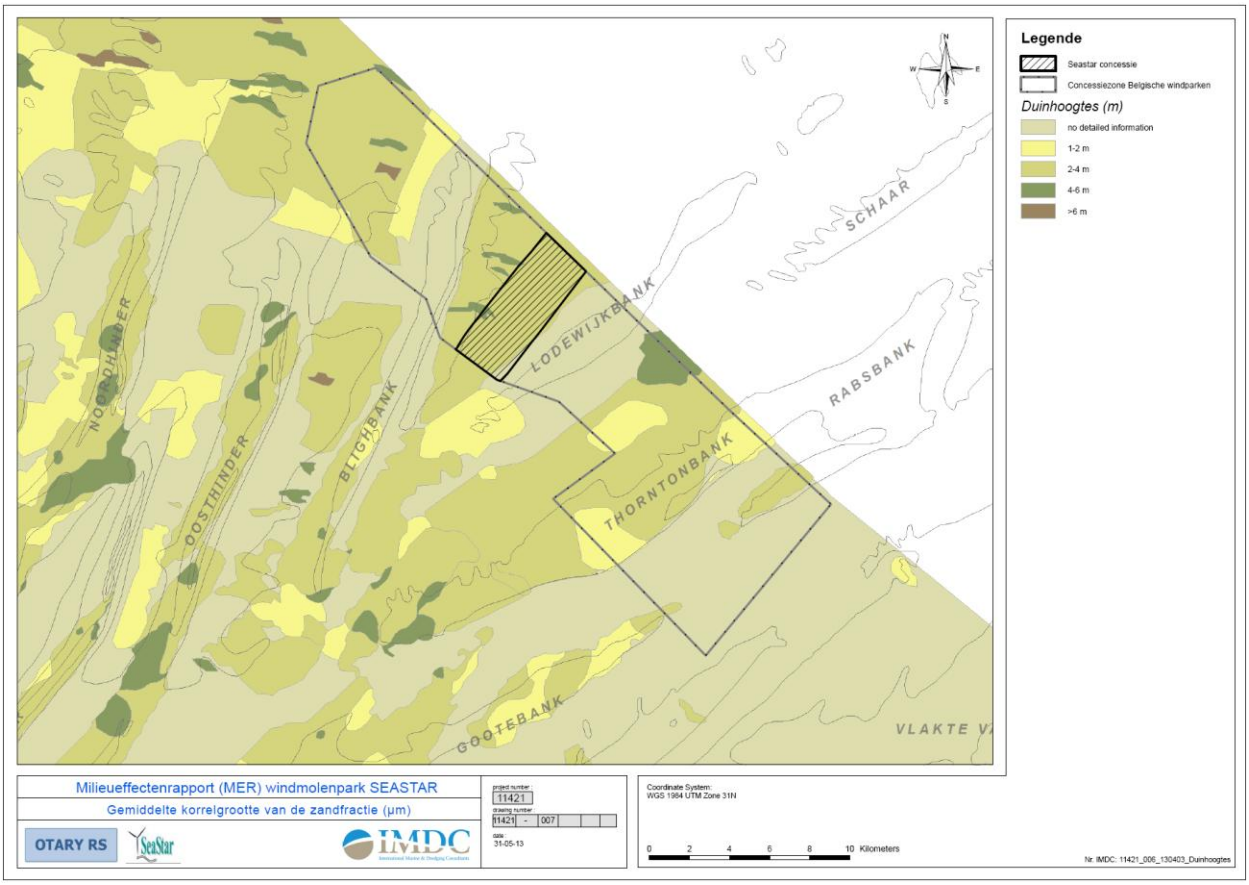

*Figuur 5-16 Verticaal profiel L1 (ZW tot NO). Locatie zie Figuur 5-13.*




*Figuur 5-17 Verticaal profiel L3 (ZW tot NO). Locatie zie Figuur 5-13.*




*Figuur 5-18 Verticaal profiel L4 (ZW tot NO). Locatie zie Figuur 5-13.*

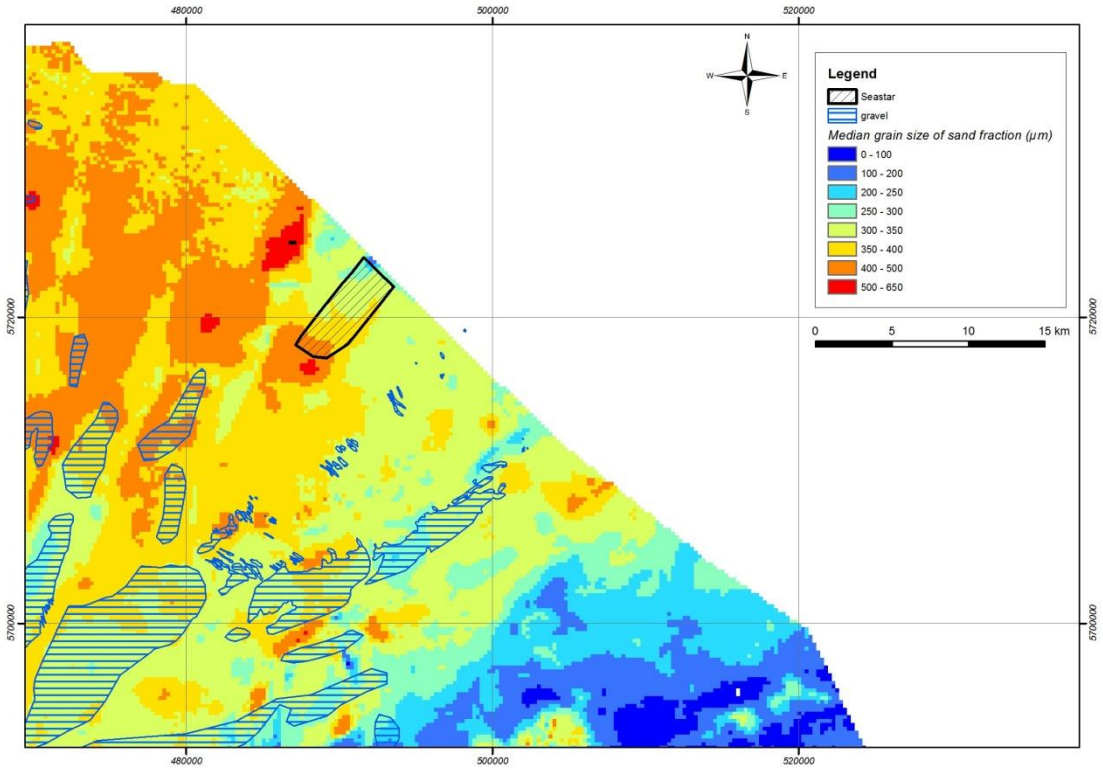



*Figuur 5-19 Voorkomen van zandduinen in concessiegebied Rentel (naar Van Lancker et al, 2007)*

### 5.1.2.4 Sedimentkarakteristieken

#### 5.1.2.4.1 Granulometrie – korrelgrootteverdeling

Figuur 5-20 toont de korrelgrootteverdeling in het SeaStar projectgebied. Aan het zeebodemoppervlak komt vooral gemiddeld zand met mediane diameter 300-350 µm en 350-400 µm voor. In een beperkt gebied komt ook wat fijner zand voor met D50 250-300 µm en wat grover zand D50 (400-500 µm). In het projectgebied werd er geen grind waargenomen aan het zeebodemoppervlak (Van Lancker *et al.*, 2007).




*Figuur 5-20 Korrelgrootteverdeling en voorkomen van grind op het BDNZ, ingezoomd op het gebied rond de SeaStar concessiezon (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, 2013) 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 het BDNZ wordt gedomineerd door getijwerking.

#### 5.1.2.5.1 Waterdieptes

De gemiddelde waterdiepte (onder TAW) in het projectgebied is -31 m. De maximale waterdiepte is -39,5 m in de zuidwestelijke hoek en de minimale is -19.4 m op de kam van een uitloper van een zandduin van Lodewijkbank.

#### 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 SeaStar projectgebied verwacht (IMDC, 2013a)

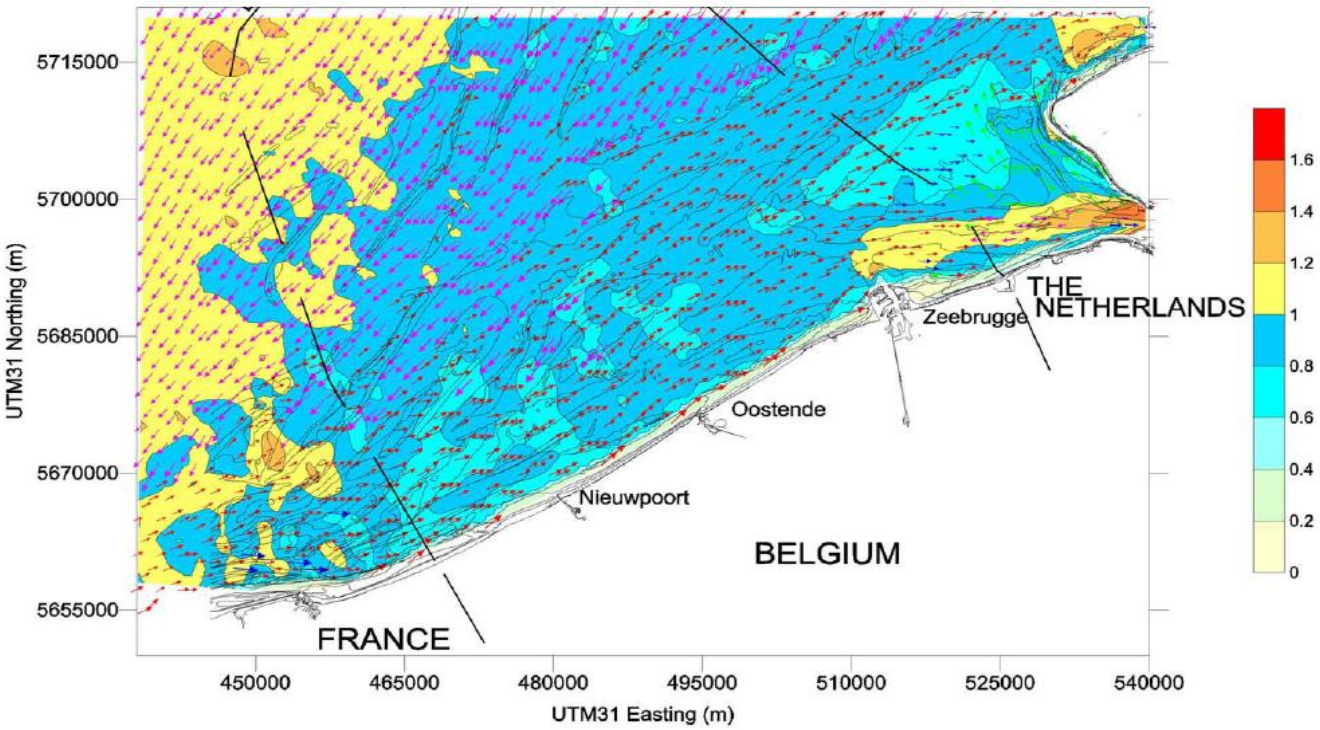
Tussen 1977 en 2002 varieerde de maximale significante golfhoogte tussen 5 en 6 m ter hoogte van het dichtst bijgelegen meetpunt op het BDNZ (‘Akkaert Zuid’ op de Goote Bank ten ZW van de Lodewijkbank, NB 51° 25' 59’ OL 02° 48' 09’), wat overeenkomt met stormen met terugkeerperiode tussen 5 en 50 jaar (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, 2013a).

#### 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, en in het bijzonder het SeaStar gebied, liggen op een overgangszone. Op het noordelijk deel van de Lodewijkbank en net ten oosten van de Blighbank is de ebstroming dominant. In het centrale deel van het gebied tussen Blighbank en Lodewijkbank, ter hoogte van de Blighbank zelf en het zuidelijk deel van de Lodewijkbank is de vloedstroming 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.*

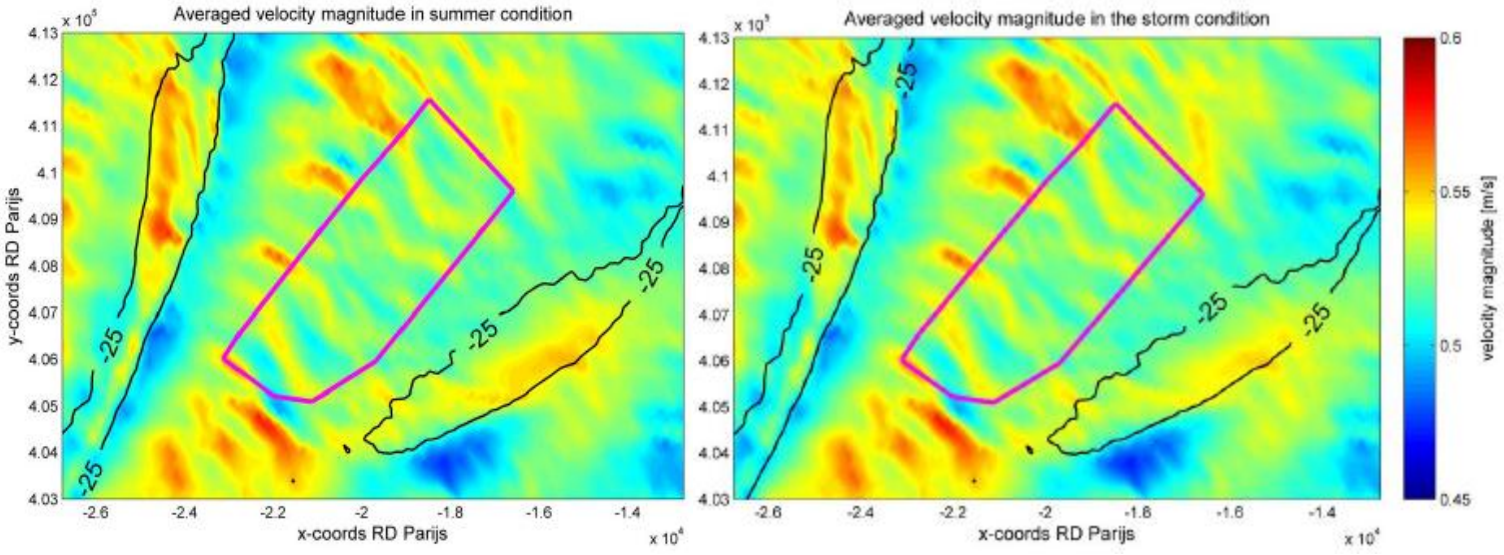
### *In het projectgebied*

Om een idee te hebben van de natuurlijk locale stroomsnelheden en sedimenttransporten in het SeaStar projectgebied werd een numerieke modellering uitgevoerd. Details over de opzet van het model worden gegeven in rapport IMDC (2013a), 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.

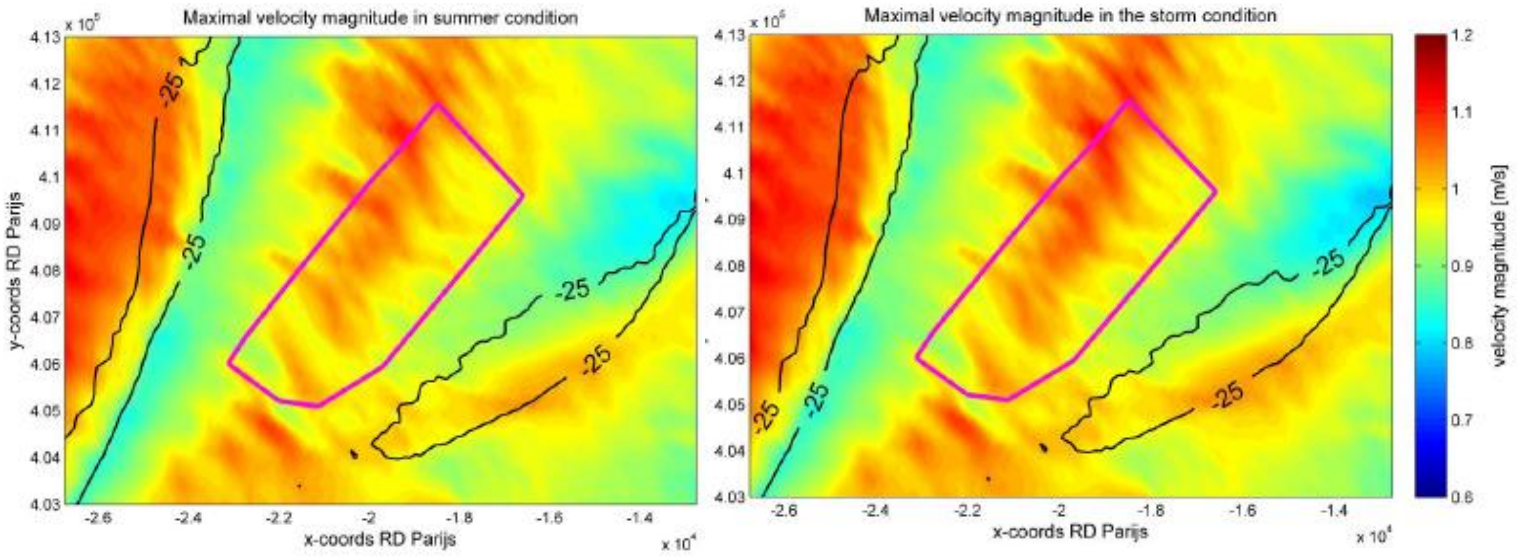
Figuur 5-22 toont de stroomsnelheden gemiddeld over de doodtij-springtij cyclus tijdens zomercondities en wintercondities binnen het projectgebied. Er zijn weinig verschillen tussen beide situaties, zowel tijdens zomer- als wintercondities varieert de gemiddelde stroomsnelheid tussen 0,50 en 0,56 m/s over een springtij-doodtij cyclus. De grootste gemiddelde snelheden worden waargenomen op de toppen van de Lodewijkbank en de Blighbank. Ook ter hoogte van een zandduinenveld ten NW en ZW van het SeaStar gebied heersen hogere stroomsnelheden (uitlopers van de Lodewijkbank).

Tijdens zomercondities worden lokaal maximale stroomsnelheden waargenomen van 1,09 m/s binnen een springtij-doodtij cyclus, tijdens wintercondities is de maximaal waargenomen stroomsnelheid 1,11 m/s.

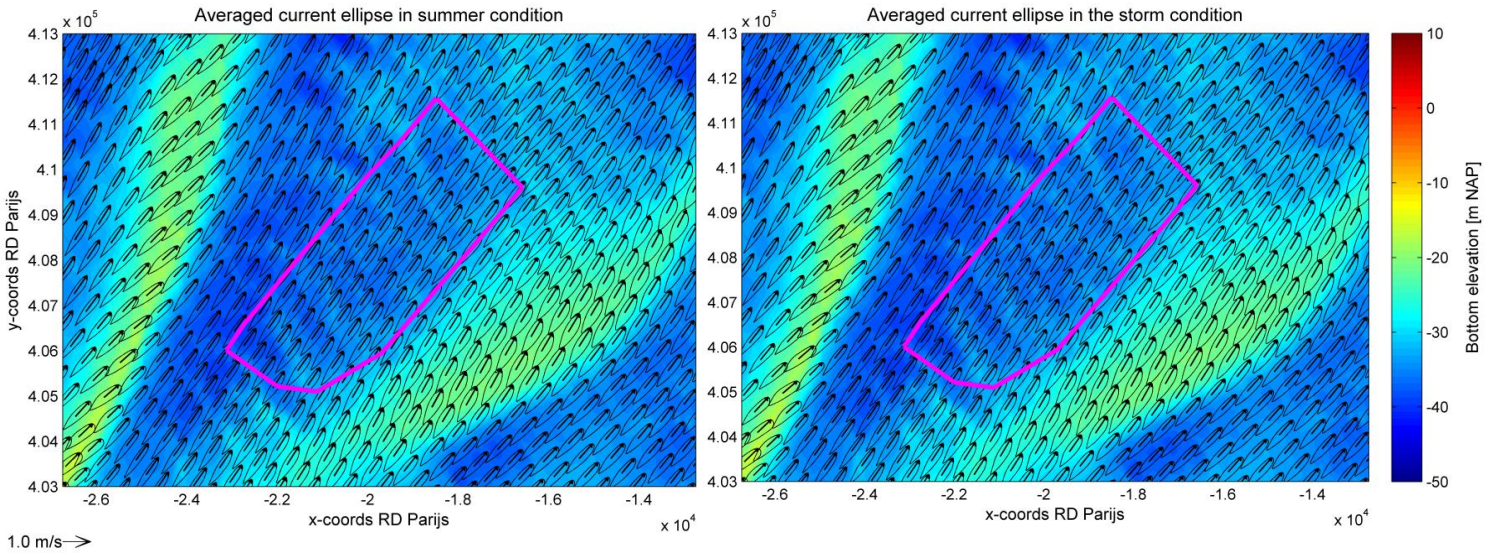
Figuur 5-24 toont de gemiddelde stromingrichtingsellipsen, ook voor deze parameter is er weinig verschil tussen zomer en winter. Tijdens winteromstandigheden vertonen de stromingsellipsen kleinere snelheden langs de korte as van de ellips.



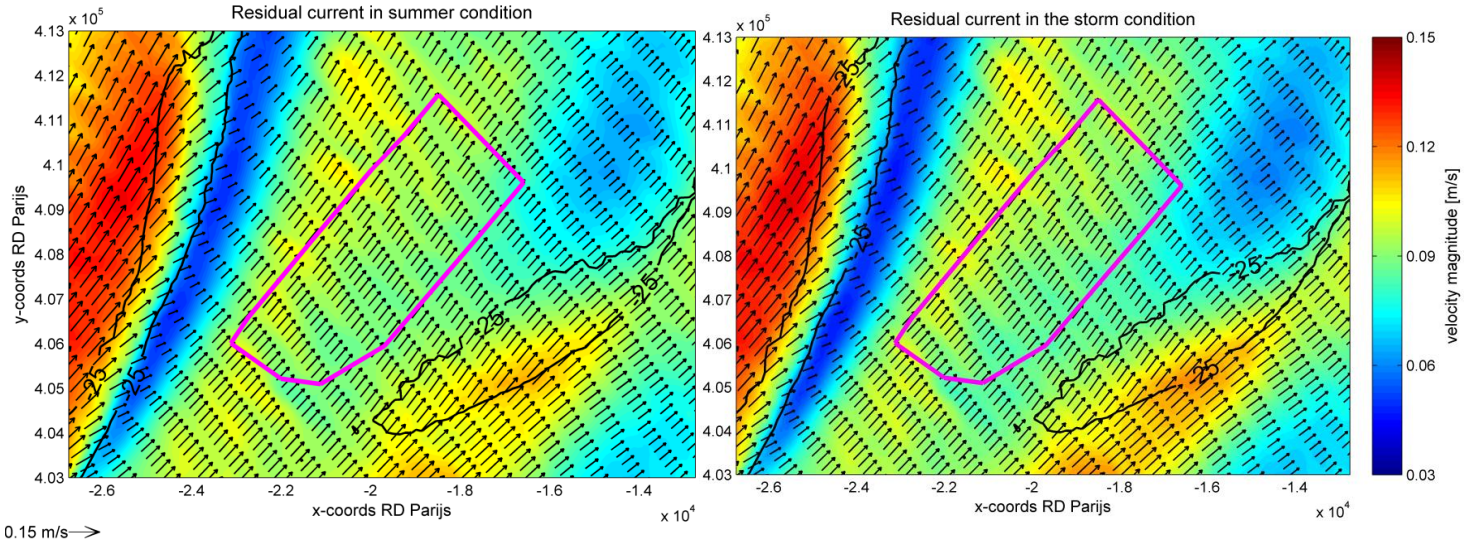

*Figuur 5-22 Gemiddelde stroomsnelheden over een doodtij-springtij cyclus tijdens zomercondities (links) en wintercondities (rechts)*




*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-springtijcyclus), bathymetrie als achtergrond*




*Figuur 5-25 Residueel watertransport tijdens zomercondities (links) en tijdens wintercondities (rechts) (over doodtij-springtijcyclus)*

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 hier voorgesteld en de door BMM gemodelleerde maximale stromingsrichting in ebrichting op het noordelijk deel van de Lodewijkbank en net ten oosten van de Blighbank (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. In de betreffende zones is het residueel watertransport duidelijk kleiner.

### 5.1.2.6 Sedimenttransport

#### 5.1.2.6.1 Algemeen sedimenttransport op het BDNZ

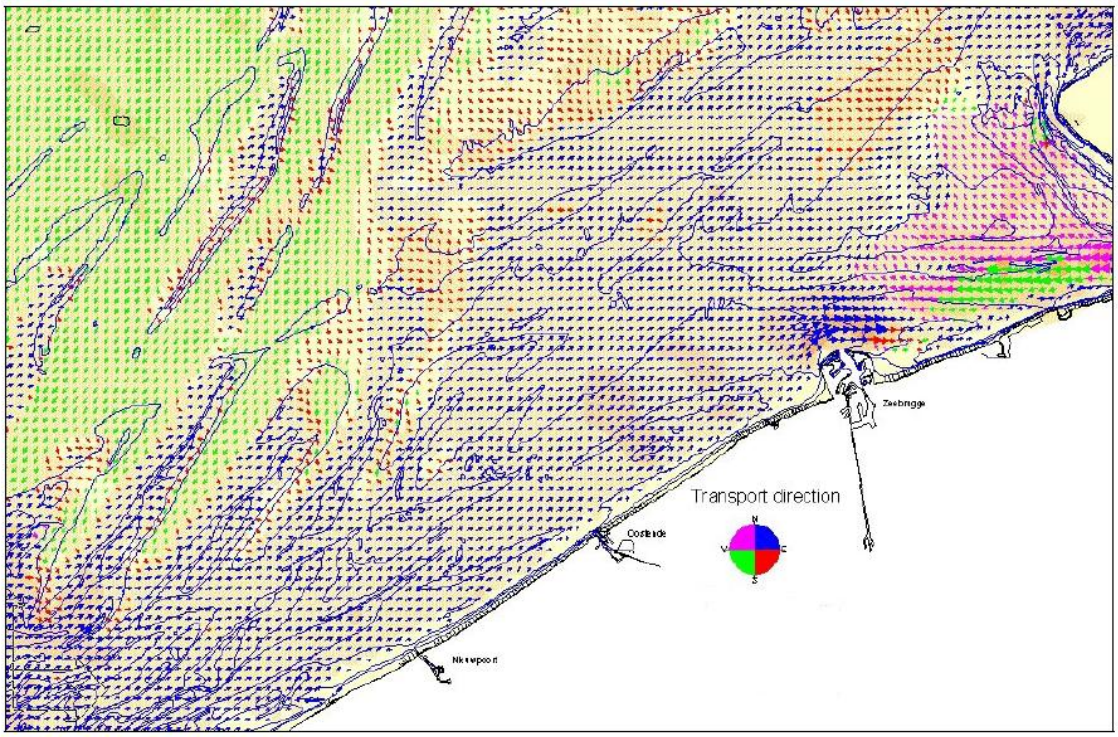
Vanuit de vastgestelde lange termijnstabiliteit van de getijdenbanken op het BDNZ, werd in het verleden aangenomen dat een aanzienlijke hoeveelheid zand vanuit het Nauw van Calais wordt aangevoerd (BMM, 2006b). Na periodes van erosie door storm of zandextractie kon dan een proces van regeneratie optreden 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 het studiegebied niet eenduidig is. Het gebied bevindt zich 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 SeaStar projectgebied kunnen de algemene transportrichtingen in eerste instantie begroot worden op basis van de asymmetrie 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).

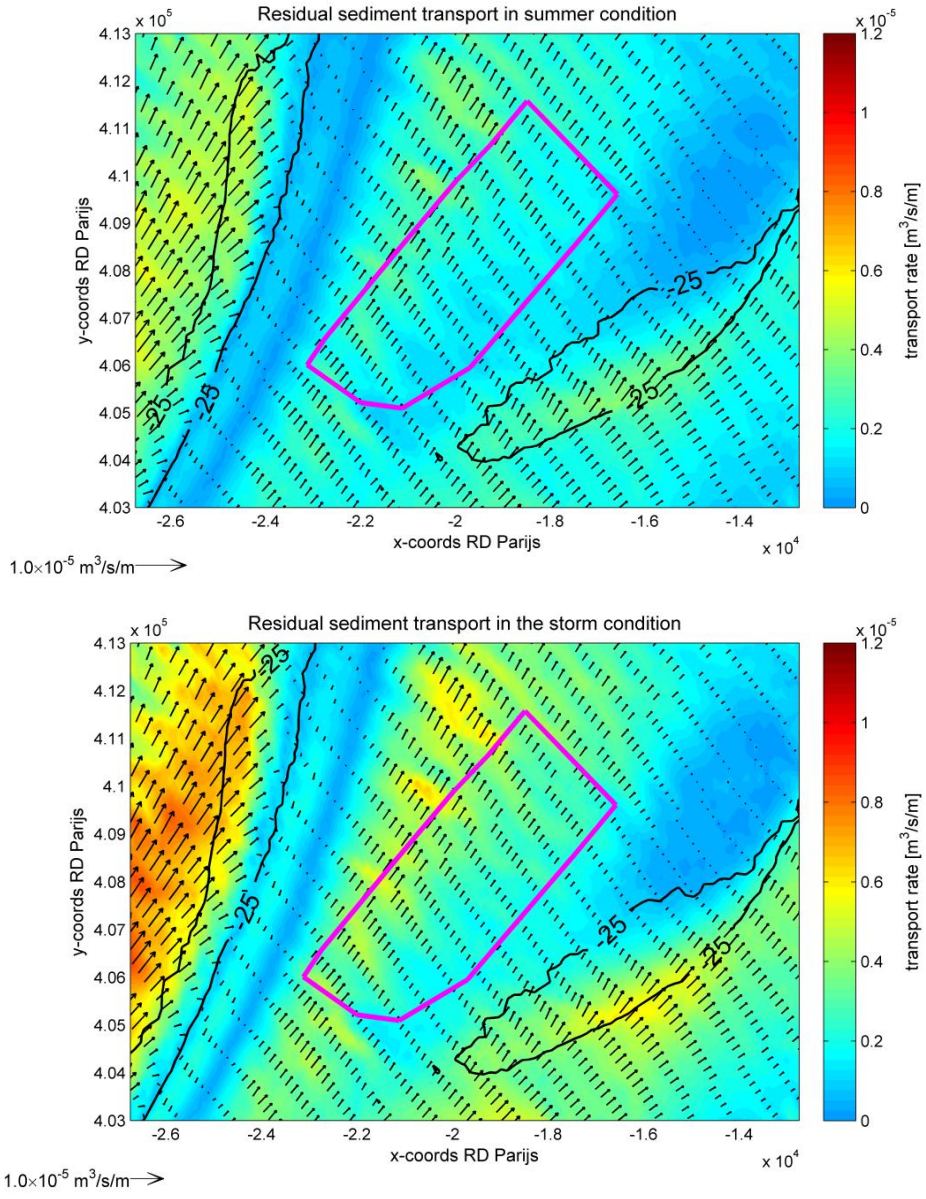
Ebasymmetrische duinen (ZW gerichte steile zijde) komen voornamelijk voor in het oostelijk deel van de SeaStar concessiezone. Vloedasymmetrische duinen (met steile NO flank) komen vooral voor in het noordwestelijk deel van de concessiezone. Dit zou wijzen op een sedimenttransport in vloedrichting centraal in de geul tussen Blighbank en Lodewijkbank en sedimenttransport in de ebrichting in het oostelijk deel van de geul, nabij de Lodewijkbank.

Daarnaast geeft ook het numeriek zandtransportmodel inlichtingen over de residuele sedimenttransportrichting (Figuur 5-27, IMDC, 2013a). Het meeste transport vindt plaats op de Blighbank en de Lodewijkbank, en de zandduin zone ten NO van het SeaStar gebied, waar ook het maximale residueel watertransport optrad (Figuur 5-25), en is noordoostelijk gericht. Tijdens de gesimuleerde wintercondities (met bijkomend 1-jarig golfklimaat naast getijvariatie) wordt het sedimenttransport in die zones versterkt.

De zones met het grootste residueel sediment transport stemmen ook overeen met de zones met de regionale maximale stroomsnelheid in vloedrichting in Figuur 5-21. De zones waar bijna geen sediment transport plaatsvindt volgens het transportmodel komen overeen met de zones met regionale maximale stroomsnelheid in ebrichting in Figuur 5-21, nl. het westelijk deel van de geul tussen Blighbank en Lodewijkbank en ten noorden van de Lodewijkbank.

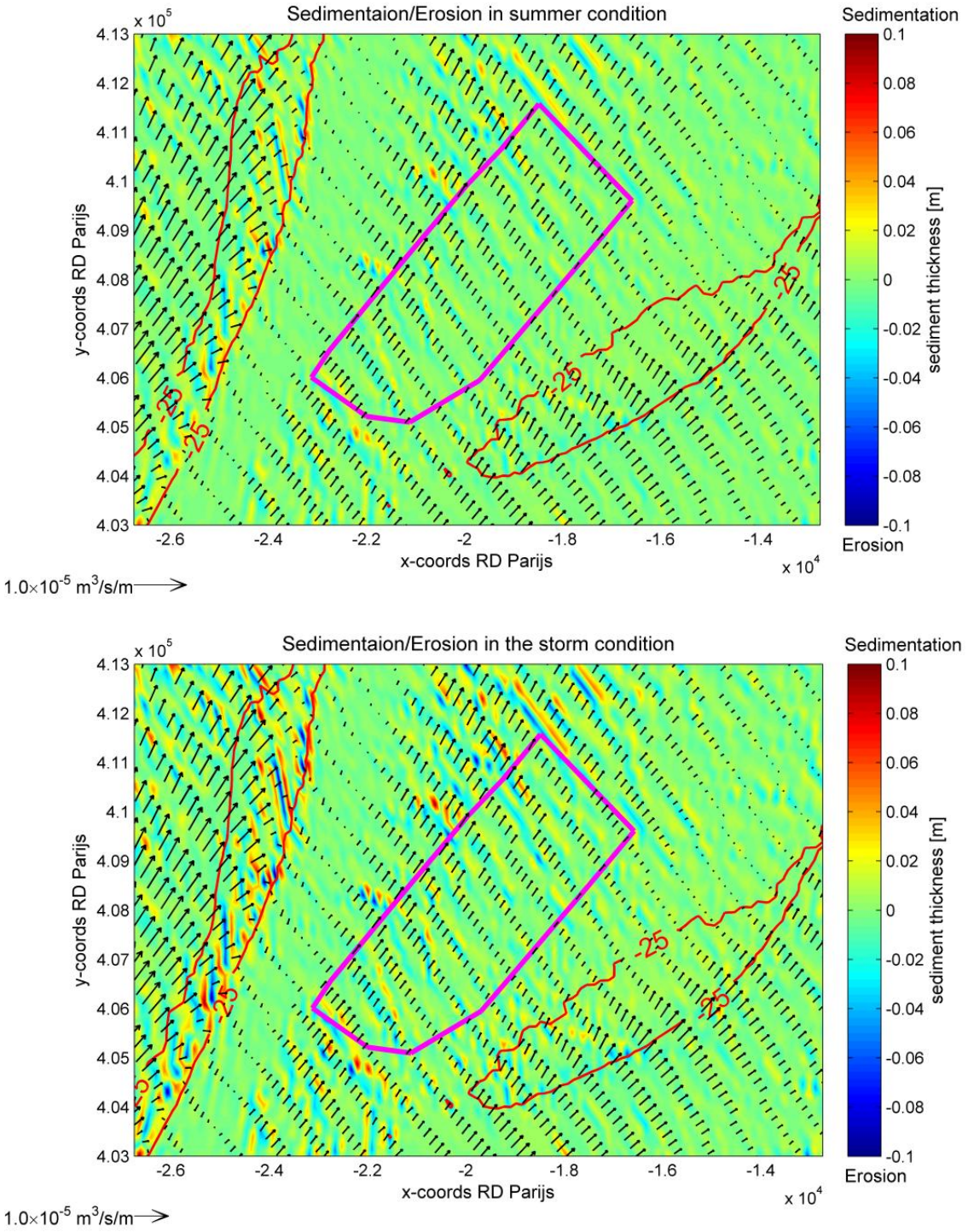
Het sedimenttransport in het gebied is echter vrij klein, maximum $5{,}6.10^{-5}$ $m^3/s/m$ tijdens springtij bij zomercondities en niet meer dan $5.10^{-6}$ $m^3/s/m$ tijdens doodtij bij zomercondities. Tijdens wintercondities (storm) is het maximaal sedimenttransport in het SeaStar gebied $11.10^{-5}$ $m^3/s/m$ tijdens springtij.

De oriëntatie van de waargenomen zandduinen in het gebied is in overeenstemming met de modelresultaten. Het noordwestelijk deel van het SeaStar gebied 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 duinen langsheen de oostelijke rand van de concessiezone vertonen echter een duidelijke ebasymmetrie die niet direct naar voor komt in de gemodelleerde residuele sedimenttransporten. De richting van in het overeenkomstige gebied is niet ebgericht, maar de waardes zijn wel 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 Blighbank en ten noorden van de SeaStar concessiezone is er duidelijk meer erosie en sedimentatie tijdens stormcondities. Het SeaStar gebied is morfologisch redelijk stabiel. Over een doodtij-springtij cyclus is de verandering in diepte beperkt tot 0,06 m tijdens wintercondities.




*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, 2013). 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, 2013). 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, 2013) 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, 2013) 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 Blighbank, 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, 2013).

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, de Blighbank en tussenliggende geulen 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, zoals de bouw van een eiland op de Lodewijkbank, wordt er geen impact verwacht de volgende jaren op de geologische, morfologische of watergebonden aspecten binnen het SeaStar 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

SeaStar 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 monopile en jacket 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 alle monopiles een erosiebescherming wordt aangebracht (ook op de locaties zonder nivellering). Voor jacket funderingen is geen erosiebescherming voorzien voor de locaties waar genivelleerd werd, wel op de overige 50% van de locaties waar het Quartair dek dunner is (dynamische erosiebescherming).

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 op alle locaties 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Statische erosiebescherming | Dynamische erosiebescherming | Nivelleren | Dynamische erosiebescherming | |
| 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 | n.v.t | 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 | n.v.t | 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 (*) | n.v.t | 63.000 m³ (**) |
| | Verstoord oppervlak 5 m stockage | 2.660 m² | n.v.t | 2.240 m² | n.v.t | 12.600 m² |
| | Verstoord oppervlak 1 m stockage | 13.300 m² | n.v.t | 11.200 m² | n.v.t | 63.000 m² |
| Erosiebescherming | Verstoord oppervlak (afh. van diameter fundering) | 978-1.060 m² | 978-1.060 m² | n.v.t | 382-678 m² | 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 SeaStar 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 erosie-bescherming (m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie (41 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische | 399.000 | 198.500 | 279.300 | 55.900 | 41.100 |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 41.100 |
| | JF | Nivelleren | 336.000 | 197.400 | 235.200 | 47.000 | n.v.t. |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 8.000 |
| | GBF | | 3.780.000 | 1.106.700 | 2.646.000 | 529.200 | 105.500 |
| Configuratie 1 (62 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische | 608.000 | 302.400 | 425.600 | 85.100 | 61.600 |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 61.600 |
| | JF | Nivelleren | 512.000 | 300.800 | 358.400 | 71.700 | n.v.t. |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 12.200 |
| | GBF | | 5.670.000 | 1.660.000 | 3.969.000 | 793.800 | 158.300 |
| Configuratie 2 (54 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische | 532.000 | 264.600 | 372.400 | 74.500 | 58.300 |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 58.300 |

| 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 erosie-bescherming (m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | JF | Nivelleren | 448.000 | 263.200 | 313.600 | 62.700 | n.v.t. |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 10.700 |
| | GBF | | 4.950.000 | 1.449.300 | 3.465.000 | 693.000 | 138.200 |
| Configuratie 3 (43 turbines + 1 OHVS) | JF | Nivelleren | 352.000 | 206.800 | 246.400 | 49.300 | n.v.t. |
| | | Dynamische | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | 14.900 |
| | GBF | | 3.960.000 | 1.159.400 | 2.772.000 | 554.400 | 110.500 |

### *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 deficit 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 het maximaal aantal statische monopiles, i.e. 32 (conf.1) is ca. 302.400 m² of 30 ha. Het gedumpte zand neemt, rekening houdend met bagger- en dumpingsverliezen, ca. 8,5 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 7,2 ha in (conf. 1), wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m.

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 het SeaStar gebied komen echter naast de Holocene recente sedimentlagen, vermoedelijk ook oudere afzettingen voor van Pleistocene ouderdom (Eem) in een oude rivierinsnijding. Het totaal verstoorde oppervlak door baggeren voor gravitaire funderingen is ca. 111-166 ha. Het gedumpte zand neemt, rekening houdend met bagger- en dumpingsverliezen, ca. 53-79,4 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 SeaStar gebied nergens 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.

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 slechts in maximaal de helft van de locaties erosiebescherming aangebracht en kunnen er zich lokaal rond de niet-beschermde palen morfologische veranderingen voordoen (scour), die zeker in een gedetailleerde monitoring verder worden opgevolgd. 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. 5,6 ha (basisconf.) tot 8,5 ha (conf. 1) in wanneer het gestockeerd wordt met een dikte van 5 m. Bij GBF is het tijdelijk ingenomen oppervlak 53 tot 79,4 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 18,4 km² of tot max. 20,3 km²) – variërend tussen 20 en 22 cm, voor het worst case scenario met gravitaire funderingen (conf. 1: 3.969.000 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 4-6 cm voor een doodtij-springtijcyclus (IMDC, 2013a).

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 62 x 25.600 m³ of ca. 1.600.000 m³ materiaal dat extra gebaggerd zal moeten worden. Verdeeld over het hele concessiegebied zou dit resulteren in een bodemverlaging van 8-9 cm. In vergelijking met de gemodelleerde morfologische evolutie (4-6 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 de korrelgrootteverdeling mogelijk verstoord is, is 30 ha bij MP en bij JF. De uiteindelijke verandering in bodemsamenstelling door plaatsing van erosiebescherming bij MP is maximaal 6,2 ha en bij JF  1,2 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 (afhankelijk van de gekozen configuratie) tussen 265 en 397 ha en het verstoorde gebied door stockage varieert tussen 53 ha en 79 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 1,7 mlj m³ sediment bij het graven van de funderingsputten en tijdelijke stockage van het materiaal en 1,6 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 (63 GBF). Dit effect wordt als matig negatief beschouwd (-).

In het projectgebied SeaStar 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 kan gebeurlijk 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 reeds bij aanleg onmiddellijk erosiebescherming voorzien bij MP en GBF. Op locaties waar het Quartair dek dun is zal ook bij JF erosiebescherming voorzien worden om de onderliggende plastische lagen af te dekken. 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 SeaStar 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 (IMDC 2009, Sumer & Fredsoe, 2002,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 komt dit neer op ca. 978 m², bij configuratie 2 op 1.060 m². De opbouw van de erosiebescherming is in twee verschillende lagen:

- de filter layer is een onderlaag van grind met kaliber van 0,4 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 SeaStar momenteel geopteerd om op de locaties waar het Quartair dek dun is en waar niet genivelleerd wordt, een erosiebescherming aan te brengen. In het worst-case scenario wordt rond elk van de vier jacket palen, op 50% van de locaties (die niet genivelleerd worden), een erosiebescherming aangebracht met een dimensie van vijf keer de paaldiameter. Bij de basisconfiguratie en configuraties 1 en 2 komt dit neer op een totale oppervlakte van ca. 380 m³ rondom de vier palen, bij configuratie 3 wordt dit 680 m².

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. 2.500 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 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 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 SeaStar 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 verbindingskabels naar Alpha-eiland of de exportkabel naar de kust kunnen buiten de vaargeul door ploegen geplaatst worden op minimaal 1,5 m onder de zeebodem. Ook de optie van het baggeren van een sleuf langsheen het gehele exportkabeltracé wordt overwogen. 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 en wordt deze 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 SeaStar windmolenpark.

#### 5.1.4.4.2 Invloed op morfologie, korrelgrootteverdeling en sedimenttransport

Bij de aanleg van de kabels (1 m diep binnen het park, 1,5 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. Ook ‘trenching’ of uitbaggeren van een sleuf wordt overwogen. 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 -26 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 bedekking van het kabeltracé in de vaargeul was voor het C-Power project ca. 200.000 m³ opvulling nodig. Er wordt verwacht dat een vergelijkbare hoeveelheid zal nodig zijn bij het SeaStar-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 of ingeploegd 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 direct 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 5-4 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 (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 bepaalde delen van het SeaStar projectgebied kunnen fijnere (Pleistocene) 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 sinds 1 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 Bank 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 SeaStar 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 300-400 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 Blighbank. 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, 2013b, 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.

In een scenario waarbij gebaggerd en gedumpt wordt aan de zuidwest rand van het projectgebied tijdens eb (scenario 1), heeft de dumppluim (waarbij de achtergrondwaarde van 4 mg/l overschreden wordt) een afstand van ongeveer 2,4 km afgelegd, tot buiten de grenzen van de concessiezone,. Voor de situatie waarbij gebaggerd en gedumpt wordt aan de noordoost rand tijdens vloed wordt hetzelfde resultaat verwacht en zal de Nederlandse grens overschreden worden. De pluim zelf is nooit groter dan 700 m in doorsnede.

Voor een scenario waarbij gebaggerd wordt aan de noordoost rand en dumping centraal in de concessiezone, wordt de 4 mg/l limiet slechts 2,1h overschreden tijdens de volledige baggerwerken van één funderingsput (scenario 2). De overschrijding legt een afstand van ongeveer 1,5 km af en treedt enkel op binnen het concessiegebied. De pluimdiameter beperkt zich tot 500 m.

In scenario 1, wordt de limiet van 10 mg/l buiten de SeaStar zone overschreden voor slechts 2% van de tijd (40 min), en binnen de SeaStar zone voor 4% van de tijd (40 min). In scenario 2, met dumping centraal in het projectgebied, wordt de 10 mg/l limiet niet overschreden buiten de SeaStar zone. Er binnen, duurt de overschrijding in totaal slechts 1,26h (3% 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 lokale 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. De grote onderlinge tussenafstanden tussen windturbines zorgen ervoor dat geen parkeffecten op de stroming en golfpatronen te verwachten zijn. Let wel, de veranderende stroomsnelheden lokaal rondom een funderingspaal zorgt wel voor het optreden van lokale ‘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.

<u>Olie</u>

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 minimaal 1 m diepte geplaatst worden om beschadiging te voorkomen. De totale lengte aan parkkabel wordt voor de voorgestelde configuraties vandaag geraamd op zo'n 26 km voor 41 windturbines (minimaal # WTG's) en zo'n 40 km voor 62 windturbines (maximaal # WTG's). Voor het alternatief met rechtstreekse aansluiting op het Alpha-eiland (optie A) van Elia worden deze parkkabels – als rechtstreekse verbinding tussen het windmolenpark en dit offshore platform doorgetrokken als verbindingskabels in een kabelcorridor buiten het concessiegebied over een afstand van om en bij 5-8 km (afhankelijk van ligging en inplanting van Alpha-eiland). Bij jetting 'verweekt' de zeebodem tijdelijk door een op nul vallende korrelspanning (analoog met drijfzand) en kan de kabel wegzakken onder haar eigen gewicht. Voor het alternatief 'kabelroute naar de kust', zal de exportkabel buiten de vaargeul waarschijnlijk door ploegen geplaatst worden op minimaal 1,5 m onder de zeebodem. De mogelijkheid van baggeren of 'trenching' wordt overwogen. In de vaargeul zal een combinatie van baggeren en jetten of ploegen vereist zijn om de voorgeschreven diepteligging maximaal te garanderen.

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 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 5-5 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 modelleringstudie is er op dit moment nog steeds onvoldoende kennis omtrent de meer lokale, gedetailleerde sedimentdynamiek in het complexe concessiegebied (duinen, geulen,…) om bijvoorbeeld 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, fysische modelproeven uit te voeren omtrent de erosie van een windturbine met gravitaire fundering, om het technisch ontwerp van de erosiebescherming te verfijnen en te optimaliseren.

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 SeaStar 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 en daar bijhorende turbiditeitsveriaties 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 maximaal 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 SeaStar 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), Norther (BMM, 2011b) en voor Rentel (BMM, 2012). 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 zowel de verbindingskabels naar het Alpha-eiland als de gebeurlijke exportkabel 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, Norther en Rentel 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 Blighbank (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, 2009, 2011b, 2012) 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 SeaStar project wordt met betrekking tot monitoring van bovengenoemde parameters bij het C-Power project, het Belwind Project, het Northwind project, het Norther en het Rentel project aangesloten om een kostenefficiënte monitoring te bekomen.

Voortschrijdende inzichten en absolute observaties in naburige windmolenparken bieden aldus een maximale garantie op een optimaal monitoringsprogramma rond de ontwikkeling van offshore windprojecten.

# 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 SeaStar 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 Rentel NV recentelijk (2012) 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 Rentel (IMDC, 2012a).

Gezien de dichtstbijzijnde (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.

De mogelijke $CO_2$-uitstoot en het energieverbruik tengevolge van de productie, constructie, exploitatie en ontmanteling van het windmolenpark worden ook geïdentificeerd en indien relevant, gekwantificeerd in een Life Cycle Analysis (LCA) (IMDC, 2013c). Tot nog toe werd in de milieueffectenrapportering (MER) van een windmolenpark steeds gebruik gemaakt van een LCA voor een 3 MW turbine in ondiep water (tussen 6.5 en 13.5 m diep) en slechts op 14 km van de kust (Vestas, 2006). De commercieel beschikbare turbines worden echter steeds groter en zijn geschikt voor steeds grotere waterdieptes. De waterdiepte in het SeaStar concessiegebied, 40 km van de Belgische kust, kan oplopen tot 40 m, en in het MER worden alternatieve windturbines beschouwd tot 10 MW. Er werd daarom een nieuwe studie uitgevoerd voor een 10 MW windturbine in de SeaStar concessiezone. In deze LCA worden twee alternatieven beschouwd: de jacket fundering en de gravitaire fundering.

In de betreffende LCA-studie (IMDC, 2013c) 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

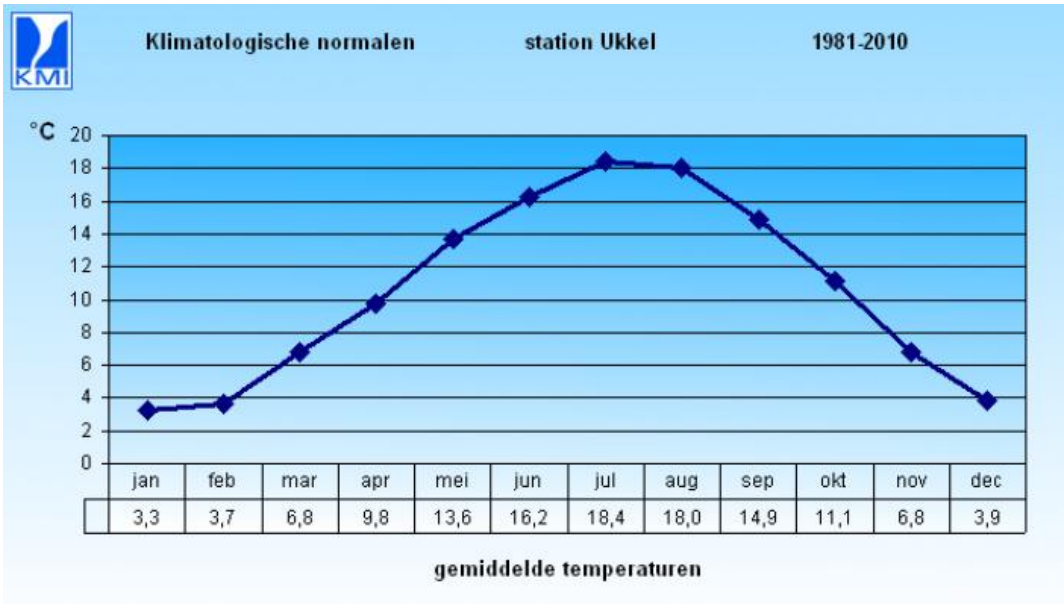
reductiedoelstellingen in het kader van het Kyoto-protocol ($CO_2$) en de NEC-richtlijn ($NO_X$ en $SO_2$).

## 5.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

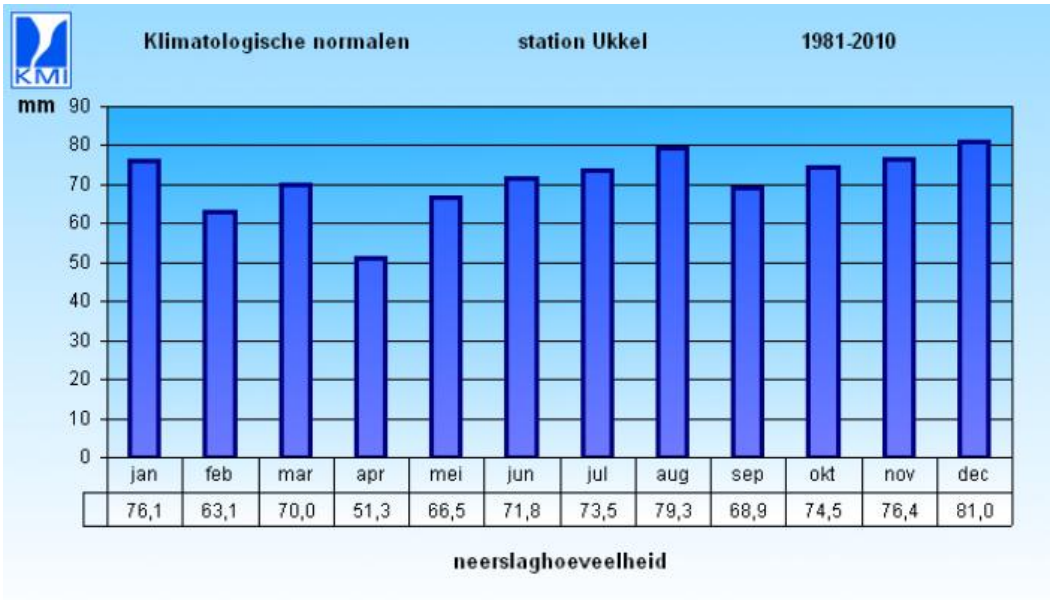
### 5.2.2.1 Klimaat

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°C; winter 3°C).

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, 2013)*

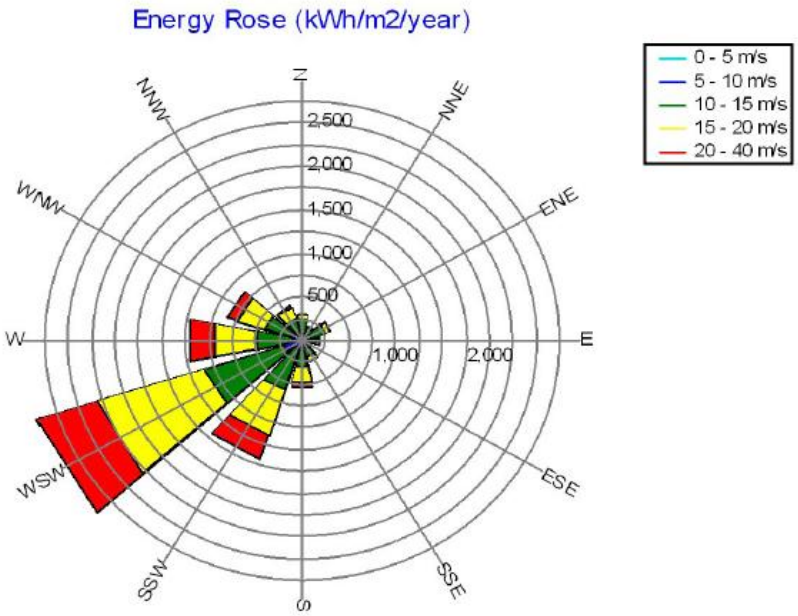



*Figuur 5-30 Gemiddelde neerslag in Ukkel voor de periode 1981-2010 (KMI, 2013)*

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 SeaStar 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 deze 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)*

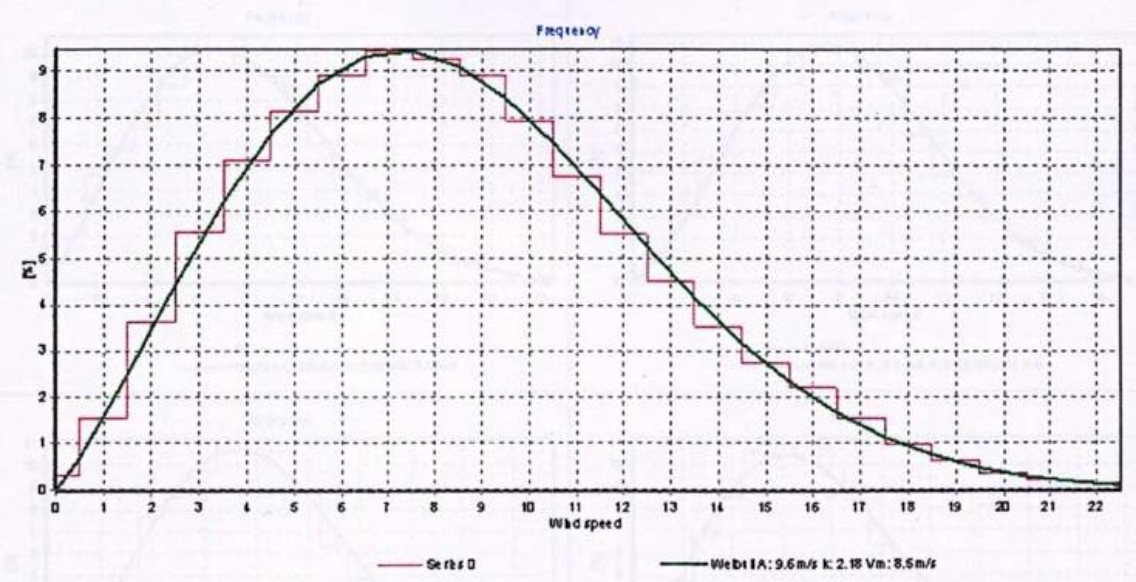
In een recente studie van 3E (2011) worden de actuele meteorologische gegevens van de meetstations van het “Meetnet Vlaamse Banken”-systeem gebruikt om het lokale windklimaat ter hoogte van de offshore Rentel-zone te simuleren. Volgende meetstations worden hierbij in ogenschouw genomen:

- Wandelaar MOW 0 (10 km uit de kust van Blankenberge op een afstand van ca. 30 km van de SeaStar site);
- Westhinder MOW 7 (32,5 km uit de kust van Nieuwpoort op een afstand van ca. 38 km van de SeaStar-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 (2011) 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 het windmolenpark Northwind op de nabijgelegen 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 windsnelheid op die hoogte 26 m/s (IMDC, 2011).

### 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 2011 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 (2011) (uurwaarden in µg/m³) (VMM, 2009, 2012)*

| Meetstation $SO_2$ | Gemiddelde (µg/m³) | 50-percentieel (µg/m³) | 98-percentieel (µg/m³) |
|---|---|---|---|
| Zeebrugge | 4 | 3 | 31 |
| Houtem | 1 | 1 | 6 |

#### 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 2011 (VMM, 2012). 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, 2012)*

| Meetstations $NO_X$ | Gemiddelde (µg/m³) | | 50-percentieel (µg/m³) | | 98-percentieel (µg/m³) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NO_2$ | NO | $NO_2$ | NO | $NO_2$ | NO |
| Moerkerke | 18 | 4 | 13 | 1 | 54 | 38 |
| Houtem | 15 | 3 | 11 | 1 | 48 | 30 |
| Dudzele | 18 | 4 | 14 | 1 | 53 | 25 |
| Zuienkerke | 18 | 5 | 13 | 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 2011 (VMM, 2012). 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 2011 (uurwaarden in µg/m³) (VMM, 2012)*

| | Gemiddelde (µg/m³) | 50-percentieel (µg/m³) | 98-percentieel (µg/m³) |
|---|---|---|---|
| **Uurwaarden** | | | |
| Moerkerke | 45 | 46 | 104 |
| Houtem | 46 | 47 | 100 |
| **Dagelijkse maximale 8-uurgemiddelden** | | | |
| Moerkerke | 64 | 64 | 119 |
| Houtem | 64 | 63 | 119 |

#### 5.2.2.2.4 PM10

De concentraties aan stof in de omgevingslucht die in 2011 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, 2012)*

| Meetstation PM10 | Gemiddelde (µg/m³) | 50-percentieel (µg/m³) | 98-percentieel (µg/m³) |
|---|---|---|---|
| Moerkerke | 29 | 23 | 78 |
| Houtem | 28 | 22 | 78 |

#### 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).

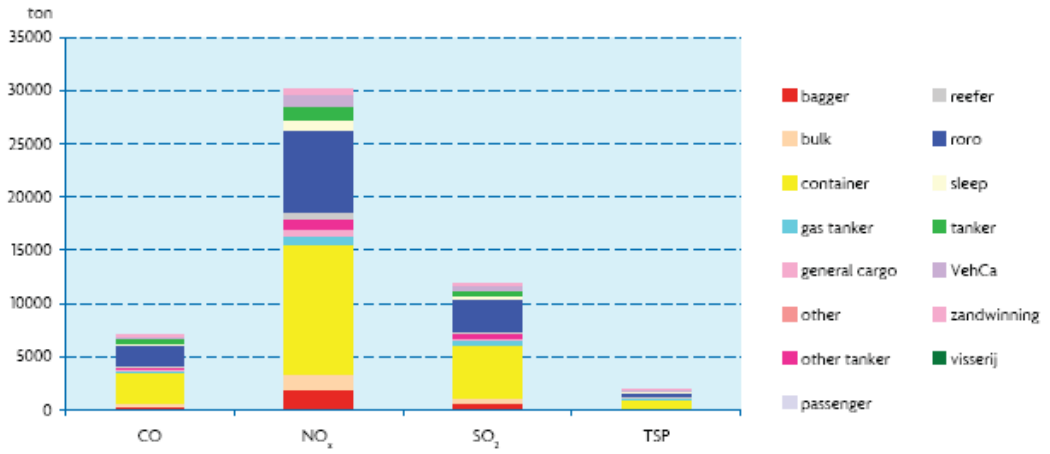
#### 5.2.2.2.6 Evaluatie van de luchtkwaliteit

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.

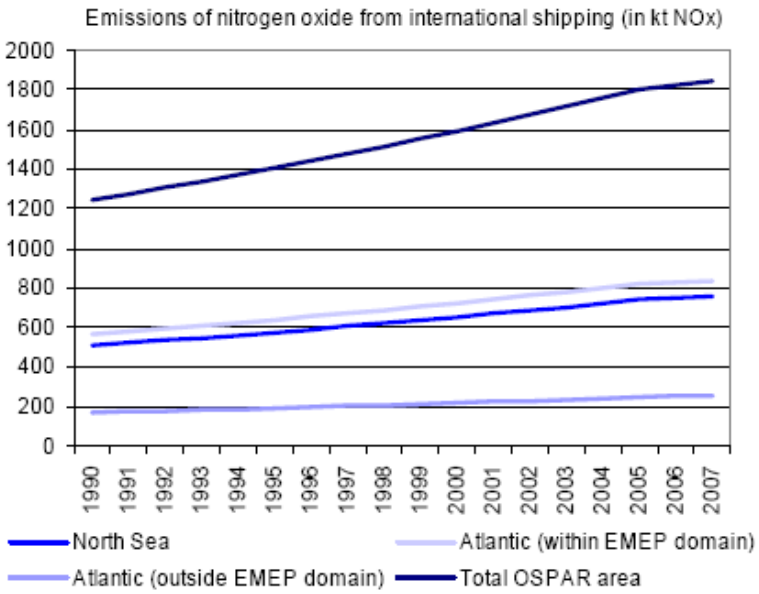



*Figuur 5-33 Totale CO-, $NO_x$-, $SO_2$- en TSP-emissies (totaal zwevend stof in ton) per scheepstype door de zeescheepvaart in Vlaanderen (2008) (VMM, 2010)*

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).

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 drie aspecten, namelijk de effecten die bijdragen tot de globale klimaatsverandering, de effecten op het lokale windklimaat en tenslotte 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

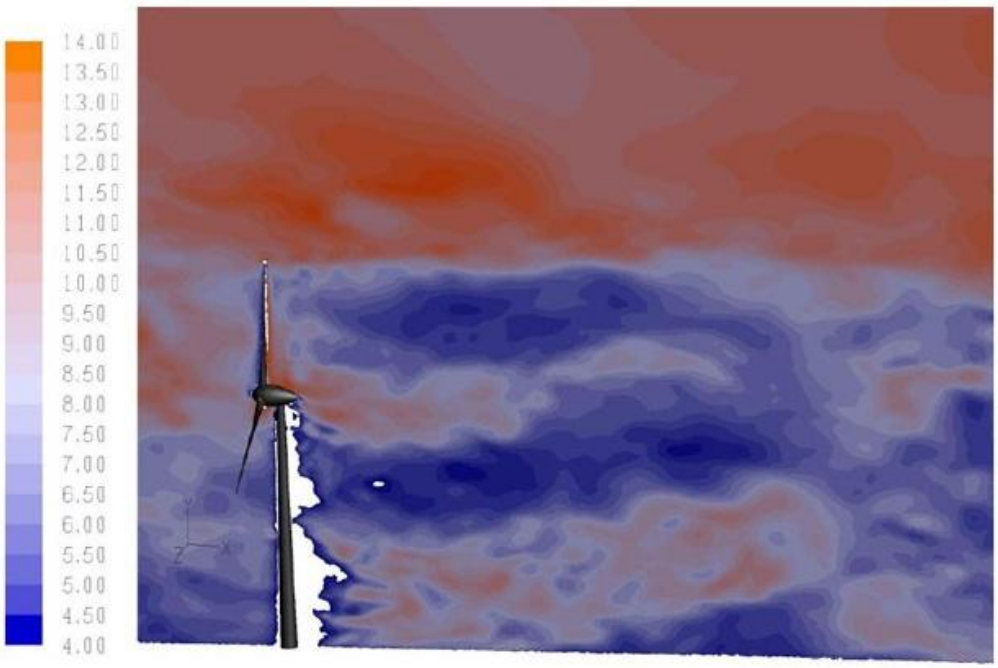
***Globaal klimaat***

De belangrijkste impact van de exploitatie van het windmolenpark is de reductie van de emissies van broeikasgassen, die mee verantwoordelijk zijn voor de globale 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 lokaal Belgisch vlak. Het effect op het globaal klimaat wordt daarom als gering positief beoordeeld (0/+).

### *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 5-35). 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).

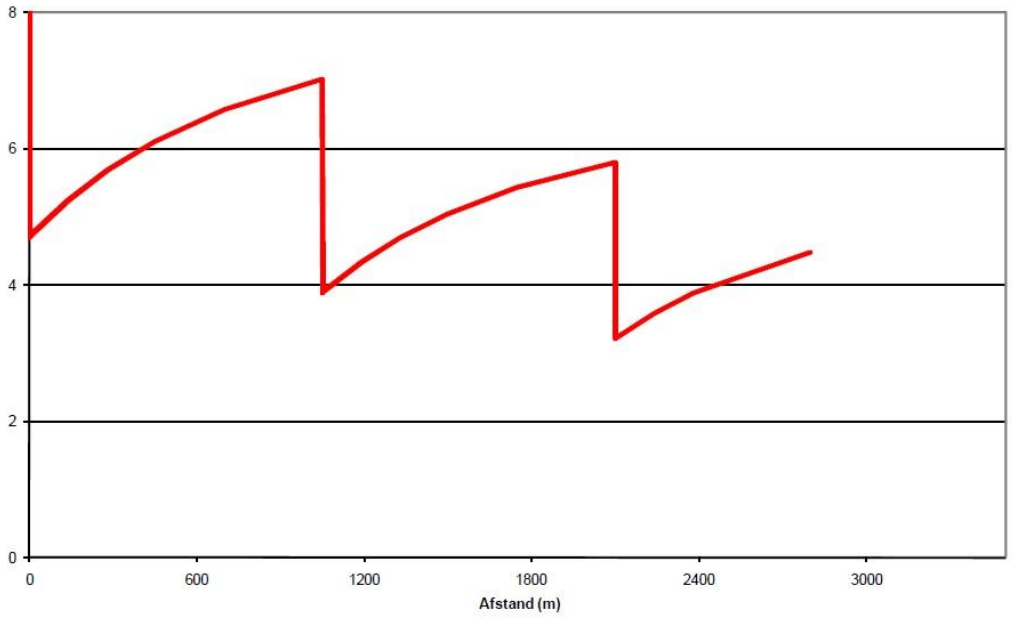



*Figuur 5-35 Contouren van de windsnelheden (in m/s) bij een gemiddelde $v_{in}$=10 m/s op rotorhoogte (Wußow et al., 2007)*

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) als rudimentaire ontwerpregels.

Een actuele optimalisatiestudie voor een nabijgelegen windmolenpark met gelijkaardige turbines als voorgesteld door SeaStar (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 5-36 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 5-36 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 bijgevolg 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 van de bodem waarin de kabel is geplaatst) bepalen het energieverlies en dus de hoeveelheid warmte die vrijkomt (Merck, 2009). Merck (2009) geeft hierbij aan dat warmteverlies groter is bij wisselspanning (zoals de exportkabel van het SeaStar 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 productiefase, 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. Een gedetailleerde beschrijving van de levenscyclus en de berekeningen van de $CO_2$-emissies en het energieverbruik zijn gegeven in het eerder vermelde LCA-rapport in bijlage (IMDC, 2013c).

#### 5.2.3.2.1 Productiefase

Tijdens de productiefase worden de verschillende onderdelen van de windturbine en zijn fundering aangemaakt. Deze fase omvat de ontginning en verwerking van de basisgrondstoffen die nodig zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van een windturbine of zijn fundering. En daarnaast ook de productie van de verschillende onderdelen zelf en een eventuele voorafgaande montage in een nabijgelegen haven.

Door de snelle ontwikkelingen in de offshore windindustrie, waarbij nieuwe technieken en mechanismen toegepast worden om de efficiëntie van de turbines en de energieopbrengst per turbine te vergroten, kunnen het energieverbruik en de $CO_2$-emissie tijdens de productiefase niet exact bepaald worden. In IMDC (2013c) wordt een inschatting gemaakt van het energieverbruik en de $CO_2$-uitstoot tijdens de productie van een 10 MW windturbine,

rekeninghoudend met de massa en het materiaal waaruit de verschillende onderdelen zijn opgebouwd. Hieruit blijkt dat het type fundering (verschillende grondstof en verschillend volume) een belangrijke invloed heeft op het energieverbruik en uitstoot van broeikasgassen tijdens de productiefase.

Tijdens de productiefase van een 10 MW windturbine wordt ca. 11,3 GWh energie verbruikt. Bij de productie van een transitiestuk voor een dergelijke turbine wordt ca. 725 MWh aan energie gebruikt. De totale energieconsumptie voor de productie van een 10 MW turbine op JF bedraagt ca. 16 GWh, voor een gelijkaardige turbine op een GBF wordt ca. 18 GWh energie gebruikt. Hierbij komt respectievelijk ca. 22.000 en 23.000 ton $CO_2$ vrij.

#### 5.2.3.2.2 Transportfase

De transportfase omvat het transport van de productielocatie naar een nabijgelegen haven (in dit geval de haven van Oostende of Vlissingen) en het transport van die haven naar het concessiegebied. Doordat het type windmolen dat gebruikt zal worden nog steeds ter discussie staat is het nog niet mogelijk om een productielocatie vast te leggen. In IMDC (2013c) wordt verondersteld dat de turbines ergens in Noord-Duitsland of Denemarken gemaakt zullen worden, zowel de productiefaciliteiten van RE-power, Vestas, Samsung als Areva bevinden zich immers in dit deel van Europa. Van de transitiestukken en funderingen wordt verondersteld dat ze in België zelf geproduceerd zullen worden.

Het exacte aantal transporten is nog niet bekend, maar het is logisch dat het scenario met het grootste aantal turbines (scenario 1) het grootste aantal transporten zal omvatten. Het kanaal behoort tot de drukst bevaren scheepvaartroutes en er wordt dan ook verwacht dat de emissies van vaartuigen bij het transport en de constructie van het windmolenpark slechts een zeer beperkte invloed zullen hebben op de lokale luchtkwaliteit. Meer info over het ingezette materieel en de hoeveelheid transporten kan gevonden worden in hoofdstuk 2.

Het totale energieverbruik voor alle transport van een 10 MW turbine is afhankelijk van het type fundering dat toegepast zal worden, een GBF wordt immers in de haven zelf aangemaakt, maar is dan weer veel moeilijker te vervoeren dan een JF of MP, die vaak met een aantal tegelijkertijd naar de concessiezone worden gebracht. In IMDC (2013c) bedraagt de schatting voor alle transport van een windturbine op JF of GBF, respectievelijk 140 en 152 MWh. Hierbij zou een $CO_2$-uitstoot van ca. 36,5 en 38,5 ton gegenereerd worden. Bij de berekeningen werd gebruik rekening gehouden met gekende types schepen met specifiek vermogen en brandstofverbruik per kilometer.

#### 5.2.3.2.3 Constructiefase

De constructiefase omvat de bouw van de windturbines op zee en het aanleggen van de bekabeling. Een exacte inschatting van de totale emissies tijdens de constructiefase kan nog niet gemaakt worden. Dit ondermeer door de snelle evolutie van windturbines, waardoor momenteel nog niet bekend is welk type windturbine tijdens de constructiefase zal geïnstalleerd worden en doordat momenteel nog niet geweten is welke vaartuigen op het moment van constructie beschikbaar zullen zijn.

In de LCA (IMDC, 2013c) werd een inschatting gemaakt voor de constructie van de turbine. Het leggen van de parkbekabeling, en het plaatsen van de OHVS werden in de LCA niet in rekening gebracht. Het energieverbruik tijdens de constructiefase bestaat in hoofdzaak uit de energie die nodig is voor het heffen en monteren van de verschillende delen. Daarnaast

dienen ook eventuele voorbereidende baggerwerken, het heien van palen en storten van erosiebescherming in rekening gebracht te worden. Welke van deze werken allemaal dienen uitgevoerd te worden is sterk afhankelijk van het gekozen funderingstype en de omgeving waarin de turbines geplaatst zullen worden (diepte, stroomsnelheid, stroomrichting, enz.). GBF-funderingen zullen bijvoorbeeld meer energie vragen, aangezien hiervoor extra baggerwerken nodig zijn en er bovendien uitgebreide erosiebescherming aangebracht dient te worden. In de LCA wordt een energieverbruik van 400 tot 500 MWh ingeschat tijdens de het plaatsen van de windturbine. Tijdens deze fase zou in dat geval ca. 114 tot 142 ton $CO_2$ vrijkomen, rekeninghoudend met een $CO_2$-uitstoot van 284 g/kWh (Defra, 2012). Het leggen van de parkbekabeling en plaatsen van de OHVS zijn hierbij niet in rekening gebracht.

#### 5.2.3.2.4 Operationele fase

Tijdens de exploitatiefase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het turbinepark. In de LCA van IMDC (2013c) wordt het totale energieverbruik tijdens de operationele fase geschat op ca. 1.640 MWh per turbine. Hierbij wordt verondersteld dat elke turbine 20 jaar in gebruik zal zijn en er initieel nagenoeg dagelijks onderhoud nodig is met een klein schip met specifiek vermogen en vaarsnelheid. De $CO_2$-uitstoot gedurende die 20 jaar bedraagt ca. 400 ton. In de LCA studie van Vestas (2006) werd het energieverbruik en de $CO_2$-productie voor inspectie en onderhoud tijdens de operationele fase zwaar onderschat vergeleken met de ervaringen van de bestaande Belgische windmolenparken.

Aangezien door o.a. de realisatie van het SeaStar-project uiteindelijk de Belgische windconcessiezone zal afgesloten worden voor scheepvaart, zullen schepen door het omvaren bovendien langere afstanden moeten afleggen. Dit zal zorgen voor een extra uitstoot van emissie van broeikasgassen. MARIN (2013) becijferde dat voor het omvaren in een scenario 1 (alle windmolenparken uitgezonderd Mermaid als gerealiseerd) de $CO_2$ uitstoot ten opzichte van een basisscenario (de windmolenparken Belwind, Northwind, C-Power en Norther als gerealiseerd) zal toenemen met 0,12%. Voor scenerio 2 (alle windmolenparken, incl. Mermaid) is dit een toename van 0,30% ten opzichte van het basisscenario. De verwachtte emissies voor beide scenari's en de relatieve toename staan opgelijst in Tabel 5-12. De grootteorde van de toename in emissies is afhankelijk van het type schip en scheepsgrootte.

*Tabel 5-12 Verwachte emissies voor twee scenario's (MARIN, 2013) en bijkomende emissie door omvaren t.o.v. het basisscenario*

| | **Scenario 1 (Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther)** | | | **Scenario 2 (Scenario 1 + Mermaid)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Op BDNZ na omvaren (ton/jaar) | Relatief t.o.v. basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power, Norther) | Absolute toename t.o.v. basisscenario (ton/jaar) | Op BDNZ na omvaren (ton/jaar) | Relatief t.o.v. basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power, Norther) | Absolute toename t.o.v. basisscenario (ton/jaar) |
| $CO_2$ | 710.000 | +0,12% | 855 | 711.000 | +0,30% | 2.100 |
| CO | 3.000 | +0,11% | 3 | 3.000 | +0,31% | 9 |
| $SO_2$ | 7.000 | +0,12% | 8 | 7.000 | +0,30% | 21 |
| $NO_x$ | 8.000 | -0,73% | -59 | 8.000 | +0,44% | 35 |

Het belangrijkste effect tijdens de operationele fase is evenwel de vermeden emissies op het land als gevolg van de netto elektriciteitsproductie van het windmolenpark (800-1.400 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.

*Tabel 5-13 Emissiefactoren voor elektriciteitsproductie in België (VMM, 2008)*

| | **Klassieke productie** | **Klassieke en nucleaire productie** |
|---|---|---|
| $CO_2$ (ton/GWh) | 720 | 392 |
| $SO_2$ (ton/GWh) | 0,712 | 0,388 |
| $NO_x$ (ton/GWh) | 0,728 | 0,397 |

[1] Basisconf.: 41 x 6 MW = 246 MW levert opbrengst van ca. 800 GWh/jaar; conf. 1: 62 x 5 MW = 310 MW levert opbrengst van ca. 1.000 GWh/jaar; conf. 2: 54 x 8 MW = 432 MW levert opbrengst van ca. 1.400 GWh/jaar. Hierbij wordt rekening gehouden met een geproduceerd vermogen van ongeveer 36% van het geïnstalleerd vermogen.

Aan de hand van deze emissiefactoren en de netto elektriciteitsproductie door het windmolenpark werden de emissies berekend die op jaarbasis vermeden worden (Tabel 5-14). Als referentie zijn in deze tabel ook de totale emissies als gevolg van klassieke productie in Vlaanderen voor 2011 (VMM, 2011) opgenomen.

*Tabel 5-14 Vermeden emissies (ton/jaar) als gevolg van de werking van het windmolenpark*

| | **Klassieke productie** | | **Klassieke en nucleaire productie** | | **Uitstoot klassieke productie Vlaanderen (2011)** |
|---|---|---|---|---|---|
| | *800 GWh* | *1.400 GWh* | *800 GWh* | *1.400 GWh* | |
| $CO_2$ (ton/jaar) | 576.000 | 1.008.000 | 313.600 | 548.800 | 13.705.000 |
| $SO_2$ (ton/jaar) | 570 | 997 | 310 | 543 | 1.728 |
| $NO_x$ (ton/jaar) | 582 | 1.019 | 318 | 556 | 5.792 |

De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 4,21% (800 GWh) tot 7,37% (1.400 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 2,29% tot 4,01% van de emissies door klassieke productie in Vlaanderen voor alle polluenten.

#### 5.2.3.2.5 Ontmantelingsfase

In de LCA analyse van Vestas (2006) werd ook de energieconsumptie tijdens de ontmantelingsfase ingeschat. Deze werd bepaald op -4.751 MWh. In de LCA van IMDC (2013c) werd de fase als energieneutraal beschouwd. Er werd geen kwantitatieve inschatting gemaakt, wel werden een aantal kwalitatieve overwegingen aangegeven:

- zo zal er tijdens deze fase energiewinst zijn door recyclage. De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik omdat ca. 80% van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. Om de effecten hiervan niet te overschatten, het kost ook energie om de materialen tot nieuwe grondstoffen te verwerken, wordt deze fase als energieneutraal beschouwd, we zijn er echter wel van bewust dat het algemene effect positief kan zijn.
- een gelijk aantal scheepsbewegingen als voor de transportfase en de constructiefase dient in rekening gebracht te worden. 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.
- voor de afbraak van windturbines op een JF zijn minder scheepsbewegingen vereist dan bij de afbraak van turbines op een GBF. Bij een JF moet het vele heien niet herhaald worden terwijl het verwijderen van de ballast uit de GBF meer energie vraagt dan het storten van die ballast. De erosiebescherming die enkel bij GBF geplaatst wordt

moet nadien terug verwijderd worden en er dienen corrigerende baggerwerken uitgevoerd te worden om de put in de zeebodem terug te dichten.

#### 5.2.3.2.6 Balans volledige levenscyclus windturbines

De energieconsumptie voor het plaatsen van een enkele windturbine wordt nog eens samengevat in Tabel 5-15 en in Tabel 5-16, respectievelijk afgeleid uit de LCA van Vestas (2006) en deze van IMDC (2013c). De turbines die gebruikt zullen worden in het SeaStar concessiegebied hebben een individuele capaciteit die ergens tussen de twee in ligt. De omgevingscondities zijn echter gelijkaardig aan deze van IMDC (2013c).

*Tabel 5-15 Energieconsumptie V90-3,0 MW windturbine (Vestas, 2006)*

| 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 |

*Tabel 5-16 Energieconsumptie 10 MW turbine respectievelijk op JF en op GBF (IMDC, 2013c)*

| Fase | Energieconsumptie (MWh) | |
|---|---|---|
| | JF | GBF |
| Productiefase | 16.090 | 18.360 |
| Transportfase | 140 | 152 |
| Constructiefase | 400 | 500 |
| Operationele fase (20 jaar) | 1.640 | 1.640 |
| Ontmantelingsfase | 0 | 0 |
| **Totaal** | **18.270** | **20.652** |

De productiefase is in beide LCA het meest energievretende proces. Afhankelijk van het gekozen funderingstype ligt het energieverbruik tijdens de productiefase 4.000 tot 6.000 MWh hoger bij een 10 MW turbine dan bij een 3 MW turbine. Gedeeltelijk is dit te wijten aan het verschil in volumes van de benodigde bestanddelen. Een groot verschil zit echter ook in de gebruikte bestanddelen. In Vestas (2006) worden de rotorbladen uit glasvezel vervaardigd, hiervoor is 48,3 Gj energie per ton materiaal nodig (Joshi *et al.,* 2003). Voor een 10 MW turbine zijn rotorbladen uit glasvezel echter te zwaar om dragen en worden de bladen uit carbonvezels gemaakt. Het produceren van een ton carbonvezels vraagt 286 Gj, wat beduidend meer is dan de hoeveelheid energie nodig voor het produceren van een ton glasvezel.

Een tweede verschil in energieconsumptie komt voor in de gebruiksfase van de turbine. In Vestas (2006) wordt ervan uitgegaan dat een turbine slechts 4 maal per jaar gecontroleerd dient te worden. Uit ervaring met bestaande windmolenparken in het Belgisch deel van de Noordzee is echter gebleken dat dit een serieuze onderschatting is. We gaan er dan ook van uit dat de waarde voor energieconsumptie tijdens de operationele fase van IMDC (2013c) dichter bij de realiteit zal liggen.

Een derde verschil wordt gemaakt in de ontmantelingsfase. Aangezien het erg moeilijk is om de situatie over 20 jaar in te schatten, werd in IMDC (2013c) geen waarde voor energieconsumptie aan deze fase toegekend. Wel werd aangegeven dat er in deze fase eerder energiewinst dan consumptie kan optreden. In Vestas (2006) werd er wel een waarde toegekend, maar door het hierboven aangegeven argument is deze inschatting weinig betrouwbaar.

Met de energieconsumptie gaat ook uitstoot van broeikasgassen gepaard. Logischerwijs zullen de fasen die zwaarder doorwegen op de energieconsumptie ook zwaarder doorwegen op de uitstoot van $CO_2$ en andere broeikasgassen. In Vestas (2006) wordt er rekening gehouden met een gemiddelde van 5,23 g $CO_2$ per geproduceerde kWh, bij IMDC (2013c) ligt de gemiddelde uitstoot ca. 5 keer hoger en bedraagt deze ca. 28 g per geproduceerde kWh. De uitstoot per windturbine ligt ongeveer 20 keren hoger voor een 10 MW turbine dan voor een 3 MW turbine, de belangrijkste oorzaak hiervan is het verschil tussen de $CO_2$ uitstoot bij de productie van glasvezel (2,04 ton/ton) en deze bij de productie van carbon (22,4 ton/ton). In mindere mate wordt ook $SO_2$ en $NO_x$ geproduceerd, in Vestas (2006) wordt deze hoeveelheid ingeschat op respectievelijk 0,0222 g per kWh en 0,0204 g per kWh. Aangezien IMDC (2013c) geen waarden voor deze broeikasgassen geeft zullen de waarden van Vestas (2006) gebruikt worden voor het opmaken van Tabel 5-17.

Op basis van bovenstaande vergelijking kan aangenomen worden dat de waarden voor energieconsumptie en $CO_2$-uitstoot van een turbine in het SeaStar windmolenpark eerder te vergelijken zullen zijn met deze van IMDC (2013c). De turbine typevoorbeelden die in voorliggend MER besproken worden hebben een productiecapaciteit die kleiner is dan de 10 MW die in de LCA gebruikt wordt, hierdoor zal de uiteindelijke energieconsumptie en $CO_2$-uitstoot iets lager liggen. In IMDC (2013c) wordt de totale energieconsumptie per windturbine tussen de 18.270 MWh en 20.652 MWh ingeschat, terwijl de beschouwde turbine ca. 800.000 MWh elektriciteit opgewekt op 20 jaar tijd (46% van de tijd in werking). Dit levert een energiewinst van ca. 780.000 MWh op.

De emissies die, rekening houdend met de totale energieproductie van het SeaStar windmolenpark (800 - 1.400 GWh, turbines 36% van de tijd in werking) zullen vrijkomen, zijn opgenomen in Tabel 5-17. In deze tabel zijn ter vergelijking ook de vermeden emissies tengevolge van klassieke productie opgenomen, de toegenomen emissies door omvaren scheepvaart bij het sluiten van de Belgische concessiezone en de emissiebalans.

*Tabel 5-17 Geproduceerde en vermeden emissies als gevolg van de werking van het windmolenpark*

| | Geproduceerde emissies SeaStar project (ton/jaar) | | Geproduceerde emissies door omvaren scheepvaart (scenario 1 zonder Mermaid) (ton/jaar) | Vermeden emissies (Klassieke Belgische productie) (ton/jaar) | | Emissiebalans | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *800 GWh* | *1.400 GWh* | | *800 GWh* | *1.400 GWh* | *800 GWh* | *1.400 GWh* |
| $CO_2$ (ton/jaar) | 22.400 | 39.200 | 855 | -576.000 | -1.008.000 | -552.745 | -967.945 |
| $SO_2$ (ton/jaar) | 17,76 | 31,08 | 8 | -569,76 | -977,08 | -544 | -938 |
| $NO_x$ (ton/jaar) | 16,32 | 28,56 | -59 | -582,24 | -1.018,90 | -624,92 | -1049,34 |

Uit Tabel 5-17 kan afgeleid worden dat het SeaStar 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 0,55 tot 0,95% van het emissieplafond voor $SO_2$ en 0,32 tot 0,56% 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 5-18 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 5-18 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 verscheidene LCA-studies. De resultaten van beide LCA studies liggen echter ver uit elkaar, de LCA van IMDC (2013c) wordt beschouwd als de studie die het dichtst bij de realiteit voor het SeaStar windmolenpark zal aanleunen. 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 (Degraer & Brabant, 2009; Degraer *et al.*, 2010a, 2011, 2012). Het windmolenpark wordt immers gerealiseerd in de nabijheid van windmolenparken waarvoor reeds een MER werd ingediend (bvb. Belwind, Northwind, Norther, Rentel).

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[2] 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)

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 SeaStar zijn 4 mogelijke invullingsscenario's voor het SeaStar windmolenpark ontwikkeld, 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. 246 MW – max. 540 MW) in aantal windturbines (min. 41 WTG's – max. 62 WTG's).

[2] 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.

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).

Naast de beschrijving van de relevante effecten (geluidshinder voor mens en rustverstoring voor fauna), 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 SeaStar project alleen, als van de cumulatie van het project met reeds toegewezen offshore windmolenparken (Belwind, Northwind, C-Power, Norther, Rentel) 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, Norther en Rentel. Daarvan zijn Northwind, 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 SeaStar in het scenario met max. geïnstalleerd vermogen (540 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 van op 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 elektromotoren 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)[3].

Uit een staving met de recente meetresultaten van de offshore geluidsmetingen kan worden besloten dat het omgevingsgeluid boven de waterspiegel in volle zee ca. 40-45 dB(A) kan bedragen zonder exploitatie van windturbines. Variaties zijn hoofdzakelijk het gevolg van de zeegang.

Momenteel staan er 55 operationele monopiles (3 MW) van Belwind op de Blighbank, en 6 operationele gravitaire turbines (5 MW) en 30 operationele jacket turbines (6,15 MW) van C-Power op de Thorntonbank. De constructie van de 18 laatste jacket turbines van C-Power zal in 2013 worden afgerond 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 invloedszone van de huidige exploitatie aan windturbines werd berekend en komt overeen met een afstand van 600-1.000 m tot het windmolenpark. Op deze afstand is het geluidsniveau van de windturbines gelijk aan het oorspronkelijke omgevingsgeluid. Twee gelijke geluidsniveaus geven opgeteld een geluidsniveau dat gelijk is aan het ene vermeerderd met +3 dB.

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 invloedzone, waar een geluidsverhoging wordt veroorzaakt van het oorspronkelijk omgevingsgeluid bij een kabbelende zee (zeegang 1), 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 MER van het windmolenpark SPE te Zeebrugge (SGS Environmental Services, 2003). Het gemiddeld geluidsniveau 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)

[3] bron: ‘onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden’, uitgevoerd door universiteit Gent in opdracht van AMINAL 1 (Decloedt *et al.*, 1998).

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. Hiermee wordt aangegeven dat er voor de bebouwing aan de dijk reeds zonder geluidsbijdrage van windturbines er een akoestische verstoring is als gevolg van natuurlijke geluiden.

Vermits de beïnvloedingsafstand van de huidig geëxploiteerde windturbines (55 windturbines van 3 MW van Belwind en 6 + 30 windturbines van 5-6,15 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 het oorspronkelijk omgevingsgeluid aan de kustzijde (onshore): +0 dB ten gevolge van cumulatieve effecten. De windmolenparken zijn aldus ver genoeg uit de kust gesitueerd zodat zij geen verder negatieve impact op het achtergrondgeluid aan land hebben. De referentie-situatie aan land wordt dan ook niet verder besproken.

#### 5.3.2.2 Omgevingsgeluid onder het wateroppervlak

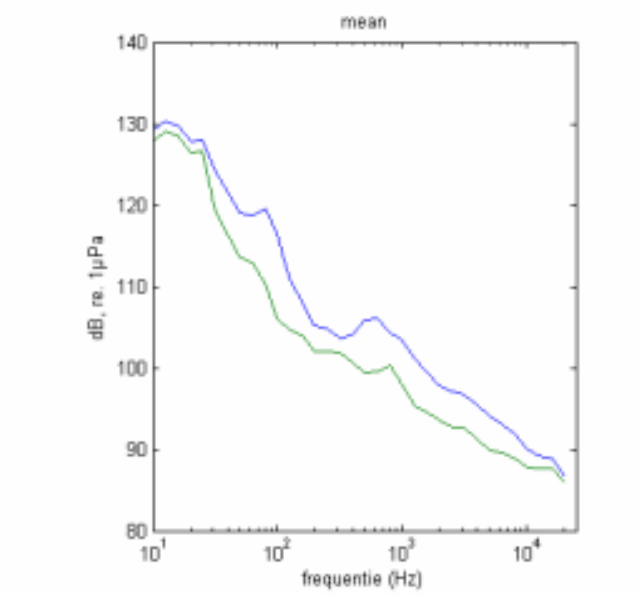
Onder water wordt het omgevingsgeluid bepaald door enerzijds natuurlijke geluiden afkomstig van ondermeer getijdenstromingen, wind en regen, turbulentie in snelstromend water, golfslag, geluid van onderwaterfauna, en anderzijds door antropogene geluiden afkomstig van ondermeer schepen, luchtvaart, windmolenparken (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 5-37 Gemiddeld geluidsspectrum onder water t.h.v. de Thorntonbank (najaar 2005) – blauwe curve: hydrofoon op 2 m diepte, groene curve: 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 hier bijbehorende 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). Zij kunnen aldus geluidsniveaus veroorzaken boven het opgemeten achtergrondgeluidsniveau t.h.v. de Thorntonbank.

In het monitoringsrapport van het onderwatergeluid op de Thorntonbank en Blighbank 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 Blighbank 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 monitoringsrapport 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 Blighbank (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 SeaStar tussen (toekomstig) operationele windmolenparken gelegen is (Northwind 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. 40-45 dB(A) aan de Thorntonbank. Bij zwaardere zee kunnen zich hier bovenop geluidsverhogingen van meer dan 10 dB(A) voordoen. Bovendien is het geluidsniveau afhankelijk van de windrichting en de windsnelheid.

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 SeaStar windmolenpark niet zou gebouwd worden). Enkel de (verdere) constructie en de exploitatie van de windmolenparken van C-Power, Belwind, Northwind, Norther en Rentel zullen voor een verandering zorgen. De cumulatieve effecten van de zes windmolenparken (C-Power, Belwind, Northwind, Norther, Rentel en SeaStar) worden verder besproken onder hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten'.

Over de ontwikkeling van natuurlijke geluiden is moeilijk 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).

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 de jacket en monopile funderingen zal op 50% van de locaties de inplantingsplaats eerst genivelleerd 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.

Het heien gebeurt met 30-60 slagen per minuut, waarbij elke slag tussen de 50 en 100 ms duurt. Afhankelijk van het funderingstype (jacket of monopile) en het aantal winturbines per SeaStar-configuratie kan de totale duurtijd van de hei-werkzaamheden voor monopile funderingspalen variëren van minimaal 82 dagen onder de basisconfiguratie met 41 windturbines tot maximaal 124 dagen onder de configuratie met 62 windturbines. Voor jacket funderingspalen kan de totale duurtijd van de hei-werkzaamheden variëren van minimaal 123 dagen onder de basisconfiguratie met 41 windturbines tot maximaal 186 dagen onder de configuratie met 62 windturbines.

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 5-19).

*Tabel 5-19 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 37** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Maximaal geluidsniveau ($L_{max}$ in dB(A)) | 76 | 70 | 62 | 49 | 36 | 6 |

Het windmolenpark SeaStar zal op een afstand van ca. 37 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 verwaarloosbaar of gering significant, m.a.w. de verstoringszone zal verder inkrimpen.

### *Effect op bovenwatergeluid door baggeren*

Bij een gravitaire fundering en de helft van de stationaire monopiles en jacket funderingen wordt de zeebodem eerst genivelleerd. 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% relatieve 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 5-20 Geluidsspectrum en geluidsvermogenniveau boven water van een ontginningsvaartuig.*

| **Geluidsvermogen (in dB) van een ontginningsvaartuig (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 SeaStar, baggertuig op 37 km van de kustlijn. De berekeningsresultaten worden in onderstaande Tabel 5-21 voor diverse specifieke geluidsniveaus in afstanden tot het baggertuig aangegeven.

*Tabel 5-21 Equivalent geluidsdrukniveau tijdens het baggeren*

| **Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) tijdens het baggeren 1 ontginningstuig (37 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** |
| | | **2620** | **1740** | **1120** | **680** | |

In een matig belastende situatie[4] plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 0,7 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 SeaStar 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. 2 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.

Ter hoogte van de kustlijn zal het achtergrondgeluidsniveau 's nachts, 's avonds en overdag aldus niet worden verhoogd door de baggerwerkzaamheden aan het windmolenpark SeaStar. 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 SeaStar 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 SeaStar (± 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/-).

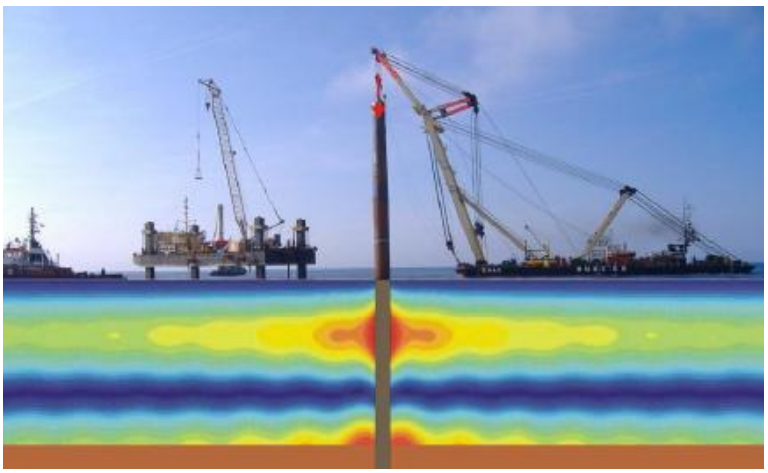
[4] Matig belastende situatie is deze situatie waarbij er voldoende wind is om de windturbines te doen draaien, deze wind voldoende in de richting van de waarnemer waait om opwaartse afbuiging van de temperatuurgradiënt te compenseren, maar de windsterkte toch zodanig beperkt is dat geen geluid door 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.

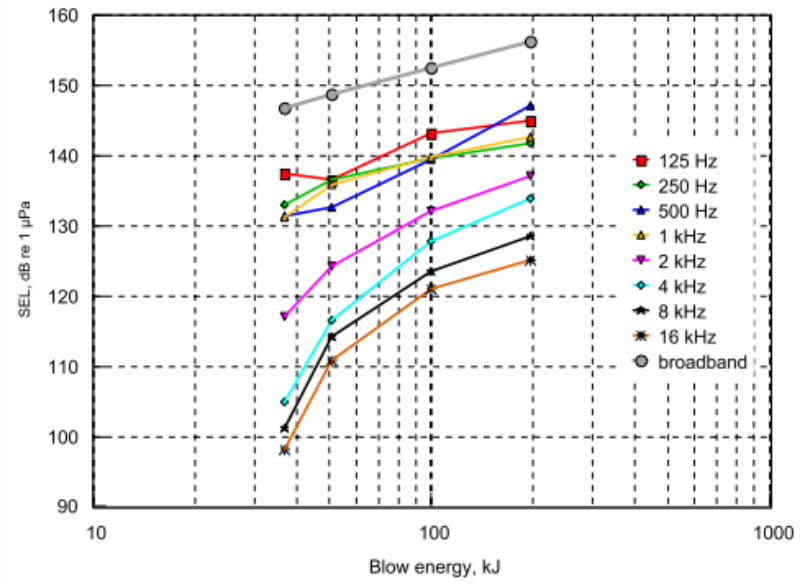
Het onderwatergeluid van het heien kan zich op verschillende manieren verspreiden naar de omgeving: geluidsafstraling van de paal, geluidsafstraling door de bodem, transmissie van het bovenwatergeluid doorheen het wateroppervlak (verwaarloosbare bijdrage).



*Figuur 5-38 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 geluidsniveau onder water neemt toe wanneer de hoeveelheid energie van de hamerslag toeneemt. In de studie van Schultz-von Glahn (2006) werd het effect bepaald van de hoeveelheid energie van de hamerslag op het onderwatergeluid. De meetwaarden resulteren in een trendkurve voor de relatie impact energie tot de geluidsemissie volgens de formule $13*\log (E_2/E_1)$ voor frequenties van 100 Hz tot 1000 Hz, dewelke het frequentiegebied is met de hoogste geluidsemissie tijdens het heien.

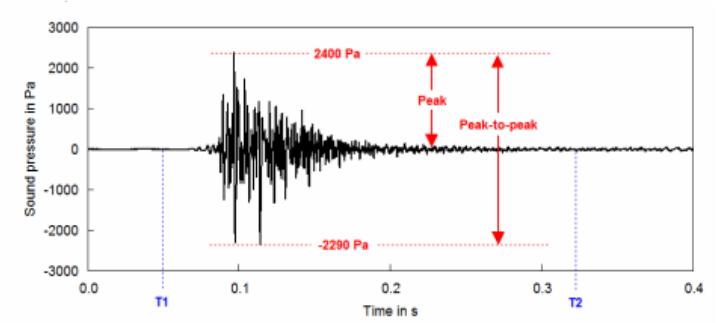



*Figuur 5-39 Onderwatergeluid als functie van de energie van een hamerslag van een valhamer (Menck MHF10-20) op 2,2 m paaldiameter op 500 m afstand. Vier proeven werden uitgevoerd met E=37 kJ (minimale energie voor deze paal), 50 kJ, 100 kJ en 200 kJ (Bron: Schultz-von Glahn et. Al. 2006)*

**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.

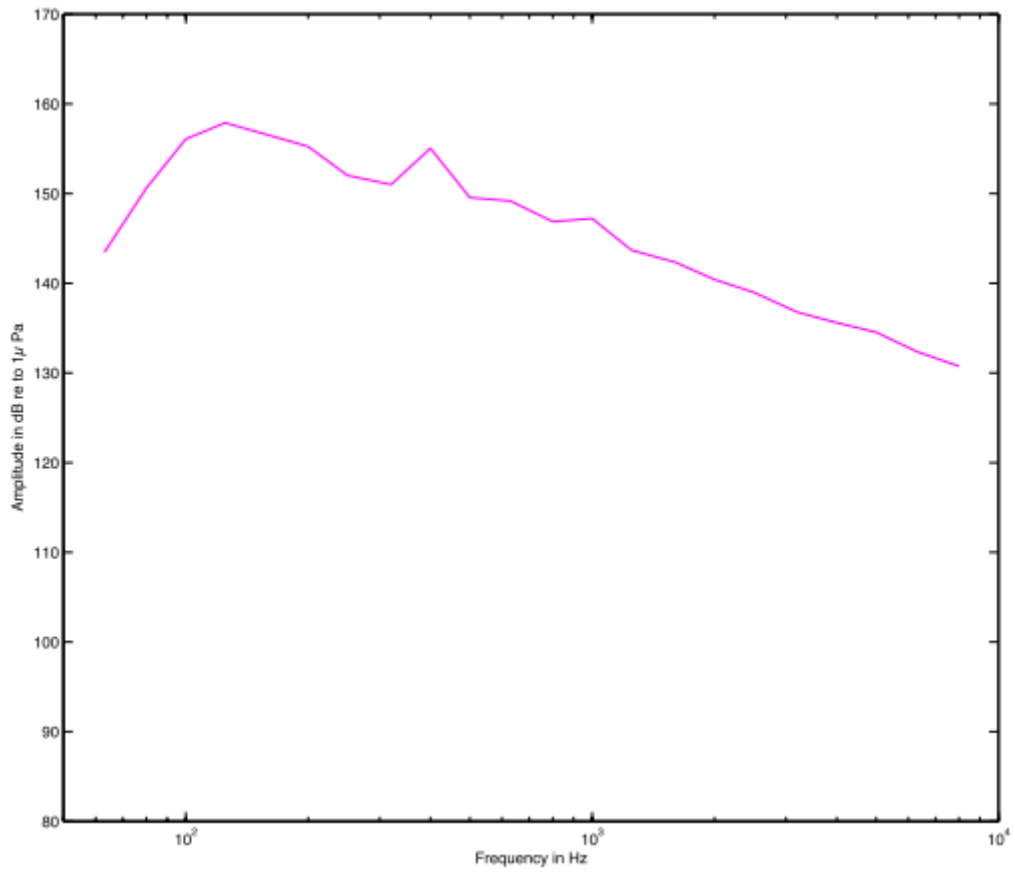
De spectrale samenstelling van het geluid tijdens het heien geeft algemeen aan dat de hogere piekwaarden (170-180 $dB_{p-p}$) in de frequentiebanden tussen 100 en 1.000 Hz werden opgemeten.

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 Blighbank (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 Blighbank, 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 gemiddelde 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 gehaald. 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 monopiles 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.

In het monitoringrapport van het onderwatergeluid rond de offshore windmolenparken in het BDNZ (Norro *et al.*, 2012) werd een vergelijking gemaakt van het onderwatergeluid tijdens het

heien van stalen monopiles (Belwind op de Blighbank) en de pre-piles voor de jacket funderingen (C-Power op de Thorntonbank). Het onderwatergeluid werd in-situ opgemeten op verschillende afstanden tot de heilocaties van op een meetboot ('rigid hull inflatable boat'). De geluidsmetingen voor monopile fundering werden reeds uitgevoerd in september 2009 en januari 2010, deze voor de jacket fundering in mei en juli 2011. Voor het heien van de monopile funderingen op de Blighbank werd een IHC hydrohamer S1200 gebruikt met een max. energie van E=1200 kJ. De gemiddelde energie per slag bedroeg 706 kJ. Voor het heien van de jacket funderingen op de Thorntonbank werd een IHC hydrohamer S800 gebruikt met een max. energie van E=800 kJ. De gemiddelde energie per slag bedroeg 412 kJ. De monopiles hadden een diameter van 5 m, een gemiddelde lengte van 54 m en een gemiddelde massa van 375 ton. Voor het inheien waren in totaal 2.982 slagen per paal nodig met een totale duurtijd van 120 min. De pre-piles van de jacket fundering hadden een diameter van 1,8 m, een gemiddelde lengte van 37 m en een gemiddelde massa van 77 ton. Voor het inheien waren in totaal gemiddeld 9.476 slagen per paal (4 pre-piles per paal) nodig met een totale duurtijd van 319 min. De slagfrequentie bedroeg voor beide types funderingen ongeveer 40 slagen per minuut.

Het hoogste-laagste piekniveau bedroeg 194-179 dBz-p (zero to peak = nul tot max. SPL) (re 1µPa) op 750 m afstand van de monopile op de Blighbank, terwijl voor een pre-pile van een jacket fundering op de Thorntonbank het hoogste-laagste piekniveau 189-172 dBz-p (zero to peak) (re 1µPa) bedroeg op 750 m afstand. 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 gehaald.

De maximale SEL-waarde voor een jacket fundering was 178 dB (re 1 $\mu Pa^2s$) op 750 m afstand van de jacket fundering (CG3), terwijl voor een monopile (A02 en B10) een maximale SEL-waarde 10 dB lager was met een maximum van 166 dB (re 1 $\mu Pa^2s$) op 750 m afstand van de paal.

Om een volledige monopile (Belwind) in te heien waren er gemiddeld 2.982 slagen nodig met een gemiddeld SEL-waarde per inslag van 161 dB (re 1 $\mu Pa^2s$) op 750 m afstand van de paal. Het totaal aantal slagen vertegenwoordigt een toename van 35 dB ($10*\log_{10}(2982)$) om tot de cumulatieve SEL-waarde van 196 dB (re 1 $\mu Pa^2s$) op 750 m afstand te bekomen. Voor de evaluatie van de biologische impact van een paal wordt de cumulatieve SEL-waarde gehanteerd als indicator voor de geluidsdosis. Om een volledige jacket funderingspaal (C-Power) in te heien waren er gemiddeld 9476 slagen nodig met een gemiddeld SEL-waarde per inslag van 156 dB (re 1 $\mu Pa^2s$) op 750 m afstand van de paal. Het totaal aantal slagen vertegenwoordigt een toename van 40 dB ($10*\log_{10}(9476)$) om tot de cumulatieve SEL-waarde van eveneens 196 dB (re 1 $\mu Pa^2s$) op 750 m afstand te bekomen. Echter, voor het inheien van een monopile was een totale duurtijd van 120 min. nodig, ten opzichte van 319 min. voor een jacket funderingspaal. Dezelfde cumulatieve SEL-waarde werd opgemeten voor beide type funderingspalen, maar met een langere verstoringstijd voor jacket funderingen in vergelijking tot monopiles. Het heien van jacket funderingspalen (4 pre-piles per fundering) neemt ongeveer 3 keer meer tijd in beslag dan het heien van monopiles, aldus een langere impact op de mariene fauna.

De analyses van de geluidsspectra tonen aan dat deze bijna een identieke vormgeving hadden in het frequeniegebied 100 tot 500 Hz voor het heien van een stalen monopile

(Belwind) als voor de kleinere pre-piles (C-Power). Het hoogste onderwater geluidsniveau wordt geëmitteerd in het frequentiegebied 60 tot 2000 Hz.

Uit de onderwatergeluidsmetingen tijdens het heien van jacket funderingspalen (Thorntonbank) en monopiles (Blighbank) kan worden besloten dat het heien van een jacket funderingspaal (4 pre-piles) met een lagere impactenergie, aldus minder krachtige hydrohamer, kan worden gebruikt in vergelijking met een monopile. De invloedszone (gebied waarbinnen het achtergrondgeluidsniveau wordt verhoogd) is tijdens het heien van jacket funderingspalen dan ook kleiner door de lagere impactenergie per inslag. Daarentegen vereisen jacket funderingspalen een langere heitijd (duurtijd om 1 paal in te heien). De invloedszone voor jacket funderingen is dus kleiner dan voor monopiles, maar de blootstellingsduur is langer.

**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 SeaStar**

Een overzicht van de (ingeschatte) paaldiameters voor de drie alternatieve configuraties en de basisconfiguratie voor windmolenpark SeaStar is weergegeven in Tabel 5-22.

*Tabel 5-22 Indicatieve paaldiameters voor monopile and jacketfunderingen voor windmolenpark SeaStar*

| Configuratie | Typevoorbeeld windturbine | Capaciteit | Paaldiameter fundering | | Uitvoeringstermijn (dagen/# WTG's) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | MP | JF | MP | JF |
| Basisconfiguratie | REpower 6M | 6 MW | 6,2-7,2 m | 2,25 m | 82d/41 WTG's | 123d/41 WTG's |
| Configuratie 1 | Areva | 5 MW | 6,2-7,2 m | 2,25 m | 124d/62WTG's | 186d/62WTG's |
| Configuratie 2 | Vestas V164 | 8 MW | 7,5 m | 2,25 m | 108d/54 WTG's | 162d/54WTG's |
| Configuratie 3 | Samsung | 7 MW | - | 3 m | - | 129d/43 WTG's |

Er is een leemte in de kennis aangaande het geluidsniveau onder water tijdens het heien van de monopile typevoorbeelden voor het windmolenpark SeaStar, 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 6,2-7,2 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 5-23) en de meetresultaten in het monitoringsrapport van het onderwatergeluid rond de offshore windmolenparken in het BDNZ (Norro *et al.*, 2012) werd aangetoond dat voor grotere palen (bv. diameter 6,2-7,2 m voor SeaStar) een hogere impactenergie per inslag noodzakelijk is in vergelijking met kleinere palen (bv. diameter 2 m), dus ook een hoger geluidsniveau zal opwekken. Bij benadering kan worden verondersteld dat het geluidsniveau bij heien van palen met een diameter 6,2-7,2 m

eenzelfde grootte-orde van geluidsniveau veroorzaken als de inventarisatiegegevens bij paaldiameters van 4 en 5 m.

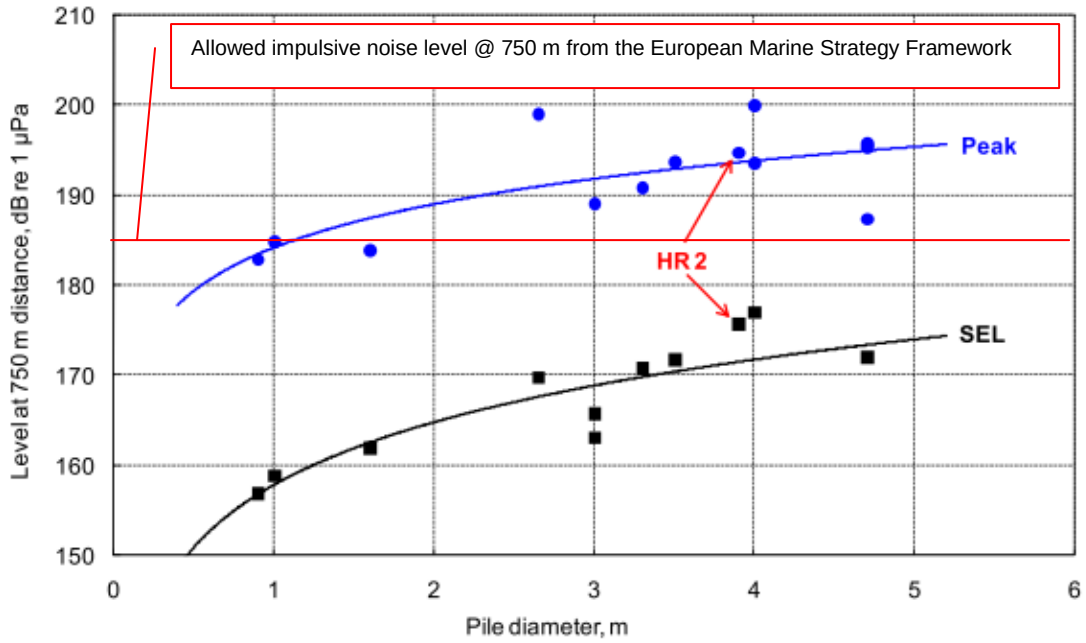
*Tabel 5-23 Berekend geluidsniveau op verschillende afstanden met attenuatieformule voor verschillende locaties volgens Nedwell et al. (2007) en Norro et al. (2010) (in Arcadis, 2011)*

| | | | | 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 | Φ4,3 m | 188,0 | 181,0 | 173,0 | 159,0 | 143,0 | 117,0 | 71,0 | 0,0 |
| 249 | 17logR - 0,0011R | North Hoyle, UK | Φ4 m | 202,6 | 196,9 | 190,7 | 180,6 | 170,0 | 153,9 | 126,8 | 77,6 |
| 257 | 20logR - 0,003R | Scroby Sands, UK | Φ4,2 m | 201,5 | 194,0 | 185,0 | 168,0 | 147,0 | 111,0 | 45,0 | 0,0 |
| 252 | 18logR - 0,0003R | Barrow | Φ4,7 m | 203,3 | 197,7 | 192,0 | 183,9 | 177,0 | 168,6 | 157,2 | 139,7 |
| 249 | 21logR - 0,0047R | Burbo Bank | Φ4,7 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 | Φ5 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 tijdens een lichgolvende tot golvende zee (zeegang 2-3) nagenoeg nergens meer overschreden. Echter, tijdens een kabbelende zee (zeegang 1-2) is de geluidsimpact waarneembaar op een afstand van meer dan 100 km tot de windturbines. Er dient daarbij te worden opgemerkt dat de onnauwkeurigheid in de berekening sterk toeneemt bij grotere afstanden. Voor het heien van de pre-piles van een jacket fundering (diameter ca. 2 m) hebben de geluidsmetingen ((Norro *et al.*, 2012) uitgewezen dat de geluidsniveaus ongeveer 10 dB lager zijn dan bij het heien van een monopile (diamer 5 m). Het geluidsnvieau onder water bij het heien van een jacket fundering zal steeds lager zijn, maar de werkingsduur van het heien van de jacket fundering zal wel langer zijn (factor 3 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 (41 WTG's) komt dit overeen met een totale installatieperiode van ongeveer 3 maand, voor configuratie 1 komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 4 maand, voor configuratie 2 en 3 is dit ongeveer 3 maand (zonder weerverlet). Het heien van de palen en het plaatsen van een jacket duurt 3 keer langer 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 4 maand, voor configuratie 1 komt dit neer op een totale installatieperiode van ongeveer 6 maand, voor configuratie 2 ongeveer 4 maand en voor configuratie 3 is dit ongeveer 5 maand (zonder weerverlet).

Kennis van de onderwatergeluiden tijdens de heiwerkzaamheden van ondermeer de windmolenparken Belwind en C-Power, aangevuld met de meetdata van andere offshore windparken (genormaliseerd piekniveau op 750 afstand tot de paal in functie van de paaldiameter), verantwoorden het toepassen van geluidsbeperkende maatregelen bij het heien van een monopile gezien de milieudoelen naar de toekomst toe.



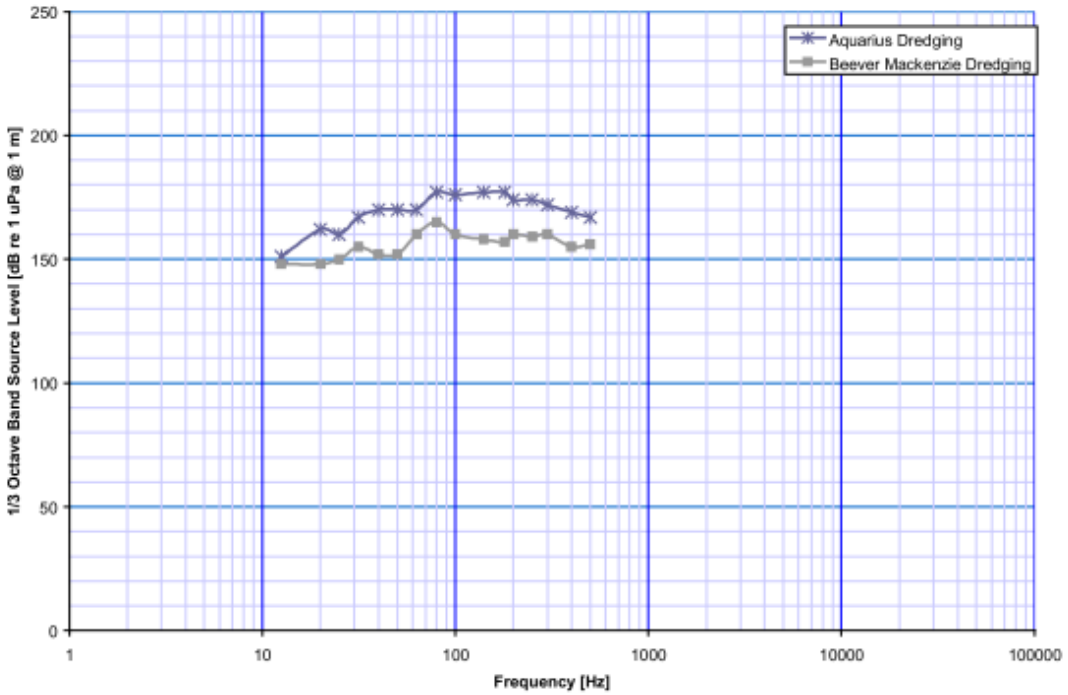

*Figuur 5-42 Max SEL en piekniveau aan het Horns Rev II (HR2), in vergelijking tot andere offshore heiwerkzaamheden (Fino 1(2003), Alpha Ventus (2008), Utgrunden (2000), Sky (2002), Fino 2 (2006), Amrumbank West (2005), North Hoyle (2003), Q7 (2007), Barrow (2005), Fino 3 (2008)).- (Klaus Betke, 2008 - Measurement of wind turbine construction noise at Horns Rev II)*

### *Effecten op onderwatergeluid door baggeren*

Bij een gravitaire fundering, bij de helft van de monopile funderingen (in geval van stationaire erosiebescherming) en de helft van de jacket funderingen wordt de zeebodem eerst vlakgebaggerd. De grootste funderingspunten worden gebaggerd bij gravitaire fundering. Het baggeren van één funderingsput duurt ca. 42h indien een maximale transit tussen de rand van het windmolenpark (baggeren) tot centraal in het park (dumpen) in rekening wordt gebracht.

Afhankelijk van het aantal winturbines per SeaStar-configuratie kan de totale duurtijd van de baggerwerkzaamheden voor gravitaire funderingspalen variëren van minimaal 72 dagen onder de basisconfiguratie met 41 windturbines tot maximaal 109 dagen onder de configuratie met 62 windturbines.

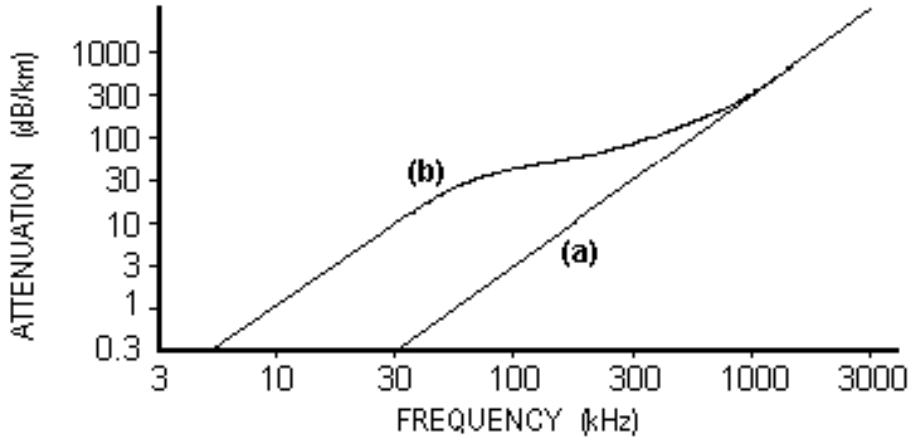
Baggertuigen zijn in tegenstelling tot een voorbijvarend schip, een continue geluidsbron voor meerdere dagen per week in een bepaalde exploitatiezone. Daardoor kan de geluidsimpact groter zijn dan dat van een passerend schip. In de studies van Richardson *et al.* (1995) en deze voor het Sakhalin Energy project werden meetresultaten weergegeven voor verschillende baggertuigen: de snijkopzuiger Aquarius en de sleephopperzuiger Beaver Mackenzie. Figuur 5-43 geeft de 1/3$^{e}$ octaafband geluidsdrukspectra weer opgemeten voor verschilldende baggertuigen.




*Figuur 5-43 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 5-43 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 SeaStar. 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/r$r_{ef}$)^2 met $r_{ref}$= 1 m), ten gevolge van de absorptie (α) van het zeewater (Figuur 5-44) 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.



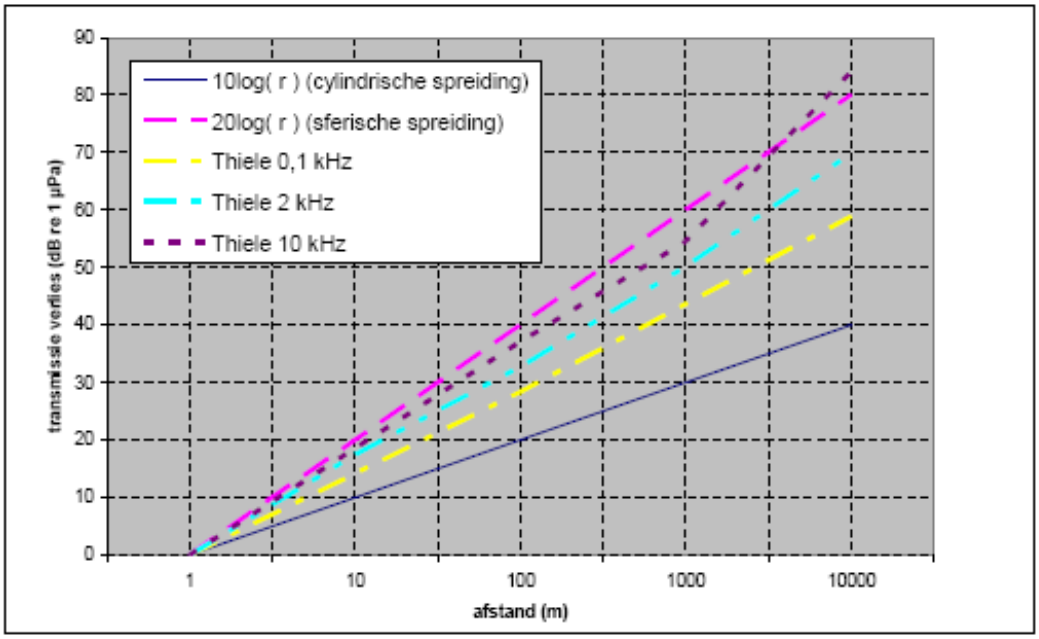

*Figuur 5-44 De attenuatie als functie van de frequentie: (a)= zoetwater (b)=zeewater*

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 5-45 geeft de berekende transmissieverliezen weer in functie van de afstand tot de bron.




*Figuur 5-45 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 5-24).

*Tabel 5-24 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 SeaStar

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 5-25 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 5-25 Overzicht effecten op geluid tijdens constructiefase windmolenpark SeaStar*

| SeaStar windmolenpark | Geluidstype | Funderingstype | | |
|---|---|---|---|---|
| | | MP | JF | GBF |
| Basisconfiguratie 41 WTG's - 6 MW | Onder water | - | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0/- | 0/- | 0/- |
| Configuratie 1 62 WTG's – 4-6,15 MW | Onder water | - | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0/- | 0/- | 0/- |
| Configuratie 2 54 WTG's – 7,5-10 MW | Onder water | - | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0/- | 0/- | 0/- |
| Configuratie 3 43 WTG's - 7 MW | Onder water | - | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0/- | 0/- | 0/- |

Onder minder gunstige weersomstandigheden worden de effecten door een verhoogd achtergrondgeluidsniveau gemilderd van 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: 41 WTG's in het initiële concessiegebied, met rotordiameter (RD) 126 m - individueel vermogen 6 MW. Als typevoorbeeld geldt de REpower 6M turbine (6,15 MW, 126 m RD).
1. 62 WTG's in het uitgebreide concessiegebied, met rotordiameter 120-135 m - individueel vermogen 4-6,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Areva (5 MW, 135 m RD).
2. 54 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 150-165 m - individueel vermogen 7,5-10 MW. Een typevoorbeeld geldt de Vestas V164 (8 MW, 164 m RD).
3. 43 WTG's in het uitgebreide concessiegebied met rotordiameter 140-175 m - individueel vermogen 6,5-7,5 MW. Als typevoorbeeld geldt de Samsung 7.0 MW (7 MW, 171 m RD).

Bij de drie omhullende configuraties gaat het telkens om het maximum aantal windturbines in de uitgebreide concessiezone. Dit is telkens het 'worst-case' scenario. Per omhullende configuratie werd een scenario met bepaalde capaciteit uitgewerkt:

*Tabel 5-26 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) | $L_{WA}$ (dB(A) /park) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie | init | 6 | 41 | 100 | 126 | 246 | 109 | 124,8 |
| Configuratie 1 | ext | 6 | 62 | 100 | 126 | 372 | 109 | 126,6 |
| Configuratie 2 | ext | 8 | 54 | 100 | 164 | 432 | 112 | 129,3 |
| Configuratie 3 | ext | 7 | 43 | 100 | 171 | 301 | 112 | 128,3 |

***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 6 MW offshore windturbine werden de geluidsgegevens 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. Daarvoor werd een ophogingsfactor bepaald uit het verschil in totaal geluidsvermogenniveau tussen beide windturbines. Deze ophoogfactor werd rekenkundig opgeteld bij de spectrale geluidswaarden van het referentiespectrum. De geluidsspectra van een 7 MW en 8 MW windturbine werden

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). Voor zowel de 7 MW als de 8 MW windturbine werd een totaal geluidsvermogenniveau van max. 112 dB(A) vooropgesteld. Dit geluidsvermogenniveau is hoger dan dit opgesteld voor een 10 MW Clipper Brittannia-C150 in MER Rentel, i.e. 110 dB(A) (IMDC, 2012a). Het geluidsvermogenniveau van de 8 MW windturbine geldt dus ook als referentievermogen voor de bovenste limiet van de omhullende configuraties.

*Tabel 5-27 Geluidsvermogen in dB(A). Frequentiespectrum per 1/1e octaafbanden.*

| | | Geluidsvermogen (in dB(A)) Frequentiespectrum per 1/1e octaafbanden | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Windturbine capaciteit | Frequentie (Hz) | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1.000 | 2.000 | 4.000 | 8.000 | Totaal bronvermogen |
| 4-6,5 MW 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 |
| 6,5-10 MW Vestas | (Vestas V80-2MW offshore opgeschaald) | 81.6 | 89.8 | 98.3 | 103.8 | 107 | 106.3 | 103.9 | 99.8 | 89.5 | 112 |

### *Bronvermogen van de transformator*

In het windmolenpark wordt er mogelijk één offshore transformatorplatform (OHVS) gebouwd. Naast de windturbines zal ook de aanwezige transformator (33/150-220 of 66/220-380 kV) voor een geluidsbijdrage zorgen. Mogelijks wordt er één OHVS van 400 MW voorzien. De elektriciteit 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. Onderstaande tabel geeft het geluidsvermogenspectrum weer voor een 125 MVA toestel.

*Tabel 5-28 Geluidsvermogen (in dB(A)) van een 125 MVA transformator (MER Northwind, Arcadis 2008). Frequentiespectrum per 1/1e octaafbanden.*

| | Geluidsvermogen (in dB(A)) Frequentiespectrum per 1/1e 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 de meest geluidsbelastende configuratie van het project. De cumulatieve effecten worden besproken in § 6.3.4.

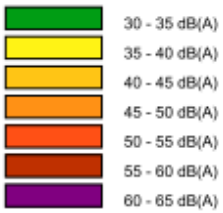
De resultaten van het specifieke geluid van het windmolenpark wordt voorgesteld aan de hand van enerzijds berekende waarden in gedefinieerde punten, en anderzijds de ruimtelijke geluidsvoortplantingswijze boven het wateroppervlak via een geluidskaart. De geluidskaart geeft een aantal lijnen weer van 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

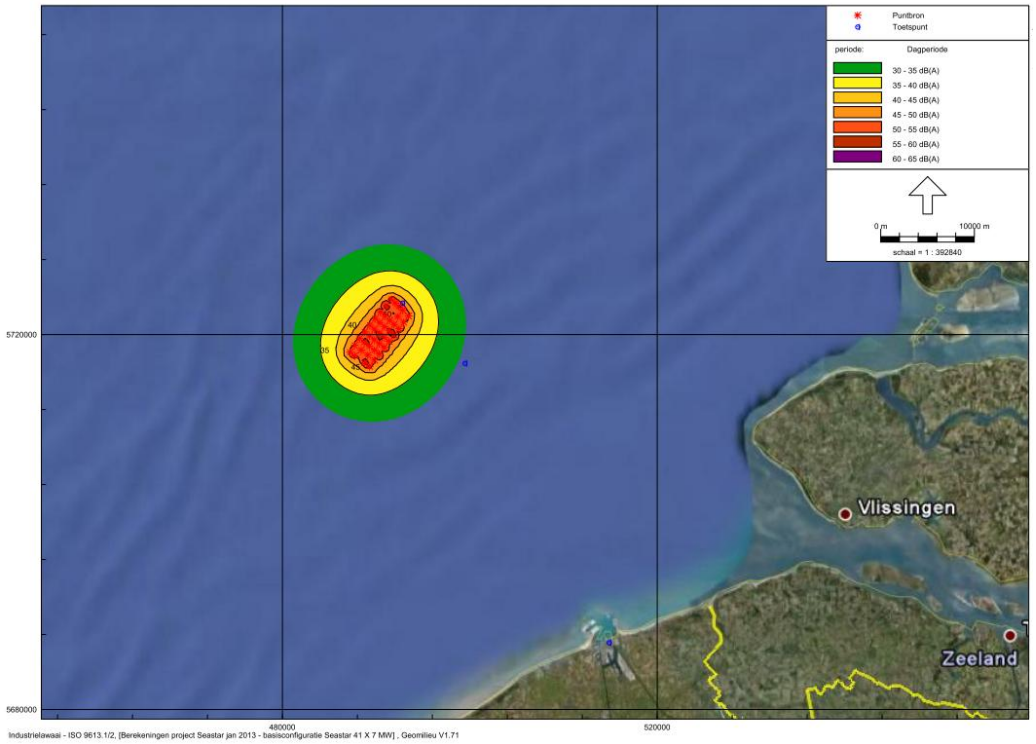
Het verwacht specifieke geluid werd berekend op basis van een akoestisch rekenmodel voor de geluidsbronnen (windturbines en transformator). In het rekenmodel werden met volgende parameters rekening gehouden: inplanting van de windturbines, akoestische gegevens van vergelijkbare windturbines, de overdrachtsdemping 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 SeaStar 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*

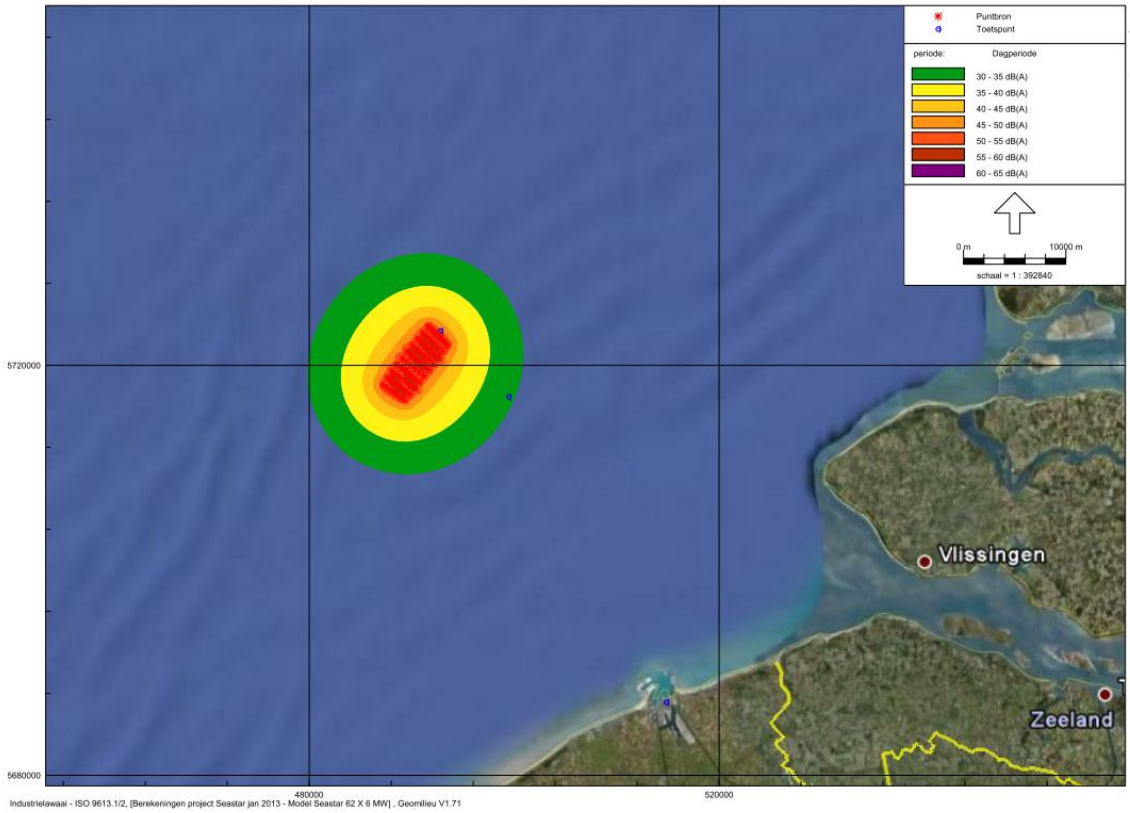



*Figuur 5-46 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van de SeaStar basisconfiguratie van 41 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 6 MW*

*Tabel 5-29 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder de basisconfiguratie van 41 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 6 MW*

| **Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark SeaStar Basisconfiguratie: 41x6MW** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Geluidsdrukniveau (in dB(A)) | 7,9 | 30 | 35 | 40 | 45 | ± 48,3 |
| Afstand (in m) | aan de kustlijn | Afstand tot projectgrens | | | | aan de offshore BE-NL grens |
| | | 7400 | 4300 | 2200 | 1000 | |

### *Configuratie 1*

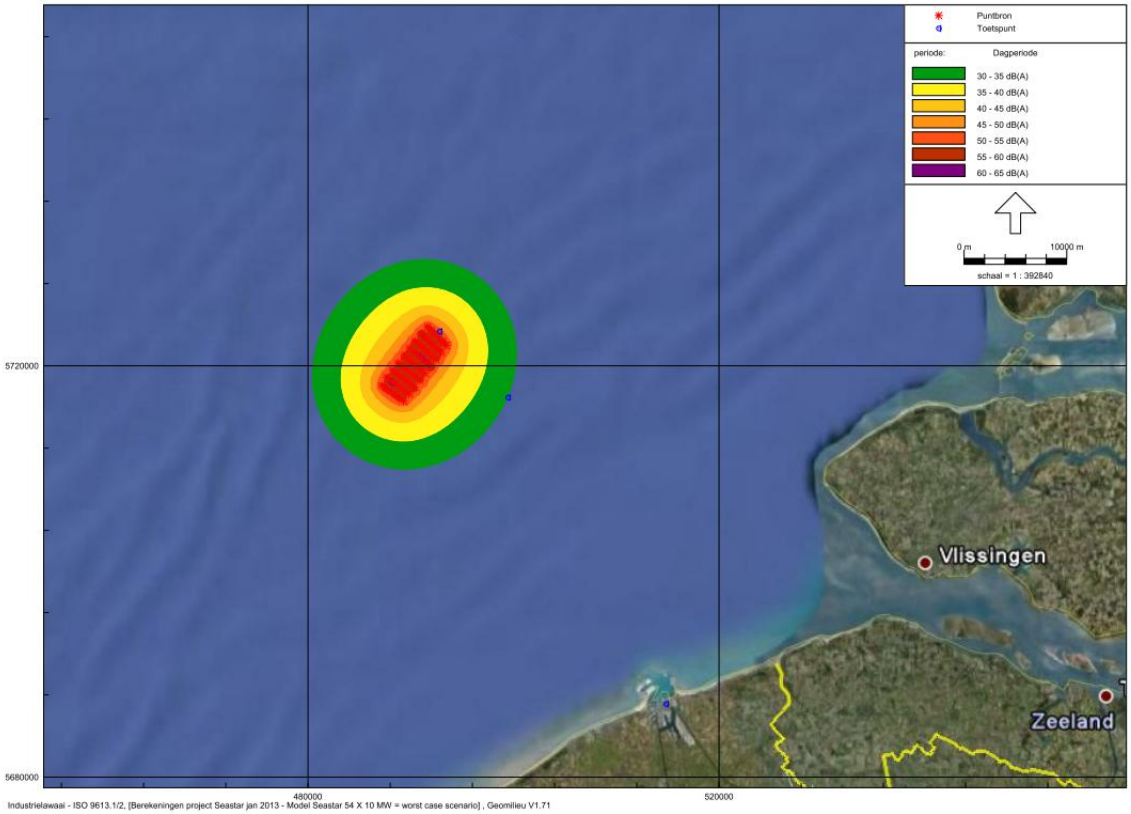



*Figuur 5-47 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder het scenario van 62 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 6 MW*

*Tabel 5-30 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder het scenario van 62 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 6 MW*

| **Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark SeaStar Configuratie 1: 62x6MW** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Geluidsdrukniveau (in dB(A)) | 9,7 | 30 | 35 | 40 | 45 | ± **50,2** |
| Afstand (in m) | aan de kustlijn | Afstand tot projectgrens | | | | **aan de offshore BE-NL grens** |
| | | 8700 | 5200 | 2700 | 1200 | |

### *Configuratie 2*

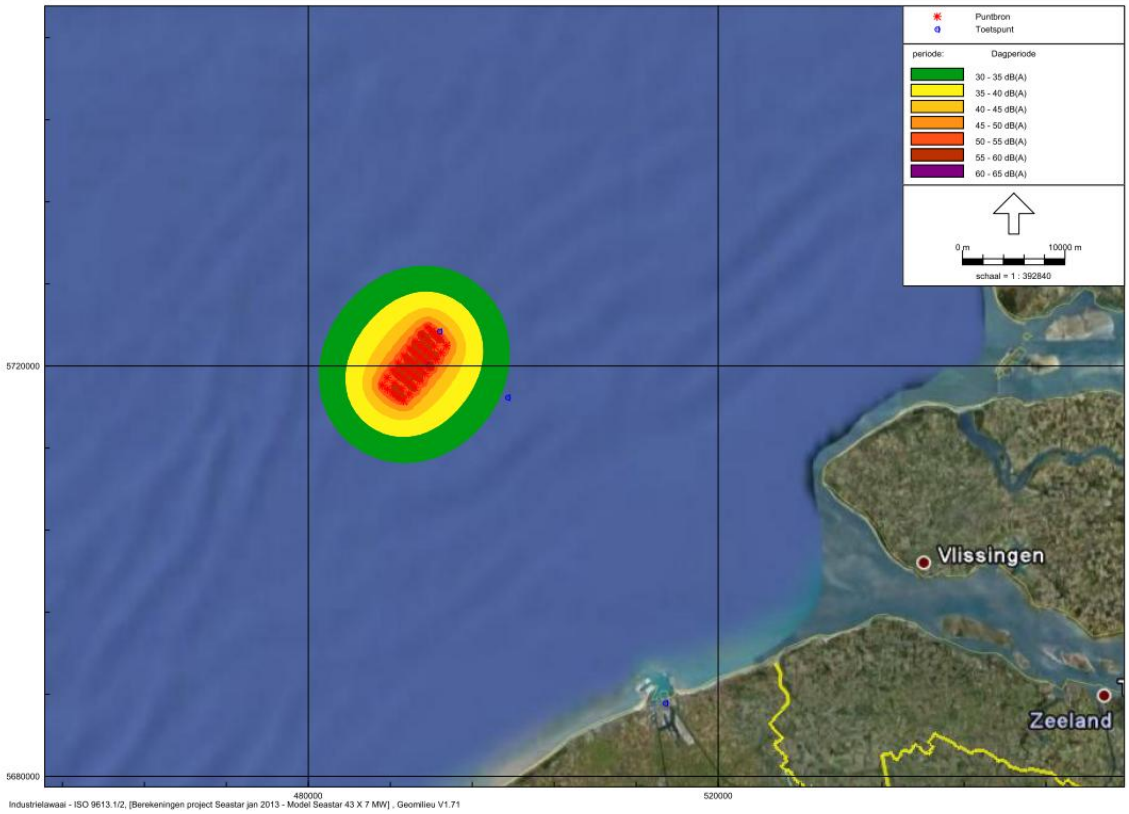



*Figuur 5-48 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder het scenario van 54 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 8 MW*

*Tabel 5-31 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder het scenario van 54 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 8 MW*

| **Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark SeaStar Configuratie 3: 54x8MW** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Geluidsdrukniveau (in dB(A)) | 8,8 | 30 | 35 | 40 | 45 | ± **51,8** |
| Afstand (in m) | aan de kustlijn | Afstand tot projectgrens | | | | **aan de offshore BE-NL grens** |
| | | 8100 | 5000 | 2800 | 1500 | |

### *Configuratie 3*




*Figuur 5-49 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder het scenario van 43 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 7 MW*

*Tabel 5-32 Berekend specifieke geluid boven water van het windmolenpark SeaStar onder het scenario van 43 WTG's met elk een elektrisch vermogen van 7 MW*

| **Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor windmolenpark SeaStar Configuratie 2: 43x7MW** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Geluidsdrukniveau (in dB(A)) | 7,8 | 30 | 35 | 40 | 45 | ± **50,9** |
| Afstand (in m) | aan de kustlijn | Afstand tot projectgrens | | | | **aan de offshore BE-NL grens** |
| | | 7500 | 4600 | 2600 | 1300 | |

In een matig belastende situatie[5] plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 1-1,5 km en op een afstand van 2,2-2,8 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Onder de scenario's worden aldus beperkte afwijkingen bekomen. Aan de rand van de veiligheidszone (zone van 500 m rond het park) zal het geluidsniveau lager zijn dan 50

[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.

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. 8-10 dB(A) afhankelijk van het gekozen scenario voor het SeaStar windturbinepark. De onderlinge verschillen tussen de scenario's op de geluidsbijdrage aan kustzijde is gering.

Het specifieke geluid aan de kustlijn is worst case onder een invulling van 62 WTG's x 6 MW (9,7 dB(A)), maar bevindt zich ruim onder het huidig achtergrondgeluidsniveau van 30 tot 40 dB(A) tijdens de nachtperiode. Het achtergrondgeluidsniveau zal 's nachts niet worden verhoogd door de exploitatie van het windmolenpark SeaStar. Dit impliceert evenmin een verhoging door exploitatie van het windmolenpark SeaStar 'overdag daar het omgevingsgeluidniveau in deze periode 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.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van het specifieke geluid van het SeaStar 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.

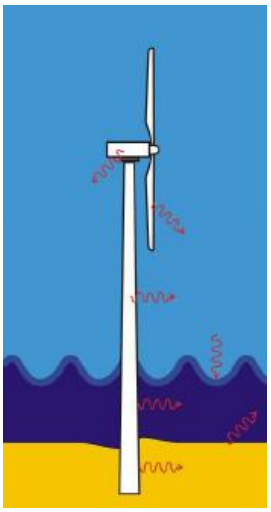
*Tabel 5-33 Vergelijking van het geluidsniveau van het windmolenpark SeaStar ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties (berekening met GEOMILIEU)*

| | **Matig belastende situatie** |
|---|---|
| WORST CASE SCENARIO Specifieke geluid van windmolenpark SeaStar (55X10MW) t.h.v. de kustzone | ca. 10 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 – inmiddels opgenomen in Vlarem II met ingang jan. 2012)<br>- Verblijfs-recreatie<br>- Woongebied | 39 dB(A) |
| Metingen aan de Noordzee | 30 tot 40 dB(A) |
| Vergelijking nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines (2012)<br>- Verblijfs-recreatie<br>- Woongebied | -29 dB(A) |
| Vergelijking metingen | -20 tot -30 dB(A) |

Algemeen wordt er besloten dat als gevolg van het specifieke geluid van het windmolenpark SeaStar, 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

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 5-50).



*Figuur 5-50 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, waarvan de emissie van afstralend structuurgeluid toeneemt bij toenemende windsnelheid. Echter het achtergrondgeluid onder water (stromingsgeluid + geluid door botsing van golven tegen de mast) zal ook toenemen bij hogere windsnelheden[6].

Over de geluidsniveaus onder water van de windturbines die in aanmerking komen (4 - 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).

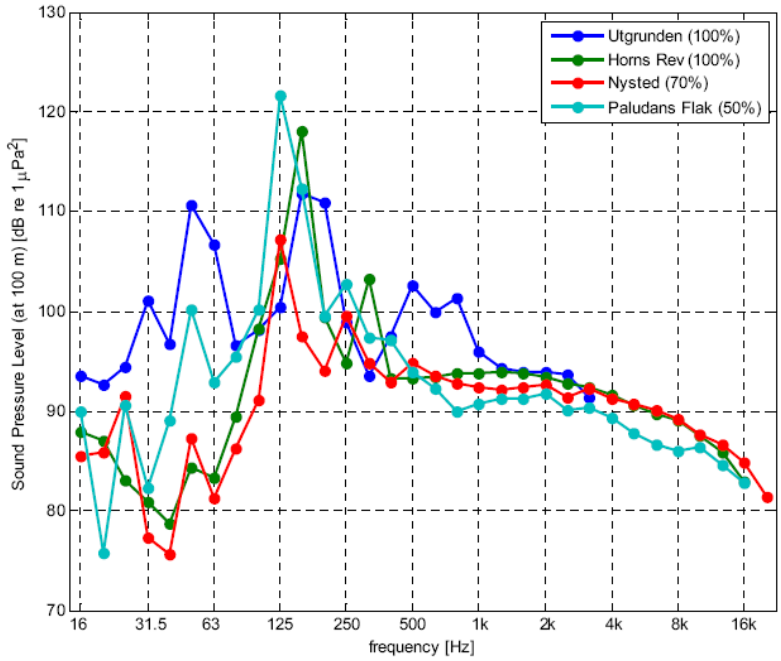
[6] Bron: metingen uit studies voor de windmolenparken “Gotland (Denemarken) (EIA 2000)” – “Irene Vorrink (Ijsselmeer Nederland)” – “ Hanö baai (Nogersund)” – “1,5 MW windturbine bij een windsnelheid van 12 m/s (Utgrunden in Zweden)”

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.

#### 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 absorptie ($\alpha$) 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 transmissieverliezen 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 5-51 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 elektrisch 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 SeaStar

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 onderstaande Tabel 5-34 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 5-34 Overzicht effecten op geluid tijdens operationele fase windmolenpark SeaStar*

| **SeaStar windmolenpark** | **Geluidstype** | **Funderingstype** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Monopile** | **Jacket** | **Gravitaire** |
| Basisconfiguratie 41 WTG's - 6 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 1 62 WTG's – 4-6,5 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 2 54 WTG's –7,5-10 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 3 43 WTG's- 6,5-7,5 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |

Er wordt slechts een gering negatief effect (0/-) 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 5-35 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 5-35 Overzicht effecten op geluid tijdens ontmantelingsfase windmolenpark SeaStar*

| **SeaStar windmolenpark** | **Geluidstype** | **Funderingstype** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Monopile*** | **Jacket*** | **Gravitaire** |
| Basisconfiguratie 41 WTG's - 6 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0 |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 1 62 WTG's – 4-6,5 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0 |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 2 54 WTG's –7,5-10 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0 |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 3 43 WTG's -6,5-7,5 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 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 Alpha of 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 5-36 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 5-36 Overzicht effecten op geluid tijdens bekabeling windmolenpark SeaStar*

| SeaStar windmolenpark | Geluidstype | Funderingstype | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Monopile | Jacket | Gravitaire |
| Basisconfiguratie 41 WTG's - 6 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 1 62 WTG's – 4-6,5 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 2 54 WTG's –7,5-10 MW | Onder water | 0/- | 0/- | 0/- |
| | Boven water | 0 | 0 | 0 |
| Configuratie 3 43 WTG's -6,5-7,5 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 5-37 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 5-37 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 | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- |
| Storten van erosiebescherming | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- | 0/- |
| Leggen van de kabel (onderwatergeluid) | 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)

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 zullen de geluidseffecten naar verwachting 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 effectieve impact tijdens exploitatie 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 (4-10 MW turbines in het SeaStar-park) een verstoring vormt voor vissen en zeezoogdieren, moeten zowel de frequenties als de amplitude van trillingen en geluiden vanwege dergelijke windturbines in het BDNZ bekend zijn. In het kader van het jaarlijkse monitoringsprogramma omtrent onderwatergeluid rond de offshore windmolenparken in het BDNZ, worden deze effecten in de toekomst inzichtelijk gemaakt.

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, 8 MW of 10 MW windturbine) zijn ook de trillingseffecten onder water niet gekend.

Over de ontwikkeling van natuurlijke geluiden is moeilijk 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, Areva, Siemens, Vestas…) dat zal gebruikt worden is nog niet gekend. Het geluidsvermogenniveau voor de 4 uitgewerkte configuraties 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 enerzijds en een VESTAS V80 – 2MW off-shore anderzijds.

### 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.

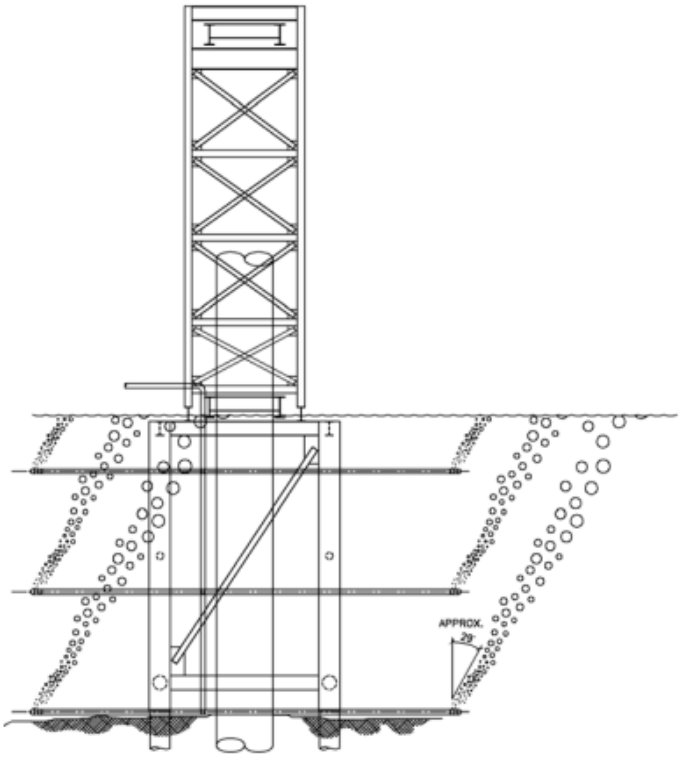
Gezien de kennis over de onderwatergeluiden tijdens de heiwerkzaamheden van ondermeer het windmolenpark Belwind en de indicatoren van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (omschrijving Goede Milieutoestand, Belgische Staat, 2012), verantwoorden het toepassen van geluidsbeperkende maatregelen bij het heien 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.

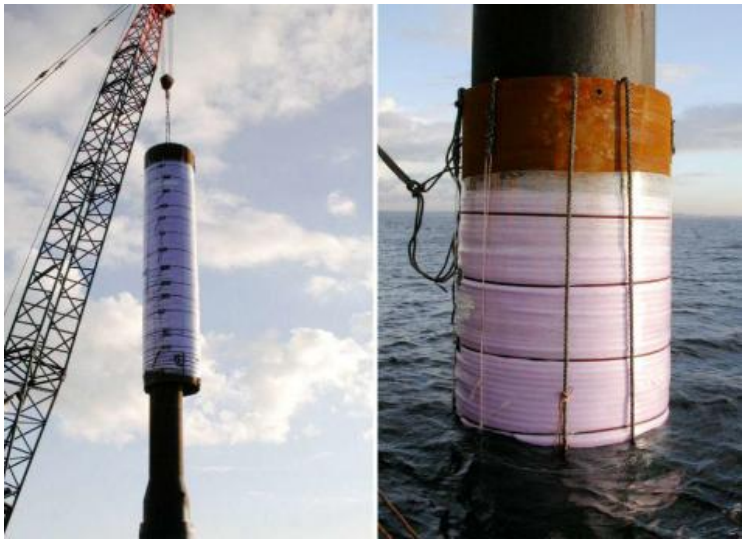
Voor de bescherming van het leefmilieu van de fauna onder water kunnen bij het aanleggen van offshore windmolenparken als mogelijke maatregelen worden aangegeven:

- Het vermijden van luidruchtige hei-werkzaamheden tijdens het broedseizoen van vogels en zeezoogdieren. Voor een nadere beschrijving wordt verwezen naar het hoofdstuk Fauna en Flora;
- 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); Echter, door sterke stroming kan de efficiëntie van een bellengordijn sterk worden aangetast (bv. met een stijgsnelheid van de bellen van 0,3 m/s in een stroming met 1 knoop ondergaan deze een verplaatsing van 34 m aan het wateroppervlak); om dit te voorkomen kan een huls rondom de paal worden voorzien om de horizontale verplaatsing van de bellen te vermijden of een systeem worden voorzien waarbij de bellen op verschillende dieptes rond te paal in te brengen.




*Figuur 5-52 Bellengordijn met meerdere injectiedieptes - 'verplaatsing van het bellengordijn in een stroming van 1 knoop' (Christopherson and Wilson, 2002)*

- Een 'pile sleeve' is een alternatief voor het bellengordijn. Het is een geluidsscherm dat rondom de paal wordt geplaatst en waarvan de fysische principes vergelijkbaar zijn van deze van een bellengordijn, enkel de constructie is anders. Het fysisch principe berust op het verschijnsel dat een geluidsgolf deels wordt gereflecteerd en deels wordt getransmitteerd wanneer deze door verschillende media propageert (Nehls *et al*., 2007). Schultz-von Glahn *et al.* maakten in 2006 een proefopstelling met een metalen buis (dikte 12 mm) met diameter 2,5 m, aan de buitenzijde bekleed met 20 mm dikke 'foam-layer' . Deze werd over de paal met diameter 2,2 m geplaatst in een 8,5 m zeediepte. Het onderwatergeluid tijdens het heien werd opgemeten op twee afstanden (30 en 500 m) met en zonder 'pile sleeve'. De energie van de hamerslag was 50, 100 en 200 kJ. Met een 'pile sleeve' kan een geluidsreductie van 10 dB bij 1000 Hz en 20 dB of meer bij 10 Hz worden bekomen. De reductie is functie van de 'foam'-dikte. Voor het toepassen van dikke 'foam'lagen is een dubbelwandige constructie noodzakelijk (samenstelling: metalen buitenbuis – foam – metalen binnenbuis).



*Figuur 5-53 'Foam-coated' pile sleeve*

- 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 in de ontwerpfase eventueel te nemen maatregelen daarop reeds 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 windturbineparken of andere (off-shore) constructies is hierbij aan te bevelen.

## 5.4 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT

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 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 dit 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.

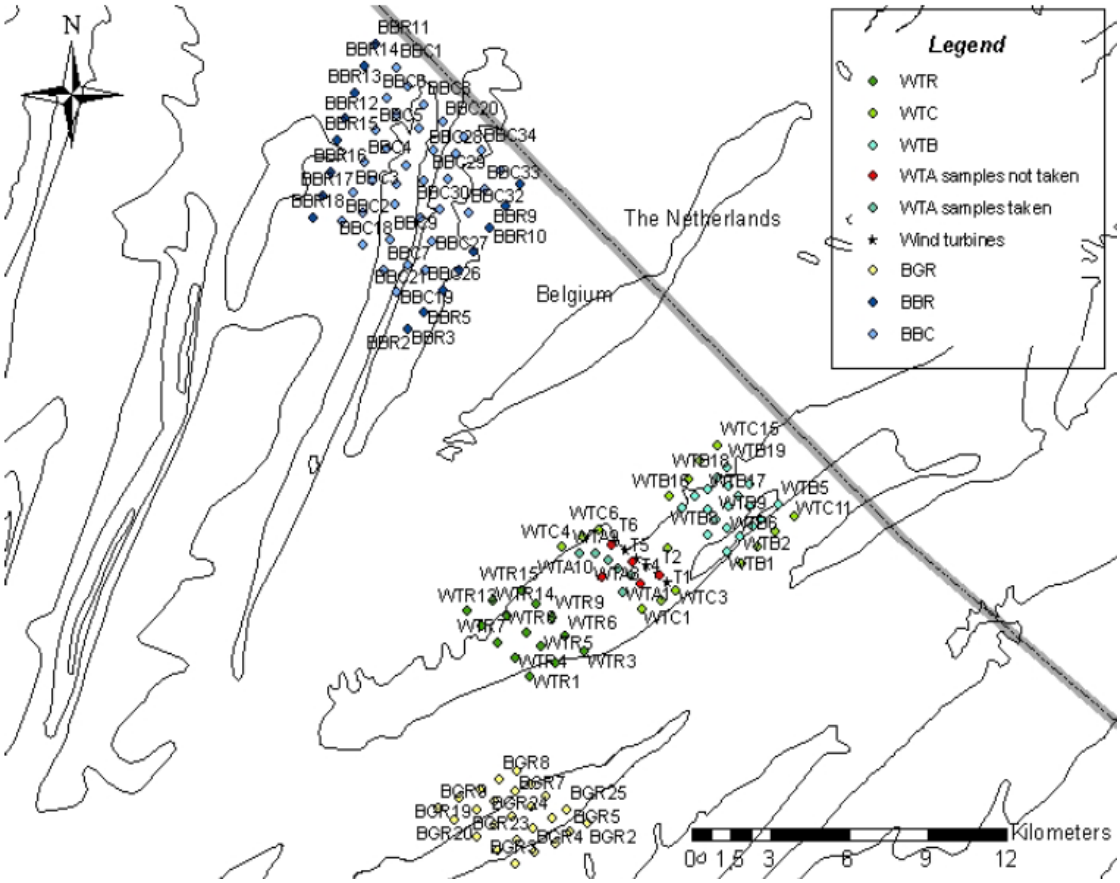
De effecten op plankton worden niet besproken aangezien daar weinig literatuurgegevens over beschikbaar zijn. Er kan echter verwacht worden dat door vertroebeling van het water tijdens de constructiefase de groei van fytoplankton belemmerd wordt, wat een invloed kan hebben op de voedselketen.

### 5.4.1 Methodiek

#### 5.4.1.1 Macrobenthos

De belangrijkste vertegenwoordigers van het macrobenthos zijn wormen (Annelida) (voornamelijk borstelwormen (Polychaeta)), schaaldieren (Crustacea) (voornamelijk vlokreeften (Amphipoda)) en schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk tweekleppigen (Bivalvia) en zeehuisjes-slakken (Gastropoda)). Macrobenthische organismen zijn door hun beperkte mobiliteit een belangrijke indicator voor de gezondheid van het lokale marien milieu.

Het merendeel van de monitoring en studies in de concessiegebieden van de Belgische windmolenparken gebeurde op de Thorntonbank en de Blighbank, aangezien hier de eerste 2 parken zijn gebouwd (De Maersschalck *et al.*, 2006, Reubens *et al.*, 2009a, Coates & Vincx, 2010, Coates *et al.*, 2011, 2012). Door de aanpalende ligging van de Blighbank in het noordwesten van het projectgebied, zijn deze monitoringsresultaten ook relevant voor de beschrijving van de referentiesituatie en de verwachte impacten (Figuur 5-54). Data voor de Lodewijkbank, in het zuidoosten grenzend aan het projectgebied, is momenteel niet beschikbaar.




*Figuur 5-54 Locaties van de staalnamecampagne in 2008 wanneer de baseline studie op de Blighbank is uitgevoerd (Reubens et al., 2009a)*

Het concessiegebied van SeaStar 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);

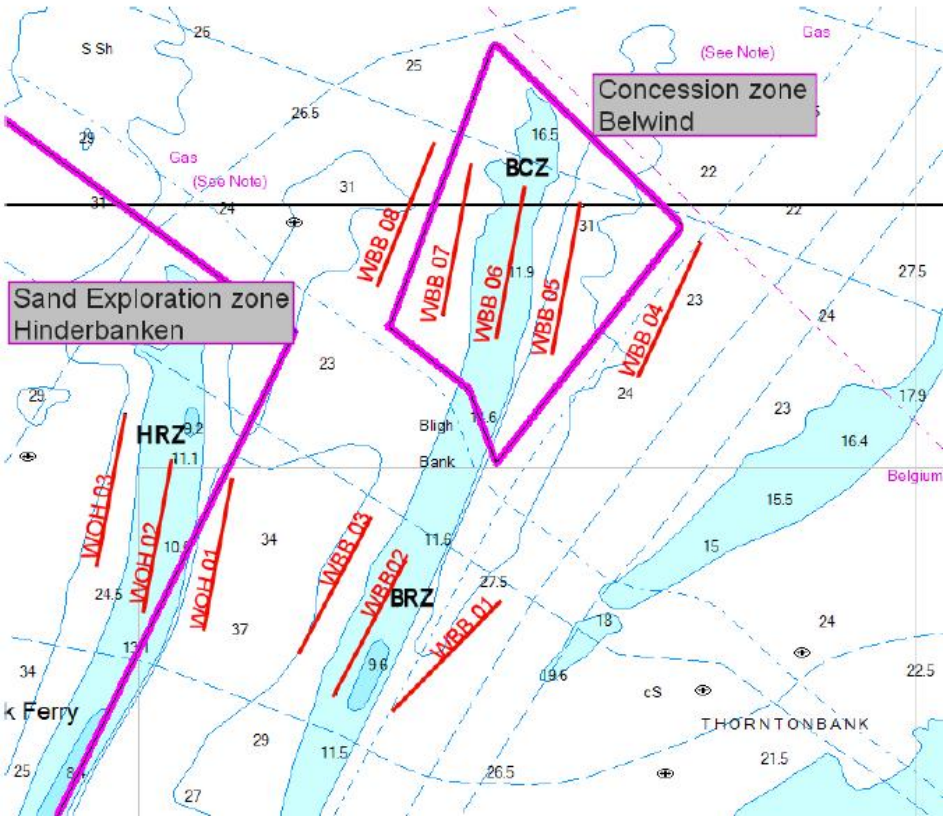
BWZee-studie (Derous *et al.*, 2007) (april 2004 – maart 2006) uitgevoerd door 5 Belgische onderzoeksgroepen in het kader van het PODO II programma van Federaal wetenschapsbeleid. Het resultaat van deze studie was een geïntegreerde, gebiedsdekkende biologische waarderingskaart die de biologische en ecologische 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.

In kader van de monitoring van de windmolenparken zijn er tussen 2005 en 2011 verschillende meetcampagnes uitgevoerd, zowel voor de bepaling van de baseline situatie als voor de monitoring naar impacten van de turbines (De Maersschalck *et al.*, 2006; Vandendriessche *et al.*, 2009, 2011, 2012; Derweduwen *et al.*, 2010; Reubens *et al.*, 2011). Figuur 5-55 geeft de locaties weer van de staalnames in 2008 bij de bepaling van de baseline situatie van Belwind. Aangezien er in het SeaStar concessiegebied zelf geen baseline situatie is bepaald, zijn deze resultaten het naburige Belwind het meest representatief.




*Figuur 5-55 Bemonsterde stations in de concessiezone van Belwind en de referentie zones (Vandendriessche et al., 2009)*

Het epibenthos en de demersale visfauna werden bemonsterd met een 8-meter boomkor met een fijnmazig garnalennet (maaswijdte 22 mm in de kuil) en een bollenpees zonder wekkerkettingen. 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/1.000 m²) per soort (enkel voor epibenthos) en de diversiteit (indices van Hill).

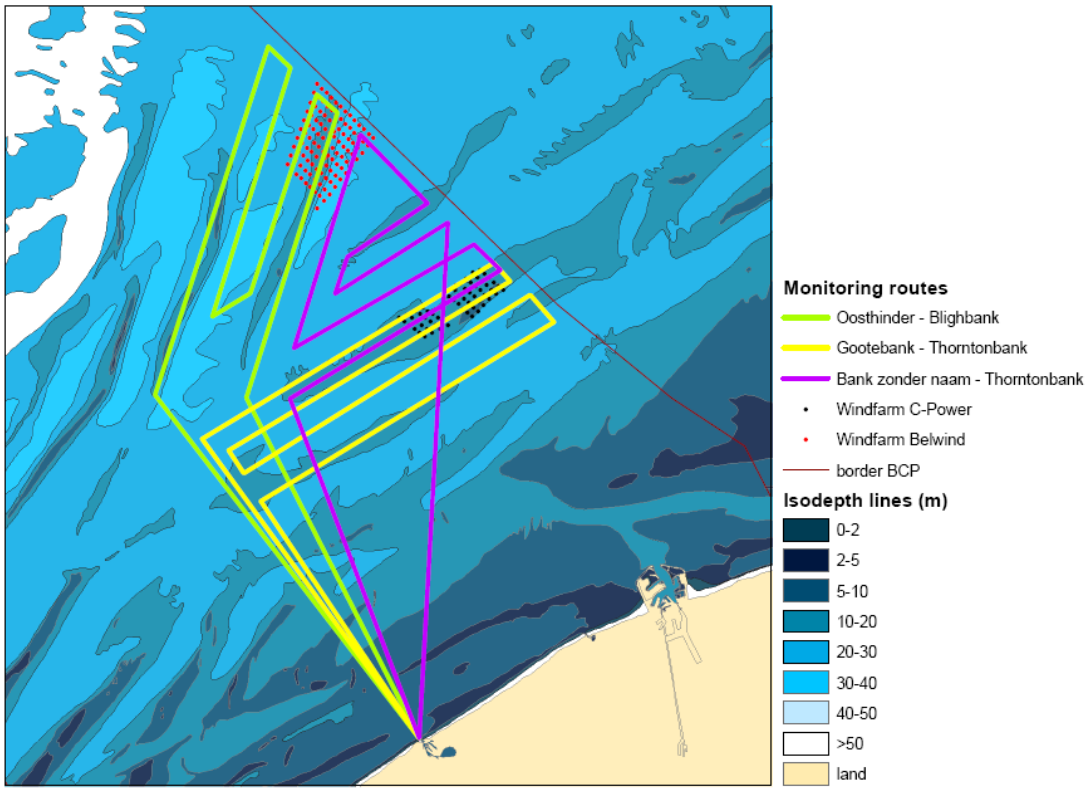
Deze gegevens werden aangevuld met het recent monitoringsrapport en effectenstudie aangaande zand- en grindextractie op enkele Vlaamse Banken waaronder de Thorntonbank en de Goote Bank waarbij dezelfde bemonsteringsmethodes werden gehanteerd (De Backer *et al.*, 2010).

Tenslotte werd gebruik gemaakt van de geïntegreerde, gebiedsdekkende biologische waarderingskaarten die de biologische en ecologische waarde voor epibenthos en vissen weergeeft (Derous *et al.*, 2007).

#### 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 5-56). Sinds 2008 wordt er bij alle maandelijkse trajecten gefocust op de concessiezones van de windmolenparken en naburige controlegebieden, inclusief de Oosthinderbank, Blighbank, en de Lodewijkbank (Vanermen *et al.*, 2010, 2011, 2012).




*Figuur 5-56 Monitoringstrajecten gevolgd in de periode 2008-2010, met de locatie van (toekomstige) windmolenparken van C-Power (Thorntonbank) en Belwind (Blighbank) (Vanermen et al., 2010)*

In het monitoringsrapport van 2009 (Vanermen & Stienen, 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 Blighbank (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 5-56. Op basis van deze figuur kan er afgeleid worden dat de monitoringroute 'Thorntonbank –Bank zonder naam (Lodewijkbank)' het volledige projectgebied omvat waar het nieuwe windmolenpark van SeaStar gepland is.

Vanwege de hoge mobiliteit van zeevogels en het feit dat de fysische en biologische omstandigheden voor avifauna binnen de impactzones van 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 SeaStar windmolenpark.

Tenslotte is ook voor vogels in kader van de BWZee-studie een biologische waarderingskaart opgesteld die de biologische en ecologische waarde van het BDNZ weergeeft (Derous *et al.*, 2007).

Naast vogels, zal in § 5.4.3.3.2 ook het effect op vleermuizen besproken worden. Alhoewel het zoogdieren zijn, wordt de effectbespreking ervan onder het deel 'Vogels' uitgewerkt omdat vleermuizen ook migreren en fourageren in de buurt van de draaiende wieken.

#### 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) en Haelters *et al.* (2010, 2011, 2012a). 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

Op de Thorntonbank zijn reeds 55 funderingen geplaatst (jacket en GBF) en op de Blighbank reeds 56 monopiles. Northwind startte begin 2013 met de constructie van 72 turbines. Met de creatie 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 SeaStar 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 het kolonisatieproces van de reeds geplaatste turbines op de Blighbank en 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, 2012) 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)).

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 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

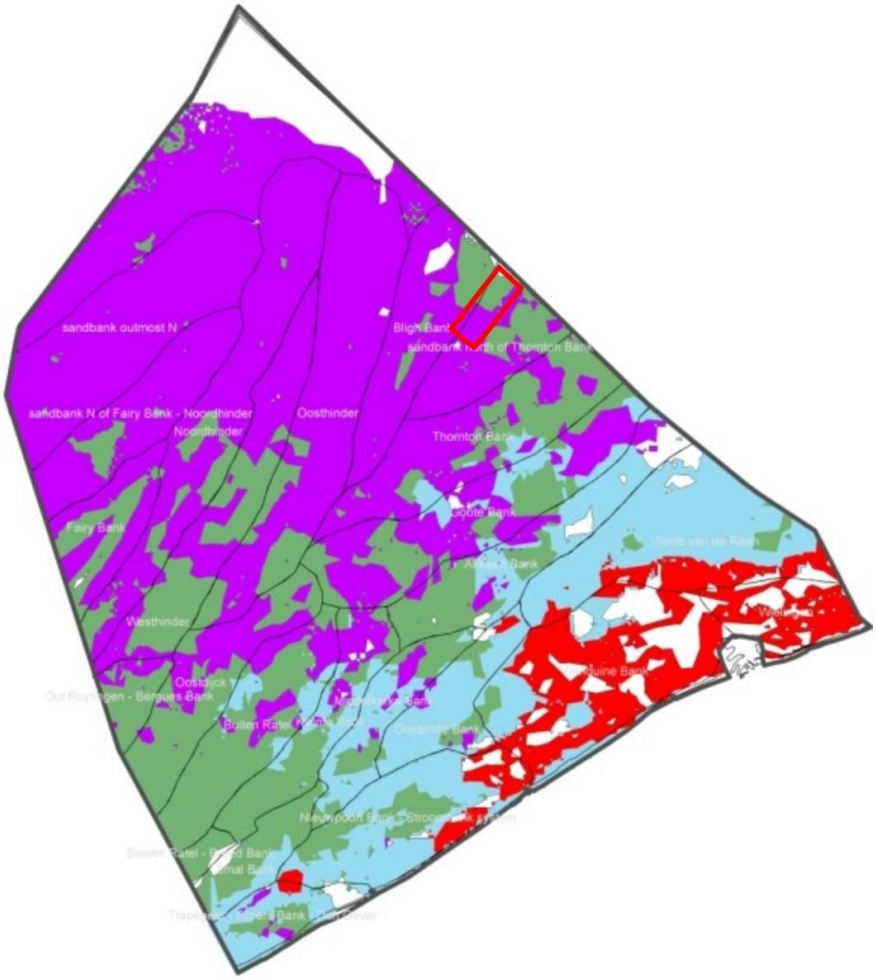
#### 5.4.2.1.1 Belgische deel van de Noordzee

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 met de locatie van SeaStar rood omlijnd (rood: Macoma balthica, blauw: Abra alba, groen: Nephtys cirrosa en paars: Ophelia limacina biotoop; wit: onvoorspeld gebied, niet geanalyseerd) (Degraer et al., 2009)*

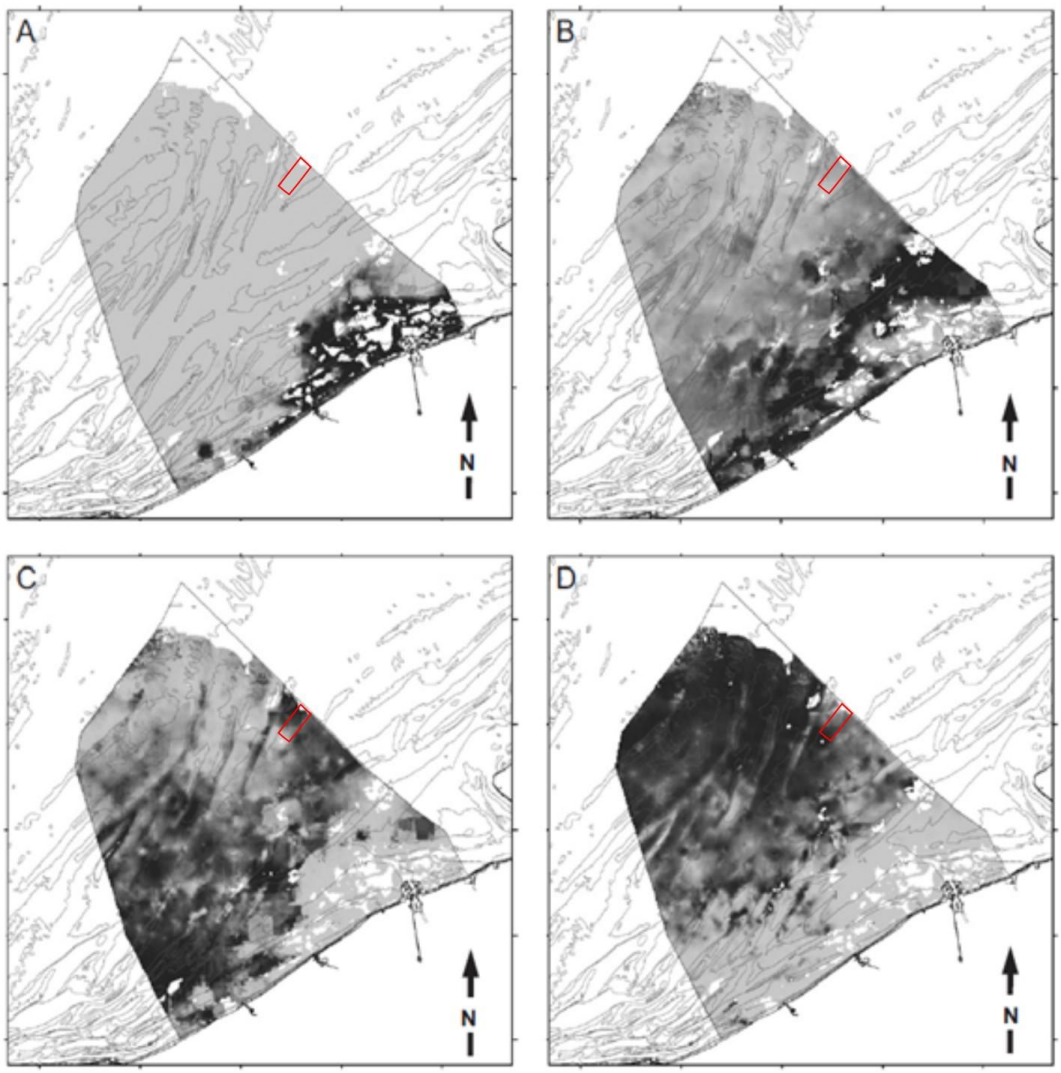
Deze gemeenschappen worden elk gekenmerkt door karakteristieke soorten, diversiteit en dichtheid en worden elk in een specifieke en goedgedefinieerde omgeving waargenomen (Degraer *et al.*, 2009; Van Hoey *et al.*, 2004, Reubens *et al.*, 2009a):

- 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). Zo lang echter hun typische habitatstructuur niet verandert, zal de soortensamenstelling en de distributie (inclusief de natuurlijk en seizoenale variatie) van de gemeenschappen stabiel blijven. Temporele variatie binnen deze soortenassociaties op het BDNZ is bijgevolg ondergeschikt aan de ruimtelijke variatie en de relatief stabiele macrobenthische gemeenschappen (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.

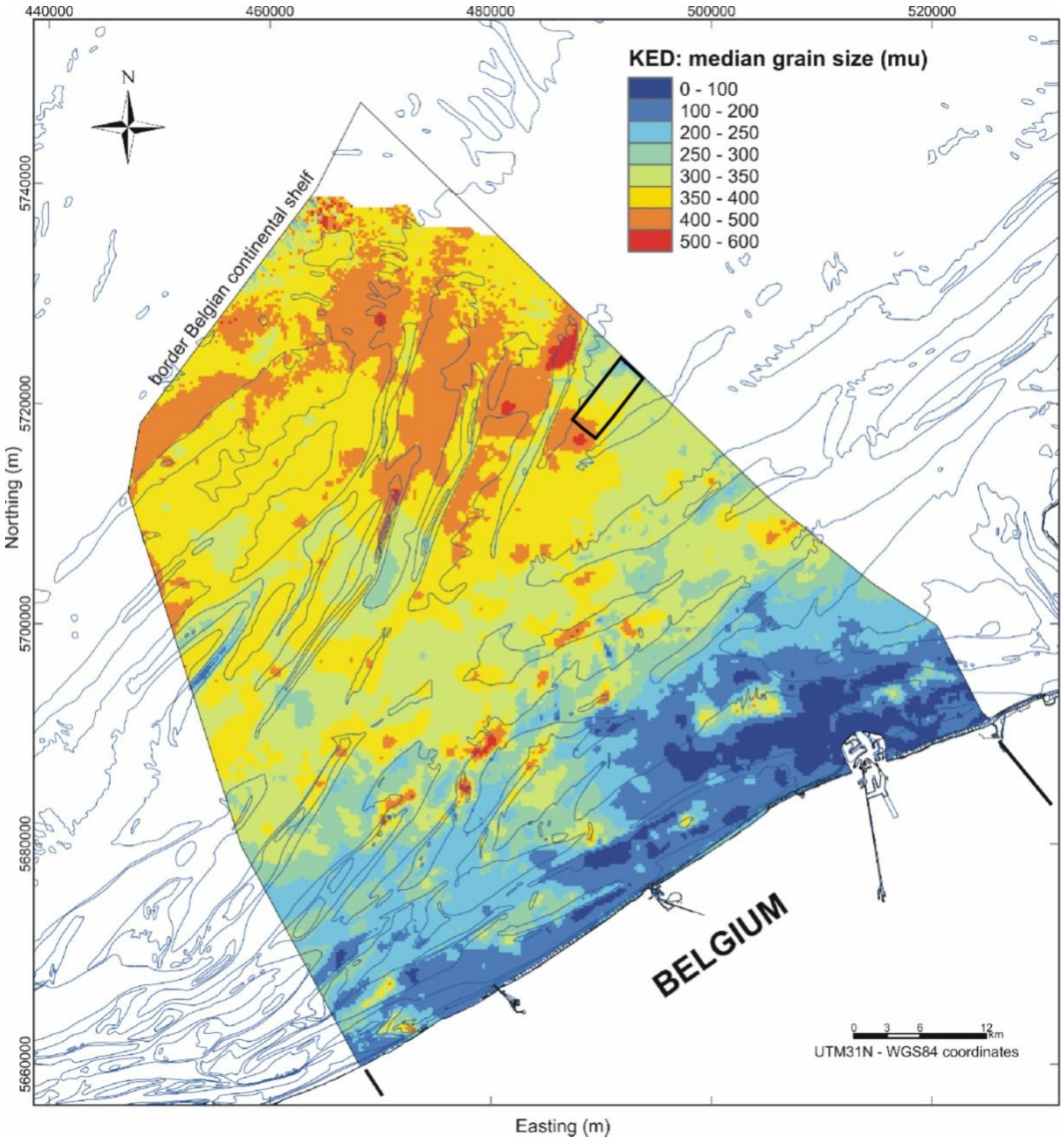
Degraer *et al.* (2008) hebben op basis van korrelgrootte en slibgehalte modellen opgesteld die het voorkomen van deze vier macrobenthische gemeenschappen voorspellen (Figuur 1-5). Deze modellen geven echter enkel de geschiktheid voor de kolonisatie van een bepaalde gemeenschap weer. De gemeenschap kan 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. De locatie van SeaStar is rood omlijnd.*

#### 5.4.2.1.2 Het projectgebied

De meeste stalen genomen op de Blighbank tijdens de baseline studie worden gekenmerkt door medium zand (350-500 µm), een laag slibgehalte (max. gemiddelde van 4,3%) en een laag percentage organisch materiaal (max. gemiddelde van 0,3%) (Reubens *et al.*, 2009a; IMDC, 2012b). De sedimentkarakteristieken van de studie in 2010 zijn vergelijkbaar met deze gevonden in de baseline studie uitgevoerd in 2008 (Coates & Vincx, 2010). Uit Figuur 5-59 kan eveneens afgeleid worden dat het SeaStar projectgebied eveneens gekenmerkt worden door medium zand (300-500 µm) (Verfaillie *et al.*, 2006). De bodemsamenstelling wordt verder besproken onder het hoofdstuk 'Bodem en water'.

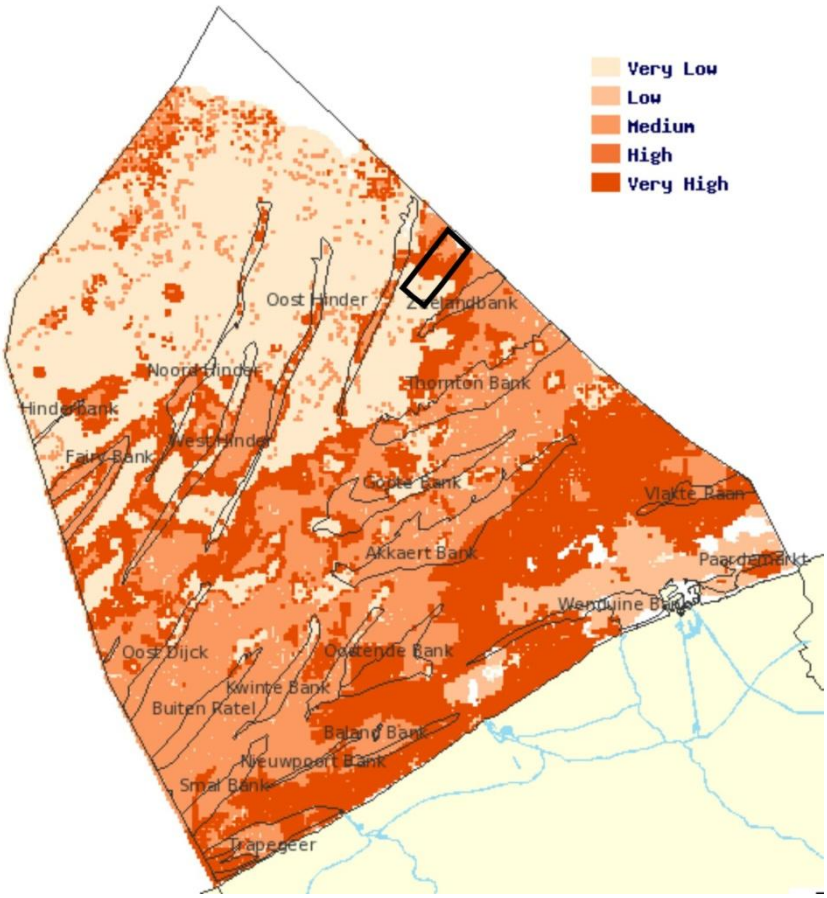



*Figuur 5-59 Korrelgrootteverdeling op het BDNZ (naar Verfaillie et al., 2006). De locatie van SeaStar is zwart omlijnd.*

Densiteiten van het macrobenthos zijn hoger in het najaar (max. 3.500 ind/m²) in vergelijking met het voorjaar (max. 900 ind./m²) op de Blighbank. Soortenrijkdom is eerder laag (max. 26 species/0.1 m²). Een brede range in biomassa wordt waargenomen (26 - 6.000 mg/m²), zowel in het voorjaar als het najaar. De productiviteit is laag (minder dan 10 mg/day.m² in de meeste stalen). *N. cirrosa* is de meest dominante macrobenthische soort, zowel in de voorjaars- als najaarsstalen. De variatie in gemeenschapssamenstelling, zowel binnen als tussen staalnamelocaties, is van eenzelfde grootteorde (Reubens *et al*., 2009a).

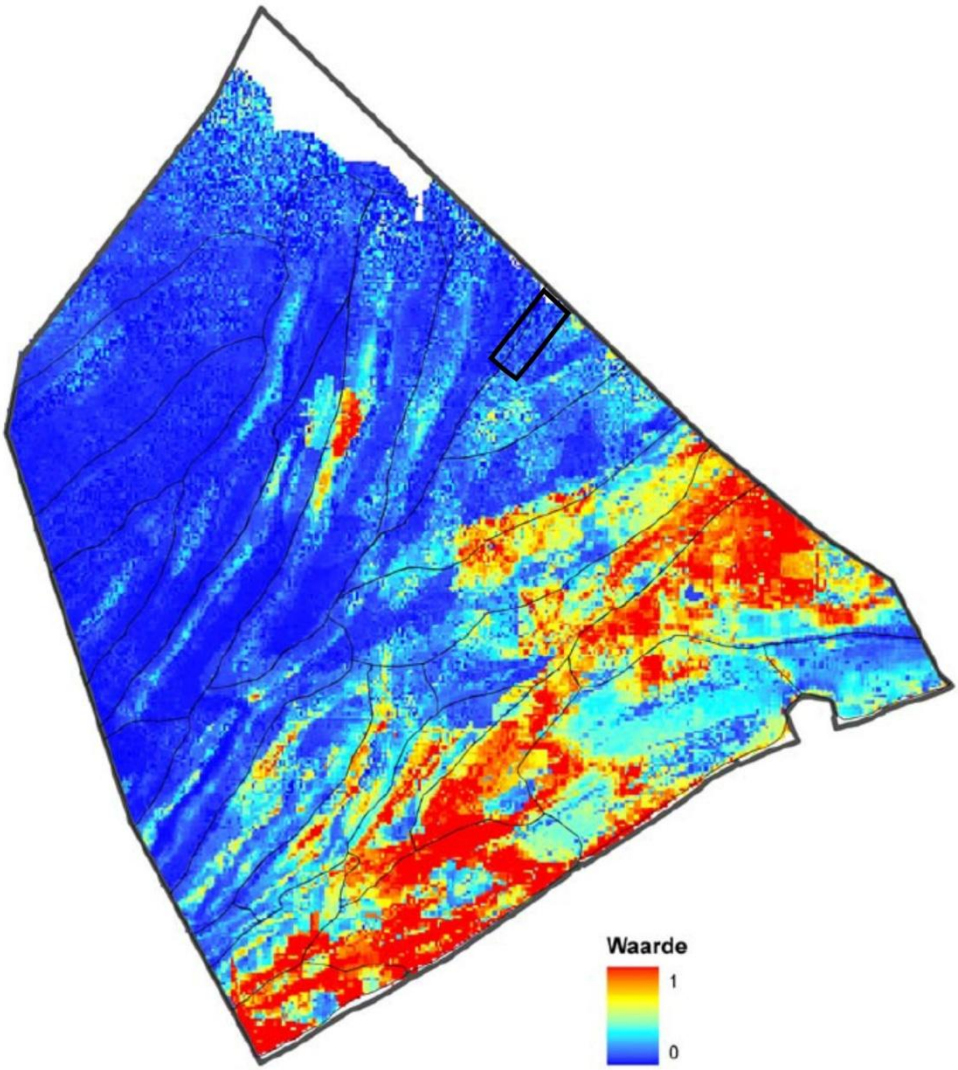
Uit Figuur 5-57 en Figuur 5-58 blijkt dat het projectgebied vooral geschikt is voor armere *N. cirrosa* en *O. limacina* (– *G. lapidum*) gemeenschappen en in beperkte mate voor de rijke *A. alba* gemeenschap (Degraer *et al.*, 2008). Aangezien deze voorspellingen gebaseerd zijn op een model, kan de effectieve verspreiding van de gemeenschappen niet met zekerheid worden weergegeven.

Derous *et al.* (2007) stelde een biologische waarderingskaart op voor het BDNZ op basis van de voorkomende macrobenthosgemeenschappen (Figuur 5-60). De data die gebruikt zijn voor de opmaak van deze figuur zijn verzameld in de periode 1994 tot 2007. Volgens deze kaart wordt het projectgebied, gelegen tussen de Blighbank en de Lodewijkbank, gekenmerkt door zowel een zeer lage als een zeer hoge biologische waarde voor het macrobenthos (Derous *et al.*, 2007).



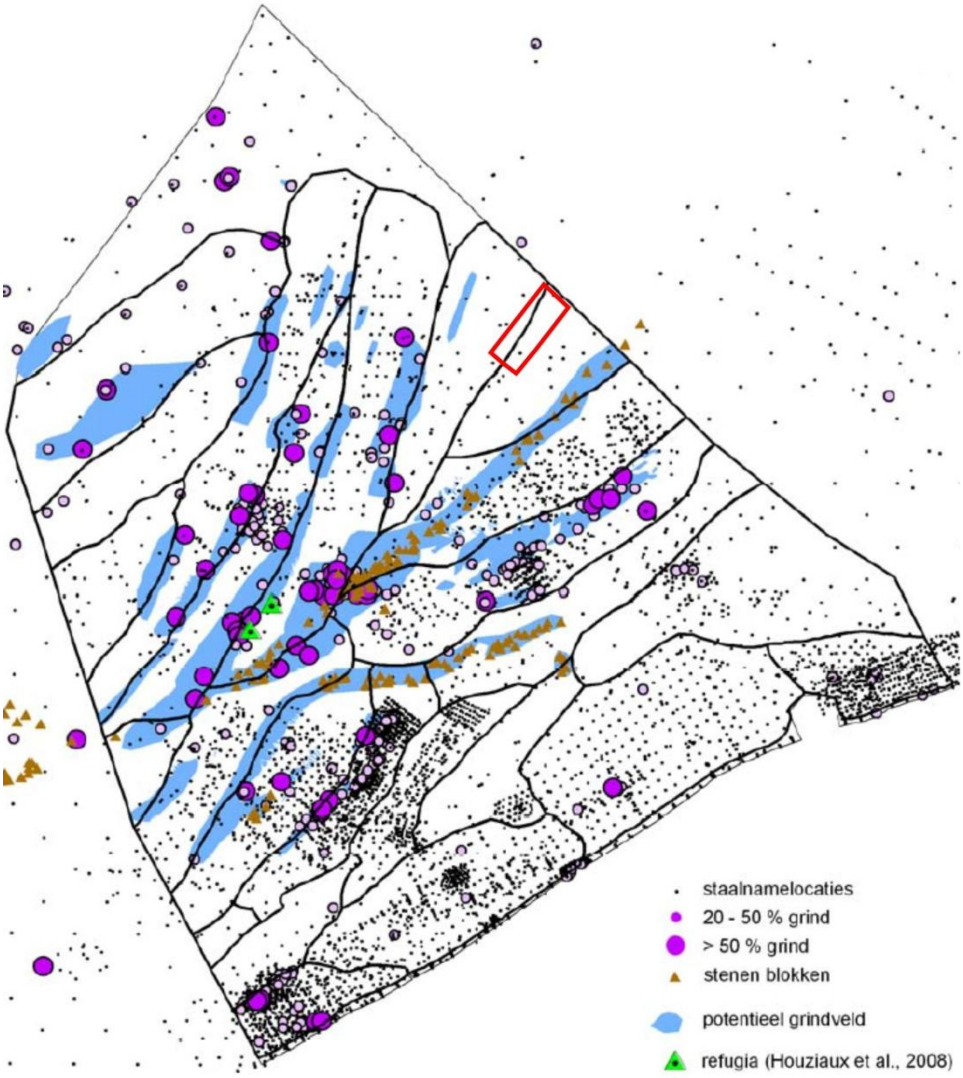

*Figuur 5-60 Biologische waarderingskaart voor het macrobenthos (Derous et al., 2007). De locatie van SeaStar is zwart omlijnd.*

In Degraer *et al.* (2009) wordt de Blighbank niet weerhouden als potentieel habitatrichtlijngebied (habitattype 1110 – permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde 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 zo goed als niet 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). De locatie van SeaStar is zwart omlijnd.*

Ook op basis van de ruimtelijke verspreiding van de grindbedden (naast *L. conchilega* eveneens kandidaat voor het habitattype 1170) is het projectgebied niet weerhouden als aan te melden habitatrichtlijngebied (Degraer *et al.*, 2009).




*Figuur 5-62 Habitattype 1170 grindbedden (Degraer et al., 2009). De locatie van SeaStar is rood omlijnd.*

Tenslotte wordt kort ingegaan op de macrobenthosgemeenschap die rondom de haven van Zeebrugge voorkomt, daar hier mogelijk 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.

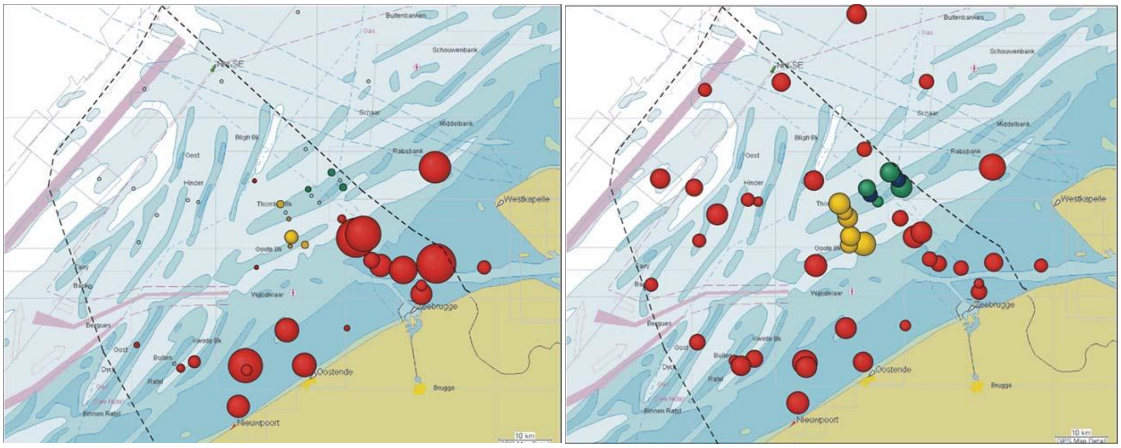
#### 5.4.2.1.3 Autonome ontwikkeling

Indien er in het projectgebied geen windmolenpark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zouden de benthosgemeenschappen niet wezenlijk veranderen. 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 5-63). De gemiddelde densiteit varieerde tussen 2 en 1.600 ind/1.000m².




*Figuur 5-63 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 5-63). 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 Blighbank 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.

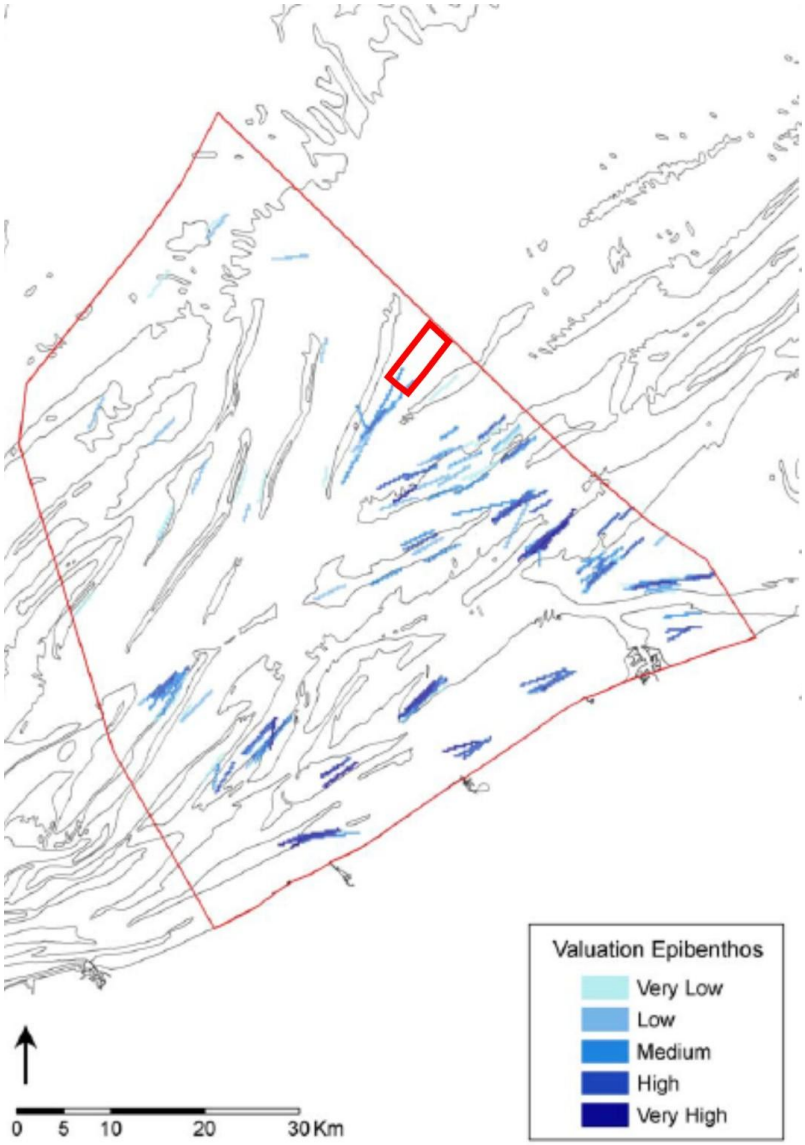
Op basis van deze staalnamecampagne stelt De Backer *et al.* (2010) tevens het volgende vast:

- De densiteit en biomassa zijn 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.

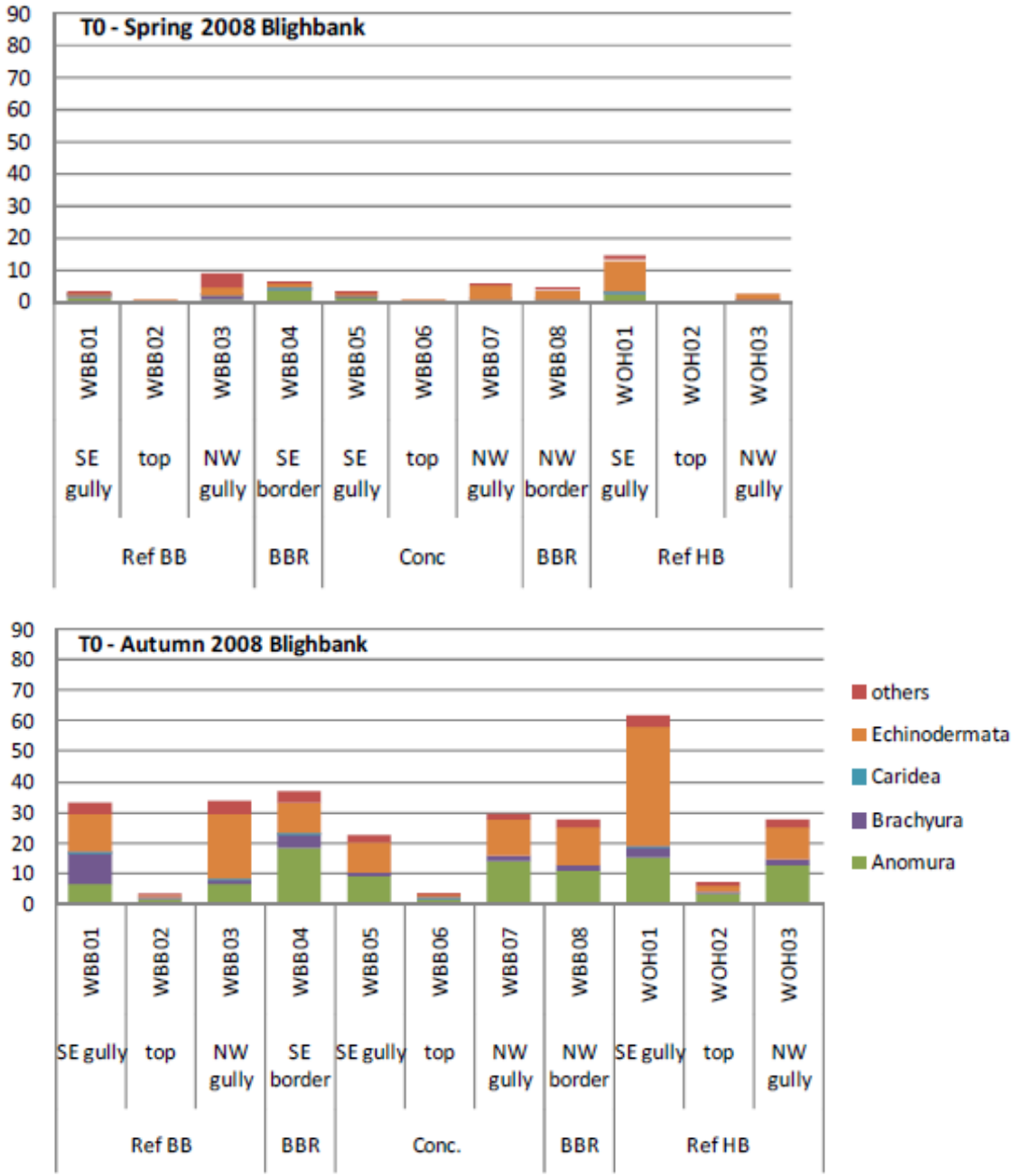



*Figuur 5-64 Biologische waarderingskaart voor het epibenthos (Derous et al., 2007). De locatie van SeaStar is rood omlijnd.*

#### 5.4.2.2.2 Het projectgebied

Onderzoek naar de referentiesituatie op de Blighbank voor de constructie van het Belwind park toonden aan dat het epibenthos duidelijk verschilt tussen de zandbankstations en de geulstations wat betreft de soortensamenstelling, densiteit, biomassa, diversiteit en lengte frequentie (Figuur 5-65). Er werden namelijk hogere (tot zes keer hoger) densiteiten genoteerd in de geulen (Vandendriessche *et al*., 2009). 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.

Ook seizoenale verschillen zijn duidelijk aanwezig op de Blighbank: gemiddeld 4 ind./1000m² in de lente vs. 24 ind./1000m² in de herfst (Tabel 5-38). Op de Blighbank en referentiegebied Hinderbank zijn echinodermata (40%) en hermietkreeften (40%) dominant in beide seizoenen, ten minste in de geulen aangezien er op de zandbanken zelf weinig epibenthos voorkwam in 2008 (Figuur 5-65).




*Figuur 5-65 Densiteiten van het epibenthos per taxonomische groep voor de Blighbank en zijn referentiegebieden, lente (boven) en herfst (onder) in 2008 (Vandendriessche et al., 2009)*

*Tabel 5-38 Overzicht van de gemiddelde densiteit van het epibenthos in de lente en herfst per taxonomische groep op de Blighbank in 2008 (Vandendriessche et al., 2009)*

| | Densteit #/1.000m² | Gemiddelde densiteit per taxonomische groep (#/1.000m²) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Anomura | Brachyura | Caridea | Echino-dermata | Bivalvia | Cepha-lopoda | Gastro-poda | Overige |
| Lente | 4 | 1,3 | 0,5 | 0,1 | 1,4 | 0,6 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Herfst | 24 | 8,9 | 2,9 | < 0,1 | 9,9 | 1,5 | 0,7 | 0,1 | < 0,1 |

Verschillen in biomassa zijn grotendeels vergelijkbaar met de verschillen in densiteit. In de herfst is de biomassa gemiddeld 2 keer zo hoog dan in de lente en in de geulen gemiddeld 3 keer zo hoog dan op de zandbanken.

*Tabel 5-39 Overzicht van de gemiddelde biomassa van het epibenthos in de lente en herfst per taxonomische groep op de Blighbank in 2008 (Vandendriessche et al., 2009)*

| | **Gem. biomassa gWW/1.000m²** | **Gemiddelde biomassa per taxonomische groep (gWW/1.000m²)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Anomura | Brachy-ura | Caridea | Echino-dermata | Bivalvia | Cepha-lopoda | Gastro-poda | Overige |
| Lente | 22 | 2,4 | 2,7 | 0,2 | 6,0 | 9,3 | 0,8 | < 0,1 | 0,2 |
| Herfst | 48 | 8,6 | 9,7 | < 0,1 | 16,9 | 8,3 | 4,6 | 0,1 | 0,1 |

De aangetoonde seizoenale, interannuele en ruimtelijke variatie was vooral het gevolg van wisselende proporties van een aantal algemene epibenthische soorten zoals de Gewone slangster *Ophiura ophiura* (Echinodermata), Kleine slangster *Ophiura albida* (Echinodermata), Grijze garnaal *Crangon crangon* (Caridea), Heremietskreeft *Pagurus bernhardus* (Anomura), Gewone zwemkrab *Liocarcinus holsatus* (Brachyura), Zeekat *Sepiola atlantica* (Cephalopoda) en Dwergpijlinktvis *Alloteuthis subulata* (Cephalopoda) (Vandendriessche *et al.,* 2009).

Uitgaande van de locatie van het windmolenpark tussen de Bligh Band en de Lodewijkbank kan hier eenzelfde soortensamenstelling verwacht worden als beschreven voor de geulen, Hoewel de geulen over het algemeen rijker zijn (densiteit en diversiteit) dan de toppen van de zandbanken voor het epibenthos, blijven ze toch van minder ecologisch belang in vergelijking met de rijkere kustgebieden (Figuur 5-63).

#### 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) en vlakbij het geplande Alpha-eiland van Elia. De reeds goedgekeurde (C-Power, Belwind, Northwind, Norther, Rentel) windmolenparken en het platform zouden een effect kunnen hebben op het aquatische milieu als geheel door het aantrekken van andere epibenthische organismen waardoor het gebied soortenrijker wordt en nieuwe gemeenschappen kan herbergen. 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.

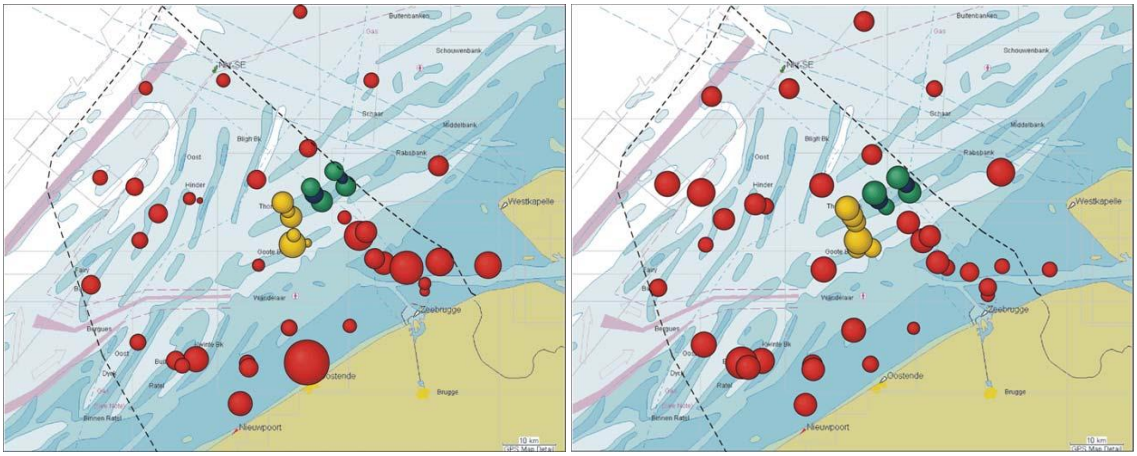
#### 5.4.2.3 Vissen

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 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 5-66). 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 5-66).




*Figuur 5-66 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:

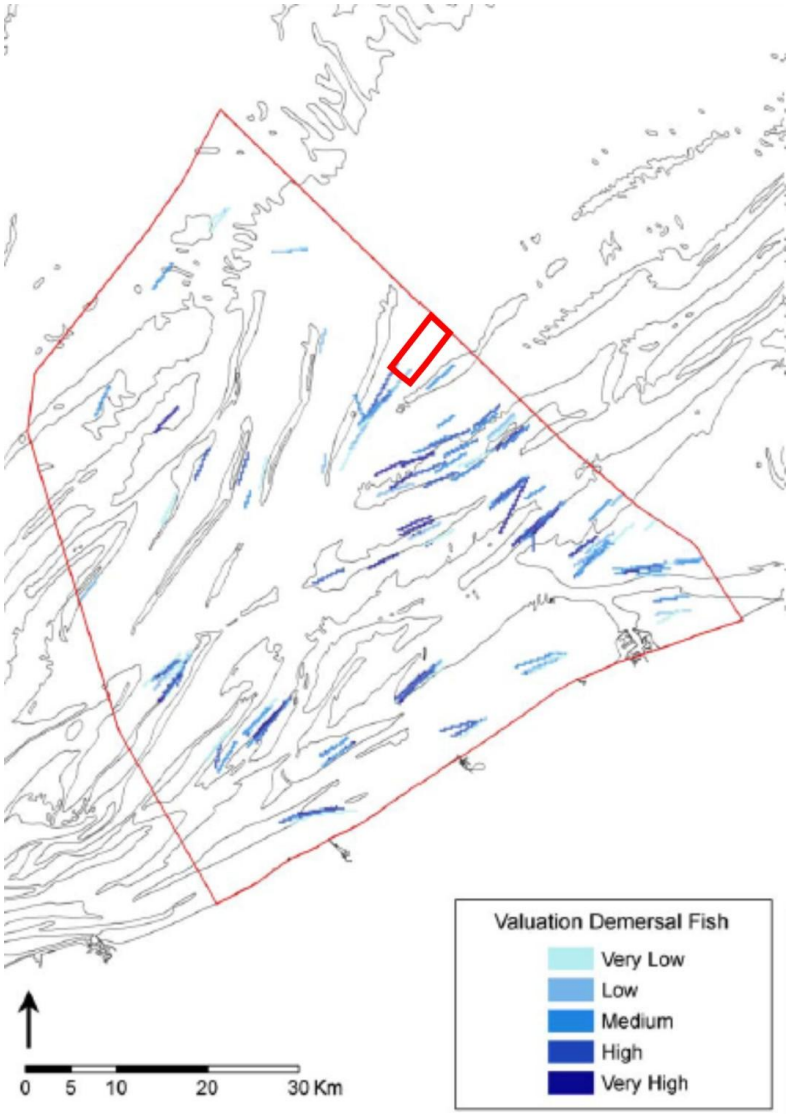
- Baarsachtigen (28%);
- Platvissen (27%);

- 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 5-67 (Derous *et al.*, 2007). Ook hier is het aantal gegevens beperkt waardoor men geen volledig beeld van het BDNZ krijgt.



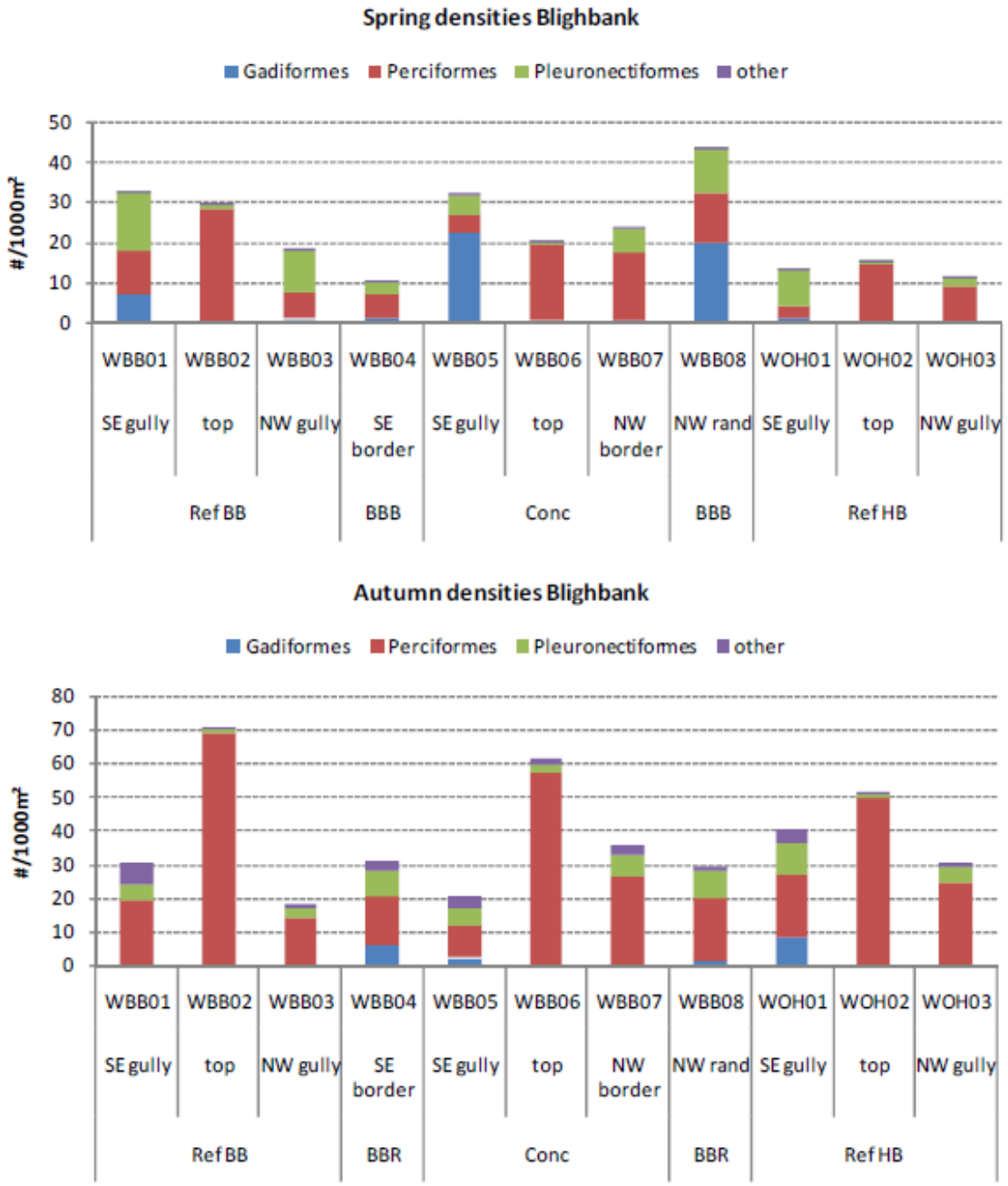

*Figuur 5-67 Biologische waarderingskaart voor de demersale visfauna (Derous et al., 2007). De locatie van SeaStar is rood omlijnd.*

#### 5.4.2.3.2 Het projectgebied

De baseline studie uitgevoerd op de Blighbank in 2008 toont aan dat de variaties in biotische variabelen (densititeit, diversiteit, biomassa, lengte frequentie) betreffende demersale vissen vooral toe te schrijven zijn aan seizoenale en ruimtelijke (geulen versus banken) verschillen. Visdensiteiten waren algemeen hoger (>200%) in de herfst dan in de lente (Figuur 5-68). De aantallen van nabijgelegen zones lagen in dezelfde grootteorde in beide seizoenen. In totaal werden in de regio van de Blighbank 30 demersale vissen gevonden in de herfst, ten opzichte van 27 soorten in de lente (Vandendriessche et al.,2009).

Ook waren de verschillen tussen geulen en banken van groot belang en werden hogere densiteiten aangetroffen op de banken in de herfst (vooral door abundantie van Kleine pieterman) en vergelijkbare densiteiten tussen geulen en banken in de lente (Figuur 5-68). Baarsachtigen waren dominant op de top van de zandbank in beide seizoenen (> 90% van de totale densiteit per station), terwijl in de geulen zowel baarsachtigen als platvissen het vaakst werden geobserveerd. De belangrijkste soort op de Blighbank tijdens de lente waren de Kleine

pieterman (*Echiichtys vipera*) voor de baarsachtigen, Wijting (*Merlangius merlangus*) voor de kabeljauwachtigen en Schar (*Limanda limanda*), Dwergtong (*Buglossidium luteum*) en Schol (*Pleuronectes platessa*) voor de platvissen.




*Figuur 5-68 Densiteiten van demersale vissen per taxonomische groep op de Blighbank en zijn referentiezones, tijdens de lente (boven) en herfst (onder) van 2008 (Vandendriessche et al.,2009)*

In sommige aspecten (vnl. densiteit) blijven deze zandbanken in vergelijking met de rijkere kustgebieden (Figuur 5-66) toch van minder ecologisch belang.

#### 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. 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) en vlakbij het geplande Alpha-eiland van Elia. De reeds goedgekeurde windmolenparken en het platform zouden een effect kunnen hebben op het aquatische milieu als geheel doordat ze een aantrekking zouden kunnen uitoefen op (jonge) vissen 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

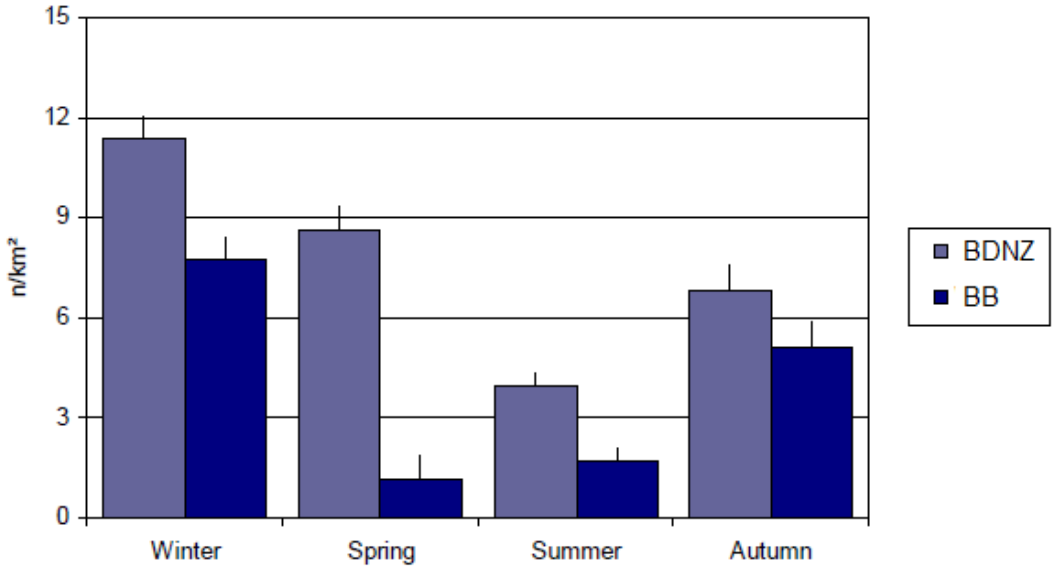
#### 5.4.2.4.1 Het Belgisch Deel van de Noordzee

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).

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.

#### 5.4.2.4.2 Het projectgebied

Vanaf 2008 werden de Blighbank en de Lodewijkbank intensief gemonitord (Figuur 5-56). Resultaten van Vanermen & Stienen (2009) toonden aan dat de gemiddelde vogeldensiteiten op de Blighbank nooit hoger lagen dan het gemiddelde van het BDNZ (Figuur 5-69). Tijdens de lente en zomer zijn de densiteiten erg laag op de Blighbank, terwijl in de herfst en wintermaanden densiteiten voorkomen van respectievelijk 5 en 8 vogels per km². De resultaten van deze tellingen tonen dat dit zeegebied van relatief gering ornithologisch belang is.



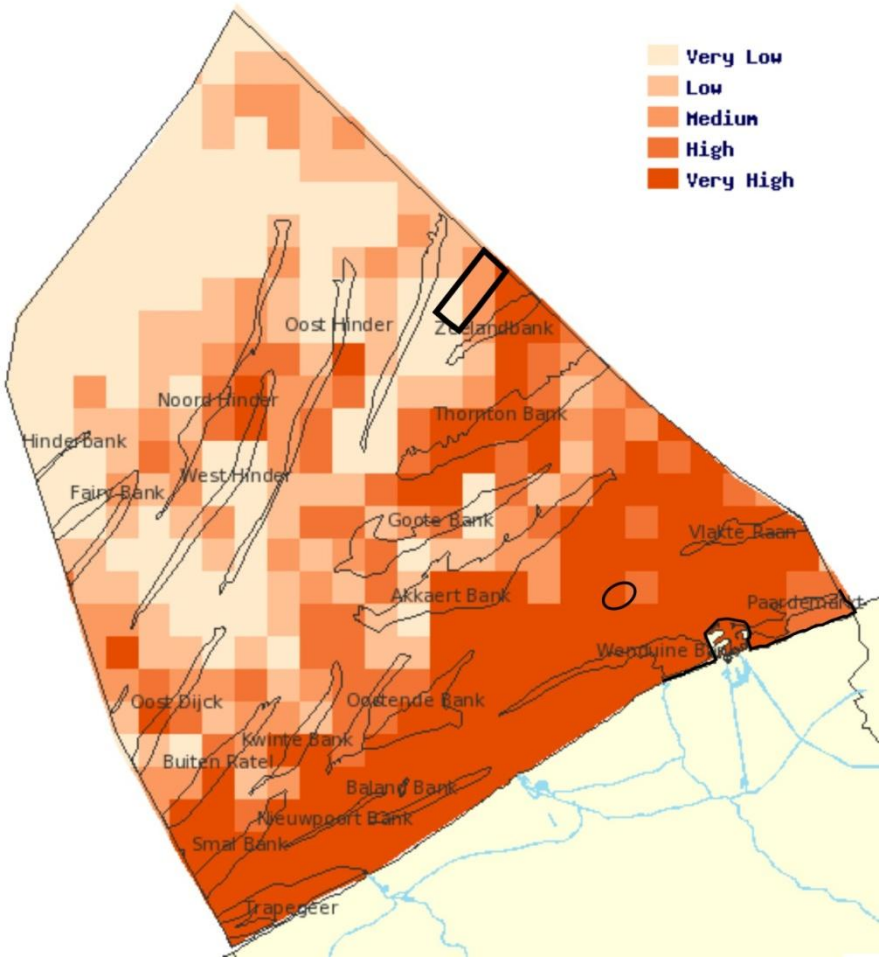

*Figuur 5-69 Vogeldensiteiten (n/km²) op de Blighbank (BB) in vergelijk met het Belgisch Deel van de Noordzee (BDNZ) tijdens de winter, lente, zomer en herfst (Vanermen & Stienen, 2009)*

Tabel 5-40 vergelijkt de gemiddelde densiteiten van enkele vogelsoorten op de Blighbank met de gemiddelde densiteiten op het BDNZ. Doordat de Blighbank op ruime afstand van de kust is gelegen, komen er in dit gebied zo goed als geen Roodkeelduikers (*Gavia stellata*), Futen (*Podiceps cristatus*), Zwarte Zee-eenden (*Melanitta nigra*) en Sternen (*Thalasseus sandvicensis* en *Sterna hirundo*) voor. Zes soorten komen wel in relatief hoge densiteiten voor, namelijk Noordse stormvogel (*Fulmarus glacialis*), Grote jager (*Stercorarius skua*), Dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*), Kleine mantelmeeuw (*Larus fuscus*), Drieteenmeeuw (*Rissa tridactyla*) en Zeekoet (*Uria aalge*). Volgens Vanermen & Stienen (2009) zijn voor de Blighbank echter enkel de Dwergmeeuw en de Grote Jager van belang. Bijgevolg heeft het projectgebied dan ook een zeer lage tot medium waarde op de biologische waarderingskaart van Derous *et al.* (2007) (Figuur 5-70).

*Tabel 5-40 Vergelijking van de seizoenale verdeling (aantal vogels/km²) van zeevogels op de Blighbank (BB) 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 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BB | BDNZ | BB | BDNZ | BB | BDNZ | BB | BDNZ |
| Aantal gridcellen | 27 | 778 | 17 | 676 | 25 | 642 | 29 | 736 |
| Roodkeelduiker | 0.02 | 0.23 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Fuut | 0.00 | 0.46 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 |
| Noordse stormvogel | 0.31 | 0.43 | 0.10 | 0.25 | 0.15 | 0.14 | 0.02 | 0.51 |
| Jan-van-gent | 0.67 | 0.42 | 0.08 | 0.27 | 0.14 | 0.13 | 0.98 | 1.02 |
| Zwarte zee-eend | 0.00 | 0.53 | 0.00 | 0.78 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.08 |

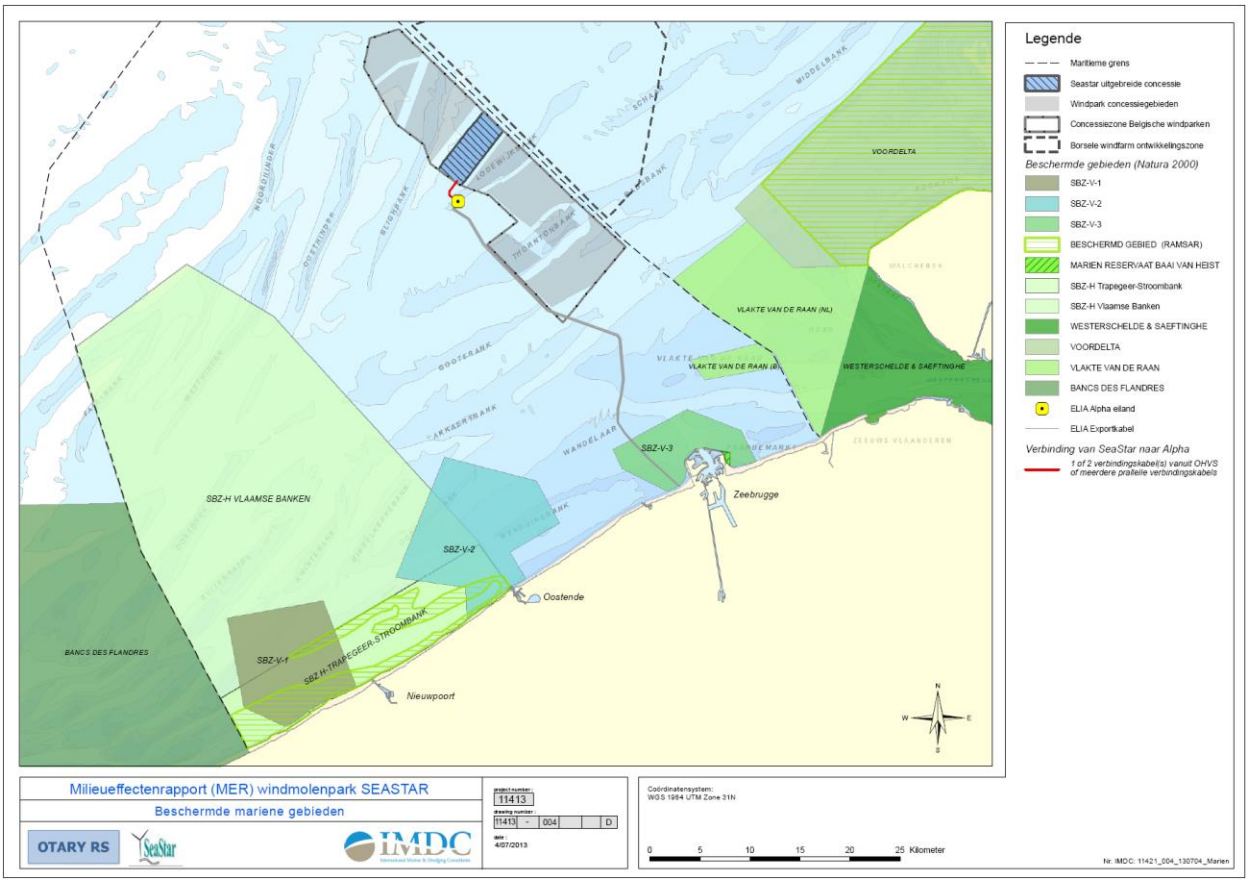
| | Winter | | Lente | | Zomer | | Herfst | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grote jager | 0.10 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 |
| Dwergmeeuw* | 0.00 | 0.17 | 0.38 | 0.70 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.25 |
| Stormmeeuw | 0.32 | 1.24 | 0.02 | 0.53 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.26 |
| Kleine mantelmeeuw | 0.23 | 0.27 | 0.40 | 3.00 | 1.29 | 1.89 | 0.13 | 0.95 |
| Zilvermeeuw | 0.13 | 0.63 | 0.00 | 0.98 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 0.51 |
| Grote mantelmeeuw | 0.34 | 1.12 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.05 | 0.56 | 0.70 |
| Drieteenmeeuw | 2.31 | 1.87 | 0.00 | 0.38 | 0.05 | 0.04 | 2.99 | 1.22 |
| Grote stern* | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.01 | 0.23 | 0.00 | 0.01 |
| Visdief* | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.26 | 0.02 | 0.64 | 0.00 | 0.02 |
| Zeekoet | 3.10 | 3.26 | 0.14 | 0.88 | 0.00 | 0.01 | 0.34 | 0.80 |
| Alk | 0.30 | 0.67 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.20 |




*Figuur 5-70 Biologische waarderingskaart voor de vogels (Derous et al., 2007.) De locatie van SeaStar is zwart omlijnd.*

#### 5.4.2.4.3 Beschermde soorten

Daarnaast is het BDNZ ook van belang voor enkele minder algemene en Europees beschermde zeevogels zoals de Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief. 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 5-71). De drie Europees beschermde soorten worden hierna meer in detail beschreven op basis van gegevens van Vanermen & Stienen (2009).



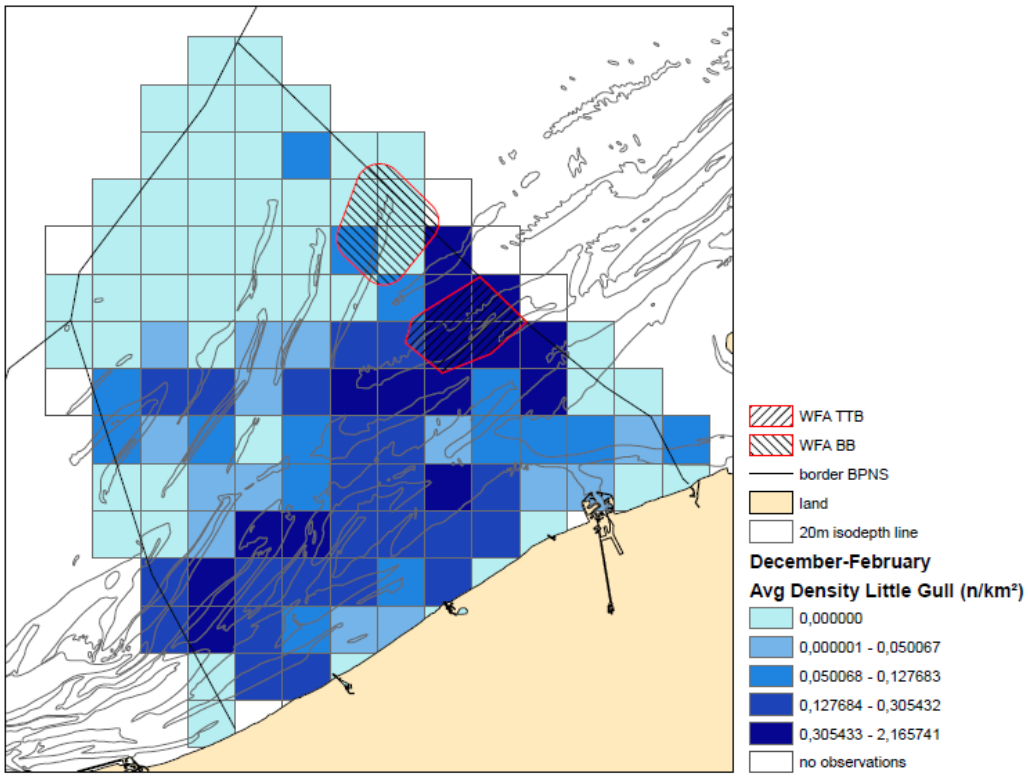

*Figuur 5-71 Overzicht van o.a. de 3 speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V) in het Belgische deel van de Noordzee*

***Dwergmeeuw***

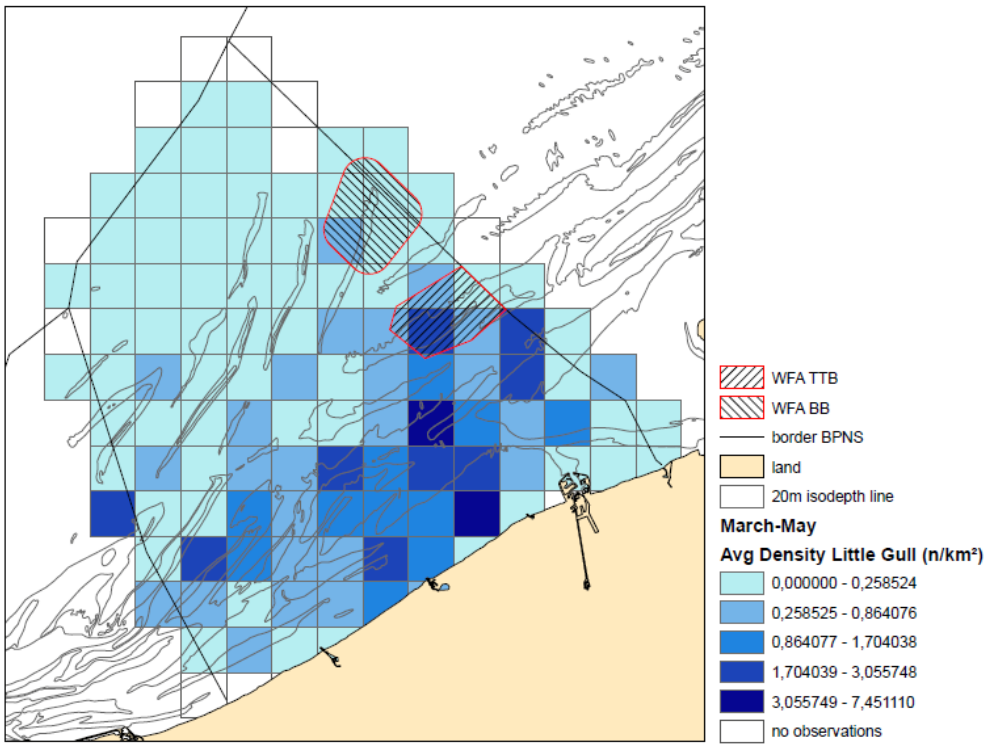
(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bern Conventie).

Onderstaande figuren geeft de verspreiding van deze soort in het BDNZ weer tijdens de winter, lente en herfst (Figuur 5-72 t.e.m. Figuur 5-74).

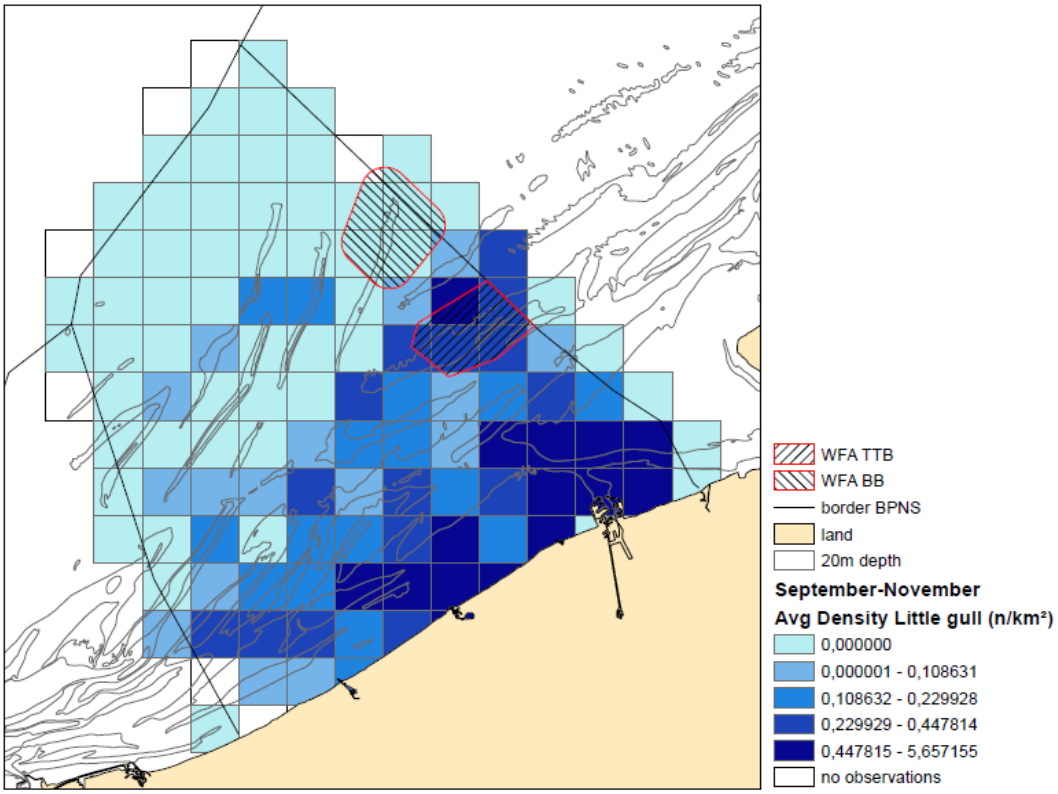
In het projectgebied kan deze soort tijdens de winter voorkomen in hoge densiteiten in tegenstelling tot de lente en herfst. Tijdens de herfst wordt Dwergmeeuw vooral waargenomen ter hoogte van de haven van Zeebrugge en Oostende.




*Figuur 5-72 Winter distributie van de Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*




*Figuur 5-73 Lente distributie van de Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*

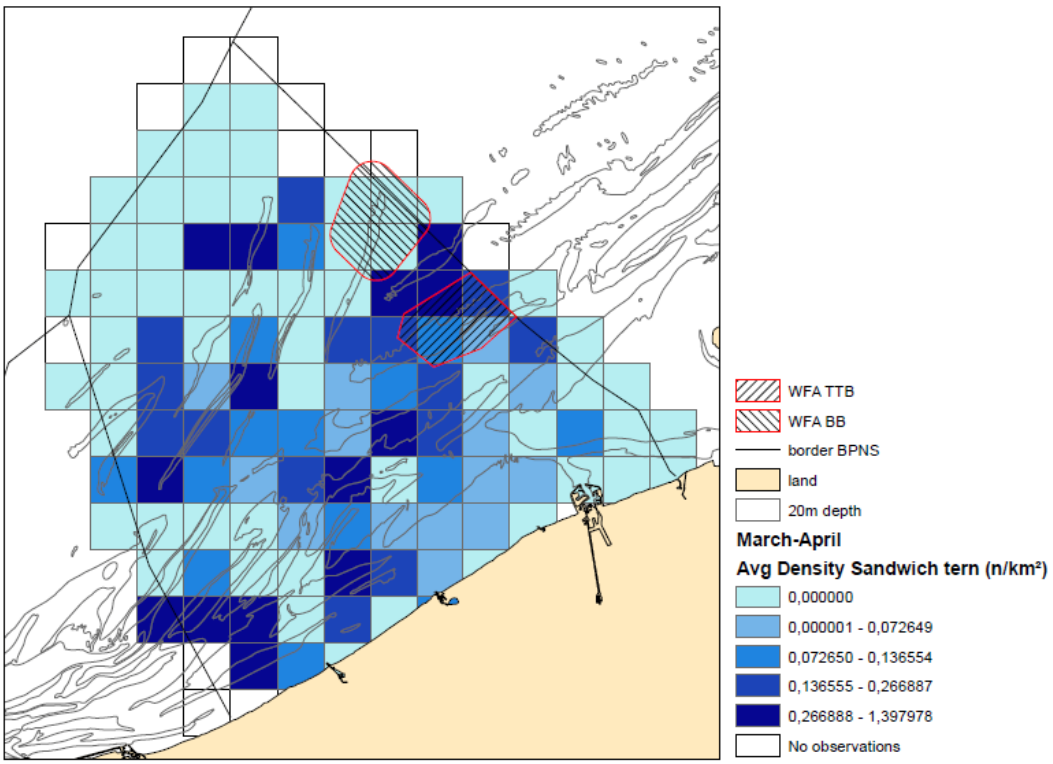



*Figuur 5-74 Herfst distributie van de Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*

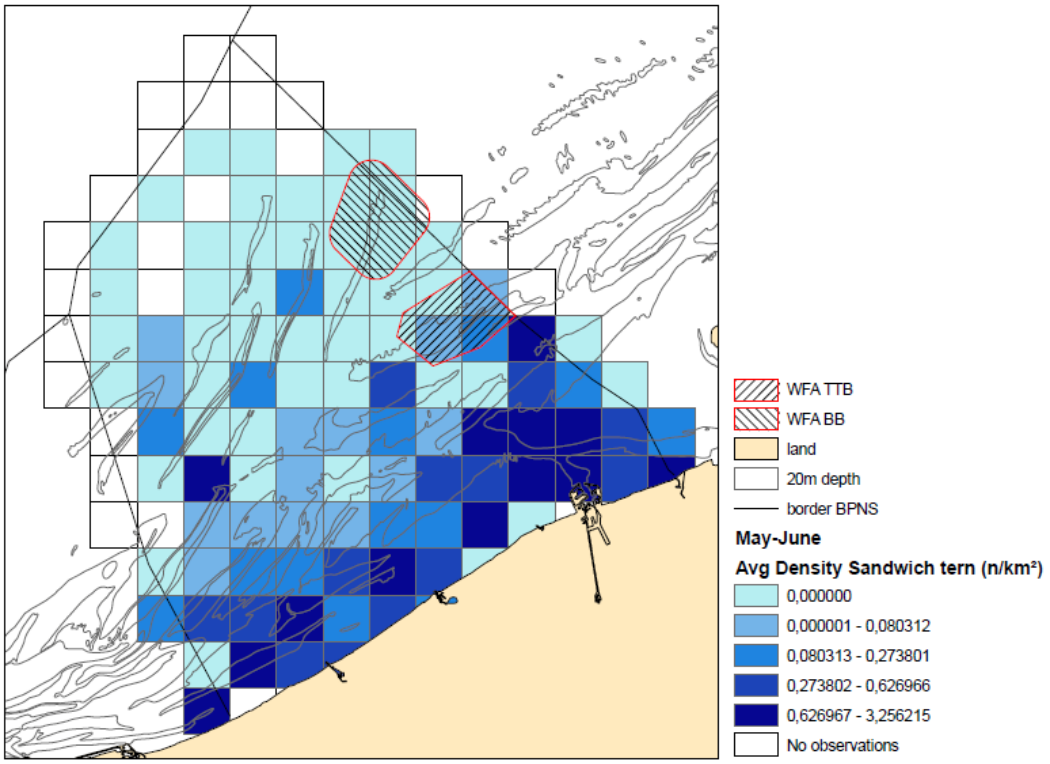
### *Grote stern*

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bonn Conventie, Appendix II van de Bern Conventie).

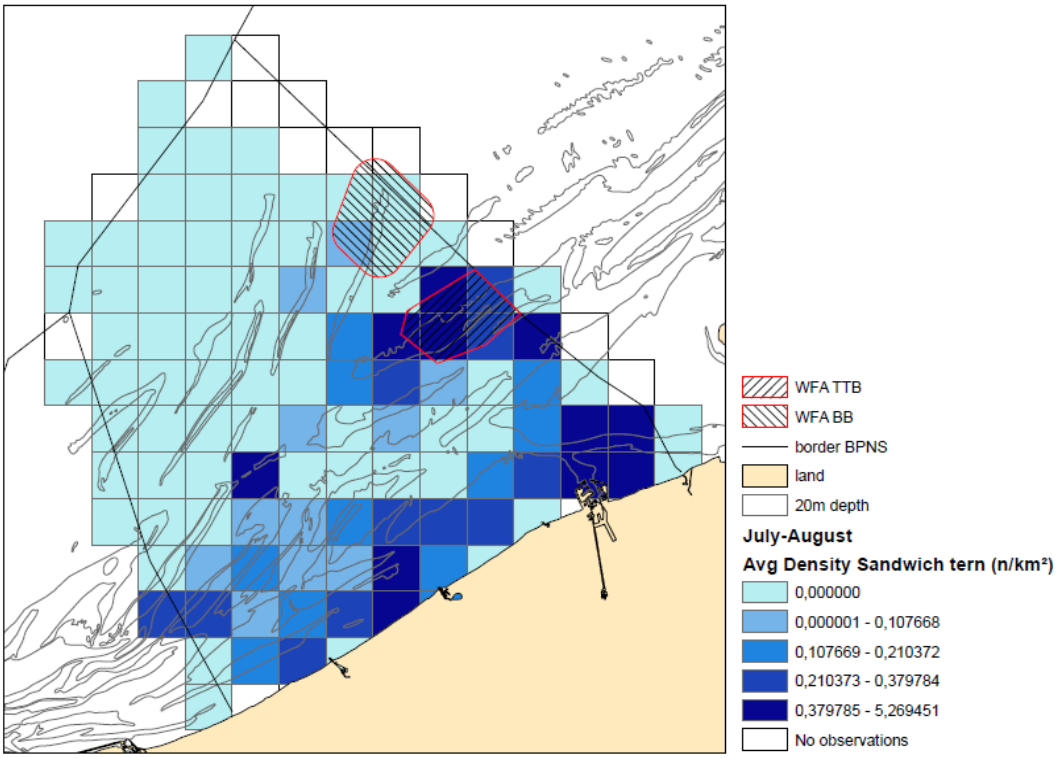
In de lenteperiode treedt verspreid over heel het BDNZ een migratie van Grote sternen op (Figuur 5-75). Ook op de Lodewijkbank komen er dan grote concentraties voor. Tijdens het broedseizoen komen de grootste dichtheden voor nabij de kust, met een duidelijke concentratie binnen een straal van 15 km rond de broedkolonie op het sternenschiereiland te Zeebrugge (Figuur 5-76). 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 5-77).




*Figuur 5-75 Lente distributie van de Grote Stern op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*




*Figuur 5-76 Distributie van de Grote Stern op het Belgische deel van de Noordzee tijdens het broedseizoen (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*

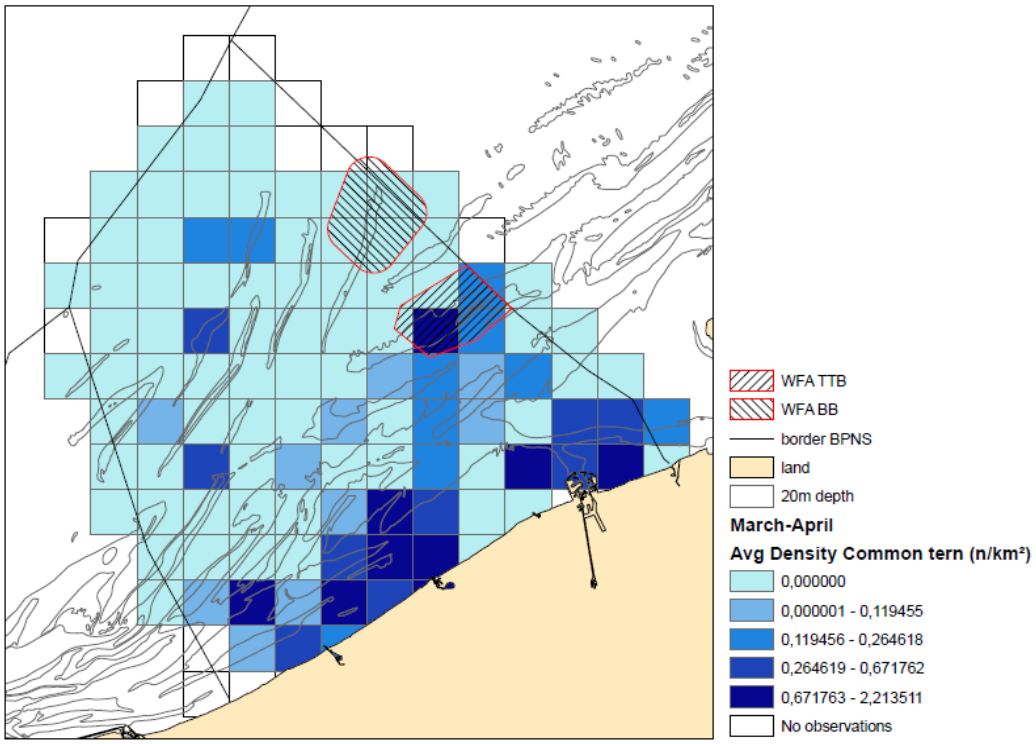



*Figuur 5-77 Zomer distributie van de Grote Stern op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*

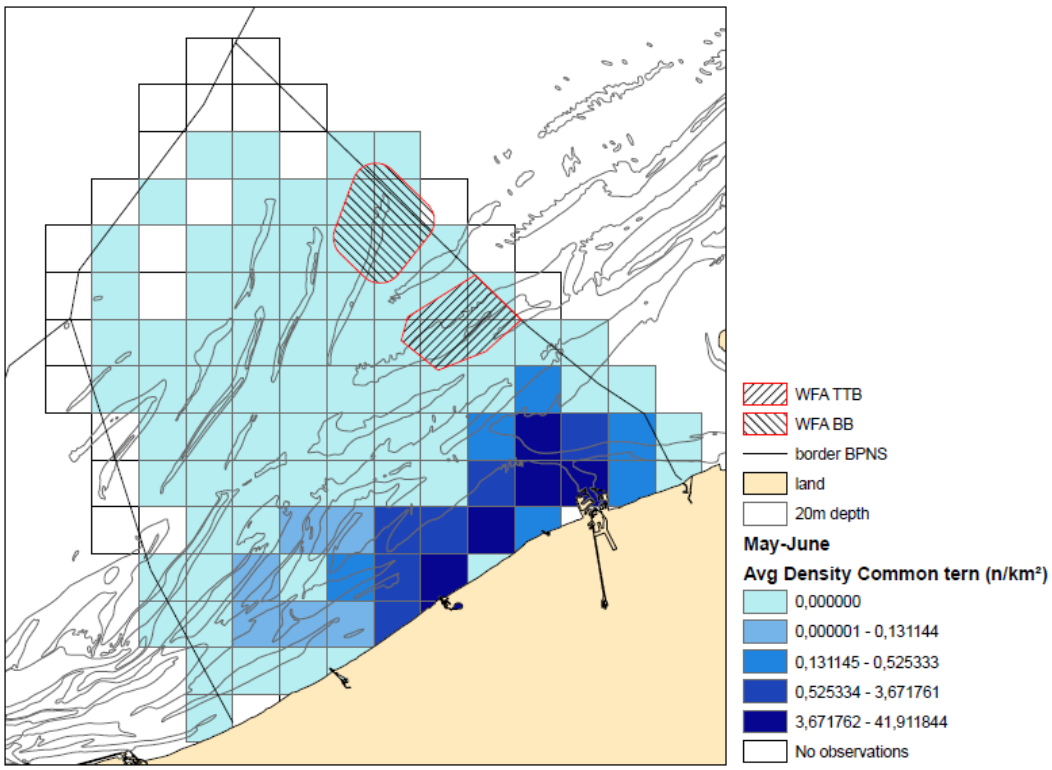
### *Visdief*

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bonn Conventie, Appendix II van de Bern Conventie).

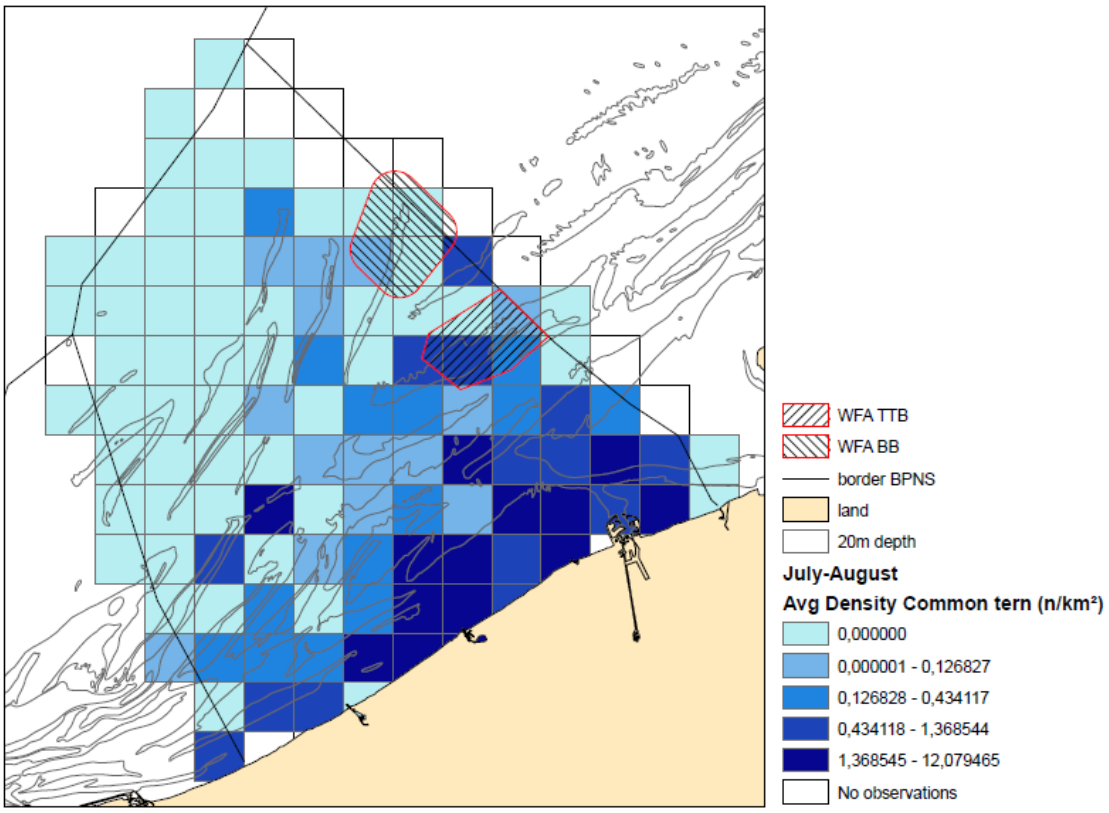
In de vroege lente komt de Visdief verspreid over het BDNZ voor, met hoge densiteiten ter hoogte van de haven van Zeebrugge en Oostende (Figuur 5-78). Tijdens het broedseizoen komen Visdieven vooral in de kustzone voor en meer specifiek ter hoogte van de broedkolonie op het sternenschiereiland te Zeebrugge (Figuur 5-79). Tegen het eind van de zomer, bij aanvang van de zuidelijke migratie, komen er wel opnieuw Visdieven voor op de Lodewijkbank en in beperkte mate op de Blighbank (Figuur 5-80).




*Figuur 5-78 Lente distributie van de Visdief op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*




*Figuur 5-79 Distributie van de Visdief op het Belgische deel van de Noordzee tijdens het broedseizoen (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*




*Figuur 5-80 Zomer distributie van de Visdief op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²) (Vanermen & Stienen, 2009)*

#### 5.4.2.4.4 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van het SeaStar 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. Ook de constructie van het Alpha-eiland voor het Belgian Offshore Grid (BOG) van Elia zal een grote impact hebben voor vogels. Een eiland creëert immers een rustplaats en oefent een enorme aantrekking uit op vogels. Voor meer details wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'

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).

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 afgenomen voedselbeschikbaarheid 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).

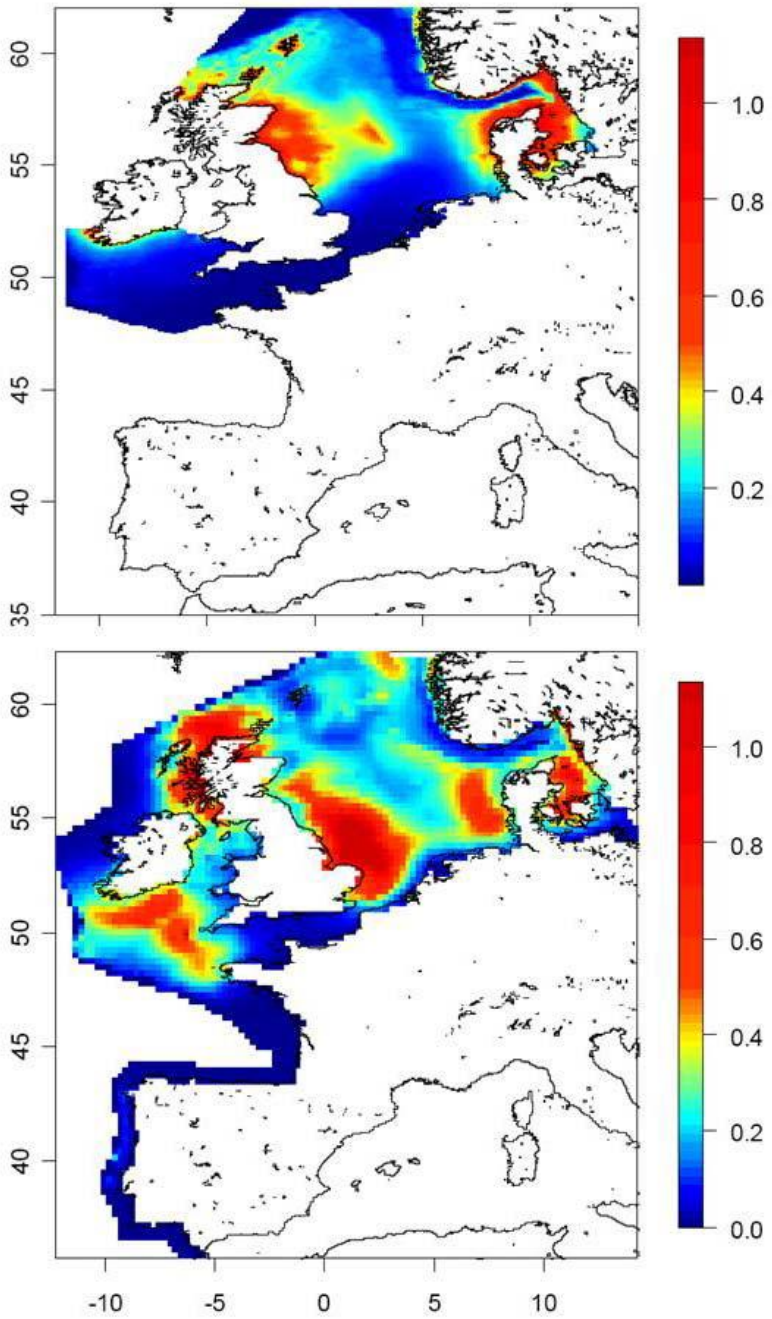
Alle zeezoogdieren zijn beschermde soorten. België heeft voor de zeezoogdieren verplichtingen op zich genomen om ze te beschermen en om negatieve impacten zoveel mogelijk te vermijden. Walvisachtigen en zeehonden zijn namelijk soorten die opgenomen zijn in de Europese Habitatrichtlijn Bijlage II en IV. 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 5-81). 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.



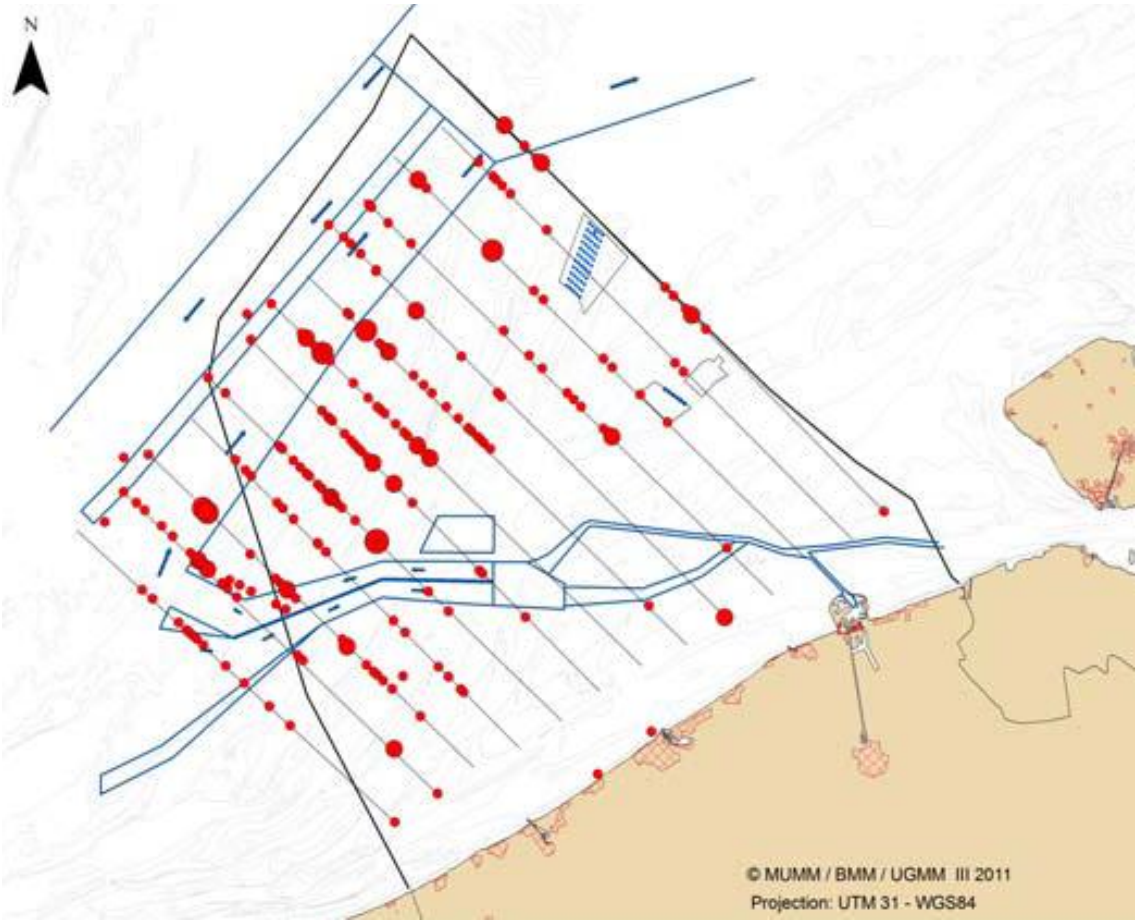

*Figuur 5-81 Een vergelijking tussen de zomerverspreidingsgebieden van de Bruinvis zoals vastgesteld in 1994 (boven) en 2005 (onder) toont duidelijk aan dat er een verandering opgetreden is in het verspreidingsgebied. De kleurschaal rechts van de kaart geeft de vastgestelde densiteit weer in aantal dieren/km² (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).

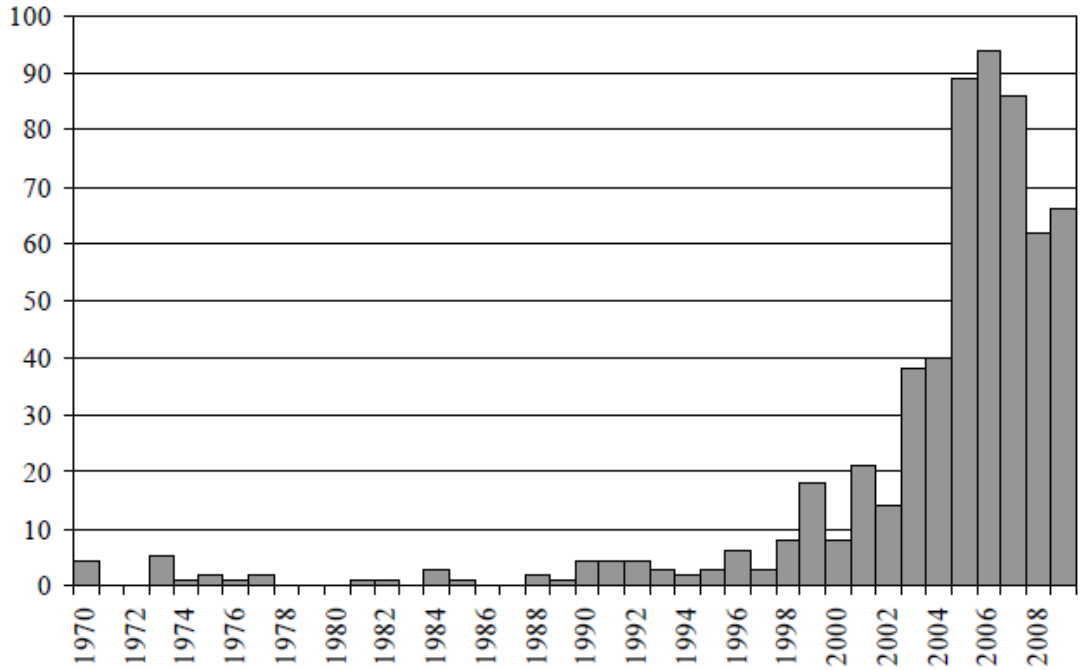
Figuur 5-82 toont de waarnemingen van zeezoogdieren tijdens de survey van 29 maart 2011 (Haelters *et al.*, 2012a) – een snapshot van de verspreiding van bruinvissen vóór de aanvang van heiwerkzaamheden op de Thorntonbank (C-Power fase 2 en 3). Ook tijdens de surveys van 17/2-2/3/2010 en 8/7/2010 werden er Bruinvissen waargenomen in het projectgebied van Norther (Haelters *et al.*, 2011).



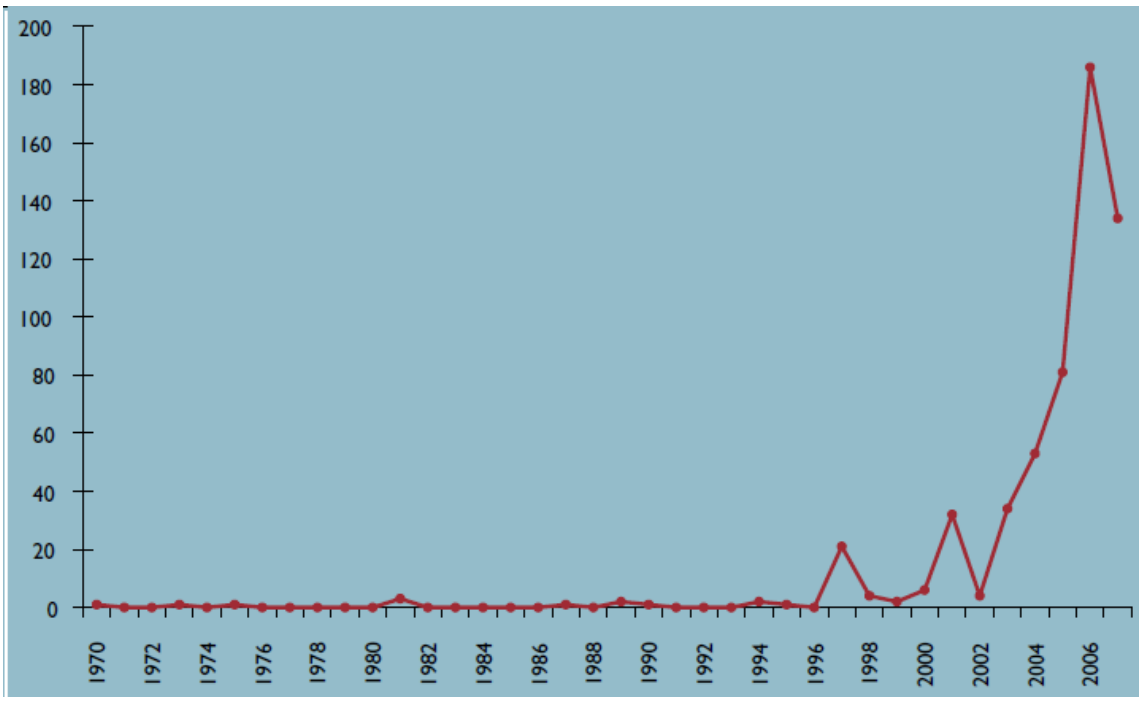

*Figuur 5-82 Waarnemingen van Bruinvissen tijdens de survey van 29 maart 2011. Grijze lijn: survey track; rode stippen: groepen Bruinvissen (1 tot 4 dieren per groep – de grootte van de stippen is proportioneel met het aantal dieren). De scheepvaartroute, het ankergebied en de offshore windmolenparken (Belwind en C-Power) worden aangeduid (Haelters et al., 2012a).*

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 5-83 en Figuur 5-84). 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).

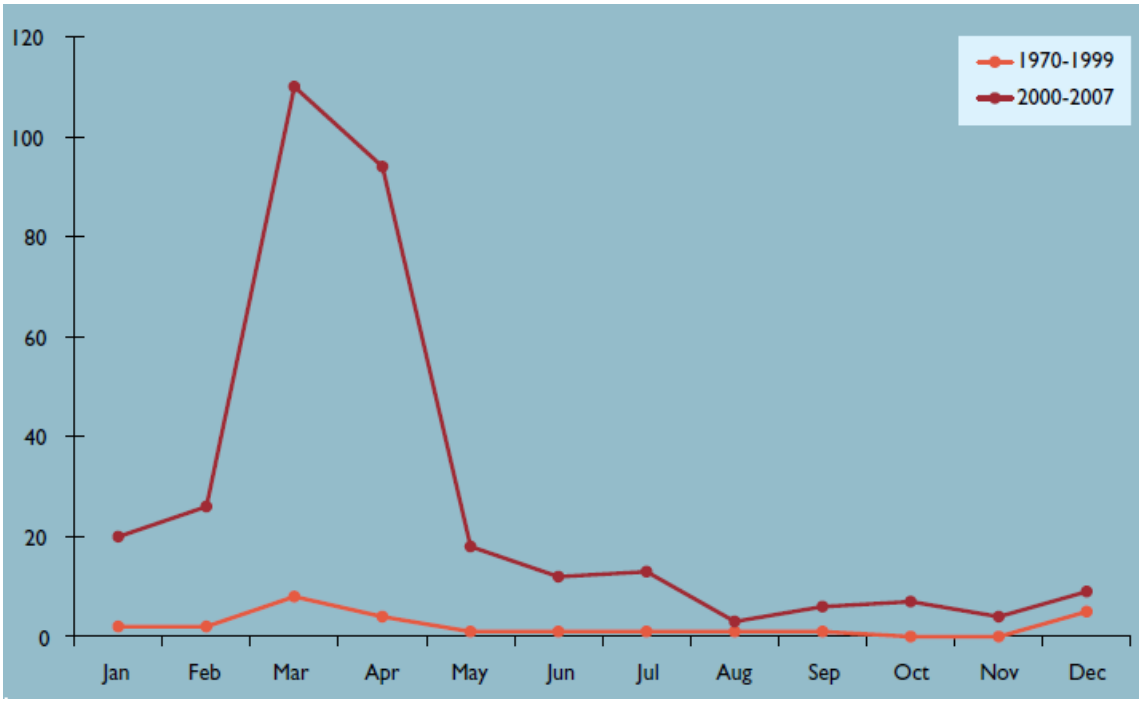



*Figuur 5-83 Aantal gestrande Bruinvissen in België tussen 1970 en 2009 (Haelters et al., 2010).*




*Figuur 5-84 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 5-85).




*Figuur 5-85 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 8.500 Bruinvissen voor in Belgische wateren (min. gemiddeld 2,5 individuen per km²) (Haelters *et al*., 2012). 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, 2010; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2009, 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).

### *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 er 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 SeaStar liggen in Zeeland (Bol van de Ooster, Hooge Platen), op een 60-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 60-tal kilometer van het SeaStar projectgebied. De Grijze Zeehond is in de Nederlandse Delta in korte tijd spectaculair toegenomen: terwijl er in 2003 maximaal 45 exemplaren werden waargenomen, meldde een uitgebreide survey in 2011 677 stuks (Haelters *et al*., 2012b). 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 SeaStar 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

Door de aanwezigheid van de windmolenparken op de Blighbank en vanaf 2013 op de Lodewijkbank, zijn er in de nabijheid van SeaStar al een grote hoeveelheid harde substraten aanwezig. Kerckhof *et al.* (2012) vergeleken de soortensamenstelling en de ecologische successie van de aangroeigemeenschap op het subtidale (circalitorale) deel van de funderingen van 2 windmolenparken, nl. C-Power op de Thorntonbank en Belwind op de Blighbank. Zoals reeds in talrijke andere studies werd waargenomen, vond er een snelle kolonisatie plaats van het beschikbare substraat. Niet minder dan de helft van het totale aantal aanwezige soorten (41 van de 78 taxa) werd in beide windmolenparken aangetroffen. Op allebei de windmolenparken was de amphipode *Jassa herdmani* dominant aanwezig met dichtheden tot 90.000 ind./m² (dit is 70% van de telbare soorten). Andere dominante soorten in de beide windmolenparken waren de zeester *Asterias rubens* en het vlokreeftje *Stenothoe valida*. Tijdens het eerste jaar verliep de successie in de windmolenparken zeer gelijkaardig met enkele mobiele soorten zoals *J. herdmani* en *Corophium acherusicum* die een typische zomer – winter oscillatie vertoonden. De sessiele soorten zoals *Pomatoceros triqueter* en *Clytia hemisphaerica* vertoonden een sterk verschillend kolonisatiepatroon waardoor de overeenkomsten na het eerste jaar minder duidelijk waren. Op de betonnen gravitaire funderingen van C-Power werden beduidend meer soorten aangetroffen dan op de stalen monopiles van Belwind (respectievelijk 70 en 49 soorten). Het verschil tussen beide parken werd bovendien nog benadrukt door het voorkomen op de C-Power funderingen van enkele soorten die typisch zijn voor kustgebonden mobiele sedimenten zoals de tweekleppigen *Abra alba* en *Mysella (Kurtiella) bidentata*. De biologische aangroei op beide parken vertoont sterke gelijkenissen met de aangroeigemeenschappen op de artificiële en natuurlijke harde

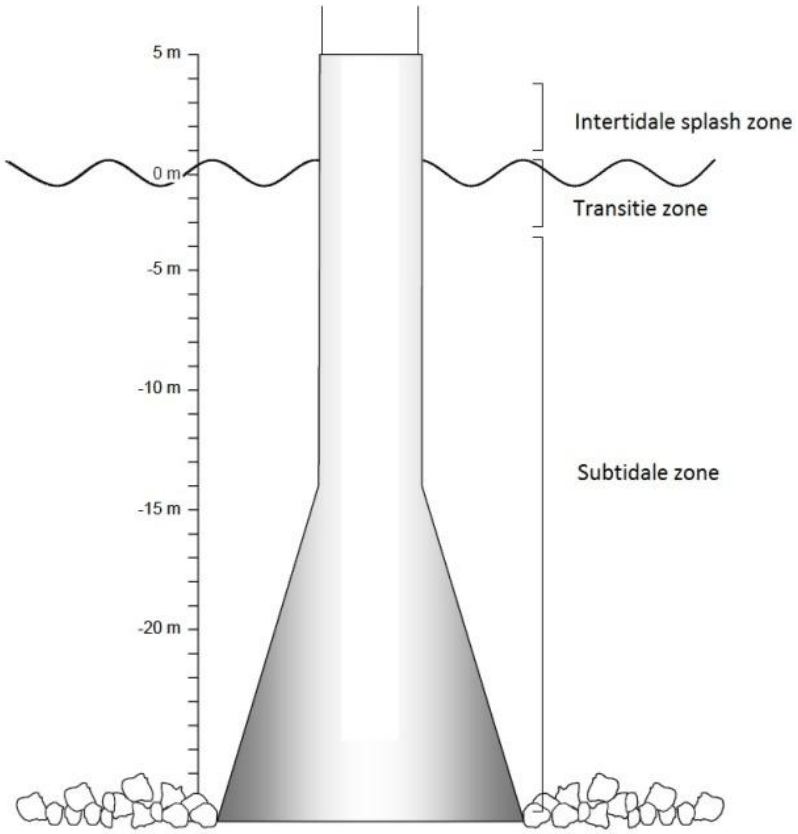
substraten in de omgeving en de rekrutering gebeurt blijkbaar uit een gemeenschappelijke soortenpool.

In vergelijking met de omliggende natuurlijke harde substraten is de taxonomische samenstelling van de sessiele epifauna verarmd. Dit kan, net zoals bij scheepswrakken, verklaard worden door specifieke kenmerken van de bestudeerde structuren zoals verticaliteit, samenstelling van het substraat of een lagere waterdiepte. Daarnaast speelt de activiteit van predatoren een belangrijke bepalende rol bij de opeenvolging van sessiele soorten. Deze fenomenen zorgen voor de specifieke patronen.

De hoge mate van ruimtelijke heterogeniteit (patchiness) suggereert dat het kolonisatieproces nog niet voltooid is. De climaxgemeenschap, de *Metridium senile*-gemeenschap, die kenmerkend is voor dit type van substraten in de Noordzee wordt bijgevolg nog niet maximaal bereikt. Behalve het muiltje, *Crepidula fornicata*, werden geen andere geïntroduceerde soorten aangetroffen op de permanent ondergedompelde (subtidale) delen van de windmolenfunderingen. Deze waarneming contrasteert sterk met de intertidale en spatzone waar in de biologische aangroeigemeenschap overwegend geïntroduceerde soorten aangetroffen werden (Kerckhof et al., 2012).

Een zonatiepatroon met drie duidelijk te onderscheiden zones kon worden waargenomen (Figuur 5-86):

- 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 5-86 Soortenrijkdom en diversiteit van de epifauna van de intertidale, transitie en subtidale zone (Kerckhof et al., 2009)*

#### 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 heel 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

Het aantal harde substraten als potentieel habitat voor epifauna en vissen zal in de toekomst verder toenemen met de komst van de windmolenparken Nother, Rentel, en Mermaid. Alpha AI zal waarschijnlijk volledig met stortstenen worden omgeven wat het aandeel harde substraten in de omgeving opnieuw zal verhogen.

Ook wrakken vormen 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 wordt een gedeelte van het oorspronkelijk zachte biotoop door nieuwe structuren ingenomen en/of wordt het biotoop vernietigd bij nivellering of het baggeren van funderingsputten (direct biotoopverlies). Daarnaast is er ook een 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 1 m tot 5 m.

SeaStar 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 zal op een 50% van de locaties erosiebescherming moeten worden aangebracht omdat bodemonderzoek heeft aangetoond dat het Quartair dek op enkele plaatsten beperkt is in dikte. 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 monopile of voor jacket fundering, 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. Wat betreft jacket funderingen wordt dus ingeschat dat ongeveer de helft van de turbines een erosiebescherming zal krijgen en dat voor de andere helft de bodem eerst genivelleerd wordt.

Voor de berekening van het directe biotoopverlies wordt bij de monopiles en jacket funderingen uitgegaan 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 5-41 wordt de biotoopverstoring weergegeven voor de verschillende configuratiealternatieven van het SeaStar windmolenpark.

*Tabel 5-41 Biotoopverstoring bij de constructie van het SeaStar windmolenpark (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravity based fundering)*

| Configuratie | Funderingstype | | Direct biotoopverlies | Indirecte verstoring (stockage 5m) | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie (41 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische erosiebescherming | 219.800 m² | 55.900 m² | 279.300 m² |
| | | Dynamische erosiebescherming | 42.700 m² | 0 m² | 42.700 m² |
| | JF | | 205.700 m² | 47.000 m² | 252.800 m² |
| | GBF | | 1.106.700 m² | 529.200 m² | 1.635.900 m² |
| Configuratie 1 (62 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische erosiebescherming | 324.500 m² | 82.500 m² | 407.000 m² |
| | | Dynamische erosiebescherming | 64.100 m² | 0 m² | 64.100 m² |
| | JF | | 303.700 m² | 69.400 m² | 373.100 m² |
| | GBF | | 1.660.100 m² | 793.800 m² | 2.453.900 m² |
| Configuratie 2 (54 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische erosiebescherming | 294.400 m² | 74.500 m² | 368.900 m² |
| | | Dynamische erosiebescherming | 60.700 m² | 0 m² | 60.700 m² |
| | JF | | 273.900 m² | 62.700 m² | 336.600 m² |

| Configuratie | Funderingstype | Direct biotoopverlies | Indirecte verstoring (stockage 5m) | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | GBF | 1.449.300 m² | 693.000 m² | 2.142.300 m² |
| Configuratie 3 (43 turbines + 1 OHVS) | JF | 222.300 m² | 49.300 m² | 271.600 m² |
| | GBF | 1.159.400 m² | 554.400 m² | 1.713.800 m² |

Voor de dynamische monopile en de jacket fundering is het direct biotoopverlies per turbine door de oppervlakte van de erosiebescherming respectievelijk 1.018-1.104 m² en 400-700 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 OHVS) variëren tussen 4,3 ha (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) en 245 ha (conf. 1, GBF) of respectievelijk 0,2% - 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 397 ha (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1 m) en 79 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 3,7% (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 (8,9% (basisconf., GBF) tot 11,6% (conf. 1, GBF) van het concessiegebied), zeker in vergelijking tot het gehele BDNZ (< 0,1%). 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 5-42).

*Tabel 5-42 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 |
| 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 5-43).

*Tabel 5-43 Biomassaverlies voor het SeaStar windmolenpark (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravity based fundering)*

| Configuratie | Funderingstype | | Direct + Indirect (Stockage 1 m) | Direct + Indirect (Stockage 5 m) |
|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie (41 tubines + 1 OHVS) | MP | Statische erosiebescherming | 16.500 kg | 9.100 kg |
| | | Dynamische erosiebescherming | 1.400 kg | 1.400 kg |
| | JF | | 14.600 kg | 8.300 kg |

| Configuratie | Funderingstype | | Direct + Indirect (Stockage 1 m) | Direct + Indirect (Stockage 5 m) |
|---|---|---|---|---|
| | GBF | | 123.800 kg | 54.000 kg |
| Configuratie 1 (62 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische erosiebescherming | 24.300 kg | 13.400 kg |
| | | Dynamische erosiebescherming | 2.100 kg | 2.100kg |
| | JF | | 21.500 kg | 12.300 kg |
| | GBF | | 185.800 kg | 81.000 kg |
| Configuratie 2 (54 turbines + 1 OHVS) | MP | Statische erosiebescherming | 22.000 kg | 12.200 kg |
| | | Dynamische erosiebescherming | 2.000 kg | 2.000 kg |
| | JF | | 19.400 kg | 11.100 kg |
| | GBF | | 162.200 kg | 70.700 kg |
| Configuratie 3 (43 turbines + 1 OHVS) | JF | | 15.500 kg | 9.000 kg |
| | GBF | | 129.700 kg | 56.600 kg |

Het totale verlies aan biomassa bedraagt minimaal 1.400 kg (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) en maximaal ca. 81.000 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 100.000 kg geschat.

Uit de monitoringsresultaten van het BMM blijkt dat tijdens de eerste jaren na de constructie van de zes eerste windturbines op de Thorntonbank enkel de natuurlijke, temporele variabiliteit van het macrobenthos werd waargenomen, zonder duidelijke effecten van de turbine zelf (Reubens *et al.*, 2009a; Coates *et al.*, 2010). In 2011 (T-3) bleek echter dat er een duidelijk verschil in densiteit was opgetreden tussen bodemstalen genomen op 15, 25, 50, 100 en 200 m van de erosiebescherming (stortstenen) en in de vier gradiënten (zuidwest, zuidoost, noordwest en noordoost) rondom 1 gravitaire fundering op de Thorntonbank (Coates *et al*., 2012). Volgende belangrijke trends werden geobserveerd (Coates *et al.*, 2011, 2012):

- Lagere mediane korrelgrootte en hogere macrobenthische densiteiten dichtbij de stortstenen;
- Op de Zuidwestelijke en Noordoostelijke gradiënten hoge chlorophyll-a concentraties, een lagere mediane korrelgrootte 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.

- Bovendien werd een accumulatie van juveniele zeesterren (Asteriidae juv.) en de Polychaeten *Spio* sp. en *S. bombyx* op stations <50 meter geobserveerd en dit voornamelijk op de Zuidwest gradiënt.

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.

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). Op de Blighbank werd in 2011 een stijging waargenomen van het aantal epibenthische ongewervelden binnen het windmolenpark (Vandendriessche *et al*., 2012). Dit is waarschijnlijk te wijten aan de aanwezigheid van turbines en hun begroeiing, en aan de afwezigheid van bodemvisserij. Stijgingen werden echter enkel waargenomen bij reeds dominante aaseters zoals echinodermata en heremietkreeften. Er werden op de Blighbank nog geen tekenen waargenomen van herstel van populaties van langlevende soorten die gevoelig zijn voor bodemvisserij.

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 SeaStar 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, 2013b als externe bijlage) blijkt dat bij het baggeren van één funderingsput, de achtergrond turbiditeit van 4 mg/l minder dan 10% van de totale uitvoeringstijd zal overschreden worden binnen het concessiegebied (3,5 uur). Buiten het concessiegebied is dit het geval voor minder dan 5% van de tijd. Voor de limiet van 10 mg/l is dit nog minder. Concentraties hoger dan 4 mg/l worden niet verder dan 2,5 km van de dumpzone verspreidt, de pluim zelf is nooit groter dan 500 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 SeaStar 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***

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 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. Aangezien er tijdens de ontmantelingsfase niet gebaggerd wordt, blijft de impact door sedimentatie echter beperkt ten opzichte van de constructiefase.

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 export kabeltracés voorgesteld: een west-tracé naar de kust of een aansluiting op het ELIA platform. Voor een gedetailleerde beschrijving van de kabelalternatieven wordt verwezen naar hoofdstuk 2 (§ 2.7.4).

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

SeaStar 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 27 km (configuratie 3) en 40 km (configuratie 1). Hierbij wordt telkens gerekend met 1 OHVS. Indien de exportkabel tot aan de kust loopt bedraagt de lengte ca. 47 km, indien er wordt aangesloten op het Alpha-eiland slechts 5-8 km.

Ervan uit gaande dat de volledige werkzone als verstoord oppervlak kan aangezien worden, zal er een zone van < 0,05 km² verstoord worden voor de parkbekabeling (ca. 1 m sleuf), ca. 0,24 km² voor de exportkabel naar kust (ca. 5 m brede sleuf) en <0,02 km² voor de exportkabel naar het Alpha-eiland (ca. 5 m brede sleuf). 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.

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 (0) 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 in de discipline ‘Klimaat en atmosfeer’ (§ 5.2).

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, worden er geen effecten verwacht van opwarming op zowel macro- als epibenthos (0).

#### 5.4.3.1.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op benthos

Samenvattend worden de effecten op benthos weergegeven in Tabel 5-44 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 5-44 Overzicht van de effecten op benthos (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering, St: statische erosiebescherming, Dyn: dynamisch erosiebescherming)*

| **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 | 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 paragraaf “Geluidsverstoring en trillingen”.

***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 op de 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. Ook de fysieke omgeving vraagt aandacht, net als de communicatie met soortgenoten. Bij al deze levensfuncties en gedragingen speelt geluid een rol. Vissen kunnen geluid maken om een vijand af te schrikken, om partners te lokken en kunnen contactgeluid gebruiken om in schoolverband te zwemmen (Grontmij, 2006). In relatief troebele (kust)wateren kan geluid een belangrijke rol spelen. De emissies van geluid en

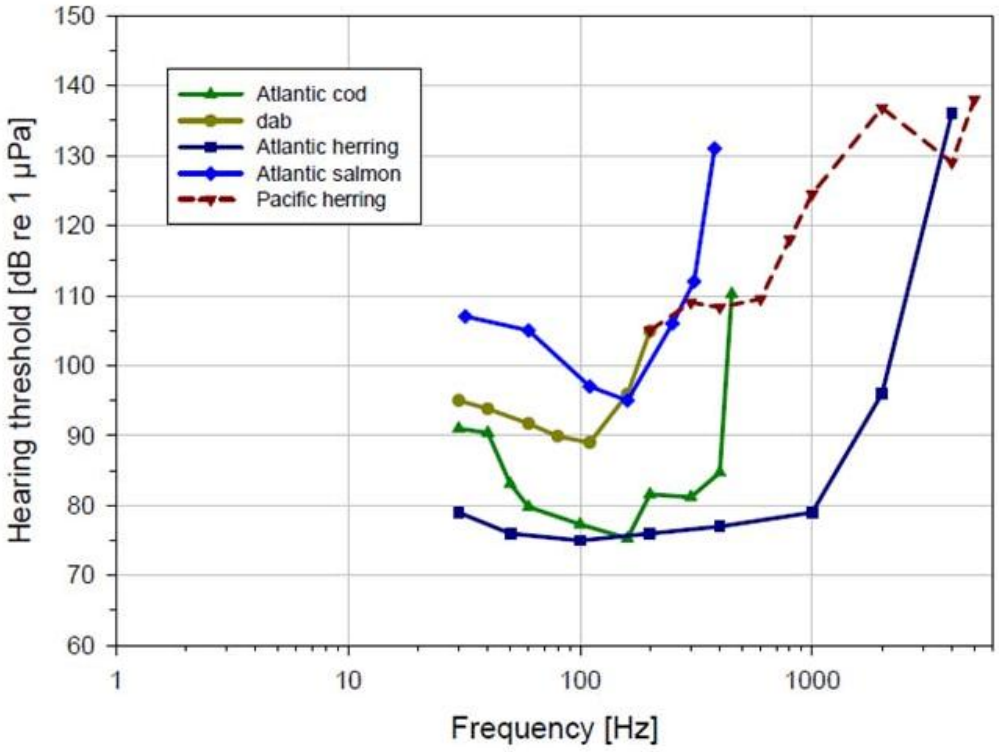
trillingen in de mariene waterkolom kunnen leiden tot een gedragsverandering of een reductie van de habitatgrootte. (Petersen & Malm, 2006).

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;
- Een zone waarbinnen het dier een zekere vorm van gedragsverandering vertoont;
- Een zone waarbinnen het geluid afkomstig van het windmolenpark interfereert met andere geluiden zoals communicatiesignalen;
- 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).

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 5-87. 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 5-87 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 $dB_{ht}$[7] 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 5-45 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 5-45 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 5-45 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 van enkele kilometers. Er moet echter de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden gezien er nog grote onzekerheid heerst

[7] $dB_{ht}$ is een maatstaf voor het geluidsniveau boven de gehoordrempel van een diersoort, of het 'perceptieniveau'

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 Blighbank 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 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, 2012; 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 overschatting 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 SeaStar 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 (zie § 5.4.5.2) 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

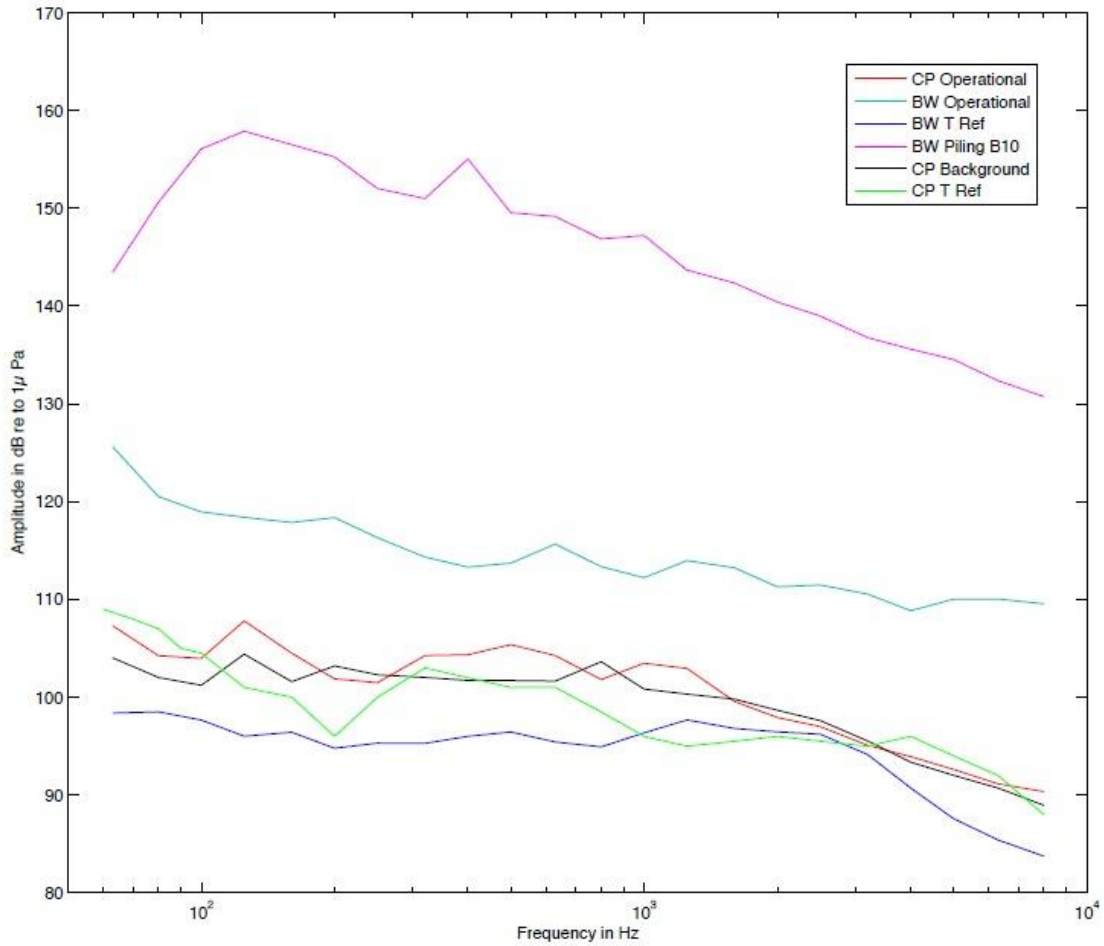
Naast algemene vormen van verstoring wordt specifiek ingegaan op het effect van geluid en trillingen geproduceerd tijdens de operationele fase op de visgemeenschappen.

***Geluidsverstoring en trillingen***

Windturbines produceren twee verschillende typen mechanische trillingen:

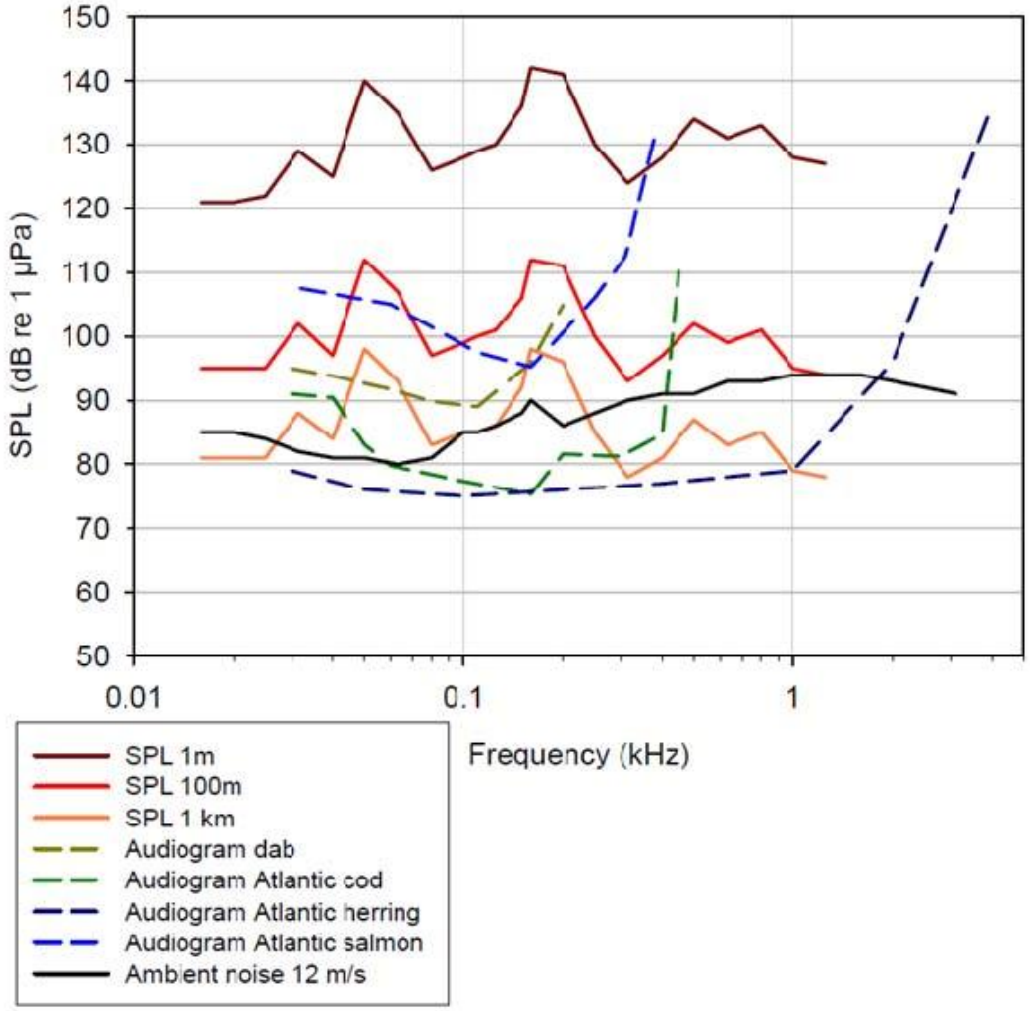
- Laagfrequente trillingen: Deze hangen samen met de passage van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast. Hogere frequenties kunnen mogelijk ontstaan door interferentie van deze trillingen met geluid uit de gondel.
- Hoogfrequente trillingen: Deze hangen 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.

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 5-88). Deze operationele geluidsemissies vinden echter plaats tijdens de gehele levensduur van het windmolenpark.




*Figuur 5-88 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).*

In Figuur 5-89 worden het operationele geluid van een windmolenpark op verschillende afstanden van de geluidsbron, het omgevingsgeluid en de audiogrammen van de reeds vermelde doelsoorten weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat de afstand van het waarneembare onderwatergeluid soortspecifiek is. Analoog als uit de geluidsberekeningen (zie discipline 'Geluid en trillingen' § 5.3) 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. 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).




*Figuur 5-89 Operationeel geluid windmolenpark, omgevingsgeluid en audiogram van Zalm, Kabeljauw, Haring en Schar (Thomsen et al., 2006)*

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 SeaStar 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) dat ontstaat in ondiepere wateren waarbij laagfrequente signalen (<200 Hz) verdwijnen, waardoor er vrijwel geen bijkomende geluidsverstoring naar de vissen zal zijn.

### *Aanwezigheid windmolenpark*

Een jaar na de constructie van 55 turbines op de Blighbank werden reeds duidelijke verschillen waargenomen binnen de demersale visfauna van het windmolengebied, zowel op het niveau van ecosysteemcomponent als op soortsniveau (Vandendriessche *et al*., 2012). De uitgevoerde analyses werden ontworpen om onderscheid te kunnen maken tussen effecten ten gevolge van de aanwezigheid van turbines en effecten ten gevolge van veranderende activiteiten in de omgeving van het windmolenpark. De resultaten toonden een reductie van het aantal demersale vissen binnen het windmolenpark De veranderingen in demersale visfauna kunnen het gevolg zijn van het verdwijnen van visserijactiviteiten in het gebied of van lokale veranderingen in de bodemsamenstelling en bijgevolg ook van de infauna. Van commercieel interessante platvissoorten werden hogere densiteiten waargenomen (Tarbot, Tong) en/of veranderingen in de lengte-frequentieverspreiding (Tarbot, Pladijs). Deze waarnemingen kunnen duiden op een refugium effect, maar dergelijke grote platvissen blijven niet lang in een zelfde gebied, dus dat effect is waarschijnlijk beperkt. Er werden op de

Blighbank nog geen tekenen waargenomen van herstel van populaties van langlevende soorten die gevoelig zijn voor bodemvisserij. Ten slotte werden er enkele verschillen waargenomen tussen referentiestations en 'fringe' stations, maar deze kunnen nog niet eenduidig worden in verband gebracht met veranderende activiteiten in de buurt van het windmolenpark.

In studies in het buitenland werd een verhoging van de densiteit binnen een windmolenpark waargenomen van Tong, Mul en Wijting (ter Hofstede, 2008).

***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.

#### 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, turbiditeit en opwarming 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.

***Elektromagnetische velden***

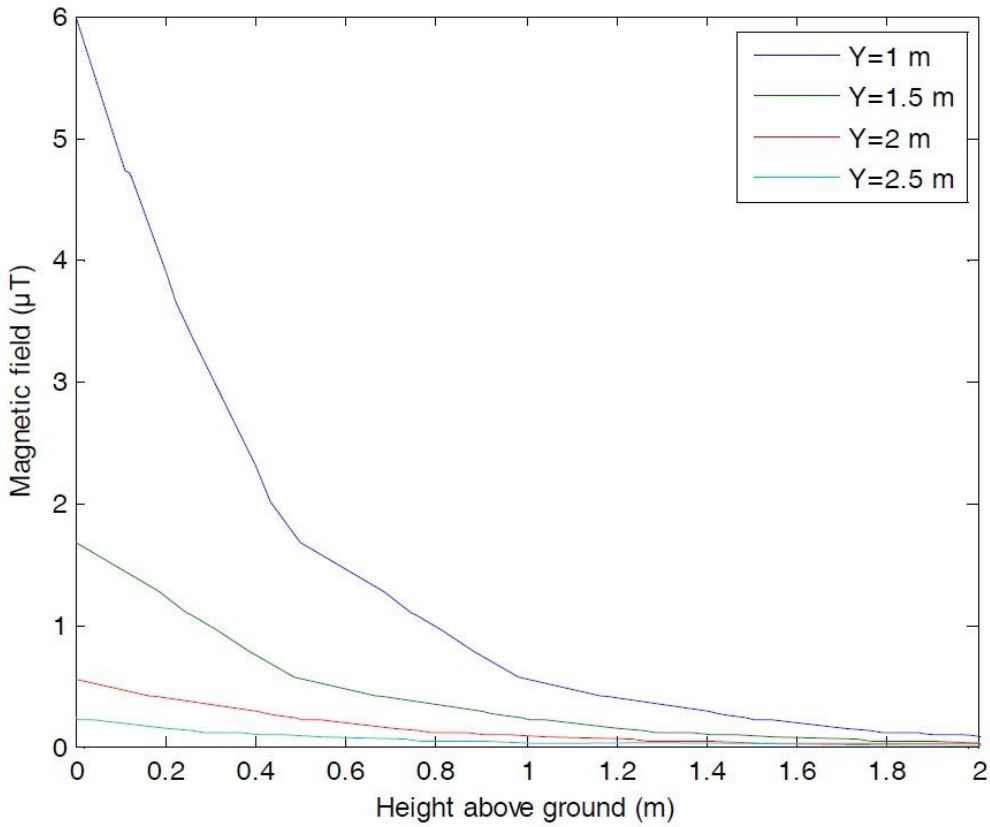
Een elektrische stroom doorheen een kabel zorgt enerzijds voor een elektrisch veld (E-veld), dat onmeetbaar blijkt buiten de kabel, en anderzijds voor een magnetisch veld (B-veld). Bij wisselstroom zal het magnetisch veld door inductie een bijkomend elektrisch veld veroorzaken, het geïnduceerde elektrisch 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, 2012c) 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, 2012c). 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 $E_i$-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, 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 5-90) (Gill *et al.*, 2005; Öhman *et al.*, 2007; Gill *et al.*, 2009; Huddleston, 2010).




*Figuur 5-90 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 5-90 kan men ook duidelijk afleiden dat de magnetische veldsterkte snel verkleint naarmate men zich verder verwijderd van de zeebodem en naarmate de kabel dieper is ingegraven.

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 (0) (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).

#### 5.4.3.2.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op vissen

Samenvattend worden de effecten op de vissen weergegeven in Tabel 5-46 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 5-46 Overzicht van de effecten op vissen (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering, SB: suction bucket)*

| **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.

#### 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 Blighbank en Thorntonbank, waar het windmolenpark wordt gebouwd, vormt geen concentratiegebied voor de verstoringsgevoelige soorten zoals Roodkeelduiker, Fuut en Zwarte zee-eend. Wat Zeekoet en in mindere mate Alk betreft, worden er ter hoogte van de Blighbank wel grote densiteiten waargenomen, voornamelijk tijdens de winter. Toch is de Blighbank 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 SeaStar 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). Dit aspect wordt verder besproken in het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

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 SeaStar, 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 5-47 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 (6 MW) en configuratie 1 (5 MW), maar minder geschikt zijn voor configuraties 2 en 3 aangezien de rotorhoogte hier van ca. 189 m (8 MW) tot ca. 196 m (7 MW) reiken bij een gemiddelde waterdiepte van ca. 30 m.

*Tabel 5-47 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% |

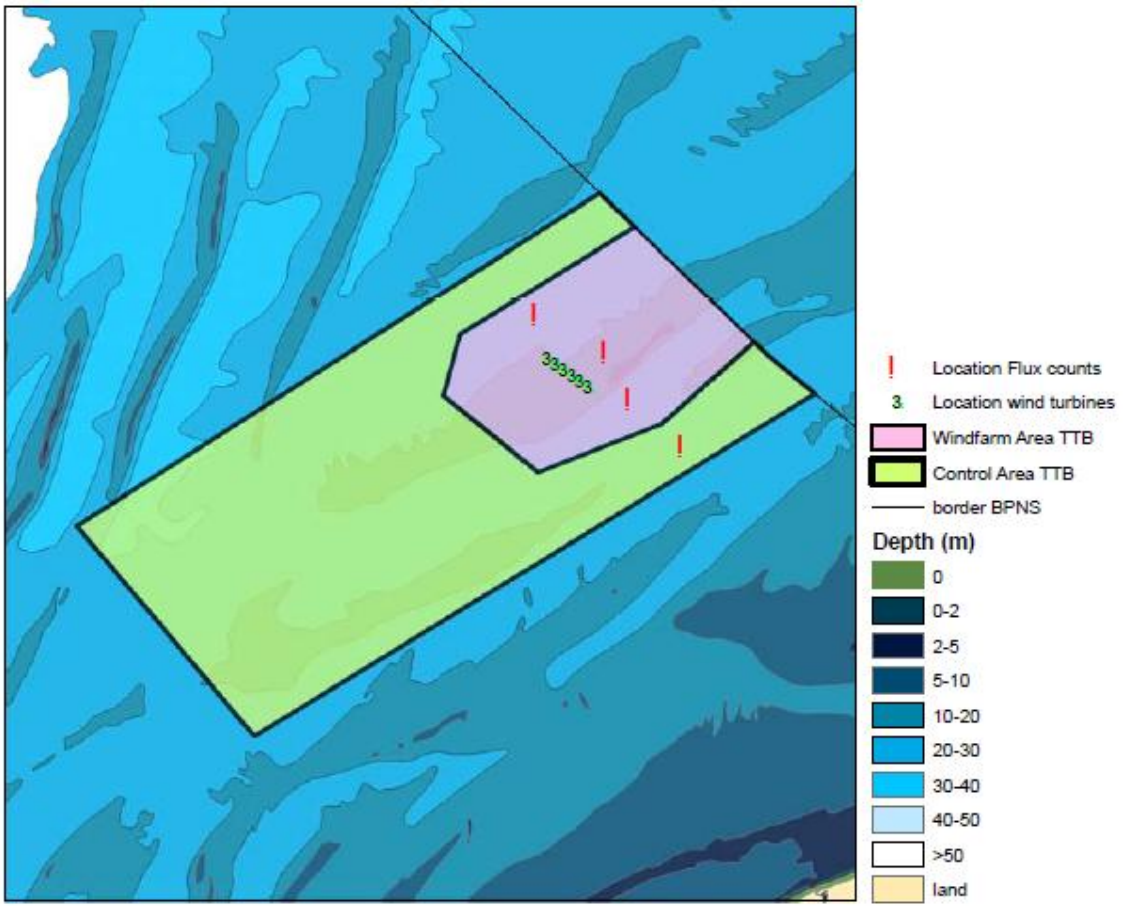
| Soort | Aantal | % vliegend op rotorhoogte |
|---|---|---|
| Roodkeelduiker | 239 | 2,5% |
| Drieteenmeeuw | 2682 | 4,5% |
| Kokmeeuw | 1314 | 5,0% |
| Jan-van-gent | 2064 | 5,7% |
| Grote jager | 133 | 7,5% |
| Stormmeeuw | 2135 | 7,9% |
| Zilvermeeuw | 1903 | 14,5% |
| Kleine mantelmeeuw | 8044 | 16,7% |
| Grote mantelmeeuw | 1482 | 17,1% |

De conclusies op basis van het monitoringsonderzoek van Vanermen & Stienen (2009) zijn grotendeels gelijkaardig aan wat 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 SeaStar 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 5-91).




*Figuur 5-91 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 5-91). 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 5-48). 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 5-48 Verwacht aantal aanvaringsslachtoffers in het toekomstig windmolenpark op de Thorntonbank (C-Power) (Vanermen & Stienen, 2009)*

| Soort | Aanvarings-Risico (%) | 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 |

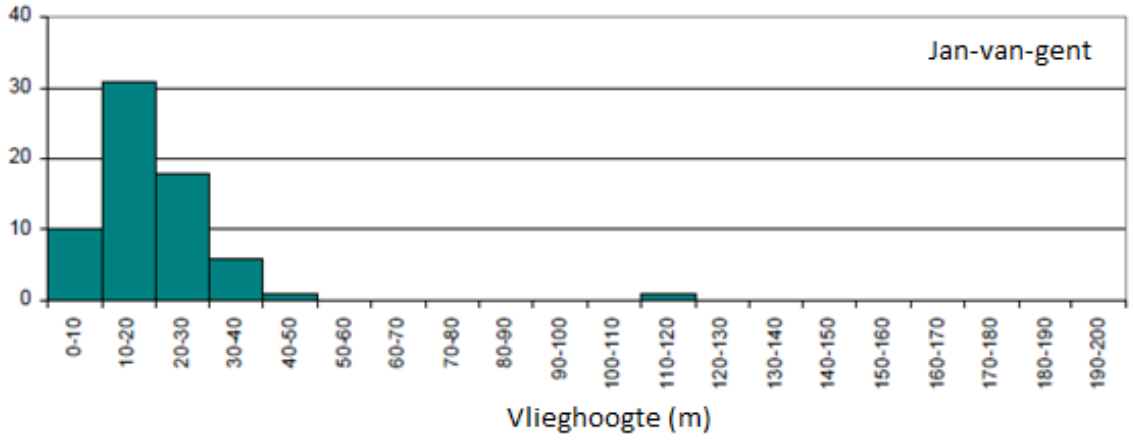
Hierbij dient wel opnieuw worden opgemerkt dat dit slechts ‘voorlopige’ resultaten zijn, gebaseerd op een eerder beperkt onderzoek. Ook bestaan er jaarlijks en seizoenaal sowieso grote natuurlijke schommelingen binnen de vogelpopulaties. Volgens Vanermen & Stienen (2009) kunnen de fluxen van de grote meeuwen misschien overschat zijn, maar het voorziene radaronderzoek zal hier meer duidelijkheid kunnen over geven. Een proefproject rond radaronderzoek in de haven van Zeebrugge toont aan dat het radarsysteem een geschikt model is om vliegbewegingen van vogels te onderzoeken en het biedt eveneens de mogelijkheid om significante patronen in vliegbewegingen aan te tonen, zelfs indien dit patroon eerder zwak is (Brabant *et al*., 2012). Sowieso zal het radaronderzoek wel moeten aangevuld worden met visuele waarnemingen. Een langdurige monitoring zal noodzakelijk zijn om duidelijke conclusies te kunnen trekken.

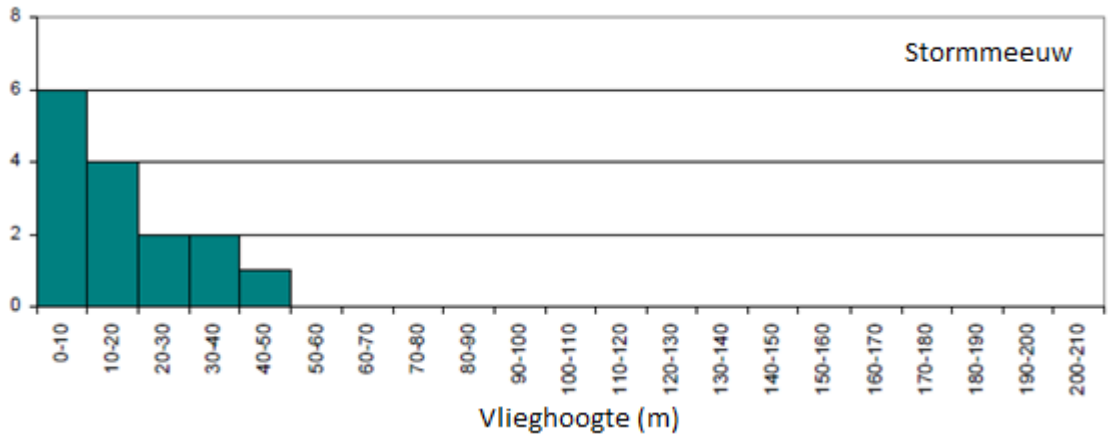
Er kan aangenomen worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers van het SeaStar windmolenpark voor de basisconfiguratie en configuratie 1 in dezelfde grootteorde zal liggen als dat van C-Power, aangezien de rotordraaihoogte van de windturbines in dezelfde grootteorde liggen en de windturbines van beide 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 5-49 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.

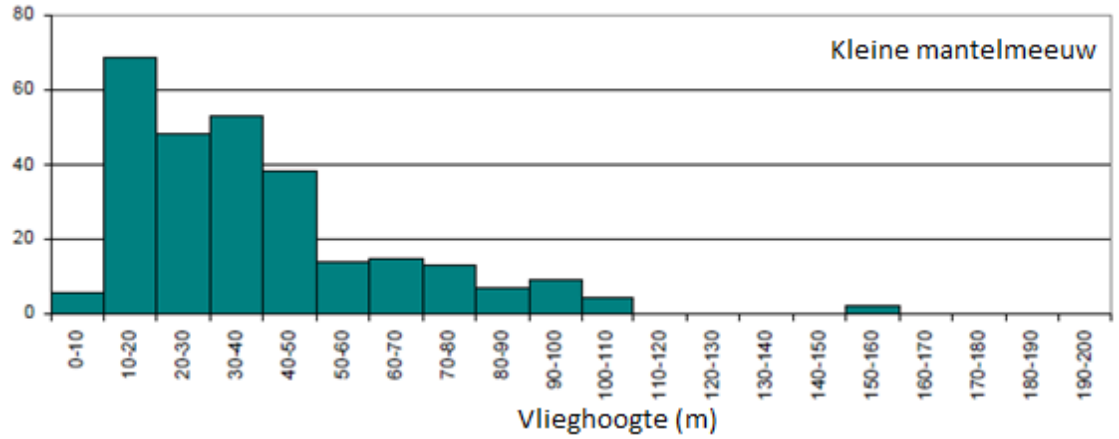
*Tabel 5-49 Overzicht van de rotordraaihoogtes van de verschillende configuraties*

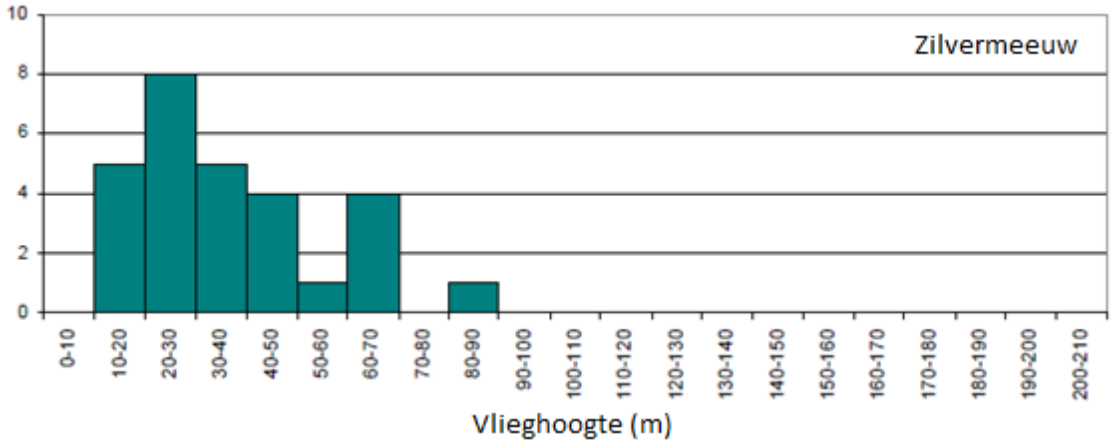
| Configuratie | Turbine | Rotordiameter | Naafhoogte | Hoogste rotorpunt | Laagste rotorpunt |
|---|---|---|---|---|---|
| Basis | RE Power (6 MW) | 126 m | 95 m | 158 m | 32 m |
| Configuratie 1 | Areva (5MW) | 135 m | 95 m | 162,5 m | 27,5 m |
| Configuratie 2 | Vestas V164 (8 MW) | 164 m | 107 m | 189 m | 25 m |
| Configuratie 3 | Samsung (7 MW) | 171 m | 110 m | 195,5 m | 24,5 m |

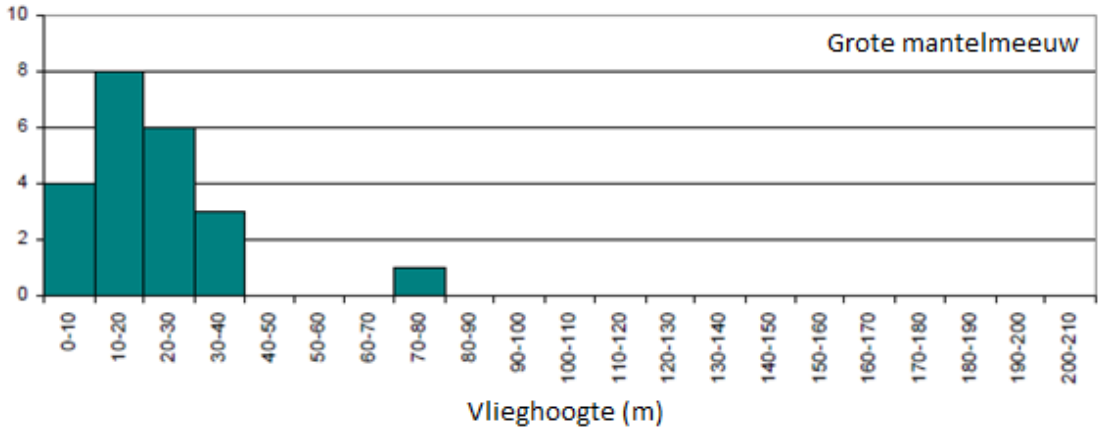
Figuur 5-92 geeft de waargenomen vlieghoogtes weer van zes veel voorkomende zeevogels (Vanermen & Stienen, 2009). Op basis van deze frequentiedistributies van Jan-van-gent, Stormmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Grote mantelmeeuw en Drieteenmeeuw blijkt duidelijk dat het aantal vogels dat boven 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 iets groter zal zijn dan voor de basisconfiguratie en configuratie 1.

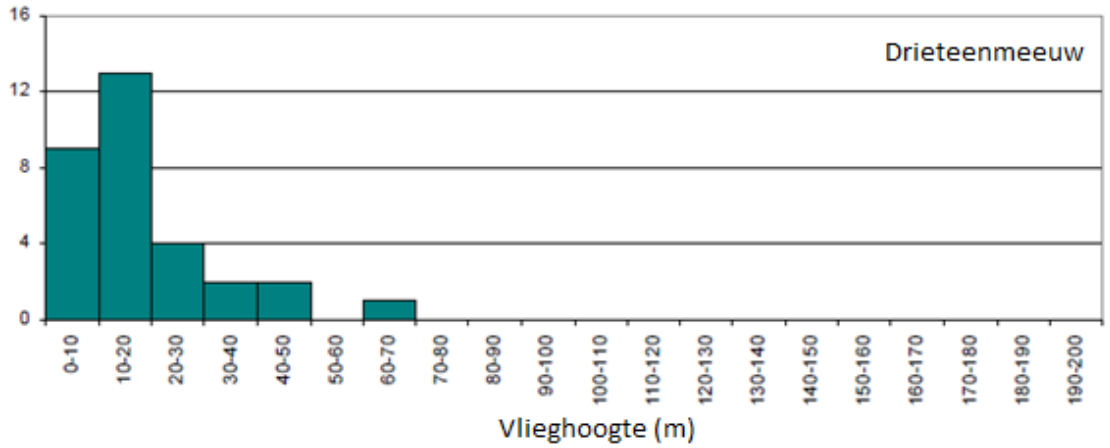



Kleine mantelmeeuw
80
60
40
20
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
140-150
150-160
160-170
170-180
180-190
190-200
Vlieghoogte (m)


Zilvermeeuw
10
8
6
4
2
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
140-150
150-160
160-170
170-180
180-190
190-200
200-210
Vlieghoogte (m)


Grote mantelmeeuw
10
8
6
4
2
0
0-10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
100-110
110-120
120-130
130-140
140-150
150-160
160-170
170-180
180-190
190-200
200-210
Vlieghoogte (m)




*Figuur 5-92 Frequentiedistributies van de vlieghoogte van zes veel voorkomende zeevogels in het BDNZ (Vanermen & Stienen, 2009)*

Een ander aspect dat het aanvaringsrisico kan beïnvloeden is de eventuele komst van het Alpha-eiland van Elia. Het eiland waarop het platform gelegen is zou een footprint hebben van maximaal 333 m doorsnede en bijgevolg een zeer groot aantal vogels kunnen aantrekken. Structuren op zee hebben sowieso een grote aantrekkingskracht op vogels en de nabijheid van de windmolenparken, die ook een verhoogde voedselbeschikbaarheid bezitten (zie verder), kan het aanvaringsrisico verder doen toenemen.

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 SeaStar windmolenpark voorkeur gegeven aan de basisconfiguratie, waarbij 41 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 Blighbank in 2010 en 2011 werden er reeds significante effecten gevonden als gevolg van de aanwezigheid van offshore windturbines (Tabel 5-50) (Vanermen *et al.*, 2011, 2012). Voor de Thorntonbank werden voorlopig enkel aantrekkingseffecten vastgesteld, i.e. voor Dwergmeeuw, Grote Mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Grote Stern en Visdief. Deze resultaten dienen evenwel met grote voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd, gezien op het moment van onderzoek nog steeds één rij van zes windmolens aanwezig was. Niettemin is dit een belangrijk aandachtspunt aangezien de hoge beschermingsstatus en de kwetsbaarheid van de populaties van beide sternensoorten en van Dwergmeeuw, gecombineerd met een verhoogde kans op aanvaringen met windmolens. Nadat de turbines op de Blighbank werden geplaatst, werd een significante afname van de aantallen Zeekoeten en Jan-van-Genten in het windparkgebied vastgesteld. Stormmeeuwen waren dan weer abundanter na de bouw van de molens en er zijn indicaties dat ook Zilvermeeuwen worden aangetrokken. Meeuwen worden allicht aangetrokken door het fysieke aspect van het park, waarbij het fungeert als een ‘stepping stone’, als rustgebied of als referentiebaken binnen het open zeegebied.

*Tabel 5-50 Voorlopige effecten op zeevogels door de aanwezigheid van windmolenparken op de Thorntonbank en de Blighbank (Vanermen et al., 2011, 2012)*

| Soort | Thorntonbank | Blighbank |
|---|---|---|
| Noordse stormvogel | Geen effect | Geen effect |
| Jan-van-gent | Geen effect | Vermijding |
| Grote jager | | Geen effect |
| Dwergmeeuw | Aantrekking | Vermijding? |
| Stormmeeuw | | Aantrekking |
| Zilvermeeuw | Geen effect | Aantrekking |
| Kleine mantelmeeuw | Geen effect | Vermijding? |
| Grote mantelmeeuw | Aantrekking | Geen effect |
| Drieteenmeeuw | Aantrekking | Geen effect |
| Grote stern | Aantrekking | |
| Visdief | Aantrekking | |
| Zeekoet | Geen effect | Vermijding |
| 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 bestudeerd, 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 SeaStar 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 kan hebben 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, zeker indien het Alpha-eiland van Elia gebouwd wordt, wat een rustplaats op zee zou creëren.

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.

### *Vleermuizen*

De laatste jaren wordt er naast onderzoek op vogels ook aandacht besteed aan het voorkomen van vleermuizen op zee. De grote toename van offshore windmolenparken in Europa zou ook voor vleermuizen kunnen leiden tot een verhoogde mortaliteit. Recent onderzoek in Nederland toonde aan dat vleermuizen voorkomen in de twee offshore windmolenparken op het Nederlands Continentaal Plat in de Noordzee: het Offshore Windpark Egmond aan Zee en het Prinses Amalia Windpark (Jonge Poerink *et al*., 2013). De soorten die zijn vastgesteld zijn de Ruige dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii*) en de Rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*). Van beide vleermuissoorten is bekend dat ze gedurende de trek grote afstanden kunnen afleggen. De waarnemingen kunnen dan ook goed betrekking hebben op migrerende dieren. Het is echter ook niet uitgesloten dat het om lokale populaties gaat die heen en weer vliegen vanaf het vasteland om te foerageren. Er zijn geen aanwijzingen dat de vleermuizen een verblijfplaats hebben in de windmolenparken. Ook Zweeds onderzoek heeft aangetoond dat vleermuizen voorkomen in een offshore windmolenpark in de Oostzee, waarschijnlijk om te foerageren op de geaccumuleerde insecten rond de parken (Ahlen, 2007, 2009). Vleermuizen worden soms ook aangetroffen op booreilanden en schepen, en waarnemers van vogeltrek langs de kust zien met enige regelmaat vleermuizen vanuit zee naar land vliegen (Boshamer & Bekker, 2008; Skiba, 2007; Walter, 2007).

Er is echter nog zeer weinig bekend over trekroutes over de Noordzee en over het gebruik van offshore windmolenparken als foerageergebied. Omdat vleermuizen beschermde dieren zijn is het van belang om meer onderzoek te doen, zodat in de toekomst rekening gehouden kan worden met de aanwezigheid van vleermuizen op zee. Studies (onshore) hebben immers aangetoond dat wind turbines een groot risico vormen voor vleermuizen. In Duitsland bijvoorbeeld, wordt het aantal dodelijke slachtoffers geschat op zo'n 200.000 per jaar (Voight, 2012). Vleermuizen sterven immers niet door directe aanvaring, maar door letsels aan hun longen en bloedvaten door de verlaagde luchtdruk die de draaiende wieken creëren. Ahlén *et al*., (2009) stelde echter vast dat migrerende vleermuizen op de Baltische zee meestal vrij laag

vliegen (<10 m) en enkel tijdens het foerageren hoger zullen gaan vliegen. De Baltische zee is echter minder zout dan de Noordzee en vertoont ook een zekere insectenactiviteit tot ver buiten de kust. In die omstandigheden is het mogelijk dat vleermuizen ofwel spontaan grote wateroppervlakten oversteken (al jagend), ofwel door desoriëntatie op vreemde plekken verzeild raken. In tegenstelling tot (water-)vogels zijn vleermuizen veel minder aangepast voor trek over volle zee. Hoe dan ook is verder onderzoek noodzakelijk om te bepalen in welke mate vleermuizen voorkomen in het BDNZ, of er insectenpopulaties voorkomen rond de windmolenparken en wat de effecten van de turbines op vleermuizen. De radarstudie voorzien voor de vogels kan hierbij alvast helpen.

#### 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 bestaat naast de mogelijkheid van een directe verbinding met het Alpha-eiland, ook de optie voor een kabeltracé tot aan de kust waarbij SBZ-V 3 Zeebrugge doorkruist (Bijlage E). Het gericht marien reservaat ‘Baai van Heist’ wordt niet doorkruist.

Indien er wordt gekozen voor exportkabels naar land, 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 (0) 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 5-51 voor zowel de basisconfiguraties als de diverse configuratiealternatieven. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0);

*Tabel 5-51 Overzicht van de effecten op vogels (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).*

| **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, 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 karakter 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/-).

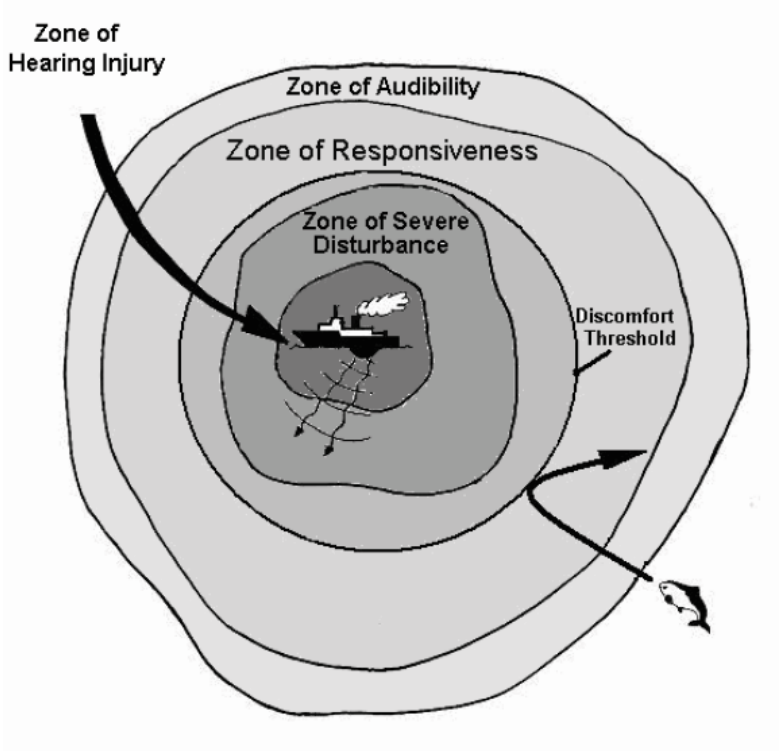
### *Geluidsverstoring en trillingen*

De onderstaande tabel (Tabel 5-52) 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 5-52 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<br>Waarschijnlijk april tot en met oktober | |
| Duur van het geluid | Continu | Tijdelijk |
| Frequenties van het geluid | Lage geluidsbronnen (< 1kHz) | Lage frequenties<br>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.<br>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 5-93 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 5-93 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 (Blighbank) (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

5-93). Tabel 5-53 geeft een overzicht van de bevindingen van enkele studies van deze invloedzones voor Bruinvissen.

*Tabel 5-53 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 diep | zone van 25 km | ernstige verstoring, gehoorschade |
| Haelters *et al.*, 2012a | C-Power, België | jacket fundering, Ø 1,83 m per paal | 12 – 27 m diep | zone van 22 km | gedragsverandering |

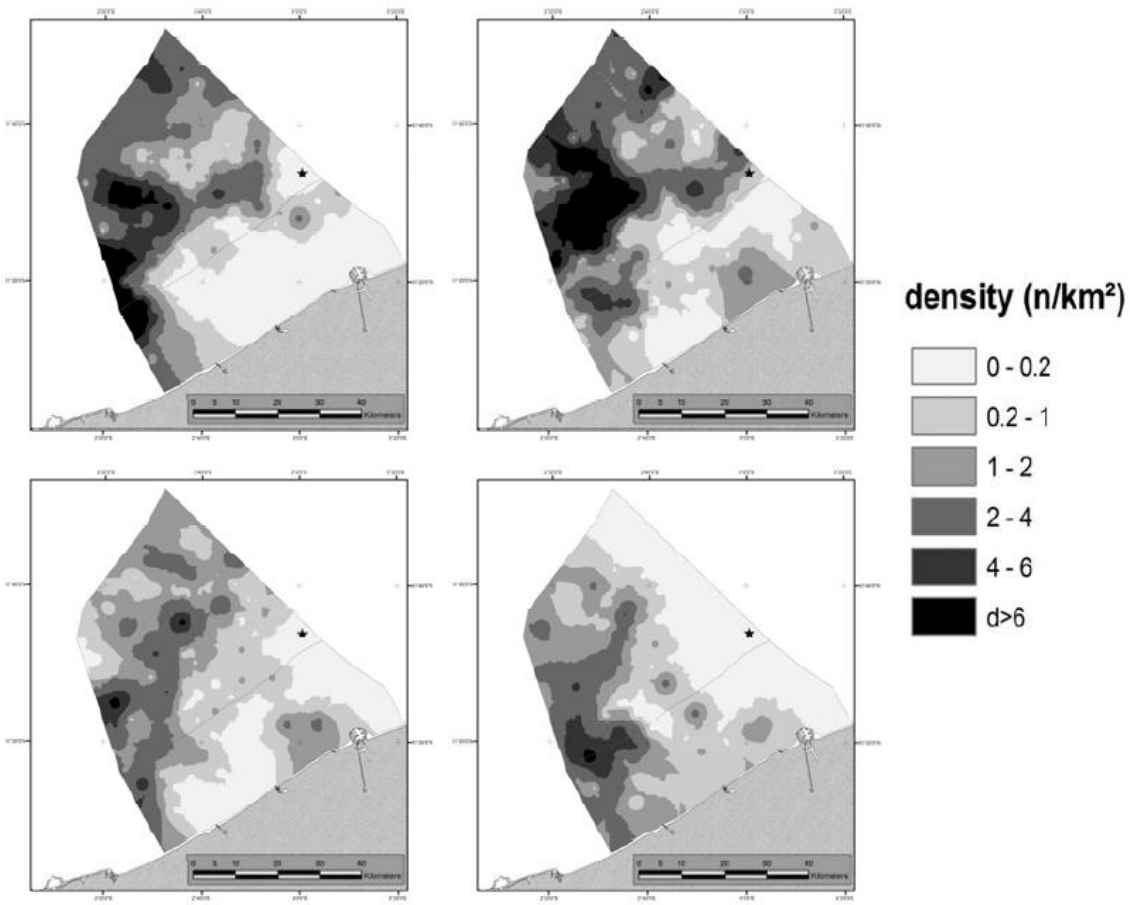
Tougaard *et al.* (2011) onderzochten de reactie van bruinvissen bij blootstelling aan (opgenomen en gereduceerd qua amplitude) geluid van heien (brongeluid: 180 dB re 1 µPa op 1 m). Men toonde aan dat bruinvissen deze geluidsbron vermeden tot op 200 m afstand, waar het (ontvangen) geluidsniveau nog 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:

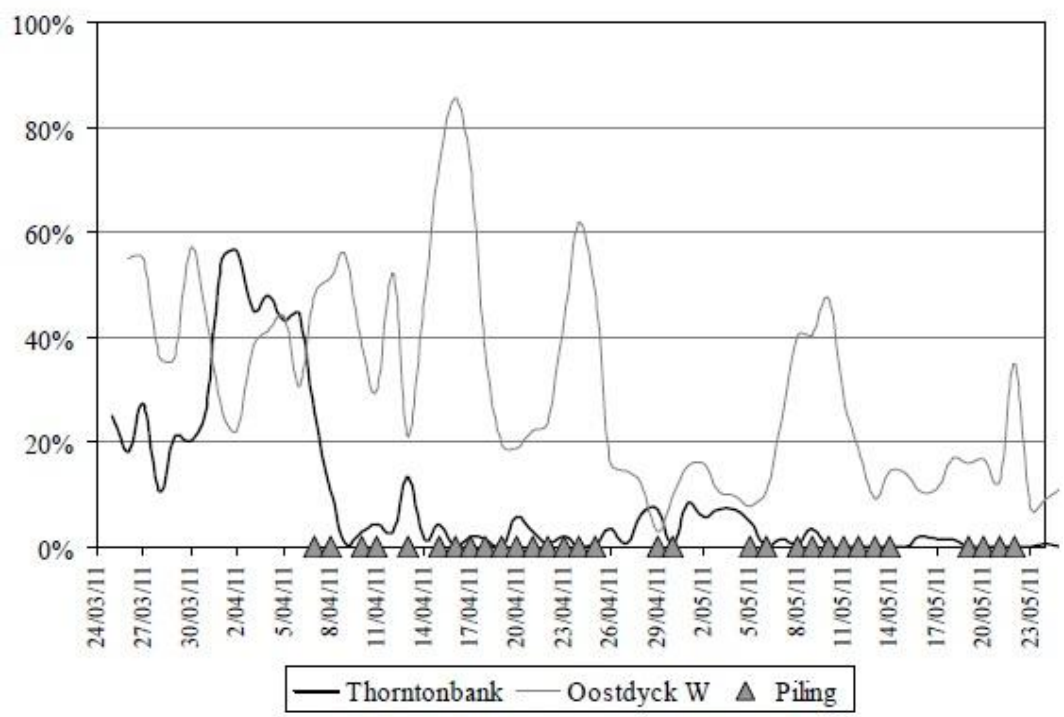
- Horns Rev I – Denemarken (Tougaard *et al.*, 2003, 2006a, 2006b; Vattenfall A/S, 2006, Brandt *et al.*, 2011):
  - Monopiles.
  - Zeehonden vertonen geen gedragswijziging tijdens algemene constructiewerken, Bruinvissen vertonen een lichte terugval.
  - Zeehonden (tot enkele km) en Bruinvissen (tot 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.*, 2012a; BMM, 2011b):
  - 49 jacket funderingen
  - Verspreidingskaarten voor en tijdens de heiactiviteiten (Figuur 5-94) tonen aan dat na de start van het heien er geen Bruinvissen voorkwamen in een straal van meer dan 20 km van de activiteiten. Na het stoppen van het heien duurde het uren tot dagen voor nieuwe detecties plaatsvonden. Na 1 dag zonder heiactiviteiten nam de impactzone af tot een straal van 13 km.




*Figuur 5-94 Luchtwaarnemingen van Bruinvisdensiteiten tijdens surveys op 24-25 maart (links boven), 29 maart (rechts boven), 14 april (links benenden) en 16 april 2011 (rechts beneden). De ster duidt de locatie van de heiactiviteiten aan die aanvingen op 7 april (Haelters et al., 2012a).*

- Een passief akoestisch monitoringstoestel detecteerde vrijwel geen bruinvissen meer vanaf de start van het heien, mogelijk door een lokale verstoring door het gebruik van een akoestisch afschrikmiddel (Figuur 5-95).




*Figuur 5-95 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 enkele 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 SeaStar 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

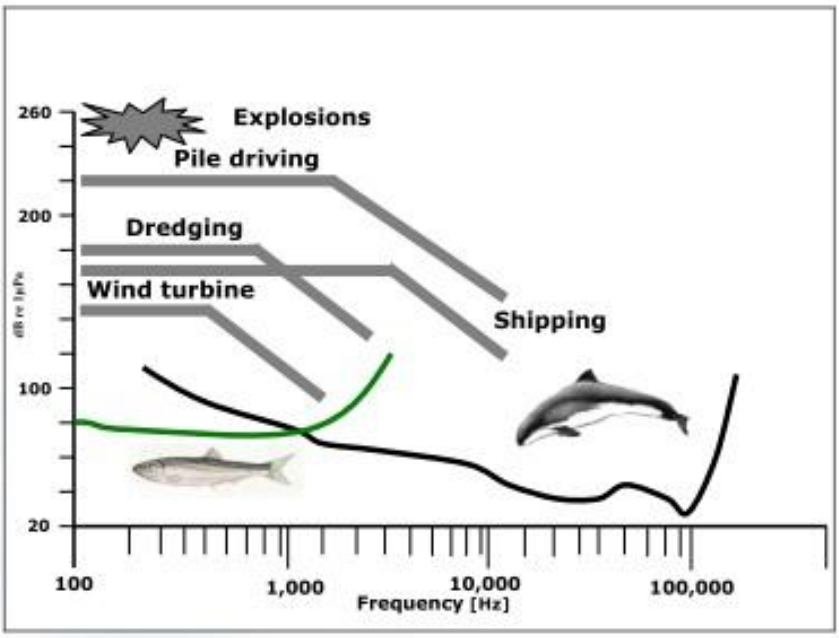
techniek. In dit geval, of wanneer er gekozen wordt voor gravitaire funderingen, worden er geen ‘impulsieve’ geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd. Voor de installatie van gravitaire funderingen zullen wel grote volumes sediment moeten gebaggerd worden. Hoewel het niveau van het onderwatergeluid 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 5-96). 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 5-96 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 SeaStar kan momenteel nog niet ingeschat worden en het is zeer moeilijk 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.

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. Op de Blighbank werd echter 1 jaar na de constructie van Belwind echter een reductie van het aantal demersale vissen waargenomen, hoewel er van enkele soorten (Tarbot, Tong) wel hogere densiteiten werden geobserveerd (Vandendriessche *et al*., 2012). In het windmolenpark op de Thorntonbank werden dan weer hogere densiteiten Horsmakreel gevonden in de herfst van 2009 en lagere densiteiten van Tong tijdens de lente van 2009 in vergelijking met de referentiegebieden. Deze observaties werden echter niet bevestigd door de data van 2010 (Vandendriessche *et al.,* 2011). Verder onderzoek is dan ook aangewezen.

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 (erosiebescherming).

Het effect op de voedselbeschikbaarheid door de aanwezigheid van het windmolenpark wordt beoordeeld als gering positief (0/+) in het geval gekozen wordt voor 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 5-54 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 5-54 Overzicht van de effecten op zeezoogdieren (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering, SB: suction bucket)*

| **Configuratie** | **Basis** | | | | **1** | | | | **2** | | | | **3** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Funderingstype* | MP | JF | GBF | SB | MP | JF | GBF | SB | MP | JF | GBF | SB | JF | GBF | SB |
| **Constructiefase** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Voedselbeschikbaarheid | 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/- |
| Voedselbeschikbaarheid | + | 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 voorzien voor alle monopile en gravitaire funderingen, en voor de helft van de jacket funderingen.

De oppervlakte hard substraat voorzien per turbine wordt weergegeven in Tabel 5-55 volgens de beschouwde funderingsalternatieven.

*Tabel 5-55 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) en Areva (conf. 1) | 680 | 980 | 1.660 |
| | Vestas (conf. 2) | 710 | 1.060 | 1.770 |
| Jacket | RE Power (basis), Areva (conf. 1) en Vestas (conf. 2) | 2.360 | 380 | 2.740 |
| | Samsung (conf. 3) | 2.640 | 680 | 3.320 |
| Gravitaire | Alle turbines | 1.890 | 2.510 | 4.400 |

Voor de verschillende configuratiealternatieven zal het totale oppervlakte hard substraat variëren tussen ca. 69.500 m² (basisconf., MP) en 277.000 m² (conf. 1, GBF) (Tabel 5-56). 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 SeaStar windmolenpark.

*Tabel 5-56 Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie*

| Configuratie | Funderingstype | Opp. HS fundering (m²) | Opp. HS erosiebescherming (m²) | Totaal (m²) |
|---|---|---|---|---|
| Basisconfiguratie (41 turbines + 1 OHVS) | MP | 28.500 | 41.000 | 69.500 |
| | JF | 98.900 | 8.000 | 106.900 |
| | GBF | 79.100 | 105.500 | 184.600 |
| Configuratie 1 (62 turbines + 1 OHVS) | MP | 42.700 | 61.500 | 104.200 |
| | JF | 148.400 | 11.800 | 160.200 |
| | GBF | 118.700 | 158.300 | 277.000 |
| Configuratie 2 (54 turbines + 1 OHVS) | MP | 38.900 | 58.300 | 97.200 |
| | JF | 129.500 | 10.700 | 140.200 |
| | GBF | 103.600 | 138.200 | 241.800 |
| Configuratie 3 (43 turbines + 1 OHVS) | JF | 116.000 | 14.900 | 130.900 |
| | GBF | 82.900 | 110.500 | 193.400 |

### *Verandering in gemeenschapsstructuur*

Het ontstane artificiële biotoop zal gekoloniseerd worden door epifauna waardoor er een verandering in gemeenschapsstructuur zal plaatsvinden. Uit de monitoringsresultaten van C-Power en Belwind blijkt dat dit kolonisatieproces snel en intens verloopt (Kerckhof *et al.*, 2009, 2010, 2011, 2012). 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 (e.g. *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, 2011). 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 de Blighbank werd algemeen een reductie van de demersale visfauna geobserveerd 1 jaar na de bouw van Belwind (Vandendriessche et al., 2012).

Op soortniveau echter, worden wel enkele effecten van het windmolenpark waargenomen. Een significante toename in vangstefficiëntie (catch per unit effort (CPUE)) werd waargenomen in Egmond aan Zee 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). In het Belwind park werd een hogere densiteit aan Tarbot en Tong geobserveerd (Vandendriessche *et al*., 2012). Het is echter nog niet duidelijk of deze patronen te verklaren zijn door de constructiewerken zelf of door de aanwezigheid van de windturbines. De 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.

Derweduwen *et al.* (2012) onderzochten de dieetsamenstelling aan de hand van maaganalyses van zes demersale en semi-pelagische vissoorten (Schar, Dwergtong, Pitvis, Kleine pieterman, Wijting en Horsmakreel) afkomstig uit het Thorntonbank windmolenpark en de omringende gebieden. De fullness-index toonde aan dat vissen een vollere maag hadden dicht bij de windmolens en aan de rand van het concessiegebied. Dit kan wijzen op de beschikbaarheid van meer voedsel in de buurt van de windmolens. In de maag van Schar werden meer amfipoden en vooral hardsubstraatsoorten (vb. *Phtisica marina*) gevonden in het impactgebied dan in het referentiegebied. Toch waren de meest abundante hardsubstraatsoorten op de turbines (*Jassa herdmani* en *Pisidia longicornis*) niet terug te vinden in de magen van Schar. Dit kan te wijten zijn aan de staalnameafstand (500-1500m) of aan de prooivoorkeur bij Schar. Algemeen werden verschillen in voedingspatronen tussen de stations waargenomen. Of deze verschillen veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van windmolens of door een verschuiving van visserijactiviteiten, kan enkel bekrachtigd worden door replicatie binnen en tussen het/de windmolenpark(en) en door een optimalisering van de staalnamestrategie.

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 5-57), 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, 2012).

*Tabel 5-57 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 |
| *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

SeaStar 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 5-58 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 5-58 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 geplande studie van het ILVO omtrent de effecten op vislarven tijdens het heien kan hopelijk meer duidelijkheid brengen.

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:

- Effect van de mogelijke verhoging van de turbiditeit op de foerageer-efficiëntie van visetende vogels;
- Het belang van het projectgebied als migratieroute;
- Het belang van het projectgebied als foerageergebied voor vogels uit broedkolonies aan de Belgische en Nederlandse kust;
- Het vermijdingsgedrag van lokale vogels ten gevolge van het SeaStar park;
- Het barrière-effect en de impact op de bereikbaarheid van broed- en overwinteringsgebieden in België en Nederland.;
- Het effect van aanvaringen van vogels met de turbines op populatieniveau;
- Het mogelijke optreden van 'falls' en de gevolgen op populatieniveau;

- De wijziging van het voedselaanbod in het windmolenpark;
- De potentiële aanwezigheid van het Alpha-eiland in de directe nabijheid van de windmolenparken;
- 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.

Verder onderzoek is eveneens noodzakelijk om te bepalen in welke mate *vleermuizen* voorkomen in het BDNZ, of er insectenpopulaties voorkomen rond de windmolenparken en wat de effecten van de turbines op vleermuizen. De radarstudie voorzien voor de vogels kan hierbij alvast helpen.

#### 5.4.4.4 Zeezoogdieren

Hoewel er ondertussen meer kennis is over de effecten van heiactiviteiten op Bruinvissen, blijven er nog leemtes in de kennis. De fysische gevolgen van onderwatergeluid en trillingen op mariene zoogdiersoorten zijn nog niet gekend. 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 de effecten van geluiden geproduceerd door de grotere types turbines (palen van meer dan 5 m diameter) en het type heitoestel zijn nog niet goed gekend. Tenslotte 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, 2012), 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. De voorkeur gaat hierbij uit naar aansluiting op het Alpha-eiland van Elia. Indien toch exportkabels naar land worden getrokken, heeft SeaStar 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 Rentel, 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 gebruik van luchtbelgordijnen kan de maximale geluidsemissie tijdens het heien verminderen met 10 tot 15 dB re 1 µPa (Rustemeier *et al*., 2011) of 20dB re 1 µPa (Nehls *et al*., 2007). De sterke getijdestroom aanwezig in het gedeelte van het BDNZ zone waar het Norther windpark zou worden geïnstalleerd, vormt een extra moeilijkheid voor het gebruik van dergelijke technieken, maar een aangepast ontwerp van het luchtbellengordijn is mogelijk (Lucke *et al*., 2011)
  - 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. Von Benda-Beckmann *et al*., (2011) modelleerden een ‘ramp-up’ procedure (of ‘soft-start’ procedure, waarbij de energie gebruikt langzaam toeneemt), in casu voor SONAR geluid en effecten op orca’s. Men schatte dat het risico voor gehoorschade met een factor 5 tot 10 gereduceerd werd door de ‘ramp-up’ procedure. De resultaten van de modellering toonden aan dat lange’ ramp-up’ procedures niet noodzakelijk de beste waren.
- 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. BMM past reeds een hoge mate van afstemming van de monitoringsprogramma's van de verschillende windmolenparken toe. 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), het Norther project (BMM, 2011b) en het Rentel project (BMM, 2012).

Voor het SeaStar 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, 2012).

#### 5.4.6.2 Vissen

Analoog als voor het benthos wordt voor het SeaStar 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 op vis(larven). Voor meer details wordt verwezen naar de BMM.

#### 5.4.6.3 Vogels

Transecten in de windmolenparken worden sinds 2008 al maandelijks geteld in kader van de monitoringsprogramma's van de BMM. Mogelijk zullen de transecten licht gewijzigd worden in functie van de inrichting van de SeaStar concessie. Eveneens worden radaronderzoek en gezenderde vogels (broedende individuen van Kleine mantelmeeuw en Zilvermeeuw in de kolonies van Zeebrugge en Oostende) ingepland (BMM, 2012). Een teststudie van radaronderzoek in de haven van Zeebrugge toont aan de het radarsysteem een geschikt model ik om vliegbewegingen te onderzoeken en significante patronen aan te tonen (Brabant *et al*., 2012)

Tijdens het monitoringsonderzoek zijn de belangrijkste aspecten:

- Vliegen adulte, broedende Zilvermeeuwen en Kleine mantelmeeuwen vanuit de broedkolonies in Zeebrugge en Oostende tot aan de windmolenparken om te foerageren?
- Hoe gedragen die soorten zich in een windmolenpark (is er sprake van een 'meeting point' op zee?) en in de buurt van individuele turbines?
- Wat is de vlieghoogte van die soorten binnen het windmolenpark? Verschilt dit van de vlieghoogtes erbuiten? Hier kan ook een link gemaakt worden met data van de verticale radar over groundtruth grote meeuwen.

- Grote meeuwen hebben het grootste risico om in aanvaring te komen met een turbine doordat ze regelmatig op rotorhoogte vliegen en doordat ze groot en weinig wendbaar zijn. Wat is de kans om in aanvaring te komen met een turbine?
- Hebben de windmolenparken een effect op populatieniveau bij deze soorten?

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.

In ieder geval 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 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, 2011b, 2012).

#### 5.4.6.5 Harde substraten

Analoog als de redenering beschreven voor de fauna van zachte substraten, wordt voor het SeaStar 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.*, 2012).

### 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 SeaStar 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 5-59 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 5-59 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[8]' 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 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.

[8] '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).

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 SeaStar 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 geëvalueerd.

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 36 gebouwde windturbines van het C-Power windmolenpark (situatie april 2013, Thorntonbank) en 55 windturbines van het Belwind windmolenpark (Blighbank).

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 kustlandschap. Vanaf de kust gezien ligt het SeaStar projectgebied achter de Norther, C-Power, Rentel en Northwind 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).

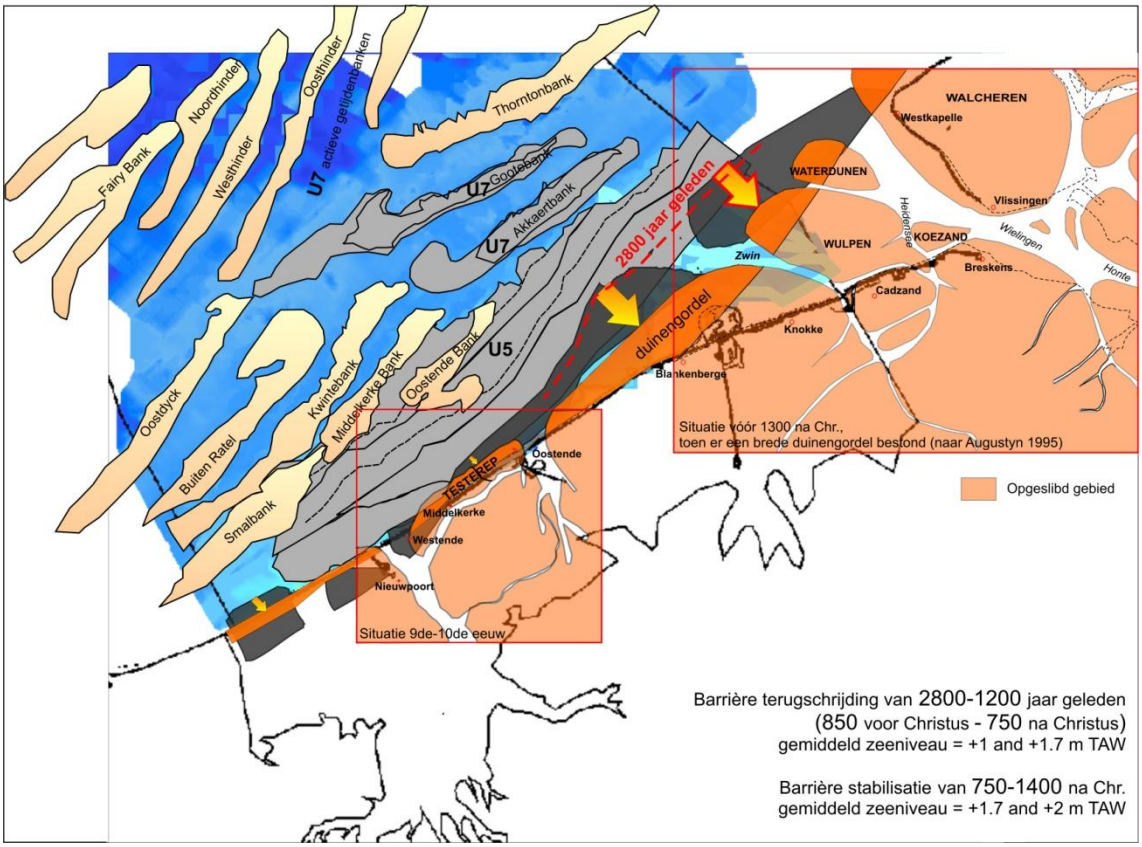
Vanuit een meer algemeen natuurstandpunt kan gesteld worden dat de natuurwaarde het hoogste is dichtbij de kust (o.a. de Vlaamse banken) en afneemt naarmate men verder offshore gaat. Daarnaast is een westoostelijke gradiënt waarneembaar met een concentratie van natuurgebieden aan de westkant. Op land 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 duinengordel 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 5-97). 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).

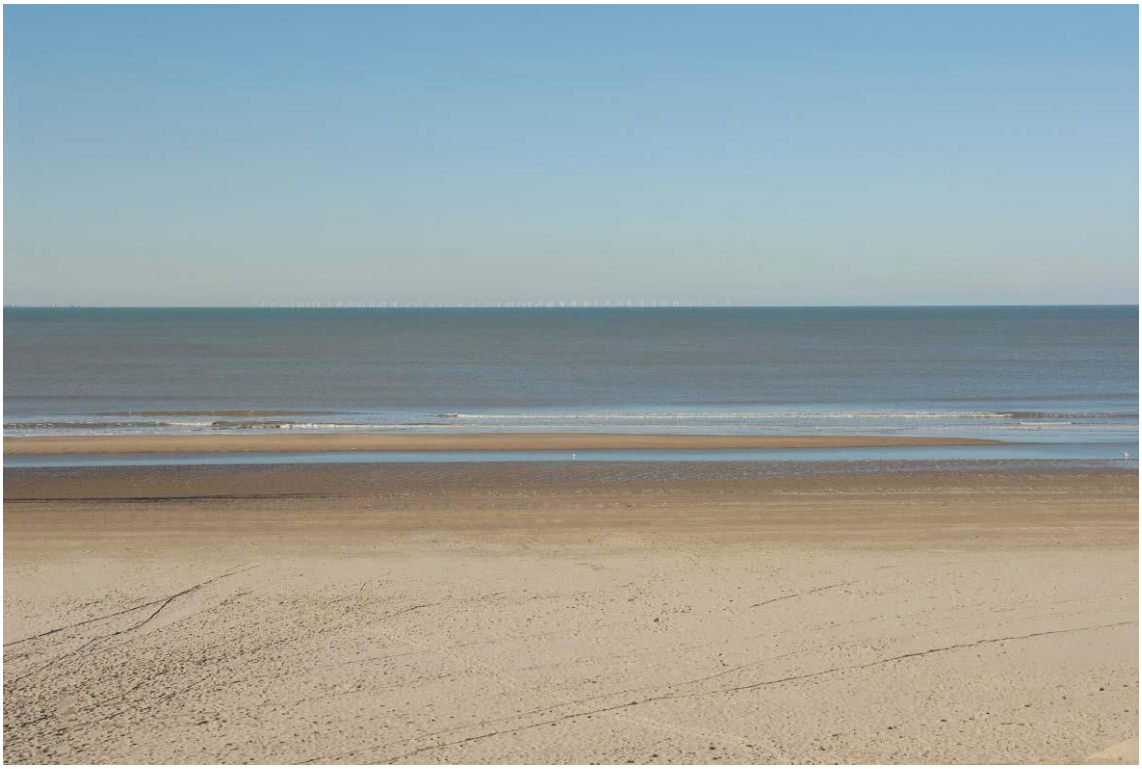



*Figuur 5-97 Situering van middeleeuwse eilanden Wulpen, Koezand en Waterdunen (naar Mathys, 2010)*

### 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, Norther en Rentel). 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, op ca. 20 km uit de kust.

Figuur 5-98 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 5-98 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 is het IWT project SEARCH ‘Archeologisch erfgoed in de Noordzee’ gestart, met als doel een efficiënte evaluatiemethodologie te ontwikkelen en voorstellen te formuleren tot een duurzaam beheer van archeologisch erfgoed in het BDNZ. Daardoor zullen in de toekomst mogelijk nieuwe gebieden als paleolandschap of cultureel erfgoed gedefinieerd worden.

## 5.5.3 Effecten

### 5.5.3.1 Effecten op zeezicht

#### 5.5.3.1.1 Constructiefase

De bouw van het SeaStar 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, 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 SeaStar windmolenpark er reeds andere windturbines op zones dichter bij de kust zullen gerealiseerd en operationeel 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 maar vormen onderdeel van een normale havenactiviteit. De aanwezigheid van het materieel en de werken op zich kunnen evenwel ook 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 5-99). Deze activiteiten grijpen principieel steeds 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 5-99 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 SeaStar project situeert zich achter de Northwind, Rentel, C-Power en Norther windmolenparken die dichter bij de kust gelegen zijn. Vanaf de kust zal het zicht met of zonder de SeaStar 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 configuratie 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. 38 km (kortste afstand van de kust tot het SeaStar windmolenpark) en gezien vanaf het strand, zal een gedeelte van de mast (ca. 123 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. 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 40 km afstand kan het menselijk oog objecten onderscheiden die breder zijn dan 11,70 m. Theoretisch gezien zullen voornamelijk de grootste turbines 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 5-100).



*Figuur 5-100 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-2).*

Volgens bovenstaand onderzoek is voor 55% van de bevraagden 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 5-60 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 5-60 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 |

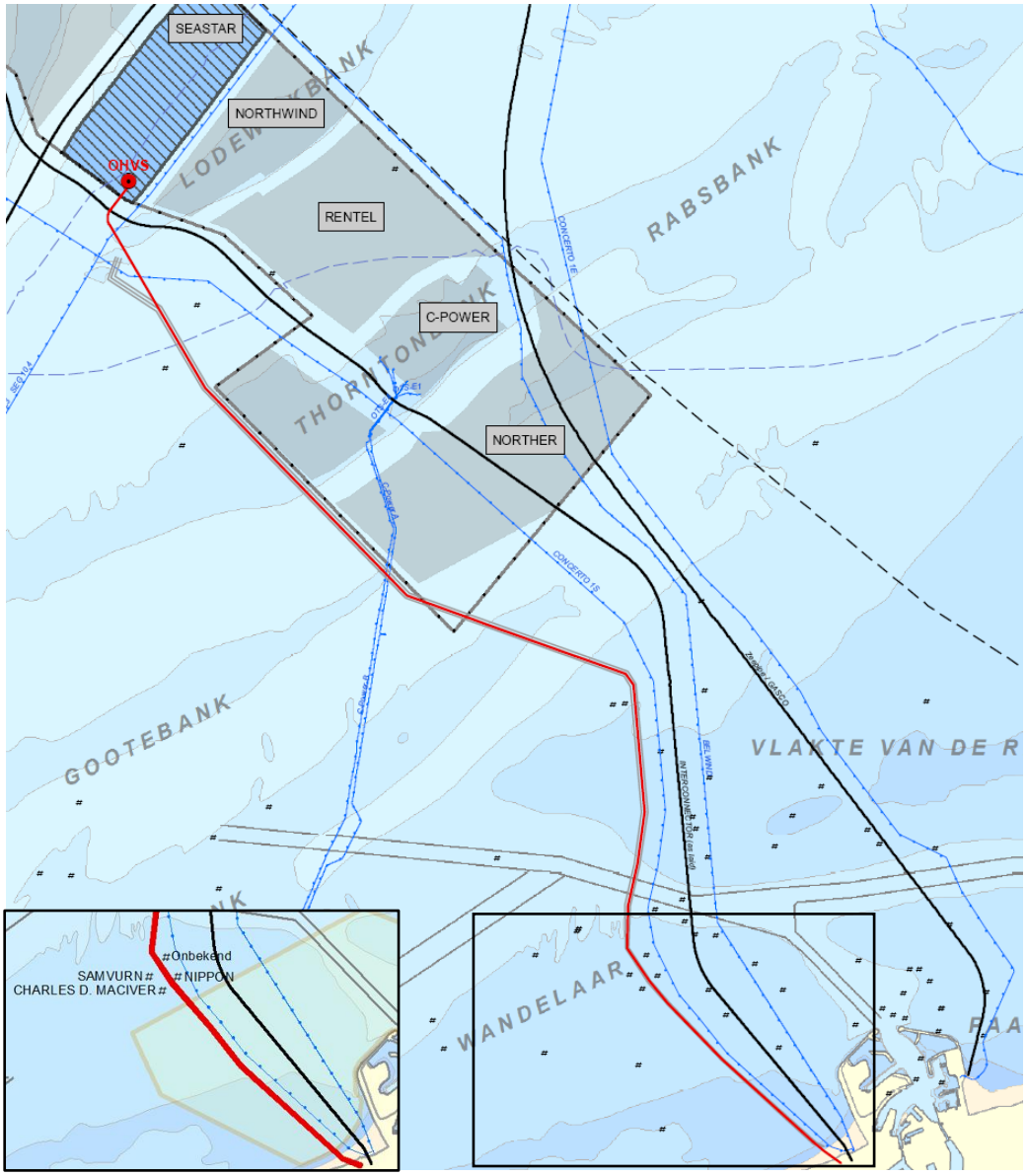
### 5.5.3.2 Effecten op cultureel erfgoed

#### 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 SeaStar geen geregistreerde wrakken gelegen zijn (Figuur 5-101).

Fossiele zoogdierresten komen voor rondom de Thorntonbank. De precieze locatie ervan vormt echter een leemte in de kennis. In de buurt van het SeaStar windmolenpark zijn momenteel geen vindplaatsen van fossielen bekend. Bijgevolg is het effect van de bouw van windmolenpark SeaStar op archeologische resten niet-significant, doch mogelijke latere ontdekkingen zullen afgehandeld worden volgens een protocol voor melding van archeologische toevalsvondsten op zee dat momenteel wordt uitgewerkt in IWT project SEARCH.




*Figuur 5-101 Ligging wrakken t.o.v. windmolenpark SeaStar en alternatief kabeltracé scenario 2*

#### 5.5.3.2.2 Operationele fase

Tijdens de operationele fase van het windmolenpark wordt geen impact (0) verwacht op het marien cultureel erfgoed aangezien dit niet aanwezig is.

#### 5.5.3.2.3 Ontmantelingsfase

Tijdens de ontmantelingsfase van het windmolenpark wordt geen impact (0) verwacht op het aanwezige marien cultureel erfgoed aangezien dit niet aanwezig is.

#### 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. In geval van een exportkabel naar de kust, zal deze aansluiten 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 exportkabel zal op het strand in een sleuf verbonden worden met de landkabel die met een gestuurde boring onder de duinen door gelegd wordt. De landschappelijke waarde van de ankerplaats “de Fonteintjes” zal dus geen invloed ondervinden van de onshore aanleg van de exportkabel.

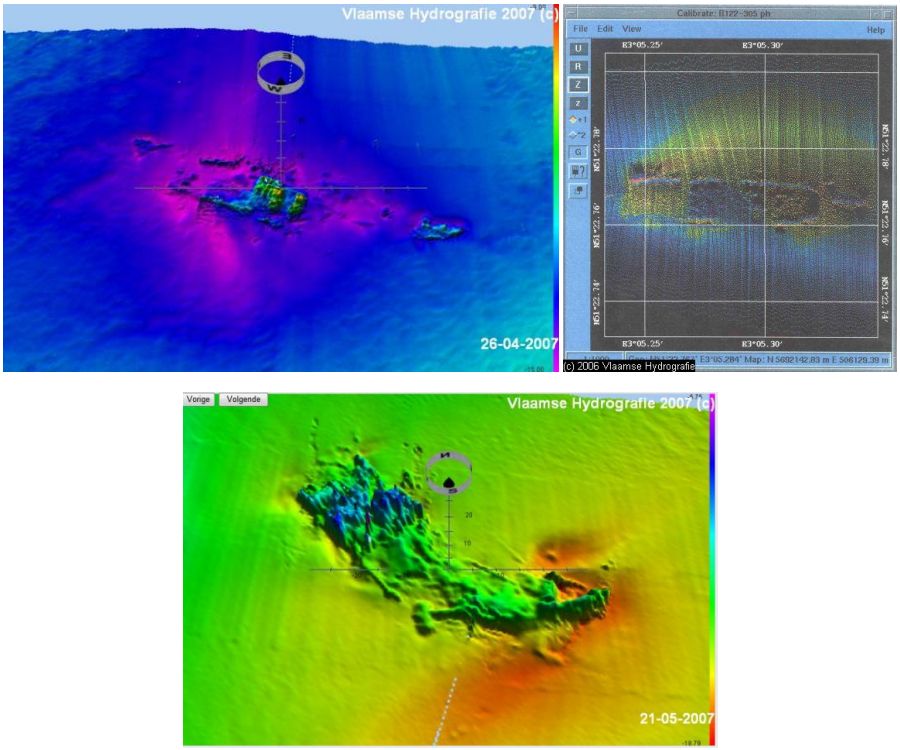
De aanleg van de parkkabels, de verbindingskabels naar het Alpha-eiland en de exportkabel van het windmolenpark naar de kust kan echter wel impact hebben op het maritiem cultureel erfgoed, gezien er langsheen het kabeltracé naar land (zie § 4.2) meerdere (gekende) scheepswrakken aanwezig zijn (Figuur 5-101). 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 vier wrakken langs de route van het voorziene exportkabeltracé naar land. Het meest noordelijk gelegen wrak langsheen het kabeltracé (51°23,056’ N, 3°04,899’ O WGS84) is een onbekend schip (Figuur 5-102). Het oostelijk gelegen wrak is de Nippon van 138 m lang en 18 m breed (51°22,716’ N, 3°05,202’ O WGS84). Ten westen van de Nippon ligt de Samvurn (51°22.725’ N, 3°4.426 ’O WGS84), het wrak is 74 m lang en 16 m breed. Het meest zuidelijke wrak van de vier is de Charles D. Maciver (51°22.483’ N, 3°04.787’ N WGS84), hiervan zijn geen dimensies of beelden beschikbaar (Figuur 5-102, www.vlaamsehydrografie.be).

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 kabel.

Vanuit het standpunt van het maritiem archeologisch erfgoed gaat de voorkeur uit naar een tracé naar Alpha aangezien dit het kortste is en er in de kabelcorridor voor de verbindingskabels enerzijds en in het voorbehouden gebied waarin Alpha zich zal situeren anderzijds geen gekende wrakken liggen. De opmerking moet wel gemaakt worden dat er vanuit Alpha ook kabels naar land gelegd dienen te worden. Er zal voor aanleg van de kabel een multibeam en 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 (0).

Het voorgestelde exportkabeltracé tussen het SeaStar windmolenpark en Zeebrugge doorsnijdt geen tot op heden gekende paleolandschappen of archeologisch interessante kustnabije gebieden.




*Figuur 5-102 Multibeam opnames van de wrakken gelegen langsheen het kabeltracé naar land. Linksboven het noordelijk gelegen wrak, rechtsboven het oostelijk gelegen wrak (Nippon) en onderaan het westelijk gelegen wrak (Samvurn). Van het zuidelijke wrak (Charles D. Maciver) is geen sonardata beschikbaar.(www.vlaamsehydrografie.be)*

#### 5.5.3.2.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het cultureel erfgoed

Tabel 5-61 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 5-61 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 bij de installatie van de windturbines of 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.

## 5.5.5 Milderende maatregelen

### 5.5.5.1 Zeezicht

Gezien de verwaarloosbare impact van de turbines in het SeaStar 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.

Voor het alternatief tracé naar land zal een grondige screening van de bodem nodig zijn langsheen het vooropgestelde kabeltracé. Deze route rond het Norther windmolenpark werd nog niet eerder gebruikt voor de aanleg van maritieme kabels. Tussen de kust en het Norther windmolenpark loopt het tracé evenwijdig aan Concerto 1S kabel.

In ieder geval moet de aanvrager voor de eigenlijke 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. Meer gedetailleerde technische richtlijnen naar uitvoering van geofysische metingen worden uitgewerkt in het IWT project SEARCH (pers. comm. Tine Missiaen, april 2013). 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. magnetometrie 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 SeaStar 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). Een protocol voor melding van archeologische toevalsvondsten wordt uitgewerkt in het IWT project SEARCH.

### 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 offshore 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 concrete invulling gegeven aan de 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. Het exportkabeltracé met aanlanding te Zeebrugge kruist de Speciale Beschermingszone te Zeebrugge (SBZ-V3) en de scheepvaartroute 'Het Scheur'.

In volgende paragrafen zal de (socio-economische) impact van het SeaStar windmolenpark op deze andere activiteiten geanalyseerd worden. De beschreven effecten zijn zowel geldig voor de verschillende configuratiealternatieven van het SeaStar 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 demersale vissoorten met daarin vooral Tong, Rog en Schol (Tessens & Velghe, 2012; Vanderperren & Polet, 2009). De garnaalaanvoer is in 2011 meer dan gehalveerd t.o.v. 2010. 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.

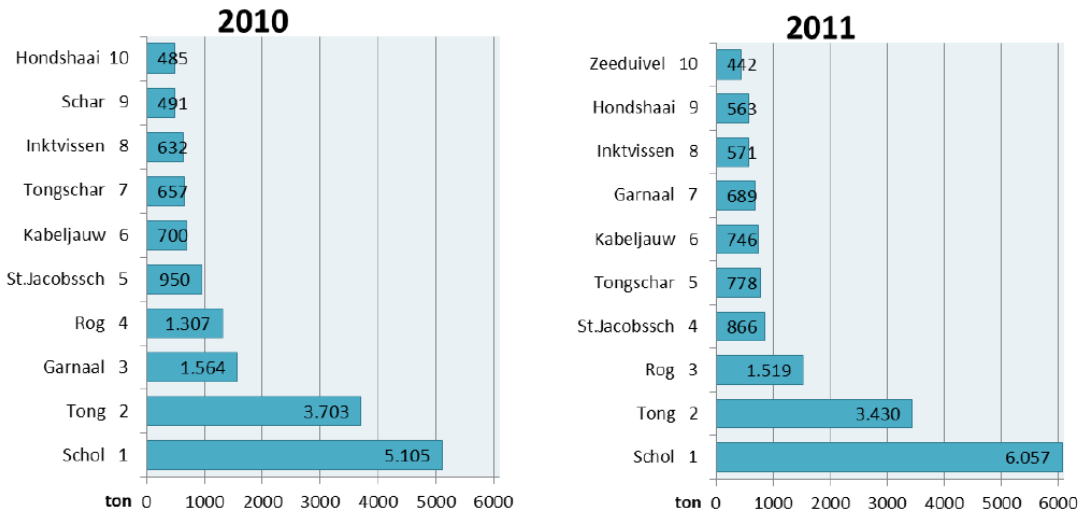
### *Socio-economische aspecten*

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.

In 2011 bestond de Belgische zeevisserijvloot uit 86 vissersvaartuigen met een totaal motorvermogen van 49.135 kW (-4% t.o.v. 2010) en een tonnage van 15.326 GT (-3,1% t.o.v. 2010). Deze vloot kan opgedeeld worden in het kleine vlootsegment (KVS) (< 221 kW: 45 vaartuigen) en het grote vlootsegment (GVS) (> 221 kW: 41 vaartuigen). Binnen het GVS (kW > 221) zijn de grote boomkorren (van > 662 kW) veruit de belangrijkste. De aanvoer van deze klasse vertegenwoordigt bijna 3/4 van de totale Belgische aanvoer in 2011 (Tessens & Velghe, 2012). Het KVS bestaat uit vaartuigen die meestal binnen de 12-mijlszone vissen.

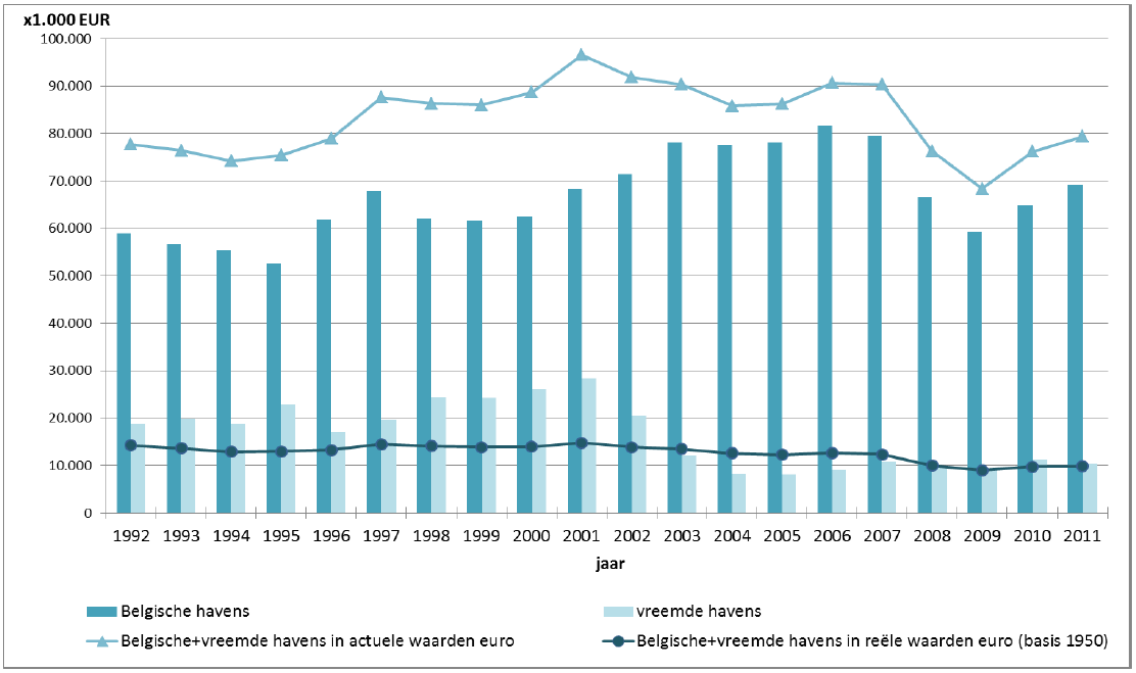
Socio-economisch gezien is het BDNZ voor de Belgische zeevisserij eerder van gering belang. Bijna 65% van de Belgische visaanvoer is afkomstig uit de centrale en zuidelijke Noordzee. Daarnaast zijn de oostelijke Kanaalzone, het Bristolkanaal en het zuidoostelijke gedeelte van de Ierse zee de belangrijkste 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 2011 steeg de aanvoer licht in eigen havens tot 16.905 ton t.o.v. 15.970 ton in 2010, voor een totale waarde van € 69 miljoen t.o.v. € 65 miljoen in 2010 (Tessens & Velghe, 2012). 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 2011 (Figuur 5-103) toont aan dat Schol (6.57 ton) en Tong (3.430 ton) de twee belangrijkste soorten zijn, gevolgd door Rog (1.519 ton) en St. Jacobsschelp (866 ton).




*Figuur 5-103: Top 10 van aangelande soorten door de Belgische vloot in 2010 en 2011 (Tessens & Velghe, 2012)*

Na het dieptepunt in 2009, is de besomming in 2011 (+16,7%) opnieuw uitgekomen boven het niveau van 2008 (Figuur 5-104), met een gemiddelde prijs in Belgische havens van 4,09 €/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 5-104 Evolutie jaarlijkse omzet in de Belgische visserij (Tessens & Velghe, 2012)*

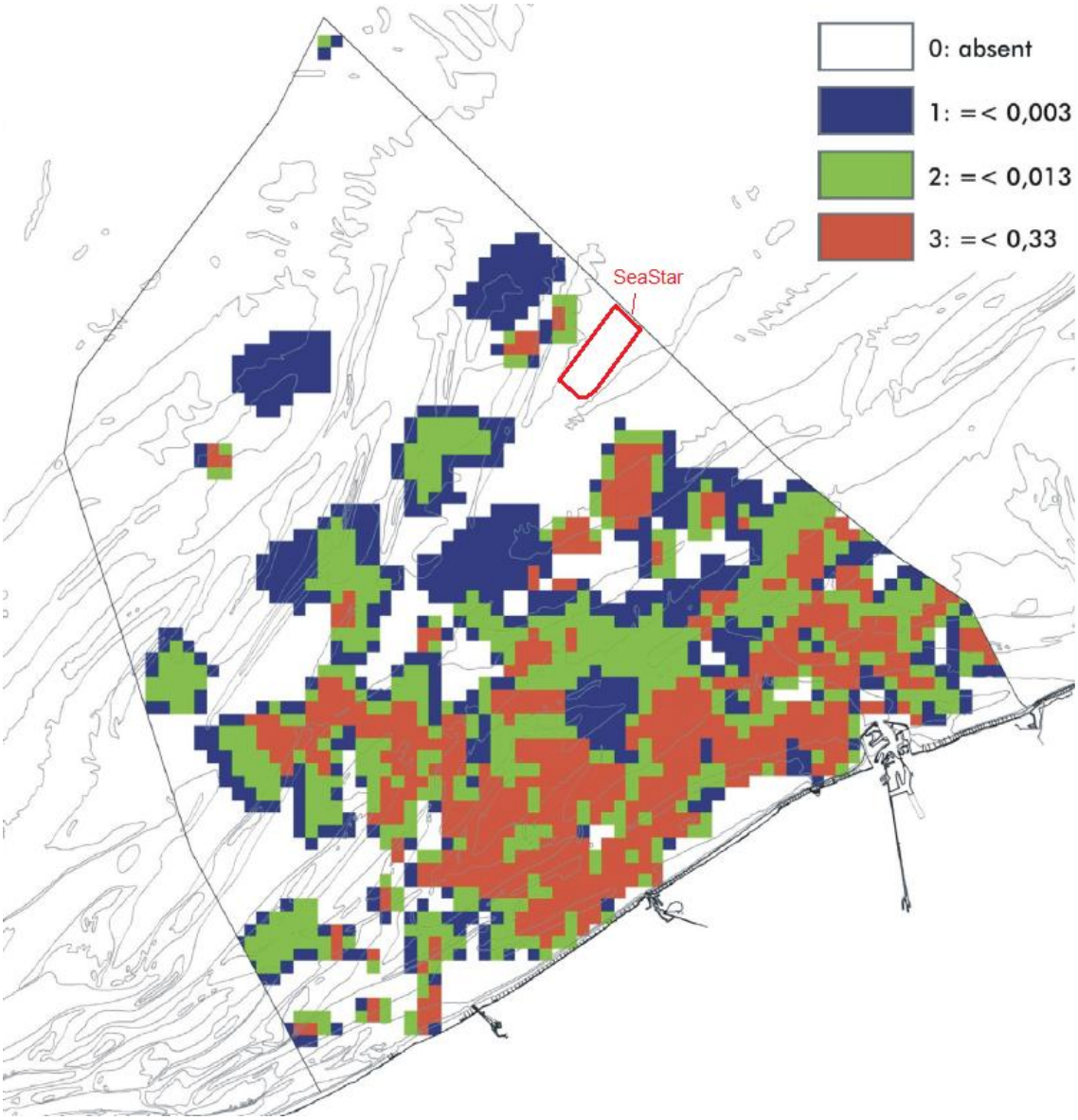
De bruto toegevoegde waarde van de visserijsector is zeer laag in vergelijking met het bruto binnenlands product, slechts 0,04%, maar is van groot belang op regionale schaal (Tessens & Velghe, 2010). De Belgische zeevisserij creëert een rechtstreekse tewerkstelling (crew en scheepvaart maatschappijen) 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 SeaStar 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 er geen observaties werden gedaan van vissersschepen binnen het SeaStar projectgebied (Figuur 5-105). 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 5-105 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, 2012, 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

Door het afsluiten van de windmolenparken voor de visserij ontstaat er een verlies aan visgronden. 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.

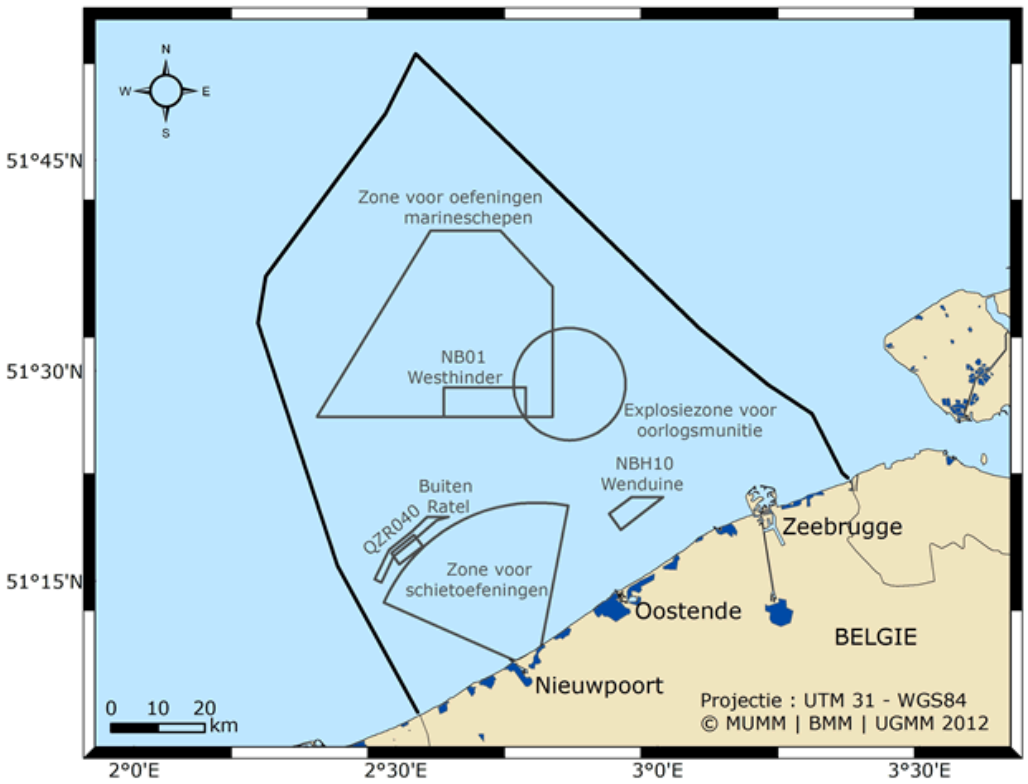
Er bestaan bijkomende mogelijkheden voor maricultuur binnen offshore windmolenparken (zie bv. Verhaeghe *et al.* 2011), maar net zoals voor visserij binnen de zone van het windmolenpark dienen vooraf een aantal knelpunten weggewerkt te worden.

#### 5.6.1.3 Militaire activiteiten

In het BDNZ worden op regelmatige tijdstippen militaire activiteiten en oefeningen gehouden (Figuur 5-106). De militaire activiteiten bestaan uit:

- Schietoefeningen in de omgeving van Nieuwpoort-Lombardsijde die overdag van op het strand richting zee worden uitgevoerd;
- 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

Het SeaStar windmolenpark ligt volledig buiten de zones met militaire oefeningen.




*Figuur 5-106 Militaire activiteiten op het Belgisch deel van de Noordzee (BMM, 03/12/2012)*

### 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 Rioja. De voorgeschreven veiligheidsafstand bedraagt standaard 250 m, maar aangezien Rioja niet langer in gebruik is (formeel als dusdanig bevestigd door de kabeleigenaars op 21/07/2009), zal een veiligheidsafstand van 50 m gehanteerd worden voor de verschillende inplantingsconfiguraties van de turbines conform de situatie van de Rembrandt telecommunicatiekabel in het Rentel concessiegebied. De mogelijkheid om de Rioja te verwijderen wordt onderzocht. Geen enkele gaspijpleiding bevindt zich in het SeaStar concessiegebied.

De twee voorgestelde scenario's voor het kabeltracé zullen verscheidene telecommunicatiekabels en gasleidingen kruisen.

Het tracé naar Alpha, bestaande uit 1-2 verbindingskabel(s) vanuit een OHVS (optie A) of meerdere parallelle verbindingskabels in een kabelcorridor vanuit de clusters (van parkkabels) in het windmolenpark (optie B), kruist achtereenvolgens van windmolenpark tot Alpha:

- de Interconnector gasleiding
- de operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel

Het voorgestelde exportkabeltracé (als fall-back scenario) valt grotendeels samen met de door ELIA in het Belgian Offshore Grid-project vooropgestelde kabelcorridor voor de verbinding tussen Alpha en de kust. Deze kabelcorridor voor de exportkabel(s) kruist in volgorde van windmolenpark tot land:

- de Interconnector gasleiding
- de operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel
- de Concerto 1S telecommunicatiekabel
- de niet-operationele Rembrandt 2 telecommunicatiekabel
- de exportkabels van C-power
- 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 (Alpha en Beta) worden voorzien als aansluitingspunten voor de respectievelijke windmolenparken. Volgens de actueel voorliggende schema’s wordt voor het SeaStar-park een aansluiting op het Alpha-eiland voorzien. De vergunningsaanvraag wordt in 2013 ingediend. Een exacte timing voor realisatie voor deze constructie is vandaag echter 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 en het MB 24/12/2010. Er zijn nu vier 'controlezones' (kaart in Bijlage C.1):

- 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 met sectoren 3A en 3B 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 4A op de Noordhinder, sectoren 4B en 4C op de Oosthinder en sector 4D op de Westhinder.

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 Blighbank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor waarop de eerste windmolenparken ontwikkeld werden: de Thorntonbank, de Lodewijkbank en de Blighbank.

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 april 2013 zijn reeds 36 windturbines operationeel. 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 Blighbank. 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 windturbines op 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 werd ook Rentel recentelijk een machtiging verleend voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark in het zeegebied tussen de Lodewijkbank en de Thorntonbank (KB 15/02/2013). Er komt een windmolenpark van 289 tot 550 MW inclusief transformatorplatformen dat 47 tot 78 windmolens zal omvatten.

#### 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 en de Simon Stevin beschikt België over oceanografische onderzoeksschepen die de wetenschappers in staat stellen om kwalitatief hoogstaand onderzoek uit te voeren (BMM, 2011b). Daarenboven is – rechtstreeks gelinkt aan de bouw en exploitatie van windmolenparken op zee – een expliciet monitoring- en onderzoeksprogramma voorzien onder de coördinatie van BMM. Dit heeft tot gevolg dat het BDNZ één van de meest intensief bestudeerde mariene gebieden ter wereld is.

### 5.6.2 Effecten

#### 5.6.2.1 Visserij

De belangrijkste potentiële 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 SeaStar windmolenpark voor een bijkomend minimaal verlies zorgen aan visgronden (ca. 0,6% van het BDNZ). Gezien de beperkte oppervlakte (20,3 km²) en het gegeven dat het projectgebied van beperkt belang is voor de visserij (Figuur 5-105), 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 SeaStar 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 niet.

#### 5.6.2.1.2 Korte- en langetermijneffecten

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’.

#### 5.6.2.1.3 Opportuniteiten

Naast deze negatieve effecten op visserij, biedt de ontwikkeling van het windmolenpark ook een opportuniteit, namelijk het ontstaan van kraamkamergebieden en beschermde natuurzones.

Daarnaast zal het afsluiten van een gebied voor de visserij 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 SeaStar project zal voor een bijkomende introductie van harde substraten zorgen (turbines, funderingen, erosiebescherming), 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 SeaStar 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

Daar domeinconcessie SeaStar zich volledig buiten de militaire gebieden bevindt worden er geen effecten (0) verwacht ten gevolge van het SeaStar project.

#### 5.6.2.4 Kabels en pijpleidingen

Gezien binnen het concessiegebied de vereiste (gereduceerde) veiligheidszone ten opzichte van de telecommunicatiekabel Rioja 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. Indien de Rioja telecommunicatiekabel verwijderd wordt voor de start van de constructie van het SeaStar windmolenpark, dient geen rekening gehouden te worden met de kabel bij de inplanting en exploiteren van het windmolenpark.

De offshore exportkabel en/of de aansluiting via verbindingskabels op Alpha zal afhankelijk van het gekozen alternatief één of meerdere kruisingen dienen te maken met diverse telecommunicatiekabels, de Interconnector gasleiding en de exportkabels van reeds gerealiseerde parken. Er wordt evenwel voorzien dat de nodige technische en operationele maatregelen worden getroffen om beschadiging aan deze kabels of aardgaspijpleidingen 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 SeaStar concessiegebied ligt op voldoende afstand van de controlezones. Het tracé voor de exportkabel naar land loopt langs de oostelijke rand van de 1a ontginningszone. 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 Belwind 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 SeaStar windmolenpark.

Voor de beschrijving van de cumulatieve effecten ten gevolge van de ontwikkeling van de reeds vergunde windmolenparken (C-Power + Belwind + Northwind + Norther + Rentel) wordt verwezen naar het hoofdstuk ‘Cumulatieve effecten’.

Het mogelijk effect van het SeaStar 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 opportuniteit biedt voor wetenschappelijk onderzoek en oceanologische 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 (+).

#### 5.6.2.8 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 in de zones rondom 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, C-Power, Norther en Rentel) 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).

#### 5.6.2.9 Toerisme en recreatie

De realisatie van het SeaStar windmolenpark omvat het afsluiten van het concessiegebied voor de scheepvaart, inclusief de pleziervaart. Dit wordt verder besproken in het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten - Risico's en veiligheid (§ 6.3.8.1).

De mogelijke effecten van het windmolenpark op het traditionele kusttoerisme komen aan bod in de discipline 'Zeezicht en cultureel erfgoed' (§ 5.5).

Het huidige sociaal klimaat staat overwegend positief tegenover alternatieve en groene energiebronnen, onder andere windenergie. Deze interesse kan uitgebaat worden en een bijkomende toeristische troef voor de kust betekenen die een nieuw soort toeristen kan aantrekken. Westerberg *et al*. (2012) geef aan dat kustnabije windmolenparken een positief effect hebben op de inkomsten uit toerisme indien ze gecombineerd worden met windmolenpark geassocieerde recreatieve activiteiten, bijvoorbeeld duiken om het bijzonder ecosysteem dat rond de funderingen ontstaat te observeren (Maes *et al.*, 2005). Uit een literatuurstudie, waarin situaties in Australië, Denemarken en Schotland beschouwd werden, blijkt ook dat windmolenparken een eerder positief effect hebben op de toeristische attractiviteit van een regio (TPNW, 2012; ZKA, 2011), het gaat hier echter wel om onshore windmolenparken. Door interactieve informatiecentra te voorzien kan het publiek kennis

maken en bijleren over de constructie en uitbating van de offshore windmolen parken in de Belgische EEZ. Er bestaan reeds excursies op zee naar de omgeving van de windmolenparken, waarbij toeristen de kans krijgen een aantal van de belangrijkste aantrekkingsfactoren van de kust, het weidse landschap met vergezichten, de natuur en de zuivere gezonde lucht (Grontmij, 2010) op een alternatieve en actieve manier te beleven.

## 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 maximaal op elkaar af te stemmen (gegroepeerde inplanting in kabelcorridor). Vanuit deze filosofie – mede in overeenstemming met de ontwikkelingsstrategie van Elia (2012) – vormt het aansluiten van meerdere windmolenparken rechtstreeks op een nabijgelegen offshore transformatorplatform (Alpha-eiland, 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 gereduceerd en kunnen de beperkte offshore exportkabels bovendien in een smallere corridor naar de kust worden aangelegd en gebeurt ook de aanlanding in een beperktere kuststrook.

#### 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 SeaStar 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 5-62 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 5-62 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 5-63). 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 5-63 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 SeaStar windmolenpark lagere faalkansen zullen vertonen dan aangegeven in Tabel 5-63.

Uit Tabel 5-63 (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 5-63 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[9] | $3{,}15.10^{-4}$ | | $4{,}2.10^{-4}$ |
| Overtoeren[10] | $8{,}5.10^{-4}$ | | $5{,}0.10^{-4}$ |
| 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 5-64 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 4 MW tot 10 MW windturbines, en dat zodoende het risico op accidenten ten gevolge van een weggeslingerde rotorblad gedekt wordt.

[9] mechanisch remmen = ca. 1,25 keer nominaal toerental

[10] overtoeren = ca. 2 keer nominaal toerental

*Tabel 5-64 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 |

#### 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 het offshore hoogspanningsstation zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in het hoogspanningsstation een nooddieselgeneratorset en een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (ca. 30 m³) 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).

#### 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 het offshore hoogspanningstation 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 5-65 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 5-65 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 |

| Configuratie | Basis | | | 1 | | | 2 | | | 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Funderingstype* | MP | JF | GBF | MP | JF | GBF | MP | JF | GBF | JF | GBF |
| **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) een nieuwe nautische veiligheidsstudie zal uitgevoerd worden op basis van de meest recente navigatiedata, nl. AIS data 2012 (MARIN, 2013).

In deze studie worden de volgende cumulatieve scenario’s onderzocht:

- Scenario 1: het SeaStar windmolenpark in combinatie met de reeds *vergunde* windmolenparken met hun meest actuele (potentiële) windmolenconfiguraties: C-Power, Belwind, Northwind, Norther en Rentel. Hierbij wordt het gegeven besproken dat door de bouw en opening van windmolenparken Rentel en SeaStar de laatste vrije doorgangen doorheen het windconcessiegebied afgesloten worden.
  Voor SeaStar worden 2 configuraties doorgerekend: Voor SeaStar worden 2 configuraties doorgerekend: de basisconfiguratie met het kleinste aantal turbines: 41 jacket funderingen en configuratie 1 met het grootste aantal funderingen: 62 monopile of gravitaire funderingen. Daarnaast werd ook een inschatting gemaakt van de aanvarings- en aandrijvingsfrequenties voor een scenario met 62 jacket funderingen.

- Scenario 2: Het SeaStar windmolenpark in combinatie met de vergunde windmolenparken uit scenario 1 en de *domeinconcessie* MERMAID.

Het rapport omvat:

- Aanvaar- of aandrijfrisico's van schip-windmolen. De focus van de risicoanalyse ligt op het SeaStar-gebied. Het effect van de verschillende configuraties, funderingstypes en eventuele uitbreidingen van het concessiegebied worden in acht genomen.
- De aanvaar- of aandrijfrisico's zullen opgesplitst worden naar hun mogelijke gevolgschade, aangezien niet elk ongeval eenzelfde risico voor het leefmilieu inhoudt.
- Toenemend aantal schip-schip aanvaringen door dichter verkeer.
- Aanbevelingen om veiligheid te verhogen. Update van de eventuele beheermaatregelen (o.a. relaisstation in Belwind concessiezone):
    - Gebruik van AIS (Automatic Identification System)
    - Inzet van ETV (Emergency Towing Vessel)
    - Beheer van uitstroom van olie na aanvaring
    - Correcte radardekking en communicatiemiddelen

Er wordt rekening gehouden worden met:

- De actuele verkeersstromen in het gebied (routestructuur en scheepsintensiteit). De studie is gebaseerd op de meest recente navigatiedata: AIS data 2012.
- Zowel het routegebonden als niet-routegebonden verkeersbeeld recenter dan 2001.

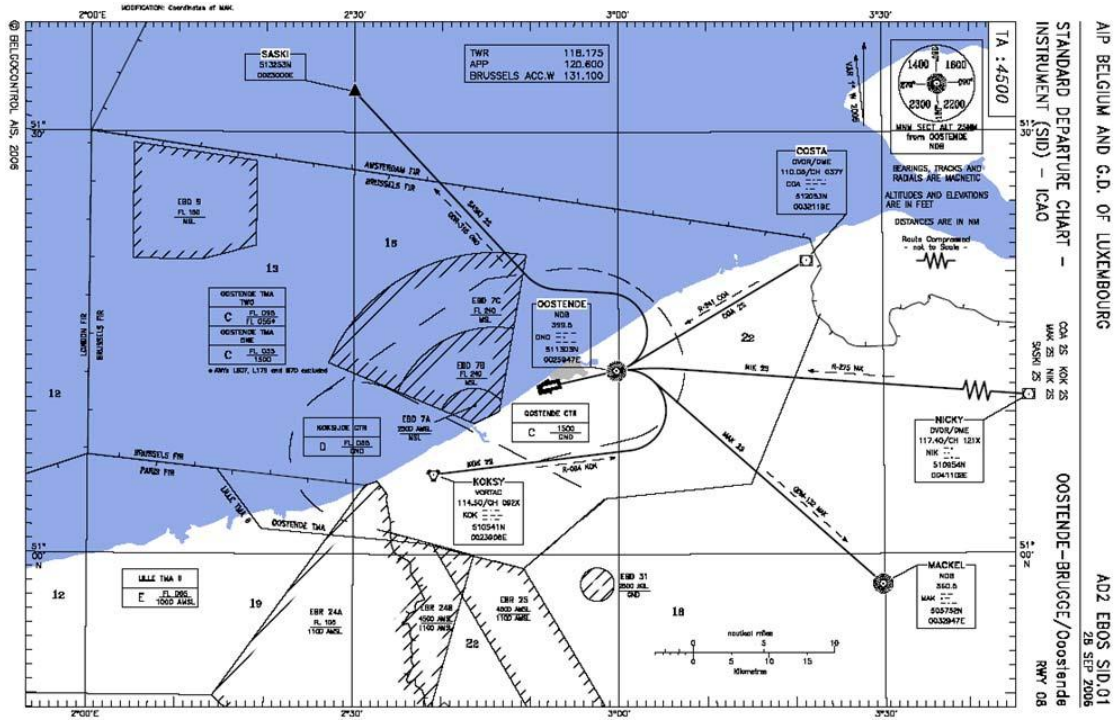
De risicoberekening zal gestuurd worden door:

- De ruimtelijke ontwikkeling in het studiegebied (lokaal-globaal). Bij de modellering van de veranderende verkeerstromen zal rekening gehouden worden met een restrictie (no-go zone) ter hoogte van de mogelijke eilandlocaties van Elia, nl. de concessiezone voor stopcontact op zee uit het Marien Ruimtelijk Plan.
- De evolutie in de scheepvaart (in tijd, ruimte (en dus ook intensiteit en aard)
- (Begeleidende) maatregelen ten aanzien van scheepvaart

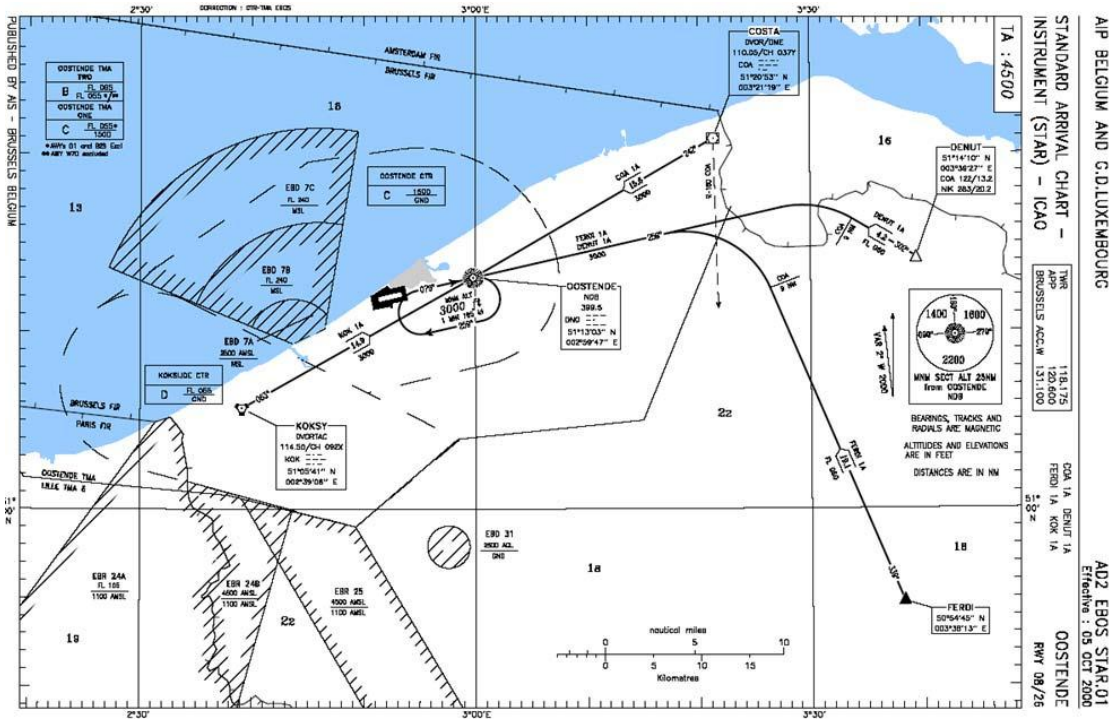
Het volledige rapport wordt weergegeven in de externe bijlage MARIN (2013). De resultaten van de nautische veiligheidsstudie worden uitgebreid beschreven in hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8).

### 5.7.3 Luchtvaartverkeer

Ter volledigheid wordt in dit MER ook de veiligheid voor het luchtverkeer aangehaald. Hiervoor wordt verwezen naar Figuur 5-107 en Figuur 5-108 met navigatiekaarten waarop de scheidingslijnen (Nederland, België) van beheer voor de luchtvaart zijn aangegeven zijn.




*Figuur 5-107 Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (vertrek)*




*Figuur 5-108 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 een update te maken van de deelstudie Flemtek-IMDC (2012) uitgevoerd in het kader van MER Rentel. Naast de risico's en effecten door de bouw van enkel het SeaStar windmolenpark op radar en scheepscommunicatie, worden ook de cumulatieve effecten onderzocht van het volledige Belgische concessiegebied op radar en scheepscommunicatie. Daarbij worden de effecten bekeken vanuit zowel het Belgische als het Nederlandse oogpunt en wordt 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 (2013). 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 (2013).

De bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten op radar en scheepscommunicatie wordt weergegeven in hoofdstuk 6 'Cumulatieve effecten' (§ 6.3.8.2). 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 Doha eind 2012, werd afgesloten met een politiek akkoord over een verlengstuk van het Kyoto Protocol tot in 2020. Nieuwe afspraken over de uitstoot en maatregelen tegen de opwarming van de aarde werden echter niet gemaakt.

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 Blighbank (Figuur 5-109). Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor waarop de eerste windmolenparken ontwikkeld werden: de Thorntonbank, de Lodewijkbank en de Blighbank.

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 de periode 2012-2013 werden 48 turbines (6,15 MW, jacket funderingen) geplaatst. Eind 2013 zal het volledige park operationeel zijn. 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.

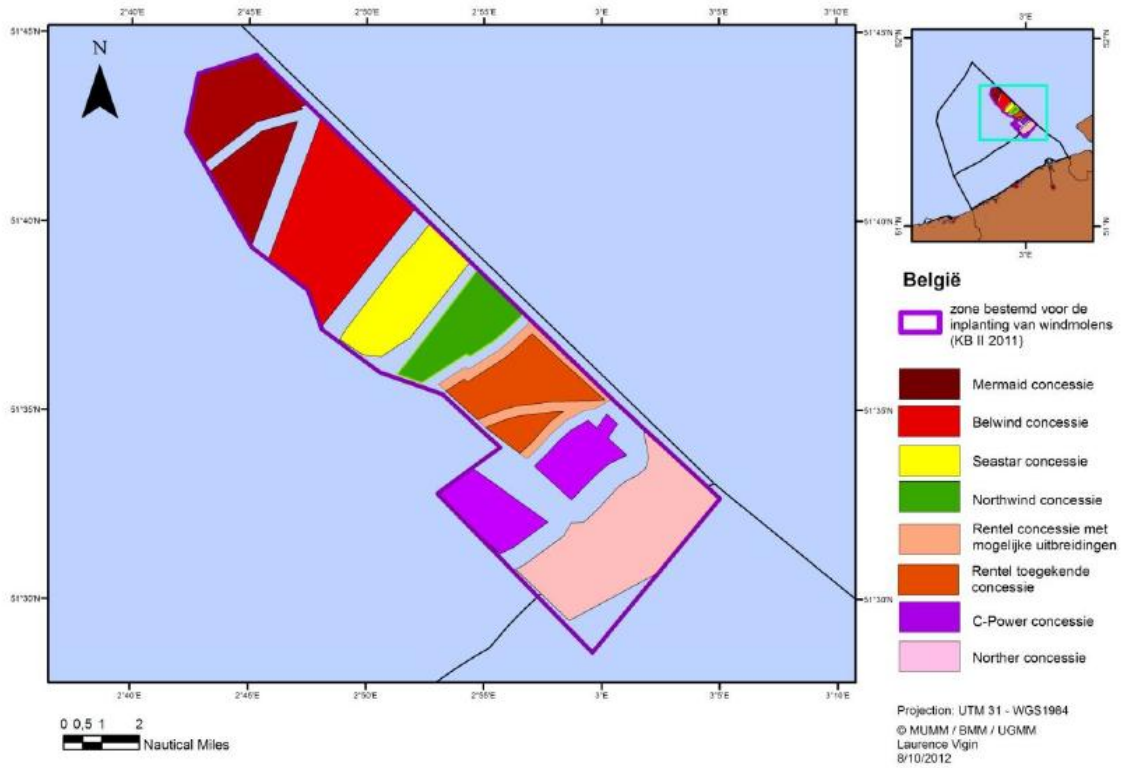
Belwind NV heeft de nodige vergunningen verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Blighbank. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km² (MB 05/06/2007). Het windmolenpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW, waarvan momenteel reeds 55 turbines (met monopile funderingen) geplaatst zijn. De overige 55 turbines zullen vermoedelijk eveneens geplaatst worden met monopile funderingen.

Northwind NV heeft een vergunning (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 (monopiles); het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. Tijdens het voorjaar 2013 is men van start gegaan met de constructiefase en in het najaar 2013 zal het park hoogstwaarschijnlijk operationeel zijn.

Norther NV 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.

Rentel NV heeft recentelijk een vergunning gekregen voor een project tussen de Thorntonbank en de Blighbank, op ca. 31 km van de kust. Dit park met een oppervlakte van 18,5 km² (met mogelijke uitbreiding tot 26,9 km²) biedt plaats voor 47 tot 78 turbines, met een totaal geïnstalleerd vermogen van 289 MW tot 550 MW.

Tenslotte heeft ook Mermaid 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.




*Figuur 5-109: Overzicht van de domeinconcessies voor offshore windmolenparken in het Belgisch deel van de Noordzee (BMM, 2012)*

## 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 vijf momenteel vergunde windmolenparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Northwind + Belwind + C-Power + Norther + Rentel) in combinatie met het SeaStar windmolenpark.

Op dit moment zijn nog geen details beschikbaar over de omvang, uitvoeringswijze en timing voor de bouw van het Alpha-eiland van Elia. Daarom kan het mogelijke cumulatieve effect ervan nog niet ingeschat worden.

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 en Rentel windmolenpark nog geen definitieve configuraties zijn 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 |

| Effect | Verwaarloosbaar | Cumulatief |
|---|---|---|
| **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, Rentel en SeaStar, en anderzijds de worst case scenario's van Norther, Rentel en SeaStar met enkel gravitaire funderingen. In het meest waarschijnlijk scenario worden in het Norther gebied enkel monopiles geplaatst, in het Rentel concessiegebied enkel jackets en ook in het SeaStar gebied 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 5-66 Overzicht cumulatieve stockagevolumes en stockage-oppervlaktes*

| Oppervlakte inname (m²) / Totaal volume (m³) | Cumulatief scenario - most probable case (conf. 3: 43 x 7 MW JF) | Cumulatief scenario worst case (conf. 1: 62 x 5 MW GBF) |
|---|---|---|
| Te stockeren volume (m³) | 1.253.600 m³ | 12.571.000 m³ |
| Stockage 1 m (opp. in m²) | 1.339.700 m² | 13.109.000 m² |
| Stockage 5 m (opp. in m²) | 311.740 m² | 2.851.800 m² |

Het te stockeren volume is een factor 10 groter bij gravitaire funderingen.

Indien gekozen wordt voor gravitaire funderingen voor het Norther, Rentel en SeaStar windmolenpark, zal in totaliteit voor de zes windmolenparken ca. 3,6 miljoen + 5 miljoen m³ + 4 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 zes 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), in het geval van Norther zal dit ca. 1.200.000 m³ (47 x 25.600 m³) zijn en in het geval van SeaStar verwachten we ca. 1.600.000 m³ (62 x 25.600 m³). Cumulatief zal dit dus gaan om een extra volume van ca. 4.800.000 m³ dat naast het gestockeerde materiaal gebaggerd zal worden.

Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 2 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 in sommige parken. Indien nodig, wordt voor de zes windmolenparken dus mitigerend opgetreden.

Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden op basis van beschikbare literatuur dat de erosiebescherming in de zes 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 in sommige parken 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 zes 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 zes 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 projecten verschillende trajecten hanteert. Deze optie is echter enkel nog van toepassing voor het Norther, Rentel, SeaStar en later Mermaid 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 5-67 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 SeaStar configuratiealternatief 1 met 62 gravitaire funderingen. In vergelijking echter met de van nature optredende turbiditeitsconcentraties tijdens stormen en de beperkte periode en afstand waarover een turbiditeitsverhoging optreedt (IMDC, 2013b 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 (2013b) wordt een invloedsstraal vermeld van 2,4 km voor baggerwerken in het SeaStar 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 (Blighbank) 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 zes 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 5-68 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, verbindingskabels 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 Norther, Rentel, SeaStar en later Mermaid. 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 5-69 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* 5-70 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 per jaar ten opzicht van een basisscenario met de reeds vergunde windmolenparken Belwind, Northwind, C-Power en Norther (MARIN, 2013). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. De toename aan $CO_2$, $NO_x$ en $SO_2$ uitstoot door omvaren (scenario 2) is echter minder dan 1% van de vermeden emissies door klassieke productie (

Tabel 5-71).

*Tabel 5-70 Vermeden emissies van de zes 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 |
| SeaStar | 570 / 997 | 582 / 1.019 | 576.000 / 1.008.000 |
| **Totaal** | **3.626/ 5.210** | **3.711 / 5.336** | **3.695.475 / 4.418.400** |

*Tabel 5-71 Verwachte emissies voor twee scenario's (MARIN, 2013) en bijkomende emissie door omvaren t.o.v. het basisscenario*

| | **Scenario 1 (Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther)** | | | **Scenario 2 (Scenario 1 + Mermaid)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Op BDNZ na omvaren (ton/jaar) | Relatief t.o.v. basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power, Norther) | Absolute toename t.o.v. basisscenario (ton/jaar) | Op BDNZ na omvaren (ton/jaar) | Relatief t.o.v. basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power, Norther) | Absolute toename t.o.v. basisscenario (ton/jaar) |
| $CO_2$ | 710.000 | +0,12% | 855 | 711.000 | +0,30% | 2.100 |
| CO | 3.000 | +0,11% | 3 | 3.000 | +0,31% | 9 |
| $SO_2$ | 7.000 | +0,12% | 8 | 7.000 | +0,30% | 21 |
| $NO_x$ | 8.000 | -0,73% | -59 | 8.000 | +0,44% | 35 |

In februari 2013 werd het Derde Vlaams Klimaatsplan goedgekeurd. De vermeden emissies van de zes 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 5-72 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)

#### 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.

##### 6.3.4.1.1 Geluid onder water bij heien funderingspalen

Het geluid van het heien van funderingspalen kan onderwater tot op een relatief grote afstand worden waargenomen, met slechts een geringe geluidsdemping tot de projectgrenzen voor elk park.

Tijdens de aanbouw van het windmolenpark SeaStar is het mogelijk dat meerdere parken in aanbouw zijn, nl. Belwind fase II en Rentel. Het simultaan heien van de funderingspalen in meerdere parken behoort tot de mogelijkheden. Of een cumulatief effect kan optreden is

afhankelijk van de kans van voorkomen van simultane hamerslagen en de onderlinge afstanden tot de heiwerkzaamheden. Stel dat een fundering in het Belwind park simultaan geheid wordt met een fundering in het SeaStar park op 1.200 m van elkaar (Franpipe pijpleiding met 2x 500 m veiligheidszone tussenin). Een waarnemer op 500 m van de heiwerken in de SeaStar concessiezone (afstand loodrecht op de virtuele verbinding tussen de betreffende funderingen in Belwind en SeaStar), zal zich op 1300 m van de Belwind heiwerken bevinden (schuine zijde rechthoekige driehoek). Een waarnemer op 1.000 m van de heiwerken in de SeaStar concessiezone zal zich op ca. 1.500 m van de Belwind heiwerken bevinden. Terwijl een waarnemer op 4.000 m van SeaStar, zich op 4.176 m van Belwind zal bevinden. Dus voor de impactzone op relatief korte afstand tot de windmolenparken zijn de onderlinge afstanden van het waarnemingspunt meestal verschillend, terwijl op relatief grote afstand tot de windparken de afstand tot het ene of andere windpark eerder gelijkwaardig is. Dit principe wordt voorgesteld in Tabel 5-73.

Volgens Norro et al. (2010) kunnen in het BDNZ de piekgeluidsniveau's onderwater op andere afstanden dan de meetafstand worden geëxtrapoleerd met de attenuatieformule:

Attenuation (Blighbank) = 27,4*log(R) - 0,0004*R

*Tabel 5-73 Cumulatief specifiek geluid van simultane heiwerkzaamheden in SeaStar en Belwind, met 1200 m tussenafstand, voor een waarnemer op toenemende afstand tot de werken*

**Specifiek geluid onder water (in dB (re. 1µPa))**

**Heien monopile (Ø 5 m) Blighbank (196,5 dB @ 500 m ) (Norro et al. 2010)**

**Simulatie1:** laterale afstand 500 m tot Seastar → afstand tot dichtst bijzijnde paal Belwind = 1300 m

$L_{peak1\ 500m}$ **= 196,**9 **dB**

$L_{peak2\ 1300m}$ **= 185,9 dB**

$L_{peak\ cumulatief}$ **=** $L_{peak1\ 500m}$ + 0,3 dB = 197,2 dB

**Simulatie2:** laterale afstand 1000 m tot Seastar → afstand tot dichtst bijzijnde paal Belwind = 1500 m

$L_{peak1\ 1000m}$ = 188,9 dB

$L_{peak2\ 1500m}$ = 184,2 dB

$L_{peak\ cumulatief}$ = $L_{peak1\ 1000m}$ + 1,2 dB = 190,1 dB

**Simulatie3:** laterale afstand 2000 m tot Seastar → afstand tot dichtst bijzijnde paal Belwind = 2300 m

$L_{peak1\ 2000m}$ = 181 dB

$L_{peak2\ 2300m}$ = 179,5 dB

$L_{peak\ cumulatief} = L_{peak1\ 2000m}$ + 2,3 dB = 183,3 dB

**Simulatie4:** laterale afstand 4000 m tot Seastar → afstand tot dichtst bijzijnde paal Belwind = 4176 m

$L_{peak1\ 4000m}$ = 173,6 dB

$L_{peak2\ 4176m}$ = 173,1 dB

$L_{peak\ cumulatief} = L_{peak1\ 4000m}$ + 2,7 dB = 176,3 dB

**Simulatie5:** laterale afstand 8000 m tot Seastar → afstand tot dichtst bijzijnde paal Belwind = 8089m

$L_{peak1\ 8000m}$ = 166,9 dB

$L_{peak2\ 8089m}$ = 166,8 dB

$L_{peak\ cumulatief} = L_{peak1\ 8000m}$ + 2,9 dB = 169,8 dB

Uit de simulaties blijkt dat op grotere afstand (> 4.000 m) tot de windparken het cumulatief effect maximaal een toename van 3 dB van het piekgeluidsniveau kan veroorzaken bij een gelijktijdige impact van twee hamerslagen. Op kortere afstand tot de windparken is het cumulatief effect steeds kleiner dan 3 dB.

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 elkaar interfereren.

Bij het heien van palen zal het cumulatieve geluidsniveau van de simultane heiwerkzaamheden in meerdere parken niet groter zijn dan de som van de effecten van de parken afzonderlijk, gezien het onwaarschijnlijk is dat het heien synchroon zal gebeuren. Indien het synchroon verloop sporadisch zou voorkomen veroorzaakt het cumulatief effect max. een toename van 3 dB in het piekniveau. De geluidsdosis, waarbij rekening wordt gehouden met het aantal slagen per tijdsperiode, zal bij gelijktijdige constructie van verschillende windparken kunnen leiden tot een eventueel hoger geïntegreerd totaal geluidsniveau.

Het cumulatieve effect zal dus niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

#### 6.3.4.1.2 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.

#### 6.3.4.1.3 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

#### 6.3.4.2.1 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.

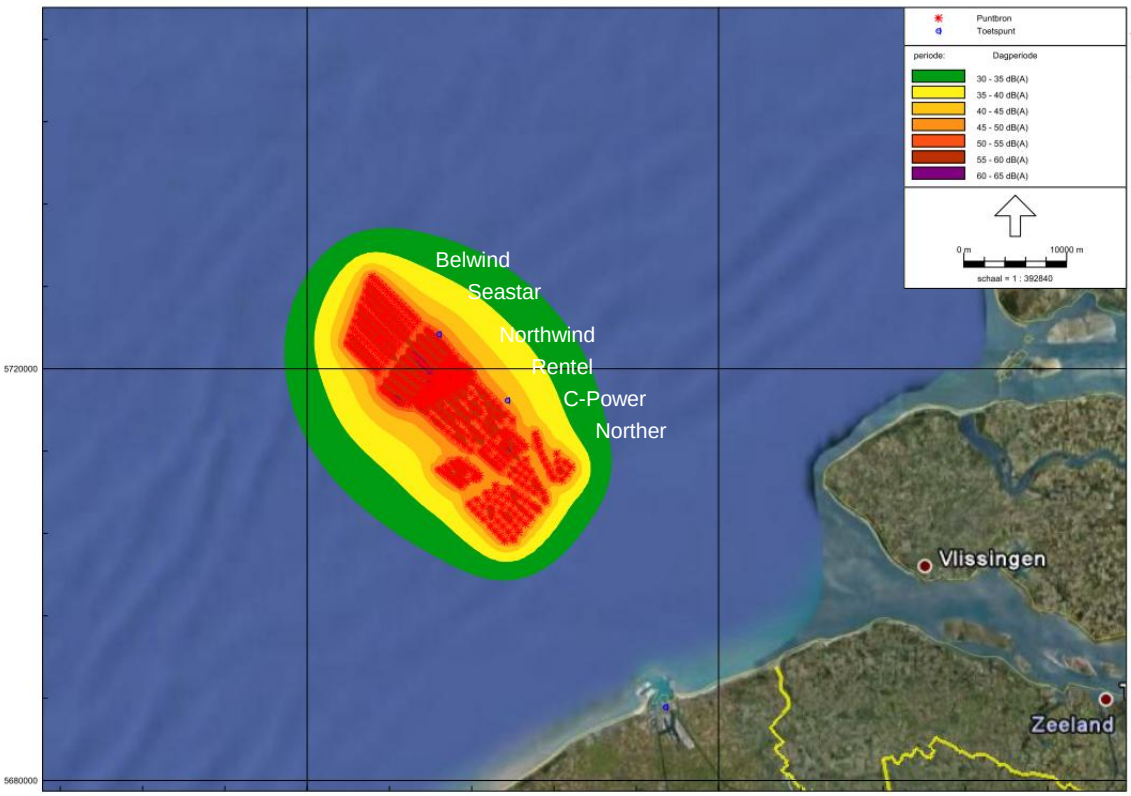
Het specifieke geluid van de windturbines zal niet hoorbaar zijn ter hoogte van een ander windmolenpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windmolenpark.

#### 6.3.4.2.2 Bovenwater geluid van de windturbines en transformatoren

Figuur 5-110 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 SeaStar, in zijn worst case scenario (54 x 10 MW), samen met de operationele fase voor de windmolenparken Belwind, Northwind, Norther, C-Power en Rentel.

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 5-110 Geluidscontouren van het berekend specifieke geluid boven water van de 6 windmolenparken onder het worst case scenario met 10 MW turbines voor SeaStar (#: 54), 6 MW turbines voor Rentel (# 55), 3 MW turbines voor Belwind (#: 110), 3 MW turbines voor Northwind (#: 72), 5 MW turbines voor C-Power (#: 54), 5 MW turbines voor Norther (#: 74)*

*Tabel 5-74 Berekend specifiek geluid boven water van de 6 windmolenparken onder het worst case scenario met 10 MW turbines voor SeaStar (#: 54), 6 MW turbines voor Rentel (# 55), 3 MW turbines voor Belwind (#: 110), 3 MW turbines voor Northwind (#: 72), 5 MW turbines voor C-Power (#: 54), 5 MW turbines voor Norther (#: 74)*

| **Equivalent geluidsdrukniveau (in dB(A)) voor SeaStar – Belwind – C-Power – Rentel – Northwind - Norther** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Geluidsdrukniveau (in dB(A)) | 15,4 | 30 | 35 | 40 | 45 | ± **52** |
| Afstand (in m) | aan de kustlijn | Afstand tot projectgrens | | | | **aan de offshore BE-NL grens** |
| | | **10.500** | **6.300** | **3.400** | **1.600** | |

In een matig belastende situatie[11] plant het geluid zich sferisch voort, en bereikt op een afstand van 1,6 km en op een afstand van 3,4 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A).

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. 15,4 dB(A) voor de configuratie 54 WTG's (10MW) van het SeaStar windmolenpark, samen met de windparken Belwind – Northwind – Rentel – C-Power – Norther. Een verhoging van slechts +6,5 dB(A) t.o.v. de afzonderlijke werkingstoestand voor de configuratie van het SeaStar windmolenpark,

Het uitvoeringsscenario voor het SeaSttar windmolenpark veroorzaakt een geringe geluidsverhoging met 1 dB(A) op het cumulatief geluidsniveau van de windparken (Belwind – Northwind –Rentel – C-Power – Norther) voor een waarnemer aan de kust en de grens met Nederland.

Het specifieke geluid van de windmolenparken samen (ca. 15 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 Belwind – Northwind – SeaStar – Rentel – C-Power – Norther gezamenlijk in exploitatie zijn.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van het specifieke geluid van de 6 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).

[11] 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.

*Tabel 5-75 Vergelijking van het geluidsniveau van de Windmolenparken ( Belwind + SeaStar + Northwind + Rentel + C-Power + Norther) ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties (berekening met GEOMILIEU)*

| | **Matig belastende situatie** |
|---|---|
| Specifieke geluid van windmolenparken t.h.v. de kustzone | ca. 15,5 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)<br>- Verblijfs-recreatie<br>- Woongebied | <br><br><br>30 dB(A)<br>35 dB(A) |
| Metingen aan de Noordzee | 30 tot 40 dB(A) |
| Vergelijking nieuwe milieuvoorwaarden voor windturbines (2012)<br>- Verblijfs-recreatie<br>- Woongebied | <br>-14,5 dB(A)<br>-19,5 dB(A) |
| Vergelijking metingen | -14,5 tot -24,5 dB(A) |

Algemeen wordt er besloten dat als gevolg van het specifieke geluid van de 6 windmolenparken, Belwind – Northwind – SeaStar – Rentel – C-Power – Norther, er 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 6 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

#### 6.3.4.4.1 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 (cfr. BOG) 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 5-76 Overzicht van de cumulatieve effecten op 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. |
| **Bekabeling** | | |
| Biotoopverstoring | Neen (?) | <S |
| Verstoring door turbiditeit | Ja | n.v.t. |
| Elektromagnetische velden | Ja | n.v.t |
| 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 5-77 geeft de totale biotoopverstoring weer voor de zes windmolenparken. Momenteel heeft C-Power zes gravitaire funderingen en 48 jacket funderingen geplaatst en Belwind 56 monopiles. Northwind en de overige windturbines van Belwind zullen hoogstwaarschijnlijk ook bestaan uit monopile funderingen. Voor het Norther en Rentel windmolenpark is de configuratie nog niet gekend. Voor Norther, Rentel en SeaStar wordt dan ook uitgegaan van een worst case scenario, zijnde respectievelijk 47, 78 en 62 gravitaire funderingen.

*Tabel 5-77 Biotoopverstoring per windmolenpark.*

| | C-Power | Northwind | Belwind | Norther | Rentel | SeaStar | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Totaal biotoopverlies ($m^2$) (stockage 5 m) | 116.100 | 2.095.200 | 64.700 | 1.066.300 | 3.116.000 | 2.492.800 | 8.951.100 |
| Relatieve oppervlakte t.o.v. BDNZ ( stockage 5 m) | 0,003% | 0,06% | 0,002% | 0,03% | 0,09% | 0,07% | 0,26% |

De oppervlakte-inname voor deze worst case scenario's blijft echter relatief klein in vergelijking met het gehele BDNZ (max. slechts 0,26%). 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.

### *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 offshore 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 $km^2$ 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 zes 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 SeaStar 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 Rentel, Norther, Northwind en Belwind om hun kabeltracés zoveel mogelijk op elkaar af te stemmen. Ook de voorgestelde kabeltracés die SeaStar 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 (Alpha-eiland, Elia).

### 6.3.5.2 Vissen

*Tabel 5-78 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. |

| Effect | Verwaarloosbaar | Cumulatief |
|---|---|---|
| Verstoring door turbiditeit | Ja | n.v.t. |
| Elektromagnetische velden | Ja | n.v.t. |
| 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 multipode funderingen (Northwind en Belwind, Norther en Rentel 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

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht tengevolge van de bekabeling.

### 6.3.5.3 Vogels

*Tabel 5-79 Overzicht van de cumulatieve effecten op de vogels*

| Effect | Verwaarloosbaar | Cumulatief |
|---|---|---|
| **Constructiefase** | | |
| Verstoring door sedimentatie | Ja | n.v.t. |
| Geluidsverstoring | Ja | n.v.t. |

| Effect | Verwaarloosbaar | Cumulatief |
|---|---|---|
| Voedselbeschikbaarheid | Ja | n.v.t. |
| **Operationele fase** | | |
| Aanvaringsaspect | Neen | S |
| Barrière effect en habitatverlies | Neen | >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.* (2012) suggereren dat het windmolenpark op de Thorntonbank een aantrekkende werking heeft op Dwergmeeuw, Grote mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Grote stern en Visdief, terwijl het park op de Blighbank 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.*, 2012).

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 (Blighbank, 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:

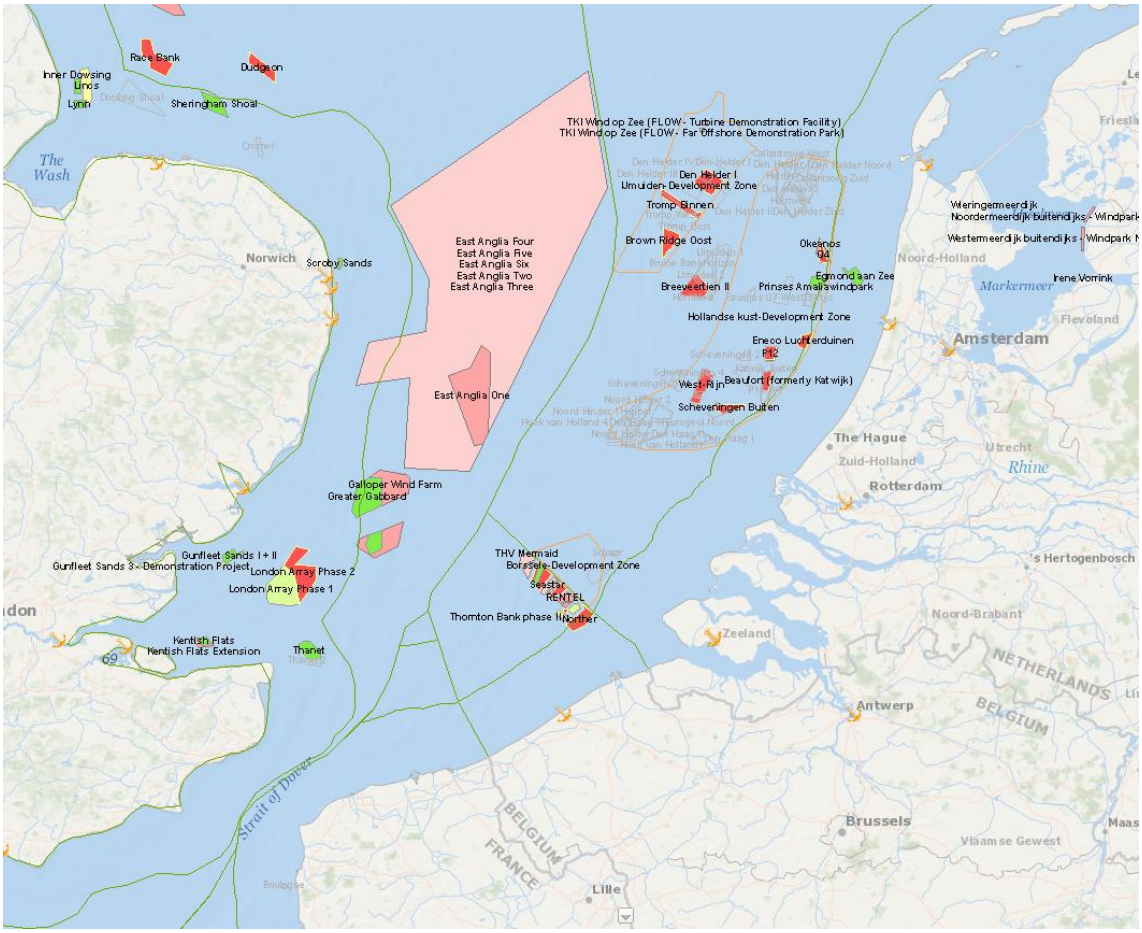
- Zoals reeds vermeld geven de voorlopige monitoringsresultaten van Vanermen *et al.* (2012) aan dat de aanwezigheid van de zes turbines op de Thorntonbank en aantrekking uitoefenen op Dwergmeeuw, Grote mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Grote stern en Visdief. Een enkele rij windturbines hebben echter niet hetzelfde effect als een park, want bvb. in het Nederlandse OWEZ windmolenpark werden Dwergmeeuw en Grote stern zelden geobserveerd. De 55 turbines op de Blighbank blijken aantrekking te hebben op Stormmeeuw en Zilvermeeuw. Onderzoek ter hoogte van Horns Rev in Denemarken liet geen vermijdingsgedrag zien bij Zilvermeeuw, Dwergmeeuw en Visdief (Grontmij, 2006).
- Vanermen *et al.* (2012) toonden eveneens aan dat Jan-van-gent en Zeekoet het Belwind park 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 zes 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).

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. 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.

De Zuidelijke Noordzee vormt een zeer belangrijke corridor voor ca. 1 – 1,3 miljoen migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Vanermen *et al.*, 2006; Stienen *et al.*, 2007). De ‘flessenhals’ ter hoogte van het Kanaal maakt deze corridor echter erg kwetsbaar. Als de Noordzee algemeen wordt bekeken, zou er zich een enorme barrière kunnen vormen door de aanwezigheid van offshore windmolenparken in de verschillende landen rond de Noordzee (België, Engeland, Frankrijk en Nederland) (Figuur 5-111). In het Verenigd Koninkrijk zijn er ter hoogte van het Kanaal een viertal offshore parken gebouwd en gepland. Greater Gabbard met 140 turbines bevindt zich op 23 km van de kust van Engeland en ca. 65 km van het Belgische Belwind park. De Gunfleet Sands en Kentish Flats windmolenparken bevinden zich dichter bij de kust, respectievelijk op slechts 7 km en 9 km en omvatten 48 en 30 turbines. Het Thanet Wind Farm bevindt zich dicht bij de flessenhals van het Kanaal en bestaat uit 100 turbines. Verder ten noorden bevindt zich de enorme concessiezone van East Anglia waarin 6 parken zijn gepland. De inplanning van East Anglia is echter nog niet volledig gekend, afgezien van East Anglia One met 325 turbines. East Anglia Three en Four zullen waarschijnlijk elk 240 turbines omvatten, maar details over de andere 3 parken zijn nog niet gekend.




*Figuur 5-111 Overzicht van de concessiezones voor windenergie in de Noordzee (groen: operationeel, rood: in planningsfase, roze: in vergunningsfase) (http://www.4coffshore.com)*

Hoewel er momenteel nog steeds grote afstanden bestaan tussen de verschillende parken (min. 65 km), kan dit in de toekomst echter wel tot een grote barrière leiden voor vogels indien de plannen voor windmolenparken van de landen rondom de Noordzee niet op elkaar worden afgestemd (Lindeboom, 2009).

#### 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 5-80 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 (?) |
| 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 van Belwind en de 48 jacket funderingen die C-Power reeds geplaatst heeft, zullen 72 turbines van Northwind en de

overige 55 turbines van Belwind ook geheid worden met monopiles. Voor Norther, Rentel en SeaStar bestaat eveneens de kans dat monopiles en jacket funderingen zullen gebruikt worden.

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 zes 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 zes 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 5-81 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. |

| Effect | Verwaarloosbaar | Cumulatief |
|---|---|---|
| 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 5-82 geeft een overzicht van de hard substraten die aanwezig zullen zijn wanneer de zes windmolenparken volledig gebouwd zijn. Voor Norther, Rentel en SeaStar wordt uitgegaan van een worst case scenario met respectievelijk 47, 78 en 63 gravitaire funderingen. Voor C-Power is uitgegaan van 6 GBF's met erosiebescherming, en 48 jackets zonder erosiebescherming. Northwind (72) en Belwind (110) zullen bestaan uit monopile funderingen.

*Tabel 5-82 Cumulatieve bijdrage introductie hard substraat*

| | C-Power | Northwind | Belwind | Norther | Rentel | SeaStar | Totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Erosiebescherming (m²) | 15.100 | 14.500 | 62.500 | 165.900 | 623.000 | 118.700 | 999.700 |
| Turbine (m²) | 124.300 | 375.500 | 42.600 | 37.100 | 155.800 | 158.300 | 893.600 |
| Totaal (m²) | 139.400 | 390.000 | 105.100 | 203.000 | 778.800 | 277.000 | 1.893.300 |

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, Rentel als SeaStar, zal de totale oppervlakte aan hard substraat 1,9 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, 2012) 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 5-83 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 zes beschouwde parken zal zich vermoedelijk uitstrekken over een periode van telkens 2 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 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 windmolenparken op het maritiem archeologisch erfgoed wordt bovendien verder gereduceerd door de kabeltracés van de verschillende projecten zoveel mogelijk te bundelen vanuit het Alpha-eiland van Elia.

### 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 5-84 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 | Verwaarloosbaar | Cumulatief |
|---|---|---|
| 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 het afsluiten van het hele windmolenparkgebied voor de visserij. Het SeaStar 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 Blighbank als de Lodewijkbank van minder belang voor de Belgische visserij (Arcadis, 2008, 2011; Ecolas, 2003, 2007). 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 de 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 overleg met de bevoegde overheid (BMM) werd beslist dat wat betreft de risico's voor het scheepvaartverkeer door de bouw van het SeaStar windmolenpark (inclusief aanvaringen/aandrijvingen, olieverontreiniging) een nieuwe nautische veiligheidsstudie werd uitgevoerd op basis van de meest recente navigatiedata, nl. AIS data 2012 (MARIN, 2013, cf. externe bijlage).

In deze studie werden de volgende cumulatieve scenario's onderzocht:

- **Scenario 1**: het SeaStar windmolenpark in combinatie met de reeds *vergunde* windmolenparken met hun meest actuele (potentiële) windmolenconfiguraties: Belwind, Northwind, Rentel, C-Power en Norther. Hierbij wordt het gegeven besproken dat door de bouw en opening van windmolenparken Rentel en SeaStar de laatste vrije doorgangen doorheen het windconcessiegebied afgesloten worden.
- **Scenario 2**: Het SeaStar windmolenpark in combinatie met de vergunde windmolenparken uit scenario 1 en de *domeinconcessie* MERMAID.

In de scenario's zijn de windmolenparken als volledig gerealiseerd beschouwd.

Als basisscenario waarmee de bovengenoemde scenario's zullen vergeleken worden wordt uitgegaan van de aanwezigheid van windmolenparken C-Power, Belwind, maar ook Norther en Northwind. Zodat de impact van het afsluiten van de laatste vaarroutes doorheen de windconcessie, nl. doorheen SeaStar en Rentel, maximaal kan bepaald worden. Er is dus een verschil tussen de situatie gedurende 2012 waarvoor het verkeer is geanalyseerd, toen enkel C-Power en Belwind reeds gerealiseerd waren, en de situatie die voor deze studie als uitgangssituatie wordt genomen. Door routeren van het verkeer waarbij ook Norther en Northwind aanwezig worden verondersteld komt men tot het basisscenario.

Er werden twee inplantingsconfiguraties van het SeaStar windmolenpark doorgerekend per scenario:

- **Configuratie 41**: de basisconfiguratie met het kleinste aantal turbines, 41 jacket funderingen

- **Configuratie 62**: configuratie 1 in dit MER met het grootste aantal funderingen, 62 monopile funderingen.

Daarnaast werd ook een inschatting gemaakt van de aanvarings- en aandrijvingsfrequenties voor een scenario met 62 jacket funderingen. Tenzij anders vermeld, wordt steeds de 62 monopile opstelling bedoeld in de tekst.

Naast de belangrijkste bevindingen van de MARIN studie, zal ook een evolutie getoond worden van het scheepvaartverkeer door en rond de windmolenparken tussen 2008 en 2012. 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

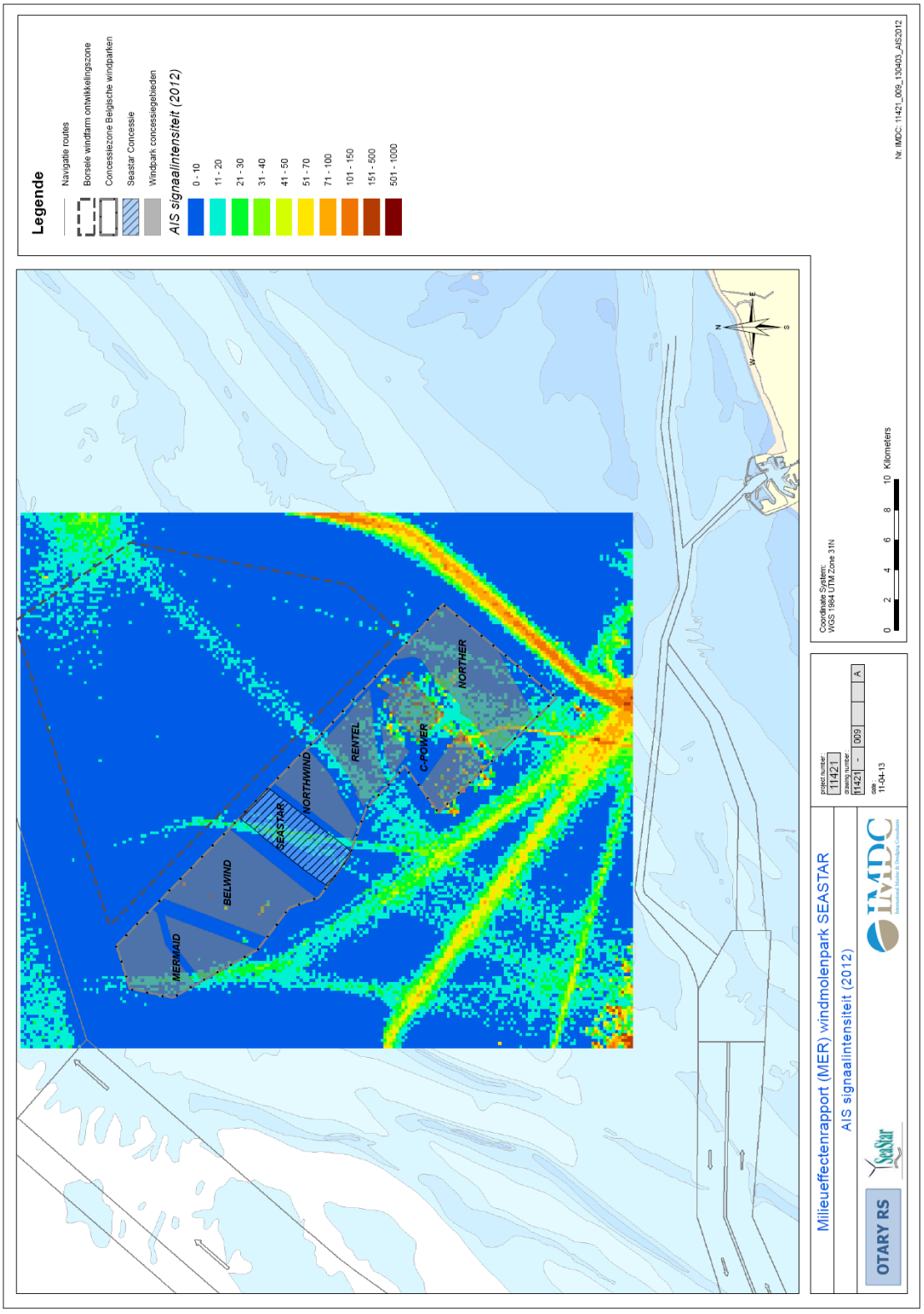
Om een beeld te krijgen van de huidige verkeersafwikkeling is een jaar AIS-data van 2012 geanalyseerd en weergegeven in een densiteitskaart (aantal schepen per gridcel van 200 x 200 m), weergegeven in Figuur 5-112.

Figuur 5-112 toont hoe een belangrijke secundaire vaarroute doorheen het SeaStar concessiegebied naar het noorden gevolgd wordt. 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 5-113).

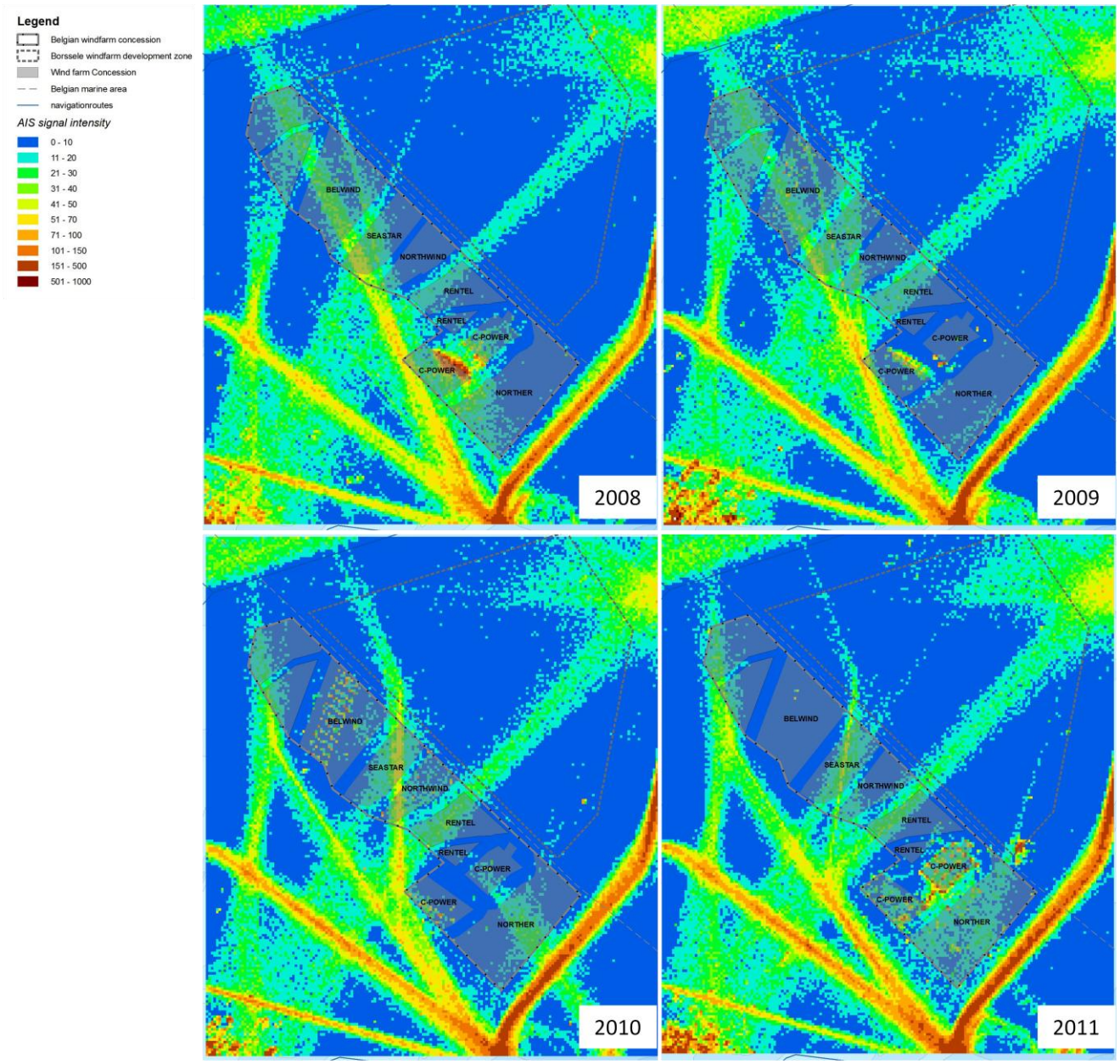
In 2009 ontstond een nieuwe secundaire scheepvaartroute doorheen de Seastar concessiezone, waarschijnlijk mede door werkzaamheden in het Belwind park. In 2009 is ook de intensiteit in scheepvaartverkeer toegenomen in de NW-ZO route ten zuiden van het totale concessiegebied. In 2010 werd scheepvaart in 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. Tussen 2011 en 2012 is de scheepvaartintensiteit langsheen alle vaarroutes verminderd, de ligging van de routes is echter ongeveer gelijk gebleven. Enkel de werken in het C-Power gebied hebben zich verlegd van de noordoostelijke deelzone naar de zuidwestelijke deelzone. 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 sterk toenemen en zich concentreren in strikte vaarroutes omheen het geheel van de windmolenparken. De routes doorheen het SeaStar gebied zullen zich waarschijnlijk ontwikkelen zoals aangegeven in Figuur 5-117 tot Figuur 5-120.

In Nederland is gebleken dat er een sterke daling van de niet-routegebonden visserijbewegingen heeft plaatsgevonden sinds 2000 (MARIN, 2013). Op basis van de VMS-

gegevens van 2009 (Vessel Monitoring Through Satellite) is de dichtheid van vissersschepen op het Nederlandse deel van de Noordzee 40% minder dan die op basis van VONOVI (VerkeersOnderzoek NOoordzee Visuele Identificatie) in 2000. Deze inkrimping van 40% in de afgelopen 9 jaar wordt ook voor het Belgische deel van de Noordzee als realistisch ervaren door de experts en is dan ook ingebracht in het model. Aangezien niet bekend is, hoe de visserij zich verder gaat ontwikkelen, is er geen verder afname van de visserij gemodelleerd.




*Figuur 5-112 Scheepvaartverkeer in 2012 (bron AIS-data: Beheer- en Exploitatie Team Schelderadarketen, J. Raes, Hoofdbeheerder BET-SRK (VL), A. Descamps, Afdelingshoofd Scheepvaartbegeleiding).*



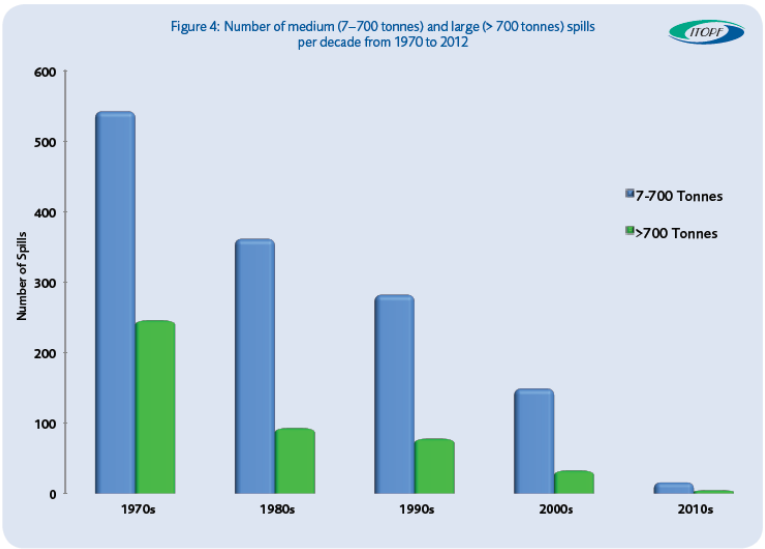

*Figuur 5-113 Evolutie van het scheepvaartverkeer rondom en tussen de windmolenparken tussen 2008 en 2011 (bron AIS-data: Beheer- en Exploitatie Team Schelderadarketen, J. Raes, Hoofdbeheerder BET-SRK (VL), A. Descamps, Afdelingshoofd Scheepvaartbegeleiding)*

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 (2013) 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 (Ecolas, 2006). 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 1970-2012) 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, 2013). In 2011, werd slechts 1 grote verontreiniging geregistreerd en slechts 4 gemiddelde verontreinigingen. In 2012 waren er geen grote verontreinigingen, maar wel 7 gemiddelde. Het totaal aantal verontreinigingen boven 7 ton in 2011 is het laagste aantal tot nu toe (Figuur 5-114). 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 5-114 Aantal olieverontreinigingen tussen 7-700 ton en groter dan 700 ton (ITOPF, 2013)*

Uit een overzicht van verontreiniging met olietankers voor de periode 1974 – 2012 (ITOPF, 2013) (Tabel 5-85), blijkt dat de verontreiniging in 95% van de gevallen < 700 ton is (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 5-85). 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 59%).

*Tabel 5-85 Aantal verontreinigingen tijdens bepaalde operaties en mogelijke oorzaken van verontreiniging door tankers (1974-2012) (ITOPF, 2013)*

| | < 7 ton | 7-700 ton | > 700 ton | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| **Operaties** | | | | |
| Laden/uitladen | 3.157 | 390 | 41 | 3.588 |
| Bunkering | 564 | 33 | 1 | 598 |
| Andere | 1.281 | 150 | 332 | 1.763 |
| Onbekend | 2.842 | 777 | 81 | 3.700 |
| **Oorzaken** | | | | |
| Aanvaringen | 182 | 350 | 134 | 666 |
| Aan de grond lopen | 242 | 273 | 149 | 664 |
| Scheuren in de romp | 577 | 99 | 60 | 736 |
| Materiaal problemen | 1.681 | 204 | 18 | 1.903 |
| Brand, explosie | 173 | 45 | 53 | 271 |
| Andere/ongekende | 4.989 | 379 | 41 | 5.409 |
| **Totaal** | 7.844 | 1.350 | 455 | 9.649 |

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 (MARIN, 2013). Figuur 5-113 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. In 2012 werd opnieuw meer bedrijvigheid in het ZW deel van de C-Power concessiezone waargenomen.

Vermoedelijk zal Oostende de uitvalsbasis voor het SeaStar windmolenpark worden. Van hieruit naar het SeaStar 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 27,8 gemiddeld aanwezige schepen op de Belgische Noordzee is dit een verhoging van 2,3%.

Het aantal van 27.8 schepen is opgebouwd uit 14.8 routegebonden schepen en 12.8 niet–routegebonden schepen, bepaald uit de verkeersdatabase voor het basis scenario in deze studie. In die verkeersdatabase zijn alleen de schepen geteld die in de basis verkeersdatabase voor deze studie zijn meegenomen. Verkeer van bijvoorbeeld Oostende langs de kust naar Nieuwpoort, en verder naar Frankrijk is niet in de verkeersdatabase opgenomen. Tevens zal vanwege AIS dekking een deel van de scheepsreizen in het westelijke deel op de doorgaande route ontbreken.

Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom 4,65% hoger dan normaal (het aantal aanvaringen tussen schepen neemt kwadratisch met de intensiteit toe). In de praktijk zal dit minder zijn omdat de schepen de meeste tijd in relatief stille gebieden varen. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 2,3%.

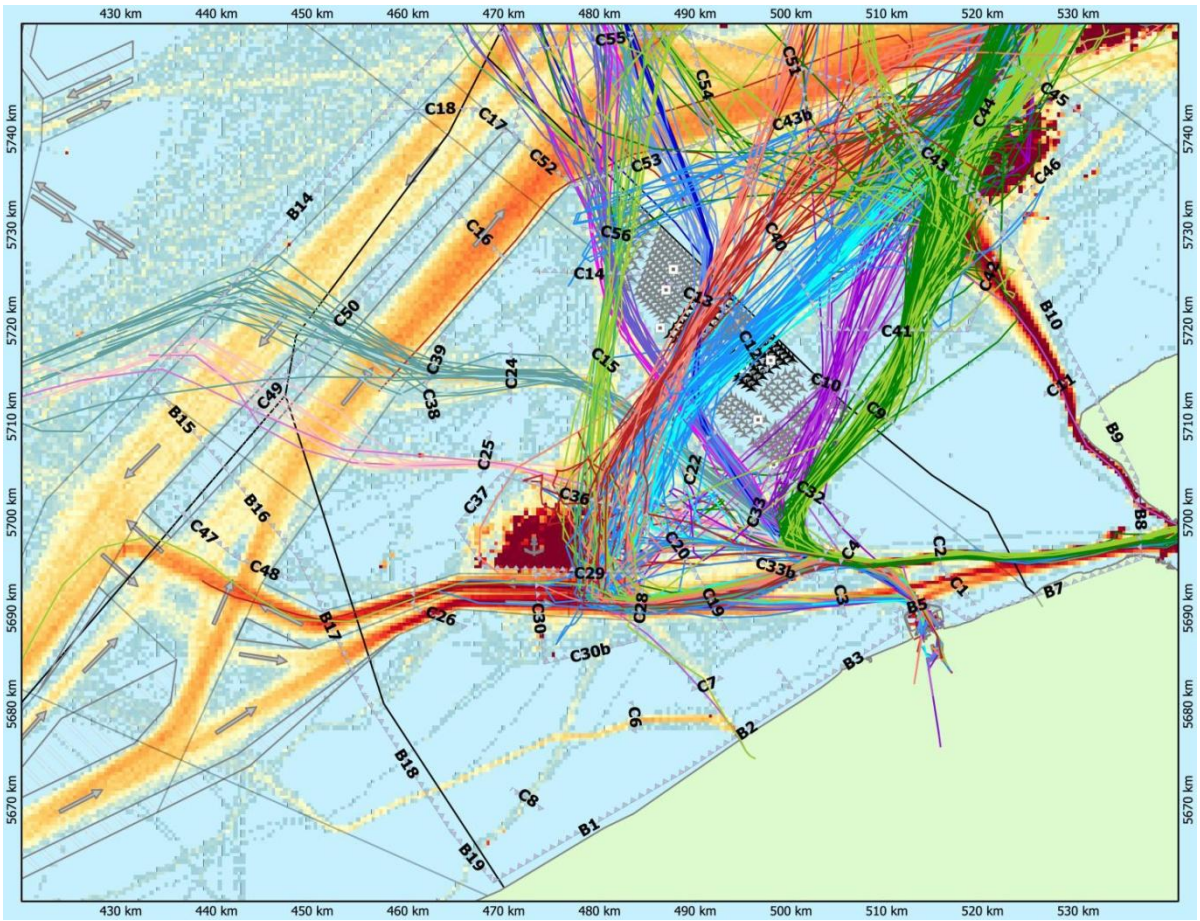
### *Operationele fase*

**Directe effecten voor scheepvaartverkeer**

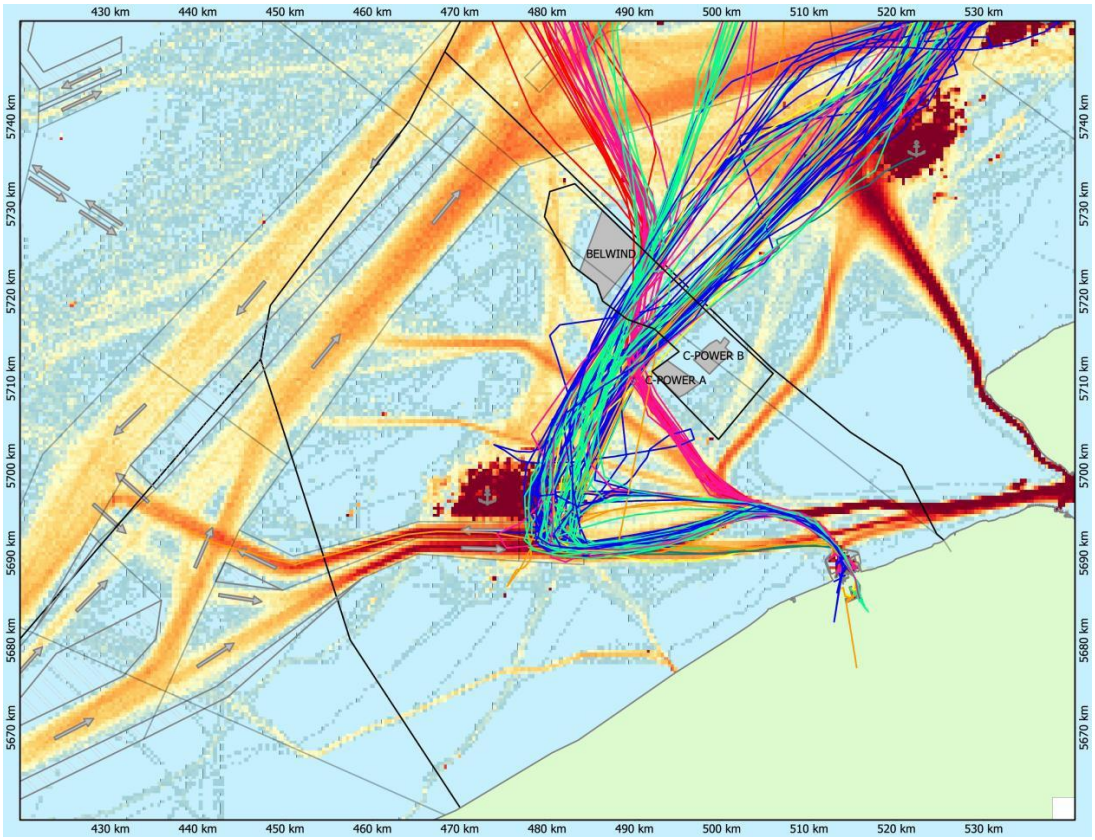
*Veranderende verkeersstromen*

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 recente situatie ( januari 2012), bij aanwezigheid van de operationele windmolenparken Belwind en C-Power, is weergegeven in Figuur 5-115. De routegebonden schepen die doorheen het SeaStar gebied varen zijn voornamelijk passagiersschepen. De andere routes van en naar Zeebrugge die tussen Belwind en C-Power lopen (Figuur 5-116) behoren tot een ander scheepstype (container, RoRo, etc.) en zullen dan ook mogelijk andere routes nemen op het moment dat de windconcessie gesloten wordt.




*Figuur 5-115 Weergave van routes langs de windmolenparken in januari 2012 (routegebonden verkeer)*

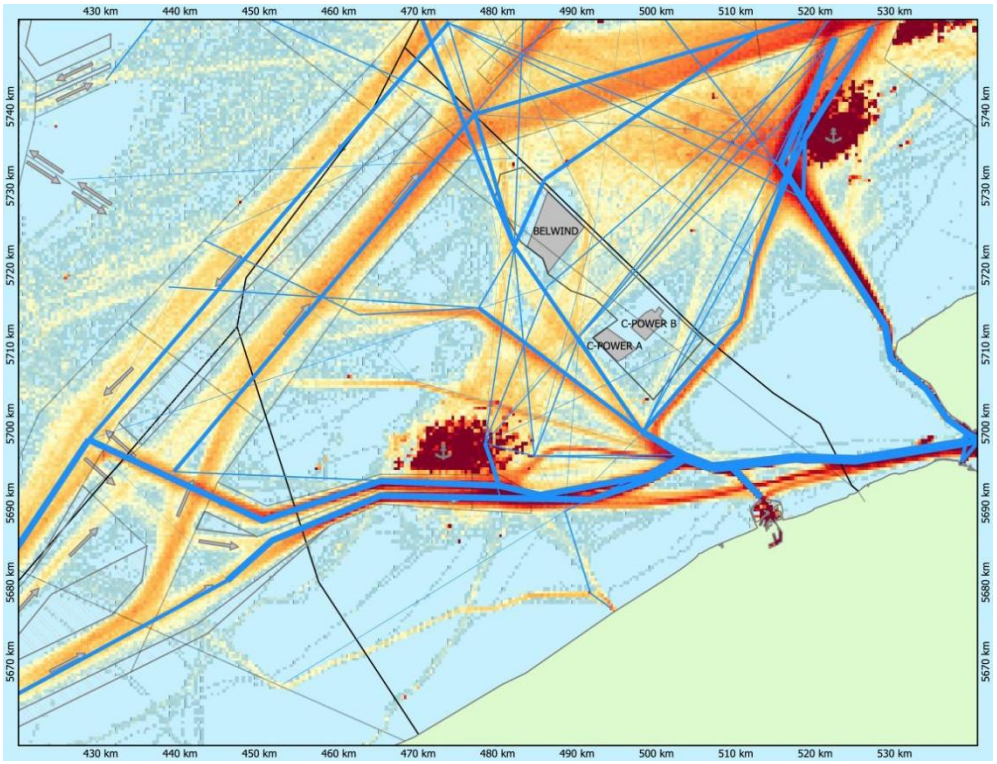



*Figuur 5-116 Verkeer van en naar Zeebrugge tussen de windmolenparken Belwind en C-Power door, gekleurd per scheepstype*

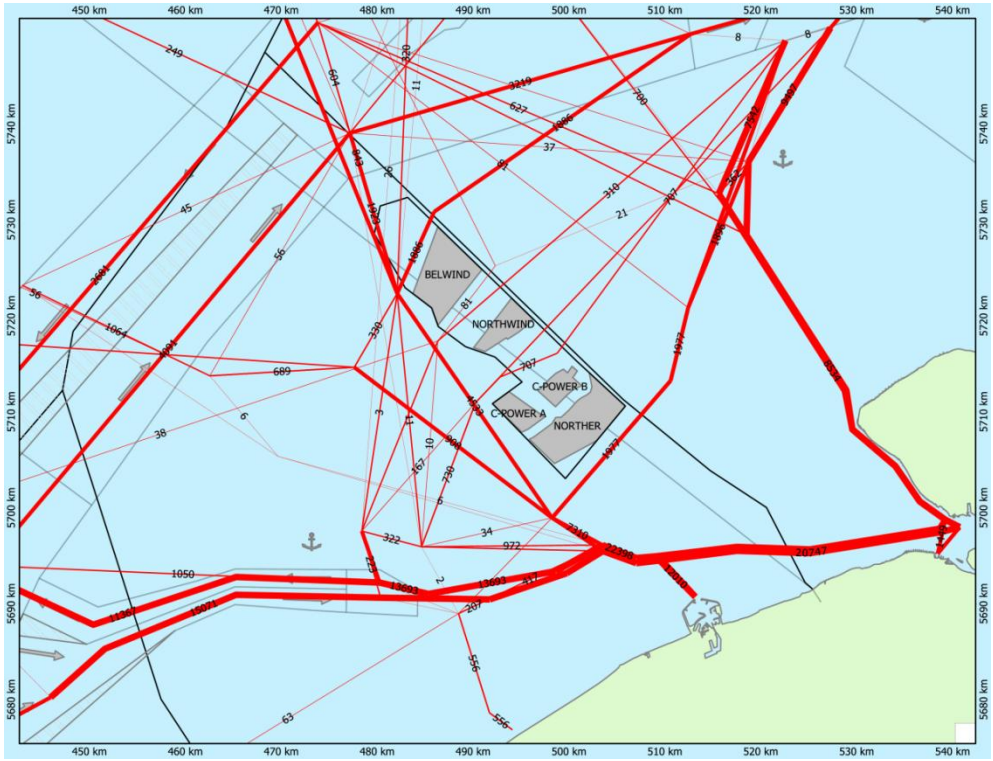
Figuur 5-117 toont de een vereenvoudigde weergave van het huidig verkeersbeeld (situatie 2012). Na routeren van het verkeer waarbij ook Norther en Northwind aanwezig worden verondersteld, ontstaat het verkeer in het basis scenario, gegeven in Figuur 5-118. De routes tussen Belwind en C-Power worden omgelegd rond Northwind. De verkeerssituatie in scenario 1 en scenario 2 wordt gegeven in respectievelijk Figuur 5-119 en Figuur 5-120, waarbij tevens een zone ten zuiden van SeaStar wordt vrijgehouden waar het artificieel eiland wordt aangelegd voor het Belgisch Offshore Grid (BOG). De routes die in het basisscenario doorheen Rentel en SeaStar gaan wordt daarbij omgelegd via het noorden (doorheen Mermaid voor scenario 1 en er rond voor scenario 2) en zuiden.

De toename van het aantal afgelegde scheepsmijlen ten opzichte van het basisscenario is op het BDNZ zeer beperkt. Het economisch effect komt tot uitdrukking in het aantal afgelegde zeemijlen op het Belgisch Deel van de Noordzee. Voor scenario 1 lijkt er nauwelijks sprake te zijn van een toename, eerder een afname. Dit komt met name door het relatief grote aandeel ‘Unitised’ schepen dat door afsluiting van de windparken juist een snellere route lijkt te nemen. Voor scenario 2 nemen de kosten voor de totaal afgelegde zeemijlen op het BDNZ toe met 0,36% of ongeveer 661.000 euro.

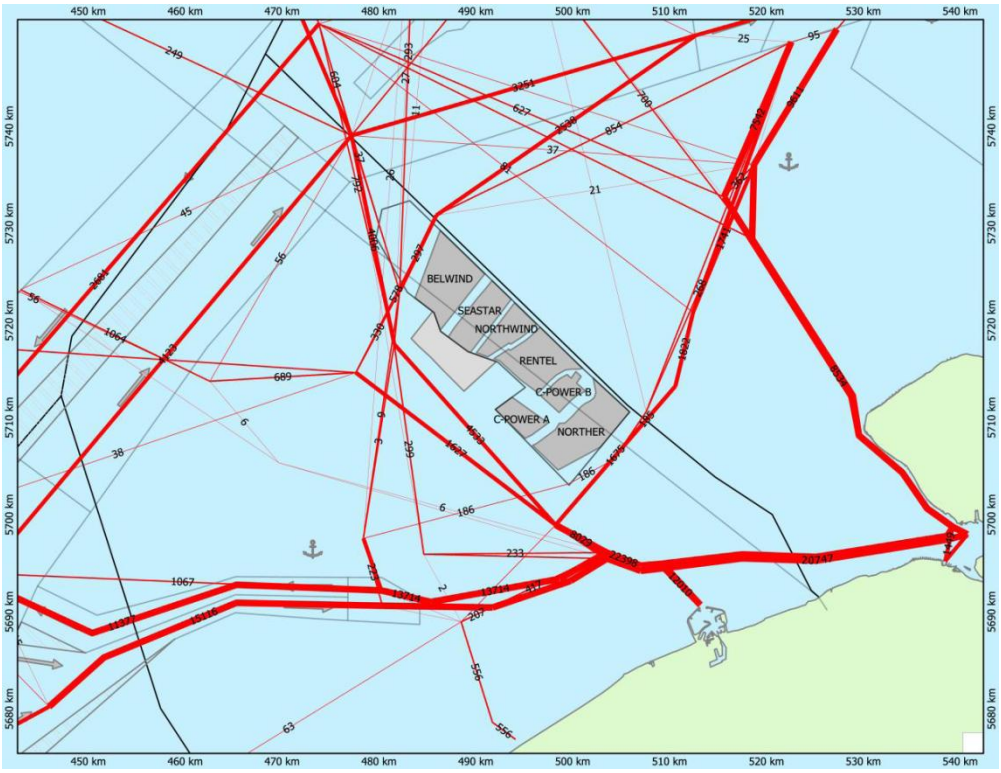
De beperkte toename in aantal afgelegde scheepsmijlen zal ook een effect hebben op Klimaat en Atmosfeer. Extra emissies als gevolg van de windparkscenario’s zijn gerelateerd aan de extra zeemijlen en afhankelijk van scheepstype en scheepsgrootte. Deze extra emissies worden besproken in § 6.3.3.2.



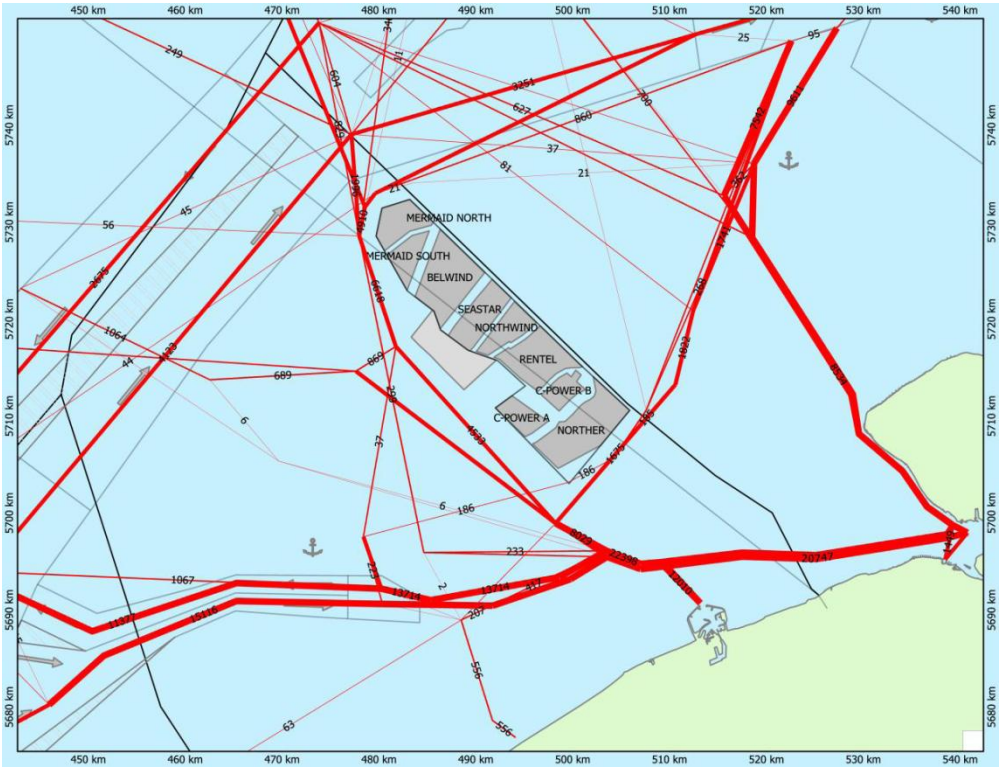

*Figuur 5-117 Verkeersbeeld in de huidige situatie (volledig jaar 2012), bij aanwezigheid van windmolenparken Belwind en C-Power*




*Figuur 5-118 Verkeersbeeld in het basisscenario bij aanwezigheid van windmolenparken Belwind, Northwind, C-Power en Norther*




*Figuur 5-119 Verkeersbeeld in scenario 1 bij aanwezigheid van windmolenparken Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power en Norther*




*Figuur 5-120 Verkeersbeeld in scenario 2 bij aanwezigheid van windmolenparken Mermaid, Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power en Norther*

*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 (Figuur 5-119 en Figuur 5-120). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk, voor het gehele windmolenpark SeaStar en voor alle windparken onder het specifiek scenario (voor alle tabellen en figuren wordt verwezen naar de volledige studie in bijlage).

Uit de resultaten blijkt dat de windturbines aan de zuidwestelijke en noordoostelijke randen van het SeaStar park relatief hogere aanvaarkansen hebben vergeleken met de overige turbines. Dit is zoals te verwachten was. Wat wel opvalt is dat de turbines aan de noordoostelijke rand hierbij een hogere aanvaarkans hebben dan de zuidwestelijke turbines. Dit wordt veroorzaakt door de niet-routegebonden schepen die ten noordoosten van het windpark aanmerkelijk dichterbij het windpark kunnen varen dan aan de zuidwestelijke kant waar de no-go zone in verband met het BOG eiland het verkeer ver van het park houdt.

Uit de resultaten blijkt dat het aantal aanvaringen (rammen) vooral wordt bepaald door het niet-routegebonden verkeer, en dat dit voor de SeaStar varianten met 41 turbines (JF) groter is dan voor de variant met 62 turbines (MP). Dit komt door de grotere afmeting van de fundering (jackets). Voor de aandrijvingen is het effect van de jackets aanmerkelijk minder, omdat wordt aangenomen dat schepen de turbines dan dwars raken, waardoor de afmeting van de turbine ten opzichte van de lengte van het schip nauwelijks verschil maakt. Voor de aandrijvingen geldt dat de frequentie vooral bepaald wordt door de aantallen turbines per variant. De variant met de meeste turbines heeft hierdoor ook de grootste aandrijvingskansen.

Uit de totale kans blijkt dat het effect van de grotere fundering ruimschoots wordt gecompenseerd door het kleinere aantal turbines voor de 41 turbines varianten. De varianten met 62 turbines hebben ook de grootste totale kans op aanvaring of aandrijving.

Op dezelfde locatie hebben de jacket funderingen (in scenario 1-62 en 2-62) door de grotere afmetingen een hogere aanvaarkans dan de overeenkomstige monopile funderingen (in scenario 1-41 en 2-41). Voor een MP aan de NO rand is de aanvaringskans voor scenario 1, eens in de 2100 jaar, voor een JF op dezelfde locatie is dit eens in 1284 jaar. Bij scenario 2 wordt dit respectievelijk eens in de 1302 jaar voor JF en eens in de 2146 jaar voor MP. Bij de varianten met jackets hebben de turbines gemiddeld 13.4% tot 15.8% hogere aanvarings- of aandrijvingskans. In scenario 2 is de aanvaringskans minder groot door het verder omvaren van schepen om de Mermaid concessie heen.

De gemiddelde aanvarings- en aandrijvingsfrequentie per turbine is voor scenario 1 met 62 monopiles eens in de 3367 jaar. Voor scenario 1 met 62 jacket funderingen wordt dit eens in de 2849 jaar.

In Tabel 5-86 en Tabel 5-87 zijn voor achtereenvolgens scenario 1 en 2 voor alle windparken en configuraties die voor het scenario berekend zijn de aanvarings- en aandrijvingskansen weergegeven. De procentuele bijdrage van de kansen per windmolenpark gegeven aan de totale aanvaringskansen voor het gehele scenario is gegeven in Tabel 5-88.

*Tabel 5-86 Verwachte aanvaringen/aandrijvingen voor alle windmolenparken en configuraties in cumulatief scenario 1*

| Alle windparken en configuraties onder scenario 1 | Aantal aanvaringen (rammen) per jaar | | Aantal aandrijvingen (driften) per jaar | | Totaal aantal per jaar |
|---|---|---|---|---|---|
| | R-schepen | N-schepen | R-schepen | N-schepen | |
| SeaStar 41 | 0,00042 | 0,00223 | 0,01026 | 0,00118 | 0,01409 |
| SeaStar 62 | 0,00049 | 0,00171 | 0,01477 | 0,00145 | 0,01842 |
| Norther | 0,02692 | 0,00242 | 0,04003 | 0,00277 | 0,07214 |
| C-Power | 0,00243 | 0,00073 | 0,01747 | 0,00144 | 0,02208 |
| Rentel | 0,00009 | 0,00311 | 0,01513 | 0,00199 | 0,02032 |
| Northwind | 0,00012 | 0,00128 | 0,01683 | 0,00173 | 0,01996 |
| Belwind | 0,01711 | 0,00228 | 0,03255 | 0,00217 | 0,05412 |

*Tabel 5-87 Verwachte aanvaringen/aandrijvingen voor alle windmolenparken en configuraties in cumulatief scenario 2*

| Alle windparken en configuraties onder scenario 2 | Aantal aanvaringen (rammen) per jaar | | Aantal aandrijvingen (driften) per jaar | | Totaal aantal per jaar |
|---|---|---|---|---|---|
| | R-schepen | N-schepen | R-schepen | N-schepen | |
| SeaStar 41 | 0,00030 | 0,00218 | 0,00991 | 0,00113 | 0,01353 |
| SeaStar 62 | 0,00058 | 0,00171 | 0,01432 | 0,00145 | 0,01806 |
| Norther | 0,02686 | 0,00242 | 0,03998 | 0,00277 | 0,07202 |
| C-Power | 0,00234 | 0,00073 | 0,01742 | 0,00144 | 0,02192 |
| Rentel | 0,00009 | 0,00299 | 0,01503 | 0,00199 | 0,02011 |
| Northwind | 0,00016 | 0,00124 | 0,01659 | 0,00171 | 0,01970 |
| Belwind | 0,00099 | 0,00167 | 0,02761 | 0,00203 | 0,03231 |
| Mermaid | 0,02142 | 0,00293 | 0,02415 | 0,00206 | 0,05056 |

Uit Tabel 5-88 blijkt dat de bijdrage van SeaStar in vergelijking met de overige windparken erg klein is. Dit is zoals verwacht, aangezien het park in vergelijking met de overige windparken ver van de verkeersroutes af ligt. Voor zowel scenario 1 als 2 geldt dat de twee buitenste windparken de hoogste aanvaringskansen hebben (resp. Norther en Belwind en Norther en Mermaid).

*Tabel 5-88 Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken onder specifiek scenario*

| | **Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken onder specifiek scenario** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Windmolenpark | Scenario 1-41 | Scenario 1-62 | Scenario 2-41 | Scenario 2-62 |
| SeaStar | 7,0% (eens in 71 jaar) | 8,9% (eens in 54 jaar) | 5,9% (eens in 74 jaar) | 7,7% (eens in 55 jaar) |
| Norther | 35,6% | 34,8% | 31,3% | 30,7% |
| C-Power | 10,9% | 10,7% | 9,5% | 9,3% |
| Rentel | 10,0% | 9,8% | 8,7% | 8,6% |
| Northwind | 9,8% | 9,6% | 8,6% | 8,4% |
| Belwind | 26,7% | 26,1% | 14,0% | 13,8% |
| Mermaid | - | - | 22,0% | 21,5% |
| Totaal | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

De aanvarings- en aandrijfkans voor SeaStar varieert tussen eens in de 74 jaar (scenario 2-41) en eens in de 54 jaar (i.e. voor 1-62 MP). Voor 62 JF is dit eens in de 46 jaar. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 5 jaar voor scenario 1 en eens om de iets meer dan 4 jaar voor scenario 2.

Tijdens de operationele fase zal elk jaar een beperkt aantal scheepsbewegingen nodig zijn voor onderhoud en reparaties. In de eerste jaren zal dit echter bijna dagelijks zijn weet men uit ervaring. Het 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 5-89 en

Tabel 5-90 geven de effecten van het SeaStar windmolenpark op de scheepvaartongevallen buiten het windmolenpark op het BDNZ, als gevolg van de veranderingen van vaarroutes bij respectievelijk scenario 1 (Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther) en scenario 2 (scenario 1 plus Mermaid) ten opzichte van het basisscenario (enkel Belwind, Northwind, C-Power en Norther aanwezig). De eerste kolom met resultaten geeft het absolute aantal aanwezige schepen onder het scenario. 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.

Bij het operationeel worden van windmolenparken SeaStar en Rentel, zullen de concessiezones afgesloten worden voor alle verkeer (uitgezonderd onderhoudsschepen). De verkeerssituatie uit het basisscenario (Figuur 5-118) zal in eerste instantie evolueren naar de verkeerssituatie volgens scenario 1 weergegeven in Figuur 5-119. In latere instantie, na operationeel worden van het laatste windmolenpark Mermaid, zal de verkeerssituatie evolueren naar scenario 2, weergegeven in Figuur 5-120.

Door sluiting van de routes doorheen SeaStar en Rentel zullen opvallend genoeg het aantal Unitised schepen (bvb. containerschepen) verminderen op het BDNZ. Het aantal passagiersschepen buiten de windconcessie zal met 4% toenemen ten opzichte van het basisscenario. Wanneer ook Mermaid zal afgesloten worden zal het aantal passagiersschepen nog verder toenemen met 1,16%. Verder nemen ook het aantal Bulkers en Unitised schepen toe met ongeveer 0,49 en 0,59%.

In de tabellen staan onder ‘veiligheid’ de effecten van de veranderde routes op het aantal ongevallen weergegeven per ongevaltype. Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 1 afnemen met 0,11% ten opzichte van het basisscenario, ook het aantal strandingen zal afnemen met 1,99%. Voor scenario 2 zal het aantal schepen betrokken bij aanvaringen toenemen met 0,21% door omvaren rond Mermaid. Het aantal strandingen zal afnemen met 0,11%.

Windmolenpark SeaStar valt buiten de radardekking naar een Belgische haven. In een aparte studie door Flemtek wordt de problematiek rond radardekking, in nauwe samenwerking met IMDC, nader bestudeerd en uitgewerkt in § 6.3.8.2.

Het ontmoetingspunt voor kruisende en in en uitvoegend verkeer ligt op een afstand van drie mijl ten zuiden van de zuidpunt van het windpark SeaStar. De schepen die elkaar daar ontmoeten hebben elkaar ruim van te voren goed in zicht. De extra kans op een aanvaring tussen twee kruisende schepen door de aanwezigheid van het windpark SeaStar is daarom verwaarloosbaar klein.

*Tabel 5-89 Scoretabel voor de effecten van windmolenpark SeaStar onder scenario 1 voor de scheepvaart op het BDNZ*

| Omschrijving | Eenheid | Resultaat voor hele BDNZ na aanpassing van het verkeer volgens scenario 1 | Effect windmolenpark t.o.v. basis scenario | Relatieve effect scenario 1 t.o.v. basis scenario |
|---|---|---|---|---|
| **Algemeen** | | | | |
| Gemiddeld aantal aanwezige schepen: | | | | |
| OBO's | | 0,004 | 0,0000 | 0,00% |
| Chemicaliën tankers | | 2,445 | 0,0080 | 0,33% |
| Olietankers | | 0,961 | 0,0000 | 0,00% |
| Gas tankers | | 0,794 | 0,0000 | 0,00% |
| Bulkers | | 1,040 | 0,0150 | 1,46% |
| Unitised | | 5,176 | -0,0640 | -1,22% |
| General Dry Cargo | | 2,881 | 0,0060 | 0,21% |
| Passenger schepen + conv. Ferries | | 0,360 | 0,0140 | 4,05% |
| High speed Ferries | | 0,001 | 0,0000 | 0,00% |
| Overig | | 1,099 | 0,0150 | 1,38% |
| Totaal Routegebonden | | 14,761 | -0,0060 | -0,04% |
| Totaal niet routegebonden (alleen deel dat in VONOVI is waargenomen) | | 12,801 | 0,0000 | 0,00% |
| **Veiligheid** | | | | |
| Aantal schepen betrokken bij een aanvaring | Aantal/jaar | 1,319 | -0,0014 | -0,11% |
| Stranding als gevolg van navigatiefout | Aantal/jaar | 1,782 | -0,0248 | -1,37% |
| Stranding als gevolg van een motorstoring | Aantal/jaar | 0,209 | -0,0013 | -0,62% |
| Zinken | Aantal/jaar | 0,059 | 0,0002 | 0,33% |
| Gat in scheepshuid | Aantal/jaar | 0,000 | 0,0000 | |
| Brand / explosie | Aantal/jaar | 0,000 | 0,0000 | |
| Totaal | | 3,369 | -0,0273 | -0,80% |
| **Economisch effect** | | | | |
| Kosten van afgelegde zeemijlen | M€ / jaar | 182,251 | -0,0287 | -0,02% |

*Tabel 5-90 Scoretabel voor de effecten van windmolenpark SeaStar onder scenario 2 voor de scheepvaart op het BDNZ*

| Omschrijving | Eenheid | Resultaat voor hele BDNZ na aanpassing van het verkeer volgens scenario 2 | Effect windmolenpark t.o.v. basis scenario | Relatieve effect scenario 2 t.o.v. basis scenario |
|---|---|---|---|---|
| **Algemeen** | | | | |
| Gemiddeld aantal aanwezige schepen: | | | | |
| OBO's | | 0,004 | 0,0000 | 0,00% |
| Chemicaliën tankers | | 2,441 | 0,0040 | 0,16% |
| Olietankers | | 0,963 | 0,0020 | 0,21% |
| Gas tankers | | 0,795 | 0,0010 | 0,13% |
| Bulkers | | 1,030 | 0,0050 | 0,49% |
| Unitised | | 5,271 | 0,0310 | 0,59% |
| General Dry Cargo | | 2,881 | 0,0060 | 0,21% |
| Passenger schepen + conv, Ferries | | 0,350 | 0,0040 | 1,16% |
| High speed Ferries | | 0,001 | 0,0000 | 0,00% |
| Overig | | 1,089 | 0,0050 | 0,46% |
| Totaal Routegebonden | | 14,825 | 0,0580 | 0,39% |
| Totaal niet routegebonden (alleen deel dat in VONOVI is waargenomen) | | 12,801 | 0,0000 | 0,00% |
| **Veiligheid** | | | | |
| Aantal schepen betrokken bij een aanvaring | Aantal/jaar | 1,323 | 0,0027 | 0,21% |
| Stranding als gevolg van navigatiefout | Aantal/jaar | 1,807 | 0,0000 | 0,00% |
| Stranding als gevolg van een motorstoring | Aantal/jaar | 0,210 | -0,0002 | -0,11% |
| Zinken | Aantal/jaar | 0,059 | 0,0001 | 0,20% |
| Gat in scheepshuid | Aantal/jaar | 0,000 | 0,0000 | |
| Brand / explosie | Aantal/jaar | 0,000 | 0,0000 | |
| Totaal | | 3,399 | 0,0026 | 0,08% |
| **Economisch effect** | | | | |
| Kosten van afgelegde zeemijlen | M€ / jaar | 182,940 | 0,6608 | 0,36% |

**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 (2013). De soorten schade veroorzaakt door het totaal van de verschillende scheepstypen is voor worst-case scenario 1-62 weergegeven in Tabel 5-91.

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 5-92. Uitgaande van deze resultaten wordt voor worst-case scenario 1-62, eens om de 54 jaar schade verwacht aan het Belgische windmolenpark ((0/-) verwaarloosbaar effect).

*Tabel 5-91 Kans (aantal per jaar) op een bepaalde soort schade veroorzaakt door de verschillende scheepstypen voor scenario 1-62*

| Scheepstype | Soort Schade | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | GosMos[1] | Schade aan scheepshuid | Geen schade | |
| Olietanker | 0,000001 | 0,001204 | 0,000020 | 0,001225 |
| Chemicaliën tanker | 0,000001 | 0,002380 | 0,000003 | 0,002384 |
| Gastanker | 0,000000 | 0,000509 | 0,000003 | 0,000512 |
| Container + RoRO | 0,000041 | 0,007088 | 0,000373 | 0,007502 |

| Scheepstype | Soort Schade | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| Ferry | 0,000001 | 0,000078 | 0,000052 | 0,000131 |
| Overige R-schepen | 0,000005 | 0,003093 | 0,000410 | 0,003508 |
| N-Schepen | 0,000025 | 0,000006 | 0,003128 | 0,003159 |
| Totaal | 0,000075 | 0,014358 | 0,003988 | 0,018421 |

[1]Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming

*Tabel 5-92 Schade aan het totale windmolenpark binnen scenario 1-62*

| 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 | 0,000103 | 0,000000 | 0,001088 | 0,000788 | 0,001440 | 0,000788 | 0,002631 | 0,003419 | 292 |
| Scheef | 0,000000 | 0,000018 | 0,000000 | 0,000041 | 0,003542 | 0,000006 | 0,003542 | 0,000064 | 0,003606 | 277 |
| Omvallen | 0,000045 | 0,000045 | 0,000403 | 0,000391 | 0,010435 | 0,000000 | 0,010882 | 0,000436 | 0,011319 | 88 |
| GosMos | 0,000005 | 0,000005 | 0,000045 | 0,000021 | 0,00000 | 0,000000 | 0,000050 | 0,000025 | 0,000075 | 13355 |
| Totaal | 0,000050 | 0,000171 | 0,000447 | 0,001540 | 0,014465 | 0,001446 | 0,015262 | 0,003157 | 0,018449 | 54 |

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 'impact'. De verdeling van de aanvaar/aandrijffrequenties voor de verschillende impactenergie-niveaus is gegeven in Tabel A3-7 voor worst-case scenario 1-62 in het rapport in bijlage. Uit deze tabel volgt dat bij scenario 1-62 88% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 12% door rammen. Verder blijkt dat het voor ongeveer 82,8% routegebonden schepen betreft.

In MARIN (2013) 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 100 MJ. Alleen aanvaringen hebben een impact van meer dan 100 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 SeaStar windmolenpark en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar is voor scenario 1-62 gegeven in Tabel 5-93. Ter vergelijking is ook een scenario van het Norther park gegeven. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie 1023 jaar voor SeaStar terwijl 422 jaar voor Norther. De gemiddelde uitstroom van 1,088 m³ ladingolie voor dit scenario in Tabel 5-93 dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van 1,088 m³ ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 108,8 m³ eens in de 100 jaar.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is ook de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor het gehele BDNZ weergegeven. 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 SeaStar windmolenpark onder worst-case scenario 1-62 toe met (0,000786 + 0,000191) / (0,023553 + 0,008280) ≈ 3,1%. De totale verwachte uitstroom aan olie per jaar wordt voor alle windmolenparken in scenario 1-62 samen ingeschat op 13,51 m³.

*Tabel 5-93 Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine van het SeaStar windmolenpark, ter vergelijking is ook het Norther windmolenpark onder scenario 2B gegeven (MARIN, 2011b)*

| | **Bunkerolie** | | | **Ladingolie** | | | **Totaal** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Frequentie | Eens in de …. jaar | Gemiddelde uitstroom per jaar in m³ | Frequentie | Eens in de …. jaar | Gemiddelde uitstroom per jaar in m3 | Eens in de … jaar |
| Windmolenpark SeaStar scenario 1-62 | 0,000786 | 1272 | 0,553 | 0,000191 | 5225 | 1,088 | 1023 |
| 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 5-94 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico voor scenario 1-62. 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 5-94 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine (Scheepvaartverkeer 2012)*

| Ecologische risico-indicator | Frequentie | Eens in de … jaar |
|---|---|---|
| Zeer hoog ecologisch risico | 0,000039 | 25.641 |
| Hoog ecologisch risico | 0,000006 | 166.667 |
| Gemiddeld ecologisch risico | 0,000011 | 90.909 |
| Gering ecologisch risico | 0,000069 | 14.493 |
| Verwaarloosbaar ecologisch risico | 0,000041 | 24.390 |
| Totaal | 0,000167 | 5.988 |

*Verspreiding en impactevaluatie*

Voor de verspreidingseffecten van milieuverontreinging 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 5-95.

*Tabel 5-95 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) |

| Wind scenario | Eerste tijdstip stranding | Strandingsplaats 72u na lozing |
|---|---|---|
| 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 veiligheidsstudie (MARIN, 2013) blijkt dat aandrijvingen door routegebonden schepen 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, 2013). 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 (2010b) 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. Dit is een hoge reductie omdat de positie waar de ETV buitengaats ligt bij windkracht vanaf 5Bft, vrij dicht bij het windmolenpark is gesitueerd. De afstand van het ankergebied tot SeaStar is gelijkaardig dus een gelijkaardige reductie kan verwacht worden. Merk op dat voor SeaStar geen berekeningen werden uitgevoerd met inzet van een ETV.

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 (2013) in bijlage.

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 1-62 is de kans op meer dan 10 doden gelijk aan 1/714.286 per jaar. Het SeaStar windmolenpark heeft een lengte van ongeveer 3 km. Per km vaarweg is de kans dus 4,67 x $10^{-7}$. 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 5 MW turbines is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets kleiner (3,78 voor scenario 1-62) dan bij gebruik van 6,15 MW turbines (3,77 onder scenario 1-41). 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 7 MW (171 m RD) 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 (Westpit, Scheur) 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 SeaStar windmolenpark relatief laag (eens in de 54 jaar voor het scenario met 62 monopiles en eens in de 46 jaar voor 62 jacket funderingen) in vergelijking met de parken aan de NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone. Dit is eens in de 18 jaar voor Belwind en eens in de 14 jaar voor Norther op basis van de verkeerssituatie 2012. Op basis van de verkeerssituatie in 2008 was dit nog eens in de 15 jaar voor Belwind en eens in de 11 jaar voor Norther (MARIN, 2011b). Dit komt door de centrale ligging van SeaStar, relatief ver van de drukke verkeersroutes. 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 (-).

De totale aanvaar- en aandrijfkans van het SeaStar windmolenpark is slechts 8,9% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windmolenparken in de worst-case scenario 1-62. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 5 jaar (MARIN, 2013). Op basis van de verkeerssituatie in 2008 was dit nog eens om de 4 jaar (MARIN, 2011b).

De windturbines aan de randen van SeaStar waar geen andere windparken liggen, hebben de hoogste aanvaringskansen. Doordat het verkeer aan de zuidwest kant van het park wordt weggehouden door een no-go zone in verband met het BOG eiland, hebben de turbines aan de noordoostkant van het park de grootste aanvaarkansen.

De aanvarings/aandrijvingskans wordt vooral bepaald door het aantal turbines, in mindere mate door de afmetingen ervan. De grotere afmetingen van jackets worden ruimschoots gecompenseerd wanneer een kleiner aantal turbines wordt gebruikt. Het gebruik van een jacket vergroot de kansen voor windpark SeaStar per turbine met gemiddeld 13% tot 16%. Het gebruik van turbines met meer vermogen op eventueel grotere funderingen is gunstiger dan meer turbines met kleiner vermogen op kleinere funderingen.

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 verminderd.

In het BDNZ zal het aantal schepen nagenoeg niet toenemen door aanpassing van de verkeerstromen volgens scenario's 1 en 2, ten opzichte van een basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power, Norther). De verschillen zijn het grootst voor scenario 2: de passagiersschepen (+1,16%), bulkers (+0,49%) en unitised schepen (+0,59%) (MARIN, 2013). Voor de verkeerssituatie van 2008 waren dit de chemicaliëntankers (+0,07%) en de olietankers (+0,13%) die toenamen door aanpassing van de verkeersstromen (MARIN, 2011b).

Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 1 afnemen met 0,11% ten opzichte van het basisscenario en bij scenario 2 toenemen met 0,21% ten opzicht 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 (zonder windmolenparken) neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het SeaStar windmolenpark onder scenario 1-62 toe met 3,1%. Ter vergelijking, voor het Norther windmolenpark was dit 7,4% toename (MARIN, 2011b).

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 5-96 geeft een samenvatting weer van de effecten op scheepvaart tijdens de volledige levenscyclus van het SeaStar windmolenpark onder scenario 1 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 5-97 is aangegeven of het cumulatief effect gelijk is aan, groter dan of kleiner dan de som van de effecten.

*Tabel 5-96 Overzicht van de effecten op scheepvaart bij het cumulatieve scenario 1 (Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther) t.o.v. een basisscenario (Belwind, Northwind, C-Power, Norther)*

| **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 5-97 Overzicht van de cumulatieve effecten op scheepvaart (alle windmolenparken samen, i.e. scenario 2)*

| 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

De beoordeling van de effecten van operationele windmolenparken op radar en scheepscommunicatie werd uitgebreid besproken in een studie door Flemtek-IMDC (2012) in het kader van MER Rentel. Naast de risico's en effecten door de bouw van enkel het Rentel windmolenpark op radar en scheepscommunicatie, werden ook de cumulatieve effecten te onderzocht van het volledige Belgische concessiegebied op radar en scheepscommunicatie, waaronder het SeaStar park. 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 belangrijkste resultaten in verband met het cumulatief effect van de windmolenparken op radar en scheepscommunicatie worden hieronder opgesomd en werden vertaald naar de situatie van windmolenpark SeaStar. Het volledige geactualiseerde rapport is terug te vinden als externe bijlage (Flemtek-IMDC, 2013).

#### 6.3.8.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

In bijlage is een overzicht gevoegd van de actuele gegevens van de SRK radarketen, scheepsradars, marifone installaties en het effect van individuele windturbines op radar (Flemtek-IMDC, 2013). Het wettelijke 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 werden de volgende zeven effecten op radars en marifone installaties worden afgeleid (Flemtek-IMDC, 2012):

1. Line of Sight (LoS). Eerst wordt 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.

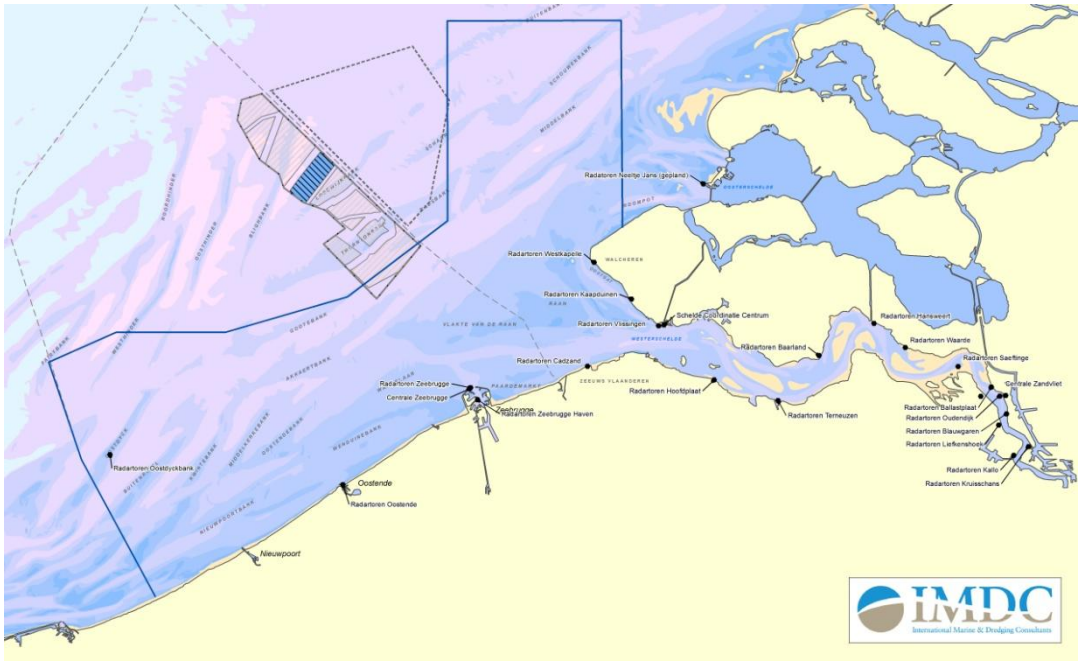
Een gedetailleerde beschrijving van de effecten wordt gegeven in bijlage (Flemtek-IMDC, 2013). Uit de analyses en bijhorende simulaties kunnen de onderstaande conclusies geformuleerd worden, naar zowel de cumulatieve en grensoverschrijdende effecten voor alle operationele windmolenparken in het concessiegebied, als naar de impact van het singuliere project SeaStar 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 SeaStar is volledig buiten het SRK werkingsgebied gelegen. Dit is duidelijk te zien op de Figuur 5-121 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.

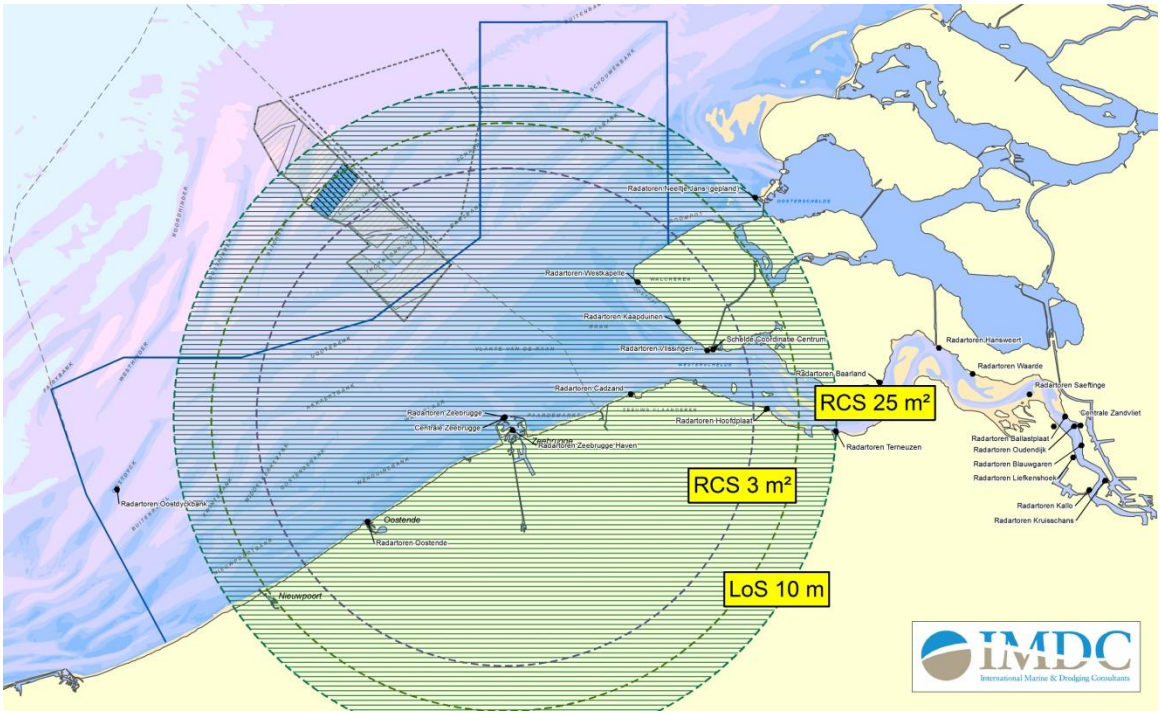



*Figuur 5-121 SRK werkingsgebied en Belgische concessiegebied voor offshore windmolenparken*

***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.

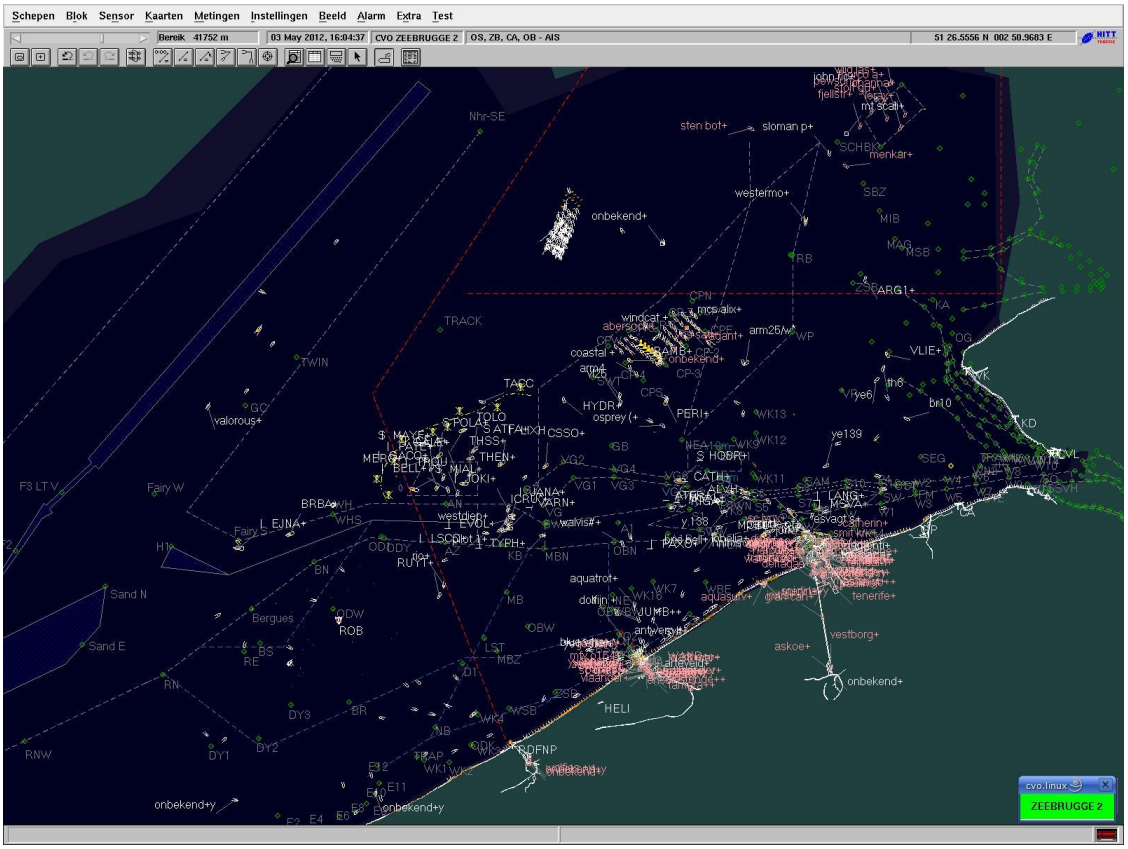
De Los hangt af van zowel de hoogte van de radar antennemast aan de wal, als de hoogte van de objecten op zee. Maar binnen deze voorwaarden is ook de RCS van de schepen mee bepalend, omdat het gereflecteerde signaal nog voldoende detecteerbaar moet zijn boven de ruis van de ontvanger (Signal/Noise ratio of S/N). Als voorbeeld toont Figuur 5-122 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 5-122 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 5-123, waarbij het vandaag reeds operationele project Belwind duidelijk te zien is (samen met het dichter onder de kust gelegen C-Power windmolenpark), maar nagenoeg alle schepen op grotere afstand “verdwenen” zijn uit het geregistreerde radarbeeld.

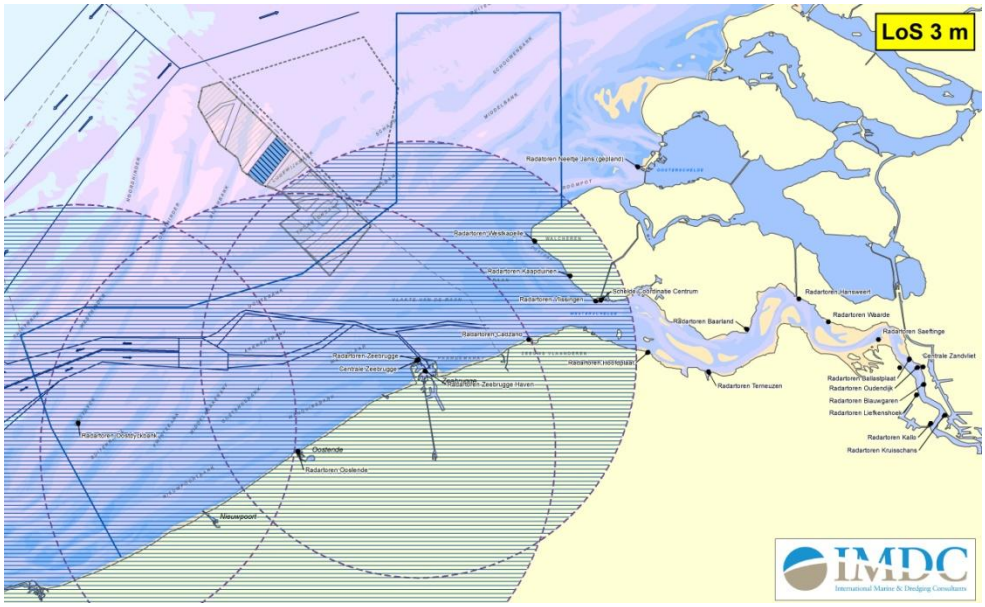


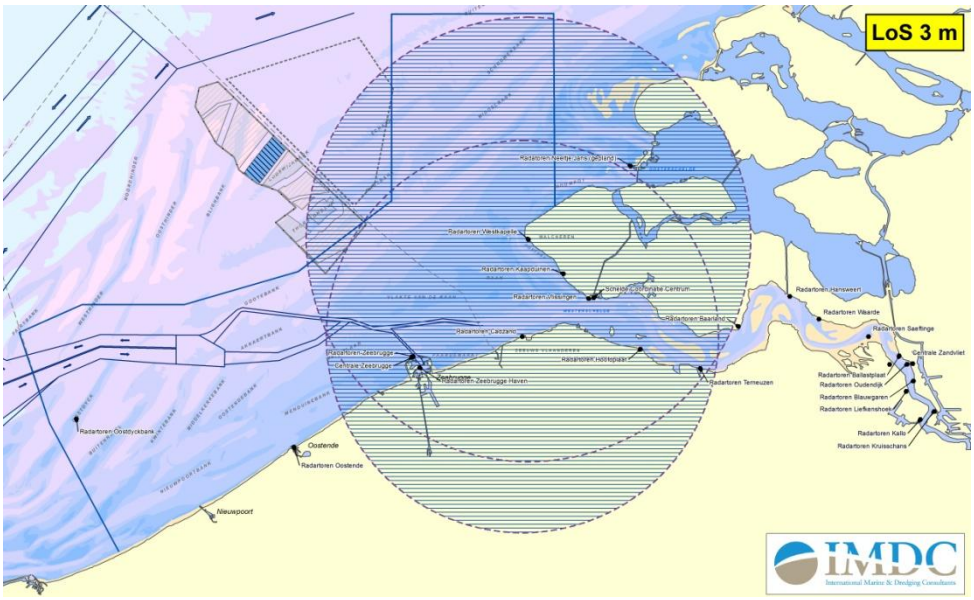

*Figuur 5-123 Typisch radar-screenshot van het scheepvaartverkeer (momentopname). Courtesy van "Afdeling Scheepvaartbegeleiding"*

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 5-124 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.



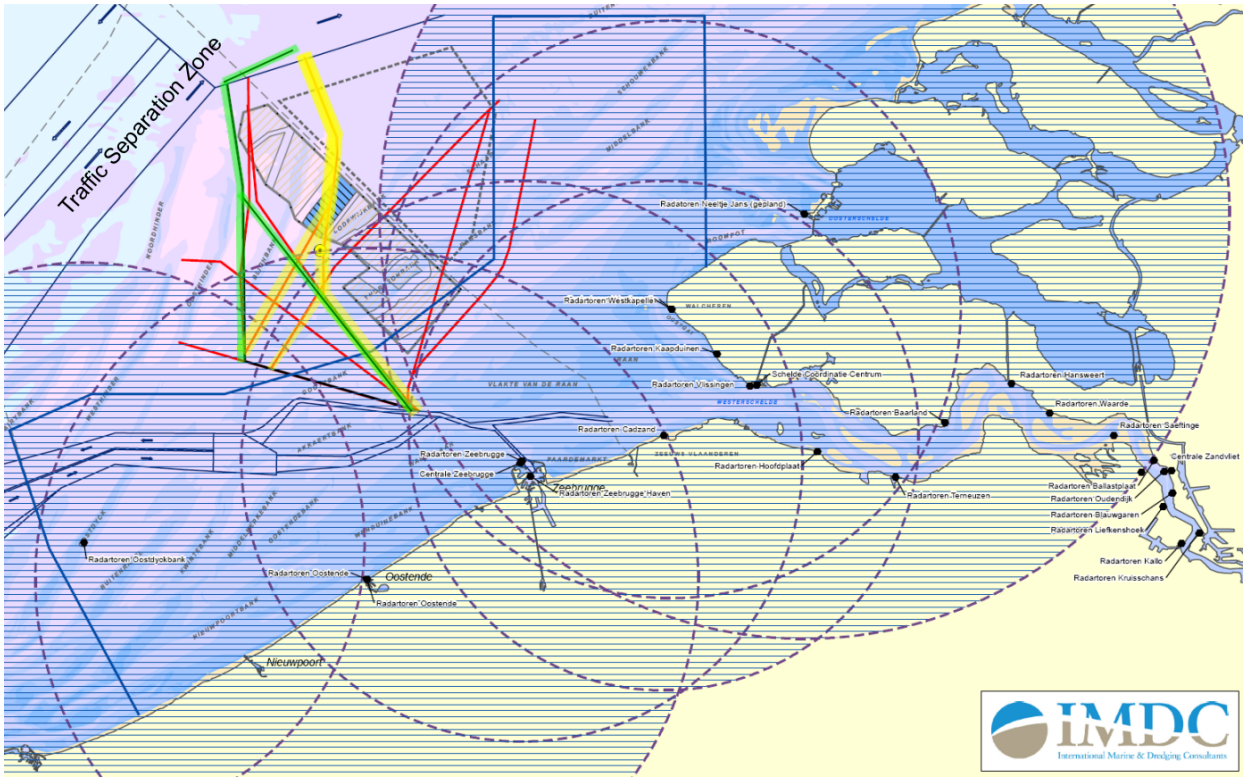




*Figuur 5-124 Bereik van de SRK radars bij een LoS van 3 m (boven: Vlaamse radarsinstallaties en onder: Nederlandse radarinstallaties)*

Voor radarzichtbaarheid van de secundaire navigatieroutes zal de invulling van het volledige concessiegebied wel gevolgen hebben, ook en vooral omdat de vandaag gangbare routes zullen gewijzigd worden (zie nautische veiligheidsstudie).

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 operationele offshore windmolenparken.

Deze gewijzigde situatie van secundair scheepvaartverkeer wordt geschetst in Figuur 5-125 waarbij het SRK bereik voor schepen met een LoS van 3 m als referentie wordt aangehouden. Een deel van de bestaande secundaire vaarroutes doorheen de SeaStar concessiezone (geel op Figuur 5-125), zullen na inplanting van de offshore windmolenparken hoogstwaarschijnlijk omgelegd worden via het noordwesten (groen op Figuur 5-125). Op vlak van zichtbaarheid is er voor de routes doorheen de SeaStar concessiezone door de omlegging weinig verschil. Het deel dat binnen het bereik van de SRK radarstations valt blijft na omleiding hetzelfde.




*Figuur 5-125 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*

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

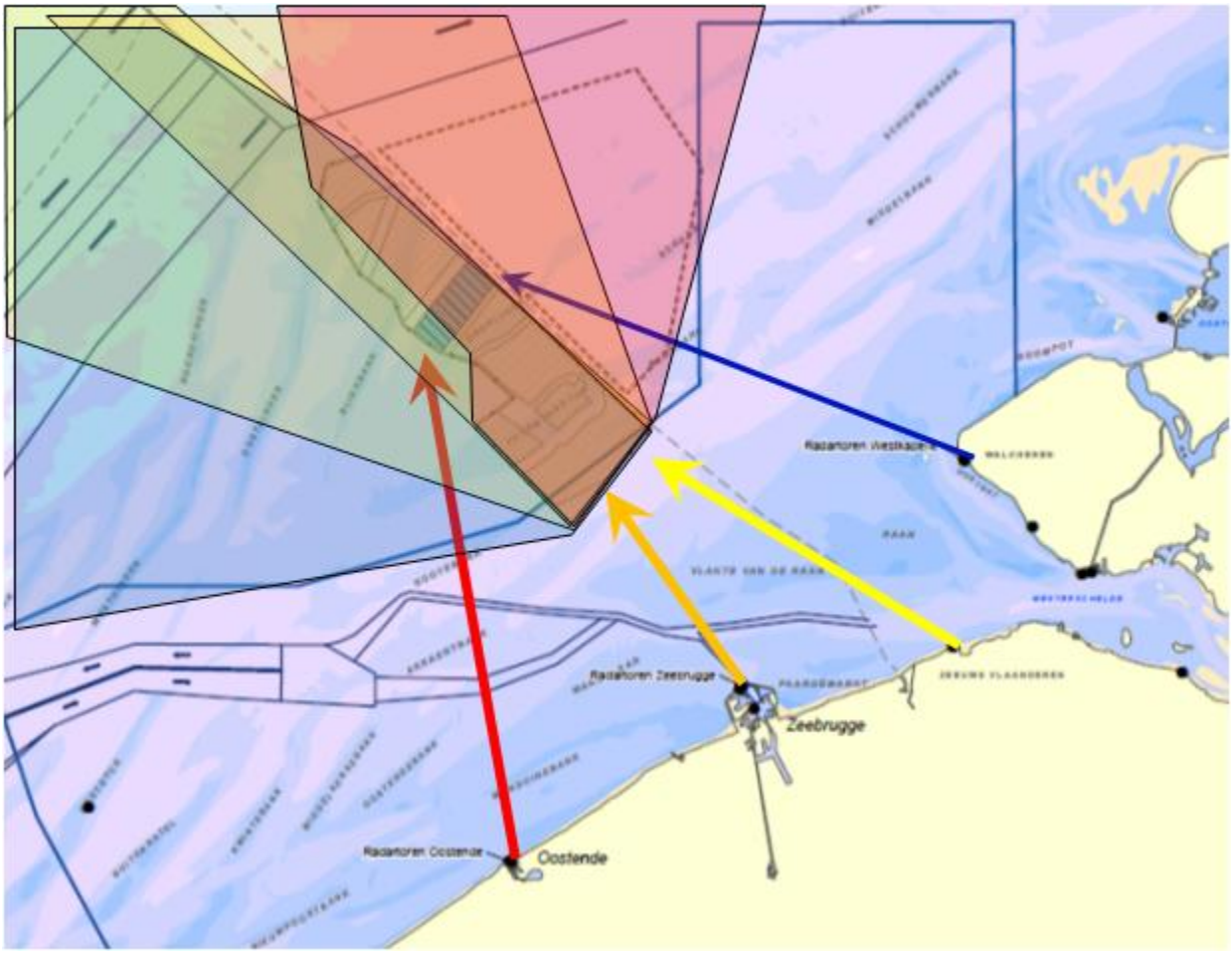
### *Mogelijke detectie door zijlobes*

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, 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 (Figuur 5-126). Zoals echter reeds in 'Reikwijdte van de SRK radarstations' aangehaald, zal dit geen repercussie hebben op de goede werking van de SRK radarketen (Figuur 5-124).

In Figuur 5-126 wordt in een schematische voorstelling de richtingen gegeven, waarbij schaduwzones optreden voor de verschillende SRK radarstations. Specifiek kan gesteld worden dat het project SeaStar verdoken ligt achter de offshore windmolenparken van Norther, C-Power, Rentel en Northwind. Een meer gedetailleerde weergave per SRK radarstation is weergegeven in de deelstudie van Flemtek-IMDC (2013) (externe bijlage).




*Figuur 5-126 Schematische voorstelling van de richtingen waarin schaduwzones optreden voor de verschillende SRK radarstations, en waardoor het project SeaStar bijna volledig verdoken ligt achter de offshore windmolenparken van Northwind, Rentel, C-Power en Norther (oranje en gele pijl) of toch nog gedeeltelijk zichtbaar blijft (rode en blauwe pijl) bij niet-invulling van het concessiegebied Borssele*

Het project SeaStar ligt volledig verdoken achter de voorliggende windmolenparken van Norther, C-Power, Rentel en Northwind voor wat de radarinstallaties betreft van Zeebrugge en Cadzand. Het SeaStar project zal op zich dus geen bijkomende cumulatieve effecten met zich meebrengen. Het project SeaStar blijft voor een klein en beperkt gedeelte in directe lijn zichtbaar voor de radarinstallaties van Oostende (zuidwestelijk deel) en Westkapelle (noordelijk puntje van SeaStar). Bij de uitbouw van offshore windmolenparken in het Nederlandse Borssele concessiegebied zal het projectgebied SeaStar eveneens voor de radarinstallatie van Westkapelle volledig onzichtbaar worden.

### *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 ‘Reikwijdte 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 verdienen in verband met de nautische veiligheid en de gerelateerde opvolging van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes die zich beperken tot hoogstens enkele km.*

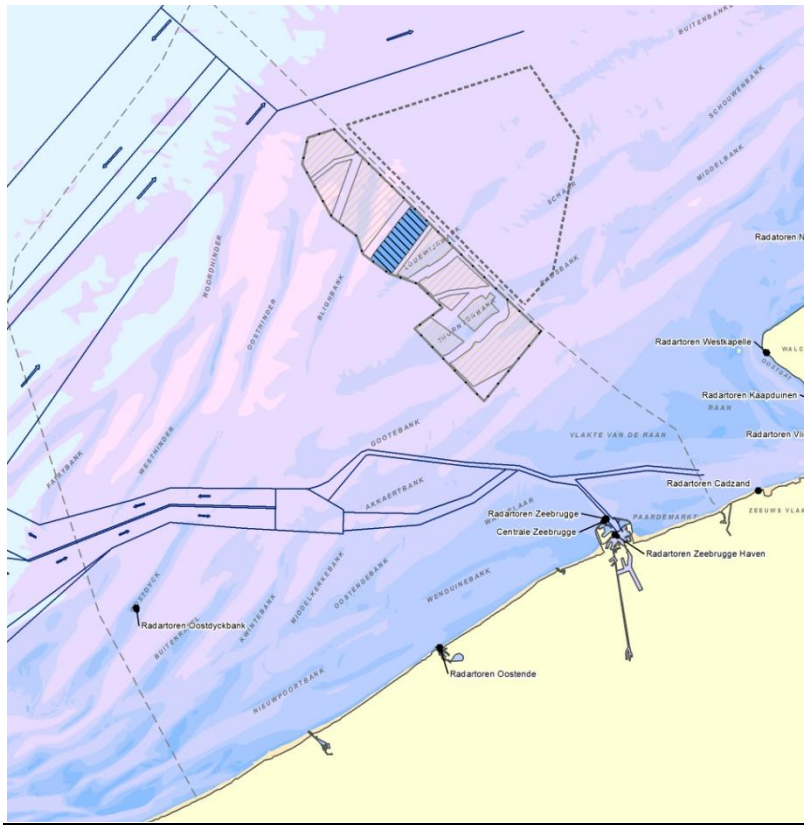
#### 6.3.8.2.5 Impact op de waarnemingen van de scheepsradar

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 dat de aanwezigheid van de offshore windmolenparken geen verschil zal uitmaken voor de hoofdnavigatieroutes in vergelijking met de huidige situatie (Figuur 5-127).




*Figuur 5-127 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 5-125. 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 7.5.1 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 studie (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 tussenafstanden 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 vanuit een gelijkaardige situatie 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 zelf 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 hoofdnavigatieroutes 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 vaarcorridor 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 5-125. Een deel van de bestaande secundaire vaarroutes doorheen de SeaStar concessiezone (rood op Figuur 5-125), zullen na inplanting van de offshore windmolenparken hoogstwaarschijnlijk omgelegd worden via het noordwesten (zwart op Figuur 5-125). Op vlak van VHF bereikbaarheid is er voor de routes doorheen de SeaStar concessiezone door de omlegging weinig verschil. Het deel dat binnen het bereik van de VHF radiostations valt blijft na omleiding hetzelfde.

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 7.5.1 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' werd 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 5-124 weergegeven.

Hier dient expliciet gesteld te worden dat het project SeaStar verdoken ligt achter de dichter bij de kust gelegen windmolenparken van Norther, C-Power, Rentel en Northwind voor wat de VHF radiostations betreft van Oostende en Zeebrugge en dus geen bijkomende cumulatieve effecten met zich zal meebrengen. Het project SeaStar 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 “SeaStar” 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 dichtst onder de kust gelegen projecten Norther en C-Power voor en op de Thorntonbank. Deze gebieden zijn immers nog binnen de actieve zone van zowel de Vlaamse en Nederlandse SRK radarstations, als de VHF radiostations gelegen.

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 scheepvaarttrafiek 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, SeaStar, Belwind en Mermaid) en het Alpha-eiland van Elia 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. Initiatieven zoals het Belgian Offshore Grid van Elia zijn in deze context alleen maar toe te juichen. Een vermaasd net op zee uitbouwen met centrale aansluitingspunten, biedt voordelen naar betrouwbaarheid, dankzij redundantie door de gecreëerde vermazing, optimalisering in de investeringen bij aanleg van exportkabels en een reductie van het aantal aanlandingen van exportkabels en aansluitingen op het landnet.

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. De BMM past momenteel reeds een hoge mate van afstemming toe van de monitoringsprogramma's van de verschillende windmolenparken zodat men met een efficiënte financiële inspanning tot een waardevol resultaat kan komen.

# 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 SeaStar 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, 2012). 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. 38 km) zullen de windturbines van het SeaStar project geen visuele hinder noch geluidshinder veroorzaken tijdens de operationele fase. Het specifieke geluid aan de kustlijn onder het worst case scenario (8,8 dB(A) onder een

invulling van 54 WTG's x 8 MW) 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) op de offshore Belgisch-Nederlandse grens zal het geluidsniveau ca. 51,8 dB(A) zijn. Dit is vergelijkbaar met het geluidsniveau veroorzaakt door licht autoverkeer op 30 m, regen, koelkast, afwasmachine, omgevingsgeluid in het bos.

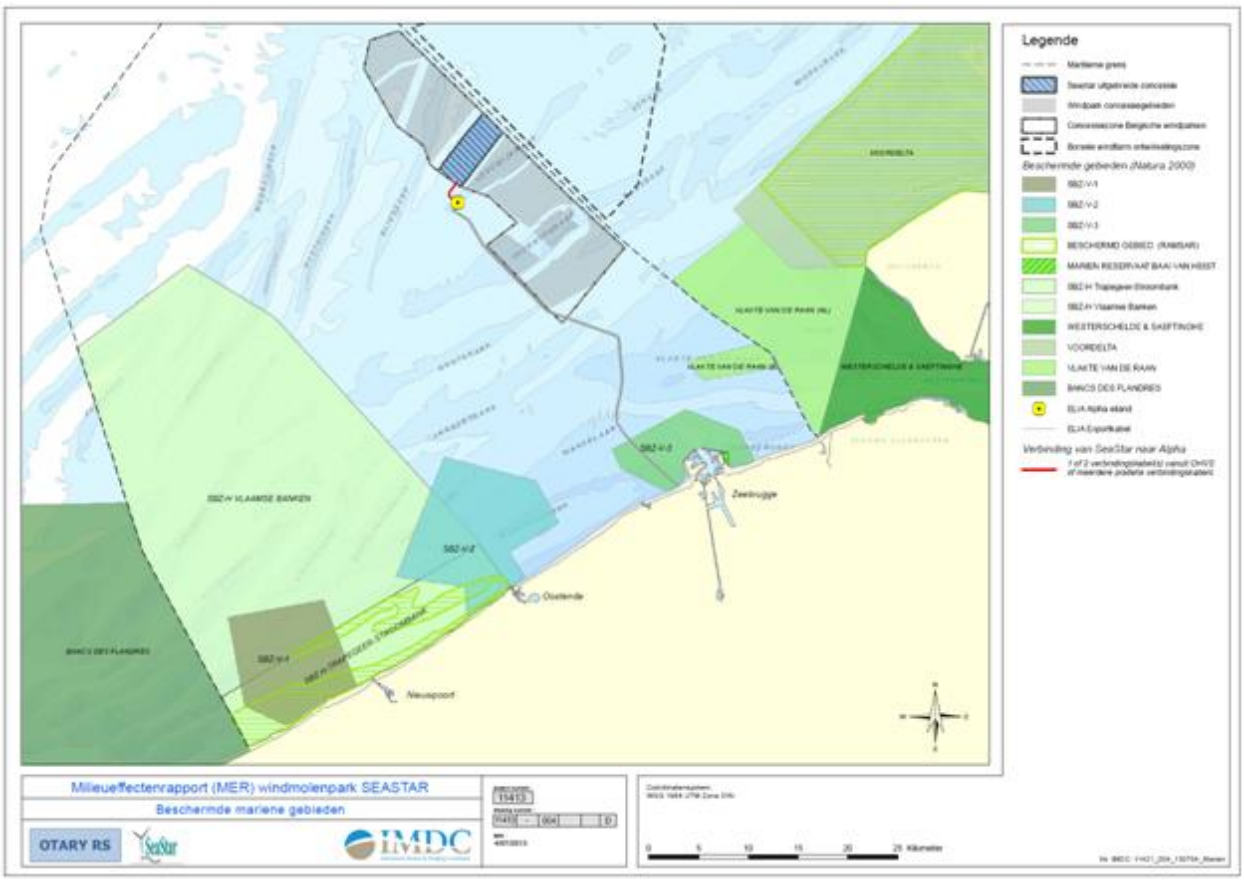
Monitoring van het onderwatergeluid tijdens de constructiefase van het Belwind park op de Blighbank (Norro *et al.*, 2010) heeft echter aangewezen dat het voorgestelde criterium voor impulsgeluiden voor een behoud van een goede milieutoestand (Kaderrichtlijn Mariene Strategie), nl. het niveau van antropogene 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 SeaStar 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 ca. 20 km van het SeaStar 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 zes windmolenparken*

### 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 SeaStar windmolenpark worden geen veranderingen in de bodemdichtheid of bodemsamenstelling verwacht op Nederlandse Natura 2000 gebieden. De BMM (2012 en 2011b) stelt dat ook de instandhoudingdoelstellingen voor dit habitattype op Nederlandse bodem worden niet gehypothekeerd bij de aanleg van het Norther en Rentel windmolenpark. Aangezien deze parken dichter bij de Vlakte van Raan en de Voordelta zijn gelegen, zal dit ook gelden voor het SeaStar 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 SeaStar windmolenpark niet aangetast worden (BMM, 2012). 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, 2012).

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, 2012). 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, 2012).

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, 2013b, 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 SeaStar projectgebied, en dumpen op 300 m opwaarts van de dominante stromingsrichting tijdens eb;
- Scenario 2: baggeren aan de noordoost zijde van het projectgebied, dicht bij de Nederlandse grens, en dumpen centraal in het projectgebied tijdens vloed (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 (2,1h) 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 2,4 km afgelegd, tot buiten de grenzen van de concessiezone voor Scenario 1.

Bij dumpen centraal in het SeaStar gebied tijdens vloed (Scenario 2) vallen de turbiditeitswaarden van de dumppluim terug tot de natuurlijke voor ze de rand van de concessiezone bereikt en is er dus geen grensoverschrijdend effect. De dumppluim heeft een afstand van ca. 1,5 m afgelegd in noordoostelijke richting. Indien het dumpen niet centraal in het gebied gebeurt maar aan de noordoostelijke rand, nabij de Nederlandse grens, zal de concessiegrens dus wel overschreden worden.

In Scenario 1 wordt *buiten* de SeaStar concessiezone de achtergrondwaarde van 4 mg/l minder dan 5% van de totale tijd voor het creëren van een funderingsput overschreden (1h45). De limiet van 10 mg/l ('helder water') wordt buiten de SeaStar zone voor slechts 2% van de tijd (40 min) overschreden in Scenario 1. In Scenario 2, reikt de pluim boven de 4 mg/l niet buiten het projectgebied in de richting van Nederland. Ook de 10 mg/l limiet wordt niet overschreden buiten de SeaStar zone. Er binnen, duurt de overschrijding van de 10 mg/l limiet in totaal slechts 1,26h (3% van de totale tijd voor het baggeren van één funderingsput).

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.* (2012) suggereren dat het windmolenpark op de Blighbank een aantrekkende werking heeft op Stormmeeuwen en Zilvermeeuwen. 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. 45 km van het SeaStar projectgebied (Geoloket Provincie Zeeland, 2013). In de Voordelta heeft men 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 (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, 2012). 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, 2012).

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, 2012).

### 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, 2012):

- 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 SeaStar zal het gebied niet langer toegankelijk zijn voor scheepsverkeer. Omdat het windmolenpark aan de rand van het BDNZ ligt, beperken de scheepsroutewijzigingen en verhoogde scheepsdensiteiten zich niet alleen tot de Belgische Noordzee. Ook op het Nederlandse deel zullen enkele routes verschuiven. De toename van afgelegde scheepsmijlen, kosten en $CO_2$ uitstoot werden echter alleen voor de Belgische Noordzee berekend in de nautische veiligheidsstudie uitgevoerd in het kader van dit MER (MARIN, 2013). Voor het berekenen van deze effecten voor het Nederlandse deel zou de volledige verkeersdatabase voor dit deel ook aangepast moeten worden van 2008 naar 2012, terwijl de effecten slechts een relatief klein gedeelte tegen de Belgische grens betreffen.

Het economisch effect komt tot uitdrukking in het aantal toegenomen afgelegde zeemijlen door omvaren rond de windconcessies. Voor scenario 1 (Belwind, SeaStar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther als gerealiseerd en afgesloten) lijkt er echter nauwelijks sprake te zijn van een toename in zeemijlen ten opzicht van een basisscenario met de reeds vergunde

windmolenparken Belwind, Northwind, C-Power en Norther. Dit komt met name door het relatief grote aandeel 'Unitised' schepen dat door afsluiting van de windparken juist een snellere route lijkt te nemen. Voor scenario 2 (scenario 1 plus Mermaid als gerealiseerd) zouden de kosten van de afgelegde zeemijlen op het BDNZ toenemen met 0.36% ten opzichte van het basisscenario. Wat neerkomt op een economisch effect van ongeveer 661.000 euro. Getallen in dezelfde grootteorde worden verwacht net over de grens op Nederlands grondgebied. De kosten van de totaal afgelegde zeemijlen per jaar op het BDNZ is voor scenario 1 ca. 182 miljoen euro en voor scenario 2 ca. 183 miljoen euro (inclusief omvaren).

Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. De toename aan $CO_2$, $NO_x$ en $SO_2$ uitstoot door omvaren op het BDNZ is echter minder dan 1% van de vermeden emissies door klassieke productie (cf. hoofdstuk 'Klimaat en atmosfeer'). Gelijkaardige cijfers worden voor het Nederlands grondgebied verwacht.

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 SeaStar windmolenpark relatief laag (eens in de 54 jaar voor het worst-case scenario met 62 windturbines) in vergelijking met de parken aan de actuele NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 18 jaar voor Belwind en eens in de 14 jaar voor Norther) (MARIN, 2013 op basis van scheepsverkeer 2012). De totale aanvaar- en aandrijfkans van het SeaStar windmolenpark is slechts 8,9% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windmolenparken in het worst-case scenario 1-62. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen wordt geschat als eens om de 5 jaar (MARIN, 2013).

Het aantal schepen betrokken bij een aanvaring zal door de veranderde verkeerssituatie bij scenario 1 afnemen met 0,11% ten opzichte van het basisscenario en bij scenario 2 toenemen met 0.21% ten opzicht 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 (zonder windmolenparken) neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een turbine van het SeaStar windmolenpark onder worst-case scenario 1-62 toe met 3,1%. Ter vergelijking, voor het Norther windmolenpark was dit 7,4% toename (MARIN, 2011b).

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.

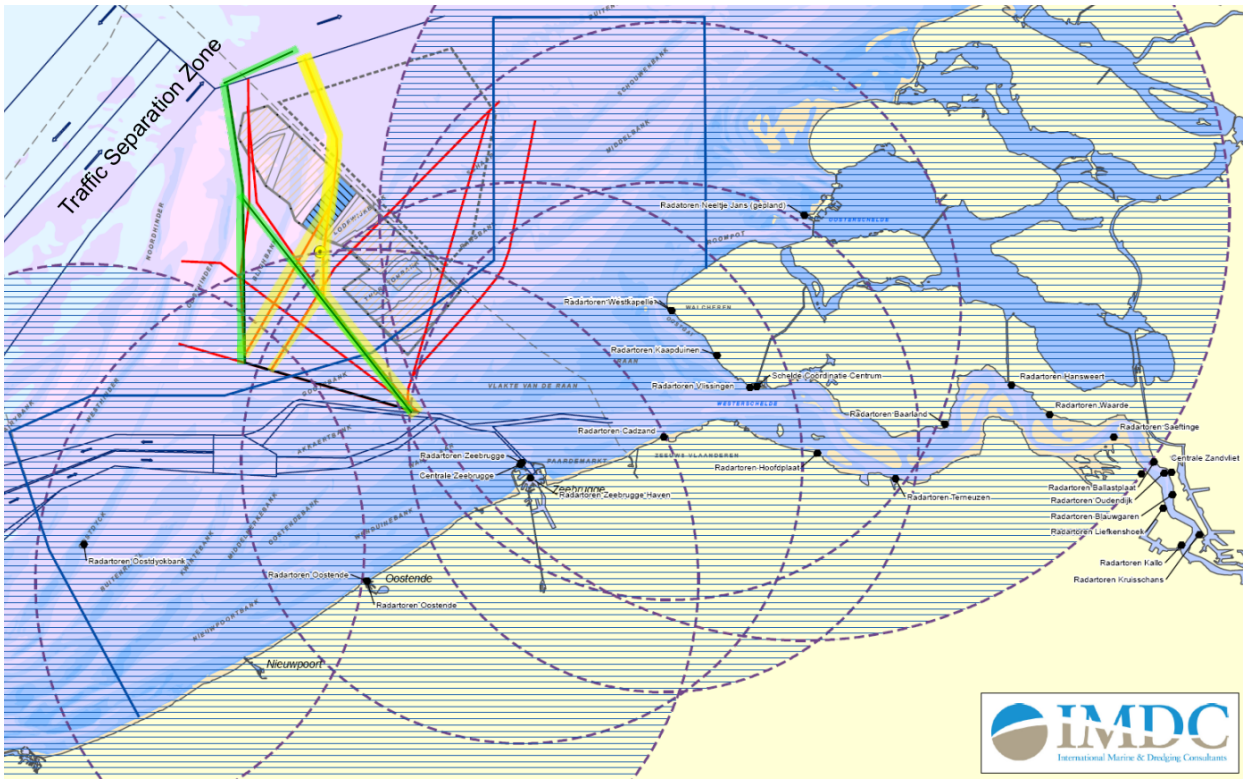
### 7.5.2 Radar en scheepscommunicatie

De studie met betrekking tot radar en scheepscommunicatie die werd uitgevoerd in het kader van het MER van Rentel (Flemtek-IMDC, 2012) gaat specifiek in op het potentieel effect van de Belgische windmolenparken op de Nederlandse SRK radar- en radiocommunicatie. Bij deze studie werd ook reeds uitgegaan van de aanwezigheid van het SeaStar windmolenpark. In het kader van voorliggend MER werd de radarstudie geactualiseerd, specifiek naar de situatie van SeaStar. Het rapport is bijgevoegd als externe bijlage (Flemtek-IMDC, 2013).

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.

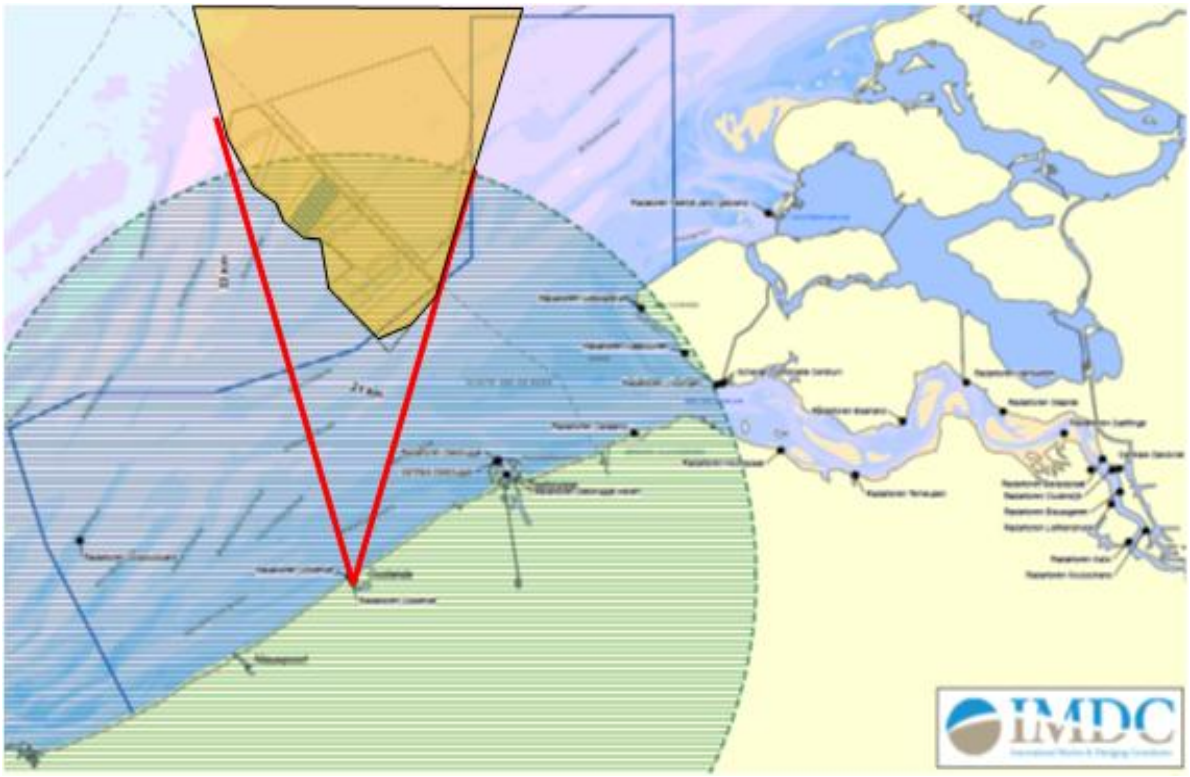
Voor radarzichtbaarheid en VHF bereik van de secundaire navigatieroutes zal de invulling van het volledige concessiegebied gevolgen hebben, omdat de gangbare routes zullen gewijzigd worden (huidige routes op basis van AIS 2012 data in rood weergegeven in Figuur 5-125).

Deze gewijzigde situatie van secundair scheepvaartverkeer wordt geschetst in Figuur 5-125 waarbij het SRK bereik voor schepen met een LoS van 3 m als referentie wordt aangehouden. Een deel van de bestaande secundaire vaarroutes doorheen de SeaStar concessiezone richting de 'Traffic Separation Zone' in het noorden (geel op Figuur 5-125), zullen na inplanting van de offshore windmolenparken hoogstwaarschijnlijk omgelegd worden via het noordwesten (groen op Figuur 5-125). Op vlak van zichtbaarheid is er voor de routes doorheen de SeaStar concessiezone door de omlegging weinig verschil. Het deel dat binnen het bereik van de SRK radarstations en VHF radiostations valt blijft na omleiding hetzelfde.

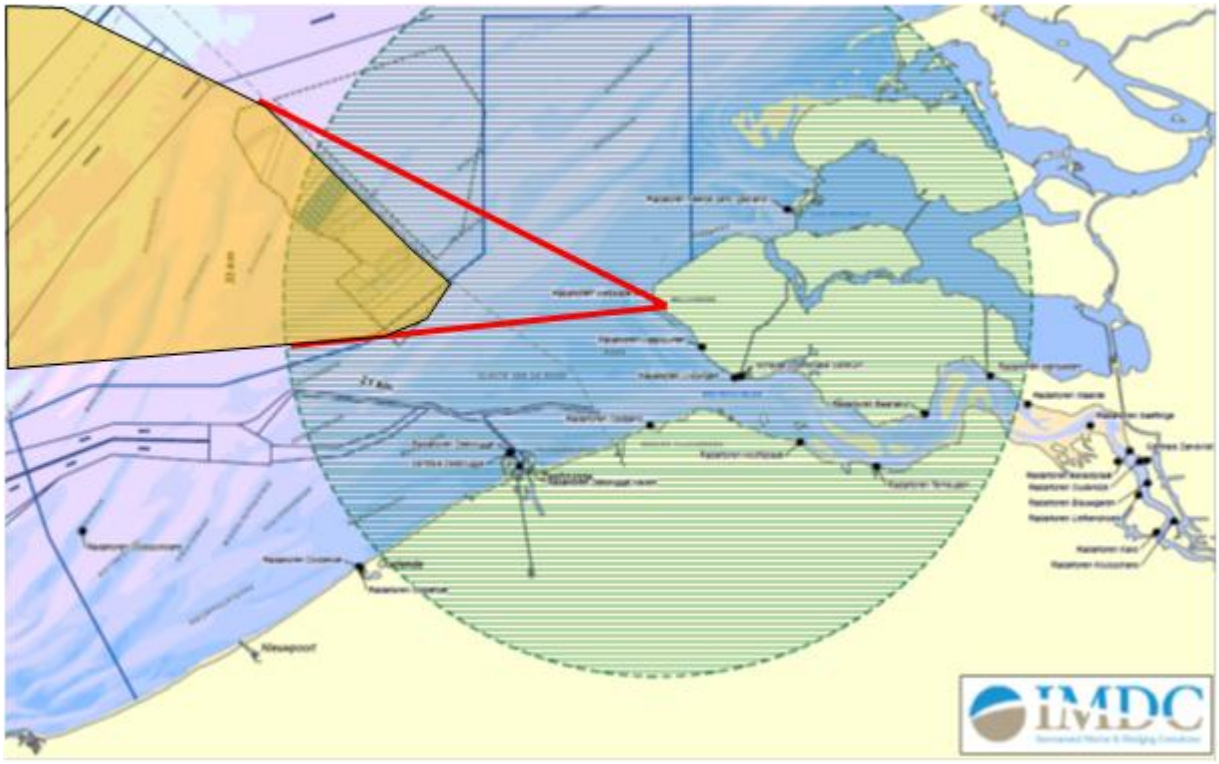



*Figuur 7-2 Schematische voorstelling van het omleggen van de secundaire scheepvaartroutes (huidig: geel, toekomstig: groen) bij invulling van het concessiegebied, tegenover het SRK werkingsgebied en het bereik van de actuele SRK radarstations bij een LoS hoogte van 3 m*

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, 2013). Dit betekent concreet dat voor de radars van Oostende en Zeebrugge een gedeelte ten oosten van het Belgische 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 gevolg hebben op de goede werking van de SRK radarketen, omdat de Vlaamse en Nederlandse radarstations elkaar aanvullen en het wettelijke SRK bereik (blauwe polygoon) (als een gemeenschappelijke-integrale werking tussen Nederland en België) in ieder geval gedekt blijft, uitgezonderd ter hoogte van het meest kustnabije deel 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 betreffende foutieve beeldvorming bij de scheepsradar zijn al 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 SEASTAR WINDMOLENPARK

Doorheen het MER voor de ontwikkeling (inclusief de voorbereidende en begeleidende in situ surveys), de bouw en de exploitatie van het windmolenpark SeaStar – met inbegrip van de elektrische transportinfrastructuur – werden de effecten besproken voor zowel de basisconfiguratie als drie configuratiealternatieven (Tabel 8-1).

Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen voor het windmolenpark varieert tussen het minimale 246 MW uit de initiële concessie en de maximale 540 MW in de beschouwde potentiële uitbreiding van concessiezone en inplanting. Het park zal jaarlijks een opbrengst van ca. 800 GWh tot 1.400 GWh genereren, wat overeenkomt met het gemiddeld jaarverbruik van ca. 286.000 tot 400.000 doorsnee gezinnen.

*Tabel 8-1 Weerhouden combinaties van configuratie en type fundering (MP: monopile, JF: jacket fundering, GBF: gravitaire fundering)*

| Configuratie | Aantal turbines | Rotor-diameter | Individueel vermogen | Totaal geïnstalleerd vermogen | Funderings-type | Erosie-bescherming |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Basis | 41 | 126 m | 6 MW | 246 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | Optioneel |
| | | | | | GBF | Ja |
| | | | | | Suction | Idem MP en JF |
| Configuratie 1 | 62 | 120-135 m<br>135 m | 4-6,5 MW<br>5 MW | 248-403 MW<br>310 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | Optioneel |
| | | | | | GBF | Ja |
| | | | | | Suction | Idem MP en JF |
| Configuratie 2 | 54 | 150-165 m<br>164 m | 7,5-10 MW<br>8 MW | 405-540 MW<br>432 MW | Monopile | Ja: Statisch/dynamisch |
| | | | | | Jacket | Optioneel |
| | | | | | GBF | Ja |
| | | | | | Suction | Idem MP en JF |
| Configuratie 3 | 43 | 140-175 m<br>171 m | 7,5-10 MW<br>7 MW | 280-323 MW<br>301 MW | Jacket | Optioneel |
| | | | | | 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 grootteorde, 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 8-2). 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 8-2 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 SEASTAR WINDMOLENPARK

Volgende tabellen geven een overzicht van de verwachte effecten tijdens de constructie- (Tabel 8-3), operationele (Tabel 8-4) en ontmantelingsfase (Tabel 8-5), alsook de bekabeling (Tabel 8-6).

*Tabel 8-3 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/- | - | 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 8-4 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 8-5 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 8-6 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 8-7 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, Rentel, Northwind en Belwind) in combinatie met SeaStar. Aangezien voor Norther, Rentel en SeaStar 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 36 windturbines (6 GBF en 30 JF) van het C-Power windmolenpark operationeel en zullen de overige 18 JF in de loop van 2013 operationeel worden. Northwind is recent begonnen met de bouw van 72 turbines met monopile fundering. 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 en Rentel tenslotte zijn de uiteindelijke configuraties nog niet gekend.

*Tabel 8-7 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 |

| Fase | Constructie | Exploitatie | Ontmanteling | Bekabeling |
|---|---|---|---|---|
| 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. 4,3 ha (basisconf., MP met dynamische erosiebescherming) tot max. 245 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 scheepstrafiek 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% (800 GWh) tot 7,4% (1.400 GWh) vermeden emissies van broeikasgassen zijn in vergelijking met klassieke centrales. De vermeden CO2-emissies hebben een significant positief effect op het behalen van de Kyoto-reductiedoelstelling.

#### 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 SeaStar park is gelegen achter 4 andere 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 andere parken 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 exportkabeltracé naar de kust 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, Rentel en SeaStar 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 (BOG project van Elia) betekent een geringere impact dan indien alle projecten verschillende trajecten hanteren.
- De lokale erosie door de constructies wordt voor de 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 SeaStar configuratiealternatief 1 met 62 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 mogelijke exportkabel naar land is zeer tijdelijk en lokaal. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (het BOG project van Elia) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien alle projecten verschillende trajecten hanteren of kabels leggen 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 5.210 ton/jaar voor $SO_2$, tot 5.336 ton/jaar voor $NO_x$ en tot 4.418.400 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 zes parken samen blijft relatief klein tov het BDNZ (0,26%). Er kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn.
- Er heerst nog een 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 zes 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 SeaStar windmolenpark relatief laag (eens in de 54 jaar voor 62 MP en eebs in de 46 jaar voor 62 JF), in vergelijking met de parken aan de actuele NW en ZO uiteindes van de Belgische windmolenzone (eens in de 18 jaar voor Belwind en eens in de 14 jaar voor Norther). De totale aanvaar- en aandrijfkans van het SeaStar windmolenpark is slechts 8,9% 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 5 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 dat aangevaren kan worden verminderd.
- 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 SeaStar 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 zes 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 SeaStar, Rentel en Norther windmolenpark (andere windmolenparken opteren voor MP en/of JF), zal in totaliteit voor de zes windmolenparken samen bijna 9 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 SeaStar windmolenpark relatief laag (eens in de 46 jaar voor 62 JF, eens in de 54 jaar voor MP), 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 5 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. 38 km) zullen de windturbines van het SeaStar 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 ca. 20 km van het SeaStar 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

Abdel-Rahman, K., Achmus, M. (2006). Behaviour of monopiles and suction bucket foundation systems for offshore wind energy plants. 5th International Engineering Conference, Sharm El-Sheikh, Egypte, 27-31 maart 2006.

Adriansens, J. (2009). Vissen met quota – Belgische zeevisserij, Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie.

Ahlén, I. Et al (2007). Bats and offshore wind turbines studied in Southern Scandinavia. Swedish EPA report 5571.

Ahlén, I. , J. Baagoe& L. Bach (2009). Behaviour of Scandinavian Bats during migration and foraging at sea. Journal of Mammalogy, 90 (6): p 1318 – 1323.

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.

Belgische Staat, 2012. Omschrijving van Goede Milieutoestand en vaststelling van Milieudoelen voor de Belgische mariene wateren. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 9 & 10. BMM, Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België, 34 pp.

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). Milieueffectenbeoordeling van het RENTEL offshore windmolenpark ten noordwesten van de Thorntonbank en ten zuidoosten van de Lodewijkbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 206 pp.

BMM (2013). Website van de BMM, geconsulteerd op 14 januari 2013. 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.

Boshamer, J.P.C. & J. P. Bekker (2008) Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) and other species of bats on offshore platforms in the Dutch sector of the North Sea. Lutra 51 (1): 17-36

Brabant, R., Vigin, L., Stienen, E.W.M., Vanermen, N. & Degraer, S.( 2012). Radar research on the impact of offshore wind farms on birds: Preparing to go offshore. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. Chapter 8: 111-126.

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.

Christopherson, A. and J. Wilson (2002). Technical Letter Report Regarding the San Francisco-Oakland Bay Bridge East Span Project Noise Energy Attenuation Mitigation. L. Kuhn and L. Campbell George and Strong. Anchorage, AK, Peratrovich, Nottingham, & Drage, Inc.

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 Blighbank 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.

De Moor, G. (1985). Shelf bank morphology off the Belgian coast, recent methodological and scientific developments. In: M. Van Molle (Editor), Recent trends in Physical Geography in Belgium. Liber Amicorum, L. Peeters. V.U.B., Study series of the Vrije Universiteit Brussel, New series, Brussel, pp. 47-90.

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., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 155 + 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 Blighbank wind farms on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during construction (T2), Blighbank: 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 Blighbank. 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 Rooij 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.

Flemtek-IMDC (2012). Milieueffectenrapport windmolenpark Rentel. Radar en marifone communicatie. I/RA/11397/12.132/MIM/. In opdracht van Rentel NV.

Flemtek-IMDC (2013). Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar. Radar en marifone communicatie. I/RA/11421/13.127/MIM/. In opdracht van THV SeaStar.

FOD Leefmilieu (2013). Openbare raadpleging over het marien ruimtelijk plan en het milieueffectenrapport. http://www.health.belgium.be/eportal/Environment/Inspectionandenvironmentalrigh/Environmentalrights/PublicConsultations/seaspatialplan/index.htm#.UdQxiPndduJ , geraadpleegd op 3 juli 2013.

Foglia, A., Ibsen, L.B., Vabbersgaard Andersen, L., Ravn Roesen, H. (2012). Physical modelling of bucket foundation under long-term cyclic lateral loading. Proceedings of the 22th International Offshore and Polar Engineering Conference. Rhodos, Griekenland, 17-22 juni 2012.

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.

Gerasch (2007). Schallimmissionen und Schallschutz beim Rammen des Monopiles FINO 3. Institut für Statik und Dynamik, Germany.

Geoloket provincie Zeeland (2013). http://zldags.zeeland.nl/geo/ (geraadpleegd op 12 februari 2013).

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 (2013). Offshore windfarm seabed survey SeaStar– Geophysical Survey results (Ref. 12D_022/MA/GP/RE001).

Haelters *et al.,* (2012a). 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., Van Roy, W., Vigin, L. & Degraer, S., (2012b). The effect of pile driving on harbour porpoises in Belgian waters. pp. 127-143 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. 155 pp. + annexes.

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., Jauniaux, T. & Degraer, S. (2012b). The Grey Seal (Halichoerus grypus) as a Predator of Harbour Porpoises (Phocoena phocoena)? Aquatic Mammals 38(4): 343-353.

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.

Haelters, J., Van Roy, W., Vigin, L. & Degraer, S., (2012a). The effect of pile driving on harbour porpoises in Belgian waters. pp. 127-143.

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.

Ibsen, L.B., Liingaard, M., Nielsen, S.A. (2005). Bucket foundation, a status. Conference proceedings, Copenhagen Offshore Wind.

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 (2009). Wind farm Thornton Bank Phase 1. Detailed Design scour and scour protection design. 26-40377-200; 1- ENG-DES -TN-007_rev5. I.s.m. Technum, Dong Energy.

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 (2011). Design Basis Part A.4. Site specific wind data. In opdracht van Northwind. NWD-FND-DB-GEN-REP-005-DB_PartA4.

IMDC (2012a). Milieueffectenrapport windmolenpark Rentel. In opdracht van Rentel NV. I/RA/11397/11.188/RDS

IMDC (2012b). Nota korrelgrootteclassificatie. In opdracht van de Vlaamse Overheid – Afdeling Kust. I/NO/11310/12.021/ABO.

IMDC (2012c). 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/.

IMDC (2013a). Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11413/13.113/MIM.

IMDC (2013b). Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11413/13.114/MIM.

IMDC (2013c). Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar. Life cycle analysis. I/RA/11421/13.126/MGO

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.

Institut für Statik und Dynamik (2007). Standardverfahren zur Ermittlung und Bewertung der Belastung der Meeresumwelt durch die Schalimmission von Offshore-Windenergieanlagen, Report BMU-Forschungsvorhaben 0329947

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 (2013). Overzichtsstatistieken van accidentele olieverontreinigingen. Webpagina beschikbaar op 03/07/2013. http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/index.html

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.

Jonge Poerink, B.; Lagerveld, S.; Verdaat, J.P. (2013) Pilot study Bat activity in the dutch offshore wind farm OWEZ and PAWP**.** IMARES report C026/13 - tFC report 20120402.

Joshi, S., Drzal, LT, Mohanty, AK (2003). Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? International LCA Conference, 22-25 September 2003, Seattle.

Kejin, L. (2012). Use of suction caissons for foundations for underwater infrastructure and underwater city of the future. Nanyang Technological University, Industrial Infrastructure Innovation Centre (Workshop op 8 februari 2012).

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.

Klaus Betke (2008). Report ITAP 2008 - Measurement of wind turbine construction noise at Horns Rev II. Ref. No. 1256-08-a-KB. Institut für technische und angewandte Physik GmbH, Oldenburg, Germany.

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.

Lu, X.B., Jiao, B.T., Zhang, X.H. (2012). Liquefaction potential of silty sand surrounding a bucket foundation under vertical vibration load. The Open Ocean Engineering Journal, 5: 27-33.

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.

Madsen, S.,, Vabbersgaard Andersen, L., Ibsen, L.B. (2012). Buckling of bucket foundations - sensitivity to shape imperfections during installation. Proceedings of the 22th International Offshore and Polar Engineering Conference. Rhodos, Griekenland, 17-22 juni 2012.

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.

Margheritini, L., Nezhentseva, A. (2012). Scour around offshore wind turbine foundations (comparison between monopiles and bucket foundations). Presentation at DTU 15 Mei 2012. Aalborg Univeristy.

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.

Nehls *et al*. (2007). Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. BioConsult SH report, Husum, Germany. On behalf of COWRIE Ltd.

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 (Blighbank, 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.

Norro *et al* (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea – Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundation wind turbines: A case study from the Belgian part of the North Sea. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Section.

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.

Patel, S.K., Singh, B. (2012). Study on installation and pullout of suction caisson foundation for offshore wind turbines. SAITM Research Symposium on Engineering Advancements.

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 Blighbank 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.

Rustemeier, J.,Griebbmann, T and Rolfes R (2011). Use of bubble curtains to mitigate hydro sound levels at offshore construction sites. In Underwater Acoustic Measurements Conference proceedings. Papadakis J and Bjorno L (ed), pp 779-784.

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.

Schultz-von Glahn et al (2006). Underwater noise reduction of pile driving for offshore wind turbines – Evaluation of several techniques under offshore conditions. UFOPLAN Ref. No. 205 53 113, final report. The Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Berlin.

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.

Skiba, R. (2007) Die Fledermäuse im Bereich der Deutsche Nordsee unter Berücksichtigung der Gefährdungen durch Windenergieanlagen. Nyctalus (N.F.), Berlin 12 p. 199-220.

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.

Sumer, B.M., Fredsoe, J. (2002). The mechanics of scour in the marine environment. World Scientific. Advanced Series on Ocean Engineering volume 17.

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. (2012). De Belgische Zeevisserij: aanvoer en besomming 2011. Departement Landbouw en Visserij. Afdeling Landbouw en Visserijbeleid. Zeevisserij. 121.

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.

TPNO (2012). Tourism Partnership North Wales. Policy strategy research. Literture review wind turbines and tourism. http://www.tpnw.org/english/policystrategyresearch.html (last visited 26/04/2013).

Tractebel Engineering (2011). Windpark in de concessiezone ten noordwesten van de Blighbank – 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.

Ulvestad, A. (2012). Consolidation settlement of suction caissons. Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and transport engineering, pp119.

UNCLOS (1982). 'United Nations Convention on the Law of the Sea'.

Vaitkunaite, E., Devant Molina, S., Ibsen, L.B. (2012). Comparison of calculation models for bucket foundation in sand. DCE Technical Memorandum no 17, Aalborg University.

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 Blighbank, 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 Blighbank windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during construction (T1), Blighbank: 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 (2011). Lozingen in de lucht 2000-2011. Vlaamse Milieumaatschappij.

VMM (2012). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest – Jaarverslag Immissiemeetnetten Kalenderjaar 2011. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Lucht, Mileieu en Communicatie, Dienst Lucht, Erembodegem.

Voigt, C. et.al (2012). The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. Biological Conservation, 153: 80.

von Benda-Beckmann, A.M., Ainslie, M.A., Wensveen, P.A., Miller, P.J.O., Kvadsheim, P., Tyack, P.L., Lam, F.P.A. & te Raa, L. (2011). Theoretical assessment of ramp-up efficacy on marine mammals. ESOMM-2011 4th Conference on the Effects of Sound in the Ocean on Marine Mammals. Amsterdam, The Netherlands, 5-9 September 2011.

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.

Walter, G. et.al (2007) Fledermauszug über Nord- und Ostsee – Ergebnisse aus Offshore-Untersuchungen und deren Einordnung in das bisher bekannte Bild zum Zuggeschehen. Nyctalus (N.F.), Berlin 12 p. 221-233.

Wang, Y., Xiaobin, L., Wang, S., Shi, Z. (2006). The response of bucket foundation under horizontal dynamic loading. Ocean Engineering 33: 964-973.

Westerberg, V., Bredahl Jacobsen, J., Lifran, R. (2012). The case for offshore wind farms, artificial reefs and sustainable tourism in the French Mediterranean. Journal of Tourism Management.

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.

ZKA (2001). Onderzoek verwachte effecten Windpark Bouwdokken op Deltapark Neeltje Jans. ECON.10.160

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://www.4coffshore.com/offshorewind/ (geraadpleegd 9 februari 2013).

http://www4.vlaanderen.be/sites/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx: Excelbestanden: Aandeel elektriciteit uit hernieuwbare engergiebronnen en WKK (1994-2011); Aandeel hernieuwbare energie (2005-2011), http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/ (geraadpleegd 19 november 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).

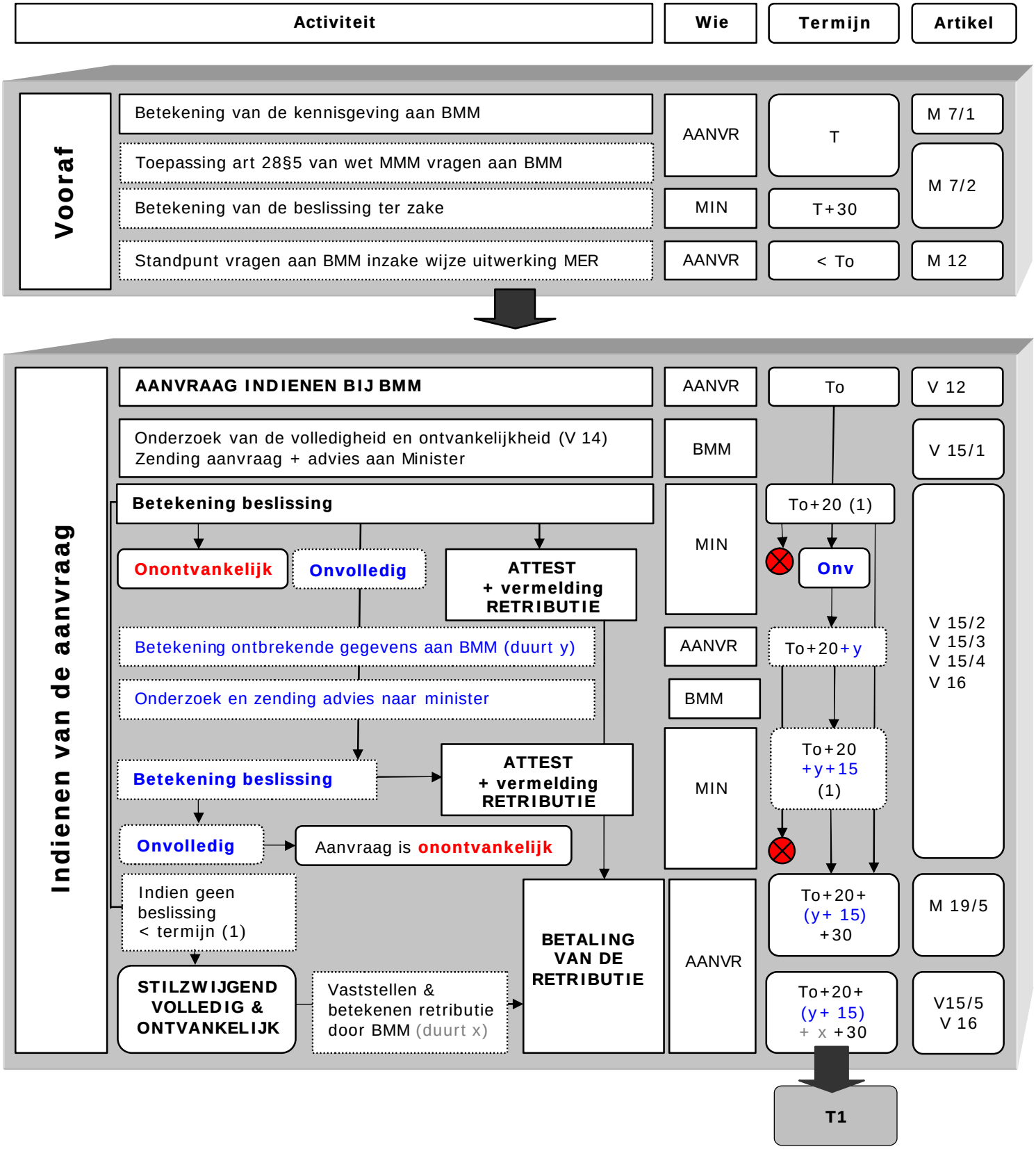
http://www.carbontrust.com/news/2013/02/successful-installation-of-first-suction-bucket-foundation-at-dogger-bank (geraadpleegd op 18 juni 2013)

# Bijlage A Milieuvergunningsaanvraag

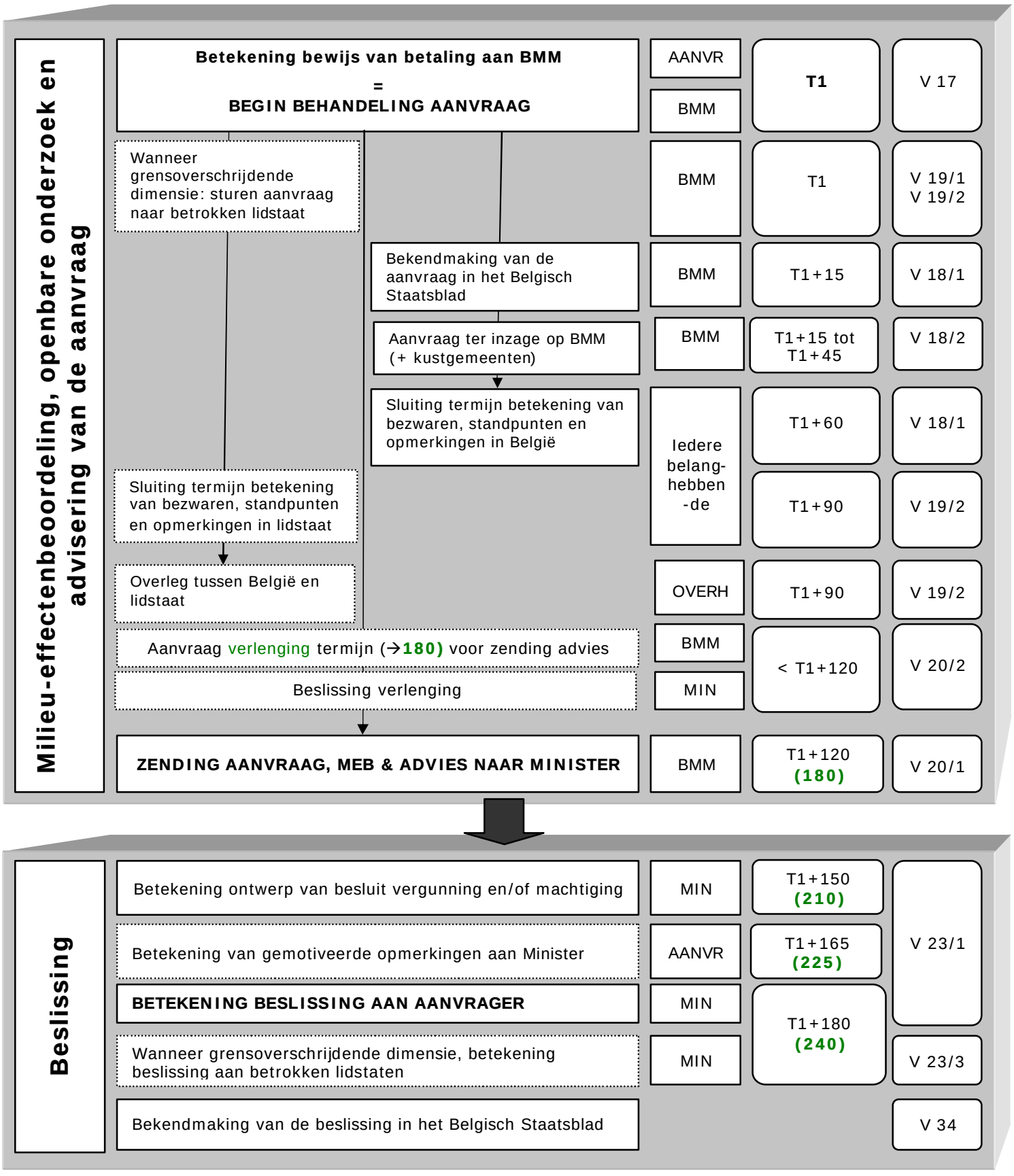
# A.1 Milieuvergunningsprocedure (Vigin & Di Marcantonio, 2003)

Te citeren als: Vigin L., Di Marcantonio M. (2003). Samenvatting v.d. volledige milieuvergunningsprocedure in de vorm v.e. flow-chart (website BMM)

# 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 Brief Rioja kabeleigenaars

## raoul vanlambalgen

**Van:** leen.boot@kpn.com
**Verzonden:** dinsdag 21 juli 2009 15:38
**Aan:** raoul vanlambalgen
**CC:** graham.marle@qualtrack.com; jon.reynolds@qualtrack.com; mick.p.green@bt.com; isabel.alcobertena@telefonica.es; miguelangel.garciagarcia1@telefonica.es; douglas.percy@bt.com; maarten.vanderpaard@kpn.com; herman.vrijsen@belgacom-ics.com; jean-marc.lhostte@belgacom-ics.com
**Onderwerp:** RE: ICPC Reference Q213: Wind Farm Planning - Rioja 3 Cable System

Dear Mr. Van Lambalgen

Following your e-mail to the ICPC secretary I can confirm you that the Rioja cable is indeed out of service, so that means the cable isn't in use anymore.
I can also confirm that this cable, and certainly the mentioned segment, Segment 3 (belgium-Netherlands) will not **be** taken into service again.
So you can, as you say, 'cut it as you like'. Of course we expect you to do the cutting, and handling of the cutted ends, conform the 'rules' as set out by the ICPC.

I trust this is the answer you're looking for,

Best regards,

Leen Boot
Rioja GC Coordinator,

***KPN International***
***Tel.*** ***+31 70 44 66468***
***Mobile*** ***+31 6 53375528***
***Fax.*** ***+31 70 44 63904***
***e-mail*** ***leen.boot@kpn.com***

---

**Van:** Jon Reynolds [mailto:jon.reynolds@qualtrack.com]
**Verzonden:** donderdag 16 juli 2009 11:11
**Aan:** 'Mick Green'; 'Isabel Alcober Tena'; 'Miguel Angel Garcia Garcia'; 'Doug Percy'; Boot, L.A. (Leen) (ZM IS INS Pricing & Procurement Mgt); Paard, van der, M. (Maarten) (ZM IS INS Operations Field Operations)
**CC:** Graham Marle
**Onderwerp:** ICPC Reference Q213: Wind Farm Planning - Rioja 3 Cable System

Dear Rioja 3 Owning ICPC Members

We have received the message below from a company that is planning a wind farm that would straddle the out-of-service Rioja 3 cable system. His 3 questions directly relate to the care they must take when working near the cable. Would you please respond to Mr Lambalgen at raoul.vanlambalgen@electrawinds.be with appropriate advice and copy your message to me so that the Secretariat is aware that the enquiry has been addressed.

Thanks and best regards

Jon Reynolds

ICPC Secretariat
Tel: +44 1590 688557
Fax: +44 870 432 7761
Mailto:secretary@iscpc.org
Website: http://www.iscpc.org
Sharing the seabed in harmony with others

**From:** raoul vanlambalgen [mailto:raoul.vanlambalgen@electrawinds.be]
**Sent:** 16 July 2009 09:20
**To:** secretary@iscpc.org
**Cc:** Pieter Dehaene; joos anseeuw
**Subject:** KPN Rioja 3 cable

Dear secretary,

We are planning the application of a concession for a wind farm in the Belgium part of the north sea, on both sides of the KPN Rioja 3a/3b cable. For life cables we are obliged to keep a 250 meter safety zone when placing structures in the seabed. As we learn from the ISCPC website, the Rioja 3 has been taken out of service as per October 2006.

This means the cable is not used anymore ?
Will it ever come into service again ?
To put it very bluntly, we do not have to take into account this cable, we can cut it as we like ??

I hope you can answer my questions.

Kind regards,

**Raoul van Lambalgen** | Manager Wind Belgium & Offshore

electrawinds
POWERED BY NATURE

Electrawinds NV | John Cordierlaan 9 | 8400 Oostende
Tel. +32(0)59/569751 | Mob. +32(0)494/526043 | Fax +32(0)59/569701
www.electrawinds.be

**********
This footnote confirms that this email message has been scanned by
PineApp Mail-SeCure for the presence of malicious code, vandals & computer viruses.
**********

# ICPC Recommendation

## Recommendation No. 1

### Management of Redundant and Out-Of-Service Cables

## Contact for Enquiries and Proposed Changes

If you have any questions regarding this document or suggestions for improving it, please contact:


**International Cable Protection Committee**
**PO Box 150**
**Lymington**
**SO41 6WA**
**United Kingdom**

**Secretary:** **Mr. Graham Marle**
**Tel:** **+44 1590 681 673**
**Fax:** **+44 870 432 7761**
**E-mail:** **secretary@iscpc.org**
**ICPC Web-site:** **www.iscpc.org**



## DISCLAIMER

*An International Cable Protection Committee ("ICPC") Recommendation ("Recommendation") implies a consensus of those substantially concerned with its scope and provisions. A Recommendation is intended as a guide to aid cable owners and other seabed users in promoting the highest goals of reliability and safety in the submarine cable environment. The existence of a Recommendation does not in any respect preclude anyone, whether he has approved the Recommendation or not, from laying or repairing undersea cables or employing procedures to these ends which may be required by the ordinary practice of seamanship or by the special circumstances of each case, but which may not be conforming to the Recommendation.*

*The ICPC does not develop standards and will in no circumstances give an interpretation of a Recommendation in the name of the ICPC. The ICPC and its members do not accept any liability for any errors in the Recommendation or for any consequences resulting from its use as a planning guide. Nothing in this Recommendation should be viewed as relieving anyone from the rights and obligations of seabed users under international law, including but not limited to the United Nations Convention of the Law of the Sea ("UNCLOS").*

*NB: ICPC Recommendations are subject to periodic review and users are cautioned to obtain the latest issues. This Recommendation may be revised or withdrawn at any time without further notice to the recipient.*

## TABLE OF CONTENTS

Disclaimer ..... 2
Table Of Contents ..... 3
1. Introduction ..... 4
2. OOS Cables - Planning Considerations ..... 4
3. OOS Cables - Removal Considerations ..... 4
4. References ..... 6
5. Definitions ..... 6
6. Attachments ..... 6

# 1. INTRODUCTION

This document provides the ICPC's recommendations in relation to a submarine cable system that is redundant or has been taken out of service, hereafter collectively referred to as an "OOS Cable". The recommendations are given in 2 parts as follows:

**1.1.** OOS Cables - Planning Considerations

**1.2.** OOS Cables - Removal Considerations

# 2. OOS CABLES - PLANNING CONSIDERATIONS

To promote best industry practice and facilitate a good working relationship with other seabed users it is recommended that:

**2.1.** the drafting of new construction and maintenance agreements provides for the recovery of limited lengths of the cable after it has been taken out of service.

**2.2.** when constructing a new cable following a route in the vicinity of an OOS Cable, the owners of the new cable shall, in agreement with the owners of the OOS Cable, arrange for the recovery of those sections of the OOS Cable that are required to clear the new route. *NB: A 1,000 metre wide corridor is typically required, but actual size will be dependent on local operational conditions.*

**2.3.** the above principle should be followed when approached by other seabed users who wish to install subsea plant or extract seabed material in the vicinity of an OOS Cable.

**2.4.** all cable recovery operations are planned to minimise future interference to other seabed users by leaving remaining cable, if possible, in no worse condition than it was prior to the recovery. This may be achieved by weighting the cable ends with clump weights or chains and lowering to the seabed on slip ropes while maintaining tension on the cable – attached diagram refers.

# 3. OOS CABLES - REMOVAL CONSIDERATIONS

Under UNCLOS and customary international law, there is no requirement for the removal of OOS Cables. If a coastal nation requires removal of undersea cables outside its territorial seas, cable owners should request the jurisdictional basis for such a requirement. In the absence of a valid jurisdictional basis, such a requirement is a violation of international law and may be challenged.

Because there is no international requirement, removal of OOS Cables beyond territorial seas is primarily a decision made by cable owners.

## 3.1. Pre-Decision Factors

Factors which cable owners should consider in deciding whether to remove an OOS Cable include the following:

3.1.1. Any potential effect on the safety of surface navigation or other uses of the sea including a comparison of whether removal is reasonable or realistic given the presence of other manmade objects on the seabed such as shipwrecks, debris, and oil and gas structures and installations.

3.1.2. Present and possible future effects on the marine environment. If the cable is composed of material that is inert or environmentally benign, consideration should be given to leaving the cable in place.

3.1.3. The risk that the cable will significantly shift position at some future time.

3.1.4. The costs and technical feasibility associated with removal of cables.

3.1.5. The determination of a new use or other reasonable justification for allowing the cable or parts thereof to remain on the sea-bed.

3.1.6. The comparative environmental impact of leaving the cable in place compared to the disruption caused by attempting to remove the cable.

3.1.7. The management of out-of-service cables as part of the cable protection program.

3.1.8. The potential socio-economic & economic benefits of recovering the cable.

### 3.2. Post-Decision Factors

If the decision is to retain a redundant cable for future use or to leave an out-of-service cable in place, cable owners should consider implementation of the following:

3.2.1. Notification to International & National charting authorities that the cable is no longer in service.

3.2.2. Notification to local fishermen and other seabed users of the change in status, and confirmation that any future claims for sacrificed gear will be considered on their merits.

3.2.3. Confirmation that the cable owner remains responsible to any party by insurance cover or otherwise for the OOS Cable.

3.2.4. Consideration of alternative uses for the cable such as donation to a scientific research body.

*Approved by 2004 Executive Committee*

## 4. REFERENCES

| Document Number | Title |
|---|---|

## 5. DEFINITIONS

The following words, acronyms and abbreviations are referred to in this document.

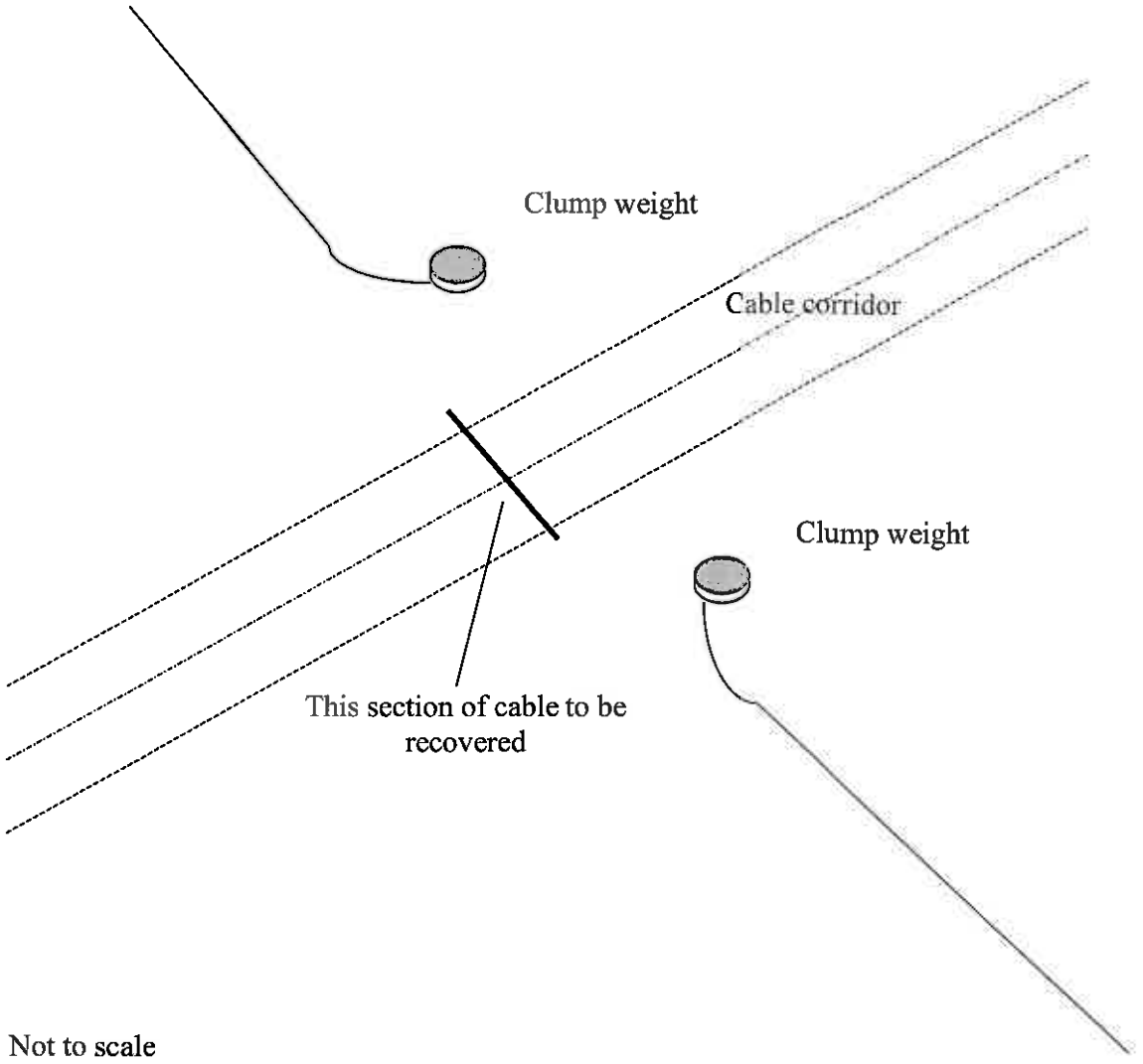
| Term | Definition |
|---|---|
| **Redundant Cable** | The status whereby a submarine cable is temporarily not in service, prior to re-use or eventual decommissioning. |
| **Out-of-Service** | The status where a submarine cable is part of a decommissioned telecommunication or electrical transmission system and not required for future use as part of such a system. |
| **UNCLOS** | The United Nations Law of the Sea Convention (1982) |

## 6. ATTACHMENTS

| Document Number | Title |
|---|---|
| - | Diagram |

**DIAGRAM**

Treatment of cable ends when recovering sections of out-of-service cables for pipeline or cable crossing.




The clump weights shall be concrete discs, typically 0.5 metres diameter by 0.2 metres thick, or other thin sectioned weights, alternatively chain may be used. The object of the weight is to minimise risk of fastening to fishing gear.

# Bijlage B Coördinaten aangevraagde domeinconcessie

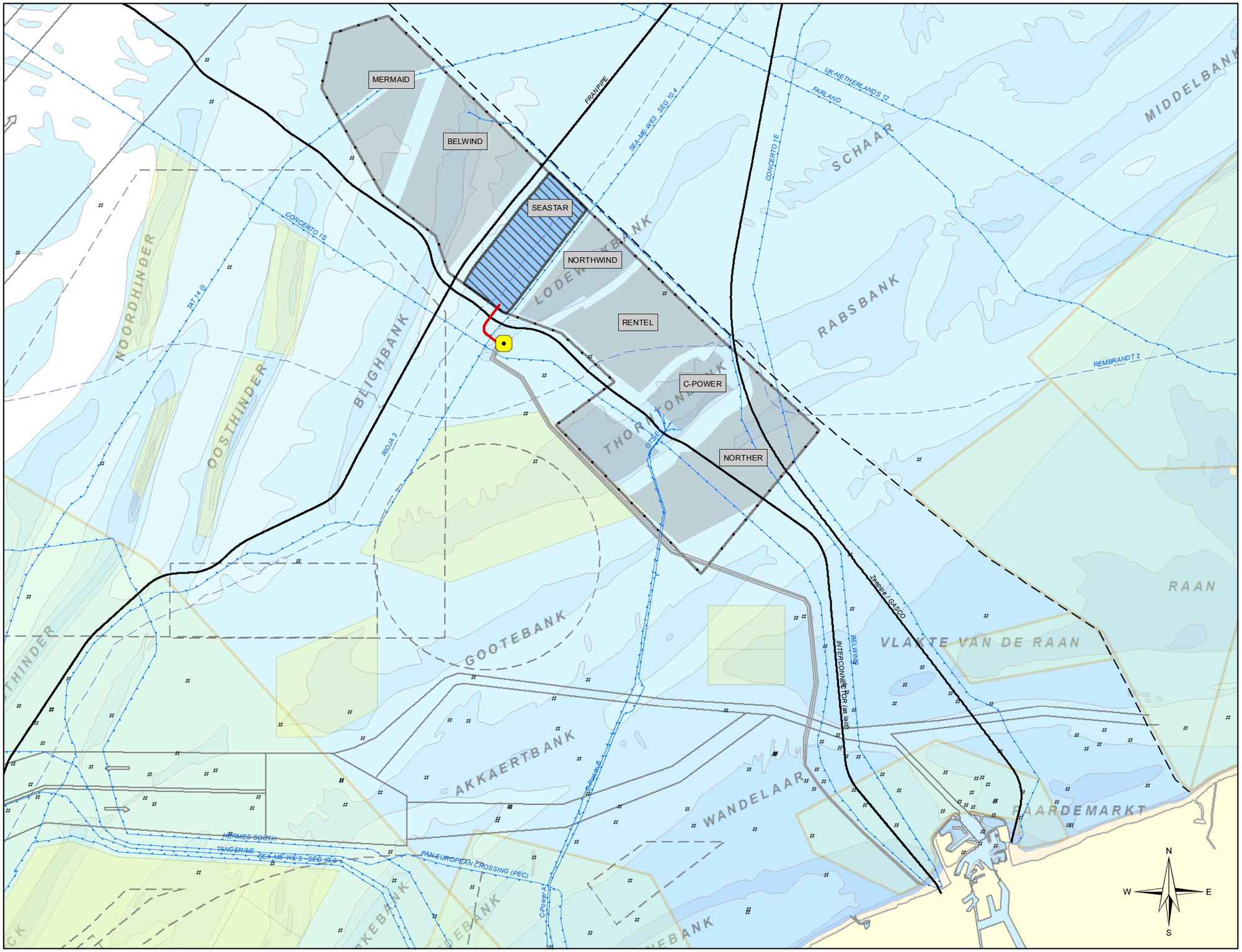
Coördinaten van de hoekpunten van de door SeaStar NV aangevraagde domeinconcessie.

| Initieel | Geographical WGS 84 | | UTM zone 31 (WGS 84) | |
|---|---|---|---|---|
| | X-coördinaat | Y-coördinaat | X-coördinaat | Y-coördinaat |
| cp1 | 51°39'57,96"N | 2°52'42,44"E | 491594 | 5723908 |
| cp2 | 51°39'24,10"N | 2°53'38,79"E | 492675 | 5722861 |
| cp6 | 51°36'28,35"N | 2°49'51,13"E | 488288 | 5717440 |
| cp7 | 51°36'52,74"N | 2°48'51,41"E | 487141 | 5718196 |
| cp8 | 51°37'10,96"N | 2°49'09,64"E | 487493 | 5718758 |
| cp9 | 51°38'10,72"N | 2°50'23,42"E | 488916 | 5720601 |
| cp10 | 51°39'01,88"N | 2°51'27,82"E | 490157 | 5722179 |
| cp11 | 51°39'27,79"N | 2°52'04,79"E | 490869 | 5722978 |
| cp12 | 51°39'12,85"N | 2°53'57,55"E | 493035 | 5722513 |
| cp13 | 51°38'56,43"N | 2°54'24,85"E | 493559 | 5722005 |
| cp14 | 51°38'19,03"N | 2°53'37,95"E | 492656 | 5720851 |
| cp15 | 51°36'54,76"N | 2°51'49,90"E | 490574 | 5718251 |
| cp16 | 51°36'25,47"N | 2°50'37,31"E | 489176 | 5717349 |
| **Aangepast ((veiligheidszone rond gasleidingen + telecomkabels - nieuwe afbakening zone op BCP) - Inmetingen Gtec van gasleidingen)** | | | | |
| p1 | 51°39'57,96"N | 2°52'42,44"E | 491594 | 5723909 |
| p2 | 51°38'56,07"N | 2°54'25,37"E | 493569 | 5721994 |
| p3 | 51°37'15,22"N | 2°52'21,97"E | 491192 | 5718882 |
| p4 | 51°37'02,03"N | 2°52'05,29"E | 490870 | 5718475 |
| p5 | 51°36'10,49"N | 2°51'02,05"E | 489651 | 5716885 |
| p6 | 51°35'58,57"N | 2°50'44,34"E | 489309 | 5716518 |
| p7 | 51°36'00,84"N | 2°50'33,96"E | 489110 | 5716588 |
| p8 | 51°36'49,20"N | 2°48'48,31"E | 487081 | 5718087 |
| p9 | 51°36'52,73"N | 2°48'51,41"E | 487141 | 5718196 |
| p10 | 51°36'56,81"N | 2°48'55,09"E | 487212 | 5718322 |
| p11 | 51°37'10,96"N | 2°49'09,64"E | 487493 | 5718758 |

| Initieel | Geographical WGS 84 | | UTM zone 31 (WGS 84) | |
|---|---|---|---|---|
| p12 | 51°37'22,54"N | 2°49'22,41"E | 487740 | 5719115 |
| p13 | 51°38'00,02"N | 2°50'09,38"E | 488645 | 5720271 |
| p14 | 51°38'57,33"N | 2°51'21,53"E | 490036 | 5722039 |
| p15 | 51°39'02,85"N | 2°51'28,54"E | 490171 | 5722209 |
| p16 | 51°39'27,54"N | 2°52'03,05"E | 490836 | 5722971 |

# Bijlage C Situering en lay-out concessiezone SeaStar

# C.1 Situatieplan concessiezone SeaStar




## Legende

- ELIA Alpha eiland
- Maritieme grens
- Pijpleidingen
- Navigatie routes
- Wrakken
- Seastar Concessie
- Concessiezone Belgische windparken
- Windpark concessiegebieden
- Militair oefengebied
- Zandextractiegebied
- Beschermd gebied (Natura 2000)

*Onderwater kabels*

- Kabel in gebruik
- Kabel buiten gebruik
- ELIA Exportkabel

*Verbinding van SeaStar naar Alpha*

- 1 of 2 verbindingskabel(s) vanuit OHVS of meerdere prallelle verbindingskabels

# Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark SEASTAR

## Algemeen situatieplan

OTARY RS

SeaStar

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project number : 11421

drawing number : 11421 - 001 C

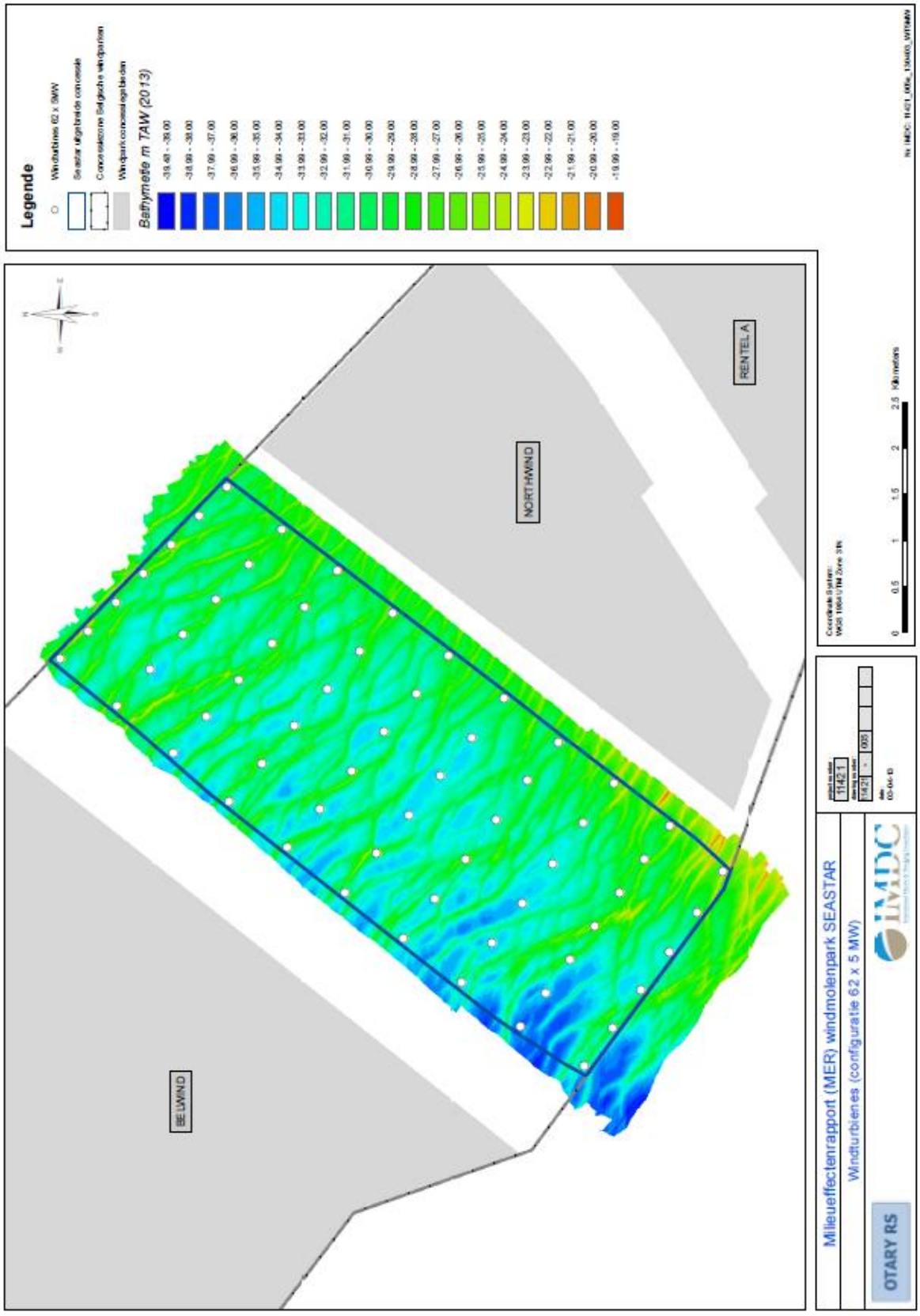
date : 2/07/2013

Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N

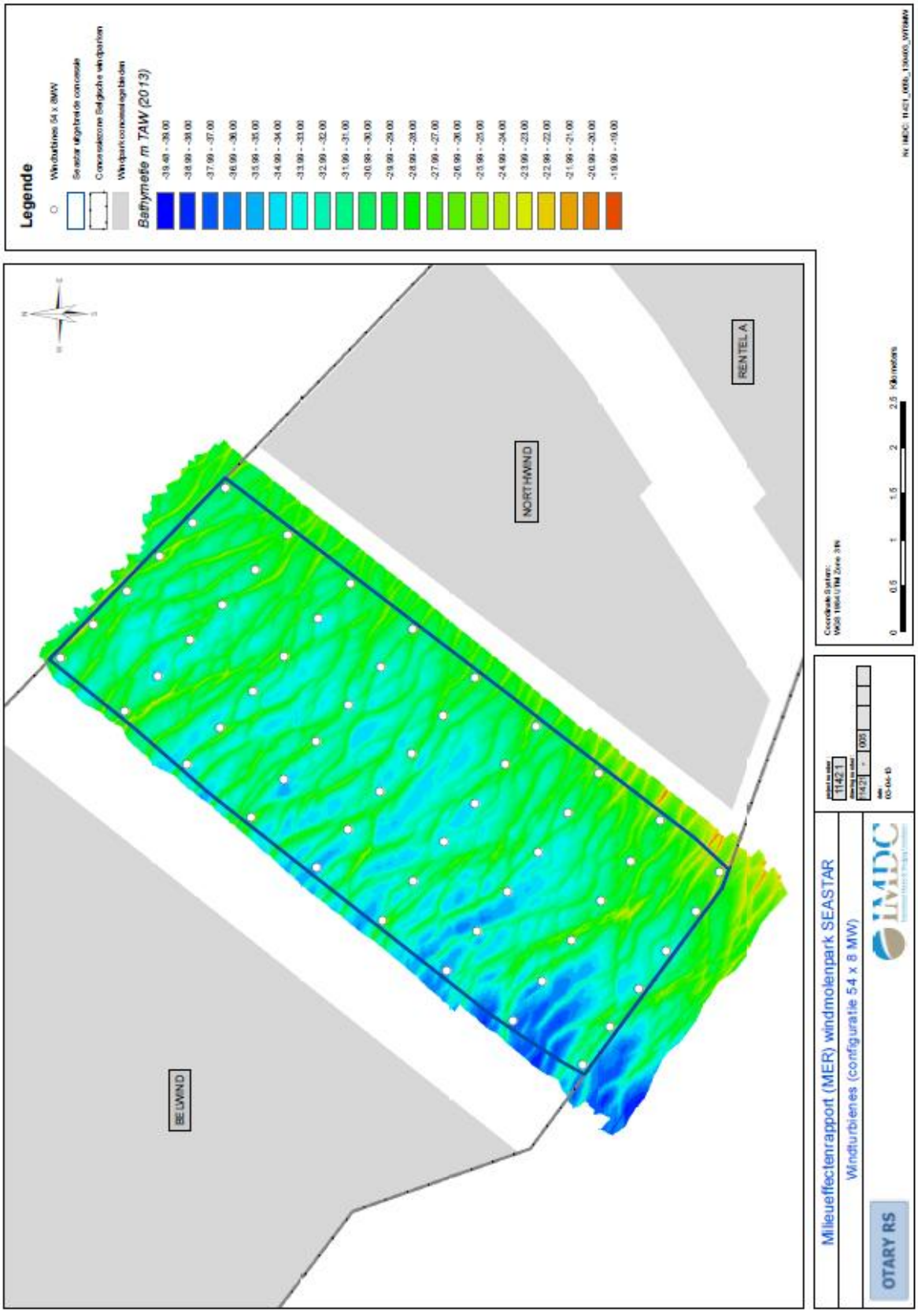
0 2 4 6 8 10 Kilometers

Nr. IMDC: 11421_001_130702_situatieplan

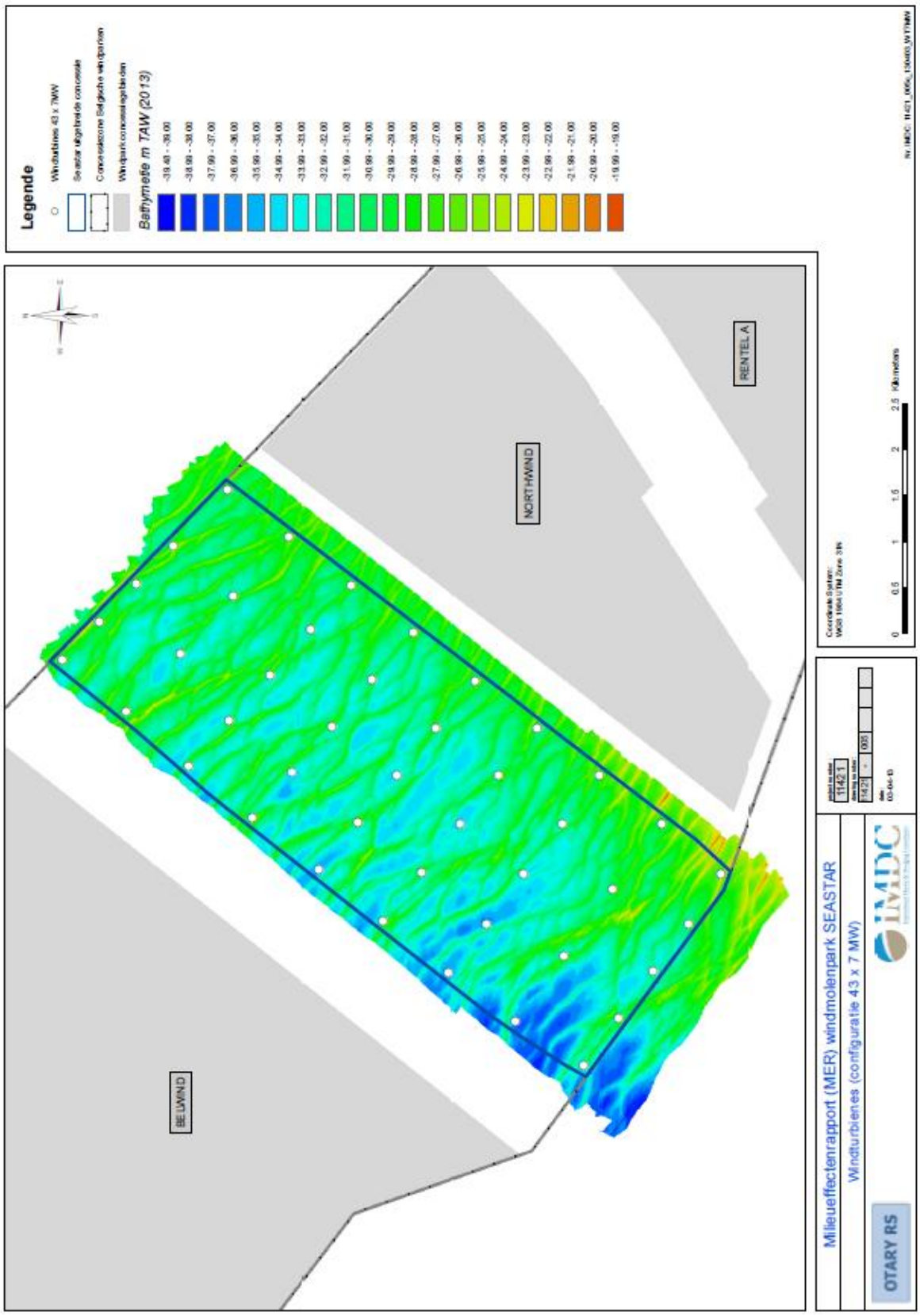
# C.2 Inplantingsconfiguratie 1: 62 x 5 MW turbines



# C.3 Inplantingsconfiguratie 2: 54 x 8 MW turbines

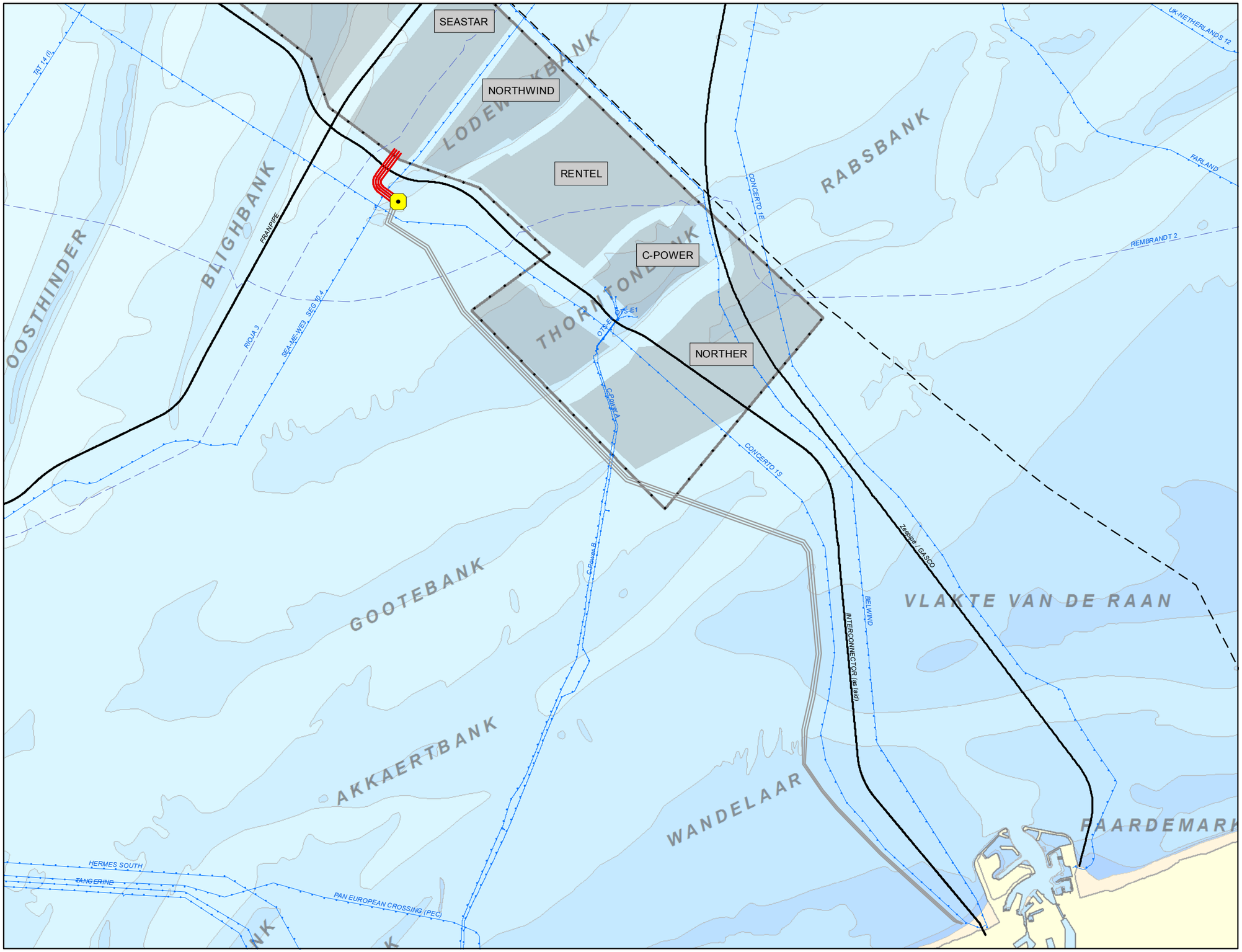


# C.4 Inplantingsconfiguratie 3: 43 x 7 MW turbines



# Bijlage D Alternatieven kabeltraject

# D.1 Situeringsplan alternatieve kabeltracés




## Legende

- ELIA Alpha eiland
- ELIA Exportkabel
- Maritieme grens
- Pijpleidingen
- Concessiezone Belgische windparken
- Windpark concessiegebieden

*Onderwater kabels*

- Kabel in gebruik
- Kabel buiten gebruik

*Verbinding van SeaStar naar Alpha*

- meerdere, parallelle verbindingskabels

# Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark SEASTAR

## Kabeltracé (Scenario 1 optie A)

OTARY RS

SeaStar

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project number : 11421

drawing number : 11421 - 011 C

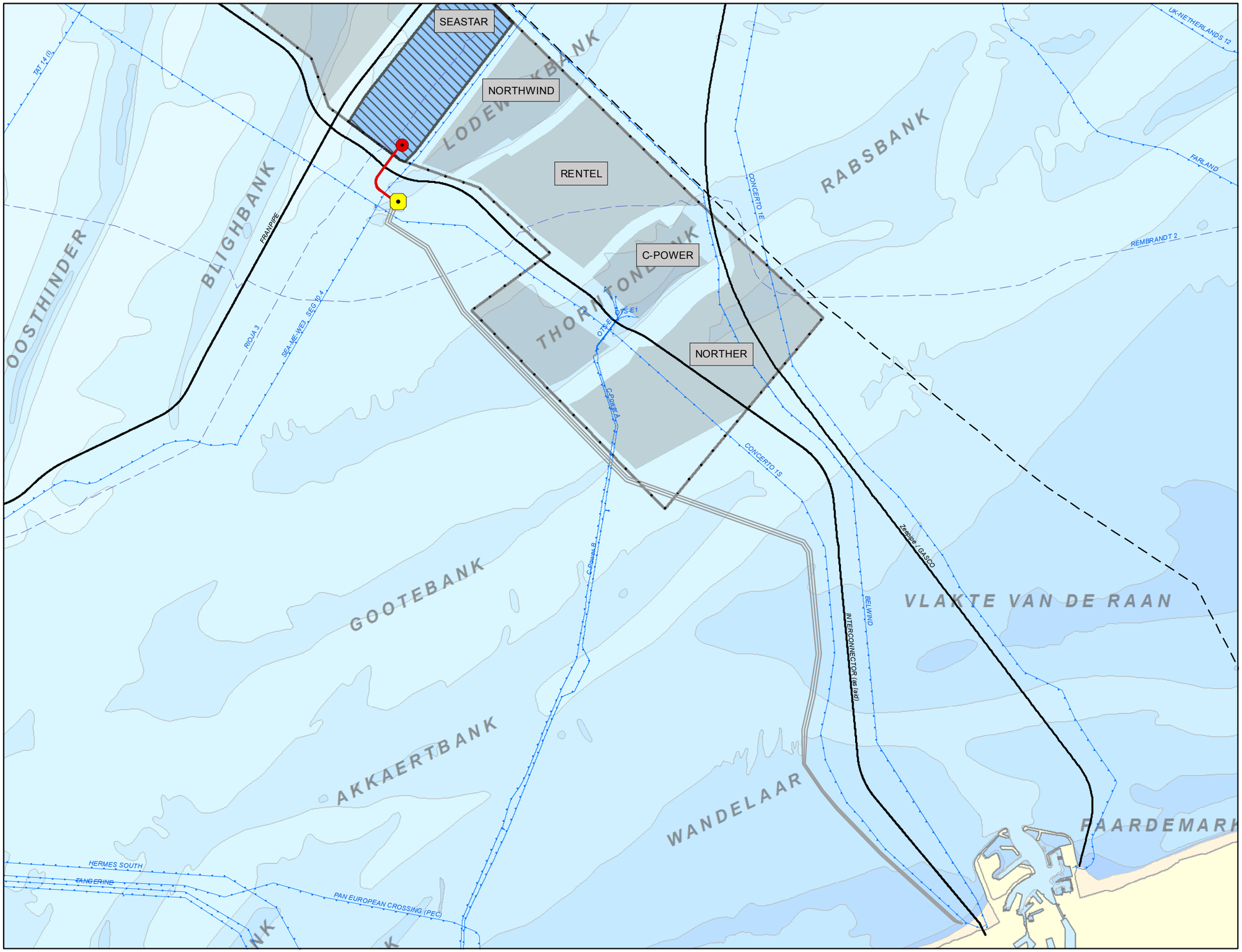
date : 1/07/2013

Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N

0 2 4 6 8 10 Kilometers

N W E S

Nr. IMDC: 11421_011_130701_Scenario1_optieA




## Legende

- SEASTAR OHVS
- ELIA Alpha eiland
- ELIA Exportkabel
- Maritieme grens
- Pijpleidingen
- Concessiezone Belgische windparken
- Seastar Concessie
- Windpark concessiegebieden

*Onderwater kabels*

- Kabel in gebruik
- Kabel buiten gebruik

*Verbinding van SeaStar naar Alpha*

- 1 of 2 verbindingskabel(s)

# Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark SEASTAR

## Kabeltracé (Scenario 1 optie B)

OTARY RS

SeaStar

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project number : 11421

drawing number : 11421 - 012 C

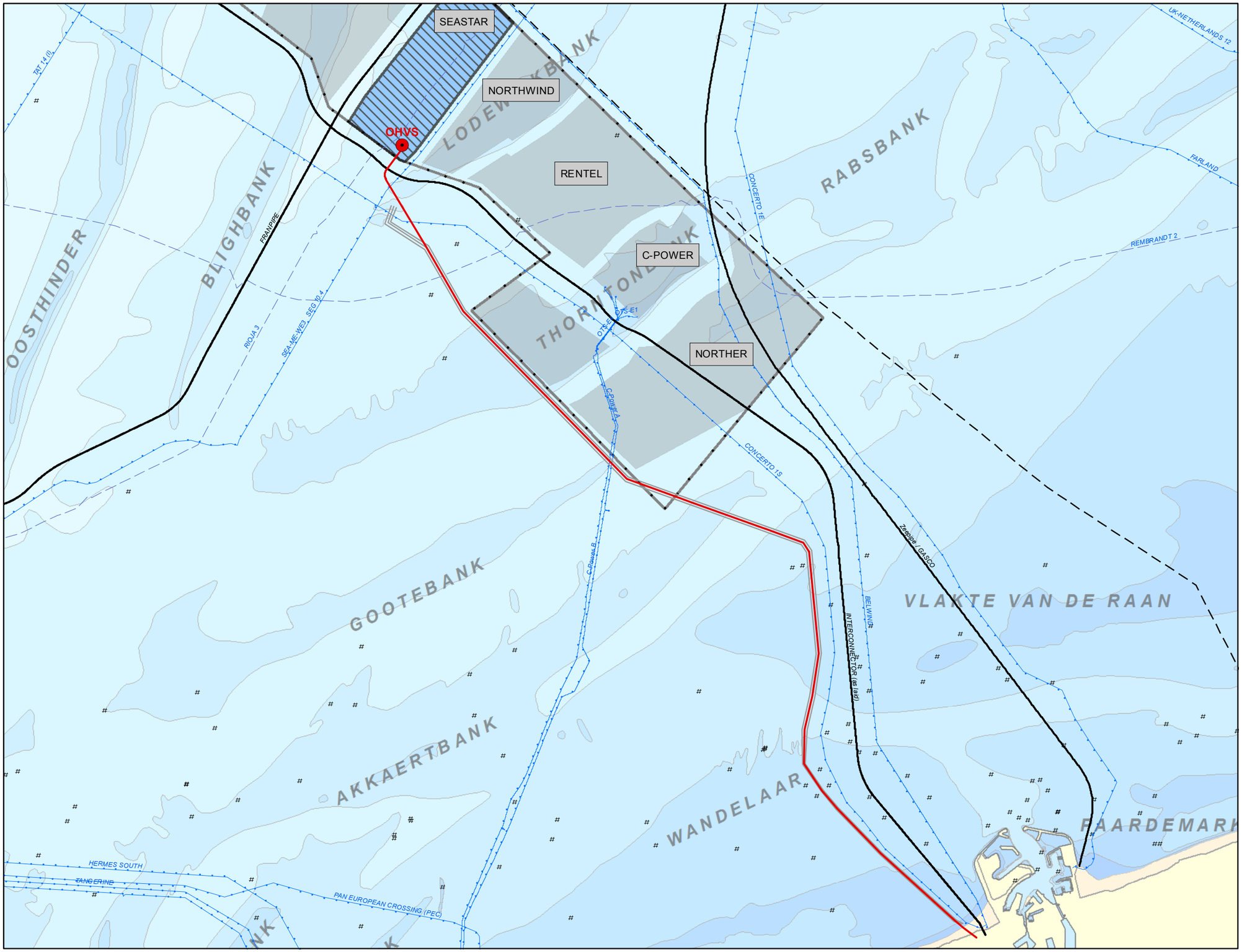
date : 1/07/2013

Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N

0 2 4 6 8 10 Kilometers

N W E S

Nr. IMDC: 11421_012_130701_Scenario1_optieB




## Legende

**SEASTAR OHVS**

- SEASTAR OHVS
- ELIA Exportkabel
- Maritieme grens
- Pijpleidingen
- Wrakken
- Concessiezone Belgische windparken
- Seastar Concessie
- Windpark concessiegebieden

*Onderwater kabels*

- Kabel in gebruik
- Kabel buiten gebruik

*Exportkabel van SeaStar naar Kust*

- *(150-220 kV)*

# Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark SEASTAR

## Kabeltracé (Scenario 2)

OTARY RS

SeaStar

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project number : 11421

drawing number : 11421 - 013 C

date : 1/07/2013

Coordinate System:
WGS 1984 UTM Zone 31N

N
W E
S

0 2 4 6 8 10 Kilometers

Nr. IMDC: 11421_013_130701_Scenario2

## D.2 Hoogspanningsnet in de Noordzee ELIA

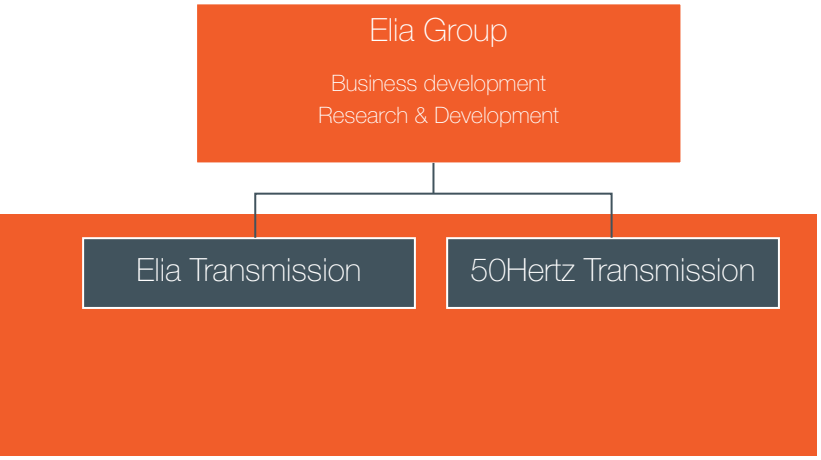
# Hoogspanningsnet in de Noordzee
# **Een toekomstvisie**



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.





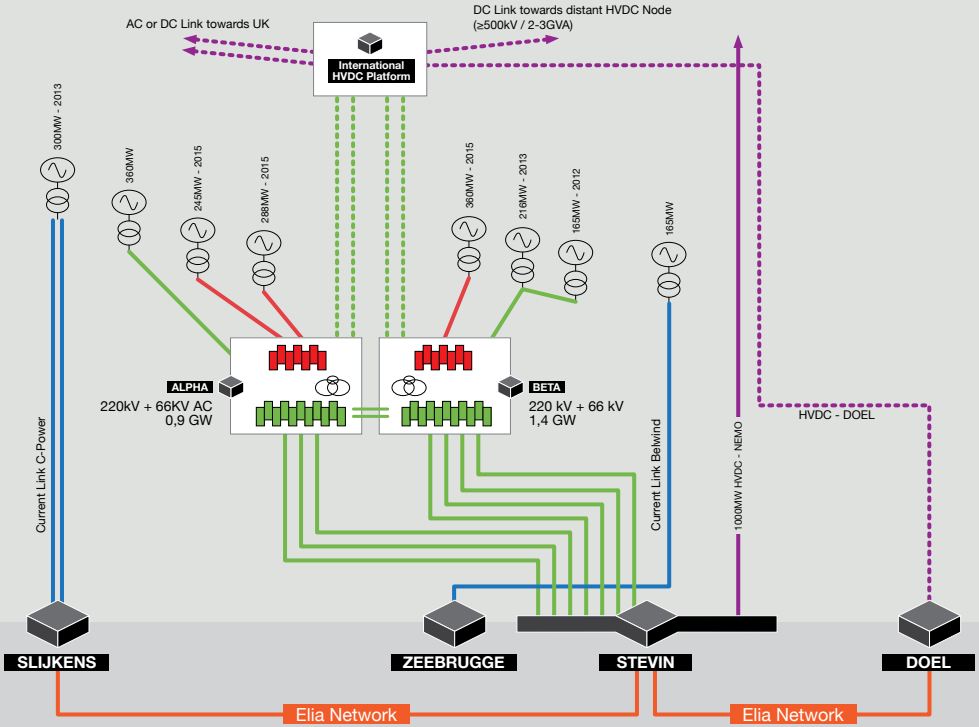
# … tot het eerste vermaasde net op zee voor de Belgische kust

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.



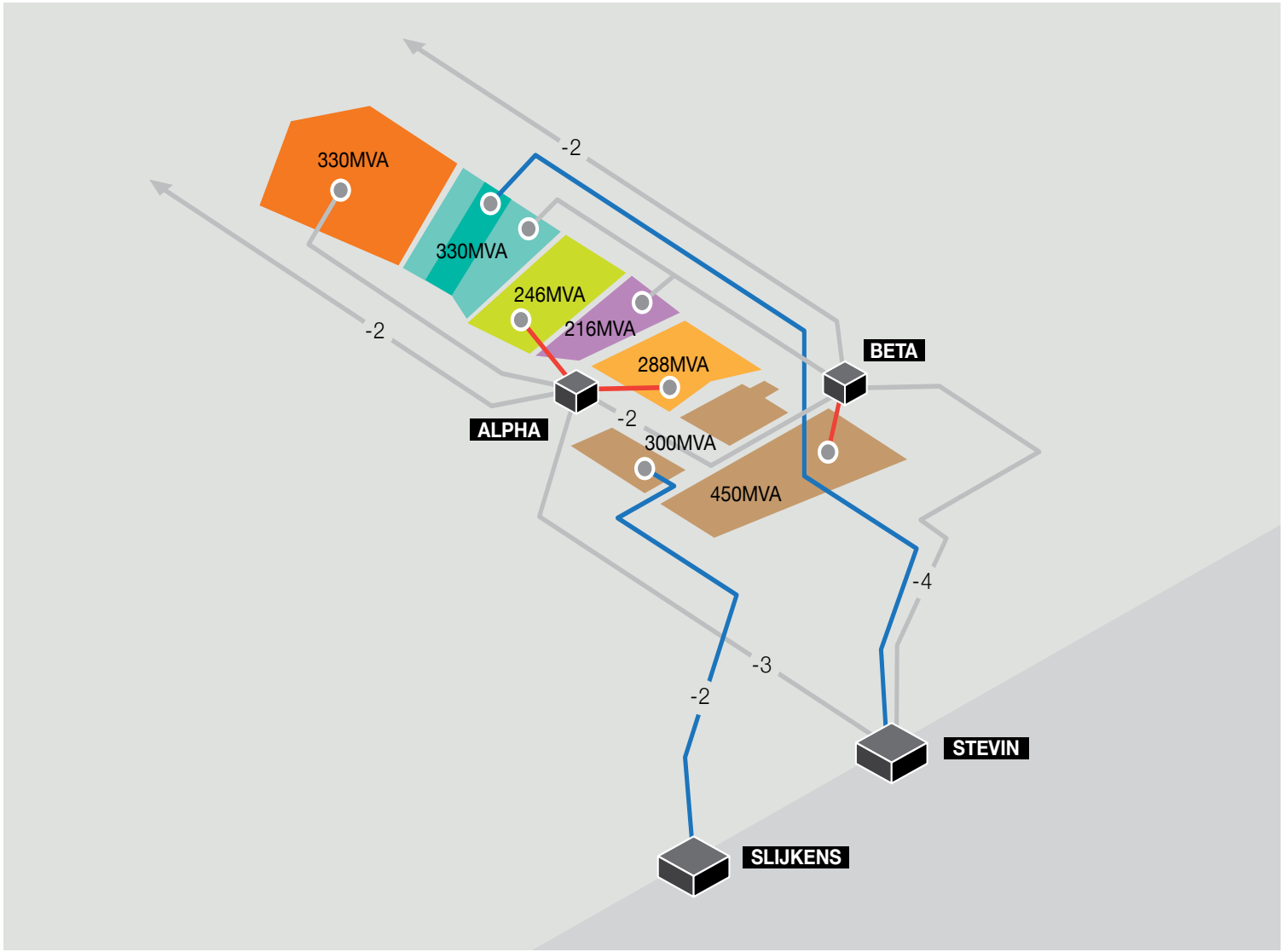

Indicatief schema met de op de publicatiedatum gekende waarden die hier onder voorbehoud worden vermeld.

**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 stemt 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




elia

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

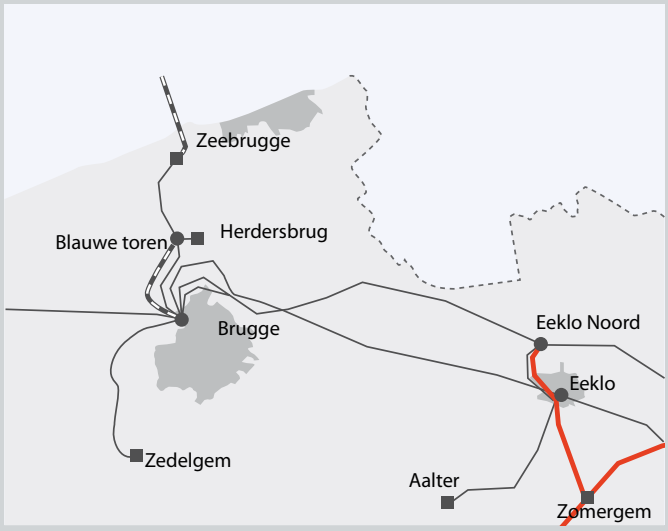
Met het project Stevin gaat Elia het zeer hoge spanningsnet op 380 kV (kilovolt) doortrekken naar de kust bij Zeebrugge.

Het project Stevin omvat twee grote delen:

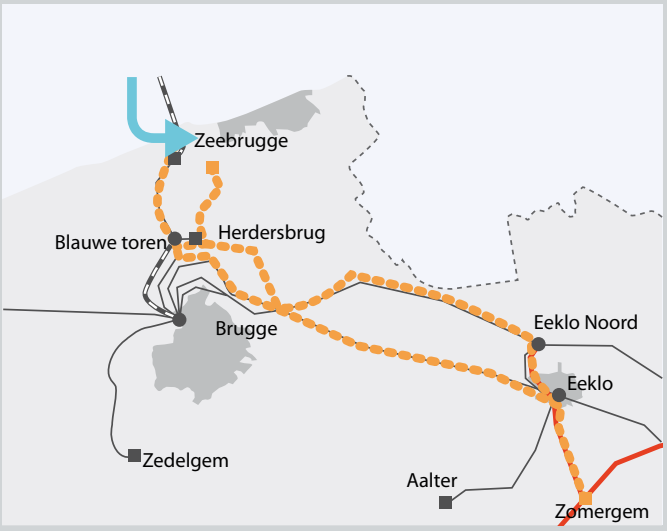
- de aanleg van een hoogspanningsstation in Zeebrugge;
- de aanleg van een bovengrondse 380 kV-hoogspanningsverbinding tussen een nieuw te bouwen hoogspanningsstation te Zomergem en het nieuw te bouwen hoogspanningsstation te Zeebrugge.

## 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.

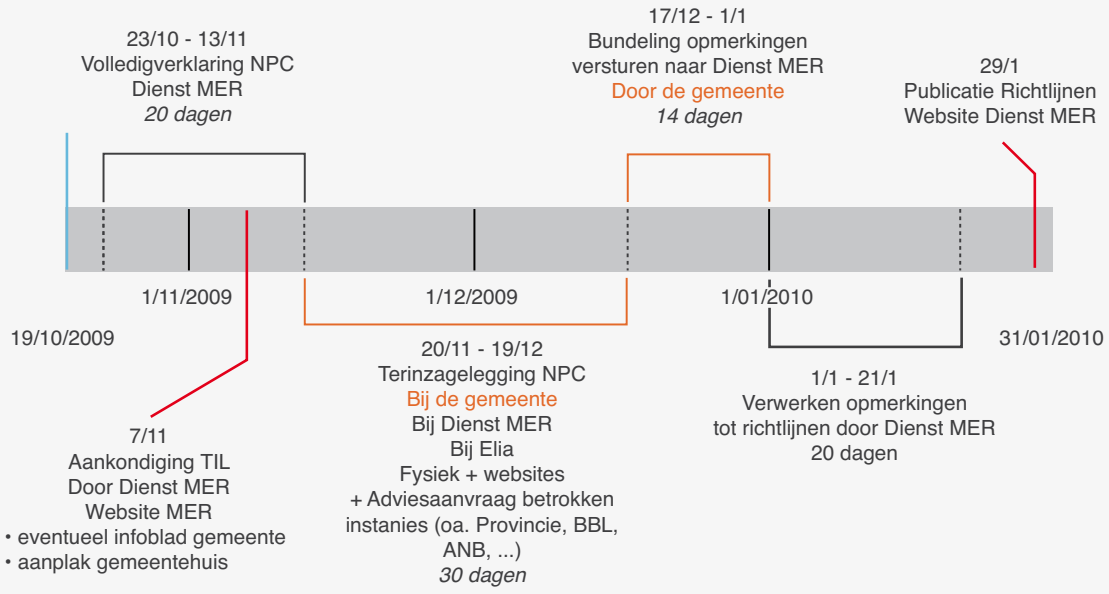
# Het vergunningstraject

## 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**

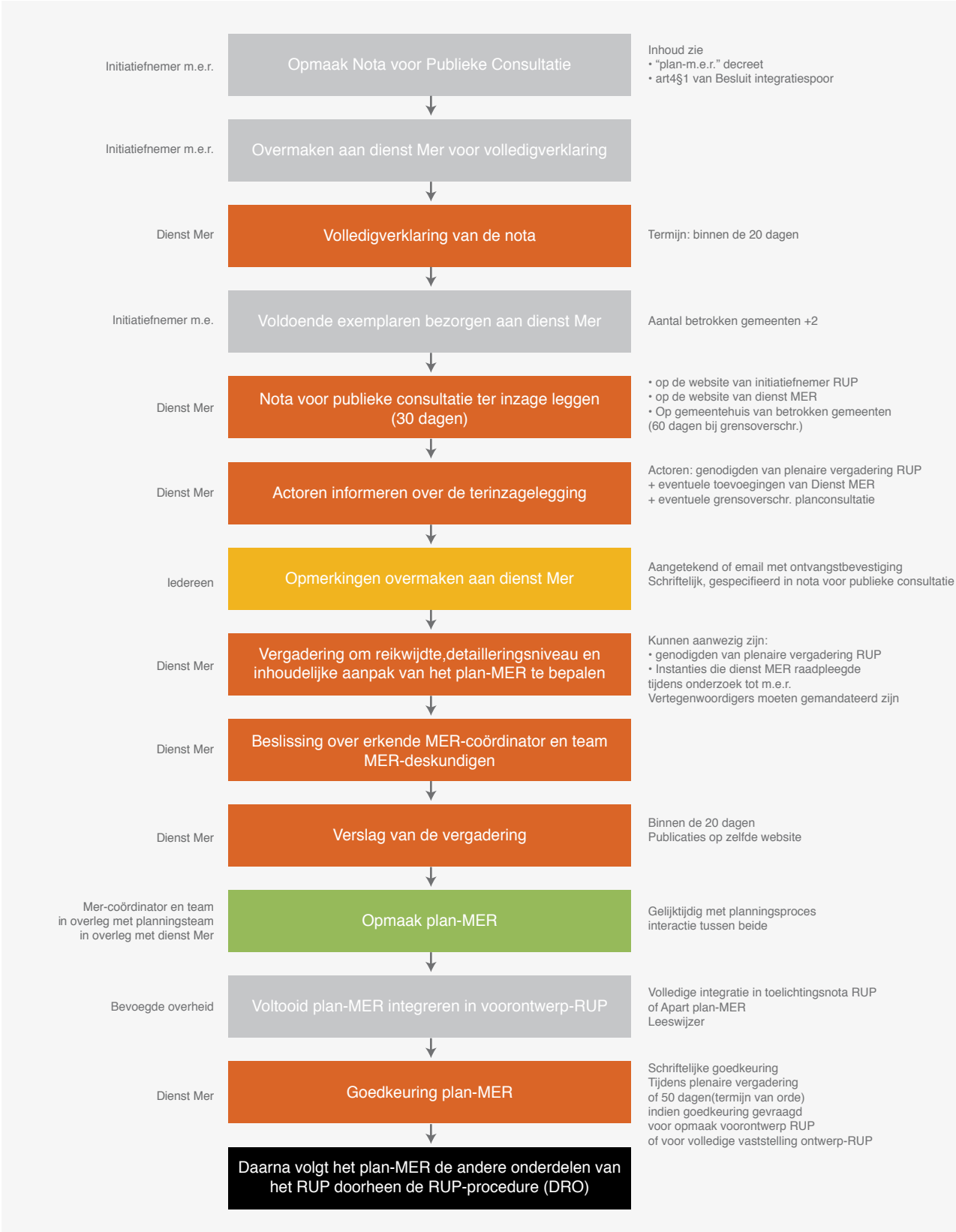



*Data zijn richtinggevend*

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.

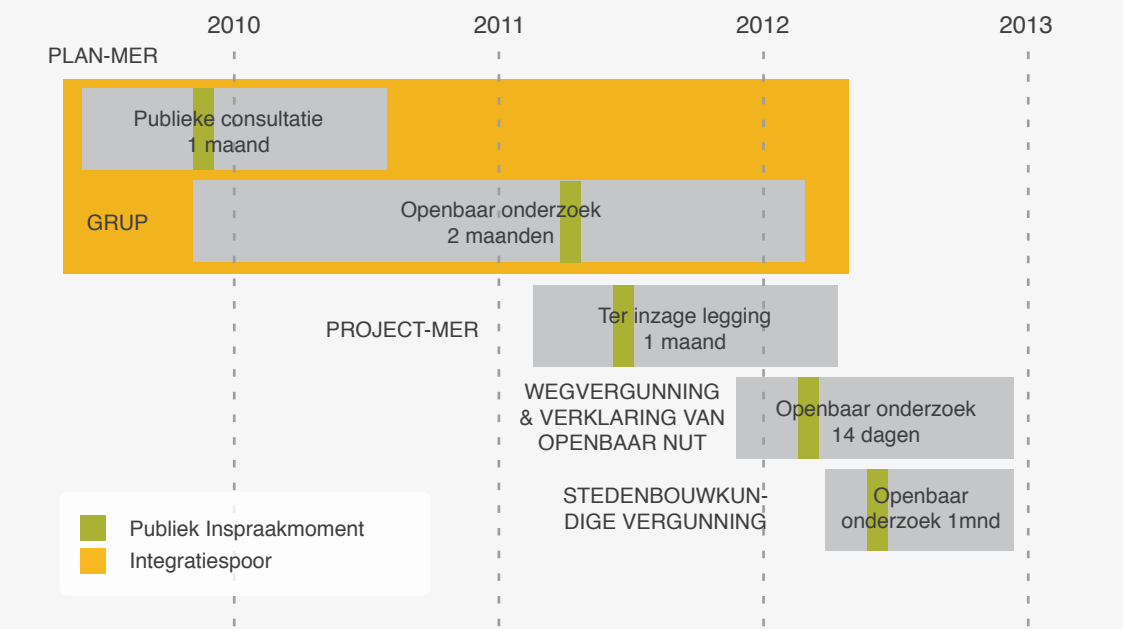
### Wegvergunning en Verklaring van Openbaar Nut

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.













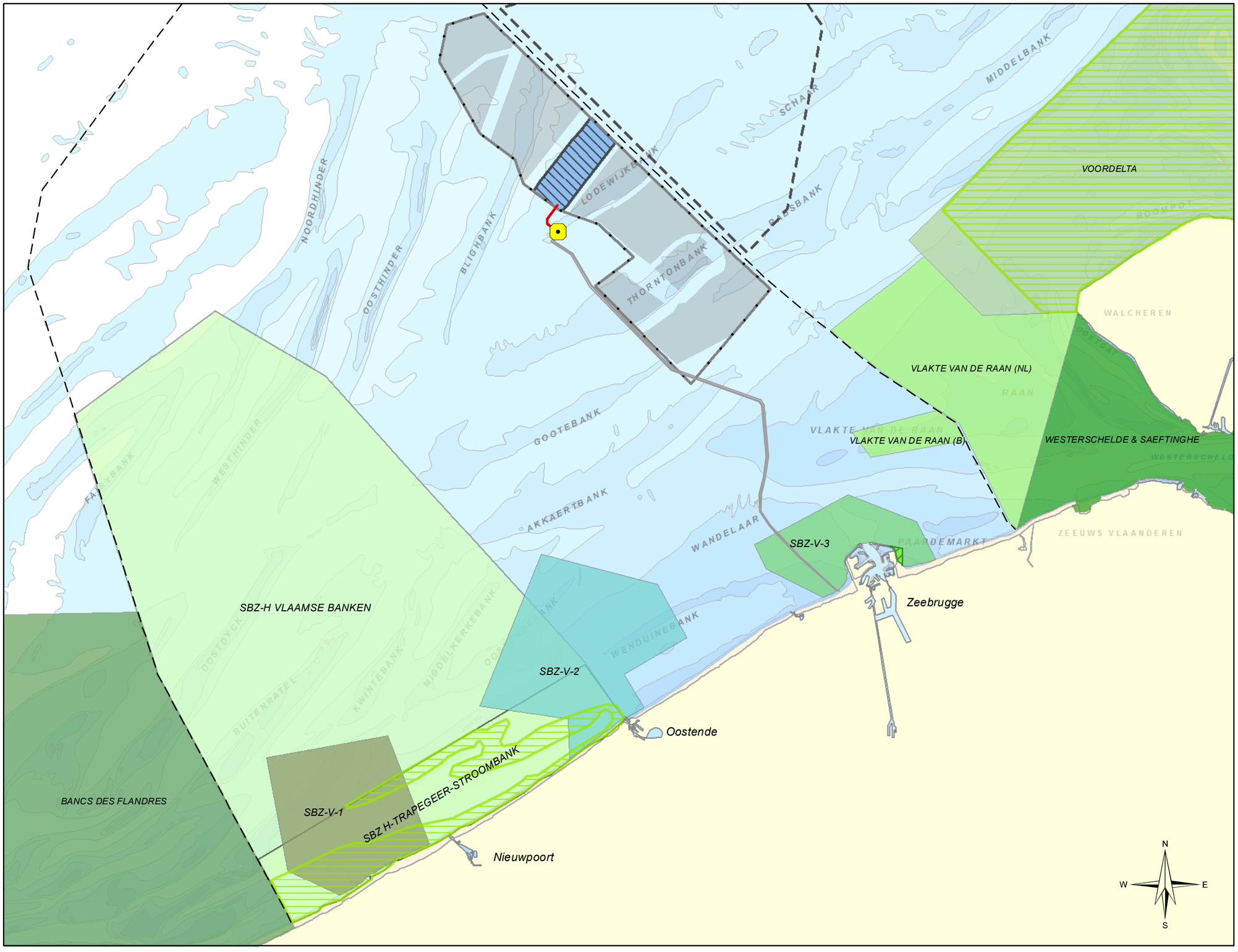





Verantwoordelijke uitgever: Jacques Vandermeiren

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

- Maritieme grens
- Seastar uitgebreide concessie
- Windpark concessiegebieden
- Concessiezone Belgische windparken
- Borsele windfarm ontwikkelingszone

*Beschermde gebieden (Natura 2000)*

- SBZ-V-1
- SBZ-V-2
- SBZ-V-3
- BESCHERMD GEBIED (RAMSAR)
- MARIEN RESERVAAT BAAI VAN HEIST
- SBZ-H Trapegeer-Stroombank
- SBZ-H Vlaamse Banken
- WESTERSCHELDE & SAEFTINGHE
- VOORDELTA
- VLAKTE VAN DE RAAN
- BANCS DES FLANDRES
- ELIA Alpha eiland
- ELIA Exportkabel

*Verbinding van SeaStar naar Alpha*

- *1 of 2 verbindingskabel(s) vanuit OHVS of meerdere prallelle verbindingskabels*

# Milieueffectenrapport (MER) windmolenpark SEASTAR

## Beschermde mariene gebieden

OTARY RS

SeaStar

IMDC
International Marine & Dredging Consultants

project number :
11413

drawing number :
11413 - 004 D

date :
4/07/2013

Coördinatensysteem:
WGS 1984 UTM Zone 31N

0 5 10 15 20 25 Kilometer

Nr. IMDC: 11421_004_130704_Marien

# Bijlage F Brochures typevoorbeelden windturbines



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 $m^2$ |
| 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 |

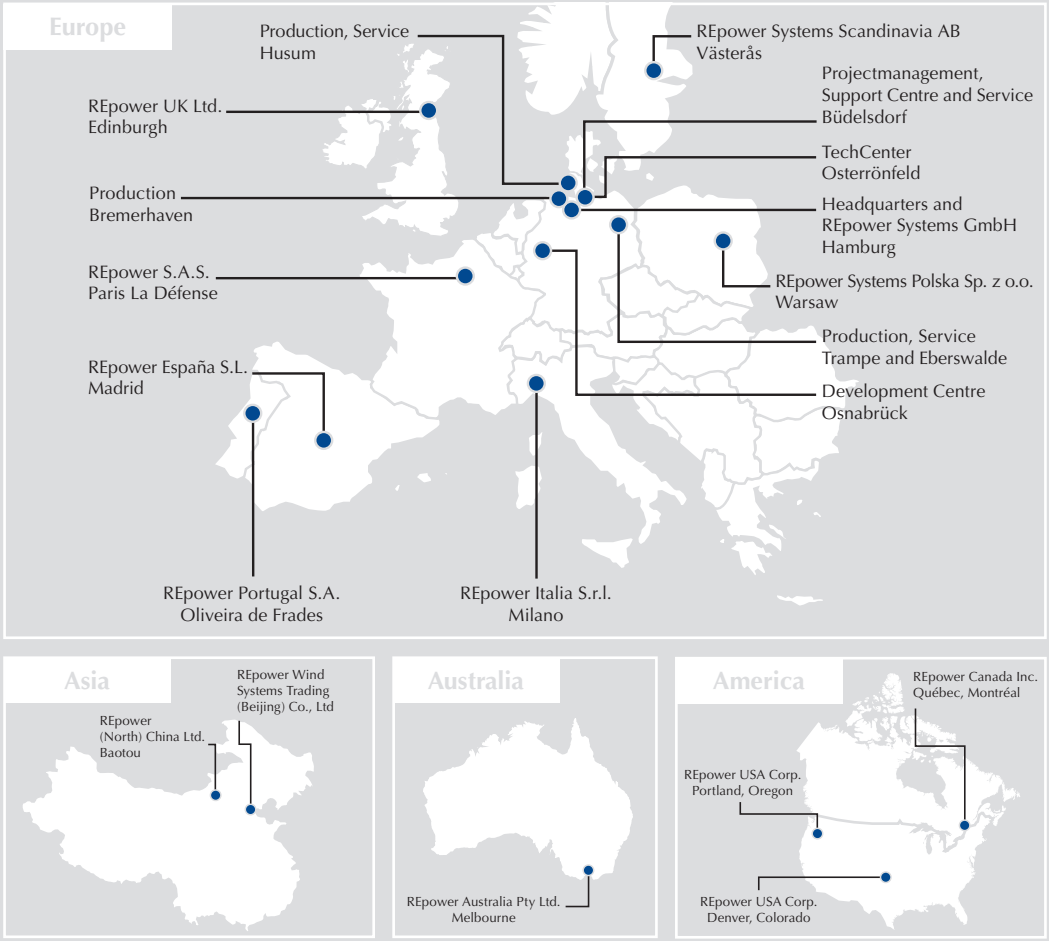
**Tower**

| | |
|---|---|
| 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.bartsch-design.de

AREVA

AREVA Wind

# Wind Turbine AREVA Wind M5000

## Class S

## Dimensions

PRELIMINARY

The reproduction, distribution and utilization of this document as well as the communication of its contents to third parties without explicit and written authorization of AREVA Wind GmbH is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. This document is for information purpose only and AREVA Wind GmbH assumes no liability for any errors or omissions in the content of this document. Claims against AREVA Wind GmbH based on the use or non-use of the information contained in this document are excluded. All information contained in this document is subject to change from time to time without prior notice or approval by the customer.

## Table of contents

**1 General Data ..... 3**
1.1 Preliminary Mass of Rotor and Nacelle ..... 3
1.2 WEC Tower ..... 4
1.3 Weights and Additional Masses* ..... 4

PRELIMINARY

# 1 General Data

| Parameter | | Value |
|---|---|---|
| Cut in wind speed | | < 3.0 m/s |
| Rated wind speed | | 11.4 m/s (static power curve) |
| Cut off wind speed | **Period** | |
| | 600 s | 25.0 m/s |
| | 60 s | 30.0 m/s |
| | 1 s | 35.0 m/s |
| Cut in hysteresis | 600 s | > 20.0 m/s |
| Diameter rotor | | 135.1 m |
| Number of blades | | 3 |
| Variable rotor speed | | 6.6 to 15.1 rpm |
| Rated rotor speed | | 13.5 rpm |

**Table 1-1 General Data**

## 1.1 Preliminary Mass of Rotor and Nacelle

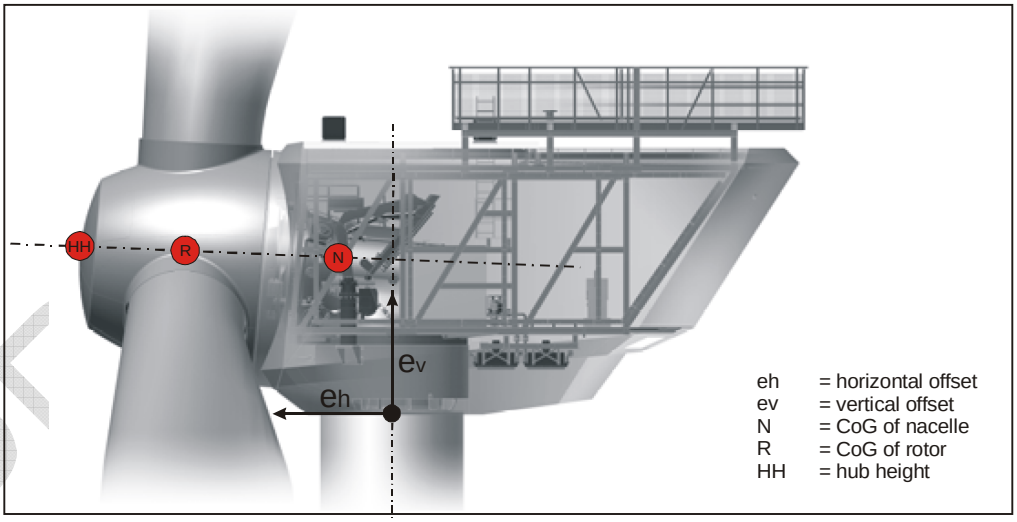



**Figure 1-1 Nacelle**

PRELIMINARY

| Preliminary data of CoGs and offsets of wind turbine components | | | |
|---|---|---|---|
| Nacelle („N“) | | | |
| mass | [to} | | 240.0 |
| height rel. to bottom S3 | [m] | | 79.0/84.0 |
| vertical offset CoG nacelle to tower top | [m] | $e_v$ ($e_{kx}$) | 4.0 |
| horizontal offset CoG nacelle to tower top | [m] | $e_h$ ($e_{kz}$) | 0.6 |
| | | | |
| Rotor („R“) | | | |
| Mass | [to} | | 150.0 |
| height rel. to bottom S3 | [m] | | 79.2/84.2 |
| vertical offset CoG rotor to tower top | [m] | $e_v$ ($e_{nx}$) | |
| horizontal offset CoG rotor to tower top | [m] | $e_h$ ($e_{nz}$) | 5.7 |

**Table 1-2 Data of CoGs**

## 1.2 WEC Tower

The tower consists of three sections connected by L-flanges. S1 and S2 are conical sections whereas the S3 is cylindrical. All sections are made of steel S355. The intersection to the foundation structure (e.g. tripod) shall be designed as L-flange connection.

## 1.3 Weights and Additional Masses*

| Component | Mass [kg] | Heights relative to tower bottom [m] |
|---|---|---|
| Flanges | | |
| Tower top flange | approx. 1360 | 74.7/79.7 |
| Flange S1/S2 | approx. 2 x 2270 | 38.4 |
| Flange S2/S3 | approx. 2 x 3830 | 15.0 |
| Tower bottom flange (L-flange) | approx. 2 x 5520 | 0.0 |
| | | |
| Internal platform (structure and equipment)) | | |
| P1<br>P2<br>P3<br>P4<br>P5<br>P6<br>P7<br>P8 | 950<br>1210<br>1750<br>4320<br>12950<br>8410<br>19670<br>7230 | 66.6<br>63.1<br>37.3<br>13.9<br>10.6<br>7.7<br>4.4<br>1.5 |
| Tower height | | 74.7/79.7 |
| External platform | | |

PRELIMINARY

| Component | Mass [kg] | Heights relative to tower bottom [m] |
|---|---|---|
| 8/8 segments (offshore)<br>3/8 segments (onshore) | 18040<br>6000 | 4.4<br>4.4 |
| | | |
| Converter cooling system | 2000 | approx. 7.3 |
| Airlock and doors | 690 | 5.4 |
| Cable, ladder and attachments | approx. 200 kg/m | 0.0 – 69.1 |

**Table 1-3 Weights and Additional Masses**

PRELIMINARY

*subject to change

Vestas®

# V164
# 8.0 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 164-8.0 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 V164-8.0 MW - outstanding by industry standards. This gives you a longer period to generate energy, and adds to your business case certainty.

**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.

# **V164-8.0 MW**
takes offshore to
the next level



# 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 V164-8.0 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 investments.

## A technical revolution tailored for success

The V164-8.0 MW signifies a quantum leap forward in rotor size and energy capture. The 164m rotor diameter offers you a swept area of more than 21,000$m^2$ - 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 V164-8.0 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 V164-8.0 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 V164-8.0 MW the new standard-bearer for offshore wind projects – Making you a leader at sea.



# V164-8.0 MW
## some impressive data

**POWER REGULATION** pitch regulated with variable speed

| **OPERATING DATA** | |
|---|---|
| Rated power | 8.0 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 - +25ºC |
| Extreme temperature range | -15 - +35ºC |

| **DESIGN PARAMETERS** | |
|---|---|
| Wind class | 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) | 0º |
| 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 |

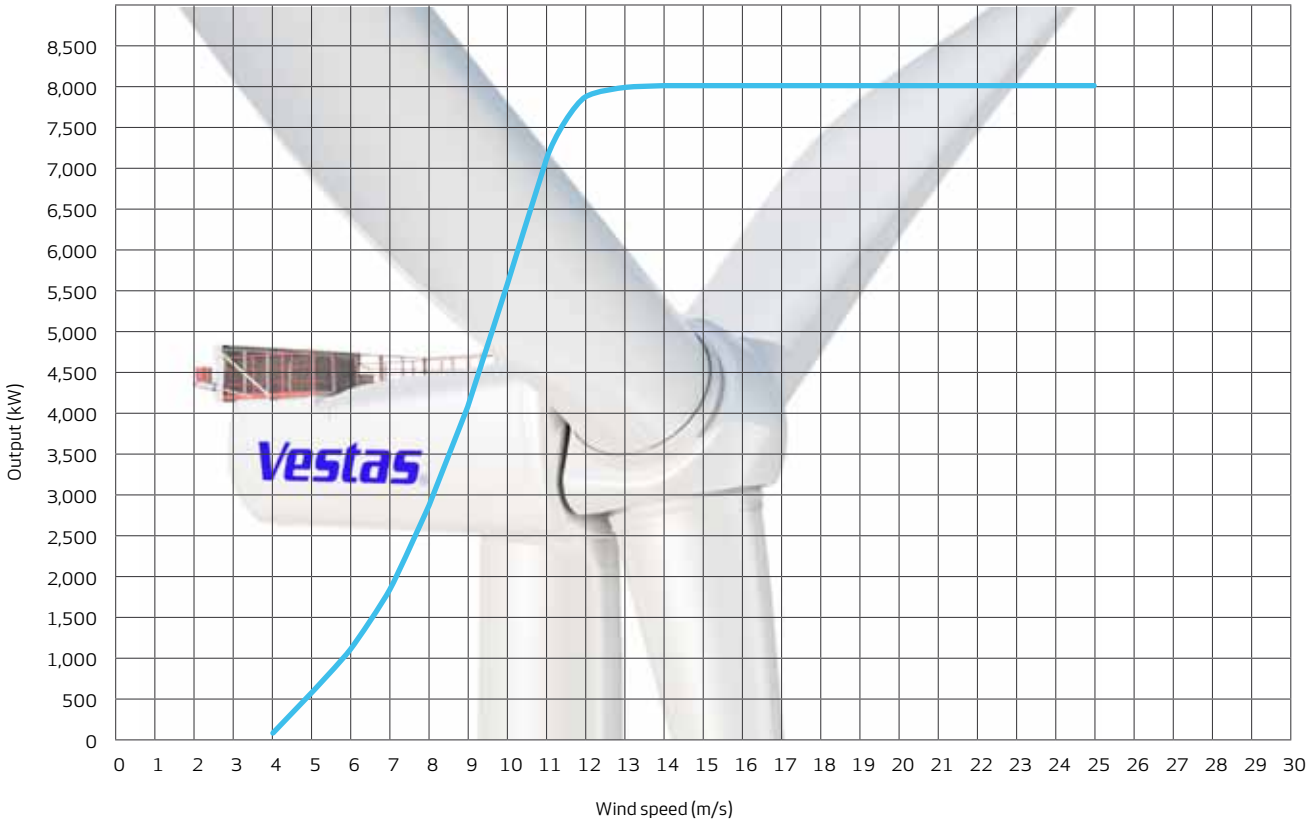
| **TOWER** | |
|---|---|
| Type | Tubular steel tower |
| Hub heights | Site specific |

| **BLADE DIMENSIONS** | |
|---|---|
| Length | 80 m |
| Max. chord | 5.4 m |

| **NACELLE DIMENSIONS (INCL. HUB AND COOLERS)** | |
|---|---|
| Height | 8 m |
| Length | 20 m |
| Width | 7.5 m |

| **WEIGHTS** | |
|---|---|
| Nacelle, including hub | 390 ± 10% tonnes |
| Blade | 35 tonnes |
| Tower | Site dependent |

## POWER CURVE FOR V164-8.0 MW



Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 44 . 8200 Aarhus N . 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.

10/2012-EN

# Turbine Information for Installation : Samsung 7MW OWTG

August, 2012

Engineering & Construction Division
Samsung Heavy Industries

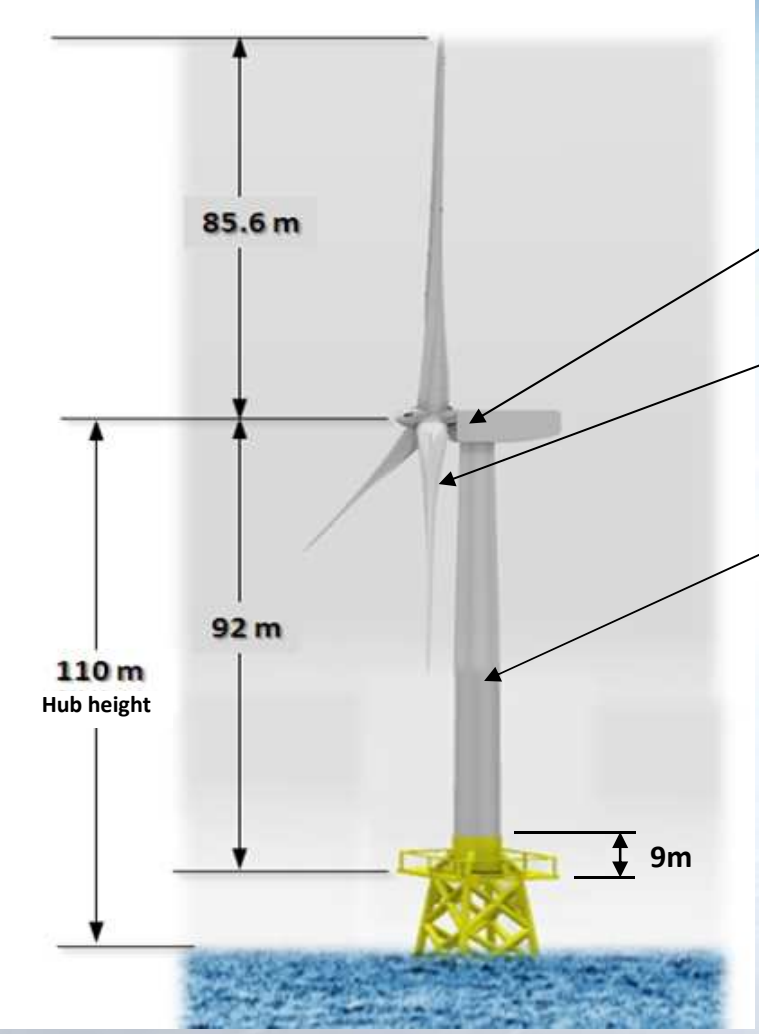
# Contents

- General Information
- Tower
- Nacelle + Hub
- Blade



Samsung 7MW Offshore Wind Turbine Generator

# General Information



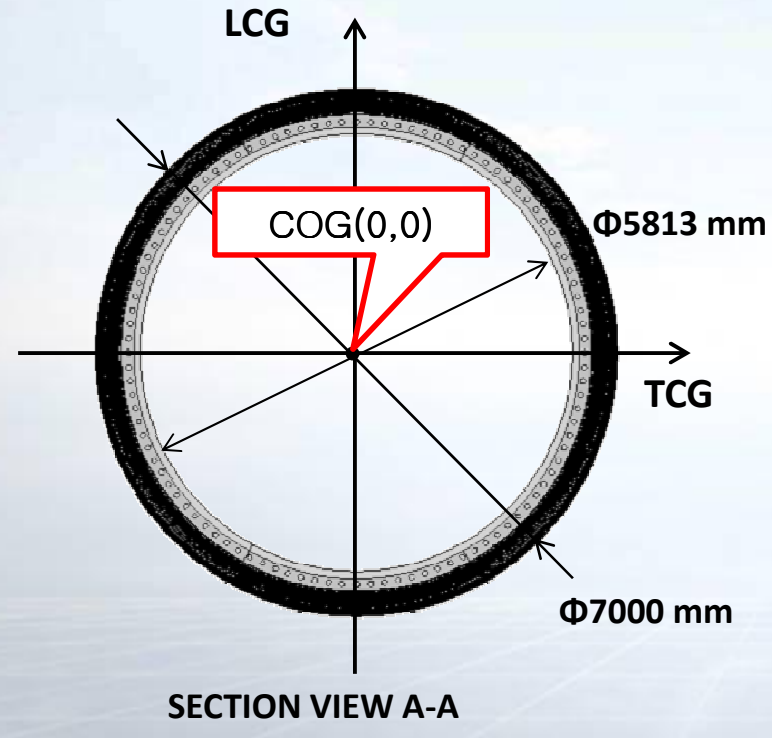

| Item | | Specification | Weight | Remark |
|---|---|---|---|---|
| Nacelle + Hub | | 24.5m x 8.5m x 9m (L x W x H) | 517 Ton | Jig 52 ton (Include) |
| Blade | | L = 83.5m | 109 Ton | 36.3 Ton * 3 (Exclude Jig) |
| Tower | Lower | H = 43.5m | 300 Ton | 288.3 ton + @ (Inc. Internal Equip) |
| | Upper | H = 36.5m | 170 Ton | 162.2 ton + @ (Inc. Internal Equip) |
| Total | | | 1,096 Ton | |

※ Number of Bolts

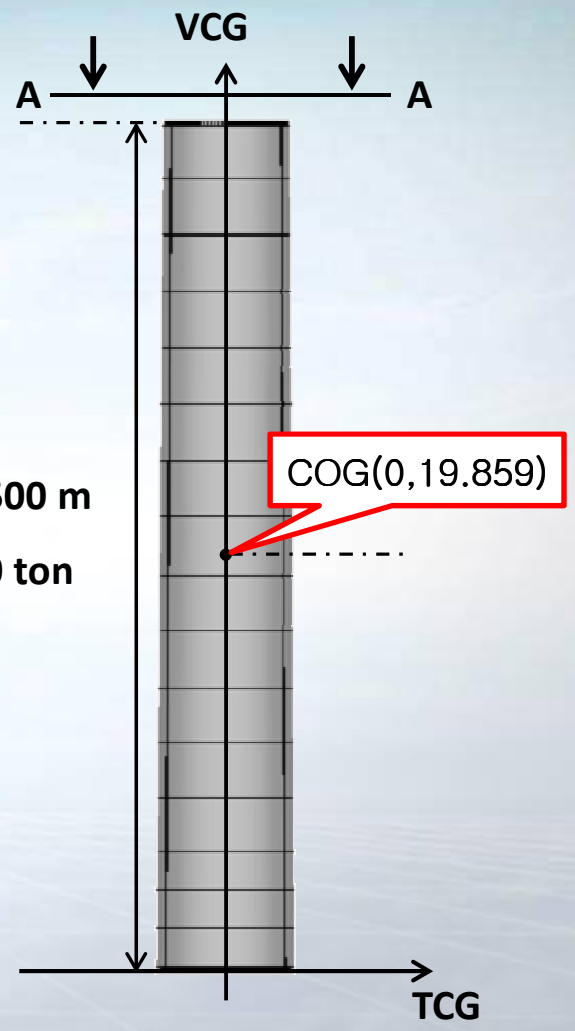
- TP → Lower : 135EA
- Lower → Upper : 104EA
- Upper → Nacelle + Hub : 144EA
- Hub → Blade : 168EA/blade

# Tower Information (1/4)

- Drawing for COG(Center of Gravity) – Lower Section




SECTION VIEW A-A

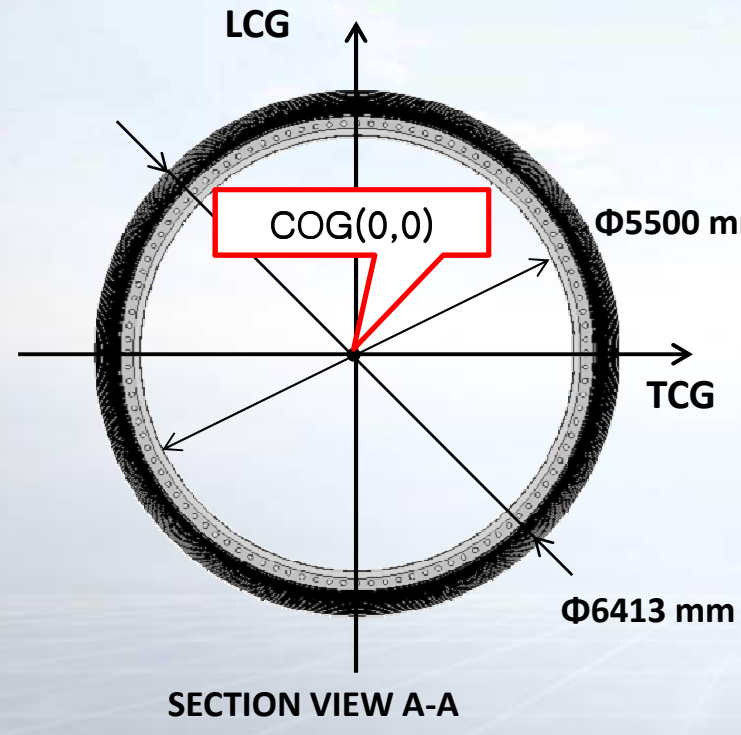



Height : 43.500 m

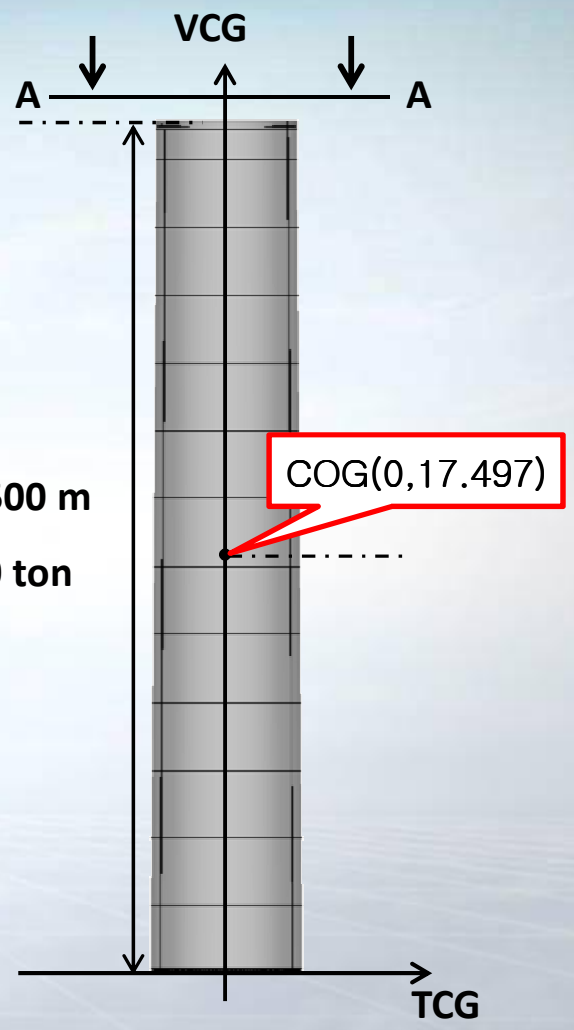
Weight : 300 ton

# Tower Information (2/4)

- Drawing for COG – Upper Section




SECTION VIEW A-A

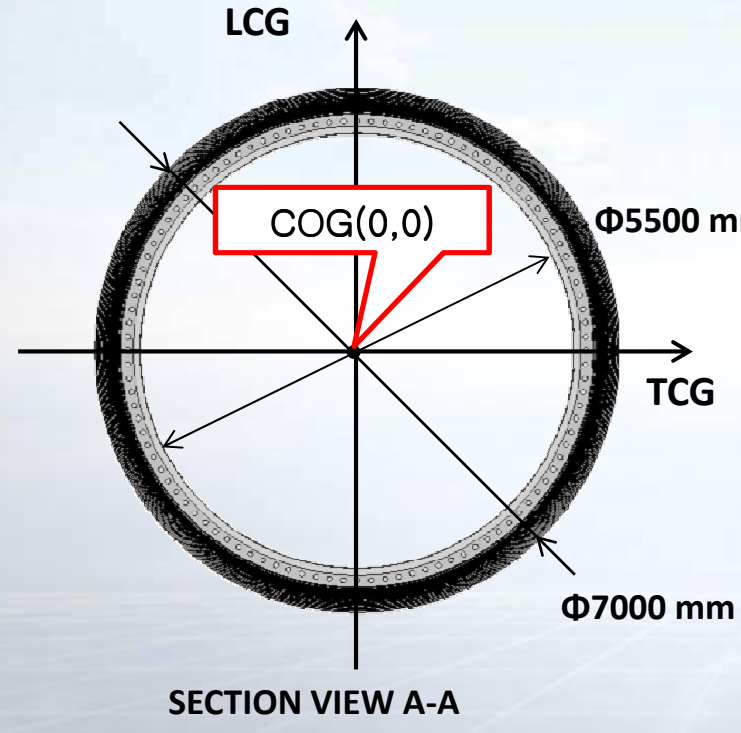



Height : 36.500 m

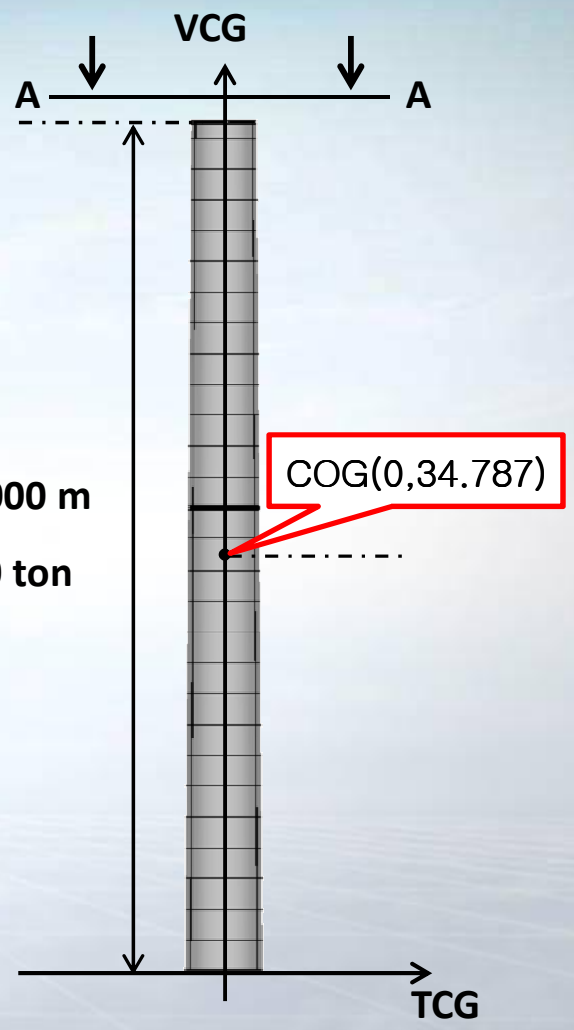
Weight : 170 ton

# Tower Information (3/4)

- Drawing for COG – Whole Section




SECTION VIEW A-A

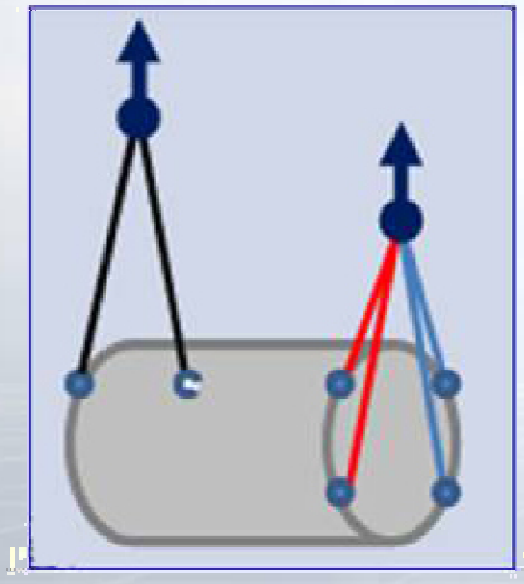



Height : 80.000 m

Weight : 470 ton

# Tower Information (4/4)

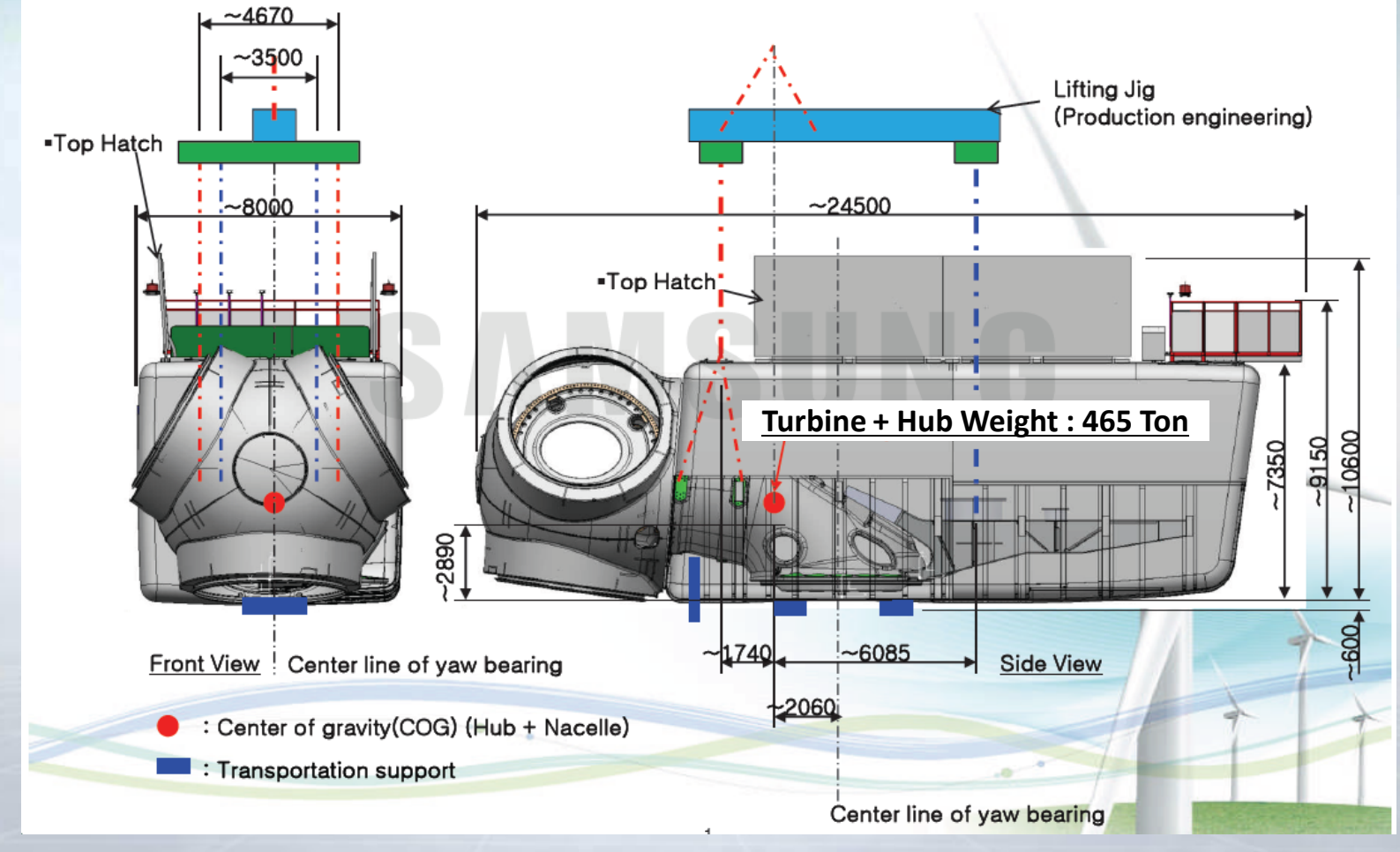
- Concept of Tower lifting Jig





# Nacelle + Hub Information (1/2)

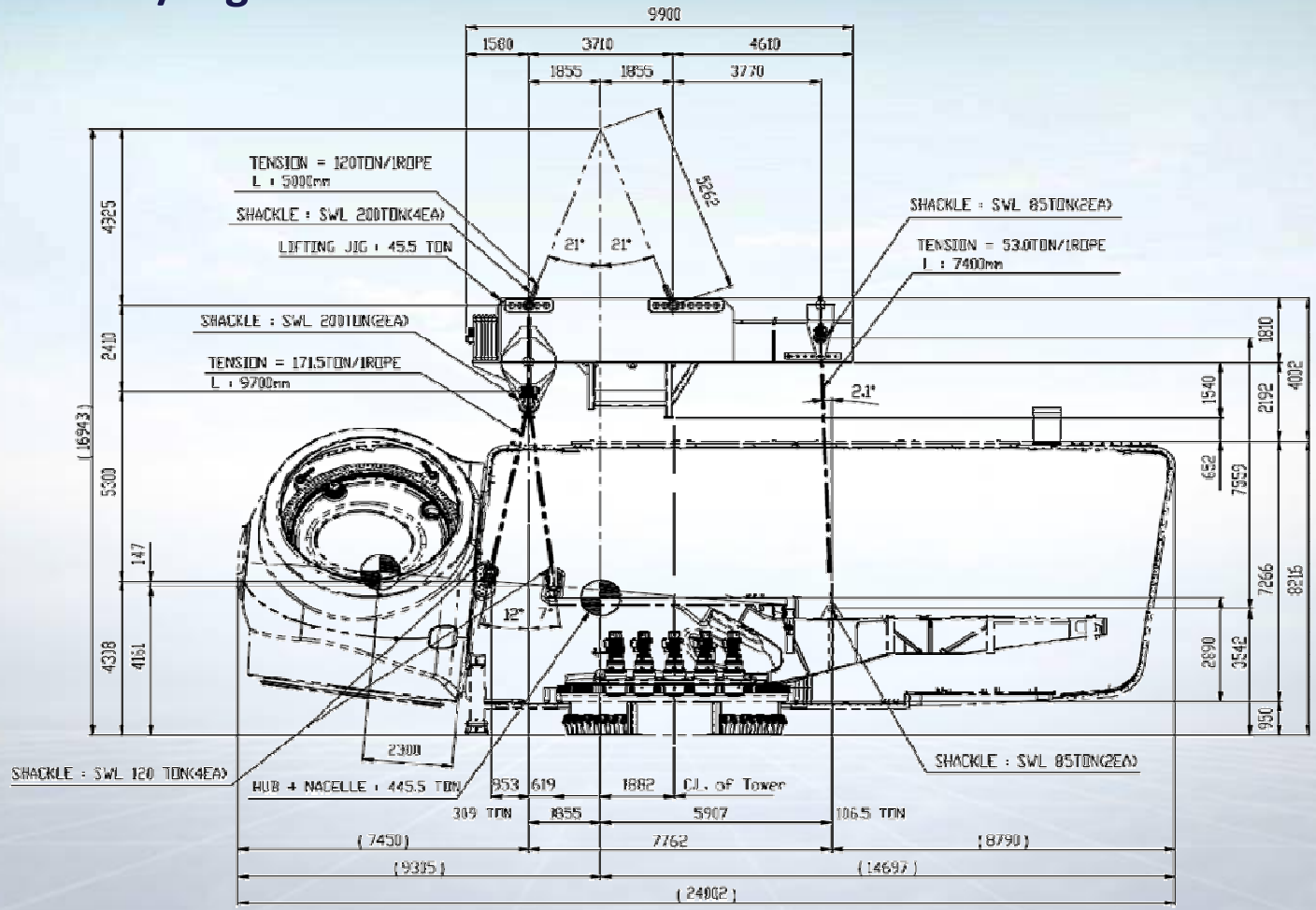
- Pictures for COG / Figures



Samsung 7MW Offshore Wind Turbine Generator

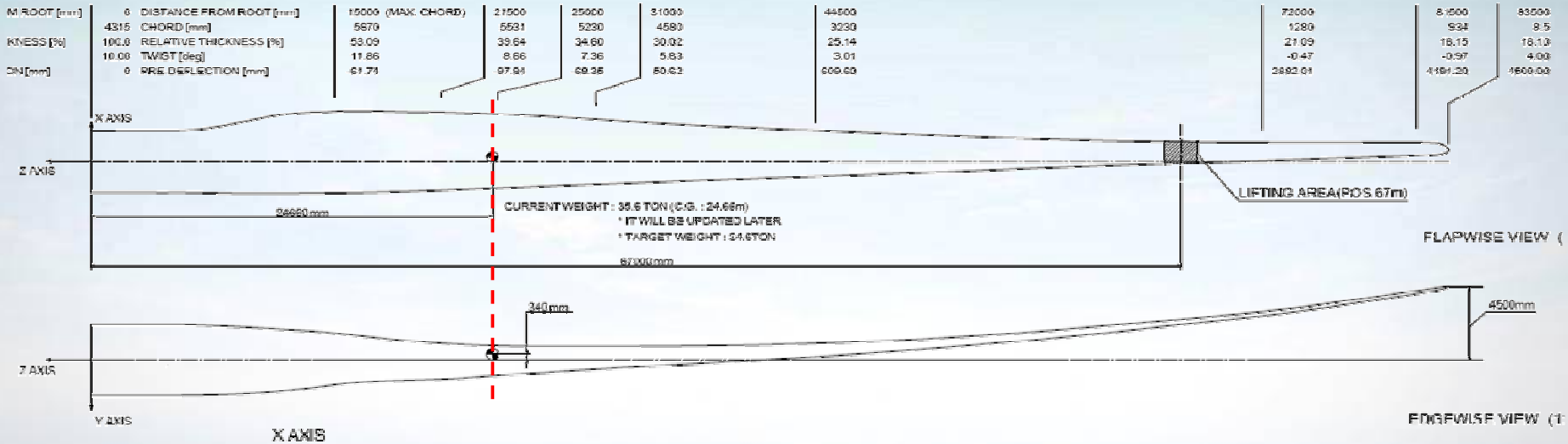
# Nacelle + Hub Information (2/2)

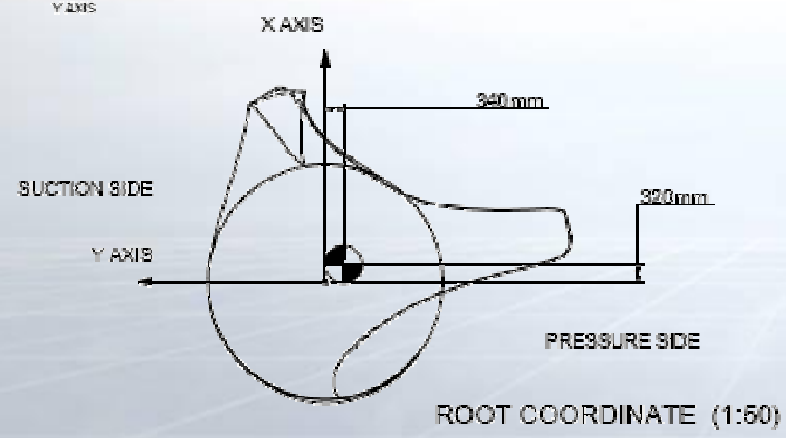
- Drawing for COG / Figures



# Blade Information (1/2)

- Drawing for COG / Figures




- Weight : 36.3 Ton
  (36.3 Ton @ 3ea = 107 Ton)
- COG : 24.66m (from root)

# Blade Information (2/2)

- **Assembly with Dragon Jig**
  **(Concept of possible blade installation In all direction)**



< Dragon Jig >





Adobe Reader 9

※Click for the further information

# Thank you



SMART TURNKEY SOLUTIONS FOR A CLEANER WORLD

## PERFECTLY EXPERIENCED TO CREATE WIND ENERGY SOLUTIONS

WITH OUR WORLD-CLASS EXPERTISE IN BUILDING SHIPS AND OFFSHORE PLATFORMS,
SAMSUNG CAN HARNESS UNRIVALED EXPERIENCE AS
WE ADVANCE WIND ENERGY SOLUTIONS. OUR BEST-IN-CLASS
TURNKEY SOLUTIONS ARE FUELING RENEWABLE POWER. OUR PRIDE IN QUALITY
AND CONTINUOUS INNOVATION IS PROPELLING THE WINDS OF CHANGE.
WE ARE READY TO GENERATE THE FUTURE.

SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES SAMSUNG




SMART TURNKEY SOLUTIONS
FOR A CLEANER WORLD

# SAMSUNG WIND ENERGY SOLUTIONS

OFFSHORE

SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES SAMSUNG



# 5 SOLUTIONS TO MANAGE THE WIND

## 1. TURNKEY SOLUTIONS



Harnessing years of skill and expertise in shipbuilding and offshore structures, we provide optimized interface design with integrated turbine and substructure. In addition, we offer offshore substation and subsea cabling as well as installation service.

## 2. HIGH ENERGY GENERATION



By developing the biggest rotor ever produced -171.2 meters in diameter - and by harnessing a medium-speed gearbox and medium-voltage generator, we provide greater power generation over a longer service life.

## 3. HIGH RELIABILITY



Engineered for durability, Samsung wind turbines undergo rigorous trials, including drive train test, blade static and fatigue tests, to ensure reliability and a 25-year service life.

## 4. EASY MAINTENANCE



We provide a range of trouble-free services for turbine design to ensure easy O&M. Even in harsh environments, we provide swift solutions for any issues in the turbine complexes that customers may need and our global network provides round-the-clock services.

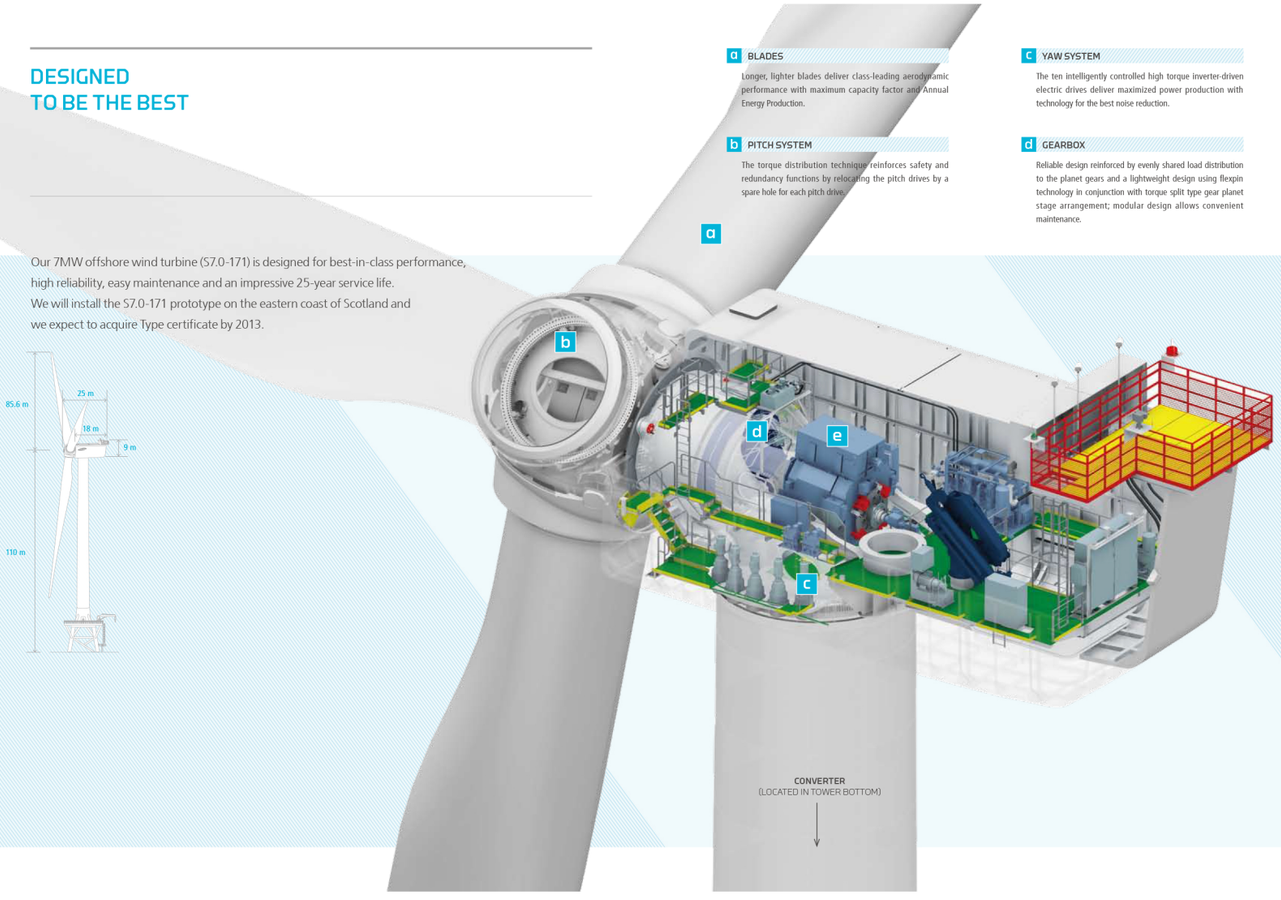
## 5. LOWER COST OF ENERGY



By delivering greater productivity and a lower LCoE-Levelized Cost of Energy-Samsung turnkey solutions represent significant value and cost savings for both offshore wind farm development and operation.

# DESIGNED TO BE THE BEST

Our 7MW offshore wind turbine (S7.0-171) is designed for best-in-class performance, high reliability, easy maintenance and an impressive 25-year service life.
We will install the S7.0-171 prototype on the eastern coast of Scotland and we expect to acquire Type certificate by 2013.







**a BLADES**

Longer, lighter blades deliver class-leading aerodynamic performance with maximum capacity factor and Annual Energy Production.

**b PITCH SYSTEM**

The torque distribution technique reinforces safety and redundancy functions by relocating the pitch drives by a spare hole for each pitch drive.

**c YAW SYSTEM**

The ten intelligently controlled high torque inverter-driven electric drives deliver maximized power production with technology for the best noise reduction.

**d GEARBOX**

Reliable design reinforced by evenly shared load distribution to the planet gears and a lightweight design using flexpin technology in conjunction with torque split type gear planet stage arrangement; modular design allows convenient maintenance.

**e GENERATOR**

Best efficiency and reliability achieved by a medium-speed and medium-voltage permanent magnetic generator.

**DRIVE TRAIN**

Achieves higher efficiency and more reliable operation with integrated medium-speed operation, lighter shell type main frame structure and compact design because gear stages are located inside the main shaft; enhanced safety function with rotor non-torque loads separated in two main tapered roller bearings.

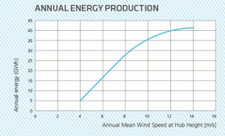
**AUTOMATIC LUBRICATION SYSTEM**

The total oil lubrication solution is optimized by feeding highly cleaned oil through fine mesh filters to both the gearbox and two main bearings; online monitoring system for additional safety.

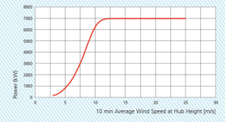
**CONVERTER** (LOCATED IN TOWER BOTTOM)

Best efficiency, reliability and maximum availability with IGCT-based full power conversion and LVRT and/or ZVRT; easily adjusts to customer grid connection requirements.

ANNUAL ENERGY PRODUCTION




POWER CURVE



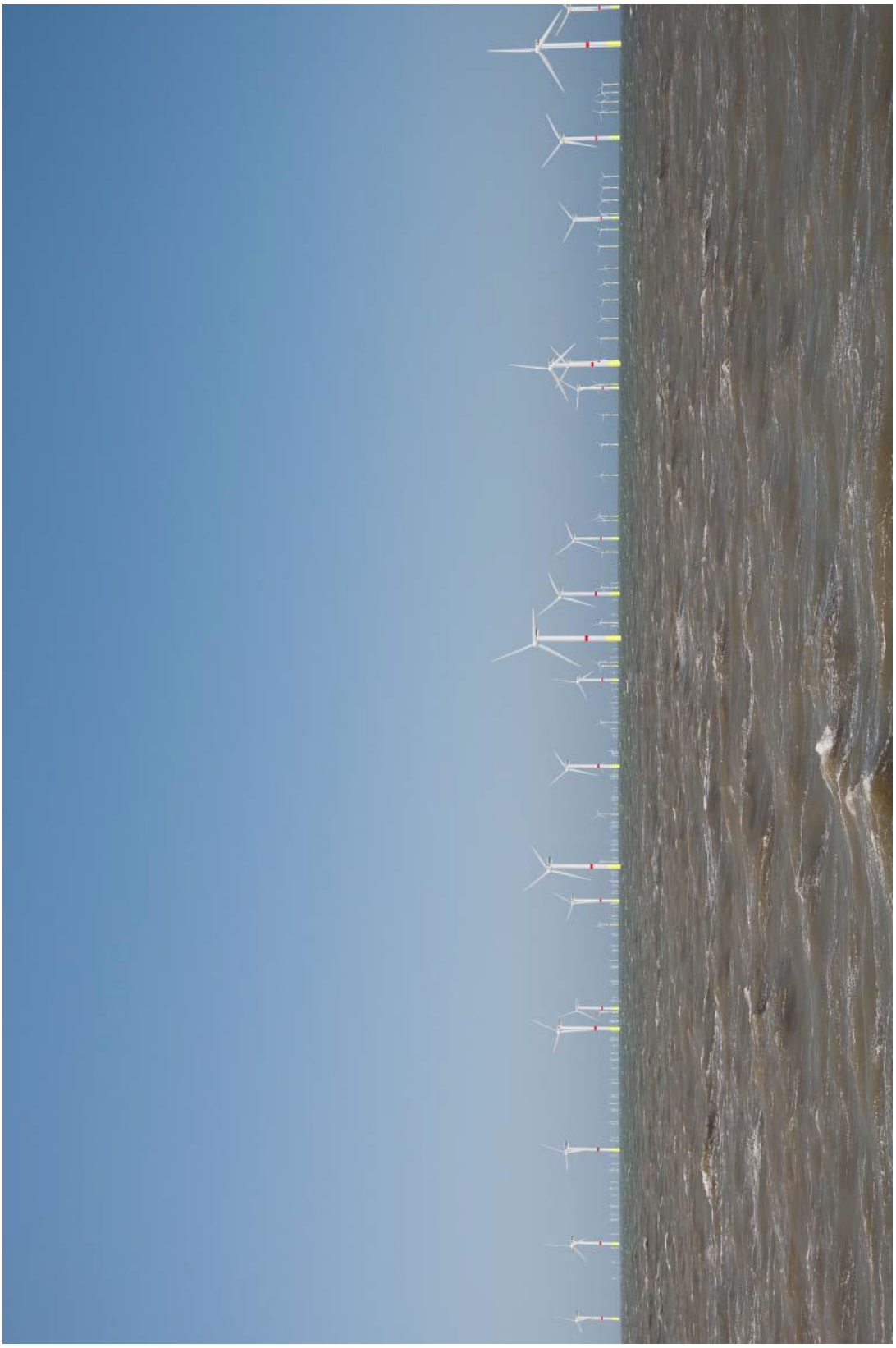

DIMENSIONS & SPECIFICATIONS

| | |
|---|---|
| Wind Class | IEC Class Sb / 1a |
| Capacity | 7MW |
| Rotor Diameter | 171.2 m |
| Hub Height | 110 m |
| Generator | Medium (3.3kV), PMG |
| Converter | Full power conversion |
| Pitch System | Electrical type |
| Drive Train | Medium speed (400rpm) |
| Design Life | 25 years |
| Certification | DNV |

# 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)*