MER Offshore Windmolenpark Bligh Bank

Belwind NV

07/12194/PV

Mei 2007

Belwind NV
Leuvensesteenweg 555/15
1930 Zaventem

Ecolas NV
Coördinatie: De Sutter Renaat & Volckaert Annemie

WOORD VOORAF

Dit milieueffectenrapport (MER) over de constructie en exploitatie van een windturbinepark op de Bligh Bank door Belwind NV bestaat uit verschillende onderdelen.

Een *eerste deel* is de niet-technische samenvatting. Dit deel kan als alleenstaand onderdeel gelezen worden door de geïnteresseerde lezer die minder boodschap heeft aan al de technische gegevens en beschrijvingen zoals deze uitgebreid in de volgende hoofdstukken en bijlagen van het MER beschreven staan. Een Franse en Engelse vertaling van deze niet-technische samenvatting is terug te vinden in een aparte bundel.

Een *tweede deel* omvat de uitvoerige technische bespreking van het voorgestelde project. Dit omvat een bespreking van de projectinhoud, de gekende technieken die toegepast zullen worden, de juridische en beleidsmatige randvoorwaarden, de bespreking van de effecten op het milieu en, waar nodig, voorstellen van maatregelen die de milieu-impact kunnen verminderen, milieu-impact kunnen compenseren alsook voorstellen voor de monitoring in de toekomst van mogelijke milieu-impacts. In dit deel wordt in een apart hoofdstuk ook ingegaan op cumulatieve effecten tengevolge van diverse windmolenparken alsook op grensoverschrijdende effecten.

Tenslotte zitten in een derde *deel* alle figuren en bijlagen. In dit derde deel vindt U dus de figuren gerangschikt per hoofdstuk (van het tweede deel). Daarnaast vindt U een aantal bijlagen, waaronder achtergrondstudies over de aspecten veiligheid en radar die werden uitgevoerd in het kader van deze MER.

INHOUD

WOORD VOORAF ..... **I**

INHOUD ..... **III**

LEESWIJZER ..... **VII**

LIJST MET AFKORTINGEN ..... **IX**

LIJST MET VERKLARENDE WOORDEN ..... **XI**

LIJST MET FIGUREN ..... **XIII**

LIJST MET TABELLEN ..... **XXI**

LIJST MET BIJLAGEN ..... **XXV**

NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING ..... **I**

1 VOORSTELLING VAN HET PROJECT **1**

1.1 Beschrijving van het doel van het project en de verantwoording 1
1.1.1 De initiatiefnemer en het college van deskundigen *1*
1.1.2 Procedure verloop *3*

1.2 Situering en justificatie van het project 3
1.2.1 Algemene doelstellingen inzake hernieuwbare energie *3*
1.2.2 Huidige doelstellingen van het Vlaamse Gewest *4*

1.3 Juridische en beleidsmatige randvoorwaarden 7
1.3.1 Juridische randvoorwaarden *7*
1.3.2 Beleidsmatige randvoorwaarden *14*

2 PROJECTBESCHRIJVING **17**

2.1 Algemene beschrijving en inplanting van de activiteit 17
2.1.1 Basisvariant *17*
2.1.2 Alternatieve variant *18*

2.2 Fasering van het project 18

2.3 Beschrijving van de technologie 20
2.3.1 Windturbines *22*
2.3.2 Technische karakteristieken van de fundering *29*
2.3.3 Offshore transformatorplatform *30*
2.3.4 Windmeetmasten *31*
2.3.5 Erosiebescherming *31*
2.3.6 Bekabeling *32*
2.3.7 Bebakening *33*

2.4 Beschrijving van de verschillende activiteiten en uitvoeringswijzen 34
2.4.1 Constructiefase *34*
2.4.2 Exploitatiefase *39*
2.4.3 Ontmantelingsfase *41*

3 ALTERNATIEVEN **45**

3.1 Naar locatie van het windmolenpark 45

3.2 Naar vermogen en configuratie van het windmolenpark 45

3.3 Naar funderingstype van de windmolen 45

3.4 Naar kabeltracé tussen windmolenpark en land 46

4 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE 47

4.1 Bodem 47
4.1.1 Referentiesituatie 47
4.1.2 Autonome ontwikkeling 52
4.1.3 Effecten 53
4.1.4 Leemten in de kennis 60
4.1.5 Mitigerende maatregelen 60
4.1.6 Monitoring 61

4.2 Water 63
4.2.1 Referentiesituatie 63
4.2.2 Autonome ontwikkeling 66
4.2.3 Effecten 66
4.2.4 Leemten in de kennis 71
4.2.5 Mitigerende maatregelen 71
4.2.6 Monitoring 71

4.3 Klimatologische factoren 73
4.3.1 Methodologie 73
4.3.2 Referentiesituatie 73
4.3.3 Autonome ontwikkeling 76
4.3.4 Effecten 77
4.3.5 Leemten in de kennis 79
4.3.6 Mitigerende maatregelen en compensaties 79
4.3.7 Monitoring 79

4.4 Atmosfeer 81
4.4.1 Methodologie 81
4.4.2 Referentiesituatie 81
4.4.3 Autonome ontwikkeling 84
4.4.4 Effecten 84
4.4.5 Leemten in de kennis 90
4.4.6 Mitigerende maatregelen en compensaties 90
4.4.7 Monitoring 90

4.5 Geluid en trillingen 91
4.5.1 Methodologie 91
4.5.2 Referentiesituatie 92
4.5.3 Autonome ontwikkeling 95
4.5.4 Effecten 96
4.5.5 Bepaling van het specifieke geluid bij de bekabeling 110
4.5.6 Beoordeling van trillingshinder 111
4.5.7 Beoordeling van elektromagnetische velden 111
4.5.8 Grensoverschrijdende geluidseffecten 111
4.5.9 Leemten in de kennis 111
4.5.10 Milderende maatregelen 112
4.5.11 Monitoring 112

4.6 Fauna, flora en biodiversiteit 113
4.6.1 Benthische invertebraten en vissen 113
4.6.2 Vogels 142
4.6.3 Zeezoogdieren 165
4.6.4 Passende beoordeling 177

4.7 Zeezicht & Cultureel erfgoed 183

4.7.1 Methodologie ... 183
4.7.2 Referentiesituatie ... 183
4.7.3 Autonome ontwikkeling ... 186
4.7.4 Effecten ... 186
4.7.5 Leemten in de kennis ... 189
4.7.6 Mitigerende maatregelen en compensaties ... 189
4.7.7 Monitoring ... 189
4.7.8 Besluit ... 189

4.8 De mens ... 191
4.8.1 Inleiding ... 191
4.8.2 Visserij ... 191
4.8.3 Militaire activiteiten ... 198
4.8.4 Kabels en pijpleidingen ... 199
4.8.5 Scheepvaart ... 200
4.8.6 Zand en grindontginning ... 201
4.8.7 Andere windturbineparken ... 202
4.8.8 Maricultuur ... 203
4.8.9 Biodiversiteit en natuurgebieden ... 204

4.9 Veiligheidsaspecten ... 207
4.9.1 Installaties ... 207
4.9.2 Scheepvaart ... 210
4.9.3 Radar en scheepscommunicatie ... 223
4.9.4 Olieverontreiniging ... 226
4.9.5 Luchtvaartverkeer ... 243

5 CUMULATIEVE EFFECTEN ... 245

5.1 Inleiding ... 245

5.2 Cumulatieve effecten ... 246

5.3 Effecten ... 247
5.3.1 Bodem ... 247
5.3.2 Water ... 250
5.3.3 Geluid en trillingen ... 251
5.3.4 Klimatologische factoren en atmosfeer ... 253
5.3.5 Fauna, flora & biodiversiteit ... 254
5.3.6 Zeezicht en cultureel erfgoed ... 265
5.3.7 Mens ... 267
5.3.8 Veiligheidsaspecten ... 269

5.4 Leemten in de kennis ... 273

5.5 Mitigerende maatregelen ... 274

5.6 Monitoring ... 275

6 GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG ... 277

6.1 Algemeen ... 277

6.2 Effecten ... 277

7 SYNTHESE EN CONCLUSIES ... 279

7.1 Ingreep-effectrelaties ... 279

7.2 Cumulatieve effecten ... 280

7.3 Conclusies ... 282

8 REFERENTIES.....291

FIGUREN.....307

BIJLAGEN.....445

LEESWIJZER

Dit milieueffectrapport (MER) met betrekking tot de bouw en exploitatie van een windturbinepark op de Bligh Bank bestaat uit twee onderdelen. Alle figuren en bijlagen zitten achteraan in het rapport per hoofdstuk. Achteraan het MER bevindt zich tevens een literatuurlijst.

Een eerste deel is de niet-technische samenvatting. Dit deel kan als een alleenstaand onderdeel gelezen worden door de geïnteresseerde lezer die minder boodschap heeft aan al de technische gegevens en beschrijvingen zoals deze uitgebreid in de volgende hoofdstukken van het MER beschreven staan. In de niet-technische samenvatting zijn de belangrijkste tabellen en figuren opgenomen.

Een tweede deel omvat per hoofdstuk de volgende elementen:

Hoofdstuk 1:

Geeft een korte voorstelling van het project, de toetsing aan de MER-plicht, de initiatiefnemer van het project, de coördinator van het MER en de samenstelling van het team van deskundigen, de situering en justificatie van het project en de juridische en beleidsmatige randvoorwaarden. In dit hoofdstuk wordt tevens duidelijk welke disciplines in het MER behandeld zullen worden.

Hoofdstuk 2:

Geeft een algemene beschrijving van de activiteit. Er wordt tevens een technische beschrijving gegeven van de technologie. De verschillende projectingrepen worden per fase van het project (constructie, exploitatie, ontmanteling) beschreven.

Hoofdstuk 3:

Geeft een bespreking van de locatie, configuratie - en uitvoeringsalternatieven.

Hoofdstuk 4:

In dit hoofdstuk worden per discipline een uitgebreide beschrijving van de afbakening van het studiegebied, de gehanteerde methodiek, de beschrijving van de referentiesituatie, de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten en een beschrijving van de milderende en/of compenserende maatregelen.

Hoofdstuk 5:

Geeft per discipline een overzicht en uitwerking in detail van de cumulatieve effecten optredend tengevolge van de parallelle initiatieven van windmolenparken op de Thorntonbank, Bank zonder Naam en Bligh Bank.

Hoofdstuk 6:

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

Hoofdstuk 7:

Geeft een eindsynthese van de milieueffecten en voorgestelde milderende en/of compenserende maatregelen per discipline en per fase.

Een derde deel bevat alle figuren en bijlagen, gestructureerd volgens de hoofdstukken van deel 2. In een aparte bundel bevindt zich de Franse en Engelse vertaling van de niet-technische samenvatting.

LIJST MET AFKORTINGEN

AIS	Automatic Information System
BCP	Belgisch Continentaal Plat
BDNZ	Belgisch Deel van de Noordzee
BEEZ	Belgische Exclusieve Economische Zone
BMM	Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee
ca.	circa
CTR	Control Terminal Region
Cu	koper
dBm	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal.
dBW	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal.
DGPS	Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties
d.m.v.	door middel van
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
e.d.	en dergelijke
EEZ	Exclusieve Economische Zone
EG	Europese Gemeenschap
EIA	Environmental Impact Assessment
ESAS	European Seabirds at Sea
FIR	Flight Information Region: aëronautische werkgebied
GPS	Global Position System
GT	Gigaton
HAT	Highest Astronomical Tide
Hz	Hertz
ILVO	Instituut voor Landbouw en Visserij Onderzoek
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
KB	Koninklijk Besluit
kV	Kilo Volt
m.b.t.	met betrekking tot
m.e.r.	Milieueffectrapportage
MEB	Milieueffectbedoordeling
MER	Milieueffectrapport
MKS	Meest Kansrijk Scenario
MW	Megawatt
NCP	Nederlands Continentaal Plat
NEEZ	Nederlandse Exclusieve Economische Zone

NSW	Near Shore Windpark
OBO	Ore/Bulk/Oil schip
Ppt	Parts per thousand
POD	Porpoise Detectors
Ppb	Parts per billion
RDF	Radio Direction Finder
RF	Radio Frequente systemen
RoRo	Roll on/Roll off schepen
SAMSON	Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea
SBZ	Speciale Beschermingszone
SBZ-H	Speciale Beschermingszone (Habitatrichtlijn)
SBZ-V	Speciale Beschermingszone (Vogelrichtlijn)
SRK	Schelde Radar Keten
t.o.v.	ten opzichte van
VHF	Very High Frequency en Ultra High Frequency
VONOVI	Verkeersonderzoek Noordzee Visuele Identificatie
VTS	Vessel Traffic Services
VTS-SM	Vessel Traffic Services voor Schelde en monding
VTS-VK	Vessel Traffic Services voor Vlaamse Kust
WCS	Worst Case Scenario

LIJST MET VERKLARENDE WOORDEN

AIS	Automatic Information System, een datacommunicatie systeem voor de scheepvaart, waarbij op één van de marifone kanalen, digitale informatie doorgestuurd wordt omtrent de identiteit en de lading van het schip. Voor correcte ontvangst van de gegevens dient de gecodeerde digitale informatie aan bepaalde timing vereisten te voldoen, in casu de "delay spread"
Benthos	bodemorganismen
Concessie zone *sensu stricto*	de domeinconcessie exclusief de veiligheidszone
dBm	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBm is precies gelijk aan een vermogen van 1 milliWatt.
dBW	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBW is precies gelijk aan een vermogen van 1 Watt (en ook gelijk aan 30 dBm).
- 3 dB	Deze waarde geeft aan dat nog slechts de helft van het vermogen beschikbaar is. Bij een radarbundelbreedte, wordt deze waarde gebruikt om de "openingshoek" van de radarbundel aan te geven, waarbij dus de helft van het vermogen beschikbaar is tov. de hoeveelheid vermogen in de directe hoofdrichting van de radarbundel.
CTR	Control Terminal Region: gebruikelijke term voor een plaatselijke luchtverkeersleidingsgebied
Delay Spread	Het verschil in tijd (door verschillende transmissiepaden) van de binnenkomende digitale informatie (pulsen), die al of niet als één of verschillende pulsen (of bits) zullen geïnterpreteerd worden.
Demersale vissen	vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven en efficiënt met een boomkor bemonsterd kunnen worden; zoals tong, tarbot, schol
De significante golfhoogte	een begrip gebruikt in de Maritieme Techniek en voor een deel ook in de civiele techniek, is de gemiddelde hoogte van de hoogste 33% van de gemeten golven. Deze hoogte wordt aangeduid met het symbool H1/3 of Hs. De significante golfhoogte is niet een eenduidig begrip, aangezien de significante golfhoogte aan probabilistiek is onderworpen. In de waterbouwkunde worden er verschillende definities gehanteerd voor de bepaling.
DGPS	Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties
Endofauna	organismen die in de bodem leven
Epibenthos	organismen die op de bodem leven en efficiënt met een boomkor worden bemonsterd; zoals zeesterren, krabben, kreeften
Epifauna	organismen die op de bodem leven
HAT	Highest Astronomical Tide: Hoogste zeeniveau onder invloed van hemellichamen
IC	Inhibition concentration: concentratie waarbij er inhibitie is van een proces (b.v. groei) van een organisme
LC	lethal concentration: concentratie waarbij een bepaald percentage van de organismen sterven
LC 50	concentratie waarbij 50 % van de organismen sterven
LCm	mediaan LC 50
OBO	Ore/Bulk/Oil schip: schip dat voor verschillende doeleinden gebruikt wordt: erts, bulk van droge goederen en olie
Pelagische vissen	dicht bij het wateroppervlak zwemmende vissen

Referentiegebied	een gebied in niet-geïmpacteerde toestand dat aangeduid wordt om effecten wetenschappelijk te kunnen aantonen
SRK	Schelde Radar Keten, de Vlaams-Nederlandse instantie die instaat voor het beheer van en toezicht op het scheepvaartverkeer in de Noordzee
UHF VHF	Very High Frequency en Ultra High Frequency, geven de frequentiebanden aan van radio communicatie. Voor de marifone systemen wordt VHF gebruikt tussen 150 MHz en 165 MHz.
Windconcessie zone	de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie volgens het KB 17/05/2004

LIJST MET FIGUREN

Figuur 1.1.1: Aandeelhoudersstructuur Econcern BV 2

Figuur 1.1.2: Groepsstructuur Econcern BV 2

Figuur 1.1.3: Aandeelhouderstructuur Belwind nv 2

Figuur 1.1.4: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (BMM, 2006) 3

Figuur 1.2.1: Bathymetrische gegevens van de site 5

Figuur 1.2.2: Ruimtelijke situering van het project 6

Figuur 1.3.1: Natuurgebieden in de Belgische mariene wateren 12

Figuur 2.1.1 Inplantingsplan basisvariant 17

Figuur 2.1.2 Inplantingsplan alternatieve variant 18

Figuur 2.3.1: Repower 5M windturbine 22

Figuur 2.3.2: Overzicht van de belangrijkste leveranciers en hun marktaandeel 22

Figuur 2.3.3: De gondelbehuizing, incl. helicopterdek en verblijfkamer 24

Figuur 2.3.4: Installatie van de rotorbladen 25

Figuur 2.3.5: Overzicht besturing windturbine 25

Figuur 2.3.6: Diverse typen funderingen 29

Figuur 2.3.7: Plaatsing van het transformatorplatform op het transitiestuk 30

Figuur 2.3.8: Hoofdstroomschema offshore installaties 31

Figuur 2.3.9: Offshore MS/HS transformatorstation 31

Figuur 2.3.10: Meetmast 31

Figuur 2.3.11: Type bekabeling 32

Figuur 2.3.12: Kabels in het windturbinepark 33

Figuur 2.3.13: Bebakening van het windpark 33

Figuur 2.3.14: 500m brede veiligheidszone van het Belwind windpark 34

Figuur 2.4.1 Plaatsing van monopaal (OW-Q7) 35

Figuur 2.4.2 Transitiestukken voor monopaalfunderingen in de haven (OW-Q7) 35

Figuur 2.4.3: Installatie van de monopaalfunderingen 35

Figuur 2.4.4: Aankomst hefschip op offshore site 36

Figuur 2.4.5: Fixeren van het hefschip 36

Figuur 2.4.6: Installeren toren segmenten 36

Figuur 2.4.7: Installeren gondel windturbine 36

Figuur 2.4.8: Installatie windturbine 36

Figuur 2.4.9: Turbine installatie gereed 36

Figuur 2.4.10 Fundering van offshore HS-station (OW-Q7) 36

Figuur 2.4.11 Plaatsing van offshore HS-station (OW-Q7) 36

Figuur 2.4.12: Kabellegschip 38

Figuur 2.4.13: Werktuigen voor het graven van kabelsleuven 38

Figuur 2.4.14: Kabelploeg 38

Figuur 2.4.15: Kabeleinde 39

Figuur 2.4.16: Aanleggen kabel 39

Figuur 2.4.17: Verwijderen van windturbines 41

Figuur 2.4.18: Verwijderingsfase van de funderingen 42

Figuur 4.1.1: Ontstaan van een getijdezandbank (Pannekoek *et al.*, 1984) 47

Figuur 4.1.2: Overzichtskaart Vlaamse Banken – Kustbanken – Zeelandbanken 48

Figuur 4.1.3 Dwarsprofielen doorheen de Bligh Bank (Deleu, 2001) 48

Figuur 4.1.4: Bligh Bank met aanduiding van de kamlijnen van de grote duinen (Deleu, 2001) 49

Figuur 4.1.5: Afgedekt patroon van de paleogene offshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriet, 1995) – Gearceerde zones zijn bedekt door quartaire afzettingen met een dikte < 2.5 m. ZF : Zelzate Formatie, MF Maldegem Formatie, AF Aalter Formatie, VM Lid van Vlierzele, MPM Lid van Merelbeke en Pittem, EM Lid van Egem, KM Lid van Kortemark, KF Kortrijk Formatie 50

Figuur 4.1.6: Afgedekt patroon van de paleogene offshore en onshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriet, 1995) 50

Figuur 4.1.7: Morfologische kenmerken aan de basis van het Quartair Dek (Liu, 1990; Liu *et al.*, 1992). 50

Figuur 4.2.1: Ligging van 4 modelpunten (Belw1 tot Belw4) t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a) 63

Figuur 4.2.2: Frequentiedistributie van stroomsnelheden voor 4 modelpunten (Belw1 tot Belw4) t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a) 64

Figuur 4.2.3: Frequentiedistributie van richtingen waaruit de stroming komt t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a) 64

Figuur 4.3.1: Klimatologische gemiddelden in Ukkel (België) voor de periode 1961 – 1990 73

Figuur 4.3.2: Klimatologische gemiddelden in Koksijde (België) voor de periode 1961 – 1990 73

Figuur 4.3.3: Situering van de meetpalen (MER offshore windturbinepark Thorntonbank) 74

Figuur 4.3.4: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) in het meteostation van Cadzand, voor de periode maart 1991 tot mei 1998 (Bron 3E) 74

Figuur 4.3.5: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) voor MOW7, Westhinder, op 33 km van de kust, voor de periode maart 1994 tot september 2001 (Bron 3E) 74

Figuur 4.3.6: Windroos van de Nederlandse observatiepost op de Vlakte van de Raan, 16 km van de kust, voor de periode november 1988-mei 1998 (Bron 3E) 74

Figuur 4.3.7: Frequentiedistributie van de windsnelheid voor MOW 7 (Bron 3E) 74

Figuur 4.3.8: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten in het meteostation in Cadzand 75

Figuur 4.3.9: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten op Westhinder (MOW7) 75

Figuur 4.3.10: Effect van de 5 MW windturbine op de lokale windsnelheid achter de windturbine 78

Figuur 4.3.11: Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines) 78

Figuur 4.5.1: Natuurlijke en menselijke geluidsbronnen van het omgevingsgeluid onder water 94

Figuur 4.5.2: Onderwater geluidsniveau opgemeten tijdens heiactiviteit Duitsland (Thomson et al, 2006) 97

Figuur 4.5.3 : Het specifieke geluid onderwater van twee windturbines op twee verschillende afstanden 100

Figuur 4.5.4: Transmissieverlies berekend met 3 verschillende modellen: volgens Thiele, volgens een cilindrische spreiding en volgens een sferische spreiding) 104

Figuur 4.5.5: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het "Belwind" windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW windturbines boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel. 105

Figuur 4.5.6: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het "Belwind" windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW windturbines boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel. 105

Figuur 4.5.7 : Zone, waarin het geluid propageert, die ontstaat door enerzijds de windgradiënt en anderzijds het akoestisch harde zeeoppervlak 106

Figuur 4.5.8 : Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid van het windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW in de meest kritische situatie ter hoogte van de waarnemer 108

Figuur 4.5.9: Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid van het windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW in de meest kritische situatie ter hoogte van de waarnemer 108

Figuur 4.6.1: Positie van de stations op de Thorntonbank (WTA = westelijke concessiegebied, WTB = oostelijke concessiegebied; WTC = randzones; WTR: referentiegebied) (De Maersschalck *et al.*, 2006) 114

Figuur 4.6.2: Positie van de visslepen in het westelijk (WTA) en oostelijk (WTB) concessiegebied en in de randzones (WTC) op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) 114

Figuur 4.6.3: Biologische en ecologische waarde Bligh Bank (Derous *et al.*, 2007) 119

Figuur 4.6.4: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos (De Maersschalck *et al.*, 2006) 119

Figuur 4.6.5: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor het epibenthos (De Maersschalck *et al.*, 2006) 119

Figuur 4.6.6: Densiteit, soortenrijkdom en biomassa van het epibenthos op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) 120

Figuur 4.6.7: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor de demersale visfauna (De Maersschalck *et al.*, 2006) 121

Figuur 4.6.8: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor de demersale visfauna (De Maersschalck *et al.*, 2006) 121

Figuur 4.6.9: Kaart van het BDNZ met aanduiding van de posities waar tellingen werden uitgevoerd door het INBO (Vanermen *et al.*, 2006) 143

Figuur 4.6.10: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende de winter (Vanermen *et al.*, 2006) 146

Figuur 4.6.11: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende het voorjaar (Vanermen *et al.*, 2006) 146

Figuur 4.6.12: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende de zomer (Vanermen *et al.*, 2006) 146

Figuur 4.6.13: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende het najaar (Vanermen *et al.*, 2006) 146

Figuur 4.6.14: Verspreiding van Jan van Gent op het BDNZ tijdens het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens de gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006) 147

Figuur 4.6.15: Verspreiding van Grote Jager op het BDNZ tijdens het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 147

Figuur 4.6.16: Verspreiding van Dwergmeeuw op het BDNZ gedurende het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens aantal waargenomen, vogels per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 147

Figuur 4.6.17: Verspreiding van Stormmeeuw in de winter (Stienen & Kuijken, 2003) 148

Figuur 4.6.18: Verspreiding van Kleine Mantelmeeuw op het BDNZ gedurende het voorjaar. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens de gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006) 148

Figuur 4.6.19: Waarnemingen in 2005 van Kleine Mantelmeeuw in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006) 148

Figuur 4.6.20: Waarnemingen in 2005 van Grote Mantelmeeuw in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006) 149

Figuur 4.6.21: Verspreiding van Drieteenmeeuw tijdens de winter. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006) 149

Figuur 4.6.22: Verspreiding van Drieteenmeeuw tijdens het najaar. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006) 149

Figuur 4.6.23: Verspreiding van Grote Stern op het BDNZ gedurende het broedseizoen (mei-juni); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 150

Figuur 4.6.24: Verspreiding van Grote Stern op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus). De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 150

Figuur 4.6.25: Verspreiding van Visdief op het BDNZ gedurende het broedseizoen (mei-juni); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 150

Figuur 4.6.26: Verspreiding van Visdief op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 150

Figuur 4.6.27: Waarnemingen in 2005 van Zeekoet in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006) 151

Figuur 4.6.28: Waarnemingen in 2005 van Alk in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006) 151

Figuur 4.6.29: Verspreiding van Noordse Stormvogel in de winter (Stienen & Kuijken, 2003) 152

Figuur 4.6.30: Verspreiding van de groep van steltlopers op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus); de 6x6 km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006) 153

Figuur 4.6.31: Verspreiding en aantallen van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren, gebaseerd op alle INBO-waarnemingen van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren vanaf 1992 tot en met 2005 (naar Courtens *et al.*, 2006) 168

Figuur 4.6.32: Beschermde gebieden relevant voor passende beoordeling 178

Figuur 4.7.1: Wrakken ter hoogte van de Zeelandbanken 188

Figuur 4.7.2: Wrakken ter hoogte van de Vlakte van de Raan 188

Figuur 4.7.3: Wrakken ter hoogte van de Wenduinebank 188

Figuur 4.8.1: Kaart van de verschillende gebruikers van het BDNZ 191

Figuur 4.8.2: Evolutie besomming en bedrijfsresultaat per zeedag 196

Figuur 4.8.3: Pijpleidingen en telecommunicatiekabels 199

Figuur 4.8.4: Natuurgebieden in de Belgische mariene gebieden 205

Figuur 4.9.1: AIS-gegevens van 1 week in 2005 nabij de locatie van Bligh Bank 211

Figuur 4.9.2: Niet-routegebonden verkeer in 1999-2001 op de locatie van Bligh Bank (uit VONOVI) 212

Figuur 4.9.3: Verkeersbeeld bij windparklocatie Bligh Bank in de huidige situatie 212

Figuur 4.9.4: Verkeersbeeld bij windparklocatie Bligh Bank in de mogelijke toekomstige situatie, vrijgemaakt van scheepvaartverkeer 214

Figuur 4.9.5: Absolute effect van het windpark Bligh Bank op het gemiddeld aantal aanwezige schepen op de verschillende EEZ's 216

Figuur 4.9.6: Overzicht van de inplanting van de radars van de Schelderadarketen met de correcte locatie van het Belwind windpark..... 224

Figuur 4.9.7: Overzicht van het bereik van de radars van de Schelderadarketen met de correcte locatie van het Belwind windpark..... 224

Figuur 4.9.8: Overzicht van geobserveerde olievlekken door het Belgische toezichtsvliegtuig in de Noordzee (1998-2003) (BMM, 2005) 227

Figuur 4.9.9: Oppervlakte van de olievlek in functie van de tijd voor de simulatie hyd17_w2 (wind aan 17 m/s vanuit NNO bij springtij met 3% frictiecoëfficiënt) 234

Figuur 4.9.10: Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (vertrek) 243

Figuur 4.9.11: Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (aankomst)..... 243

Figuur 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind (110 windturbines van 3 MW) boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel. 252

Figuur 5.3.2: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind (66 windturbines van 5 MW) boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel. 252

Figuur 5.3.3: Zicht vanaf de vaargeul richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km (beeldhoek 35°) 266

Figuur 5.3.4: Zicht vanaf Knokke richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km (beeldhoek 35°) 266

Figuur 5.3.5: Zicht vanaf de vaargeul richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 20 km (beeldhoek 35°) 266

Figuur 5.3.6: Ingezoomd zicht vanaf Knokke met een beeldhoek van 5° 266

Figuur 5.3.7: Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alleen Bligh Bank is vrijgemaakt..... 270

Figuur 5.3.8: Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en G-power met de verkeersdatabase waarbij alle parken zijn vrijgemaakt 270

Figuur 5.3.9: Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones 272

Figuur 6.1.1: Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het NCP (Lindeboom *et al.*, 2005) 277

Figuur 6.2.1: Gebruikers op het NCP (www.noordzeeloket.nl) 278

LIJST MET TABELLEN

Tabel 1.1.1: Synthese technische kenmerken windturbinepark Belwind nv II

Tabel 1.2.1: Bruto binnenlandse elektriciteitsvraag in België tot 2020, uitgedrukt in TWh per jaar, groei volgens [PLA 04]. 3

Tabel 1.2.2: Europese doelstelling van 6%, opgesplitst per regio, uitgedrukt in GWh 4

Tabel 1.2.3: Quotaverplichtingen voor de leveranciers in het Vlaamse Gewest 4

Tabel 1.2.4 Elektriciteitsproductie windmolenpark Bligh Bank 5

Tabel 2.2.1 Planning fase 1 19

Tabel 2.2.2 Planning fase 2 20

Tabel 2.3.1: Basisparameters windturbinepark Belwind nv 20

Tabel 2.3.2 Corrosiebescherming volgens de Deense DS/R454 norm 26

Tabel 2.3.3: Brongegevens in functie van de windsnelheid 29

Tabel 2.3.4:Vereiste eigenschappen van de monopaal in functie van de waterdiepte 30

Tabel 4.1.1: Maximale waarden sedimentkwaliteit (BMM, 2007b) en sedimentkwaliteitscriteria (Osparcom, 1998) 51

Tabel 4.1.2 Gegevens zandbalans en stockage-oppervlakten 54

Tabel 4.2.1 Frequentiedistributie van significante golfhoogten t.h.v. de Bligh Bank 63

Tabel 4.3.1: Windsnelheid (gemiddelde van de jaargemiddelden) (Bron 3E) 75

Tabel 4.3.2: Windsnelheid op open zee (>10 km van de kust) voor 5 standaard hoogtes (Bron: RIS? in Söker et al, 2000) 75

Tabel 4.3.3: Verwachte uitstoot aan CO_2 (in Giga ton) (bron: Mira S 2000, IPCC 2001) 77

Tabel 4.4.1: Actuele luchtkwaliteit voor SO_2 (VMM, 2006) 81

Tabel 4.4.2: Actuele luchtkwaliteit voor NO_x (VMM, 2006) 82

Tabel 4.4.3: Actuele luchtkwaliteit voor PM10 (VMM, 2006) 82

Tabel 4.4.4: Actuele luchtkwaliteit voor CO op 6 locaties in Vlaanderen in 2005 (VMM, 2006) 83

Tabel 4.4.5: Aantal transporten constructiefase 85

Tabel 4.4.6: Aantal transporten exploitatiefase 86

Tabel 4.4.7: Emissiefactoren voor klassieke elektriciteitsproductie in België 87

Tabel 4.4.8: Vermeden emissies (ton/jaar) als gevolg van de werking van het windturbinepark 87

Tabel 4.4.9: Aantal transporten ontmantelingsfase i.f.v. variant 87

Tabel 4.4.10: Energieconsumptie V90-3,0 MW windturbine (Vestas, 2005) 88

Tabel 4.4.11: Atmosferische emissies per geproduceerde KWh (Vestas, 2005) 89

Tabel 4.4.12: Emissiebalans windturbinepark (ton/jaar) 89

Tabel 4.5.1: Berekende afstanden (ISO9613) in meter overeenkomend met verschillende geluidsniveaus voor twee verschillende types heitoestellen 98

Tabel 4.5.2: Bronvermogens in functie van de windsnelheid aangeleverd door opdrachtgever 102

Tabel 4.5.3 : Het geluidsspectrum (dB) en het geluidsvermogenniveau LW (dB(A)) van een 3 MW windturbine (masthoogte van gemiddeld 70 m boven de wateroppervlakte) en een 5 MW (masthoogte van gemiddeld 80 m boven de wateroppervlakte) windturbine. 103

Tabel 4.5.4 : Vermogen van een stil type transformator 103

Tabel 4.5.5: Berekend specifiek geluid boven water van een windturbinepark met 5 MW turbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI) 105

Tabel 4.5.6: Berekend specifiek geluid boven water van een windturbinepark met 3 MW turbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI) 105

Tabel 4.5.7 : Berekend specifiek geluid van het windturbinepark boven water, in de meest kritische situatie 106

Tabel 4.5.8 : Vergelijking van het geluidsniveau ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties met een windturbinepark met 3-5 MW turbines 109

Tabel 4.6.1: Type I macrobenthische gemeenschappen van het BDNZ (naar Van Hoey *et al.*, 2004, Degraer *et al* (in prep)) 118

Tabel 4.6.2: Overzicht biologische parameters van epibenthos op de Thorntonbank (naar De Maersschalck *et al.*, 2006) 120

Tabel 4.6.3: Direct en indirect biotoopverlies per variant 123

Tabel 4.6.4: Totaal biotoopverlies per variant 124

Tabel 4.6.5: Biomassaberekeningen (naar De Maersschalck *et al.*, 2006) 125

Tabel 4.6.6: Ranges waarbij bepaalde organismen vermijdingsgedrag vertonen ten gevolge van heiactiviteiten (naar Nedwell *et al.*, 2003) 128

Tabel 4.6.7: Oppervlakte hard substraat per variant 130

Tabel 4.6.8: Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie 130

Tabel 4.6.9: Dominante zeevogels van zuidelijke Noordzee (Stienen & Kuijken, 2003) 144

Tabel 4.6.10: Overzicht van de scores van verstorings- en aanvaringsgevoeligheid van zeevogels op basis van Vanermen *et al.* (2006) (1 = weinig gevoelig, 2 = matig gevoelig, 3 = gevoelig, 4 = zeer

gevoelig), en met aanduiding van de totale gevoeligheidsscore per soort die varieert van 8 = zeer gevoelig tot 2 = weinig gevoelig). 157

Tabel 4.6.11: Berekende aanvaringsrisicofactor bij verschillende turbinegroottes (Scira, 2006) 158

Tabel 4.6.12: Totaal aantal en hoger dan 25 meter vliegende vogels waargenomen op het BDNZ in 2005 (Vanermen *et al.*, 2006) 158

Tabel 4.6.13: Vermijdingspercentages zeevogels (vetgedruk = beschikbare getallen; niet vetgedrukt = extrapolaties) (Grontmij, 2006b) 161

Tabel 4.6.14: Effecten op zeezoogdieren tijdens de constructiefase bij de verschillende types funderingen en windturbinegroottes (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect) 172

Tabel 4.6.15: Effecten op zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase bij de verschillende types funderingen en windturbinegroottes (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect). 175

Tabel 4.6.16: Aanduiding van de maanden waarin een soort de hoogste dichtheden bereikt in de Belgische zeegebieden 181

Tabel 4.6.17: Voorkomende vogelsoorten in de afgebakende beschermde mariene gebieden 182

Tabel 4.7.1: Relictzone, ankerplaats en puntrelicten langs de kustlijn 185

Tabel 4.8.1: Tendensen in belang verschillende vissoorten en hun visprijs (Tessens & Velghe, 2005) .. 194

Tabel 4.9.1: Scenario's en faalkansen voor risico-analyses (Senternovem, 2005 in SGS, 2007) 208

Tabel 4.9.2: Maximale werpafstand (in m) van afbrekende bladen bij driebladige windturbines tijdens een overtoeren-situatie (kustlocatie) 209

Tabel 4.9.3: Bepaling van het extra risico tijdens de bouw en ontmanteling als % van het totaal aantal incidenten in de Belgische Exclusieve Economische Zone (BEEZ) 213

Tabel 4.9.4: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations) 214

Tabel 4.9.5: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations) 214

Tabel 4.9.6: Risico-inschatting (o.b.v. van verschillende methodologie) van aanvaringen van windturbines door een schip in andere MER's 215

Tabel 4.9.7: Scoretabel voor de effecten van het windpark Bligh Bank voor de scheepvaart 215

Tabel 4.9.8: Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie 218

Tabel 4.9.9: Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als % van de uitstroom in de EEZ 218

Tabel 4.9.10: De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh 218

Tabel 4.9.11: Afstand van SRK radarstations tot middelpunt off-shore windturbineparken 223

Tabel 4.9.12: Overzicht olie-accidenten in het BDNZ en aangrenzende wateren..... 229

Tabel 4.9.13: Oorzaken van accidentele olievervuiling in het BDNZ en aangrenzende wateren (RAMA-studie: Le Roy et al., 2006) 229

Tabel 4.9.14: Accidentele olievervuiling (- en aandeel in %) veroorzaakt door tankers tussen 1974 en 2006, verdeeld in vervuiling o.b.v. aantal ton en in het soort activiteit (ITOPF, 2006)..... 230

Tabel 4.9.15: Simulaties van tijdstip van aanspoeling aan de Belgische Kust (17m/s, NNW) 231

Tabel 4.9.16: Berekening van de directe verliezen in het "*worst-case*" scenario 233

Tabel 4.9.17: Kwetsbaarheidsindex van vogelsoorten in BDNZ (Vandenbroele *et al.*, 1997)..... 234

Tabel 4.9.18: Impact van zware stookolie op het vogelbestand in open zee bij *worst-case* scenario (windsnelheid 17 m/s)..... 235

Tabel 4.9.19: Vergelijking van de impact op de avifauna met incidenten uit het verleden (naar ICES, 2005) 236

Tabel 4.9.20: Ecotoxicologische gegevens voor verschillende olietypes (Lindgren & Lindblom, 2004) ... 241

Tabel 5.1.1: Parameters van de geplande windturbineparken in de Belgische mariene gebieden..... 246

Tabel 5.3.1: Overzicht cumulatieve uitgravingsvolumes en stockage-oppervlaktes bij gravitaire funderingen..... 247

Tabel 5.3.2: Vermeden emissies windturbineparken (ton/jaar)..... 253

Tabel 5.3.3: Bijdrage van de vermeden emissies tot de reductiedoelstellingen (%) 254

Tabel 5.3.4: Cumulatief biotoopverlies 255

Tabel 5.3.5: Cumulatieve bijdrage introductie hard substraat..... 257

Tabel 5.3.6: Cumulatieve effecten voor Bligh Bank met C-power en Eldepasco 270

Tabel 5.3.7: Beschrijving van de kenmerken van de windturbineparken zoals gebruikt voor de bespreking van de cumulatieve effecten op radars en scheepscommunicatie 271

Tabel 7.1.1: Overzicht van de ingreep effect relaties voor de verschillende disciplines..... 279

LIJST MET BIJLAGEN

Bijlage 1 : Technische eigenschappen en geluidsspectrum van een 3,6 MW windturbine 447

Bijlage 2: Veiligheid: Studie m.b.t. de mogelijke invloed van een windmolenpark op de Bligh Bank op de SRK-radar en de marifone communicatie 449

Bijlage 3: Veiligheid: Studie m.b.t. de effecten van een windmolenpark op de Bligh bank op de veiligheid van de scheepvaart..... 451

NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING

1 DOEL EN VOORGENOMEN ACTIVITEIT

Belwind heeft initiatief genomen om op zee een offshore windpark te bouwen op de Bligh Bank. Met de realisatie van het windpark wordt invulling gegeven aan de doelstellingen van de overheid ten aanzien van duurzame energie (6% tegen 2010). Voordat met de bouw kan worden begonnen dient eerst een vergunning te worden aangevraagd. Ten behoeve van de besluitvorming over de aanvraag van de vergunning wordt de procedure voor de milieueffectrapportage met bijhorende milieueffectenbeoordeling doorlopen.

Om de milieubelangen een volwaardige plaats te geven bij de vergunningverlening, dient een milieueffectrapport (MER) te worden opgesteld. Dit MER dient ter onderbouwing van de vergunningaanvraag en zal zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging behandelen.

In deze MER zullen de milieueffecten van de basisvariant (een windmolenpark met in totaal 66 turbines van elk 5 MW) besproken worden doorheen alle hoofdstukken, en waar relevant een vergelijking worden gemaakt met het alternatieve scenario van een windmolenpark met 110 turbines van elk 3 MW.

In een afzonderlijk hoofdstuk zullen de cumulatieve effecten worden besproken van de drie momenteel actuele projecten rond windmolenparken in de Belgische Noordzee.

2 PROJECTBESCHRIJVING

Het doel van het project is het bouwen, onderhouden en exploiteren van een offshore windpark met een vermogen van ongeveer 330 MW voor de kust van België op de Bligh Bank. Deze capaciteit zou kunnen instaan voor het gemiddelde elektriciteitsverbruik van ongeveer 340.000 gezinnen.

De inrichtingsplannen voor het windpark die in de MER worden onderzocht zijn gebaseerd op respectievelijk een basisvariant bestaande uit 66 windturbines met een vermogen van 5 MW en een alternatieve variant bestaande uit 110 windturbines met een vermogen van 3 MW. Bij realisatie zal kunnen worden gekozen voor een windturbine uit het vermogensbereik van 3 MW tot 5 MW. De in dit MER behandelde varianten (basisvariant en alternatief) liggen dus aan de onder- en bovenkant van dit vermogensbereik. Dit geldt ook voor de technische eigenschappen van de windturbines en voor de overige technische voorzieningen voor het windpark. Algemeen kan worden gesteld dat de effecten van een windturbinekeuze binnen dit vermogensbereik niet ongunstiger zullen zijn dan de effecten van een 3 MW windturbine of een 5 MW windturbine voor het windpark. Het windpark zal kunnen worden uitgerust met 3- bladige of 2-bladige windturbines. Daarnaast wordt er 1 windmeetmast en 2 hoogspanningsstations voorzien. Vervolgens wordt de energie getransporteerd via 2 ondergrondse kabels hetzij naar Oostende, hetzij naar Zeebrugge. Eveneens wordt de nodige monitoring voor bewaking en besturing van het windturbinepark voorzien en de vereiste bebakening, verlichting en markering. Het windenergiepark zal in 2 jaar gebouwd worden en een levensduur van minimum 20 jaar hebben.

Voor de inplantingsplannen van de basisvariant 5MW en het alternatief 3MW wordt respectievelijk verwezen naar Figuur 2.1.1 en Figuur 2.1.2.

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste technische kenmerken weergegeven van het toekomstige windturbinepark op de Bligh Bank.

Tabel 1.1.1: Synthese technische kenmerken windturbinepark Belwind nv

Onderwerp	*Omschrijving*
Locatie	
Situering	BLIGH BANK; buiten 12 mijlszone
Parkoppervlakte	35,4 km²
Waterdiepte	minimaal 15 m, maximaal tot ca. 37 m
Fundering windturbines	
Ofwel monopaal of jacket-vakwerk	Palen uit dikwandig staal worden ca. 30m in de zeebodem geheid.
Ofwel gravitaire fundering	De fundering uit gewapend beton wordt geprefabriceerd op land en vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem.
Voor alle funderingstypes	Rond de fundering wordt steeds een erosiebescherming aangebracht.
Windturbines	
Vermogen	3 of 5 MW per turbine; 330 MW voor het volledige park
Aantal	110 of 66 stuks
Ashoogte	70 of 90 meter (ten opzichte van HAT)
Rotordiameter	90 of 126 meter
Prognose Productie	1.129.600 of 1.282.400 of MWh/jaar
Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windturbinepark	Vermogenkabels 33 kV Kabellengte : ca. 63,5 of 50,3 km Aanlegdiepte kabels : ca. 1m in de zeebodem
Transformatorstation	transformatoren 33/150 kV
Kabels naar land	2 vermogenkabels 150 kV Kabellengte op zee: 2 x ca. 50 km (optie Zeebrugge) of ca. 55 km (optie Oostende) tussen hoogspanningsstations en land Kabeltracé's : zie figuren Aanlegdiepte kabels : ca. 1 m in de zeebodem;
Geraamde transportverliezen	Ca 3 % (vanaf windturbines tot aanlanding)
Exploitatie	
Remote control windturbinepark	Controle van op land, locatie nog te bepalen
Frequentie gepland onderhoud	1 keer per jaar;
Logistiek – toegang naar windturbinepark	Vanuit BELWIND. Logistieke on shore basis (locatie nog te bepalen). Transporten naar het windturbinepark per boot

3 ALTERNATIEVEN

NAAR LOCATIE VAN HET WINDMOLENPARK

Er zijn geen alternatieven naar locatie. Er is een unieke zone waarvoor een concessie wordt aangevraagd en waarbinnen het windmolenpark zich situeert.

NAAR VERMOGEN EN CONFIGURATIE VAN HET WINDMOLENPARK

Op basis van de morfologische eigenschappen van de Bligh Bank en op basis van de heersende winddynamiek zijn een aantal alternatieven overwogen die werden afgewogen op de volgende criteria:

- Maximale energieproductie;
- Economische overwegingen;
- Stand van de techniek;
- Veiligheid.

Dit heeft geleid tot twee duidelijke alternatieven qua vermogen en configuratie:

- Een basisvariant met een opstelling bestaande uit 66 turbines van 5 MW;
- Een alternatieve variant met een opstelling bestaande uit 110 turbines van 3 MW.

Met de beide inrichtingsalternatieven worden de boven- en ondergrens voor het bij realisatie te selecteren windturbinevermogen bepaald. Met het windturbinevermogen verandert, als hiervoor aangegeven, ook het aantal windturbines en dus de inrichting van het windpark.

NAAR FUNDERINGSTYPE VAN DE WINDMOLEN

Diverse alternatieven qua funderingstype worden overwogen en komen in aanmerking voor beide alternatieven inzake vermogen en configuratie. Het type fundering is uiteraard afhankelijk van de locatie (zeebodem, waterdiepte) en de belastingen van de windturbine en de waterbewegingen (golven, stroming). Voor de offshore locaties op de Noordzee komen in principe verschillende funderingtypen in aanmerking: monopaal, jacket-vakwerk en een gravitaire fundering.

Rekening houdend met de op dit ogenblik beschikbare gegevens betreffende bodemgesteldheid, wordt de monopaalfundering voor de beoogde locatie de best beschikbare technologie geacht. Grondig bodemkundig onderzoek ter plaatse, inclusief proefboringen, zullen de definitieve keuze beïnvloeden.

NAAR KABELTRACÉ TUSSEN WINDMOLENPARK EN LAND

Voor het windmolenpark worden 2 kabeltracés vooropgesteld, die worden overwogen voor elk van de hierboven geschetste alternatieven qua vermogen en configuratie. De aanlandingspunten zijn respectievelijk:

- Aanlanding te Oostende: ca. 55 km;
- Aanlanding te Zeebrugge: ca. 50 km.

Volgens de oriëntatiestudie van ELIA is de netkoppeling van het windturbinepark zowel op het onderstation Oostende-Slijkens als dat van Zeebrugge mogelijk. Beide tracés lopen gelijk tot op een bepaald punt waar er een splitsing is, respectievelijk naar Oostende en naar Zeebrugge. Hierbij wordt (zie Figuur 1.2.2) duidelijk dat:

- Voor de optie "aanlanding te Oostende": de speciale beschermingszone SBZ-2 (Oostende) wordt doorkruist;

- Voor de optie "aanlanding Zeebrugge": de speciale beschermingszone SBZ-3 (Zeebrugge) wordt doorkruist, het gericht marien reservaat "Baai van Heist" en de speciale zone voor natuurbehoud "Vlakte van de Raan" (SBZ-H) worden niet doorkruist.

4 EFFECTBEOORDELING

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van de effectbeoordeling samengevat per discipline.

4.1 BODEM

4.1.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Het concessiegebied ligt ter hoogte van de Bligh Bank. De Bligh Bank bevindt zich buiten de 12mijls zone; de rand van het windmolenpark bevindt zich op een afstand van ongeveer 42 km van de kust. Het concessiegebied paalt aan de oostelijke zijde aan de Nederlandse territoriale wateren (zie Figuur 1.2.1). De Bligh Bank ligt ongeveer 10 km noordelijker dan de Bank zonder Naam. Bathymetrisch bevindt het onderzoeksgebied zich tussen 15 en 37 m diepte.

De Bligh Bank maakt een hoek van ca. 40° met de kustlijn. De Bligh Bank is de meest lineaire bank van de Hinderbanken groep en is ongeveer 23 km lang en 1,5 km breed (op basis van de 20m isobath) terwijl de bank zelden boven de 10m isobath uitsteekt (Deleu, 2001). De bank ligt in de richting ZZW-NNO; het NNO-einde is afgerond terwijl het ZZW-einde eerder langgerekt is. De bank is grotendeels asymmetrisch met de steile flank naar het oosten. Er komen groten duinen voor, die zich naar de kamlijn van de bank toebuigen.

Er treedt een circulatie rond de Bligh Bank van het sediment op in tegenwijzerzin. Er is geen duidelijke dominantie van de vloedstroming t.o.v. de ebstroming of omgekeerd, waardoor er geen migratie optreedt van de Bank in een bepaalde richting.

Het tertiair substraat van het westelijk deel van het BDNZ is de Formatie van Kortrijk (Y1), terwijl het oostelijk gedeelte op de jongere dagzomende leden van de Formaties van Tielt (Y2), Aalter (L), Maldegem (M) en Zelzate (P) gesitueerd is. De Bligh Bank doorloopt over een afstand van ca. 15 km vanaf zijn uiterst zuidwestelijke punt tot de oostgrens van het BDNZ de volledige vernoemde tertiaire sequentie. De dikte van het quartair dek loopt op tot net 20 m op de uiterste top van de Bligh Bank. In de geulen aan de voet van de bank valt de dikte terug tot minder dan 2,5 m.

Op de Bligh Bank komt er zand voor met gemiddelde korrelgrootte tussen 300-350 µm. Ten NW van de bank komt er een iets grovere zandfractie voor, tot 0.5 mm (Deleu, 2001). Het silt- of kleigehalte is telkens te verwaarlozen (< 0.2 %). De grindfractie is < 5 %. In de geul tussen de Bank Zonder Naam en de Bligh Bank loopt een brede strook sterk grindhoudend zand (fractie > 2 mm), alsook tussen de Bligh Bank en de Oosthinder. Algemeen komt grind voornamelijk in de geulen voor.

Er kan verwacht worden dat de chemische bodemkwaliteit van de Bligh Bank goed is, o.a.; wat zware metalen en TBT betreft.

Door de klimaatsverandering zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken en in de morfologie van het BDNZ. Zelfs binnen de termijn van de exploitatie zullen al veranderingen merkbaar zijn. Naast veranderingen in de algemene gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc., wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen. Er zijn geen andere mariene activiteiten (windturbineparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, …) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de Bligh Bank en het windturbinepark dat daar zou gebouwd worden.

4.1.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

CONSTRUCTIEFASE

Bij gebruik van een monopilefundering of jacket-vakwerk wordt er geen zand verwijderd maar wordt de paal ingeheid in de bodem. Het enige effect is dat de geologische lagen tot een diepte tussen circa 15 en 40 m (monopile) en 20-30 m (jacket-vakwerk) in de onmiddellijke omgeving van de paal gecompacteerd (verdicht) worden.

Per windturbine wordt ca. 38.400 m³ (3MW-turbine) of 57.940 m³ (5MW-turbine) zand uitgegraven, waarvan respectievelijk 4 of 6 % zal worden hergebruikt voor opvullen van de gravitaire fundering. Voor het aanwenden van het zandoverschot wordt voorgesteld dit zandoverschot te stockeren binnen het concessiegebied (totale stockage van ca. 4.000.000 m³ zand voor een windmolenpark met de 3MW turbines en 3.600.000 m³ zand voor het windmolenpark met de 5MW turbines).

Het zandoverschot – enkel relevant bij gravitaire funderingen - moet gestockeerd worden op een locatie zodat de globale morfodynamiek van het gebied zo minimaal mogelijk wordt gewijzigd. Het bepalen van de optimale locatie voor stockage van het zandoverschot is omwille van onvoldoende kennis over de dynamiek van het sediment niet eenduidig uit te voeren. De stortlocatie wordt best zo dicht mogelijk bij de te installeren windturbines gekozen en ten ZW van de windturbines. De optie om te stockeren per turbine moet – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – vanuit morfologisch oogpunt zeker overwogen worden.

De impact van de aanleg van de kabels is niet significant. De kans op een significante verontreiniging van de bodem is bijzonder klein.

EXPLOITATIEFASE

Hoewel er lokaal ter hoogte van de windturbines een verstoring zal optreden van het natuurlijke sedimenttransport (zie verder), zal dit amper enig effect hebben op de globale natuurlijke processen op de Bligh Bank. Daarvoor is immers het effect van elke constructie – door de aanwezigheid van de erosiebescherming – te gering en de afstand tussen de windturbines te groot. Dit geldt ook voor de kabels.

Het is duidelijk dat de lokale erosie bij een fundering zonder erosiebescherming zo groot zou zijn, dat het effect moet gemitigeerd worden en zelfs de stabiliteit van de gehele constructie op lange termijn zou kunnen ondermijnen. Daarom wordt door de initiatiefnemer onmiddellijk erosiebescherming voorzien bij elk type fundering. Een erosiebescherming bestaat uit een ring van stenen rondom de fundering. Het spreekt voor zich dat de grotere afmetingen bij gravitaire funderingen een grotere erosiebescherming vereisen dan bij paalfunderingen. De dimensies van de voorgestelde erosiebeschermingen zijn voor de monopile of jacket-vakwerk voldoende t.o.v. de hypothetische dimensies van een erosieput zonder bescherming; bij de gravitaire fundering is er hierover enige onzekerheid door het gebrek aan wetenschappelijke kennis. De erosie zal zich weliswaar verplaatsen naar de grenszone tussen de zeebodem en de erosiebescherming, in stroomafwaartse richting (secundaire erosie) maar in veel geringere mate. Hoewel de erosiebescherming op zich een lokale heterogeniteit vormt t.o.v. de zandige zeebodem, is het aanbrengen van de erosiebescherming aanvaardbaar voor het milieu.

De kabels worden voldoende diep gelegd (minimum 1 m, zelfs 4 m in de vaargeulen) zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Bovendien wordt het kabeltracé jaarlijks gemonitord, om een eventueel vrijkomen van de kabel tegen te gaan.

Net zoals bij de inrichtingsfase, is er geen enkele aanleiding dat de exploitatie zal leiden tot verontreiniging van de bodem.

Er is weinig verschil in effect tussen de basisvariant (5MW) en het alternatief (3MW).

ONTMANTELINGSFASE

De effecten die kunnen optreden tijdens de ontmantelingsfase hebben grotendeels dezelfde aard en omvang dan de potentiële effecten tijdens de constructiefase.

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming en de kabels kan op het einde van de exploitatie bepaald worden en zal gebaseerd kunnen zijn op een vergelijking tussen de effecten die verwacht worden als gevolg van de verwijdering en de effecten bij achterlaten van de materialen. De monitoringresultaten kunnen hierbij van belang zijn. Bij het besluit tot verwijdering zal tevens bepaald kunnen worden of en op welke wijze correctie van het bodemprofiel wenselijk is. Met betrekking tot kabels wordt opgemerkt dat niet meer gebruikte kabels in het algemeen werden verlaten.

4.1.3 Milderende maatregelen

Op het kabeltracé moet bij overkruisingen van andere leidingen, waarbij de minimale aanlegdiepte niet kan behaald worden, een extra bescherming aangebracht worden. Dit kan geschieden met dezelfde breuksteen die aangewend wordt voor de erosiebescherming op het turbinepark.

4.2 WATER

4.2.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

De stroming van het Noordzeewater wordt dus enerzijds veroorzaakt door de getijdenwerking (dominerende component), anderzijds door windeffecten of eventueel densiteitverschillen. De meest extreme situaties (grote stroomsnelheden en extreme waterniveaus) ontstaan wanneer een storm samenvalt met een springtij.

De waterdiepten variëren tussen 15 en 37 m, dus er zijn in het projectgebied vrij aanzienlijke verschillen in waterdiepte. Er treden significante golfhoogten op tussen 3 en 6 m, corresponderend met golfperioden tussen 0,4 en 2,2 s (RIKZ, 2007). De halfdagelijkse eb- en vloedcyclus voor de Belgische kust veroorzaakt een variatie in waterdiepte die meer dan 5 m kan bedragen.

De optredende watersnelheden bevinden zich grotendeels in het spectrum tussen 0,25 en 0,95 m/s. De residuele gemiddelde (oppervlakkige) watersnelheid bedraagt ongeveer 0,55 – 0,57 m/s. Oppervlakkige stromingen zijn duidelijk getijde gebonden waarbij de (uit het ZW komende) vloedstroom domineert boven de ebstroom die uit het NO komt. De stroming komt, gedreven door de getijdenwerking en overheersende winden, ter hoogte van het projectgebied hoofdzakelijk uit het ZZW en daarnaast ook uit het NNO.

De gemiddelde watertemperatuur in het BDNZ (Belgisch Deel van de Noordzee) is ongeveer 11 °C. Er treden seizoenale variaties op met een grootte-orde van 8 à 9 °C ten opzichte van de gemiddelde temperatuur. De saliniteit in het BDNZ bedraagt ongeveer 31-35 mg/kg.

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

De turbiditeit of helderheid van het zeewater wordt bepaald door de hoeveelheid zwevend (in suspensie) materiaal in het water. Specifieke informatie voor de Bligh Bank werd niet teruggevonden, maar er kan worden aangenomen dat gemiddelde concentraties zeker lager dan 10 mg/l bedragen.

Door de klimaatsverandering zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken 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 maximum 0,9 m in de periode 1990-2100. Naast veranderingen in de algemene, gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc. wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen.

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. Er zijn geen andere mariene activiteiten (windturbineparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, …) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de Bligh Bank en het windturbinepark dat daar zou gebouwd worden.

4.2.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

CONSTRUCTIEFASE

Tijdens de inrichtingsfase – zowel voor de plaatsing van de kabels als van de windturbines - treden geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering.

Analoog als voor zware metalen, is de potentiële impact van het vrijkomen van organische polluenten uit de bovenste sedimentlaag tijdens de inrichting vrij gering, Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78) voor afval sinds 1991 en voor olie sinds 1999 resulteert deze activiteit niet in lozingen van afval of olie. Het baggeren kan een kleine tijdelijke toename van nutriënten in de waterkolom veroorzaken. De aangroeiwerende verf op de schepen die wordt aangebracht tijdens de inrichtingsfase is, TBT-vrij. Op temperatuur, opgeloste zuurstof, saliniteit wordt geen invloed verwacht.

Tijdens de constructie van de fundering zal een lokale verhoging van de turbiditeit kunnen vastgesteld worden, zowel bij het inheien van palen (monopaal, jacket-vakwerk) als bij het baggeren en terugstorten van zand (gravitaire fundering). Normaliter zal er gewerkt worden bij rustige (weinig stroming) weersomstandigheden, waardoor kan verondersteld worden dat de natuurlijke turbiditeit laag is. Dit betekent eveneens dat de bezinking van het opgewoelde sediment relatief snel zal optreden en in een geringe straal rondom de activiteiten. 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 stromen, een verwaarloosbaar effect.

De impact (verhoging van de turbiditeit) wordt – voor beide typen kabels en uitvoeringswijzen – als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld.

Er is weinig verschil in effect tussen de basisvariant (5MW) en het alternatief (3MW). Bij het alternatief zal er meer turbiditeit optreden omdat er meer turbines geplaatst worden.

EXPLOITATIEFASE

Er is geen significante invloed van een windturbineconstructie op de stroming, noch van de ondergronds liggende kabels.

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

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

Er is weinig verschil in effect tussen de basisvariant (5MW) en het alternatief (3MW).

ONTMANTELINGSFASE

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

4.2.3 Milderende maatregelen

Als onderdeel van het globale veiligheidssysteem, 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 ramp ontstaat met nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit (vb. olielek).

4.3 KLIMATOLOGISCHE FACTOREN EN ATMOSFEER

4.3.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

België kent een gematigd zeeklimaat, met een koele zomer en een zachte winter. Op zee worden gelijkaardige kenmerken waargenomen, maar er heerst een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. De meest voorkomende windrichting voor de Belgische kust is (W)ZW. De windsnelheid neemt toe met de hoogte boven de waterspiegel. Op een hoogte van 100 meter boven de zeespiegel ligt de windsnelheid gemiddeld tussen 8,5 en 10 m/s.

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

Met betrekking tot de luchtkwaliteit zijn de relevante parameters CO, NO_x SO_2 en PM10 (stof). De luchtkwaliteit voldoet ter hoogte van de Belgische kust ruimschoots aan de kwaliteitsdoelstellingen voor deze parameters. CO_2 is zoals eerder werd aangehaald vooral belangrijk met betrekking tot het broeikaseffect.

Bij de autonome ontwikkeling kan gesteld worden dat:

- De emissies, die een gevolg zijn van het materiaalgebruik, de constructie en ontmanteling van het windturbinepark niet zullen plaatsvinden en er bijgevolg ook geen tijdelijke beïnvloeding zal zijn van de lokale luchtkwaliteit als gevolg hiervan;
- De vermeden emissies als gevolg van de elektriciteitsproductie door het windturbinepark wel zullen gerealiseerd worden.;
- De atmosferische CO_2-concentraties verder zullen toenemen;

- Door het Intergovernmental Panel on Climate Change tijdens de volgende 2 decennia een opwarming van 0,2 °C per decennium verwacht wordt, een waarde die overeenstemt met de opwarming die op dit ogenblik wordt waargenomen. De verwachtingen over de gemiddelde wereldwijde opwarming tegen 2100 zijn sterk afhankelijk van de emissiescenario's die men bekijkt. Vergeleken met de periode 1980-1999 wordt de verwachte opwarming geschat op 1,8 tot 4,0 °C.

4.3.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.3.2.1 Constructiefase

Tijdens de constructiefase moet niet enkel rekening gehouden worden met de eigenlijke bouw van het windturbinepark, maar ook met de winning van de grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van de windturbines. Deze fase omvat verder ook de productie van de onderdelen, de premontage van de windturbines en onderdelen in een nabijgelegen haven (in dit geval Zeebrugge of Oostende), het transport naar de Bligh Bank en de eigenlijke constructie van het windturbinepark.

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 impact op de luchtkwaliteit zal het grootst zijn voor de alternatieve variant, maar zal in beide gevallen beperkt blijven.

De emissies ten gevolge van scheepvaart zullen slechts een zeer beperkte invloed hebben op de lokale luchtkwaliteit ter hoogte van het Kanaal.

4.3.2.2 Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het turbinepark.

Het belangrijkste effect tijdens de exploitatiefase zijn echter de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de geprognosticeerde netto elektriciteitsproductie van het windturbinepark (983 (3 MW) – 1.120 (5 MW) GWh/jaar) niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt.

De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 3,5 tot 4 % van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke in combinatie met nucleaire productie, bedragen 2,1 tot 2,4 % van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten.

Tegen 2010 worden aan België emissieplafonds voor SO_2 en NO_x opgelegd van respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar (2001/81/EG). De vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen respectievelijk 1,04 tot 1,19 % van het emissieplafond voor SO_2 en 0,55 tot 0,62 % van het emissieplafond voor NO_x, wat significant is. De Kyoto doelstelling voor België is een reductie van de uitstoot van broeikasgassen tot 130,5 miljoen ton CO_2 equivalent tegen 2010. De vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 0,56 tot 0,64 % van dit plafond, wat significant is.

Indien de elektriciteitsproductie door dit windturbinepark 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 met betrekking tot de invloed op de luchtkwaliteit op het land.

Het windturbinepark zal slechts in zeer kleine mate bijdragen tot de reductie van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal een meetbare bijdrage leveren op Belgisch vlak. De effecten die deze reductie van broeikasgasemissies met zich mee kunnen brengen, zoals op de temperatuur van de aarde en op het zeewaterpeil, zullen te klein zijn om ze correct in te schatten. Effecten op het voorkomen van extreme situaties (stormen, strenge winters, hete zomers, …) zijn nog veel moeilijker in te schatten, maar zullen even klein zijn.

De effecten van het windturbinepark op het lokale windklimaat zullen beperkt blijven tot zeer lokale effecten in het windturbinepark. De windsnelheid wordt beïnvloed door het windturbinepark tot ongeveer 3 km na de laatste windturbines.

Het effect van de warmte-afgifte van de ingegraven kabel op het lokaal temperatuursklimaat zal beperkt blijven tot de zeer nabije omgeving in de bodem (maximaal enkele meters).

4.3.2.3 Ontmantelingsfase

De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik in de levenscyclus van een windturbine omdat ca. 80% van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. De winning van nieuwe grondstoffen en de hieraan verbonden emissies worden hierdoor beperkt.

De impact op de luchtkwaliteit als gevolg van emissies van vaartuigen die worden ingezet bij de ontmanteling is zoals in de constructiefase lokaal (ter hoogte van de locatie waar de windturbines staan), beperkt in de tijd en zeer beperkt in vergelijking met de totale emissies door scheepvaart in het Kanaal, zodat niet voor een significante impact op de luchtkwaliteit dient gevreesd te worden.

4.3.3 Milderende maatregelen

Globaal gezien zijn de windturbines verantwoordelijk zijn voor een significante reductie in vergelijking met de emissies van klassieke centrales op land wat zowel op het vlak van de luchtkwaliteit als met betrekking tot de beperking van de emissie van broeikasgassen zeer positief is. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie bedragen 3,5 % (3 MW) tot 4 % (5 MW) van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten. Bovendien is de impact van het project op de luchtkwaliteit tijdens de constructie- en ontmantelingsfase en op het windklimaat en het sediment rondom de kabels tijdens de exploitatiefase beperkt, zodat er zich geen mitigerende maatregelen of compensaties opdringen.

4.4 GELUID EN TRILLINGEN

4.4.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Ten behoeve van de referentiesituatie wordt het huidige geluidsklimaat besproken op 4 plaatsen namelijk boven water, onder water, aan de kustlijn en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen.

Onder water ligt het natuurlijk achtergrondgeluidsniveau ongeveer tussen 90 en 100 dB (re 1µPa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz. Natuurlijke geluiden zijn hierin de belangrijkste bijdrage. Voorbijvarende schepen kunnen echter wel voor een tijdelijke verhoging van het geluiddrukniveau (110-120 dB (re 1 µPa)) in hetzelfde frequentiegebied zorgen.

Boven water wordt het achtergrondgeluidsniveau (LA95) geraamd op 35 + 5 dB(A).

Uit literatuurgegevens blijkt dat aan de kustlijn het achtergrondgeluidsniveau tussen 50 en 65 dB(A) ligt op 25 m van de kustlijn. Dit geluiddrukniveau is afhankelijk van de windrichting en windsnelheid.

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen ligt het achtergrondgeluid tussen de 30 en 40 dB(A).

Op het gebied van geluid is er globaal gezien geen significante verandering te verwachten bij de autonome ontwikkeling van het gebied. Het onderwatergeluid zal weinig evolueren doordat er geen noemenswaardige toename van de scheepvaart verwacht wordt in het ondiepe kustwater boven deze zandbank. Enkel de constructie en de exploitatie van de windturbineparken van C-Power (Thorntonbank) en Eldepasco (Bank Zonder Naam) zullen voor een verandering zorgen t.o.v. de huidige situatie.

4.4.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.4.2.1 Constructiefase

Als gevolg van de activiteiten tijdens de constructiefase (heien, varen…) zal er een tijdelijk verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn zowel boven als onder water. Maar er worden geen significante effecten verwacht.

4.4.2.2 Exploitatiefase

Onder water

Bij de beoordeling van het onderwatergeluid dient er wel opgemerkt te worden dat er hier een grote leemte in de kennis bestaat over de geluidsimmissie en –emissie van de gebruikte windturbines (110 windturbines van 3 MW of 66 windturbines van 5 MW).

Het specifieke geluid van een windturbine bestaat vooral uit frequenties kleiner dan 1 kHz en een geluidsdrukniveau tussen <90 en 115 dBLeq re 1 µPa op 1 m afstand.

Er werd berekend dat op een afstand van 500 m (veiligheidszone) van de windturbine onder water het specifieke geluid van de windturbine onderwater vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid. Op deze afstand zullen er dus vermoedelijk geen effecten voorkomen op de onderwaterfauna. Wanneer er onder water een maximum achtergrondgeluidsniveau van 195 dB (re 1µPa) voorkomt, zullen de windturbines slechts tot 50 m duidelijk detecteerbaar zijn. Bij deze conclusie wordt er verondersteld dat voor alle onderwaterfauna een maskeereffect van de waarneming van geluid optreedt dat vergelijkbaar is met het maskeereffect dat optreedt in het gehoor van de meeste landdieren. Bij hogere windsnelheden zal het specifieke geluid van de windturbine hoger worden, maar tegelijkertijd neemt ook het achtergrondgeluidsniveau toe door brekende golven en waterbeweging. Als besluit kan aangenomen worden dat het effect van het geluid van de windturbine onder water in het slechtste geval beperkt blijft tot het gebied tussen de windmolens en niet buiten de 500 m veiligheidsgrens zal gaan. Een belangrijke opmerking is wel dat bij het voorbijvaren van een klein schip al geluidsniveaus vastgesteld worden die meer dan 10 dB hoger zijn dan het gehanteerde maximale achtergrondgeluid. Het gaat hier dan wel om een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Boven water

In een matig belastende situatie plant het geluid zich driedimensionaal voort, en bereikt op een afstand van 0,6- 0,9 km en op een afstand van 1,2 – 1,8 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Boven het wateroppervlak kunnen de windturbines tot op een afstand van 8 km hoorbaar zijn. Net zoals onder water zal het specifieke geluid van de windturbines boven water toenemen naarmate de windsnelheid stijgt, maar dan zal tezelfdertijd ook het achtergrondgeluidsniveau stijgen.

Algemeen kan er gesteld worden dat bij de dichtste afstand tot het windturbinepark, waar boten mogen varen (500 m veiligheidsgrens rond het park) de windturbines waarneembaar zullen zijn met een geluidsniveau van ongeveer 50 dB(A). 50 dB(A) is vergelijkbaar met het geluid van licht autoverkeer op 30m, regen, een koelkast, omgevingsgeluid in het bos.

Het berekende specifieke geluid in een matig belastende situatie (wanneer het geluid zich driedimensionaal voort plant) van het windturbinepark zal aan de kustlijn en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen lager liggen dan het gemeten achtergrondgeluid en bijgevolg niet detecteerbaar zijn.

4.4.2.3 Ontmantelingfase

Als gevolg van de activiteiten tijdens de ontmantelingfase zal er een tijdelijk verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn zowel boven als onder water. Maar er worden geen significante effecten verwacht.

4.4.3 Milderende maatregelen

Gezien de leemte in de kennis met betrekking tot de impact van het onderwater geluid van windturbines die in dit project gebruikt zullen worden (110 windturbines van 3 MW of 66 windturbines van 5 MW) lijkt het niet zinvol om milderende maatregelen voor te stellen ter bestrijding van het onderwatergeluid. Er wordt wel voorgesteld om observaties van het onderwatergeluid te houden (monitoring). Indien uit deze observaties blijkt dat er wel een grote impact onder water voorkomt, dienen er alsnog milderende maatregelen genomen te worden.

Doordat het aantal waarnemers op zee die de windturbines frequent zullen waarnemen zo beperkt is, lijkt het evenmin nuttig milderende maatregelen voor te stellen voor het luchtgeluid. Bij Bligh bank zullen moderne offshore windturbines worden ingezet, waarbij bij het ontwerp en de productie van de windturbines gestreefd wordt naar reductie van windturbinegeluid.

4.5 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT

4.5.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

4.5.1.1 Invertebraten en vissen

De beschrijving van de invertebraten en de vissen in het studiegebied is in de eerste plaats gebaseerd op de recente studie naar de referentietoestand op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006), gelegen op ca. 15 km van de Bligh Bank. Vervolgens is 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 Belgische deel van de Noordzee.

Mariene bodemdieren of benthos spelen een belangrijke rol in het voedselweb (belangrijk prooiaanbod voor demersale vissen) en het ecosysteem. Ze dragen bij tot de biodiversiteit en de productiviteit van de zee. In deze studie wordt enkel aandacht besteed aan het epibenthos (> 1 mm; op bodem) en het macrobenthos (> 1 mm; in bodem). Door zijn geringe mobiliteit is het aanwezige macrobenthos een belangrijke indicator voor de 'gezondheid' van mariene systemen. Voor de vissen wordt enkel gekeken naar de vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven (demersale vissen) daar zij naar alle waarschijnlijkheid de meeste hinder zullen ondervinden van de geplande werkzaamheden.

Er worden twee macrobenthische gemeenschappen aangetroffen op de Bligh Bank: de *Nephtys cirrosa* gemeenschap en de *Ophelia limacina-Glycera lapidum* gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004; Degraer *et al.*, 2006).

De *Nephtys cirrosa* gemeenschap is de wijdst verbreide gemeenschap in het Belgische Deel van de Noordzee en komt voor in iets fijnzanderige sedimenten. De gemeenschap wordt gekenmerkt door een lage soortenrijkdom en dichtheid, typisch voor goedgesorteerde mobiele zanden. Mobiele polychaeta (o.a. *Nephtys cirrosa*) en crustacea (o.a. *Bathyporeia guilliamsoniana* en *Urothoe brevicornis*) zijn typische soorten voor deze gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). De dominante soorten zijn gelijkaardig als deze gevonden op de Thorntonbank. Op de Thorntonbank werden ze aangetroffen met volgende abundanties: *Nephtys cirrosa* (tussen 0 en 160 ind/m²), *Bathyporeia guilliamsoniana* (tussen 0 en 160 ind/m²), *Urothoe brevicornis* (tussen 0 en 450 ind/m²) en *Spiophanes bombyx* (tussen 0 en 140 ind/m²; in de randzone) (De Maersschalck *et al.*, 2006). In termen van biomassa betekent dit *Nephtys cirrosa* (tussen 0 en 1800 mg AFDW/m²), *Bathyporeia guilliamsoniana* (tussen 0 en 100 mg AFDW/m²) en *Urothoe brevicornis* (tussen 0 en 100 mg AFDW/m²) (De Maersschalck *et al.*, 2006). Zowel de abundanties als de diversiteit, biomassa's en productiviteit zijn in de meeste stations in het najaar hoger dan in het voorjaar. De dominante soorten (*Bathyporeia guilliamsoniana, Nephtys cirrosa, Spiophanes bombyx* en *Urothoe brevicornis*) werden al in de periode 1976-1986 en in de periode 1994-2001 waargenomen (De Maersschalck *et al.*, 2006). Opmerkelijk was echter de lichte stijging van de densiteit van deze soorten doorheen de tijd.

De *Ophelia limacina-Glycera lapidum* gemeenschap wordt teruggevonden in grofzandige sedimenten, voornamelijk ver van de kust. Deze gemeenschap wordt gekarakteriseerd door zeer lage densiteiten en een zeer lage diversiteit. *Nephtys cirrosa*, *Ophelia limacina* en *Glycera lapidum* zijn de typische soorten voor deze gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004).

Gezien de Bligh Bank algemeen gekenmerkt wordt door een lagere biologische waarde, zullen de waargenomen densiteits- en biomassagegevens van de dominante soorten hier wellicht iets lager zijn dan op de Thorntonbank. De biologische waarderingskaart (Derous *et al.*, 2007) bevestigt deze bevindingen en classificeert de Bligh Bank als een gebied met een matige tot lage biologische en ecologische waarde.

Er zijn geen gedetailleerde data beschikbaar voor het epibenthos op de Bligh Bank. Dezelfde patronen kunnen echter verwacht worden als deze beschreven voor de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006). In totaal werden 38 epibentische soorten genoteerd op de Thorntonbank. De totale densiteit lag in de meeste zones gemiddeld 4 maal hoger in het voorjaar 2005 (43 ind/1000m²) t.o.v. het najaar 2005 (10 ind/1000m²). Algemeen worden in de dieper gelegen stations (randzones/geulen) gemiddeld iets meer soorten gevonden dan in de ondiepere stations (De Maersschalck *et al.*, 2006). De stations op de top van de zandbanken zijn bovendien gekenmerkt door een veel lagere densiteit en biomassa (gemiddeld 4-5x) dan de diepere stations (De Maersschalck *et al.*, 2006). Dezelfde dominante soorten worden zowel op de bank als in de geul aangetroffen. Gezien zijn offshore ligging (± 15 km zeewaarts van de Thorntonbank) zullen de densiteiten en biomassawaarden iets lager zijn dan op de Thorntonbank en zeker veel lager dan de rijke kustgebieden.

De Maersschalck *et al.* (2006) toont gelijklopende patronen voor de Oostdyck, Blighbank en Thorntonbank betreffende de demersale vissen. De resultaten in verband met de referentietoestand van de demersale vissen op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) kunnen dus als basis dienen voor de Bligh Bank en worden als volgt samengevat. In totaal werden 40 demersale vissoorten genoteerd in 2005, waarvan 32 soorten in het voorjaar en 29 in het najaar. In het voorjaar waren de belangrijkste soorten in termen van densiteit in alle zones: sprot *Sprattus sprattus* en haring *Clupea harengus* (Clupeiformes), naast rasterpitvis *Callionymus reticulatus* en in mindere mate gewone pitvis *Callionymus lyra* (Perciformes), en schar *Limanda limanda* en dwergtong *Buglossidium luteum* (Pleuronectiformes). Het najaar werd overheerst door horsmakreel *Trachurus trachurus*, kleine pieterman *Echiichtys vipera*, beide pitvissen en dikkopje *Pomatoschistus minutus* voor de Perciformes en dwergtong *Buglossidium luteum* en schar *Limanda limanda* voor de Pleuronectiformes. In het voorjaar behoorden de belangrijkste

vertegenwoordigers tot de Clupeiformes (>80 %). In het najaar echter waren de Clupeiformes zo goed als afwezig.

Een duidelijk onderscheid is waarneembaar tussen de toppen en de randen van de bank. Algemeen gezien is de gemiddelde densiteit ongeveer 75-80 % lager op de toppen dan in de geulen. De gemiddelde densiteit op de bank is vergelijkbaar in het voor- en najaar (24-38 ind/1000m²), maar de diversiteit is hoger in het najaar (16-18 soorten) dan in het voorjaar (11-12 soorten). Zowel op de toppen als in de geulen overheersten de Perciformes (resp. 75-85 % en 50-85 %), met een bijdrage van de Pleuronectiformes tussen 10 en 35 %.

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat de benthosgemeenschappen en de demersale visfauna niet wezenlijk zouden veranderen indien geen windturbinepark gebouwd en geëxploiteerd zou worden. Langetermijn trends tonen namelijk geen wijziging in dominante soorten, enkel een algemene stijging in densiteit en soortenrijkdom. Andere activiteiten zoals visserij en aggregaatextractie, maricultuur,..., net als de klimaatsveranderingen, kunnen echter wel een invloed hebben op de onderwaterfauna.

4.5.1.2 Vogels

Het soortenspectrum op de Bligh Bank is niet gelijkaardig als dat van de rest van het BDNZ. Kustgebonden soorten komen er in mindere mate voor; soorten die dieper in zee voorkomen zoals Jan van Gent, Drieteenmeeuw, Zeekoet en Alk maken een belangrijk deel uit van het soortenspectrum op de Bligh Bank. De Bligh Bank wordt voor geen enkele zeldzame zeevogel als een belangrijk gebied aanzien.

Tijdens de zomerperiode komen op de Bligh Bank vooral Kleine Mantelmeeuwen voor; een klein aandeel van de aanwezige vogels bestaat uit Jan van Genten. Gedurende de winterperiode is het soortenspectrum gevarieerd: vooral Zeekoet, Drieteenmeeuw en Alk komen er voor, maar ook (weliswaar in beperkte mate) Grote Mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Stormmeeuw, Grote Jager, Jan van Gent, Noordse Stormvogel en duikers. In het voorjaar komen op de Bligh Bank frequent Zilvermeeuwen, Drieteenmeeuwen en Zeekoeten voor. Kleine Mantelmeeuw, Noordse Stormvogel en Jan van Gent komen er in deze periode ook voor, maar slechts sporadisch. Tijdens het najaar domineren op de Bligh Bank vooral Jan van Genten; ook Alk en Drieteenmeeuw komen er frequent voor. Verder komen op de Bligh Bank in het najaar ook Noordse Stormvogel en Kleine Mantelmeeuw voor, maar hun aandeel is beperkt.

Naast de typische zeevogelsoorten komen boven het BDNZ ook grote aantallen niet-zeevogels voor. Vele van deze soorten zoals Aalscholver, Smient en Wilde Eend zijn vooral kustgebonden. De offshore gelegen Bligh Bank is bijgevolg geen belangrijk gebied voor deze niet-zeevogels. Zangvogels gebruiken de Belgische zeegebieden als trekroute. Enkel Spreeuw, Vink, Veldleeuwerik, Koperwiek en Graspieper, werden in noemenswaardige aantallen waargenomen tijdens scheepstellingen op de Noordzee. De doortrek is het meest intens langsheen de kust; verder op zee gebeurt de trek via een breed font.

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat bij het niet installeren van een windpark op de Bligh Bank de ornithologische waarde van de site nagenoeg hetzelfde zal blijven. Behalve bestaande (semi)-natuurlijke fluctuaties in het zeevogelbestand (bijvoorbeeld door veranderingen in de voedselbeschikbaarheid, of door verschuivingen in de overwinteringsgebieden) zijn er geen aanwijzingen dat er momenteel belangrijke wijzingen zullen plaatsvinden in het doelgebied. Veranderingen in de verspreiding van zeevogels als gevolg van de opwarming van de aarde zullen niet op korte termijn meetbaar zijn en zullen dientengevolge ook niet interfereren met een toekomstige monitoring van zeevogels in het doelgebied (Stienen *et al.*, 2002).

4.5.1.3 Zeezoogdieren

Sinds het voorjaar van 2003 worden in toenemende mate zeezoogdieren gemeld op het BDNZ, waarbij vooral Bruinvis en Witsnuitdolfijn de belangrijkste soorten zijn. Dit is een algemene trend, waarvan de oorzaak mogelijk gezocht moet worden in de sterk verslechterde voedselomstandigheden in het noordelijkere verspreidingsgebied van deze soorten, hoewel andere oorzaken niet kunnen worden uitgesloten (Courtens *et al.*, 2006).

Vier zeezoogdiersoorten Gewone Zeehond, Grijze Zeehond, Bruinvis en Tuimelaar hebben residente populaties in de Noordzee: zij gebruiken dit gebied om zich voort te planten en voedsel te zoeken. Witsnuitdolfijn, Witflankdolfijn en Dwergvinvis vertoeven regelmatig met grote aantallen in grote delen van de Noordzee om zich te voeden (ICES, 2001). Op basis van strandingen aan de Belgische kust en zichtwaarnemingen op het BDNZ kunnen vier zeezoogdiersoorten als algemene tot vrij algemene verschijningen in de Belgische mariene wateren beschouwd worden: Bruinvis, Witsnuitdolfijn, Gewone Zeehond en Grijze Zeehond.

Een aantal zones op het BDNZ zijn belangrijker voor zeezoogdieren dan andere. Zo lijken onder meer de zone tussen Oostende en het ankergebied, de omgeving van de Thorntonbank en de Gootebank en de diepe zone ten noorden van de Hinderbanken belangrijk te zijn voor Bruinvissen en Witsnuitdolfijnen (Courtens *et al.*, 2006). Onder andere in het oostelijk deel van het BDNZ lijken zeezoogdieren ondervertegenwoordigd. Dit geldt o.a. ook voor de Bligh Bank, waar tot op heden op 1 waarnemingspunt Bruinvis werd geteld nl. aan de uiterste zuidelijke punt van de Bligh Bank. Andere zeezoogdieren ontbreken er ogenschijnlijk zelfs volledig.

Van de vier meer algemene zeezoogdiersoorten is de Bruinvis de algemeenste soort in de Belgische mariene gebieden. Ze komen het hele jaar door voor in de Belgische zeegebieden, maar ze worden vooral in het voorjaar (januari tot mei) vaak waargenomen. Een analyse van een groot aantal onderzoeksgegevens (Reid *et al.*, 2003) toont echter aan dat Bruinvissen in Belgische mariene wateren relatief minder algemeen zijn dan in de centrale en noordelijke Noordzee. De aanwezigheid van de Bruinvis en de aantallen in Belgische mariene gebieden, zijn tamelijk onvoorspelbaar. Op basis van de tellingen uit de INBO-databank is het niet mogelijk om een schatting te maken van de populatiegrootte van Bruinvissen op het BDNZ. In verhouding tot de totale populatiegrootte in de zuidelijke Noordzee stelt Stienen *et al.* (2003) dat de populatie op het BDNZ op internationaal vlak van ondergeschikt belang is.

Uit het databestand van de BMM (niet gepubliceerd) blijkt dat er elk jaar enkele groepjes Witsnuitdolfijnen waargenomen worden op zee. Uit de analyse van een groot aantal gegevens blijkt dat de Witsnuitdolfijn in de zuidelijke Noordzee relatief zeldzaam is ten opzichte van de centrale en noordelijke Noordzee (Reid *et al.*, 2003). Stienen *et al.* (2003) stelt dat in verhouding tot de totale populatiegrootte van de Noordzee, de soort voor het BDNZ van weinig betekenis is.

Uit de zoogdierendatabank van de BMM blijkt dat er regelmatig Gewone Zeehond en Grijze Zeehond wordt gemeld op het BDNZ. Gewone Zeehond wordt voornamelijk gezien tijdens het najaar en in de wintermaanden (augustus - februari) en minder in het voorjaar. De grootste concentraties van Gewone Zeehond aan onze kust bevinden zich aan de Westkust (nabijheid van Vlaamse banken). De dichtst bij de Bligh Bank gelegen locatie met kolonies van Gewone Zeehond is het Deltagebied met maximum ongeveer 165 dieren (BMM, 2004). Het aantal Grijze Zeehonden in de zuidelijke Noordzee is kleiner dan het aantal Gewone Zeehonden en in vergelijking met de noordzeepopulatie verwaarloosbaar.

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat bij het niet installeren van een windpark op de Bligh Bank 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 wijzingen plaatsvinden in het gebied. Veranderingen in de verspreiding van zeezoogdieren als gevolg van de opwarming van de aarde zullen niet op korte termijn

meetbaar zijn en zullen bijgevolg ook niet interfereren met een toekomstige monitoring van zeezoogdieren in het gebied (Stienen *et al.*, 2002).

4.5.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.5.2.1 Invertebraten en vissen

CONSTRUCTIEFASE

De effecten die kunnen optreden tijdens de constructiefase zijn: vernietiging van de habitat (biotoopverlies), verlies aan organismen, verstoring (sedimentatie, geluid en trillingen, vrijkomen van sediment gebonden stoffen, olie). Met uitzondering van de vernietiging van biotoop en organismen, zijn de andere effecten tijdelijk.

Door de plaatsing van de windturbines en het transformatorplatform met de voorziene erosiebescherming zal er een deel van het biotoop van benthische organismen ingenomen worden. Dit verlies aan biotoop is sterk afhankelijk van het gekozen funderingstype. In het geval van de gravitaire fundering gaat namelijk een aanzienlijk deel verstoord worden door de stockage van het uitgebaggerde zand voor de funderingen. Voor de monopile wordt ongeveer 0,06 km² ingenomen, terwijl dit voor de gravitaire fundering oploopt tot ca. 1,5 km² bij een stockage van 5 m laagdikte of ca. 4,5 km² bij een stockage van 1 m laagdikte. Dit effect doet zich onmiddellijk voor en is onomkeerbaar tijdens de exploitatiefase van het park. Gezien de betrokken oppervlakte inname klein is in vergelijking met het gehele BDNZ (max. ± 0,1%), wordt het biotoopverlies voor benthische organismen als een gering negatief effect beoordeeld.

De plaatsing van de funderingen en de erosiebescherming zal plaatselijk een verlies aan individuen tot gevolg hebben dat recht evenredig is met het verlies aan biotoop. Nagenoeg alle macrobenthos bevindt zich immers in de bovenste 10 cm van het sediment. Ook een deel van het epibenthos en de demersale vissen zullen beschadigd worden of sterven. Het betreft een rechtstreeks en onomkeerbaar effect, maar naar verwachting zal de invloed van de mortaliteit geen grote negatieve impact hebben op de biomassa of op het functioneren van het plaatselijke ecosysteem. Bovendien is het zo dat een mogelijke sluiting van het gebied voor bepaalde activiteiten (zoals boomkorvisserij) een gunstig effect zal hebben op zowel het benthos als het visbestand (refugium effect).

Tijdens de bouwfase zal het volledige concessiegebied algemeen verstoord worden. Deze verstoring zal voornamelijk het gevolg zijn van de productie van geluid en trillingen, het omwoelen van de zeebodem en de daaruit voortvloeiende wijziging in turbiditeit. De vertroebeling kan leiden tot het verstoppen van de filtermechanismen van mariene organismen met mogelijks fatale gevolgen, maar kan ook de beschikbaarheid van prooien voor vissen verhogen. In vergelijking met de zandontginningsactiviteiten die plaatsvinden op de Noordzee, is de verstoring (sedimentatie) door de aanleg van het offshore windturbine park klein, lokaal en tijdelijk. Bovendien is de aanwezige levensgemeenschap al goed aangepast aan het van nature zeer dynamische systeem, waardoor er geen grote negatieve invloed verwacht wordt door sedimentatie, zelfs niet bij langdurige werken en dit ongeacht het funderingstype.

De meeste hinder valt te verwachten tijdens het heien van de palen wanneer gekozen wordt voor een monopaalfundering. Deze verstoring kan tot significante effecten (gehoorschade, bloedingen, sterfte, gedragsveranderingen) leiden bij bepaalde vissen. Gezien het groter aantal turbines in de 3 MW variant zal het effect van geluid hier groter zijn. Er heerst echter nog grote onzekerheid over de grootte van het effect en soortspecifieke gegevens zijn nog niet voor handen. Uitgaande van de recente monitoringsstudies in Horns Rev en Nysted, wordt het effect als beperkt negatief beoordeeld. Verder onderzoek is wenselijk.

In tegenstelling tot het funderingstype en de opstellingsvariant (aantal turbines), is de keuze voor het vermogen (3 MW versus 5 MW) van de turbine niet bepalend voor de effecten tijdens de constructiefase.

EXPLOITATIEFASE

De belangrijkste effecten ten gevolge van de exploitatie van het windturbinepark kunnen als volgt worden samengevat: introductie van hard substraat, geluid en trillingen en andere vormen van verstoring.

De introductie van hard substraat in zeegebieden die bijna uitsluitend bestaan uit zandige sedimenten kan beschouwd worden als het belangrijkste effect van de bouw van het windturbine park. 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 abundantie en de biomassa van bepaalde soorten doen toenemen. Welke dier- en plantensoorten en in welke aantallen zij de kunstmatige structuren zullen bevolken, hangt af van de complexiteit en de hoogte van de structuur, de lichtinval, de waterdiepte en het soort materialen dat wordt gebruikt. Naargelang de invalshoek kan dit effect zowel positief (o.a. verhoogde biomassa en diversiteit) als negatief (o.a. verstoring natuurlijk habitat, nieuwe "schadelijke" soorten) beoordeeld worden.

De totale oppervlakte hard substraat is sterk afhankelijk van het funderingstype en het aantal turbines (3 MW of 5 MW variant). Voor het volledige windturbinepark zal het volume hard substraat dat mogelijks gekoloniseerd kan worden door organismen (aanname: 20 m van de turbine) variëren tussen de 86.707 m² (monopile 5 MW) en de 228.907 m² (gravitaire 5 MW) of maximaal een bijdrage van 0,65 % van de concessie zone (35,4 km²).

De grootte van de impact –ongeacht of het nu positief of negatief geëvalueerd wordt, is op huidig ogenblik moeilijk in te schatten voor het offshore windturbinepark op de Noordzee. Het is duidelijk dat de oppervlakte geïntroduceerd hard substraat veel omvangrijker zal zijn in geval van een graviteitfundering dan bij een monopile. De keuze voor de basisvariant (5 MW) of de alternatieve variant (3 MW) is minder bepalend. Het aandeel dat effectief beschikbaar is voor kolonisatie door organismen is – ongeacht het funderingstype- relatief klein daar zowel de funderingen als een groot deel van de erosiebescherming ingegraven liggen in de zeebodem en dus volledig bedekt zullen worden door het oorspronkelijke zachte substraat. Er kan dus verwacht worden dat ondanks de significante wijziging ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, het effect als aanvaardbaar beschouwd kan worden gezien zowel het ingenomen oppervlak door deze artificiële structuren als het beschikbare oppervlak voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap relatief gering is ten opzichte van het Belgische Deel van de Noordzee (= 0,1 %).

Onderwatergeluid heeft waarschijnlijk de meeste invloed op vissen en zoogdieren. Geluid speelt namelijk een rol in het detecteren en vangen van prooien, het communiceren, het verjagen van vijanden, etc. De emissies van geluid en trillingen in de mariene waterkolom kunnen leiden tot een gedragsverandering of een reductie van de habitatgrootte. De mate van effect of schade, alsook de mate van gewenning, is mede afhankelijk van de gevoeligheid van een bepaalde vissoort voor het geluid. Het kwantificeren van de impact vereist dus soortspecifieke data en deze zijn voor de het beschouwde gebied nog niet voorhanden. Uit de berekeningen in het hoofdstuk geluid, kwam men tot de vaststelling dat binnen de veiligheidszone (500 m) het onderwatergeluid vermoedelijk volledig gemaskeerd wordt door het bestaande achtergrondgeluid. Ook de resultaten van het windturbinepark in Denemarken (Horns Rev) geven niet direct een indicatie dat geluid en trillingen een negatieve impact veroorzaken op de visgemeenschap. In vergelijking met de start van het windturbinepark hebben zich zelfs enkele nieuwe vissoorten gevestigd in het gebied. Verder onderzoek is wel aangewezen.

Ondanks het feit dat het niet eenvoudig is om deze impact kwantitatief in te schatten, kan verondersteld worden dat de effecten van geluid en trillingen tijdens de exploitatiefase van minder belang zijn en dat technologische verbeteringen nog zullen leiden tot verdere reducties van de impact.

Er worden geen invloeden verwacht op de waterkwaliteit of ten gevolge van hydrodynamische veranderingen. Enkel het schaduw-effect van de roterende wieken op vissen is nog onvoldoende gekend.

Er worden geen significante verschillen verwacht in effecten op invertebraten en vissen indien geopteerd wordt voor een 5 MW turbine (i.p.v. 3 MW).

ONTMANTELINGSFASE

De effecten tijdens de ontmantelingfase zullen afhangen van de manier waarop het windturbinepark ontmanteld zal worden. Belwind engageert zich om de site in voldoende mate in haar oorspronkelijke staat te herstellen indien dit om redenen van bestemming, gebruik of ecologische parameters noodzakelijk is.

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase min of meer identiek zullen zijn aan die van de bouwfase.

BEKABELING

De effecten ten gevolge van de bekabeling zijn onafhankelijk van het funderingstype, het gekozen vermogen van de windturbine en de gekozen variant (66 versus 110 turbines).

Langsheen het volledige kabeltracé zal een algemene verstoring (omwoelen van de zeebodem en het sediment en wijziging van de turbiditeit) optreden, maar deze wordt als niet significant beoordeeld.

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 (33kV versus 150 kV). Elektromagnetische velden kunnen een effect hebben op bepaalde gevoelige soorten, maar uitgaande van de beschikbare kennis is grootte van de impact en de oorzaak-effect relatie nog niet voldoende duidelijk. Het effect is het best gekend en het grootst voor de roggen en haaien (kraakbeenvissen) die praktisch niet in het projectgebied voorkomen. Op basis van dit gegeven en het gegeven dat ingraven tot minimum 1 m diepte milderend werkt (reductie met kwadraat van de diepte), kan voorlopig aangenomen worden dat het effect zeer klein zal zijn. Verder onderzoek is aangewezen om deze leemte in de kennis in te vullen.

De kabels die ingegraven worden zullen een zekere warmteafgifte bezitten. Bij een maximale belasting zullen de elektriciteitskabels opwarmen tot circa 60 graden. Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak (max. 3 graden). Het effect wordt als neutraal beoordeeld.

4.5.2.2 Vogels

De effecten van een windturbinepark op vogels zijn zeer variabel en hangen af van tal van factoren, waardoor de impact van elk windturbinepark verschillend is en individueel dient beoordeeld te worden. Een studie naar de lokale situatie is onontbeerlijk om tot een juiste inschatting te komen van de effecten ter plaatse.

Vogels kunnen op twee manieren hinder ondervinden van windturbines. In de eerste plaats kunnen zij met delen van de turbines (voornamelijk de rotorbladen) in aanvaring komen en daarbij gedood worden of gewond raken (aanvaringsaspect). Daarnaast kunnen vogels door de turbines worden verstoord (verstoringsaspect), in de vorm van habitatverlies, beperking van de vliegroutes, verstoring door aanwezigheid van de turbines.

CONSTRUCTIEFASE

Tijdens de bouwfase kan een significante verstoring optreden van de mariene avifauna als gevolg van de werkzaamheden. Verstoringsgevoelige soorten (vb. Roodkeelduiker, Zwarte Zee-eend, Fuut, Zeekoet, Alk) kunnen hierdoor tijdelijk het gebied mijden; andere soorten (vb. meeuwen) kunnen mogelijk voordelen ondervinden van de werkzaamheden door het tijdelijk beschikbaar komen van voedsel (omwoelen van bodem, verhoogde scheepsactiviteit).

Van de verstoringsgevoelige soorten komen enkel de niet-kustgebonden soorten Zeekoet en Alk voor ter hoogte van de Bligh Bank. Wanneer de huidige planning voor de bouw van het windturbinepark wordt aangehouden (i.e. bouw verdeeld over 2 jaar, waarschijnlijk periode maart - september) dan zal waarschijnlijk enkel Zeekoet een significant verstoringseffect ondervinden, aangezien deze verstoringsgevoelige soort gedurende het voorjaar (maart – mei) ter hoogte van de Bligh Bank voorkomt. Tijdens de zomerperiode (juni – augustus) komen geen verstoringsgevoelige soorten voor op de Bligh Bank.

Het effect tijdens de constructiefase is echter tijdelijk en beperkt in omvang (0,99 % van BDNZ). Het effect wordt daarom voor alle varianten als gering negatief beoordeeld.

EXPLOITATIEFASE

Trekvogels en lokale vliegbewegingen

Op de Bligh Bank komen er in het voor- en najaar Zilvermeeuw en Jan van Gent in sterk verhoogde dichtheden voor. Welke vogelsoorten er tijdens de trekperiodes precies verstoord zullen worden door de windturbines en welke in aanvaring zullen komen met de windturbines is moeilijk te voorspellen. De Bligh Bank ligt waarschijnlijk voor enkele offshore soorten binnen de trekroute, maar waarnemingen uitgevoerd door Vanermen *et al.* (2006) tonen aan dat de doortrek van vogelsoorten het meest intens is langsheen de kust; verder op zee gebeurt de trek via een breed front.

Op basis van de verstoringsgevoeligheidsscore (Vanermen *et al.*, 2006) kan verwacht worden dat het verstoringseffect op de zeevogels, die in verhoogde aantallen voorkomen ter hoogte van de Bligh Bank tijdens de trekperiodes, eerder beperkt zal zijn. Op basis van de aanvaringsgevoeligheidsscore (Vanermen *et al.*, 2006) en de dichtheden op de Bligh Bank gedurende de trekperiodes in het voor- en najaar, kan verwacht worden dat onder de aanvaringsslachtoffers vooral Jan van Genten zullen vallen. Echter de kans dat Jan van Gent binnen rotorbereik (> 25 m) vliegt, is klein: slechts 4 % vloog op windturbinehoogte (Vanermen *et al.*, 2006), zodat verwacht mag worden dat het aantal slachtoffers onder de Jan van Genten in absolute waarde eerder gering zal zijn.

De geplande 3 MW turbines op de Bligh Bank zullen, bij een gelijkblijvend totaal aantal MW, waarschijnlijk een groter aanvaringsrisico bij de vogels met zich meebrengen dan de 5 MW turbines.

Wat zangvogels betreft kan het windturbinepark bij zeer sterke trek boven de Noordzee een probleem vormen. Weersomstandigheden die plots ongunstig worden (mist of regen), kunnen er nl. voor zorgen dat de trek van zangvogels snel onderbroken wordt en dat grote aantallen zangvogels in het windturbinepark neerstrijken. Tijdens deze zogenaamde 'fall-condities' kunnen bijgevolg grote aantallen windturbineslachtoffers vallen onder zangvogels. Dit effect is echter nu nog niet in te schatten; verder onderzoek aangaande 'fall-condities' is noodzakelijk.

Het effect op lokale vliegbewegingen zal waarschijnlijk marginaal zijn, maar goede gegevens hierover ontbreken helaas.

De totale impact van het windturbinepark op trekvogels op de Bligh Bank wordt voor de verschillende varianten als gering negatief ingeschat.

Pleisterende, foeragerende zeevogels

Tijdens de rest van het jaar domineren Zeekoet en Drieteenmeeuw (winterperiode) en Kleine Mantelmeeuw (zomerperiode) op de Bligh Bank. Welke soorten er onder de pleisterende en foeragerende zeevogels precies verstoord zullen worden door de werkende windturbines en welke in aanvaring zullen komen met de windturbines is moeilijk te voorspellen. Er kan verondersteld worden dat het waarschijnlijk vooral Zeekoeten zullen zijn die verstoord zullen worden, aangezien ze gevoelig zijn voor verstoring. Op basis van de aanvaringsgevoeligheidsscore (Vanermen *et al.*, 2006) kan verwacht worden dat vooral Drieteenmeeuwen in aanvaring zullen komen met de windturbines. Echter uit onderzoek van Vanermen *et al.* (2006) naar geschatte vlieghoogtes bij zeevogels werd slechts 4 % van de Drieteenmeeuwen waargenomen binnen rotorbereik (> 25 m). Bij Kleine Mantelmeeuw daarentegen vloog 12 % op rotorhoogte. Deze laatste soort zal, door combinatie van groot formaat, lage wendbaarheid en vlieghoogte, het gevoeligst zijn voor aanvaring. Op basis van deze onderzoeksresultaten kan verwacht worden dat het waarschijnlijk vooral Kleine Mantelmeeuwen zullen zijn die in aanvaring zullen komen met de windturbines.

De oppervlakte die verdwijnt voor pleisterende en foeragerende zeevogels is beperkt (0,99 % van BDNZ).

De geplande 3 MW turbines op de Bligh Bank zullen, bij een gelijk blijvend totaal aantal MW, waarschijnlijk een groter aanvaringsrisico bij de vogels met zich meebrengen dan de 5 MW turbines.

De totale impact van het windturbinepark op pleisterende en foeragerende zeevogels op de Bligh Bank wordt voor de verschillende varianten als gering negatief ingeschat.

ONTMANTELINGSFASE

Algemeen mag worden verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase.

BEKABELING

Het aanleggen van de kabels kan een tijdelijke verstoring van de avifauna tot gevolg hebben door een wijziging in het voedselaanbod als gevolg van een verandering van de turbiditeit in de waterkolom. Verstoring van de bodem zorgt namelijk voor een verhoging van de turbiditeit wat een effect kan hebben op vissen met filtermechanismen en op de zichtbaarheid voor visetende vogels. Zwarte Zee-eend en Roodkeelduiker zijn de meest verstoringsgevoelige soorten. Aangezien zij visetende vogels zijn, kunnen zij eveneens het meest beïnvloed worden door een verhoging van de turbiditeit als gevolg van de aanleg van de kabels. Aangezien deze effecten echter tijdelijk en beperkt in omvang zijn, wordt het effect op avifauna als gevolg van de aanleg van de kabels als gering negatief ingeschat.

De aanwezigheid van de kabels tijdens de exploitatiefase zullen waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de avifauna.

4.5.2.3 Zeezoogdieren

CONSTRUCTIEFASE

Er kan aangenomen worden dat het seismisch onderzoek, dat uitgevoerd wordt vóór de constructiefase van het windturbinepark, een tijdelijk, significant negatief effect kan hebben op zeezoogdieren die zich in

de nabijheid van de geluidsbron bevinden. Dit kan leiden tot (tijdelijk) gehoorverlies en kan in bepaalde gevallen zelfs dodelijk zijn.

Tijdens de bouw van het windturbinepark kan verstoring van de zeezoogdieren optreden als gevolg van het uitvoeren van werkzaamheden zoals vb. de toenemende turbiditeit van het water, onderwaterbewegingen, geluid en andere activiteiten op de zeebodem. Het zijn hoofdzakelijk bouwactiviteiten die gepaard gaan met een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen die een negatieve impact hebben op zeezoogdieren, vooral dan het heien van monopalen met hydraulische hamers. Het heien is voor zeezoogdieren hoorbaar tot op grote afstand (ca. > 80 km) en kan, dicht bij de geluidsbron (ca. 1,8 km bij Bruinvissen, ca. 400 m bij zeehonden), het gehoorsysteem van zeezoogdieren aantasten en tot op zekere afstand (ca. > 20 km) van de bouwwerf hun gedrag verstoren. Er wordt verwacht dat zeezoogdieren de site waar de bouwactiviteiten plaatsvinden en de onmiddellijke omgeving ervan tijdelijk zullen verlaten. Na het beëindigen van de constructiefase zullen zeezoogdieren waarschijnlijk terugkeren naar het windturbinepark.

Niettegenstaande de effecten van seismisch onderzoek en het heien van palen van korte duur zijn, wordt het toch noodzakelijk geacht om tijdelijke afschrikmechanismen te voorzien, om de kans op gehoorschade bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, wordt het effect van seismisch onderzoek en het heien op zeezoogdieren als gering negatief beschouwd.

Verder kan de bouw van windturbineparken de voedselbronnen voor zeezoogdieren beïnvloeden (vb. vermindering in vispopulaties). De gebieden kunnen daardoor minder aantrekkelijk worden voor zeezoogdieren, waardoor ze het gebied kunnen verlaten. De vermindering in voedselbronnen is waarschijnlijk tijdelijk en kan zich opnieuw herstellen wanneer de constructie van het windturbinepark is afgerond. Er wordt ook verwacht dat zeezoogdieren na herstel van de voedselbronnen terug zullen keren naar het gebied.

Gezien de tijdelijke duur en de beperkte, ruimtelijke spreiding (0,99 % van BDNZ) van de werkzaamheden, de mobiliteit van zeezoogdieren en de huidige aantallen waargenomen zeezoogdieren op het BDNZ, zal de invloed van de werken tijdens de constructiefase beperkt zijn en niet permanent. Het effect tijdens de constructiefase wordt als gering negatief ingeschat.

EXPLOITATIEFASE

Werkende windturbines zullen geluiden en trillingen produceren, die waarschijnlijk een impact zullen hebben op en hoorbaar zullen zijn voor zeezoogdieren. De effecten van geluid en trillingen van de 3 en de 5 MW windturbines kunnen door ontbreken van onderzoeksgegevens op huidig moment nog niet ingeschat worden, maar sterk verstorende effecten vallen niet te verwachten. Eventueel kan gewenning optreden. Monitoring programma's bij andere windparken (o.m. OW-Egmond aan Zee en OW-Q7 in Nederland) zullen naar verwachting ook kunnen voorzien in relevante gegevens.

De fysische aanwezigheid van de windturbines (vb. reflectie in de zon, schaduwen van de roterende wieken) kan een impact hebben op bepaalde zeezoogdieren en leiden tot een vermindering in gebruik van het gebied of het compleet verlaten van het gebied. Maar zeezoogdieren kunnen er ook door aangetrokken worden: om het als rustplaats te gebruiken of als verdediging tegen predatoren. Het effect van de fysische aanwezigheid van de windturbines op zeezoogdieren wordt als verwaarloosbaar ingeschat. Op termijn kan bij de zeezoogdieren gewenning optreden.

Er wordt verwacht dat jaarlijkse preventieve onderhoudsactiviteiten een verstorend effect zullen hebben op zeezoogdieren. Dit effect wordt als gering negatief beoordeeld omwille van zijn tijdelijke aard en omwille van de beperkte zone op het BDNZ die zal beïnvloed worden. Bovendien kan er verwacht worden dat zeezoogdieren enige gewenning zullen vertonen ten opzichte van de onderhoudsactiviteiten binnen het windturbinepark.

Door het plaatsen van funderingen en erosiebescherming kan er een nieuw, artificieel, hard substraat gecreëerd worden, wat meer epifauna en –flora en daardoor waarschijnlijk ook prooivissen kan aantrekken. Tijdens de exploitatiefase kan er dus eventueel een toename zijn van zeezoogdieren in het park of in de omgeving van het park, door het beschikbaar zijn van meer voedsel rond de funderingen of door het beschikbaar komen van andere voedselbronnen, maar ev. ook door het wegvallen van visserij in het gebied. Er kan verwacht worden dat meer zeezoogdieren aangetrokken worden rond een gravitaire fundering in vergelijking met een monopaal en een jacket-vakwerk, doordat vermoedelijk meer vissen worden aangetrokken bij een gravitaire fundering.

De effecten op zeezoogdieren gedurende de exploitatiefase worden als gering negatief ingeschat.

ONTMANTELINGSFASE

Algemeen mag worden verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase.

BEKABELING

Het aanleggen van de kabels kan een effect hebben op zeezoogdieren. Dit effect is echter tijdelijk, beperkt in omvang en wordt daarom als gering negatief beschouwd. Tijdens de exploitatiefase zullen de magnetische velden, opgewekt door de kabels, waarschijnlijk geen waarneembaar effect hebben op de zeezoogdieren. Zeezoogdieren bevinden zich vnl. in de waterkolom waar het effect van magnetische straling eerder beperkt zal zijn.

Het effect van de bekabeling op zeezoogdieren wordt als gering negatief beschouwd.

4.5.3 Milderende maatregelen

4.5.3.1 Invertebraten en vissen

Tijdens de bespreking van de effecten werden een aantal leemtes in de kennis vastgesteld: soortspecifieke invloed geluid & trillingen, het effect van elektromagnetische velden en van de ontstane warmteontwikkeling. Ook de impact van de introductie van hard substraat in het natuurlijke zandige biotoop blijft onzeker. Gezien deze leemtes is het moeilijk om in detail milderende maatregelen uit te werken. De klemtoon wordt dan ook gelegd op een degelijk monitoringsprogramma (in afstemming met andere windenergie initiatieven) die deze leemtes in de kennis tracht in te vullen.

4.5.3.2 Vogels

Bij de mitigerende maatregelen moet de aandacht gaan naar de configuratie van het windturbinepark, waarschuwingssignalen, gefaseerde onderbreking en compensatie.

Een juiste positionering van het windenergiepark (parallel aan de heersende vliegrichting) en de reservatie van corridors voor passerende vogels kan de kans op aanvaringen gevoelig reduceren (Everaert *et al.*, 2002). Voor een juiste configuratie is voldoende voorkennis nodig van de trekbewegingen en lokale vliegbewegingen ter plaatse.

Indien na monitoring blijkt dat het aantal aanvaringen significante vormen aanneemt, kan er gekozen worden voor een bepaald het type waarschuwingssignalen (puntverlichting (bijvoorbeeld rode lichten op de uiteinden van de rotorbladen), fluorescerende delen van de rotorbladen of geluidssignalen (ultrasoon)), aangezien dit een reductie van het aantal slachtoffers kan betekenen. De

waarschuwingssignalen zullen echter in overleg met de relevante autoriteiten dienen uitgewerkt te worden.

Een mogelijke milderende maatregel tijdens periodes met een verhoogd aantal vliegbewegingen (bijvoorbeeld trekperiode) of onder slechte zichtomstandigheden (mist, regen) betreft het tijdelijk stilleggen van de windmolens. Er dient echter nagegaan te worden indien dit een haalbare milderende maatregel betreft. Deze maatregel is bovendien enkel aangewezen indien uit monitoring zou blijken dat de aanwezigheid van het windmolenpark voor een significant aantal aanvaringen zorgt binnen bepaalde periodes. Door in een monitoringprogramma aandacht te besteden aan de lokale vliegbewegingen en de soortspecifieke verschillen daarin, kan dan eventueel in een latere fase een gefundeerd advies worden gegeven over de wenselijke periode van onderbreking.

De referentiesituatie met betrekking tot het voorkomen van vogels op en rond de beoogde windparklocatie is in het kader van dit MER bepaald op basis van de tot op heden uitgevoerde waarnemingen en onderzoeken. Uit deze gegevens blijkt niet dat de locatie voor zeevogels een belangrijk rustgebied is. Indien uit monitoring blijkt dat er significante effecten zijn als gevolg van de realisatie van het windpark, is compensatie mogelijk door het reserveren van beschermde gebieden of het vergroten van bestaande gebieden.

4.5.3.3 Zeezoogdieren

Niettegenstaande de tijdelijke aard van het seismisch onderzoek en het heien van palen, en de beperkte aanwezigheid van zeezoogdieren in de buurt van het project worden er mitigerende maatregelen voorgesteld. Het gebruik van afschrikmechanismen zoals 'pingers' is een voorwaarde waaraan moet voldaan worden bij seismisch onderzoek vóór de constructiefase en bij het heien van monopalen tijdens de constructiefase. Indien zou blijken dat bij bepaalde stappen in het proces van het plaatsen van de funderingen geluiden zouden ontstaan die vergelijkbaar zijn met deze die ontstaan bij het heien van monopalen of die potentieel gevaarlijk zijn voor zeezoogdieren, dan blijft deze voorwaarde ook gelden.

Gedurende de maanden juni en juli bestaat er een iets geringere kans op het voorkomen van zeehonden of bruinvissen. Hiermee kan bij de planning van de werkzaamheden rekening worden gehouden.

4.6 ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED

4.6.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

De zee en het strand wordt door de bevolking als positief ervaren. De kust is namelijk een belangrijke toeristische trekpleister in België, zowel voor de ééndagstoeristen als voor de langere verblijvers.

In tegenstelling tot het zicht op zee wordt het zicht op de kustlijn in de richting van het binnenland gekenmerkt door een opeenvolging van hoogbouw.

Beweging in het landschap veroorzaakt door vaartuigen vormen een onderdeel van de landschapsbeleving voor de mensen op de dijk. Vooral ter hoogte van de zeehavens is er een druk verkeer van af- en aanvarende schepen. Vooral bij mooi en helder weer wordt beweging in het landschap door vrachtschepen, vissers, recreatievaart en surfers, waargenomen.

Langsheen de kustlijn zijn een groot aantal al dan niet beschermde erfgoedwaarden gelegen. De belangrijkste zijn een aantal duin- en poldergebieden, pieren, vuurtorens, het fort van Napoleon, enz.

Op zee bestaat het cultureel erfgoed voornamelijk uit scheepswrakken. Ter hoogte van de Bligh Bank zijn voor zover bekend geen wrakken gelegen. Op beide kabeltracé's (onderstation Zeebrugge en Oostende) liggen enkele gevoelige zones waar de wrakken op of dicht tegen het tracé van de zeekabel gelegen zijn.

4.6.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

Tijdens de bouw van de windturbines zal er in de omgeving van het windpark een tijdelijke visuele verstoring van het landschap optreden als gevolg van de aanwezigheid van delen van het windpark, zoals funderingen (het deel dat boven water uitsteekt), windturbines en offshore transformatorstations, en een toename aan scheepvaartbeweging. De werkzaamheden op de windparklocatie en de geïnstalleerde installaties zullen door de grote afstand vrijwel niet vanaf de kust kunnen worden waargenomen.

Aangezien het aantal schepen dat gerelateerd is aan het project, eerder gering is ten opzichte van het gemiddelde aantal schepen dat op de verschillende vaarroutes voorkomt, wordt dit effect als gering negatief beoordeeld. Bovendien worden scheepvaartbewegingen door een groot aantal toeristen als aantrekkelijk ervaren.

De bouw van het windturbinepark zal geen direct en indirect effect hebben op het cultureel en landschappelijk erfgoed langsheen de kustlijn Knokke-Oostende.

Gezien het windturbinepark op minstens 42 km in zee wordt geplaatst, zullen zowel de constructieactiviteiten als de eigenlijke windmolens zo goed als niet te zien zijn. Enkel bij heel helder weer kan er verwacht worden dat de windmolens zichtbaar zullen zijn. De visuele impact als gevolg van het project wordt bijgevolg als gering negatief beoordeeld. Bijkomend kan er gesteld worden dat de aanwezigheid van een windturbinepark door sommige mensen als attractief of rustgevend zal ervaren worden.

Tijdens de bouw en exploitatie dient gezorgd te worden voor de nodige maatregelen om de veiligheid van scheepvaart, luchtvaart en visserij te waarborgen. Het is hierbij noodzakelijk dat de specificaties (IALA Richtlijn O-117 en O-114; Circulaire Bebakening Hindernissen, 12/06/06) van de bevoegde instanties opgevolgd worden.

Zoals beschreven in de referentiesituatie zijn er op beide kabeltracé's (respectievelijk naar het onderstation van Oostende en van Zeebrugge) enkele wrakken gelegen. Vanuit het standpunt van het maritiem archeologisch erfgoed gaat geen voorkeur uit naar een bepaald tracé aangezien er op beide tracé's wrakken gesitueerd zijn. Sowieso is het aangewezen om het tracé zo aan te passen dat er geen wrakken beïnvloed worden door het aanleggen van de kabel.

De effecten op het zeezicht en het cultureel erfgoed zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn als tijdens de bouwfase. Zoals hiervoor gesteld is wordt dit effect als heel gering beoordeeld.

4.6.3 Milderende maatregelen

Om het effect op de aanwezige wrakken zo gering mogelijk te houden, is het noodzakelijk dat er een scanning van de zeebodem gebeurt. Deze scanning kan voor de verschillende geplande windmolenparken samen uitgevoerd worden.

4.7 MENS

4.7.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

In de Belgische mariene gebieden kunnen volgende gebruikers worden onderscheiden: scheepvaart, visserij, maricultuur, luchtvaart, zand- en grindwinning, baggeren en storten van baggerspecie, gaspijpleidingen en telecommunicatiekabels, militair gebruik, windenergie projecten, oceanologische waarnemingsstations, toerisme en recreatie, wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast is de zeebodem ook bezaaid met scheepswrakken en worden bepaalde gebieden beschermd omwille van hun natuurwaarden (Ramsar, Natura 2000, vogel- en habitatrichtlijngebieden, SBZ,…).

De concessiezone (aangeduid volgens het KB van 17 mei 2004) is in gebruik voor visserij en militaire oefeningen. In de nabije omgeving liggen scheepvaartroutes, extractiezones, kabels en pijpleidingen en het concessiegebied van Eldepasco (windenergie) en C-Power (windenergie + maricultuur). De voorgestelde kabeltracés kruisen enkele bestaande kabels en pijpleidingen, scheepvaartroutes en de Speciale Beschermingszone SBZ-3 (aanlanding Zeebrugge) of SBZ-2 (aanlanding Oostende).

Binnen de niet technische samenvatting hebben we ons beperkt tot het beschrijven van de activiteiten die effectief in het concessiegebied plaatsvinden. Gezien er geen potentiële interacties zijn met andere activiteiten in de nabije omgeving of verder op het BDNZ, zijn deze activiteiten hier niet verder opgenomen. In het hoofddocument van dit MER wordt wel kort stil gestaan bij de activiteiten in de nabije omgeving. Algemeen was de conclusie dat geen negatieve invloeden verwacht worden van de bouw en exploitatie van het Belwind windturbinepark.

4.7.1.1 Visserij

De vangst op platvis (schol, tong, pladijs) met boomkor is de belangrijkste visserij op het BDNZ en concentreert zich vooral op de geulen tussen de zandbanken. Garnaalvisserij aan de ander kant zal zich dan weer eerder op de zandbanken oriënteren. Deze laatste visserij vindt voornamelijk plaats dichter bij de kust.

Zowel op internationale als nationale schaal heeft de visserijsector te kampen met socio-economische problemen door 1) een stelselmatige afname van de bestaande biomassa in de hogere trofische niveaus van het Noord-Atlantische gebied sinds 1950 en 2) een stijgende visintensiteit tussen 1950-1975. Onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat de huidige visexploitatie niet kan aanhouden en dat het hoger trofisch niveau van vissen met het oog op de tegenwoordige trends binnen enkele decennia volledig verdwenen zal zijn in het Noord-Atlantische gebied (Christensen *et al.*, 2002). Dit komt ook naar voren uit het feit dat het bestand van bijna alle soorten gerangschikt wordt als "boven de veilige biologische grenzen" waardoor verschillende soorten zich ook niet verder kunnen voortplanten.

De Belgische visserij vertoonde een verhoogde aanvoer tussen 1950 en 1955, waarna een stelselmatige daling in de aanvoer en vlootomvang (eind 2006: 107 vaartuigen) werd opgetekend. De economische situatie in de Vlaamse zeevisserij baart de betrokkenen grote zorgen als gevolg van een jaarlijkse afnemende rendabiliteit. Speciaal voor de grote bokken binnen het Groot Vloot Segment is een zeer uitgesproken achteruitgang vast te stellen in de winstcijfers (-13,8%) 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 in 2005. De relatieve aanvoer (% aandeel) van de verschillende vissoorten wijzigde nagenoeg niet. De dalende aanvoer en stijgende kosten werden enigszins gecompenseerd door een algemene stijging van de visprijs de laatste jaren.

Ontwikkelingen in het Europese Visserijbeleid laten vermoeden dat verdere 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.

4.7.1.2 Militaire activiteiten

Het concessiegebied van Belwind is gelegen in de militaire zone waar schietoefeningen gebeuren op drijvende doelen. Gezien deze militaire zone grotendeels overlapt met de windconcessie zone afgebakend volgens het KB van 17/05/2004, is er een akkoord binnen de regering dat er binnen de offshore zone (cfr concessie KB) geen militaire oefeningen worden gedaan. De afspraak is wel zo dat dit wel nog tijdelijk kan zolang er effectief geen turbines staan. Op termijn wordt de militaire oefenzone iets verplaatst, zodat er geen overlapping meer zal zijn. (m.m. Cathy Plasman - Adviseur Kabinet Landuyt)

4.7.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.7.2.1 Visserij

Voor de beschrijving van de effecten op de visserij werd o.a. een beroep gedaan op de studie Mackinson *et al.* (2006) naar de visie van de visserij gemeenschap over de potentiële socio-economische effecten van offshore windturbine parken op hun sector.

Het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden wordt algemeen ervaren als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee. De aanleg van het windturbinepark zou leiden tot een bijkomend verlies aan visgronden van 1,3 % voor het BDNZ. Gezien de beperkte oppervlakte (49,1 km² incl. veiligheidszone) en het gegeven dat de Bligh Bank bovendien geen belangrijk visserijgebied is, kan dit directe verlies als aanvaardbaar worden beschouwd. De impact ten gevolge van het beschreven windturbine project is dus niet significant en is bovendien veel minder relevant dan het reeds vermelde inkomstenverlies ten gevolge van schommelende brandstofprijzen en de beperkingen opgelegd door het Europese visserijbeleid. Daarenboven heeft recent wetenschappelijk onderzoek aangetoond dat het afsluiten van kleine gebieden voor de boomkorvisserij, zou kunnen leiden tot een significant positieve invloed op de visserij in de omgeving (stijging vangsten).

Naast het ruimtelijke verlies maken de vissers zich zorgen over de korte en langetermijneffecten tijdens de constructie- en exploitatiefase. Tijdens de constructiefase wordt het heien van de palen als belangrijkste oorzaak gezien voor veranderingen in het visgedrag, terwijl het leggen van kabels voor een tijdelijke sedimentverstoring zal zorgen. De te verwachten belangrijkste effecten in de exploitatiefase zijn de veranderingen in het visgedrag ten gevolge van elektromagnetische stralingen uitgezonden door kabels en de introductie van harde substraten (Mackinson *et al.*, 2006). Er heerst echter nog onzekerheid over de grootte van deze impact en de soortspecificiteit ervan. Voor een bespreking van deze negatieve effecten en hun leemtes in de kennis wordt verder verwezen naar het hoofdstuk "Fauna en flora".

4.7.2.2 Militaire activiteiten

Wegens de beperkte militaire activiteiten (maximaal 5 oefeningen per jaar) in deze zone worden er geen significante effecten verwacht van het geplande windturbineproject op deze militaire activiteiten.

4.7.2.3 Andere activiteiten

Met alle andere menselijke activiteiten op en in de Belgische mariene wateren worden geen conflicten verwacht tijdens de bouw en exploitatie van het windturbinepark. De activiteiten situeren zich immers op voldoende afstand van het windturbinepark met bijhorende bekabeling of de activiteiten zijn temporeel van elkaar gescheiden.

Het kruisen van bestaande kabels en pijpleidingen zal gebeuren in overleg met de exploitanten en conform de internationale veiligheidsvoorschriften. Ook het kruisen van de scheepvaartroutes zal gebeuren met wederzijds overleg. Er mag worden aangenomen dat er zich geen effecten zullen voordoen tengevolge van de bekabeling van het windturbinepark.

Het enige conflict vanuit milieuoogpunt dat kan bestaan tussen het windturbineproject en de aangeduide beschermde gebieden bestaat uit het feit dat de voorgestelde kabeltracés doorheen de speciale beschermingszone SBZ-3 (aanlanding Zeebrugge) of SBZ-2 (aanlanding Oostende) loopt. Uitgaande van de effectbeschrijving onder het hoofdstuk "Fauna en Flora" en de uitgevoerde passende beoordeling in het kader van het KB 14/10/2005 zijn deze effecten tijdelijk en plaatselijk waardoor geen significante gevolgen verwacht worden voor de speciale beschermingszones.

4.7.3 Milderende maatregelen

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld bij de ontwikkeling van het windturbine park Belwind.

4.8 VEILIGHEID

In het MER worden verschillende typen van veiligheidsrisico's besproken. De referentiesituatie, effecten voor en door de scheepvaart en de relevante milderende maatregelen zijn bepaald in een deelstudie door Marin (mei 2007, Bijlage 3). De referentiesituatie, effecten op radar, scheepscommunicatie en positioneringssystemen, en de relevante milderende maatregelen zijn bepaald in een deelstudie door Prof. Catrysse (april 2007, Bijlage 2). Risico's voor de werknemers (arbeidsrisico's) worden in dit MER niet behandeld.

4.8.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

4.8.1.1 Installaties

Momenteel bevinden er zich nog geen installaties op de Bligh Bank.

4.8.1.2 Scheepvaartverkeer

De referentiesituatie voor het scheepvaartverkeer (zie Figuur 4.9.3) is gebaseerd op een combinatie van gegevens voor routegebonden schepen (telgegevens van de Nederlandse Kustwacht uit 2005 - 2006) en niet-routegebonden schepen (gemiddelde dichtheidsgegevens die bepaald werden via tellingen met vliegtuigen uit de periode 1999 – 2001).

Op deze figuur zijn twee gebieden getekend. Het binnenste gebied is getrokken over de buitenste turbines van de 3 MW-variant. Het buitenste gebied is zodanig samengesteld dat de scheepvaartroutes buiten dit gebied moeten blijven, waardoor deze schepen op de centerlijn de windturbines op minimaal 1 nm (nautische mijl of 1,852 km) passeren.

4.8.1.3 Radar en scheepscommunicatie

Langsheen de Belgische en het zuidelijke deel van de Nederlandse kust is een keten van kustradars opgesteld, de zogenaamde Schelde Radar Keten (of SRK). Deze radars dienen de overheid te helpen bij het organiseren van het scheepvaartverkeer in het zuidelijke deel van het BDNZ, de Scheldemonding en de zuidelijke Nederlandse mariene kustwateren.

De Bligh Bank bevindt zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland en op zowat 38 km van de radarinstallatie van Zeebrugge. Uit de gegevens verstrekt door o.a. SRK blijkt dat er geen belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt in de onmiddellijke omgeving van deze zandbank, hoewel de zogenaamde West-rond route toch in de buurt ligt. De SRK-havenradar van Zeebrugge kan deze laatste trafiek opvolgen, hoewel dit niet meer tot het "officiële" observatiedomein van SRK behoort. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt nog noordelijker dan de Bligh Bank, en kan helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK.

4.8.1.4 Olieverontreiniging

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. Aan de andere kant moeten we tot de conclusie komen dat illegale olieverontreinigers een groot aandeel blijven houden in de olievervuiling in de Noordzee (zie bijvoorbeeld Ospar Commissie, 2000).

Olievervuiling als gevolg van dit project kan op twee manieren optreden. De eerste mogelijke oorzaak is een incident met een windturbine of een incident op het transformatorplatform, met als resultaat het lekken van olie of olieachtige smeermiddelen. De tweede mogelijk oorzaak van olievervuiling is een onvoorzien verlies van olieachtige substanties van een schip (b.v. in de bouwfase; of tengevolge van een incident of ongeval met schepen die geen verband houden met het project).

Uit een historische analyse (van 1960 – 2003) van accidenten met olieverontreiniging die een potentieel gevaar opleveren voor de Belgische kust blijkt dat er gedurende de laatste 40 jaar een 30-tal van dergelijke incidenten geweest zijn. De belangrijkste oorzaken zijn aanvaringen (70%), gevolgd door incidenten door een verkeerd manoeuvre (7%). De gelekte volumes variëren tussen de 10.000 ton en minder dan 10 ton.

Door de recente verplichting, waarin vereist wordt dat tankers dubbelwandig zijn, zal de gelekte olie als gevolg van scheepsongelukken in de toekomst waarschijnlijk vooral bestaan uit bunkerolie.

4.8.1.5 Luchtvaartverkeer

Ter volledigheid wordt in dit MER ook de veiligheid voor het luchtverkeer aangehaald. Hiervoor wordt ook verwezen naar Figuur 4.9.10 en Figuur 4.9.11 met navigatiekaarten waarop de scheidingslijnen (Nederland, België) van beheer voor de luchtvaart zijn aangegeven zijn. Hieruit blijkt dat, alhoewel de windturbineparken in de Belgische EEZ liggen, de verantwoordelijkheid voor het luchtverkeer niet in Zaventem, maar door Schiphol waargenomen wordt. Binnen de gemarkeerde CTR (Control Terminal Region) zones is er een hoogtebeperking tot 150 m, maar daar vallen de windparken niet binnen.

4.8.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.8.2.1 Installaties

De huidige windturbines worden allen onderworpen aan verschillende classificatiesystemen. Om tot een bepaalde klasse te behoren worden de turbines in hun geheel en op onderdelen gekeurd (bladen, gondel, elektrische installatie, mast en fundering). De windturbines beschikken over een typecertificering conform IEC 61400 of gelijkwaardig.

De faalfrequentie van onderdelen van de windturbine is het hoogst voor kleine onderdelen uit de gondel: eens om de 833 jaar. Dit betekent een zeer laag en aanvaardbaar risico. Daarnaast 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 b.v. een afbrekend rotorblad. De maximale afstand tijdens een overtoeren-

situatie (2 keer nominaal toerental) voor een 3 MW windturbine blijkt ca. 436 m te zijn. Voor een 5 MW windturbine wordt verwacht dat de werpafstand in dezelfde grootte-orde zal liggen. In principe wordt een dergelijk risico gedekt door de veiligheidsmarge van 500 m voor schepen rondom het windturbinepark.

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbine en het transformatorplatform. De hoeveelheid van aanwezige oliën en vetten in de turbine bedragen ca. 174 kg vetten en 1083 liter per turbine; en op het transformatorplatform is er een tank met een voorraad dieselbrandstof voor enkele weken (circa 10 m^3). Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse (dubbele) afdichtingen, opvangsystemen (bakken, randen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties. Uitgaande van het gegeven dat deze afdichtingen, opvangsystemen goed functioneren en een goed (gecertificeerd) ontwerp, zal er dus geen milieueffect zijn. Dit is niet het geval indien een windturbine zou omvallen ten gevolge van extreme klimaatcondities (zeer kleine kans) of tengevolge van een aanvaring of een aandrijving door schepen.

Er werden de nodige voorzieningen getroffen om de risico's voor het milieu door brand, blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk te beperken. Aangezien in, en in de onmiddellijke omgeving van, het windturbinepark zich normalerwijze geen mensen bevinden, zijn de risico's en effecten op de mens niet bestaande. Hierbij wordt opgemerkt dat arbeidsrisico's (die wel bestaan) niet in ogenschouw worden genomen.

4.8.2.2 Scheepvaart

Tijdens de constructie- en de ontmantelingsfase zal er bijkomend scheepvaartverkeer zijn tussen de werf en de projectsite. Het werkverkeer bij de bouw en de ontmanteling van het windpark geeft een risicoverhoging voor een periode van twee jaar. De maximale verhoogde kans op een aanvaring tussen twee schepen bedraagt 2,9% voor de bouw van het 3 MW windpark, dit betekent een extra kans van 0,019 per jaar. De toename van het risico, en dus de kans op milieuschade is maximaal bij de bouw van de 3 MW (nl. 2,9% in vergelijking met 2,0 % bij 5 MW), maar is veel kleiner dan het extra risico op milieuschade van 9,8% per jaar voor het 3 MW windmolenpark (zie paragraaf "Gevolgschade voor het milieu") door een aanvaring/aandrijving met een windturbine. Voor de ontmantelingsfase zijn de risico's zelfs nog (ca. de helft) lager dan tijdens de constructiefase.

Tijdens de exploitatiefase is het indirecte effect van het windpark op de veiligheid van het scheepvaartverkeer (aantal scheepvaartongevallen buiten het windpark, door de verandering van de vaarroutes) verwaarloosbaar vergeleken met het directe effect. Verder zal gedurende een periode van niet meer dan 2 tot 3 dagen per jaar (gemiddeld) iemand op een windturbine aanwezig kunnen zijn, waardoor risico's voor mensen verder worden gereduceerd. Het aantal incidenten verandert nauwelijks, mede doordat incidenten door het windpark gedeeltelijk 'verplaatsen' van de Belgische EEZ naar de Nederlandse EEZ. In totaal zal het aantal aanwezige schepen door de aanwezigheid van Bligh Bank toenemen met 0,06% in beide EEZ's samen, wat verwaarloosbaar is. Ook zal een gering effect waarneembaar zijn in de EEZ van de UK.

Het directe effect is groter. De kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine (monopaalconstructie, worst-case scenario) door een schip per jaar is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten. De basis variant met de 5 MW turbines geeft het kleinste risico (0,041 of eens om de ca. 24 jaar), aangezien deze variant minder turbines bevat. Dit in tegenstelling tot de variant van 3 MW, met een aanvaring / aandrijving eens om de ca. 14 jaar.

In ruim 25% van de gevallen leidt de aanvaring/aandrijving niet tot schade van de windturbine, omdat het veroorzakende schip klein is. De groep container met Roll-on Roll-off (scheepstype met een laadklep of ramp van achteren) schepen geeft de grootste kans op schade.

Gezien de worst case benadering (monopaalconstructies) bij aandrijvingen welke het grootste deel van het risico oplevert, zijn de geleverde kansen op uitstromingen ook goed te gebruiken voor de andere funderingen.

De kans op een uitstroom van olie na een incident neemt met in de EEZ toe met 5,9% voor de 5 MW basis en met 9,8% voor de 3 MW variant. Deze percentages zijn ten opzichte van de kans op een uitstroom van olie na een aanvaring in de Belgische EEZ. 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 lager zijn dan voorspeld.

De basisvariant met de 5 MW turbines is het meest gunstig. Algemeen geldt dat een groter vermogen per windturbine gunstiger is. De berekende risico's voor en door scheepvaartverkeer zijn voor de Bligh Bank over het algemeen lager dan die berekend voor de Nederlandse windparken. Dit zal blijken wanneer de Nederlandse veiligheidsstudies openbaar gemaakt worden (Marin, 2007).

4.8.2.3 Radar en scheepscommunicatie

Voor grote windturbines is de mast de dominante factor bij marifone systemen. Bovendien kunnen grotere reflecterende voorwerpen ook effecten veroorzaken (b.v. dode zones, meervoudige reflecties, etc.). Rekening houdend met de ligging van de Bligh Bank ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar.

De inplanting van de windturbines op de Bligh Bank, zal de radaropvolging door SRK niet in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich vòòr deze Bligh Bank bevindt. Voor het gebied achter de Bligh Bank zullen zich schaduwzones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen. Doch dit gebied situeert zich in ieder geval op de limiet van bereikbaarheid. Een en ander zal verder afhangen van de realisatie van andere projecten, en de mogelijke inplantingen van windturbineparken (cumulatieve effecten). Ook dient gesteld te worden dat het type windturbine (5 MW of 3 MW) geen invloed zal hebben op deze situaties.

De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking tot de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot het windturbinepark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

Voor de marifone VHF (very high frequency) communicatie kan gesteld worden dat enkel voor de communicatie op de verre Westrond-noord route (achter de Bligh Bank) en de verre routes enig voorbehoud dient gemaakt te worden. Maar ook hier dient duidelijk gesteld te worden dat voor het gebied vóór de Bligh Bank er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand. Ook hier is de werkelijke beperking het bereik van de radio-installaties zelf.

De invloed is eerder minimaal of onbestaande op de volgende systemen:

- RDF (Radio Direction Finder) systemen
- DGPS systeem.
- AIS (Automatic information system)

Algemeen kan gesteld worden dat de realisatie en inplanting van een off-shore windturbinepark op de Bligh Bank geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet.

4.8.2.4 Olieverspreiding en ecotoxicologische effecten

Naast de analyse van het risico van een ongeval is ook aandacht geschonken aan de mogelijke impact van een olievervuiling. Hierbij zijn door WL Delft Hydraulics, in het kader van de MER voor het windmolenpark op de Thorntonbank, modelleringen uitgevoerd om de verspreiding van een olielozing in het milieu te simuleren. Hiernavolgend wordt een beschrijving gegeven van het worst-case scenario waarbij alle randvoorwaarden (windsterkte, windrichting, hoeveelheid olie, seizoen, windfrictie,…) dermate gekozen zijn om de milieu impact te maximaliseren.

Uit extrapolatie van de simulatiegegevens van WL Delft Hydraulics, blijkt dat de olievlek bij hoge windsnelheden de Belgische kust zou bereiken in 14 uur. In deze omstandigheden is er dus relatief weinig tijd om te interveniëren. Bij normalere windomstandigheden zal er dus in principe voldoende tijd zijn om interventie toe te laten. Het voorkomen van een windturbinepark op het traject van een olievlek heeft zowel positieve als negatieve aspecten. De windturbines kunnen eventueel gebruikt worden als ankerpunt voor drijvende dammen, maar anderzijds kunnen de turbines zelf een obstakel vormen bij de manoeuvres tijdens de bestrijding en kunnen ze de olievlek doen opdelen in verschillende kleinere vlekken.

De kwantitatieve effecten van een lozing van 1.000 ton zware stookolie op het dierenleven zijn verschillend afhankelijk van het beschouwde scenario en de beschouwde diergroep. De geschatte directe effecten (het sterven binnen enkele dagen) van vissen en invertebraten is zeer gering en bedraagt steeds minder dan 0,2 % van de lokaal aanwezige populaties.

Vogelverliezen op zee werden geschat op ongeveer 340 vogels in het scenario met sterke noordelijke wind. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat modellen een eerste inzicht kunnen geven in het aantal olieslachtoffers. Desondanks, bewijzen in situ accidenten dat deze aantallen toch nog vaak een onderschatting zijn van de realiteit. Er is geen positieve correlatie tussen het aantal vogelslachtoffers en de hoeveelheid gelekte olie. Het effect hangt nauw samen met het belang van het gebied als overwinteringsplaats voor vogels. 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. Vogelverliezen door aanspoeling van olie op het strand van de Belgische kust worden op basis van worst-case modelleringen als verwaarloosbaar (nl. 4 vogels) beschouwd. Deze schatting gaat enkel op voor de soorten die vermeld staan in de kwetsbaarheidsindex, mortaliteit onder andere mogelijk voorkomende soorten is dus niet in overweging genomen wegens een gebrek aan gegevens. Mogelijks zal de olievlek op een later tijdstip de Nederlandse kust bereiken. Dit kan echter niet geverifieerd worden met de huidige simulatietijd.

Voor de kwalitatieve effectbeschrijving door olieverontreiniging wordt in Lindgren & Lindblom (2004) vermeld dat avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren de belangrijkste korte termijn effecten kunnen ondervinden. De plankton gemeenschap zal ook 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. Hierbij moet evenwel rekening gehouden worden met het feit dat dergelijke effecten sterk afhankelijk zijn van allerlei factoren waardoor de olieverontreiniging beïnvloed kan worden. Verder onderzoek is zeker nog nodig om de belangrijkste dier- en plantensoorten te identificeren die hinder ondervinden van olieverontreiniging in het voor dit MER relevante deel van de Noordzee.
Op basis van (de ontbrekende) beschikbare literatuurgegevens is het dus niet mogelijk om een wetenschappelijk gefundeerde uitspraak te doen over effecten op alle benthische fauna en zeezoogdieren in dit deel van de Noordzee.

Volgens de studie van Lindgren & Lindblom (2004) zijn goede ecotoxicologische gegevens moeilijk te vinden en eerder beperkt in aantal. Dit blijkt ook het geval te zijn voor het voor dit MER relevante deel van de Noordzee. In het algemeen kan gezegd worden dat lichtere olietypes meer toxisch zijn dan zware olietypes. Pelagische organismen zullen minder beïnvloed worden dan benthische organismen o.b.v. de

gevoeligheid aan blootstelling. Eieren en larven zijn dan weer gevoeliger dan volwassen exemplaren (Lindgren & Lindblom, 2004).

4.8.2.5 Luchtvaartverkeer

In principe zou een totale hoogte (tiphoogte wieken) tot 175 m toegelaten moeten zijn. Toch moet een "vergunning" aangevraagd worden bij de FIR (Flight Information Region) verantwoordelijken van Amsterdam-Schiphol, om hoge objecten op te richten (Johan Catrysse, pers. communicatie).

4.8.3 Milderende maatregelen

4.8.3.1 Scheepvaartverkeer

Volgende maatregelen kunnen voorgesteld worden voor scheepvaartverkeer:

- Een eerste maatregel die uitgevoerd wordt, is de veiligheidszone van 500 m rond het windmolenpark, waarin er geen scheepvaart toegelaten is.
- Het is belangrijk dat er van het begin af aan pogingen worden ondernomen om een procedure uit te werken voor het verkeer van en naar de site, zodat de kans op een aanvaring miniem wordt.
- Een pasklaar rampenplan moet opgesteld worden voor incidenten met een windmolen en voor olievervuiling in de nabijheid van het windturbinepark.
- Het windpark zal zijn voorzien van navigatieverlichting en van radarreflectoren, waarmee gestreefd wordt naar een goede zichtbaarheid en herkenbaarheid voor het scheepvaartverkeer.
- De mogelijkheid van bewaking van het scheepvaartverkeer rond het windturbinepark, met adequate waarschuwingsprotocols en/of wettelijke bepalingen kan resulteren in een verhoogde veiligheid.
- De mogelijkheid om van bij de start het onderhoudsschip als een multifunctioneel schip op te vatten biedt aan aantal bijkomende mogelijkheden om de veiligheid te verhogen. Mogelijke bijkomende functionaliteiten zijn: slepersfunctie, brandbestrijding, oliebestrijding, etc.
- Gebruik van AIS (Automatic Identification System) transponders bij alle schepen boven 300 GT (ongeveer 55 m), waardoor de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%. De kans op een aandrijving zal hierdoor evenwel niet veranderen.
- Inzet van De Waker (uit Nederland) of een andere sleepboot. Volgens de informatie van de bevoegde diensten (Belgische Structuur Kustwacht, Ulrike Vanhessche, pers. comm.) zou het de bedoeling zijn om in de toekomst een multifunctioneel schip in te kunnen zetten als sleepboot, voor het bestrijden en beperken olieverontreiniging, etc.

4.8.3.2 Olieverontreiniging

Om maximaal de strijd aan te gaan tegen vervuiling werd in mei 2003 de kustwacht opgericht die nu effectief operationeel wordt. Het organiseren van het operationele luik bij een olieverontreiniging is hun belangrijkste taak. Volgens de informatie van de bevoegde diensten (Belgische Structuur Kustwacht, Ulrike Vanhessche, pers. comm.) zijn er momenteel voor de Belgische Kust 2 schepen inzetbaar voor bestrijding en beperking van olieverontreiniging:

- DAB (Dienst Afzonderlijk Beheer) Vloot;
- Schip van de Marine (valt onder de bevoegdheid van het ministerie van Defensie).

Het zou tevens de bedoeling zijn om in de toekomst een multifunctioneel schip in te kunnen zetten als sleepboot, voor het bestrijden en beperken olieverontreiniging, etc.

Sinds april 2005 (MB 19/04/2005) is ook het nieuwe "Rampenplan Noordzee" van kracht. Het rampenplan beschrijft de organisatie van de hulpverlening en de coördinatie van de operaties bij rampsituaties of ernstige ongevallen in de Belgische wateren. Daarnaast heeft het plan ook een operationeel en praktisch karakter.

In 2006 werden de draaiboeken "Operationele interventieplannen voor pollutiebestrijding op zee en strand" voorgesteld. Het draaiboek "propere stranden", voorgesteld in januari 2006, voorziet in een procedure om de vervuiling op onze stranden of in de zeewering door een verlies van lading of lozing op zee aan te pakken. Het draaiboek "Propere zee" (voorgesteld in augustus 2006) voorziet hetzelfde bij vervuiling op zee.

Sinds begin 2007 is er een interventieplan voor vogels beschikbaar bij de Provincie West-Vlaanderen. Het is een draaiboek voor de opvang en verzorging van getroffens vogels van een olieverontreiniging of een andere uitzonderlijke situatie op zee.

Gezien de zeer geringe kans op olievervuiling en andere verontreiniging door het windmolenpark, en zodoende ook een geringe kans op aantasting van fauna en flora, dienen er geen specifieke milderende maatregelen genomen te worden.

4.9 MONITORING

In de diverse thematische hoofdstukken worden voorstellen geformuleerd voor monitoring. Deze voorstellen zijn hoofdzakelijk gebaseerd op de MER uitgevoerd voor het windturbinepark op de Thorntonbank (Ecolas, 2003 en Ecolas, 2004) en de MEB of milieu-effectbeoordeling uitgevoerd door de overheid voor hetzelfde project (BMM, 2004 en BMM, 2006a).

Indien monitoring, uitgevoerd bij het eerste windmolenpark dat op de BDNZ zal geplaatst worden, representatief blijkt voor andere later te plaatsen windmolenparken en aantoont dat er niet-significante effecten optreden voor bepaalde deelaspecten, is het zinvol om de monitoringvereisten bij te stellen zodat enkel gemonitord wordt met bijkomende informatie tot gevolg.

Eveneens worden voor de cumulatieve effecten in het desbetreffende hoofdstuk van de drie windmolenparken per thema voorstellen geformuleerd voor monitoring. Indien mogelijk moeten de monitoringsprogramma's van de verschillende parken op elkaar afgestemd worden en synergieën gezocht worden, in overleg tussen de BMM en de drie initiatiefnemers. Dit moet ervoor zorgen dat zoveel mogelijk leemtes opgevuld raken en dat financiële inspanningen voor monitoring leiden tot een nuttig resultaat.

5 CUMULATIEVE EFFECTEN

5.1 INLEIDING

De mogelijke effecten van een combinatie van meerdere windturbineparken, 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, totdat 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 3 goedgekeurde of geplande windturbineparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Eldepasco + Belwind + C-power).

- C-Power n.v. heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie en vergunning/machtiging) om in de mariene wateren onder Belgische rechtsbevoegdheid ter hoogte van de Thorntonbank een windturbinepark te bouwen en het gedurende een looptijd van 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. Het concessiegebied voor windenergie ligt juist ten oosten van controlezone 1, sector 1A. De verkregen concessie op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten Westen van de telecomkabel Concerto South1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 24 turbines met een oppervlakte van 5,0 km² en één ten Oosten (deelgebied B) bestaande uit 36 turbines met een oppervlakte van 8,8 km². Indien rekening gehouden wordt met een veiligheidszone van 500 m rondom de windturbines wordt een oppervlakte van 26,4 km² ingenomen (Ecolas, 2003) voor een totaal geïnstalleerd vermogen tot 300 MW (rekening houdende met de veiligheidszones).
- Eldepasco heeft een domeinconcessie (15/05/2006) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windturbinepark van 36 molens (totale oppervlakte: 9 km²) op de Bank zonder Naam. Momenteel is gestart met de opmaak van een milieueffectrapport voor het verkrijgen van de vergunning/machtiging.
- Belwind, de Belgische dochter van de Nederlandse hernieuwbare energiegroep Econcern, heeft een concessie aangevraagd voor een grootschalig windturbine project (330 MW) op de Bligh Bank. Het windturbine park zal bestaan uit 66 turbines van 5 MW, 110 turbines van 3 MW of alternatieve scenario's met gelijkaardig vermogen. Een domeinconcessie werd aangevraagd voor een oppervlakte van 35,4 km². Het voorliggende milieueffectrapport wordt opgemaakt als onderdeel voor het verkrijgen van de vergunning/machtiging.

Enkel deze effecten die een niet verwaarloosbare (positief of negatief) invloed hebben op een bepaalde discipline zullen in de volgende paragrafen worden besproken. Er wordt namelijk verondersteld dat indien een bepaald effect totaal verwaarloosbaar is voor het milieu voor elk windturbinepark afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn.

5.2 BODEM

In totaliteit zal voor de drie windmolenparken bijna 7 miljoen m³ zand gestockeerd worden tengevolge van de benodigde uitgraving, indien elk project kiest voor gravitaire funderingen voor alle windturbines. Deze stockage treedt gefaseerd in de tijd op: de bouw duurt 2 jaren, de bouwperiode per windmolenpark zal verschillen. Het cumulatieve effect zal kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is zeer gering. Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de drie projecten verschillende trajecten hanteert.

De lokale erosie door de constructies wordt voor de drie windmolenparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming. Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden dat de erosiebescherming in de drie gevallen voldoende groot is. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring. Het cumulatieve effect is zeker kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming.

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

5.3 WATER

De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering maar groter voor de graviteits- en caissonfundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stromen, een verwaarloosbaar effect. Het cumulatieve effect is de som van de individuele effecten.

De impact wordt van de aanleg van de kabels binnen elk park en tussen parken en het vaste land is zeer tijdelijk en lokaal. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.

5.4 KLIMAAT & ATMOSFEER

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

De vermeden emissies van elk windturbinepark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO2, NOx en CO2. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen.

5.5 GELUID & TRILLINGEN

Tijdens de constructiefase brengt het heien van de funderingspalen een impulsgeluid (niet continue) voort. Deze heiactiviteiten komen slechts tijdelijk voor. Bijgevolg zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windturbinepark (de kans dat de puls van het heien van de 3 windturbineparken samen valt is zeer klein).

Tijdens de exploitatie blijft het onder water geluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines en overschrijdt niet de veiligheidsgrens van 500 m rond de respectievelijke windmolenparken, het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten.

Enkel tussen het Belwind en het C-power windturbinepark ter hoogte van het Eldepasco windturbinepark zal het geluidsniveau boven water iets hoger zijn bij de cumulatieve werking van de 3 windturbineparken samen. Daar er slechts een zeer beperkt effect verwacht wordt van de individuele effecten (van de afzonderlijke windturbineparken) zal er ook slechts een beperkt effect aanwezig zijn van het geluid boven water afkomstig van de 3 windturbineparken.

5.6 FAUNA & 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 windturbine park. Deze zijn bovendien vaak recht evenredig met het ruimtebeslag. De totale oppervlakte van de drie parken samen blijft relatief klein tov het BDNZ (2,5 %). Gezien de meeste effecten zich slechts voordoen op een beperkt deel van de domeinconcessies (gravitaire/ caisson > monopile/tripode) kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn. Er heerst nog een grote onzekerheid omtrent de grootte van het cumulatieve effect van geluidsverstoring en elektromagnetische straling. Verder onderzoek is aangewezen.

De meeste cumulatieve effecten op vogels zijn de som van de afzonderlijke effecten per windturbinepark. Het cumulatieve effect als gevolg van de vermindering van habitat voor rustende en foeragerende vogels, zal voornamelijk een effect hebben op soorten die een groot vermijdingsgedrag vertonen. Het betreft Alk, Zeekoet en Jan van Gent. Aangezien er een uitstralende werking van het park van ca. 4 km kan aangenomen worden, zal de volledige concessiezone die op het BDNZ is afgebakend voor de bouw van windmolenparken door deze soorten vermeden worden. In eerste instantie wordt dat cumulatieve effect als significant beschouwd. In relatie tot de volledige biogeografische populatie van deze soorten die ter hoogte van het BDNZ voorkomen, wordt het effect als matig negatief beoordeeld. Over het cumulatieve effect m.b.t. aanvaring, is er tot op heden een beperkte wetenschappelijke kennis gezien het ontbreken van zones met diverse windparken waar een dergelijk cumulatief effect zou kunnen optreden,. Er wordt evenwel verwacht dat het aanvaringseffect vooral groot zal zijn bij de grote meeuwensoorten (Kleine Mantelmeeuw, Grote Mantelmeeuw en Zilvermeeuw).

Naar zeezoogdieren toe worden er geen negatieve cumulatieve effecten verwacht. Ze zijn de som van de afzonderlijke effecten. Het cumulatieve effect als gevolg van rustverstoring wordt als een leemte in de kennis aangezien.

5.7 MENS

Er worden geen noemenswaardige negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de verschillende gebruikers van de Noordzee.

Voor visserij en maricultuur kan de bouw en exploitatie van de verschillende windturbineparken indirect 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.

5.8 ZEEZICHT

De drie windmolenparken liggen op zo'n grote afstand tot de kust dat de zichtbaarheid ervan heel gering zal zijn. Enkel bij helder weer zullen vooral de dichtst bij gelegen windmolens zichtbaar zijn. Deze windmolens zullen niet beeldaspectbepalend zijn, waardoor er geen significant negatief effect verwacht worden op vlak van zeezicht. Vanaf de vaarroute zullen de parken beter zichtbaar zijn, maar zullen vanaf hier ook niet beeldaspectbepalend zijn.

5.9 VEILIGHEID

Een zeer klein en aanvaarbaar risico van milieuvervuiling door de aanwezige oliën en vetten bij het omvallen van de turbine en bij een complete structurele faling van het transformatorplatform

Over het algemeen kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van de beide andere parken het totale risico door scheepvaart voor de drie parken niet veel zal afwijken van de som van het risico van de individuele parken.

Voor de drie windparken, samen 810 aan geïnstalleerd vermogen, wordt voor de 5 MW basis uitgaande van worst-case berekeningen eens in de 8,8 jaar een aanvaring of aandrijving met een windturbine van een van de drie parken verwacht, waarbij dit naar verwachting eens in de 227 jaar zal leiden tot een uitstroom van lading of bunkerolie. Dit is een toename van 14%. Voor de 3 MW variant is dit eens in de 7,2 jaar een incident en eens in de 177 jaar een uitstroom van lading of bunkerolie

Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer. Voor de bewaking van de veiligheid van de 3 windturbineparken wordt er evenwel best een bijkomende SRK-radar voorzien.

6 BESLUIT

Belwind heeft initiatief genomen om op zee een offshore windpark te bouwen op de Bligh Bank. Het doel van het project is het bouwen, onderhouden en exploiteren van een offshore windpark met een vermogen van ongeveer 330 MW voor de kust van België op de Bligh Bank. Deze capaciteit zou kunnen instaan voor het gemiddelde elektriciteitsverbruik van ongeveer 340.000 gezinnen. Met de realisatie van het windpark wordt invulling gegeven aan de doelstellingen van de overheid ten aanzien van duurzame energie (6% tegen 2010).

Ten behoeve van de besluitvorming over de aanvraag van de vergunning wordt de procedure voor de milieueffectrapportage met bijhorende milieueffectenbeoordeling doorlopen. Dit MER dient ter onderbouwing van de vergunningaanvraag en zal zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging behandelen.

De inrichtingsplannen voor het windpark die in de MER worden onderzocht zijn gebaseerd op respectievelijk een basisvariant bestaande uit 66 windturbines met een vermogen van 5 MW en een alternatieve variant bestaande uit 110 windturbines met een vermogen van 3 MW. Bij realisatie zal kunnen worden gekozen voor een windturbine uit het vermogensbereik van 3 MW tot 5 MW. De in dit MER behandelde varianten (basisvariant en alternatief) liggen dus aan de onder- en bovenkant van dit vermogensbereik. Dit geldt ook voor de technische eigenschappen van de windturbines en voor de overige technische voorzieningen voor het windpark. Algemeen kan worden gesteld dat de effecten van een windturbinekeuze binnen dit vermogensbereik niet ongunstiger zullen zijn dan de effecten van een 3 MW windturbine of een 5 MW windturbine voor het windpark. Daarnaast wordt er 1 windmeetmast en 2 hoogspanningsstations voorzien. Vervolgens wordt de energie getransporteerd via 2 ondergrondse kabels hetzij naar Oostende, hetzij naar Zeebrugge. Eveneens wordt de nodige monitoring voor bewaking en besturing van het windturbinepark voorzien en de vereiste bebakening, verlichting en markering. Het windenergiepark zal in 2 jaar gebouwd worden en een levensduur van minimum 20 jaar hebben.

Tijdens de *inrichtingsfase* zal er een tijdelijke verstoring plaatsvinden tengevolge van de werkzaamheden. Bij gravitaire funderingen dient er een aanzienlijk zandoverschot gestockeerd te worden binnen het concessiegebied. Als gevolg van de activiteiten (varen, heien, gebruik van de kraan , …) zal er een tijdelijk een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn onder en boven water. Er treedt een tijdelijk benthisch habitatverlies op en een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen. Er is onzekerheid over de grootte van de impact van geluid en trillingen. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten, maar terugkeren na het beëindigen van de constructiefase. Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers binnen het BDNZ. Er is een minimaal verhoogd risico op scheepvaartongelukken en op milieuschade tengevolge van scheepvaartverkeer naar de projectsite.

Tijdens de *exploitatiefase* treden eveneens een aantal effecten op. Potentiële erosie t.h.v. elke turbine wordt tegengaan door het a priori aanleggen en monitoren van een erosiebescherming rond elk turbine. De kans op verontreiniging van water en bodem is bijzonder klein. Tijdens de exploitatie van dit windturbinepark worden ongeveer 4 % emissies vermeden van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales. Het windturbinepark zal enkel beperkt waarneembaar zijn bij uitzonderlijke goede omstandigheden. Voor de meeste fauna-soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden. De creatie van harde substraten zal leiden tot een verhoogde en veranderde biodiversiteit. Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen hinder (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de exploitatiefase. Zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden van trillingen, geluiden, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen tijdens de exploitatiefase. Het effect op de avifauna en zeezoogdieren

tijdens de exploitatiefase wordt als gering negatief beoordeeld. Er wordt een positief effect verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving. Bij een aandrijving kan een ladingtank of bunkertank lek kan raken en een uitstroom van lading of bunkerolie veroorzaken; dit wordt eens in de 500 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 300 jaar voor de 3 MW variant. Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom toegenomen met 6 % voor de basisvariant 5 MW, en met 9 % voor de 3 MW. Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

De effecten tijdens de *ontmantelingsfase* zijn fundamenteel gelijkaardig als tijdens de inrichtingsfase. De effecten hangen af van het al dan niet verwijderen van (een deel van) de fundering en de erosiebescherming. De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming en de fundering wordt best op het einde van de exploitatie bepaald, gebaseerd op de resultaten van de monitoring.

De voornaamste invloed van het *kabel*leggen is het gevolg van de lokale verstoring van de bodem en de daarin levende dieren. Deze invloed zal beperkt zijn tot de onmiddellijke omgeving en na een tijd verdwenen zijn. De invloeden van de elektromagnetische straling, geluid en trillingen en de lokale opwarming van de bodem tijdens de exploitatie zijn onzeker maar beperkt tot de nabije omgeving.

Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de buurlanden kunnen enkel beperkte *grensoverschrijdende effecten* verwacht worden naar Nederland toe. Van al de beschouwde disciplines kan er enkel eventueel een beperkt effect verwacht worden voor de discipline geluid, zeezicht en veiligheid.

Bij de *cumulatieve effecten* (gezamenlijke effecten van de drie windmolenparken) worden enkel de effecten verder besproken die niet verwaarloosbaar zijn voor een enkel windturbinepark. Voor deze niet-verwaarloosbare effecten zal het cumulatieve effect meestal gelijk of kleiner zijn dan de som van de individuele effecten. In totaliteit zal bijna 7 miljoen m³ zand gestockeerd worden tengevolge van de benodigde uitgraving, enkel indien elk project kiest voor gravitaire funderingen voor alle windturbines, wat weinig waarschijnlijk is. Het cumulatieve effect zal door de fasering kleiner zijn dan de som van de effecten. De vermeden emissies van elk windturbinepark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO2, NOx en CO2. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen. Tijdens de exploitatie blijft het onder water geluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines, 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- per windturbine park. 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 het windturbinepark treedt er een cumulatief effect op dat groter is dan de som van de effecten per windturbinepark. 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. Voor de drie windparken, samen 810 MW aan geïnstalleerd vermogen, wordt voor de 5 MW basis uitgaande van worst-case berekeningen eens in de 9 jaar een aanvaring of aandrijving met een windturbine van een van de drie parken verwacht, waarbij dit naar verwachting eens in de 227 jaar zal leiden tot een uitstroom van lading of bunkerolie. Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

1 VOORSTELLING VAN HET PROJECT

1.1 BESCHRIJVING VAN HET DOEL VAN HET PROJECT EN DE VERANTWOORDING

Het doel van het project is het bouwen, onderhouden en exploiteren van een offshore windpark met een vermogen van ongeveer 330 MW voor de kust van België op de Bligh Bank. Deze capaciteit zou kunnen instaan voor het gemiddelde elektriciteitsverbruik van ongeveer 340.000 gezinnen.

Ofwel worden er 66 turbines van 5 MW geplaatst, ofwel worden er 110 turbines van 3 MW geplaatst. Daarnaast wordt er 1 windmeetmast en 2 hoogspanningsstations voorzien. Vervolgens wordt de energie getransporteerd via 2 ondergrondse kabels hetzij naar Oostende, hetzij naar Zeebrugge. Het windenergiepark zal in 2 jaar gebouwd worden en een levensduur van minimum 20 jaar hebben.

De realisatie van het windpark beantwoordt aan de Europese, Belgische en Vlaamse doelstellingen op het gebied van duurzame energie.

- De Europese richtlijn [EC 2001/77/EC] omvat nationale indicatieve doelstellingen voor elk van de lidstaten. Deze nationale indicatieve doelstellingen bedragen cumulatief 22,1 % van het bruto elektriciteitsverbruik in de Unie in 2010.
- Voor België is de indicatieve doelstelling vastgesteld op 6% van het bruto binnenlands elektriciteitsverbruik in 2010.

1.1.1 De initiatiefnemer en het college van deskundigen

1.1.1.1 Concessieaanvrager

De aanvrager is een SPC of Special Purpose Company, genaamd Belwind NV. Deze naamloze vennootschap naar Belgisch recht werd opgericht bij notaris Yves Tytgat te B-9000 Gent, Zonnestraat 6 op 26 januari 2006. De oprichtingsakte werd neergelegd bij de Griffie van de Rechtbank van Koophandel te Gent 6 op twee februari 2006.

1.1.1.2 Consortium

Belwind NV werd opgericht door:

- Ecoventures BV,
  - met maatschappelijke zetel te Nederland – 3526 KL Utrecht, Kanaalweg 16 G, handelsregister van de kamer van koophandel te Utrecht onder nummer 33267348.
- Evelop Netherlands BV,
  - met maatschappelijke zetel te Nederland – 3526 KL Utrecht, Kanaalweg 16G, handelsregister van de kamer van koophandel te Utrecht onder nummer 30187905.

De maatschappelijke zetel van de vennootschap werd bij de oprichting in de "Overgangsbepalingen" vastgelegd en bevindt zich te België, Leuvensesteenweg 555/15, 1930 Zaventem.

Belwind NV is eigendom van Ecoventures BV (99,8 %) en Evelop Netherlands BV (0,2 %).

Ecoventures BV is een vennootschap die participaties neemt in bedrijven die activiteiten in hernieuwbare energie ontwikkelen.

Evelop Netherlands BV ontwikkelt mogelijkheden en opportuniteiten tot projecten voor de bouw van installaties die hernieuwbare energie produceren. Evelop Netherlands BV heeft verschillende initiatieven genomen voor de ontwikkeling van windmolenparken in de Noordzee.

Belwind NV zal het voorliggend project verder uitbouwen, in samenwerking met Evelop Netherlands BV.

Ecoventures BV en Evelop Netherlands BV zijn 100 % dochters van de holding Econcern BV, met maatschappelijke zetel te Nederland – 3526 KL Utrecht, Kanaalweg 16 G, ingeschreven in het handelsregister te Utrecht onder het ondernemingsnummer 30160545. Het bedrijf werd opgericht op 3 januari 2000.

Econcern BV op haar beurt is voor 59,51 % eigendom van de Ecofys Netherlands Co-operatie u.a. (personeels-cooperatieve), voor 12,15 % van de Stichting Ecoshares en voor 3,95 % eigendom van een informele investeerder.

De aandeelhouders van Econcern BV zijn Stichting Administratiekantoor Ecoshares I (35.637 %), Stichting Administratiekantoor Ecoshares II (38.652 %), Coöperatie Ecofys U.A. (0.001 %) en SHV Nederland B.V. (23.330 %)

In Figuur 1.1.1 vindt u een schematische voorstelling van de aandeelhoudersstructuur van Econcern.

Figuur 1.1.1: Aandeelhoudersstructuur Econcern BV

De gehele Econcern-groep is gegroeid uit Ecofys Netherlands BV, studie- en engineeringbedrijf in hernieuwbare energie, opgericht in 1984 en met haar 11 vestigingen in 8 landen een absolute marktleider in hernieuwbare energie en referentiebureau voor alle regionale, nationale, Europese en internationale overheden en energiebedrijven. Ecofys Netherlands BV is sinds 2000 een 100 %dochter van Econcern BV.

Op de organisatorische groepsstructuur in Figuur 1.1.2 worden de 4 divisies van Econcern weergegeven :

- Ecofys Netherlands : internationaal studie- en engineeringbureau
- Ecostream : levert duurzame energiesystemen in Europa
- Evelop Netherlands : ontwikkelt projecten in duurzame energie
- Ecoventures : neemt participaties in duurzame energie- projecten

Figuur 1.1.2: Groepsstructuur Econcern BV

De juridische groepsstructuur in Figuur 1.1.3 geeft de aandelenverhoudingen, in het bijzonder deze van Belwind nv, weer.

Figuur 1.1.3: Aandeelhouderstructuur Belwind nv

Belwind NV heeft volgend projectteam aangesteld met interne deskundigen voor de begeleiding van het MER:

- Ing. H. van Doorn: Coördinator van het MER / techniek
- Dr. Ir. L. Folkerts: Fauna en flora

1.1.1.3 Experten

Ecolas verbindt zich ertoe dat de verantwoordelijkheid voor de milieueffectenrapportering zal gedragen worden door medewerkers die ervaring hebben inzake MER en het mariene milieu. Het volgende experten team wordt voorgesteld:

dr. ir. Renaat De Sutter	Coördinatie en integratie van de deeldisciplines Juridische aspecten, interacties met andere activiteiten, sediment, water
Lic. Annemie Volckaert	Assistentie bij coördinatie Fauna en flora-benthos, biodiversiteit, mens
Lic. Mieke Deconinck Lic. Tine Degezelle	Fauna en flora-vogels,zeezoogdieren, zeezicht en cultureel erfgoed
Ir. Kathleen Nysten	Klimatologische factoren, atmosfeer
Lic. Dirk Libbrecht	Geologische aspecten, bodem en sediment
Ir. Inge Van Tomme	Veiligheid
Ing. Ann Himpens	Geluid
dr. ir. Paul Vanhaecke	Algemeen kwaliteitsbeheer

Daarnaast zullen voor specifieke expertises bijkomende externe deskundigen ingeschakeld worden. Het betreft:

- Ir. Johan Cattryse: effecten inzake radar- en scheepscommunicatie;
- Marin: risico-analyse scheepvaartaccidenten.

1.1.2 Procedure verloop

De procedure voor het verkrijgen van een vergunning voor het installeren van een windturbine park op zee is schematisch weergegeven in Figuur 1.1.4.

Figuur 1.1.4: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (BMM, 2006)

1.2 SITUERING EN JUSTIFICATIE VAN HET PROJECT

1.2.1 Algemene doelstellingen inzake hernieuwbare energie

Het bruto binnenlands elektriciteitsverbruik in België in het jaar 2003 bedroeg 82.0TWh (BFE, 2004). Het federaal planbureau voorziet een jaarlijkse groei van 1.5% van het elektriciteitsverbruik in de jaren 2000-2010 en een jaarlijkse groei van 1.3% in de jaren 2010-2020 (Federaal Planbureau, 2005).

Tabel 1.2.1 geeft de toekomstige elektriciteitsvraag voor België, opgesplitst per gewest, rekening houdend met de jaarlijkse groei zoals voorgesteld door het federaal planbureau [PLA 04].

Tabel 1.2.1: Bruto binnenlandse elektriciteitsvraag in België tot 2020, uitgedrukt in TWh per jaar, groei volgens [PLA 04].

Elektriciteitsvraag (TWh)	*2003*	*2005*	*2010*	*2015*	*2020*
Vlaams Gewest	52,8	54,4	58,6	62,5	66,7
Waals Gewest	23,7	24,4	26,3	28,0	29,9
Brussels Hoofdstedelijk Gewest	5,5	5,7	6,1	6,5	7,0

Elektriciteitsvraag (TWh)	*2003*	*2005*	*2010*	*2015*	*2020*
België	82,0	84,5	91,0	97,1	103,6

Tabel 1.2.2 geeft de hoeveelheid groene stroom aan die elke regio zou moeten produceren opdat België aan de Europese doelstelling van 6% voldoet, in de veronderstelling van een toepassing van 6% voor ieder gewest afzonderlijk.

Tabel 1.2.2: Europese doelstelling van 6%, opgesplitst per regio, uitgedrukt in GWh

Regio	*Groenestroomproductie in GWh*
Vlaanderen	3 518
Wallonië	1 576
Brussel	367
België	5 461

1.2.2 Huidige doelstellingen van het Vlaamse Gewest

Het Vlaamse Gewest heeft quotaverplichtingen (in % hernieuwbare energie) vastgesteld tot 2010. Deze verplichtingen gelden niet op alle elektriciteitsleveringen: leveringen aan grootverbruikers (>20 GWh) worden gedeeltelijk vrijgesteld van de verplichtingen.

Tabel 1.2.3: Quotaverplichtingen voor de leveranciers in het Vlaamse Gewest

Jaar	*Quota*
2005 (leveringen 2004)	2%
2006 (leveringen 2005)	2,5%
2007 (leveringen 2006)	3%
2008 (leveringen 2007)	3,75%
2009 (leveringen 2008)	4,5%
2010 (leveringen 2009)	5,25%
2011 (leveringen 2010)	6%

1.2.2.1 Doelstellingen van de initiatiefnemer

De partners van Belwind NV hebben reeds een ruime ervaring opgedaan inzake het ontwikkelen, realiseren en exploiteren van windturbineparken op land en andere hernieuwbare energieprojecten. Gezien het feit dat nog niet aan de algemene productiedoelstellingen inzake hernieuwbare energie is voldaan wensen deze partners hun activiteiten in het domein hernieuwbare energie ook in België verder te zetten.

De onderstaande tabel geeft in haar bovenste lijn de berekende bruto productieopbrengstcijfers, dit wil zeggen zonder rekening te houden met productieverlies t.g.v. elektrisch verlies langs kabels en transformatoren. Tevens is geen rekening gehouden met productieverlies t.g.v. voorziene (onderhoud,…) en onvoorziene stilstanden (blikseminslag, machinebreuk,…). Er is m.a.w. verondersteld dat de beschikbaarheid van de turbines 100% bedraagt.

De netto opbrengst voor het park, na toepassing van de hierboven vermelde correcties, bedraagt 1.120 GWh per jaar of het jaarlijks gemiddeld verbruik (3.500 KWh) van 320.000 gezinnen.

Tabel 1.2.4 Elektriciteitsproductie windmolenpark Bligh Bank

Productie elektriciteit		
Bruto theoretische parkopbrengst (na aftrek park-of zogeffect)	1.282	GWh
Onbeschikbaarheid	10	%
Netverliezen	2	%
Transformatorverliezen	1	%
Netto theoretische opbrengst	1.120	GWh

1.2.2.2 Motivatie van de locatiekeuze

In de Belgische Exclusieve Economische Zone (EEZ) is bij Koninklijk Besluit een gebied aangewezen voor de uitgifte van concessies voor de exploitatie van offshore windparken. In dit gebied zijn rechten verkregen op een drietal windparklocaties: C-Power (2 locaties) en Eldepasco (1 locatie- exclusiviteit als aanvrager voor het verkrijgen van een domeinconcessie op een specifiek voorgesteld gebied). Alleen het resterende gebied binnen de aangewezen zone is ter beschikking voor nieuwe concessie aanvragen. Op de eventuele benutting van locaties buiten dit gebied wordt hier daarom niet ingegaan.

Factoren die bepalend zijn voor de windparklocatie:

- Het windaanbod: De gemiddelde windsnelheid en daarmee de windparkproductie neemt toe met de afstand tot de kust.
- De waterdiepte: Ter plaatse van het windpark varieert de waterdiepte van 15 tot 37 m. (zie Figuur 1.2.1).
- De mate waarin de samenstelling van de zeebodem geschikt is voor de fundering van een windturbinepark. Hierbij is onder meer gekeken naar de diepte van de dragende zandlaag. Een diepgaande studie van de gekozen locatie werd nog niet uitgevoerd.

De huidige conclusies zijn gebaseerd op bestaande gegevens (Le Bot et al., 2003):

- De aansluiting op het elektriciteitsnet, met name ook de lengte van het tracé van de hoogspanningsverbinding tot het aansluitpunt in verband met de investeringskosten en de elektrische verliezen in de kabels.
- De afstand tot de dichtstbijzijnde haven in verband met de kosten voor onderhoud en reparatie.
- De mogelijkheid tot synergie met de andere windenergieprojecten in de regio. Synergie wordt mogelijk geacht bij o.a. onderhoud en reparatie van het windpark. Door samenwerking kan de beschikbare capaciteit (mankracht en middelen) mogelijk beter worden benut, waardoor de kosten kunnen dalen. Daarnaast is misschien synergie mogelijk bij de aansluiting op het elektriciteitsnet en monitoring.
- Er is bij deze locatie geen sprake van ontoelaatbare verstoring van andere activiteiten. In relatie met bijvoorbeeld de visserij moet hierbij worden overwogen dat de locatie binnen een zone ligt die voor de uitgifte van concessies is voorbestemd.
- Visuele impact: deze is afwezig door de afstand tot de kust.

Rekening houdend met bovenstaande aspecten, en de locatie eigenschappen zoals die in onderstaande paragrafen worden beschreven, is de windparklocatie op de Bligh bank gekozen.

Figuur 1.2.1: Bathymetrische gegevens van de site

1.2.2.3 Ruimtelijk situeren van het project

De Bligh bank is gesitueerd ca. 42 km uit de Belgische kust (Figuur 1.2.2). De Bligh Bank is gelegen ca. 6 km 'achter' dwz ten noorden van de Bank zonder Naam.

Figuur 1.2.2: Ruimtelijke situering van het project

Het project omvat

- Ofwel 66 turbines van 5 MW, geplaatst in een raster dat bij benadering ZW (overheersende windrichting) geörienteerd is;
- Ofwel 110 turbines van 3 MW, eveneens geplaatst in een raster dat bij benadering ZW (overheersende windrichting) geörienteerd is.

De totale ingenomen oppervlakte van het windturbinepark bedraagt:

- Exclusief veiligheidszones (sensu stricto: gebied turbines + meetmast + transfo's): 35,4 km²
- Inclusief veiligheidszone van 500 m: 49,1 km²

Alle turbines bevinden zich overeenkomstig de Kaart van de Vlaamse Banken binnen een zone waarvan de waterdiepte 15-37m bedraagt.

1.2.2.4 Monitoring bij Belwind en andere offshore windparken

De in ontwikkeling zijnde windparken van Belwind, C-Power en Eldepasco zullen alle worden gerealiseerd binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004). Voor de vergunningverlening bij elk van de projecten is of wordt een milieueffectrapport opgesteld, waarin onder meer ook wordt ingegaan op de monitoring van de effecten van de windparken. Gezien de onderlinge nabijheid van de windparken en de overeenkomsten bij de initiatieven is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen.

Voor de eerste fase van het C-Power project, waarbij in 2008 met de installatie zal kunnen worden begonnen, is een monitoringprogramma vastgesteld en er zijn reeds nulmetingen uitgevoerd. Bij het opstellen van de monitoring van onder meer het Belwind project kan rekening worden gehouden met de hiermee verworven kennis, nulmetingen bij de andere windparken hoeven voor het desbetreffende onderdeel dan niet opnieuw te worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld voor hydrometeorologische metingen kan, in overeenstemming met de besprekingen in het BNSWEP, volstaan worden met één meetstation om drie windparken te bedienen (Ref.: Brief van de minister van mobiliteit en de Noordzee aan C-Power van maart 2007 met afschrift aan Belwind en Eldepasco).

Doel van de hiervoor beschreven aanpak, waarbij gestreefd wordt naar optimalisatie, is het verwerven van relevante kennis zonder dat dit een onevenredig zware monitoringinspanning oplegt. Metingen die bij één van de drie windparken worden uitgevoerd en representatief kunnen zijn voor de waarnemingen bij de andere windparken hoeven niet opnieuw te worden uitgevoerd. Het verdient dan de voorkeur de beste locatie/situatie voor het monitoringprogramma te selecteren. In de eerder genoemde brief is in dat verband al de installatie van één gezamenlijk hydrometeorologisch meetstation voor de drie windparken voorgesteld.

Voor de beschrijving van monitoring in het MER betekent dit dat voor de nulmetingen verwezen wordt naar het programma dat voor C-Power wordt uitgevoerd. Ten aanzien van het monitoringprogramma van Belwind tijdens de exploitatiefase wordt voorgesteld dat de onderzoeken die in deze fase reeds voor het C-Power project voorzien zijn en representatief zijn voor het Belwind project, niet opnieuw bij het Belwind project worden uitgevoerd. Rekening houdend met de het uitvoeringsplan van C-Power kan er op onderdelen voor gekozen worden monitoring bij Belwind (of bij Eldepasco) uit te voeren in plaats van bij C-Power.

1.3 JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN

1.3.1 Juridische randvoorwaarden

1.3.1.1 Nationale wetgeving

Het Belgische mariene gebied (vanaf de gemiddelde laag laagwaterspringlijn; GLLWS) is federale bevoegdheid. Het gebied wordt opgedeeld in de 12 mijlszone (of territoriale wateren); de 24-mijlszone (of de aansluitende zone) en de aangrenzende exclusieve economische zone (= Belgisch continentaal plat).

In België heeft voormalig minister voor de Noordzee, Johan Vande Lanotte, sinds het aantreden van de federale regering in juli 2003 de eerste stappen gezet naar de ontwikkeling van een duurzaam maritiem beleid met zijn Masterplan Noordzee. Het Masterplan is een visie op een leefbare toekomst. Het is een visie met als sleutelwoord duurzaam beheer: het verzoenen van de verschillende economische activiteiten en tegelijkertijd de natuurwaarden behouden. Het Masterplan is een gefaseerde en gezoneerde aanpak van het Belgisch deel van de Noordzee in overleg met alle betrokkenen. Dit beleid wordt nu verder gezet door zijn opvolger, Renaat Landuyt, onder het motto 'Noordzee – Noordzeven' (alluderend op de zeven krachtlijnen: zeewindenergie, zeevisserij, zeevaart, zeehaven, zeenatuur, zeerecreatie en zeewetgeving). Relevant voor de windenergie sector hierbinnen is de toekenning van een zone voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen volgens **het KB 17/05/2004**.

Door de oprichting van het Coördinatiepunt voor Geïntegreerd Beheer van Kustgebieden wordt ook het duurzaam beheer van het kustgebied in België gestimuleerd. De kustzone vanaf de GLLWS landinwaarts is regionale (Vlaamse) bevoegdheid o.a. wat betreft milieubescherming. Dat heeft als gevolg dat het toepassingsgebied van dit MER zich beperkt tot de mariene zones (dus gerekend vanaf de gemiddelde laagwaterlijn). We wensen er echter op te wijzen dat de afbakening van de milieueffecten van activiteiten niet noodzakelijk samenvalt met de bevoegdheidsgrenzen. Eventuele milieu-impact op land (onder Vlaamse bevoegdheid) wordt in principe niet behandeld in dit MER.

Voor de mariene zones zijn verscheiden nationale wetten geldig. Deze worden in de volgende paragrafen beknopt beschreven.

Een eerste belangrijke wet is **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 8/10/1969)**.** Delen van deze wet werden herzien in de wet van 20 januari 1999 betreffende de bescherming van het mariene milieu en 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.

Van belang is dus ook de **wet betreffende de exclusieve economische zone van België in de Noordzee van 22 april 1999** (publicatie Belgisch Staatsblad 10/07/1999) die de Belgische jurisdictie uitbreidt 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. Zoals vermeld in voorgaande paragraaf is deze wet ook van toepassing op de te leggen kabels voor het windturbinepark.

Een mijlpaal in de mariene wetgeving vormt de **wet ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België van 20 januari 1999, gewijzigd bij wet van 17 september 2005 of kortweg de Wet Mariene Milieu.** 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 windturbinepark alsook tijdens het uitvoeren van de werken en de bekabeling.

Aansluitend bij het 5de principe (herstelprincipe) wordt het beginsel van objectieve aansprakelijkheid vastgelegd. Deze 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.

In **Art.25** van de Wet Mariene Milieu worden de activiteiten, waaronder de activiteiten van burgerlijke bouwkunde zoals het oprichten van windturbines, opgesomd die onderworpen zijn aan een voorafgaande vergunning of machtiging verleend door de minister. Bij deze vergunningsprocedure horen volgende gewijzigde Koninklijke Besluiten (KB):

- **KB van 7 september 2003** (publicatie Belgisch Staatsblad 17/09/03) houdende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België.
- **KB van 9 september 2003** (publicatie Belgisch Staatsblad 17/09/03) houdende de regels betreffende de milieu—effectenbeoordeling in toepassing van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België.

Op federaal vlak is ook het **KB van 12 maart 2002** (publicatie Belgisch Staatsblad 09/05/2002) **betreffende het leggen van elektriciteitskabels** op het continentale plat onder de rechtsbevoegdheid van België van belang.

Op basis van de bovengenoemde wetten en besluiten is een machtiging vereist voor de bouw van het windturbinepark, voor de exploitatie van het windturbinepark 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 1.3.1.2):

- 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 worden drie speciale beschermingszones ingesteld met name een zone van 110,01 km² te Nieuwpoort (SBZ1), een zone van 144,80 km² te Oostende (SBZ2) en een

zone van 57,71 km² ter hoogte van Zeebrugge (SBZ3) en dit op basis van het voorkomen van vier beschermde vogelsoorten (fuut, de grote stern, de visdief en de dwergmeeuw). Bovendien worden ook 2 speciale zones voor natuurbehoud ingesteld met name "Trapegeer Stroombank" (181 km²) en de "Vlakte van de Raan" (19,17 km²).

- 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: 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 09/09/2003. 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 is gelegen in één van de drie speciale beschermingszones (SBZ 3) en sluit aan op het bestaande Vlaamse natuurreservaat Baai Van Heist. Hier geldt een verbod van alle activiteiten behoudens deze die onder de gebruikersovereenkomst vallen. Ook scheepvaart, het leggen en onderhoud van kabels en pijpleidingen worden toegelaten. 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 09/09/2003. Het KB geeft aan waarvoor de Minister een gebruikersovereenkomst afsluit en binnen de 3 jaar een eerste beleidsplan opstelt.

Het concessiegebied situeert zich niet binnen één van voorgenoemde beschermde gebieden. Het milieueffectenrapport voorziet echter twee alternatieven naar kabeltracé. In beide alternatieven is er de kans dat het voorziene kabeltracé een beschermde gebied kan kruisen:

- optie "aanlanding te Oostende": de speciale beschermingszone SBZ-2 (Oostende) wordt doorkruist;
- optie "aanlanding Zeebrugge": de speciale beschermingszone SBZ-3 (Zeebrugge) wordt doorkruist, het gericht marien reservaat "Baai van Heist" en de speciale zone voor natuurbehoud "Vlakte van de Raan" (SBZ-H) worden niet doorkruist.

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 de kabeltracés daar zij mogelijks significante gevolgen kunnen 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 het openbaar nut en kan mits de nodige compenserende maatregelen eventueel toch een toestemming verleend worden.

Ten slotte 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, waarin bepaald wordt dat concessies voor windenergieparken in Belgische mariene wateren kunnen worden verleend voor een periode van maximaal 30 jaar, en het **KB van 20 december 2000** (gewijzigd op 17/05/2004) 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.

Artikel 7 van 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 5 oktober 2005** die de bijzondere bepalingen betreffende de toekenning van groenestroomcertificaten voor elektriciteit bepaalt en de tariefmaatregelen vastlegt die een minimum prijs waarborgen voor de verschillende typen van groene elektriciteit, ongeacht hun productieplaats.

1.3.1.2 Toepasselijke EG 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 genoemde factoren;

De **SEA richtlijn (2001/42/EG)**[1]: 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 milieu-beoordeling waarvoor de SEA systematische gebruiken/regels opstelt. SEA zal verplicht zijn voor een brede waaier aan plannen en projecten (vb. bosgrond, energie, industrie, transport, afval management, toerisme, landgebruik), die significante effecten kunnen veroorzaken aan het milieu.

De richtlijn voorziet ook een extensieve publieke participatie in het beslissingsproces van de regering over verschillende ontwikkelingssectoren.

[1] http://www.unece.org/env/eia/sea-protocol.htm(18/04/05); http://www.europa.eu.int/comm/environment/eia/home.htm (27/04/05) Powerpoint presentatie John Martin: Directive 2001/42/EC Strategic Environmental Assessment

De **Europese richtlijn (2001/77/EG)** van 27 september 2001 over de bevordering van **elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen** op de interne elektriciteitsmarkt. Deze richtlijn heeft als doel 12 % van het bruto binnenlandse energieverbruik uit hernieuwbare energiebronnen te onttrekken tegen 2010 en in het bijzonder het aandeel elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen tegen 2010 op te voeren tot 22 % van het totale elektriciteitsverbruik voor de gehele unie. Voor wat België betreft ligt de doelstelling voor het aandeel van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen op 6 % tegen 2010.

De **Europese richtlijn rond de Mariene strategie** (2005/0211 (COD)) in overeenstemming met Europees besluit 1600/2002/EG van 22 juli 2002 die het **6° Milieu Actie Programma** neerschrijft.

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 de EG-Habitatrichtlijn (92/43/EEG)** ter bescherming van bedreigde vogelsoorten en hun natuurlijke leefmilieu. Vooral het feit dat het projectgebied onder de definitie van een zandbank valt (*"constant net onder het zeewateroppervlak" (Natura 2000 Code 1110), wat geïnterpreteerd wordt als: "Zandbanken in de kustwateren, permanent onder water. De waterdiepte ligt zelden meer dan 20 m onder de chartdatum")* betekent dat ze eventueel kan worden geklasseerd als een potentieel habitatrichtlijn gebied. Ter verduidelijking van de implicaties van de vogel- en habitatrichtlijngebieden wordt verder een korte bespreking gegeven. Voor een situering van de gebieden die in aanmerking komen om als EG-Vogel- en Habitatrichtlijngebied afgebakend te worden, wordt verwezen naar de discipline fauna en flora.

DE VOGELRICHTLIJN

In 1979 werd door de Europese Commissie de Vogelrichtlijn uitgevaardigd (Richtlijn 79/409/EEG, 2 april 1979). 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 Artikel 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. In de eerste plaats voorziet het KB van 21 december 2001 in de bescherming van soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België (Belgisch Staatsblad van 14 februari 2002). Naast deze algemene beschermingsmaatregelen (bescherming tegen verstoring, jacht, etc.) hebben

Lidstaten van de Europese Unie de verplichting om Speciale Beschermingszones die belangrijk zijn voor bepaalde vogels en Speciale zones voor natuurbehoud af te bakenen en er een gepast beheer te voeren. Onlangs heeft de federale overheid drie Speciale Beschermingszones voor de Belgische mariene wateren goedgekeurd (KB 14/10/2005): aan de haven Nieuwpoort, Zeebrugge en Oostende (zie ook 1.3.1.1). Deze gebieden laten scheepvaart, visserij, militaire activiteiten, veiligheidsoefeningen en andere activiteiten toe mits het opstellen van een MER/MEB en eventuele compensatie indien aantasting van vogelaantallen. Volgende activiteiten zijn echter verboden: windturbines, zandwinning, bepaalde sportvisserijactiviteiten, schelpenvisserij, artificiële riffen, kunstmatige eilanden, nieuwe woon-, recreatie-, entertainment-, infrastructuurgebieden.

Figuur 1.3.1: Natuurgebieden in de Belgische mariene wateren

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 Speciale Beschermingszones (of SBZ's).

Via het KB 14/10/2005 heeft de federale overheid twee Speciale zones voor natuurbehoud voor de Belgische mariene wateren goedgekeurd: Trapegeer-Stroombank en Vlakte van de Raan (zie ook 1.3.1.1). De activiteiten die toegelaten en verboden worden in dit gebied zijn dezelfde als bij de speciale beschermingszone vogels; alleen komt er nog bij dat er geen baggerspecie mag gestort worden.

Vanuit het standpunt van dit soort projecten is het interessant om het artikel 6.3 en 6.4 van de habitatrichtlijn aan te halen:

- 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.
- 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.

NATURA-2000 NETWERK

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.

1.3.1.3 De internationale overeenkomsten en richtlijnen

Naast de hierboven beschreven nationale regelgeving en EG 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)
- COLREG inzake het voorkomen van aanvaringen (1972)
- Het SOLAS-verdrag inzake veiligheid van mensenlevens op zee (1974/1978)
- Internationale conventie inzake controle van aangroeiwerende systemen (2001)

Vanuit het oogpunt van de natuurbescherming zijn 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, wat 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 in 2010 ten opzichte van 1990.
- Het **OSPAR-verdrag van 1992**[2] voor de bescherming van het mariene milieu van de NO-Atlantische Oceaan (25/03/1998) Het 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** over milieueffectenrapportering in een grensoverschrijdende context.
- **Het RAMSAR-verdrag (1971-1975)** over internationaal belangrijke watergebieden voor vogels en de bescherming van die gebieden (beperkt tot op een diepte van 6 m). Voor een situering van deze beschermingsgebieden wordt naar de discipline fauna en flora verwezen.
- **Het Verdrag inzake Biodiversiteit van Rio de Janeiro** door België ondertekend en goedgekeurd (**11/05/1995**, gepubliceerd 2/04/1997).
- Het doel van de **CBD - Conventie** (Convention on Biological Diversity)[3] 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.

[2] http://www.noordzeeloket.nl/beleid_en_regelgeving/verdragen/OSPAR-verdrag (18/04/05)

[3] http://www.biodiv.org/Convention/default.shtml (18/04/05)

- 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 Verdrag van Bonn (1979**) inzake bescherming van trekkende (wilde) soorten en de verwante **ASCOBANS-overeenkomst (1992)** ter bescherming van kleine walvisachtigen.
- **Het Verdrag van Bern (1979)** inzake behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijke leefmilieu.
- **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) ter voorkoming van verontreiniging. Voor bijlage I en bijlage V is de Noordzee een "Speciale Zone".
- 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 CLC1969 en CLC 1992.
- De Internationale conventie omtrent de burgerlijke aansprakelijkheid van vervuilingsschade door **bunkerolie (maart 2001)**. Deze conventie is echter nog niet van kracht.
- 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.

1.3.2 Beleidsmatige randvoorwaarden

1.3.2.1 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.
- De Europese Unie wil andere vormen van energie aanwenden om het broeikaseffect tegen te gaan. In 1997 heeft het Protocol van Kyoto zich voor 2008-2012 het volgende doel gesteld: een wereldwijde beperking van de uitstoot van broeikasgassen met 5,3 % in vergelijking met de uitstoten van 1990 (het basis- of referentiejaar). Voor Europa komt dat neer op een reductie van 8 % tegen 2012. Overeenkomstig de Europese Richtlijn van december 2000 betreffende de bevordering van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen op de interne Europese elektriciteitsmarkt, die goedgekeurd werd door het Europees Parlement en de Europese Raad,

moet de productie van elektriciteit van hernieuwbare oorsprong, die in 1997 14 % van de totale productie vertegenwoordigde, in 2010 22 % bedragen (grote waterkrachtcentrales inbegrepen).

Beide doelstellingen hebben geleid tot de wens en noodzaak om duurzame energievormen te ontwikkelen. De Europese Unie heeft hiertoe doelstellingen opgesteld waaraan haar lidstaten dienen te voldoen. In functie van de mogelijkheden waarover de individuele lidstaten beschikken, zijn vervolgens nationale doelstellingen opgesteld om aan die Europese vraag te beantwoorden.

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 recente 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 mededeling van de EG met betrekking tot een mariene strategie (COM(2005) 505) schept een kader voor de ontwikkeling van een strategie die moet leiden tot een goede ecologische status van de Europese mariene wateren tegen 2021 en die een continue bescherming en behoud van de mariene omgeving moet verzekeren. Hierbij moet ook de impact van verschillende gebruikers van de Noordzee in beschouwing genomen worden.

1.3.2.2 Doelstellingen voor België en Vlaanderen

Op basis van het protocol van Kyoto moet ook België zijn broeikasgassenemissie reduceren. Onder de Burden Sharing Agreement tussen de Europese lidstaten, afgesloten volgens artikel 4 van het Kyotoprotocol heeft België een reductiedoelstelling gelijk aan 7,5 % ten opzichte van 1990 voor de periode 2008-2012.

Met betrekking tot de hernieuwbare energie heeft België volgende doelstellingen aangenomen. De Belgische energievoorziening moet in 2010 voor 6 % bestaan uit hernieuwbare energie. Het aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitsverbruik in België bedraagt op dit ogenblik 1,1 % (http://mineco.fgov.be/).

België heeft een studie laten uitvoeren om na te gaan hoe het in de toekomst in zijn energie zal voorzien. Die evaluatie is gemaakt door de Commissie voor de "Analyse van de Middelen voor Productie van Elektriciteit en de Revaluatie van de Energievectoren" (AMPERE-rapport door Pauwels et al., 2000). Ze was belast met het formuleren van aanbevelingen en voorstellen inzake de toekomstige keuzen op het vlak van elektriciteitsproductie, opdat die zouden overeenstemmen met de noden van de samenleving, de economie en het milieu van de éénentwintigste eeuw.

Voor wat hernieuwbare energie betreft, beschrijft de conclusie van het rapport dat "voor de termijn 2020 enkel windenergie en biomassa een relevante bijdrage kunnen leveren in de Belgische elektriciteitsproductie. In het beste geval zouden wind en biomassa samen tot ca.. 10 % van de Belgische elektriciteitsproductie kunnen leveren, op basis van 80 TWh (1998)". Zowel grote projecten op land als in zee moeten worden ontwikkeld om de ambitieuze doelstellingen te behalen (Pauwels et al., 2000). Verder maakt het rapport een beschrijving van de verschillende andere, maar op dit ogenblik beperkte, mogelijkheden van hernieuwbare energie in België.

De Belgische doelstelling houdt in dat tegen 2010 6 % van het elektriciteitsverbruik moet komen uit een hernieuwbare energiebron. Dat komt overeen met een energieproductie van ± 4,9 TWh/jaar. Die doelstellingen worden vervolgens omgezet in regionale doelstellingen. Het Vlaamse Gewest heeft in het

Elektriciteitsdecreet van 17 juli 2000 een 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. Dit percentage stijgt jaarlijks en zal oplopen van 1,2 % in 2004 tot 6 % in 2011. 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. Deze zijn vastgelegd op 3 % voor het jaar 2007; 3,75 % voor het jaar 2008 en voor de jaren 2009 tot 2011 telkens vermenigvuldigd met een groeifactor, teneinde in 2011 6 % te bereiken (Staatsblad 31/12/2002 pagina 59145). Indien de leverancier niet voldoet aan deze opgelegde minima, dan wordt hem een administratieve geldboete opgelegd.

Het huidig nucleaire energiebeleid is daarenboven gericht op een afbouw van het bestaande nucleaire energiepark op relatief korte termijn (2014-2025) (desactivering van kerncentrales ouder dan 40 jaar). 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.

Uit de studie van het Federaal Planbureau (Gusbin & Hoornaert, 2004), zou de elektriciteitsproductie uit hernieuwbare energie aanzienlijk toenemen over de periode 2000-2030 (+3,1 % per jaar) en oplopen tot 5 400 GWh in 2030. Ongeveer 45 % daarvan zou worden geproduceerd door windturbines waarvan de productie met 18,5 % per jaar zou toenemen tussen 2000 en 2030.

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 recente oprichting van het Coördinatiepunt voor Geïntegreerd Beheer van Kustgebieden en de Kustwacht.

2 PROJECTBESCHRIJVING

2.1 ALGEMENE BESCHRIJVING EN INPLANTING VAN DE ACTIVITEIT

De inrichtingsplannen voor het windpark die in de MER worden onderzocht zijn gebaseerd op respectievelijk een basisvariant bestaande uit 66 windturbines met een vermogen van 5 MW en een alternatieve variant bestaande uit 110 windturbines met een vermogen van 3 MW. Bij realisatie zal kunnen worden gekozen voor een windturbine uit het vermogensbereik van 3 MW tot 5 MW. De in dit MER behandelde varianten (basisvariant en alternatief) liggen dus aan de onder- en bovenkant van dit vermogensbereik. Dit geldt ook voor de technische eigenschappen van de windturbines en voor de overige technische voorzieningen voor het windpark. Algemeen kan worden gesteld dat de effecten van een windturbinekeuze binnen dit vermogensbereik niet ongunstiger zullen zijn dan de effecten van een 3 MW windturbine of een 5 MW windturbine voor het windpark. Het windpark zal kunnen worden uitgerust met 3- bladige of 2-bladige windturbines.

2.1.1 Basisvariant

De activiteit zal bestaan uit het bouwen, onderhouden, in stand houden en verwijderen van de volgende zaken:

- 66 turbines van 5 MW, of een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 330 MW, met hun uitrusting;
- 1 windmeetmast;
- 2 hoogspanningstations;
- 50,3 km interne 33 kV-bekabeling die de turbines verbindt met de hoogspanningsstations;
- 2x ca. 50 km externe 150 kV-bekabeling die de hoogspanningstations zal verbinden met de kust en met de aansluitingsvelden van ELIA;
- Een monitoringsysteem voor bewaking en besturing;
- Bebakening, verlichting en markering;
- Een bebakende veiligheidszone van 500 m rond de contouren van het gehele park;
- Een bedrijf dat gedurende 20 jaar zal instaan voor onderhoud en monitoring, dat energie zal leveren en personeel tewerkstellen,

Figuur 2.1.1 Inplantingsplan basisvariant

Het ontwerp van het inplantingsplan is gebaseerd op onderstaande eigenschappen:

- Vorm van de opstelling: De windturbines zijn in een regelmatig raster geplaatst waarbij de afstanden tussen de rijen en de afstanden tussen de windturbines in een rij ongeveer gelijk zijn. Het raster is bij benadering op de overheersende windrichting (zuidwest) georiënteerd.
- Afstanden tussen de rijen windturbines en tussen de windturbines in een rij: Beide afstanden bedragen bij de basisvariant ongeveer 6 maal de rotordiameter. Dit is de kortste afstand die bij deze opstelling op dit moment toelaatbaar wordt geacht. Een kortere afstand leidt tot een te grote vermoeiingsbelasting op de windturbine, hetgeen nadelig effect heeft op de levensduur.
- Een grotere afstand tussen de windturbines leidt tot een lagere vermoeiingsbelasting en een hogere productie per windturbine, maar heeft daarbij tot gevolg dat de windparkproductie lager is omdat dan het aantal windturbines binnen de windparkgrenzen kleiner wordt.
- Aan drie van de vier lange zijden van het windpark is sprake van een duidelijke rechte lijnopstelling van windturbines. Dit komt ten goede aan de herkenbaarheid van het windpark en

draagt zo bij aan de scheepvaartveiligheid. De begrenzing van het windpark correspondeert met de grenzen van het gebied waarvoor concessie is aangevraagd.

2.1.2 Alternatieve variant

Naast de voorgenomen activiteit wordt in het kader van het MER één alternatief inrichtingsplan onderzocht. Het windpark heeft in deze variant de volgende eigenschappen:

- 110 turbines van 3 MW, of een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 330 MW;
- 1 meetmast;
- 2 hoogspanningstations;
- 63,5 km interne 33 kV-bekabeling die de turbines verbindt met de hoogspanningsstations;
- 2x ca. 50 km externe 150 kV-bekabeling die de hoogspanningstations zal verbinden met de kust en met de aansluitingsvelden van ELIA;
- Een monitoringsysteem voor bewaking en besturing;
- Bebakening, verlichting en markering;
- Een bebakende veiligheidszone van 500 m rond de contouren van het gehele park;
- Een bedrijf dat gedurende 20 jaar zal instaan voor onderhoud en monitoring, dat energie zal leveren en personeel tewerkstellen, dat zal bijdragen aan de ontwikkeling van alternatieven zoals aquacultuur.

Figuur 2.1.2 Inplantingsplan alternatieve variant

Het ontwerp van het inplantingsplan is gebaseerd op onderstaande eigenschappen:

- Vorm van de opstelling: De windturbines zijn in een regelmatig raster geplaatst waarbij de afstand tussen de rijen groter is dan de afstand tussen de windturbines in een rij. Het raster is bij benadering op de overheersende windrichting (zuidwest) georiënteerd.
- De afstand tussen de rijen bedraagt ongeveer 7,8 maal de rotordiameter. Door hier te kiezen voor een grotere afstand wordt een betere aanstroming van de windturbines bereikt van de windturbines die zich niet aan de zuidwestelijke rand bevinden. Dit leidt tot een lagere vermoeiingsbelasting en een hogere productie bij de afzonderlijke windturbines.
- De afstand tussen de windturbines in een rij varieert, maar bedraagt minimaal 5,5 maal de rotordiameter. Het is toelaatbaar in deze richting voor een kortere afstand te kiezen, omdat de afstand in de hoofdwindrichting (tussen de rijen) veel groter is. De belasting van de windturbine als gevolg van verstoring van de aanstroming kan naar verwachting geringer zijn, terwijl de productie per windturbine hoger is.
- Hier is aan alle vier de zijden van een windpark sprake van een duidelijke rechte lijnopstelling van windturbines. Dit komt ten goede aan de herkenbaarheid van het windpark en draagt zo bij aan de scheepvaartveiligheid. De hoekpunten van het windpark zijn bij deze opstelling, ook zonder aanvullende navigatiehulpmiddelen (bij voldoende zicht) goed te herkennen. De begrenzing van het windpark correspondeert met de grenzen van het gebied waarvoor concessie is aangevraagd.

2.2 FASERING VAN HET PROJECT

De planning van de bouwactiviteiten voor het windturbinepark Bligh Bank is weergegeven in onderstaande tabellen. Vanwege de omvang van het windpark wordt de bouw uitgevoerd in 2 jaar (2 fasen). De plaatsing van de funderingen, de transitiestukken en de windturbines wordt zoveel mogelijk in en rond het zomerseizoen uitgevoerd. In deze periode is de kans op onwerkbaar weer het kleinst (in de meeste gevallen betekent dit een te hoge windsnelheid). Dit is voor de bouw van groot belang, omdat vooral bij offshore projecten onderbreking van de bouwwerkzaamheden kan leiden tot grote

kostenstijgingen. De planning is mede afhankelijk van onder meer de contractor, het beschikbare materieel en het weer en kan dus afwijken van het schema.

Tabel 2.2.1 Planning fase 1

INSTALLATIE BLIGH BANK - ZUID	MAAND - FASE 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Levering funderingen haven			■	■	■	■						
Levering windturbines haven			■	■	■	■	■					
Levering parkbekabeling haven					■	■	■	■				
Bouw transformatorstation	■	■	■	■	■							
Assemblage windturbines haven				■	■	■	■	■				
Aanbrengen erosiebescherming			■					■	■			
Plaatsing windmeetmast				■								
Plaatsen funderingen en windturbines				■	■	■	■	■	■			
Plaatsen transformatorstation							■					
Aanleg parkbekabeling (33 kV)						■	■	■	■			
Aanleg transportkabel zee (150 kV)								■	■			
Aanleg transportkabels land (150 kV)	■	■	■	■								
Aanleg duindoorkruisingen				■								
Inbedrijfname									■	■	■	■

Tabel 2.2.2 Planning fase 2

INSTALLATIE BLIGH BANK - NOORD	MAAND - FASE 2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Levering funderingen haven												
Levering windturbines haven												
Levering parkbekabeling haven												
Bouw transformatorstation												
Assemblage windturbines haven												
Aanbrengen erosiebescherming												
Plaatsen funderingen en windturbines												
Plaatsen transformatorstation												
Aanleg parkbekabeling (33 kV)												
Aanleg transportkabel zee (150 kV)												
Inbedrijfname												

2.3 BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE

In onderstaande tabel wordt een korte samenvatting gegeven van de basisparameters gehanteerd bij het conceptontwerp voor het windturbinepark van Belwind nv:

Tabel 2.3.1: Basisparameters windturbinepark Belwind nv

Onderwerp	*Omschrijving*
Locatie	
Situering	BLIGH BANK; buiten 12 mijlszone
Parkoppervlakte	35,4 km²
Parkinrichting	Inplanting: zie Figuur 2.1.1 en Figuur 2.1.2
	Waterdiepte minimaal 15 m, maximaal tot ca. 37 m
	Te respecteren afstanden tot Interconnector/Zeepipe-gasleiding (500 m) en telecom kabels (250 m); in beide gevallen zal de gehanteerde afstand min. 500 m zijn.
Fundering windturbines	
Ofwel monopaal of jacket-vakwerk	Palen uit dikwandig staal worden ca. 30m in de zeebodem geheid.
Ofwel graviteitsfundering	De fundering uit gewapend beton wordt geprefabriceerd op land en vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem.
Voor alle funderingstypes	Rond de fundering wordt steeds een erosiebescherming aangebracht.

Onderwerp	*Omschrijving*
Fundering meteomast en transformatorplatform	
Monopaal / gravitaire fundering	Cfr hierboven
Windturbines	
Inplanting	Zie figuren
Vermogen	3 of 5 MW per turbine; 330 MW voor het volledige park
Aantal	110 of 66 stuks
Ashoogte	70 of 90 meter (ten opzichte van HAT)
Rotordiameter	90 of 126 meter
Productie	1.129.600 of 1.282.400 of MWh/jaar
Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windturbinepark	Vermogenkabels 33 kV Kabellengte : ca. 63,5 of 50,3 km Kabeltracé's : zie figuren Aanlegdiepte kabels : ca. 1m in de zeebodem
Transformatorstation	transformatoren 33/150 kV
Kabels naar land	2 vermogenkabels 150 kV Kabellengte op zee: 2 x ca. 50 km (optie Zeebrugge) of ca. 55 km (optie Oostende) tussen hoogspanningsstations en land Kabeltracé's : zie figuren Aanlegdiepte kabels : ca. 1 m in de zeebodem;
Geraamde transportverliezen	Ca 3 % (vanaf windturbines tot aanlanding)
Exploitatie	
Remote control windturbinepark	Controle vanop land, locatie nog te bepalen
Frequentie gepland onderhoud	1 keer per jaar;
Logistiek – toegang naar windturbinepark	Vanuit BELWIND. Logistieke onshore basis (locatie nog te bepalen). Transporten naar het windturbinepark per boot

Achtereenvolgens zullen volgende componenten in detail besproken worden:

- Windturbine;
- Funderingen;
- Offshore transformatorplatform;
- Windmeetmasten;
- Erosiebescherming;
- Bekabeling.

2.3.1 Windturbines

2.3.1.1 Type windturbine

ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE 3 MW WINDTURBINE EN 5 MW WINDTURBINE

De offshore windturbines zijn voorzien van een horizontale rotoras, waarbij de rotor, gezien vanuit de windrichting, voor de mast draait. De rotor is opgebouwd uit een rotornaaf en rotorbladen, waarbij de stand van de bladen ten opzichte van de wind (de bladhoek) kan worden geregeld. Via de hoofdas is de rotor verbonden met de tandwielkast in de gondel. De tandwielkast versnelt het toerental tot het niveau dat geschikt is voor de generator, die op de snelle, uitgaande as van de tandwielkast is aangesloten. In de gondel bevinden zich verder elektronica voor de besturing en beveiliging van de windturbine en de transformator.

De stand van de gondel en de rotor ten opzichte van de wind wordt ingesteld door de krui-installatie. De krui-installatie bestaat in hoofdzaak uit meerdere kruimotoren met vertragingskasten en tandwielen, die zijn gemonteerd op het frame van de gondel en die aangrijpen op de kruikrans op de masttop. De krui-installatie zorgt ervoor dat de rotor zo goed mogelijk gepositioneerd is ten opzichte van de windrichting, het rotorvlak is daarbij loodrecht op de windsnelheid georiënteerd.

De wind oefent kracht uit op de rotorbladen, waardoor de rotor gaat draaien. Onder meer door het regelen van de bladhoek wordt het vermogen van de windturbine steeds aangepast aan de windsnelheid. Daarnaast wordt het vermogen geregeld door sturen van de generatorstroom. De transformator brengt de door de generator geleverde energie op een spanningsniveau van 33 kV. Door de hogere spanning worden de verliezen in de kabels in het windpark beperkt. Onder in de mast van de windturbine bevindt zich een schakelinstallatie, waarmee de windturbine op het net wordt aangesloten en die tevens wordt gebruikt voor het beveiligen van het elektriciteitsnet in het park. De technische levensduur van de offshore windturbines bedraagt ten minste 20 jaar.

BASISVARIANT 5 MW

Het park zal worden ontwikkeld en gebouwd in 2010-2011. De huidige stand van technologie doet verwachten dat turbines met een nominaal vermogen van 5 MW op dat ogenblik voldoende offshore draaiuren zullen hebben om als betrouwbaar en veilig te kunnen worden aanvaard. Daarom baseert de aanvrager de MER op een 5 MW turbine. Als voorbeeld wordt hier de Repower 5M windturbine voorgesteld. In 2005 is de eerste windturbine van dit type in Duitsland in bedrijf gesteld. Het windturbinetype is gecertificeerd en verschillende bestellingen zijn reeds geplaatst. In principe kunnen ook vergelijkbare windturbines, ontworpen voor offshore locaties, worden ingezet.

Figuur 2.3.1: Repower 5M windturbine

De Repower windturbine is een turbine met een horizontale as, waarvan de rotor voor de mast draait. Dit principe wordt toegepast door alle fabrikanten van grote windturbines. Bouwers van windturbines die op hoofdlijnen hetzelfde concept (vermogensregeling / constructie) als Repower volgen bij het ontwerp en de bouw van windturbines in de MW-klasse zijn onder meer Vestas (marktleider), Bonus (Siemens) en General Electric (GE).

De markt der windturbinebouwers is de laatste jaren sterk geconsolideerd. Intrede van groepen als Siemens en GE zorgden voor een sterke professionalisering. Een overzicht van de belangrijkste leveranciers en hun marktaandeel is gegeven in Figuur 2.3.2.

Figuur 2.3.2: Overzicht van de belangrijkste leveranciers en hun marktaandeel

Leveranciers die speciaal windturbines ontwikkelen voor offshore toepassingen zijn Vestas, GE Wind, Bonus (Siemens) en Repower. Naast REpower heeft ook Enercon een turbine in de 5 – 6 MW klasse ontworpen en gebouwd. Vestas, GE en Siemens hebben de ontwikkeling van dit type aangevat.

De aanvrager heeft een aantal specifieke eisen waaraan elke aangeboden windturbine zal dienen te voldoen om te worden beschouwd als best beschikbare technologie. Een van de geschikte windturbinetypes kan de Repower 5M zijn. De volgende punten zijn hierbij van belang:

- De windturbine is bij uitstek ontworpen voor de plaatsing op offshore locaties en beschikt over de bijbehorende typecertificaten: GL (Germanischer Lloyd) Offshore Typenklasse I en IEC Klasse 1b. Conform de ontwerpcriteria is de windturbine geschikt voor locaties met een jaargemiddelde windsnelheid op ashoogte tot 10,5 m/s.
- De Repower 5M is de 5 MW windturbine waarmee op dit moment de meeste ervaring is opgedaan. Het prototype van deze windturbine heeft inmiddels meer dan een jaar gedraaid en de start van de serieproductie is voorzien in 2007.
- De windturbine maakt gebruik van uitontwikkelde technologie voor de vermogensregeling. Het vermogen wordt geregeld door aansturing van de rotorbladhoek en door regeling van de asynchrone generator. De windturbine heeft een variabel toerental, waarmee mechanische piekbelastingen en snelle veranderingen in het vermogen kunnen worden beperkt en waarmee een hoog rendement kan worden bereikt. Deze technologie wordt algemeen toegepast bij windturbines in de MW-klasse.
- Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbine. Lekkage van smeermiddelen uit de naaf en de gondel wordt verhinderd door diverse afdichtsystemen en opvangvoorzieningen.
- De windturbine is voorzien van diverse veiligheidssystemen:
  - Onafhankelijke rotorbladinstelling, fail-safe, elektrisch aangedreven
  - Uitgebreid sensornetwerk voor de bewaking van temperaturen en toerentallen in redundante uitvoering
  - Geïntegreerd concept voor bescherming tegen blikseminslag: inwendig en aan de buitenzijde (meervoudige receptoren in de rotorbladen, bescherming van de lagers en overspanningsbeveiliging van het elektrische systeem)
  - Automatisch brandbeveiligingssysteem: rook en koolmonoxide sensoren in de gondel, schakelkasten en de transformatorruimte, automatische blusinrichtingen voor mechanische en elektrische componenten, CO2 en ABC blusapparaten voor handmatige brandbestrijding in de mast en de gondel
  - Afgeschermde kabels ter bescherming van mens en machine
  - Geregelde bekrachtiging van de rotorrem
- Bij de windturbine is rekening gehouden met de het feit dat het nodig kan zijn hoofdcomponenten te vervangen in offshore omstandigheden. Zo is de gondel voorzien van een kraan en zijn belangrijke locaties goed toegankelijk. Componenten kunnen indien nodig afzonderlijk worden vervangen.
- De windturbine is voorbereid voor besturing en bewaking op afstand. Een condition monitoring systeem bewaakt de toestand van cruciale componenten zoals de tandwielkast en lagers. Door tijdige signalering kan preventief onderhoud op een gunstig tijdstip worden uitgevoerd.
- De aanvrager sluit niet uit dat andere leveranciers dan REpower, op het ogenblik dat de definitieve keuze moet worden gemaakt, verder staan bij het aanbieden van een betrouwbare en financierbare turbine, groter of kleiner dat deze 5M. De keuze voor een andere windturbine moet door verschillen in de rotorafmeting en de mechanische eigenschappen vaak leiden tot een wijziging van het inplantingplan.

ALTERNATIEVE VARIANT 3 MW

De Vestas V90 windturbine staat model voor de 3 MW windturbine, waarmee het windpark alternatief kan worden ingericht. De opbouw komt overeen met die van de 5 MW windturbine. Zo bestaat de aandrijftrein ook hier uit een achter elkaar geplaatste driebladige rotor, een tandwielkast en een generator. De windturbines zijn inmiddels in verschillende offshore windparken geplaatst, waaronder Offshore Windpark Egmond aan Zee in Nederland.

- De windturbine is verkrijgbaar in verschillende uitvoeringen, met de bij het windklimaat passende certificering (IEC Ia, IEC IIA, DIBt II en DIBt III). Met een certificaat IEC Ia is de windturbine geschikt voor de offshore locatie op de Bligh Bank.
- De 3 MW windturbine van Vestas is een betrekkelijk nieuw ontwerp van de meest ervaren leverancier van offshore windturbines.
- De regeling van het vermogen door bladhoekverstelling (OpiTip) en regeling van de generatorstroom (OptiSpeed) is vergelijkbaar met die van andere leveranciers in de MW-klasse.
- De windturbine is uitgerust met vergelijkbare beveiligingen en voorzieningen (met betrekking tot onder meer brandbeveiliging, toerentalbeveiliging, bliksembeveiliging) als de 5 MW windturbine.
- Het gewicht van de windturbine is zoveel mogelijk gereduceerd zonder concessies te doen aan de levensduur of de belastbaarheid. De windturbine is ontworpen voor een levensduur van 20 jaar.

2.3.1.2 Andere windturbinetypes

Voor het project is een windturbine met een vermogen van 3 MW tot 5 MW voorzien. De in dit MER behandelde varianten (basisvariant en alternatief) liggen dus aan de onder- en bovenkant van het vermogensbereik. Dit geldt ook voor de technische eigenschappen van de windturbines en voor de overige technische voorzieningen voor het windpark. Algemeen kan worden gesteld dat de effecten van een windturbinekeuze binnen dit vermogensbereik niet ongunstiger zullen zijn dan de effecten van een 3 MW windturbine of een 5 MW windturbine voor het windpark. Het windpark zal kunnen worden uitgerust met 3- bladige of 2-bladige windturbines.

2.3.1.3 Type windturbine – met of zonder tandwielkast

Voor offshore toepassingen worden nu steeds windturbines van het type als hierboven beschreven toegepast. Voor locaties op land worden echter ook tandwielkastloze windturbines ingezet, waarbij de rotor direct aan de (langzaamlopende) generator is gekoppeld. Voor het windpark op de Bligh Bank is een windturbine van dit type een mogelijk alternatief. Door de directe aandrijving en het lage toerental moet de generator om elektrotechnische redenen een grote diameter hebben. De gondel heeft dan meestal de vorm van een grote schijf achter de rotor. Door het ontbreken van de tandwielkast kan de gondel veel minder diep zijn. Voor offshore toepassingen kan een windturbine alternatief met een tweebladige in plaats van een driebladige rotor zijn voorzien.

Enercon is een belangrijke windturbineleverancier, die een dergelijk concept toepast. Bij Enercon is de rotor zonder tandwielkast direct verbonden met een langzaam lopende generator. Met deze Enercon windturbines is echter nog geen noemenswaardige ervaring op offshore locaties.

2.3.1.4 Rotor en tandwielkast

De gondel rust op de windturbinemast. De behuizing bestaat uit glasvezelversterkt kunststof (Figuur 2.3.3).

Figuur 2.3.3: De gondelbehuizing, incl. helicopterdek en verblijfkamer

Aan de voorzijde van de gondel bevindt zich de naaf van de windturbine met de drie rotorbladen. De rotorbladen zijn vervaardigd van met glas- en koolstofvezel versterkt polyester. De rotor draait, gezien vanaf de aanstroomzijde van de wind, voor de mast. Het mechanisch vermogen van de rotor wordt via de hoofdas naar de tandwielkast en vervolgens van de tandwielkast naar de generator overgebracht. Het toerental van de generator is een veelvoud (97x) van het toerental van de rotor.

Op de rotornaaf zijn drie met glas- en koolstofvezel versterkte kunststof rotorbladen gemonteerd (Figuur 2.3.4). Door de toepassing van kranslagers in de naaf kunnen de rotorbladen draaien om de lengte as (bladhoekinstelling).

Figuur 2.3.4: Installatie van de rotorbladen

Door de rotorbladen bij elke windsnelheid in te stellen op de juiste hoek wordt steeds een zo hoog mogelijk rendement gerealiseerd. Daarnaast kan de rotor via de bladhoekregeling worden geremd door de rotorbladen in vaanstand te zetten. De rotorbladen worden elektrisch aangedreven. Bij uitval van het net worden de rotorbladen (dankzij een energiebuffer) direct in vaanstand gebracht. Het vermogen van de windturbine wordt verder ingesteld door regeling van de generator. Met behulp van het kruisysteem wordt de gondel bij alle windrichtingen 'met de neus in de wind' gedraaid. Het kruisysteem bestaat uit 8 kruimotoren met vertragingskasten en tandwielen, die aangrijpen op de tandkrans op de masttop.

In de gondel bevindt zich een kraan, waarmee windturbine onderdelen omhoog of omlaag getakeld kunnen worden. De tandwielkast kan uit de gondel worden gehesen zonder dat de rotor moet worden verwijderd. De gondel is toegankelijk via de toren en de toegang door het kruilager.

2.3.1.5 Besturing

Bewaking en besturing van het windpark vindt plaats vanuit een controlecentrum op de vaste wal. In de hiervoor ingerichte ruimte bevinden zich computers die via glasvezels (in de hoogspanningskabel) verbonden zijn met de controller op het transformatorstation van het windpark. Deze controller bestuurt en bewaakt het transformatorstation en verzorgt tevens de communicatie met de windturbines. De dataverbindingen tussen het transformatorstation en de windturbines worden gerealiseerd met glasvezels in de parkbekabeling. Elke windturbine is voorzien van een controller die de windturbine bestuurt en bewaakt, en die tevens communiceert met de controller van het transformatorstation. (zie Figuur 2.3.5.)

Figuur 2.3.5: Overzicht besturing windturbine

De controller op de landlocatie is verbonden met computersystemen van de netbeheerder, de beheerder (exploitant) van het windpark en van de service- en onderhoudsorganisatie.

2.3.1.6 Elektrisch systeem

De windturbine is voorzien van een asynchrone 6-polige dubbel gevoede generator met een vermogen van 5 MW. De generator levert elektrische energie op een spanningsniveau van ongeveer 1 kV. Bij de dubbelgevoede generator is de stator gekoppeld aan de (locale) netspanning. De rotorstroom wordt geregeld door een regelbare convertor. Met dit concept wordt een grote mate van beheersbaarheid van de energielevering bereikt, zonder dat het totale generatorvermogen door een convertor behoeft te worden geleid. Zo kan met dit type regeling met een hoog rendement in een groot toerenbereik worden gewerkt, kan de arbeidsfactor (binnen grenzen) worden gekozen en kunnen snelle mechanische belastingen aan de as van de generator worden voorkomen. De aansturing van de convertor gebeurt door een controller die wordt voorzien van de nodige ingangssignalen door sensoren in de generator, de windturbine en de convertor. De generator is aangesloten op een giethars transformator, die eveneens in de gondel is geplaatst. De transformator verhoogt de spanning van de generator van 1 kV naar een middenspanningsniveau van 33 kV. Met de toepassing van een gietharstransformator wordt het gebruik

van transformatorolie vermeden. De transformator is aangesloten op een vermogensschakelaar in de voet van de windturbinemast. Met de vermogensschakelaar kan de windturbine bij (zeer zeldzame) grote defecten in het elektrische systeem (kortsluiting) worden uitgeschakeld.

Voor het inschakelen van het windpark moet aan een aantal technische voorwaarden zijn voldaan. Zo moet onder meer het elektriciteitsnet operationeel zijn en mag er geen sprake zijn van storingen in de verbindingen en installaties tussen de windturbines en het aansluitpunt van het windpark op het land. Voor de afzonderlijke windturbines geldt dat er geen storingen mogen zijn waardoor inschakelen moet worden verhinderd. Het bewaken van de toestand en het melden van de status wordt uitgevoerd door de controllers van de betreffende installaties. Wanneer aan alle technische voorwaarden is voldaan, kan het windpark worden ingeschakeld.

Bij een storing aan een windturbine wordt dit via de dataverbinding gemeld aan de controller op het land. Wanneer de storing vereist dat de windturbine wordt stilgezet, wordt dit automatisch door de controller in de windturbine uitgevoerd. Dit heeft geen effect op het functioneren van de andere windturbines, tenzij het een storing in de kabelverbinding tussen de windturbines of de beveiliging van deze verbindingen betreft. Alle storingen worden gemeld aan de controllers op de landlocatie en de controllers van de service en onderhoudsorganisatie. Welke acties volgen op welke types status- of storingsmeldingen, en door wie die acties worden ondernomen, wordt vastgelegd in een protocol.

De toestand van de windturbines, het transformatorstation en de beveiligingen kan worden waargenomen bij de controllers op het land en het transformatorstation. In overleg met de beheerder van het elektriciteitsnet op het land wordt afgesproken tot welke statusinformatie van het windpark de netbeheerder toegang krijgt.

Het kan nodig zijn dat het windpark of afzonderlijke windturbines worden uitgeschakeld of dat op de werking van installaties wordt ingegrepen. Zo moeten windturbines voor onderhoud kunnen worden uitgeschakeld. Deze besturingsfuncties zijn mogelijk vanuit de centrale controller op de landlocatie en de controller op het transformatorstation. Daarnaast zal de instelling van regelparameters op afstand kunnen worden aangepast.

2.3.1.7 Corrosiebescherming

Tabel 2.3.2 Corrosiebescherming volgens de Deense DS/R454 norm

Corrosieklasse	*Agressiviteit van de omgeving*	*Voorbeelden van omgeving*
1	Verwaarloosbaar	Binnen in niet verwarmde maar goed geventileerde ruimte
2	Gemiddeld	Binnen bij wisselende luchtvochtigheid
3	Hoog	Buiten, dichtbij industriële en dicht bebouwde gebieden
4	Zeer hoog	In een permanente vochtige omgeving, in water en grond. In de nabijheid van chemische bedrijven.
4a	Zeer hoog	Mariene milieu in en onder de spatzone
4b	Zeer hoog	Mariene milieu boven de spatzone

De mate waarin stalen structuren aan corrosie onderhevig zijn hangt in grote mate af van de omgeving waarin ze zich bevinden.

Een opdeling van corrosieklassen volgens de Deense norm DS/R 454 wordt weergegeven in bovenstaande tabel. Hieruit mag blijken dat corrosiebescherming zeer belangrijk is bij offshore windturbineparken, zowel voor wat betreft de funderingen als de torens en de installaties geplaatst binnenin torens en gondels.

Aangezien het mariene milieu boven de spatzone zeer agressief is (klasse 4b. volgens DS/R454, zie tabel) zijn alle componenten van de windturbine zelf beschermd tegen corrosie.

- Alle componenten van de windturbine zijn beschermd tegen corrosie volgens de corrosiecategorieën opgesteld in DIN 12944-2. De buitenwand van toren en naaf worden behandeld volgens de hoogste categorie C5-M (marine) en de binnenwanden volgens categorie C4.
- Alle elektrische en mechanische onderdelen die door corrosie zouden kunnen beschadigd worden zijn binnen de installatie geplaatst (in de toren, naaf, gondel of container). De warmte die door de tandwielkasten generator en vermogenomvormer wordt opgewekt, wordt afgevoerd door warmtewisselaars aangebracht aan de buitenkant van gondel en container.
- De elektrische schakelkasten hebben beschermingsklasse IP54. Schakelkasten waarin gevoelige elektronische apparatuur is geplaatst (vb omvormer) zijn uitgerust met een verwarmingsinstallatie, gecontroleerd door temperatuur – en vochtigheidssensoren om condensatie te voorkomen.

De monopaal funderingen van de windturbines, de transformatorstations en de windmeetmast zijn niet voorzien van een coating maar worden tegen corrosie beschermd door de toepassing van anodes met een AlZnIn samenstelling. Deze anodes wegen respectievelijk 4.220 kg, 5.400 kg en 1.980 kg voor een 3MW turbine, een 5MW turbine en de meteomast (gedimensioneerd voor de volledige levensduur van de turbine). De transitiestukken op de monopaalfunderingen zijn bij alle toepassingen voorzien van een epoxycoating voor offshore toepassingen (type Hempadur Multi strength). Ook de windturbines zelf en de meteomast zijn voorzien van een expoxycoating.

Het belaste gedeelte van een gravitaire fundering bestaat uit een structuur van gewapend beton die zich vrijwel geheel onder water bevindt. Het beton kan worden aangetast door de voortdurende blootstelling aan zeewater (water en chloriden). Aantasting wordt voorkomen door de keuze van een betonsamenstelling die voor deze milieubelasting geschikt is (milieuklasse XC1, XS2, XA1). De fundering wordt na plaatsing gevuld met zand, waarbij geen maatregelen voor corrosiebescherming nodig zijn. Het transitiestuk van de fundering bestaat uit staal en heeft een epoxycoating als corrosiebescherming.

2.3.1.8 Bescherming tegen lekkage van olie

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbine. Lekkage van smeermiddelen uit de naaf en de gondel wordt verhinderd door diverse afdichtsystemen en opvangvoorzieningen.

BLADHOEKVERSTELLING

De bladlagers en de tandkransen worden met vet gesmeerd, waarbij lekkage door afdichtingen wordt tegengegaan. Bij overmatig toevoegen van vet zal het teveel naar de binnenzijde van de naaf worden afgevoerd. Hoeveelheid (totaal): 3 x 46 kg.

De aandrijving van de bladhoekverstelling is voorzien van tandwielkastolie. Lekkage wordt voorkomen door een dubbel uitgevoerde afdichting. Wanneer desondanks lekkage optreedt, blijft de olie binnen de naaf, de spinner of de rotorbladen, omdat het door de vormgeving van de naaf niet in de gondel terecht kan komen. Hoeveelheid: ca. 3 x 10 liter.

ROTORLAGER

De labyrintafdichtingen van het rotorlager laat in geringe mate vet door. Het vet wordt direct onder het lager opgevangen in bakken die bij onderhoud geleegd worden. Hoeveelheid: ca. 35 kg.

TANDWIELKAST

De tandwielkast is bij beide assen voorzien van vrij draaiende afdichtingen. Wanneer toch lekkage optreedt wordt de olie in bakken in het frame van de gondel opgevangen. Wanneer een hydraulische leiding losraakt en olie in de gondel wordt gespoten wordt de olie in een vangrand rond de mast van de windturbine opgevangen. Daarnaast is het bovenste platform in de mast ontworpen als olie opvangbak en voorzien van de nodige afdichtingen (inclusief kabeldoorvoeren). Hoeveelheid: ca. 800 liter.

GENERATORLAGERS

De vetgesmeerde generatorlagers zijn voorzien van een afdichtingssysteem op basis van Nilos ringen. Bij lekkage verdeelt het vet zich en hecht het zich aan de behuizing van de generator. Hoeveelheid: ca. 1 kg.

HYDRAULIEK

Het hydrauliek aggregaat bevindt zich in de gondel en is voorzien van een afvangbak voor hydrauliekolie met voldoende capaciteit. Hoeveelheid: ca. 200 liter.

KRUI-INRICHTING

De tandwielkasten van de krui-aandrijving zijn geplaatst binnen de gondelbehuizing en aan in- en uitgang voorzien van afdichtingen. Wanneer lekkages optreden wordt de olie in de hiertoe ontworpen rand van de gondelbehuizing opgevangen. Hoeveelheid: ca. 30 liter.

KRUI-LAGER

Het krui-lager is vetgesmeerd. Overtollig vet wordt afgevoerd naar de binnenzijde van de mast. Direct onder de vertanding is een opvangrand aangebracht die naar beneden stromend vet opvangt. De rand wordt bij onderhoud geleegd. Hoeveelheid (totaal): ca. 23 kg.

TRANSFORMATOR

De transformator is van het gietharstype en dus niet voorzien van transformatorolie.

2.3.1.9 Geluid

Geluidsemissie van windturbines wordt gegenereerd door:

- De wrijving van de wieken in de wind (aërodynamisch geluid);
- Elementen in de gondel zoals tandwielkast, generator, ventilatoren, pompen,… (mechanisch geluid). De gondel is inwendig bekleed met geluidsabsorberend materiaal.

In onderstaande tabel wordt het brongeluid van respectievelijk een 3MW type (Vestas) en een 5MW type (RePower) vermeld bij verschillende windsnelheden op 10 m hoogte.

Tabel 2.3.3: Brongegevens in functie van de windsnelheid

	Vestas V90 3MW	*RePower 5MW*
	ashoogte 78,8m	*ashoogte 90 m*
Windsnelheid op 10 m hoogte	Brongeluid (dB)	Brongeluid (dB)
6 m/s	105,2	108
7 m/s	107,6	110
8 m/s	109,0	112,0
9 m/s	109,4	113
10 m/s	108,7	112

2.3.2 Technische karakteristieken van de fundering

2.3.2.1 Keuze van het funderingstype

Het type fundering is uiteraard afhankelijk van de locatie (zeebodem, waterdiepte) en de belastingen van de windturbine en de waterbewegingen (golven, stroming). Voor de offshore locaties op de Noordzee komen in principe verschillende funderingtypen in aanmerking: monopaal, jacket-vakwerk en gravitair (zie Figuur 2.3.6).

Figuur 2.3.6: Diverse typen funderingen

Ten opzichte van de alternatieven heeft de monopaalfundering bij de optredende waterdieptes en belastingen een aantal voordelen:

- Voor waterdieptes tot 35 m is de monopaalfundering naar verwachting het meest economische funderingtype;
- Het is het funderingtype waarmee de meeste ervaring is opgedaan bij offshore locaties;
- Transport en installatie zijn technisch eenvoudiger dan bij andere funderingen;
- Eenvoudiger en betrouwbaarder constructie dan bij jacket-vakwerk fundering;
- Preparatie van zeebodem, als bij een gravitaire fundering, is niet nodig;
- Het milieu ondervindt het minste schade.

Resumerend en rekening houdend met de op dit ogenblik beschikbare gegevens betreffende bodemgesteldheid, wordt de monopaalfundering voor de beoogde locatie de best beschikbare technologie geacht. Grondig bodemkundig onderzoek ter plaatse, inclusief proefboringen, zullen de definitieve keuze beïnvloeden.

2.3.2.2 Monopaal fundering

De monopaalfundering bestaat uit een stalen buis die in de bodem wordt geheid of getrild. Dit is momenteel het meest toegepaste type fundering bij offshore windturbines.

Vanwege de grote verschillen in diepte binnen het gebied van het windpark, zullen er monopalen van verschillende grootte en dikte worden gebruikt. Een eerste studie gedaan door de TU-Delft toont in onderstaande tabel wat de diameter, lengte, massa en de dikte van de paalwand zullen zijn bij de verschillende dieptes die in het park aanwezig zijn.

Tabel 2.3.4:Vereiste eigenschappen van de monopaal in functie van de waterdiepte

Waterdiepte	*Diameter*	*Wanddikte*	*Lengte*	*Inheidiepte paal*	*Massa*
m	*m*	*m*	*m*	*m*	*t*
15	5.2	0,065	39	23	321
30	6.1	0,076	63	32	711
37	6.6	0,083	68	30	907

De funderingpalen reiken tot een hoogte van LAT (Lowest Astronomical Tide) + 1m. Op de funderingen worden transitiestukken geplaatst, die de fundering verlengen tot een hoogte van HAT (Highest Astronomical Tide) + 15m. De gegevens in bovenstaande tabel zijn indicatief. Belwind voert in samenwerking met Bomel onderzoek uit naar de exacte dimensionering en inheidieptes".

2.3.2.3 Jacket-vakwerk fundering

Een jacket-vakwerk fundering is een dragende stalen constructie die in de zeebodem wordt verankerd met palen. De door de windturbine en het water uitgeoefende krachten worden verdeeld over de palen en dus over een groter bodemoppervlak dan bij een monopaalfundering.

2.3.2.4 Gravitaire fundering

Een gravitaire fundering bestaat uit een betonnen constructie op de zeebodem die zijn stabiliteit ontleent aan zijn massa. Het lege caisson dat op de bodem wordt afgezonken wordt vervolgens gevuld met ballastmateriaal (b.v. stenen, zand of erts). Vanwege de benodigde stabiliteit is bij dit principe een fundering met een relatief grote diameter nodig.

2.3.3 Offshore transformatorplatform

Een transformatorstation bestaat uit een halfopen doosvormige constructie, die op een enkele stalen paalfundering (diameter circa 6 m) wordt geplaatst.

Figuur 2.3.7: Plaatsing van het transformatorplatform op het transitiestuk

In het station bevindt zich een transformator, waarmee de binnenkomende energie van de windturbines wordt getransformeerd van 33 kV naar 150 kV. Elke binnenkomende kabel is beveiligd met een vermogensschakelaar. Bij de schakelaars worden spanning en stroom gemeten. Bij detectie van een kortsluiting wordt de schakelaar uitgeschakeld.

Het station is ook voorzien van installaties voor de besturing en bewaking van het windturbinepark en voor de communicatie met een controlepost op de wal. Het transformatorstation is ontworpen om met een minimum aan onderhoud te kunnen functioneren. Voor het jaarlijkse onderhoud en voor eventuele reparatiewerkzaamheden is het station voorzien van eenvoudige verblijfsruimten voor de onderhoud- en reparatieploeg.

De transformatoren en de vermogensschakelaars bevinden zich op het hoofddek van het transformatorstation. De kabels worden vanaf de zeebodem door buizen naar het platform boven zeeniveau geleid, de zogenaamde J-tubes. Op het dek onder het hoofddek worden de kabels uit de J-tubes verankerd en naar de bijbehorende schakelinstallaties geleid. De vermogensschakelaars en de stuurelektronica worden ondergebracht in gesloten containers.

De levensduur van het transformatorstation is gelijk aan dat van de turbines, 20 jaar.

Het ontwerp van de transformatoren en het station is gebaseerd op koeling door natuurlijke circulatie. De transformatoren zijn ontworpen voor gebruik in de buitenlucht. Vanwege het grote vermogen, de hoge spanning en de vereiste koeling worden in het transformatorstation oliegevulde transformatoren toegepast. Onder de transformatoren zijn lekbakken aangebracht, waarmee eventueel uit de transformatoren lekkende olie wordt opgevangen. Voor de buitenwanden van het station wordt gedeeltelijk open metalen bekleding toegepast. Op het hoofddek is een kraan gemonteerd, waarmee onderdelen vanaf schepen of vanaf het heliplatform op het hoofddek kunnen worden gehesen.

Het transformatorstation kan vanaf het water en vanuit de lucht worden bereikt. Schepen, uitgerust met een speciale voorziening voor het veilig overstappen van personeel kunnen 'aandokken' aan de fundering van het transformatorstation. Met de Zeevaartpolitie wordt deze toegang gecoördineerd. Daarnaast kunnen getrainde medewerkers met een helikopter en een hijslijn op het platform worden neergelaten. Hiervoor is het transformatorstation uitgerust met een heliplatform met reling en de nodige beveiligingsvoorzieningen.

Een kleine transformator (circa 250 kVA), aangesloten op het 33 kV systeem, levert de energie voor onder meer de besturing- en beveiligingssystemen, verlichting, klimaatregeling en communicatie. Voor het geval dat de aansluiting op het elektriciteitsnet uitvalt, is het station voorzien van een dieselgeneratorset en een tank met een voorraad dieselbrandstof voor enkele weken (circa 10 m^3).

Figuur 2.3.8: Hoofdstroomschema offshore installaties

Figuur 2.3.9: Offshore MS/HS transformatorstation

2.3.4 Windmeetmasten

De primaire functie van de meetmast is het op verschillende hoogten onderbrengen van meetinstrumenten en benodigde stroom en communicatie voorzieningen t.b.v. de metingen. De meetmast is een onbemande constructie waar geen overnachtingen zullen plaatsvinden. De mast is slechts toegankelijk ten behoeve van onderhoud en kalibratie van de meetinstrumenten. De ontwerplevensduur van de mast bedraagt 20 jaar, gelijk aan de levensduur van de turbines. De totale hoogte is circa 90m (boven HAT).

De meetmast bestaat uit de volgende onderdelen:

- Fundering (monopaal diameter circa 2,2 m);
- Transitiestuk en bordes;
- Mast

Wat betreft installatie, exploitatie en verwijdering volgt de meetmast dezelfde procedures als een windturbine.

Figuur 2.3.10: Meetmast

2.3.5 Erosiebescherming

Om erosie rond de windturbinefundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit en hogere belasting door stromingen tegen te gaan) wordt rond elke fundering een erosiebescherming aangebracht. Uitvoeringswijzen worden besproken onder 2.4.

2.3.6 Bekabeling

2.3.6.1 Type bekabeling en spanning

Voor het energietransport vanaf het windpark naar het invoedingspunt bij Slijkens of alternatief Zeebrugge wordt een transportspanning van 150 kV toegepast. Het betreft een driefasen wisselstroom systeem. Het vermogen van 330 MW wordt via 2 kabels op het elektriciteitsnet aangesloten. Bij de keuze voor 150 kV spelen de volgende argumenten een rol:

- Het spanningsniveau van 33 kV is te laag voor het transport naar de kust, dit zou tot te grote verliezen leiden.
- Met moderne XLPE zeekabels is inmiddels ruime ervaring tot spanningen van ca. 150 kV. Bij hogere spanningen is minder ervaring en neemt naar verwachting de kans op defecten toe.
- De spanning op de aansluitpunten bedraagt ook 150 kV. Voor de aansluiting van het windpark zal een transformator bij het netinvoedingspunt dan niet nodig zijn.

Op grond van het bovenstaande wordt in het windpark een transportspanning van 33 kV toegepast en wordt er bij de verbinding tussen het windpark en het invoedingspunt uitgegaan van een transportspanning van 150 kV. Alternatief wordt de aansluiting op het elektriciteitsnet met een exportkabel met een transportspanning van 220 kV tot 240 kV beschouwd.

Toenemende ervaring met zeekabels zal er toe kunnen leiden dat bij de realisatie toch de voorkeur uitgaat naar een hogere transportspanning. Bij een spanning van 220 kV tot 240 kV zou vanwege de grotere capaciteit kunnen worden volstaan met één in plaats van twee kabels voor de aansluiting van het windpark op het elektriciteitsnet. Door de hogere spanning zijn de stromen in de kabel en de dikte van de geleiders niet veel groter dan bij de 150 kV kabel. De kabel als geheel wordt iets dikker door de benodigde grotere dikte van de isolatie. De exacte afmetingen zullen moeten volgen uit het nog uit te voeren ontwerp van het kabelsysteem.

Zowel bij de zeekabels als bij de kabels voor het landtracé worden XLPE geïsoleerde kabels toegepast (cross linked polyethylene: isolatiemateriaal van midden- en hoogspanningskabels). Bij de zeekabels (zowel 33 kV als 150 kV) zijn de drie geleiders steeds ondergebracht in één kabel (three-core). Door de toepassing van kunststof isolatiemateriaal is bij dit kabeltype bij eventuele beschadiging geen lekkage van milieubelastende stoffen mogelijk.

De constructie met 3 aders in één mantel leidt tot een sterke reductie van elektrische en magnetische velden, doordat de aders symmetrisch en op minimale afstand rond de kern van de kabel zijn georiënteerd. De velden van de afzonderlijke geleiders compenseren elkaar grotendeels door het faseverschil in de stromen en spanningen. Een verdere reductie wordt bereikt door afscherming van de geleiders en de staalmantel van de kabel. De doorsnede van de geleiders in de kabels zijn afhankelijk van het te transporteren vermogen. Bij het tracé van de landkabels worden éénaderige kabels toegepast.

Voor de mechanische bescherming zijn de kabels voorzien van stalen wapening. De kabels hebben goede elektrische en thermische eigenschappen en bevatten geen componenten die in significante hoeveelheden in zeewater kunnen oplossen.

Dit type kabel wordt momenteel het meest toegepast bij de aansluiting van offshore windparken.

Figuur 2.3.11: Type bekabeling

2.3.6.2 Bekabeling binnen het windmolenpark

De elektriciteit die de windturbines opwekken wordt via de parkbekabeling geleverd aan de offshore transformatorstations in het windturbinepark. De parkbekabeling betreft een middenspanningskabel met

een spanningsniveau van circa 33 kV. Vanaf het transformatorstation gaat een hoogspanningskabel van 150 KV naar het netkoppelingspunt op land. In Figuur 2.3.12 wordt de parkbekabeling weergegeven.

Het aantal windturbines dat op een doorgeluste kabel kan worden aangesloten is hoofdzakelijk afhankelijk van de spanning en het vermogen van de windturbines. Bij een windturbinevermogen van 5 MW worden steeds maximaal 7 windturbines op één doorgeluste kabel aangesloten, bij een windturbinevermogen van 3 MW maximaal 11 windturbines. Het vermogen per aansluiting/lus op het transformatorstation bedraagt maximaal ongeveer 35 MW. De kabels in het windturbinepark liggen op minimaal 1 m onder de zeebodem.

Figuur 2.3.12: Kabels in het windturbinepark

2.3.6.3 Elektriciteitskabel naar het land

Vanaf de transformatorstations gaan twee hoogspanningskabels van 150 KV naar de kust. De zeekabel wordt doorgetrokken tot aan de landzijde van de waterkering. Hier wordt een overgangsmof geïnstalleerd tussen één drie-aderige zeekabel en drie éénaderige kabels voor het landkabeltracé. De transportkabel wordt tot op tenminste 1 m diepte onder de zeebodem gebracht.

Uit de oriëntatiestudie blijkt dat 2 aansluitingspunten op land in aanmerking komen voor aansluiting van het windpark: Slijkens te Oostende en Zeebrugge. ELIA heeft in haar studie aangegeven dat 330 MW in elk aansluitingspunt mogelijk is. Een definitieve keuze moet nog worden gemaakt.

Tussen de zeekabel (bij de waterkering) en de aansluiting met het transmissienet wordt landkabel toegepast. Vanwege het belang van een meer eenvoudige installatie worden drie éénaderige kabels in plaats van één drie-aderige kabel toegepast. De voordelen zijn een kortere buigstraal van de kabel en eenvoudiger moffen, omdat per haspel een grotere lengte kan worden aangeleverd. Wel worden hier, evenals bij de zeekabel, XLPE geïsoleerde kabels toegepast.

Bij Oostende bevindt de aanlandingslocatie zich in het gebied tussen 1,5 tot 3,5 km ten noordwesten van de havengeul. Bij Zeebrugge ligt de aanlandingslocatie ongeveer 400 tot 900 m ten westen van het havengebied. De precieze locatie wordt mede bepaald door het nog in detail te ontwikkelen landkabeltrace. In het kustgebied liggen de kabels op een diepte van tenminste 2 m.

Bij de aanleg van de kabels wordt de kuststrook eerst doorkruist met een gestuurde boring (vanaf landzijde). In de boring wordt een mantelbuis getrokken, waarna de kabels in de buis worden getrokken en de buis aan beide zijden wordt afgedicht. Voor elke kabel is tenminste één gestuurde boring voorzien.

2.3.7 Bebakening

2.3.7.1 Scheepvaartbebakening

De belangrijkste internationale referentie met betrekking tot bebakening van offshore windparken is de IALA aanbeveling 0-117 van december 2004. Bij het windpark wordt een onderscheid gemaakt tussen de individuele structuren en het park als geheel.

Figuur 2.3.13: Bebakening van het windpark

INDIVIDUELE STRUCTUREN

De mast van elke windmolen wordt in het geel geschilderd over een hoogte van minimaal 15 m boven het hoogste waterpeil (HAT: Highest Astronomical Tide).

BEBAKENING VAN HET WINDPARK

Een hoekpunt of een belangrijk punt in de contour van een windpark wordt aangeduid als SPS (Significant Peripheral Structure). Deze punten zullen ten behoeve van de scheepvaart worden gemarkeerd met lichten zichtbaar vanuit de verschillende richtingen in het horizontaal vlak.

Deze lichten zullen worden gesynchroniseerd om aldus volgens een specifiek kenmerk te flitsen in een bereik van minimaal 5 zeemijlen. De afstand tussen de SPS structuren is maximaal 3 zeemijl.

2.3.7.2 Luchtvaartbebakening

'Met betrekking tot de bebakening voor de luchtvaart wordt voorgesteld aan te sluiten bij de bebakening zoals die in Nederland bij offshore windparken wordt toegepast (Offshore windparken Q7 en Egmond). Dit betekent dat elke windturbine op de gondel (ashoogte) wordt voorzien van een vastbrandend, rondom stralend rood licht, met een intensiteit van 50 Cd. Het windpark ligt voor de luchtvaart in Nederlands beheersgebied. Alternatief kan op aanwijzing van het bevoegd gezag met betrekking tot de luchtvaartmarkering worden aangesloten bij de voorschriften voor bebakening zoals die op federaal niveau in België zijn gegeven.

2.3.7.3 Veiligheidszone

Conform de gebruiken voor offshore constructies wordt een veiligheidszone van 500 m voorzien rondom het windpark die bijkomend gemarkeerd wordt. In Figuur 2.3.14 wordt de 500 m veiligheidszone van het windpark weergegeven.

Figuur 2.3.14: 500m brede veiligheidszone van het Belwind windpark

2.4 BESCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN

2.4.1 Constructiefase

De bouw van het windturbinepark bestaat uit volgende fasen:

- De constructiewerkzaamheden in de haven:
  - Inrichting van de bouwlocatie in de haven;
  - Bouwen van de windturbinefunderingen (in geval van gravitaire fundering);
  - Premontage van bepaalde onderdelen van de windturbines, de transformatorstations en de windmeetmast.
- De mariene bouwwerkzaamheden:
  - Voorbereiden van inplantingsplaatsen van de windturbines, transformatorplatform en meteomasten;
  - Plaatsen van de funderingen;
  - Oprichting en aansluiting van de windturbines, de transformatorstations en de windmeetmast;
  - Aanleg van de elektrische bekabeling binnen het park en aansluiting van het park op het transportnet op land.

De definitieve aanlegmethode van het windturbinepark is mede afhankelijk van de toekomstige technologische ontwikkelingen en de praktijkervaringen die opgedaan worden in de internationale offshore windenergiesector.

2.4.1.1 De funderingen en erosiebescherming

MONOPAALFUNDERINGEN

De installatie en assemblage van de fundering, bestaande uit de monopaal, het transitiestuk en het platform vindt plaats op zee met behulp van een hefschip. Twee kleine sleepboten worden ingezet ter ondersteuning, onder meer voor het verzetten van ankers en bevoorrading. Met uitzondering van periodes met onwerkbaar weer blijft het hefschip op de offshore bouwlocatie. De monopalen, transitiestukken en platforms worden van de productiefaciliteit naar een werkhaven met voorzieningen voor tussenopslag getransporteerd. Vanaf de opslaglocatie worden de monopalen, transitiestukken en de platforms met behulp van sleepboten en pontons of het hefschip naar de windparklocatie getransporteerd.

De funderingen voor het windpark worden verdeeld over 2 jaren geplaatst.

Figuur 2.4.1 Plaatsing van monopaal (OW-Q7)

Over de top van de monopaalfundering wordt met een kraan een transitiestuk geplaatst.

Figuur 2.4.2 Transitiestukken voor monopaalfunderingen in de haven (OW-Q7)

Het transitiestuk bestaat uit een buis met een manchet. Het transitiestuk wordt precies horizontaal gesteld, waarna de ruimte tussen de buis en de paal wordt gevuld met een speciale krimpvrije mortel. Vervolgens wordt op het transitiestuk de mast van de windturbine geplaatst.

Het transporteren en storten van de stenen rondom de fundering ten behoeve van erosiebescherming vindt plaats met behulp van een transport-/losschip. De erosiebescherming wordt in lagen aangebracht.

De eerste laag wordt voor plaatsen van de funderingen aangebracht. De laag bestaat uit betrekkelijk fijn materiaal (grind 0,02 m). De tweede laag, die zoveel mogelijk kort na het heien wordt gestort, bestaat uit stortsteen met afmetingen van 0,1 m tot 0,6 m. Het aanbrengen van de erosiebescherming hangt dus samen met de plaatsing van de funderingen. De aanleg duurt naar verwachting circa 3 maanden per jaar wanneer de bouw als gepland over 2 jaar is gespreid.

De definitieve aanlegmethode van de funderingen is mede afhankelijk van de toekomstige technologische ontwikkelingen en de praktijkervaringen die opgedaan worden in de internationale offshore windenergiesector.

Figuur 2.4.3: Installatie van de monopaalfunderingen

GRAVITAIRE FUNDERING

De fundering bestaat uit een bak van gewapend beton, waarin een betonnen zuil is geplaatst die onder meer met schragen (eveneens van beton) is gefixeerd. De bak wordt gebouwd in een havenlocatie.

Voor de plaatsing van de fundering wordt de bodem ter plaatse afgegraven tot een vlak oppervlak is verkregen dat overeenkomt met het oppervlak van de erosiebescherming. Vervolgens wordt een laag steenslag met een dikte van een halve meter aangebracht om erosie nog voor plaatsing van de fundering te voorkomen en een vlakke opstellocatie te creëren. Daarna wordt de fundering naar de

bestemmingslocatie getransporteerd en gecontroleerd afgezonken. Na plaatsing van de fundering wordt deze door het vullen met zand uit de omgeving van ballast voorzien. Vervolgens wordt rond de fundering een ring met erosie bescherming (bestaande uit stortsteen) aangebracht. Bij de 5 MW windturbine is een ring met een breedte van 14 m voorzien en een hoogte van ca. 1,4 m. Voor het aanbrengen van de egalisatielaag en de erosiebescherming worden stortschepen ingezet.

Over de betonnen zuil van de fundering wordt met een kraan een transitiestuk geplaatst. Het transitiestuk bestaat uit een buis met een manchet. Het transitiestuk wordt precies horizontaal gesteld, waarna de ruimte tussen de buis en de paal wordt gevuld met een speciale krimpvrije mortel. Vervolgens wordt op het transitiestuk de mast van de windturbine geplaatst.

2.4.1.2 De windturbines en toren

De installatie van de windturbines op zee wordt uitgevoerd door een hiervoor specifiek ingericht hefschip (bijvoorbeeld SEA Energy en SEA Power, Resolution, Jumping Jack). De onderdelen van de windturbine kunnen met transportschepen worden aangeleverd of afhankelijk van het type hefschip door het hefschip zelf naar de bestemming worden getransporteerd. De onderdelen van de windturbine (mast, gondel en rotor) worden geladen in de werkhaven, die wordt gebruikt voor tussenopslag en assemblage.

De installatie van de windturbine gebeurt in 3 à 4 hijsbewegingen (zie Figuur 2.4.4 tot Figuur 2.4.9):

- installatie van de mast, eerste segment;
- installatie van de mast, tweede segment;
- installatie van de gondel;
- installatie van de rotor.

Windpark Bligh Bank wordt in twee jaar gebouwd. Het bouwseizoen concentreert zich vanwege de gunstigere voorwaarden voor werkbaar weer in en rond de zomerperiode.

Figuur 2.4.4: Aankomst hefschip op offshore site

Figuur 2.4.5: Fixeren van het hefschip

Figuur 2.4.6: Installeren toren segmenten

Figuur 2.4.7: Installeren gondel windturbine

Figuur 2.4.8: Installatie windturbine

Figuur 2.4.9: Turbine installatie gereed

2.4.1.3 De offshore transformatorstations

De plaatsing van de funderingen van de offshore transformatorstations komt overeen met de procedure bij de windturbines, bij de stations wordt hetzelfde funderingtype toegepast. Op de fundering wordt een transitiestuk geplaatst dat is aangepast voor het transformatorstation.

Figuur 2.4.10 Fundering van offshore HS-station (OW-Q7)

Figuur 2.4.11 Plaatsing van offshore HS-station (OW-Q7)

2.4.1.4 De elektrische infrastructuur en de nettoegang

BESCHRIJVING

De middenspanningskabels van 33 kV voor de verbindingen tussen de windturbines en het offshore hoogspanningsstation worden op haspels in de werkhaven opgeslagen. Een haspel bevat de kabel voor één kabelsectie met de juiste lengte en diameter. De kranen in de werkhaven laden de haspels op het kabellegschip, waarna dit naar de reeds geplaatste fundatie vaart.

Aan de funderingen van de windturbines zijn zogenaamde J-tubes bevestigd. Het tracé van de middenspanningskabel loopt door deze buizen vanaf de zeebodem naar de voet van de windturbinemast. In de windturbinemast wordt de kabel later op de schakelaar in de mastvoet aangesloten. Voor de installatie van de kabel is in de J-tube van de windturbine reeds een hulplijn aangebracht. Met de hulplijn wordt een zwaardere lijn van het kabellegschip door de J-tube getrokken. Het uiteinde van deze lijn wordt op een lier op het platform van de windturbine gelegd. Het andere einde van de lijn wordt verbonden met de zeekabel. Het uiteinde van de kabel wordt overboord gebracht en afgezonken. Vervolgens wordt door de lier op het platform van de windturbine de kabel door de J-tube getrokken. Wanneer voldoende kabellengte is uitgegeven wordt de kabel boven de J-tube verankerd, waarna het kabellegschip naar de volgende windturbine vaart, waarbij de kabel geleidelijk wordt uitgegeven. Bij de volgende windturbine wordt opnieuw een trekkabel aan de hulplijn door de J-tube bevestigd, die vervolgens weer op de lier op het platform wordt gelegd. Met de lier en de trekkabel wordt dan het andere einde van de zeekabel door de J-tube getrokken en vervolgens boven het uittredepunt verankerd.

Nadat de kabels zijn gelegd plaatst het kabellegschip de slede met de kabelsleufinstallatie met een boordkraan over de kabel op de zeebodem. De slede is aangesloten op een hogedruk waterpomp. Met waterstralen wordt de bodem voor het mes van de sleufmachine gefluïdiseerd waardoor een sleuf ontstaat waarin de kabel tot op een diepte van tenminste 1 meter afzinkt. De slede wordt over het kabeltracé voortgetrokken tot de volgende windturbine, waarbij de kabel over de gehele lengte op diepte wordt gebracht. Aan het eind van het tracé wordt de slede weer op het schip getild. Het kabellegschip vaart naar de volgende kabelsectie, waarna de procedure wordt herhaald tot en met de laatste kabelverbinding. Door de natuurlijke waterbeweging wordt de sleuf gevuld met het meegevoerde zand.

Het windpark zal met twee 150 kV kabelverbindingen worden aangesloten op het elektriciteitsnet op het land. De aansluitlocatie kan Zeebrugge of Slijkens-Oostende zijn. De hoogspanningsverbinding tussen het offshore windpark en de kust kruist de vaarroutes naar Zeebrugge. Alternatief bestaat de mogelijkheid avn een aansluiting met één kabel van 220 tot 240 kV.

Voor de aanleg wordt het tracé onderzocht (route survey) met betrekking tot eventuele obstakels en de bodemgesteldheid. In een latere fase wordt de hoogspanningskabel op de zeebodem wordt gelegd door het kabellegschip. Bij het kabelleggen bedraagt de gemiddelde snelheid circa 5 km/h. Vervolgens wordt de kabel over de hele tracélengte op minimaal 1 meter diepte gebracht door een slede die onder de kabel een sleuf spuit (trenching), waarin deze afzinkt.

De kabel doorkruist de hoofdvaarroute naar Zeebrugge waarvoor een maximale baggerdiepte van 22 m van toepassing zal zijn. Ter plaatse van de kruising wordt de zeebodem uitgebaggerd tot een diepte van 24 m. Met trenchen wordt de kabel vervolgens tot op een diepte van 26 m gebracht. De slede wordt voortgetrokken door het werkschip. De sleufwerkzaamheden zullen kunnen worden uitgevoerd met een snelheid van circa 2 km/h, zodat de vaarroutes binnen 10 uur kunnen worden overgestoken. De sleuf wordt gevuld met het uitgebaggerde materiaal. Behoudens onvoorziene gebeurtenissen zullen de schepen voor het kabelleggen en sleuven niet stilliggen in de vaarroute.

SCHEPEN EN HULPMIDDELEN

Voor de installatie van de windparkbekabeling wordt gebruik gemaakt van de volgende schepen/hulpmiddelen:

- Kabellegschip MS - 1x
- Kabelsleufinstallatie MS - 1x
- Hulpschip - 1x

Voor de installatie van de kabelverbinding tussen het offshore hoogspanningsstation en het de kust wordt gebruik gemaakt van de volgende schepen/hulpmiddelen:

- Kabellegschip HS - 1x
- Kabelsleufinstallatie HS - 1x
- Kabelploeg - 1x
- Hulpschip - 1x

Kabellegschip MS

Het kabellegschip is gebouwd voor het transport, leggen en begraven van zeekabels. Het is voorzien van opslagsystemen voor de kabelhaspels en een uitgiftesysteem (legsysteem) voor de kabel. Het schip is voorzien van de nodige hulpmiddelen voor het doorvoeren van de zeekabel door de J-tubes bij de windturbines en het transformatorstation (J-tubes zijn de buizen voor de kabelgeleiding aan de fundaties van de windturbines en het transformatorstation). Het schip is tevens uitgerust met werktuigen voor het in een sleuf leggen van de kabel.

Kabellegschip HS

Het kabellegschip is gebouwd voor het transport en het leggen van lange zeekabels. Het is voorzien van een groot platform/ruim voor de opslag van een lange 3-fase zeekabel en van een uitgiftesysteem (legsysteem) voor de kabel (zie Figuur 2.4.12).

Figuur 2.4.12: Kabellegschip

Werktuigen voor het graven van kabelsleuven in de zeebodem

Voor het op diepte brengen van de kabels in het windpark en de kabel naar de kust wordt onder de kabel een sleuf aangelegd door het losspuiten van zand in de zeebodem. De slede met het 'mes' en de spuitmonden (Figuur 2.4.13) wordt door een hulpschip over de zeebodem en de kabel gesleept, waarna de kabel door het eigen gewicht in de sleuf afzinkt. De sleuf wordt door het als gevolg van stroming en turbulentie meegevoerde zand automatisch gesloten. Alternatief kan met de hieronder beschreven kabelploeg gewerkt worden.

Figuur 2.4.13: Werktuigen voor het graven van kabelsleuven

Kabelploeg

De kabelploeg (Figuur 2.4.14) wordt gebruikt voor het op diepte brengen van de hoogspanningskabel in het kustgebied. De ploeg wordt door een verankerd werkschip naar zee getrokken, waarbij de reeds gelegde kabel automatisch op diepte wordt gebracht. De sleuf wordt door het als gevolg van stroming en turbulentie meegevoerde zand automatisch gesloten.

Figuur 2.4.14: Kabelploeg

TOEPASSING VAN DE TECHNISCHE MIDDELEN

De zeekabel voor de hoogspanningsverbinding tussen het offshore transformatorstation en de kust wordt bij de kabelleverancier op het kabellegschip getransporteerd. De kabel is te lang en te zwaar voor een haspel en wordt daarom in een hiervoor aangepast rek geladen. Het kabellegschip vaart vervolgens naar het offshore hoogspanningsstation.

Aan de funderingen van de hoogspanningsstations zijn, evenals bij de windturbines, J-tubes bevestigd. Het tracé van de kabels volgt deze buizen vanaf de zeebodem naar de kabelruimte van het hoogspanningsstation, waar de kabel op de vermogensschakelaar wordt aangesloten. Voor de installatie van de kabel is in de J-tube van het offshore hoogspanningsstation reeds een hulplijn aangebracht. Met de hulplijn wordt een zwaardere lijn van het kabellegschip door de J-tube getrokken, die op een lier op het platform van het station wordt gelegd. Het andere einde van de lijn wordt verbonden met de zeekabel, waarna deze voorzichtig wordt uitgegeven en door de lier door de J-tube wordt getrokken. Wanneer voldoende kabellengte is uitgegeven wordt de kabel boven de J-tube verankerd. Vervolgens vaart het kabellegschip naar het aanlandingspunt, waarbij de kabel geleidelijk wordt uitgegeven. Bij het aanlandingspunt wordt het kabeleinde met drijvers verbonden (Figuur 2.4.15), waarna dit met een lier op de kust naar de wal wordt getrokken. Wanneer de kabel op de juiste locatie ligt worden de drijvers verwijderd waarbij de kabel tot op de bodem zinkt.

Figuur 2.4.15: Kabeleinde

Voor het op diepte leggen van de kabel bij de kust wordt gebruik gemaakt van een kabelploeg die met een lier op het schip vanaf de kust naar het schip wordt getrokken (Figuur 2.4.16). De ploeg trekt een voor, waarbij de kabel gelijktijdig op diepte wordt gebracht.

Figuur 2.4.16: Aanleggen kabel

Verder uit de kust wordt gebruik gemaakt van een kleiner schip dat is voorzien van een kabelsleufinstallatie (Figuur 2.4.13). Nadat de HS-kabel is gelegd plaatst het kabellegschip de slede met de sleufinrichting met een boordkraan over de kabel op de zeebodem. De slede is aangesloten op een hogedruk waterpomp. Met waterstralen wordt vervolgens de bodem onder de kabel gefluïdiseerd, waardoor de kabel tot op de gewenste diepte afzinkt. Vervolgens wordt de slede door het kabellegschip over het kabeltracé voortgetrokken tot bij het hoogspanningsstation, waarna de kabel over de gehele lengte op diepte is gebracht. Door de natuurlijke waterbeweging wordt de sleuf gevuld met het meegevoerde zand.

2.4.2 Exploitatiefase

2.4.2.1 Afstandscontrole en bediening

De besturing van het park gebeurt vanuit een controlegebouw aan land. Door afstandscontrole en -bediening en waar nodig door het aanbrengen van back-up systemen kunnen tijdrovende routine verplaatsingen naar de installaties tot een minimum worden beperkt. Door het geïnformatiseerd verwerken van gegevens uit inspecties, foutmeldingen en onderhoudswerkzaamheden kan het preventief onderhoudsprogramma geoptimaliseerd worden.

2.4.2.2 Onderhoudsstrategie

HET ONDERHOUD VAN DE WINDMOLENS

De uitbater van een offshore windturbinepark beschikt op het gebied van onderhoudsstrategie over twee hoofdopties:

- zuiver correctief onderhoud: enkel herstellen van optredende storingen
- doorgedreven preventief onderhoud
- toestandsafhankelijk onderhoud

Allerlei mengvormen van beide strategieën zijn mogelijk. Het zuiver correctief onderhoud heeft als belangrijke nadelen de doorgaans hoge reparatiekosten door het niet tijdig detecteren van de storingsbronnen alsmede het grote productieverlies indien de herstelling door ongunstige weersomstandigheden niet meteen kan worden uitgevoerd. Anderzijds kan doorgedreven preventief onderhoud van bepaalde, weinig storingsgevoelige componenten, leiden tot onnodig productieverlies en hoge vaste onderhoudskosten. In de praktijk zal worden gekozen voor een strategie van gecombineerd correctief, toestandsafhankelijk en preventief onderhoud in functie van de aard van de componenten. Hierdoor kan maximaal gebruik gemaakt worden van periodes met goed weer voor het uitvoeren van het toestandsafhankelijk en preventief onderhoud.

Voor het onderhoud van het windpark wordt gebruik gemaakt van een schip waarmee onderhoudspersoneel, reservedelen en verbruiksmaterialen naar de windturbines en het transformatorstation kunnen worden vervoerd. Het schip is aangepast voor het afmeren bij windturbines of het transformatorstation en is voorzien van voorzieningen voor veilig transport van medewerkers, onderhoudsmiddelen en reservedelen van en naar de windturbines.

Bij de windturbines en de transformatorstations is jaarlijks preventief onderhoud voorzien. Hierbij wordt de windturbine geïnspecteerd en worden slijtagedelen vervangen en verbruiksmaterialen waar nodig aangevuld. Het ontwerp van de windturbine en de onderhoudsmaatregelen zijn afgestemd op één onderhoudsbeurt per jaar. Gemiddeld bedraagt de benodigde tijd voor het onderhoud aan een windturbine 1 dag. Per bezoek aan het windpark zullen 2 tot 3 windturbines een onderhoudsbeurt kunnen ondergaan. Het onderhoud is gepland in de periode van mei tot september. Deze periode is voldoende lang om naast het onderhoud ook kleine reparaties uit te kunnen voeren. In deze periode is er minder wind, is de golfhoogte lager en zijn de windturbines beter bereikbaar.

Een storing bij een windturbine of het transformatorstation wordt via het monitoring systeem gemeld aan de service en onderhoudsorganisatie. Bij grotere storingen of defecten kunnen zonodig met behulp van de kraan in de gondel van de windturbine hoofdcomponenten van de windturbine worden vervangen. Zo is voor bijvoorbeeld de vervanging van een rotorblad of een hoofdlager geen externe kraan noodzakelijk.

Voor verschillende scheepstypen en typen werkzaamheden worden criteria voor werkbaar weer vastgesteld. Bij onwerkbaar weer moeten werkzaamheden worden uitgesteld of worden onderbroken. Onder meer door een speciaal windturbine ontwerp voor offshore locaties wordt ernaar gestreefd het aantal acties voor reparatie van windturbines zoveel mogelijk te beperken.

Onderhouds,- reparatie- en vervangingswerkzaamheden aan de windturbines moeten volgens vaste protocollen worden uitgevoerd. Bij het opstellen van de richtlijnen wordt er rekening mee gehouden dat de kans op verontreiniging van het milieu met bijvoorbeeld oliën of vetten zo veel mogelijk wordt beperkt. Daarnaast wordt lekkage van oliën en vetten naar het milieu voorkomen door adequate afdichtingen op specifieke punten en door opvangvoorzieningen.

HET ONDERHOUD VAN DE OFFSHORE KABELS

Gedurende de eerste 5 jaar waarin het windpark in bedrijf is wordt eens per 2 jaar de diepteligging van de kabels gecontroleerd. Daarna kan, wanneer blijkt dat geen significante wijzigingen worden verwacht, voor een lagere frequentie worden gekozen. De diepteligging van de kabels wordt gecontroleerd met een speciaal schip dat is voorzien van een registratiesysteem op basis van geluid (sonar).

Bij beschadiging van de kabelverbindingen binnen het windpark of de verbinding tussen het windpark en de kust is de vervanging van een kabeldeel noodzakelijk. De vervanging wordt uitgevoerd door speciaal hiervoor uitgeruste werkschepen.

2.4.2.3 Aangepaste werk- en vaartuigen

Gezien het relatief grote aantal windturbines dat zal worden geplaatst is het economisch zinvol gebruik te maken van aangepaste werk- en vaartuigen voor de uitbating en het onderhoud. Hiertoe behoren:

- Een zeewaardige onderhoudsboot die zal zijn gereserveerd voor onderhoud aan en reparatie van het windturbinepark, zodat snelle interventies, resulterend in maximale beschikbaarheid, steeds mogelijk zijn.
- Een werkschip of een sleepboot met ponton voor de demontage, montage en het transport van grotere windturbine onderdelen. Naar verwachting zal dit materieel slechts zelden behoeven te worden ingezet, voor de beschikbaarheid zal zoveel mogelijk een beroep worden gedaan op offshore service verleners.

2.4.3 Ontmantelingsfase

2.4.3.1 Windturbines

De windturbines worden na de levensduur van circa 20 jaar verwijderd en aan land gebracht. De verwijdering omvat de volgende werkzaamheden (Figuur 2.4.17):

Figuur 2.4.17: Verwijderen van windturbines

Een hefschip positioneert zich bij de te demonteren windturbine.

- De rotorbladen worden ontkoppeld van de naaf van de windturbine en door het hefschip op een transportschip geplaatst.
- De gondel wordt ontkoppeld van de turbinemast en door het hefschip op het transportschip gehesen.
- De turbinemast wordt in delen ontkoppeld en aan boord van het transportschip gehesen.
- Het transportschip vervoert de onderdelen van meerdere windturbines naar een zeehaven waar de onderdelen verder worden gedemonteerd. De componenten worden gesorteerd naar herbruikbaarheid, afvalverwerking en afvalopslag, waarbij ernaar gestreefd wordt de materialen zoveel mogelijk voor hergebruik aan te bieden. Dit geldt zeker voor de stalen componenten zoals de mast, het gondelframe en de naaf. Opslag en verwerking van het restmateriaal zal zijn gebaseerd op de geldende regelgeving.

Indien daarvoor geschikt kan het transport van de windturbine onderdelen ook door het hefschip zelf worden uitgevoerd.

De definitieve wijze van verwijdering van het windturbinepark is mede afhankelijk van de toekomstige technologische ontwikkelingen en de praktijkervaringen die opgedaan worden in de internationale offshore windenergiesector.

2.4.3.2 Funderingen

MONOPAALFUNDERINGEN

De monopaal funderingen worden verwijderd tot op een diepte van 2 meter onder de zeebodem. Hiervoor worden de volgende werkzaamheden uitgevoerd (Figuur 2.4.18):

Figuur 2.4.18: Verwijderingsfase van de funderingen

- Een drijvende bok of gelijkwaardig positioneert zich bij de te verwijderen fundering.
- De hijshaak van de bok wordt aan het transitiestuk vastgemaakt.
- Met behulp van een 'air lift' systeem wordt de grond in de funderingspaal verwijderd tot een diepte van circa 6m onder zeebodem niveau.
- Vervolgens wordt een snij systeem in de paal afgelaten.
- Het snij-systeem snijdt de paal op een diepte van 2m onder de zeebodem door.
- De bok hijst de paal inclusief het transitiestuk omhoog en maakt een tweede verbinding aan de onderzijde van de paal.
- De bok legt de paal op een drijvend ponton dat naar een zeehaven wordt gesleept waar verdere ontmanteling zal plaatsvinden. Als alternatief kan de bok zelf voor het transport van de fundering worden gebruikt.

De definitieve wijze van verwijdering van de funderingen is mede afhankelijk van de toekomstige technologische ontwikkelingen en de praktijkervaringen die opgedaan worden in de internationale offshore windenergiesector.

GRAVITAIRE FUNDERINGEN

Het ballastmateriaal in de gravitaire funderingen wordt uit de funderingsconstructie verwijderd. De constructie is voorzien van versterkte hijsogen, waarmee de lege fundering met een kraanschip van de bodem wordt gehesen en op een ponton wordt geplaatst. Het ponton wordt naar de haven gevaren, waarna de fundering op de kade wordt geplaatst en gesloopt. De resten bestaan uit stukken beton en staal en worden verwerkt als bouwafval.

2.4.3.3 Erosiebescherming

De erosiebescherming zal een functie kunnen hebben gekregen als hard substraat en mogelijk een bijdrage leveren aan de kwaliteit van het biotisch milieu. Ook is het mogelijk dat er geen sprake is van noemenswaardige effecten. In beide gevallen is verwijdering van de erosiebescherming niet nodig. Wanneer verwijdering toch nodig wordt geacht kan het materiaal worden afgegraven en met een drijvend ponton worden afgevoerd. Het materiaal is mogelijk geschikt voor hergebruik.

2.4.3.4 Kabels

Na afloop van de exploitatieperiode worden de kabels uit de zeebodem verwijderd. Hiertoe wordt de kabel met een trenchmachine of een kabelploeg uit de zeebodem getild en vervolgens aan boord van het schip getrokken en opgeslagen. De kabel wordt op de wal uit elkaar gehaald en de materialen worden gescheiden en afgevoerd voor hergebruik.

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 parameters.

3 ALTERNATIEVEN

3.1 NAAR LOCATIE VAN HET WINDMOLENPARK

De motivatie van de locatiekeuze wordt uitgewerkt in 1.2.2.2. Uit deze tekst wordt onmiddellijk duidelijk dat er geen alternatieven zijn naar locatie. Er is een unieke zone waarvoor een concessie wordt aangevraagd en waarbinnen het windmolenpark zich situeert.

3.2 NAAR VERMOGEN EN CONFIGURATIE VAN HET WINDMOLENPARK

Op basis van de morfologische eigenschappen van de Bligh Bank en op basis van de heersende winddynamiek zijn een aantal alternatieven overwogen die werden afgewogen op de volgende criteria:

- Maximale energieproductie:
  Er werd gezocht naar een optimale inplanting t.o.v. de meest voorkomende windrichting (zuidwest) om zoveel mogelijk energie te kunnen produceren;
- Economische overwegingen:
  Een compacte implanting reduceert een aantal kosten zoals lengte van de kabels, etc. Een te compacte inplanting resulteert echter in effecten op de windsnelheid en turbulentie. Een maximaal vermogen per turbine is enerzijds energetisch efficiënt, maar de kosten per kWh kunnen hoger zijn dan bij een lager vermogen turbine.
- Stand van de techniek:
  Een type windturbine wordt gekozen die reeds haar kwaliteit heeft bewezen, zodat de levensduur van het project gegarandeerd wordt; er wordt geopteerd voor vermogens van 3 of 5 MW waarbij wel nog diverse leveranciers zullen worden overwogen in een later stadium;
- Veiligheid:
  Een rechtlijnige en duidelijke begrenzing van de configuratie heeft z'n voordeel voor de veiligheidsaspecten.

Dit heeft geleid tot twee duidelijke alternatieven qua vermogen en configuratie:

- Een basisvariant met een opstelling bestaande uit 66 turbines van 5 MW;
- Een alternatieve variant met een opstelling bestaande uit 110 turbines van 3 MW;

Voor de figuren van beide configuraties wordt verwezen naar paragrafen 2.1.1 en 2.1.2.

Met de beide inrichtingsalternatieven worden de boven- en ondergrens voor het bij realisatie te selecteren windturbinevermogen bepaald. Met het windturbinevermogen verandert, als hiervoor aangegeven, ook het aantal windturbines en dus de inrichting van het windpark.

3.3 NAAR FUNDERINGSTYPE VAN DE WINDMOLEN

Diverse alternatieven qua funderingstype worden overwogen en komen in aanmerking voor beide alternatieven inzake vermogen en configuratie.

Het type fundering is uiteraard afhankelijk van de locatie (zeebodem, waterdiepte) en de belastingen van de windturbine en de waterbewegingen (golven, stroming). Voor de offshore locaties op de Noordzee komen in principe verschillende funderingtypen in aanmerking: monopaal, jacket-vakwerk en een graviteitsfundering.

Ten opzichte van de alternatieven heeft de monopaalfundering bij de optredende waterdieptes en belastingen een aantal voordelen:

- Voor waterdieptes tot 35 m is de monopaalfundering naar verwachting het meest economische funderingtype;
- Het is het meest toegepaste type fundering voor offshore locaties;
- Transport en installatie zijn technisch eenvoudiger dan bij andere funderingen;
- Eenvoudiger en betrouwbaarder constructie dan bij jacket-vakwerk fundering;
- Preparatie van zeebodem, nodig bij een graviteitsfundering, is niet nodig;
- Het milieu ondervindt het minste schade.

Resumerend en rekening houdend met de op dit ogenblik beschikbare gegevens betreffende bodemgesteldheid, wordt de monopaalfundering voor de beoogde locatie de best beschikbare technologie geacht. Grondig bodemkundig onderzoek ter plaatse, inclusief proefboringen, zullen de definitieve keuze beïnvloeden.

3.4 NAAR KABELTRACÉ TUSSEN WINDMOLENPARK EN LAND

Voor het windmolenpark worden 2 kabeltracés vooropgesteld, die worden overwogen voor elk van de onder 3.2 geschetste alternatieven qua vermogen en configuratie.

De aanlandingspunten zijn respectievelijk:

- Aanlanding te Oostende: ca. 55 km;
- Aanlanding te Zeebrugge: ca. 50 km;

Volgens de oriëntatiestudie van ELIA is de netkoppeling van het windturbinepark zowel op het onderstation Oostende-Slijkens als dat van Zeebrugge mogelijk.

De tracés tussen het park en de aanlandingspunten werden bepaald door een aantal elementen:

- De kabels worden zo veel mogelijk aangebracht op een afstand van min. 500 m van bestaande off-shore gaspijpleidingen en telecomkabels;
- De ligging van speciale beschermingszones wordt in ogenschouw genomen;
- Er wordt rekening gehouden met de voorgestelde kabeltracés van de andere initiatieven van windmolenparken op de Thorntonbank en op de Bank zonder Naam (bundeling van infrastructuur).
- De kruising met de hoofdvaarweg wordt zodanig gekozen dat baggerwerkzaamheden voor het op diepte brengen van kabels worden beperkt. De huidige diepte van de hoofdvaarweg is dus van belang.

Dit resulteerde in de tracés voorgesteld op Figuur 1.2.2. Beide tracés lopen gelijk tot op een bepaald punt waar er een splitsing is, respectievelijk naar Oostende en naar Zeebrugge. Hierbij wordt uit de figuur duidelijk dat:

- Voor de optie "aanlanding te Oostende": de speciale beschermingszone SBZ-2 (Oostende) wordt doorkruist;
- En voor de optie "aanlanding Zeebrugge": de speciale beschermingszone SBZ-3 (Zeebrugge) wordt doorkruist, het gericht marien reservaat "Baai van Heist" en de speciale zone voor natuurbehoud "Vlakte van de Raan" (SBZ-H) worden niet doorkruist.

4 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE

4.1 BODEM

4.1.1 Referentiesituatie

4.1.1.1 Locatie van het onderzoeksgebied

Het concessiegebied ligt ter hoogte van de Bligh Bank. De Bligh Bank bevindt zich buiten de 12mijls zone; de rand van het windmolenpark bevindt zich op een afstand van ongeveer 42 km van de kust. Het concessiegebied paalt aan de oostelijke zijde aan de Nederlandse territoriale wateren (zie Figuur 1.2.1). De Bligh Bank ligt ongeveer 10 km noordelijker dan de Bank zonder Naam. Bathymetrisch bevindt het onderzoeksgebied zich tussen 15 en 37 m diepte ([4]).

4.1.1.2 Morfologie en morfodynamiek

ONTSTAAN VLAAMSE BANKEN EN ANDERE RELIËFVORMEN

De Vlaamse Banken zijn getijdebanken, ontstaan uit de interactie van fluviatiel aangevoerd zand en ZW-NO gerichte getijdenstromingen (Figuur 4.1.1). Waar de getijstromen uit één der beide richtingen een zandaccumulatie op hun weg ontmoeten, concentreren zij zich op de laagste punten. Van hier af worden geulen in het zand uitgeschuurd, waarvan de bodem naar het midden der accumulatie toe geleidelijk oploopt. In het ondiepe einde van deze geulen neemt door vernauwing van het profiel de stroomsnelheid en daardoor ook het zandtransport toe. Het verplaatste zand hoopt zich ten slotte op als meer of minder paraboolvormige wallen om het 'einde' der geulen. Zou de stroom steeds in dezelfde richting blijven voortgaan, dan zouden de geulen zich tenslotte wellicht tot aan de andere kant der zandaccumulatie verlengen en zouden er stelsels van evenwijdige ruggen gevormd worden.

Doordat tengevolge van de getij-opeenvolging de stroomrichting telkens omkeert, worden deze zandwallen echter ook beurtelings van de andere zijde bewerkt. Daarbij concentreren zich ook deze uit de tegenovergestelde richting komende stromen op de laagste plekken, d.w.z. de daarbij ontstane geulen richten zich niet op de paraboleinden van de andere geulen, maar ernaast en erlangs. De geuleinden blijven dus 'gesloten' en de getijstromen die over deze wallen heen de geulen binnenkomen zijn veel minder krachtig dan die uit de andere richting, die door het 'open' einde naar binnen gaan. Zand dat door de vloedstroom over de paraboolwallen in de ebgeulen terechtkomt, wordt er door de ebstroom vroeger of later weer uitgewerkt, waarbij het terug kan keren in de vloedscharen, enz. Op deze wijze kunnen de aldus gevormde getijdenscharenstelsels tenslotte een stabiel geheel vormen, waarbij het zand voortdurend rondgaat.

Kleinere eb- en vloedschaarstelsels dan bijvoorbeeld de Vlaamse Banken komen algemeen voor in estuaria en in de Waddenzee.

Figuur 4.1.1: Ontstaan van een getijdezandbank (Pannekoek *et al.*, 1984)

[4] Bathymetrie uitgedrukt in m t.a.v. MLLWS (Mean Low Low Water Spring)

FYSISCHE KENMERKEN

De getijdebanken (tidal banks) zijn de grootste offshore reliëfkenmerken. Ze hebben lengtes van verschillende 10-tallen km en een hoogte van 10-20 m. Hun oriëntatie op het noordelijke halfrond kan tot 60° in tegenwijzerzin zijn met de getijdenstroming; een verschijnsel dat gedeeltelijk zijn oorsprong vindt in de coriolisversnelling (Roos, 2004). De zuidoostelijke banken (Kwintebank, Buitenratel en Oostdyckbank) liggen onder een dergelijke 'offset' met de kustlijn. De Gootebank en de Thorntonbank alsook de dichtbij de kust gelegen banken - liggen evenwijdig met de kustlijn. De Blighbank (Hinderbanken) maakt een hoek van ca. 40° met de kustlijn. De Bank Zonder Naam, ten zuiden van de Bligh Bank, ligt ongeveer evenwijdig met de Thorntonbank.

De Vlaamse banken blijken vrij stabiel te zijn. Na perioden van erosie (door storm of zandextractie) treedt er een proces van regeneratie op (zie ook 'Water'). Er treedt zeker aanwas op vanuit de geulen. Dit wordt voor de Kwintebank ondermeer beschreven door De Moor & Lanckneus (1991).

Een goede overzichtskaart van de getijdebanken in het Belgische gedeelte van de Noordzee wordt weergegeven in Figuur 4.1.2.

Figuur 4.1.2: Overzichtskaart Vlaamse Banken – Kustbanken – Zeelandbanken

Zandgolven (sand waves) zijn beduidend kleiner dan zandbanken – enkele meters hoog - maar meer dynamisch en evenals de getijdebanken prominent aanwezig op het BDNZ. Doorgaans zijn ze loodrecht op de stromingsrichting aanwezig. Evenals de getijdebanken is hun ontstaan het gevolg van een onstabiel, vlak zeebed, onderworpen aan getijdenstromingen. Meestal zijn ze bedekt met de kleinere megaribbels.

Multibeam metingen ter hoogte van de Hinderbanken brachten aan het licht dat de zandgolven niet alleen op de banken voorkomen meer ook in de geulen (Deleu, 2001). Op het noordelijke gedeelte van de Hinderbanken en de Vlaamse Banken werden zandgolven aangetroffen van 8 m hoogte. In de tussenliggende geulen worden hoogten bereikt tot 11 m.

De verschillende schalen waarop zandgolven kunnen voorkomen zijn:

- Grote zandduinen of –golven met een golflengte van 1500 tot 2000 m en een hoogte variërend van 0,75 tot 3 m;
- Kleine zandduinen met golflengte van 150 tot 1000 m en een hoogte van 0,5 tot 0,75 m;
- Ribbels met een hoogte kleiner dan 0,5 m.

INFORMATIE OVER DE BLIGH BANK

De Bligh Bank is de meest lineaire bank van de Hinderbanken groep en is ongeveer 23 km lang en 1,5 km (op basis van de 20m isobath) terwijl de bank zelden boven de 10m isobath uitsteekt (Deleu, 2001). De bank ligt in de richting ZZW-NNO; het NNO-einde is afgerond terwijl het ZZW-einde eerder langgerekt is.

De bank is grotendeels asymmetrisch met de steile flank naar het oosten. Er komen groten duinen voor, die zich naar de kamlijn van de bank toebuigen. Uit de asymmetrie naar het oosten, zou in theorie kunnen worden afgeleid dat er een nettozandtransport optreedt in noordoostelijke richting, aangezien zand wordt weggenomen van de zachtste flank en wordt afgezet op de steile flank.

Figuur 4.1.3 Dwarsprofielen doorheen de Bligh Bank (Deleu, 2001)

Opvallend is dat de kamlijnen van de grote duinen aan weerszijden van de bank ongeveer parallel zijn, maar dat ze op beide flanken in wijzerszin afbuigen naar de kam van de bank; wat duidt op een stromingscomponent die dwars over de bank gaat (Figuur 4.1.4).

Figuur 4.1.4: Bligh Bank met aanduiding van de kamlijnen van de grote duinen (Deleu, 2001)

Het zandtransport heeft een lichte vertraging (time-lag) op de maximale snelheid. Een sterkere stroming van korte duur zal relatief bepalender zijn voor het zandtransport dan een minder sterke stroming van langere duur, omdat vooral bij de sterke stroming de grootste zandtransporten optreden. De ebstroming kan gemakkelijker de oostflanken van de bank bereiken en de vloedstroming gemakkelijker de westflanken van de banken; dit kan afgeleid worden uit de asymmetrie van de duinen. Daardoor treedt een circulatie rond de Bligh Bank van het sediment op in tegenwijzerzin. Er is geen duidelijke dominantie van de vloedstroming t.o.v. de ebstroming of omgekeerd, waardoor er geen migratie optreedt van de Bank in een bepaalde richting.

4.1.1.3 Geologie

Het Tertiair en het Quartair op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) werden in eerste instantie gekarteerd door Bastin (1974) en De Batist (1989).

De Batist & Henriet (1995) karteerden het afgedekt tertiair substraat in het studiegebied. Figuur 4.1.5 en Figuur 4.1.6 tonen de kaart met het seismisch opgenomen tertiair patroon vóór de Belgische kust en de relatie met on-shore geologische lagen. De locaties waar het quartair dek dunner is dan 2,5 m worden voorgesteld door gearceerde zones (Figuur 4.1.5). Deze zones zijn van belang gezien ook tertiaire sedimenten dagzomen in het overgrote deel van het geulensysteem op het BDNZ en dus eveneens in suspensie kunnen gebracht worden door eroderende processen of door antropogene activiteiten zoals uitgraving, aanleggen kabels,….

Het tertiair substraat van het westelijk deel van het BDNZ is de Formatie van Kortrijk (Y1), terwijl het oostelijk gedeelte op de jongere dagzomende leden van de Formaties van Tielt (Y2), Aalter (L), Maldegem (M) en Zelzate (P) gesitueerd is. De reden hiervan is de noordoostelijke helling van de tertiaire gelaagddheid waardoor in die richting steeds jongere lagen dagzomen. De Blighbank doorloopt over een afstand van ca. 15 km vanaf zijn uiterst zuidwestelijke punt tot de oostgrens van het BDNZ de volledige vernoemde tertiaire sequentie. De lithologische samenstelling is hierna samengevat.

De Formatie van Aalter werd voornamelijk in een kustomgeving afgezet en omvat vnl. zand afgewisseld met mengsels klei en zand.

De Formatie van Maldegem (B1) bestaat uit mariene sedimenten, afgezet tussen 20 en 50 m diepte, die vooral stijve klei en kleihoudende zandlagen omvat. De Formatie van Aalter (L1) werd meer in een kustomgeving afgezet en bestaat uit fijne, soms kleihoudende zanden. Deze sedimentologische karakteristieken werden ondermeer duidelijk door recenter onderzoek verricht door Le Bot *et al.* (2003). De strekking van de tertiaire lagen is ZZO-NNW gericht en ter hoogte van de BZN min of meer evenwijdig met de oostelijke begrenzing van het BDNZ. De B1-afzetting bereikt een maximale dikte van 55 m ter hoogte van de Bligh Bank. Zowel in de Formatie van Kortrijk (Y) als de Formatie van Maldegem (B1) komen tektonische kenmerken zoals breuken, plooien voor. Ter hoogte van de Bligh Bank is het bestaan van dergelijke kenmerken niet gekend. Enkel in de B1-laag worden op reflectieseismische opnamen soms undulaties aangetroffen.

De Formatie van Zelzate (P1) omvat een afwisseling van klei en zandlagen, afgezet in ondiep marien milieu met directe getijdeinvloed.

Figuur 4.1.5: Afgedekt patroon van de paleogene offshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriet, 1995) – Gearceerde zones zijn bedekt door quartaire afzettingen met een dikte < 2.5 m. ZF : Zelzate Formatie, MF Maldegem Formatie, AF Aalter Formatie, VM Lid van Vlierzele, MPM Lid van Merelbeke en Pittem, EM Lid van Egem, KM Lid van Kortemark, KF Kortrijk Formatie

Figuur 4.1.6: Afgedekt patroon van de paleogene offshore en onshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriet, 1995)

Geologisch onderzoek naar de bouw en structuur van het quartair dek werd vooral uitgevoerd vanaf het midden van de jaren '80 en dit vooral in het westelijke gedeelte van de Vlaamse Banken (De Maeyer *et al.*, 1985; Wartel, 1989).

Op de zandbanken kan de quartaire deklaag oplopen tot 20 m dikte. In de geulen is het quartair soms sterk gereduceerd. De sedimentologische samenstelling van de quartaire afzettingen is zeer heterogeen en varieert van klei tot en met grind met occasionele schelpenbanken (0.1-1.0 m dikte). Het hoofdbestanddeel is echter zand. Grind wordt vooral aangetroffen in het zuidelijke gedeelte van de Hinderbanken. Hoe dan ook, enkel de bovenste lagen (7 m) zijn van belang met betrekking tot de vigerende hydrodynamische regimes (Trentesaux *et al.*, 1993; Berne *et al.*, 1994 & Trentesaux *et al.*, 1999).

De heterogeniteit van de Quartaire sedimenten geldt zowel verticaal als lateraal. De dikte van het quartair dek loopt op tot net 20 m op de uiterste top van de Bligh Bank. In de geulen aan de voet van de bank valt de dikte terug tot minder dan 2,5 m.

De basis van het Quartair is gekenmerkt door een waaier van talrijke morfologische kenmerken, zoals steilranden, cuesta's, afglijdingen, oude uitgeschuurde valleien of "scour hollows" in het onderliggende Tertiair substraat. Figuur 4.1.7 toont een overzicht van deze kenmerken. De Bligh Bank snijdt dwars het centrale gedeelte van de zogenaamde Northern Valley – een noordelijk verlengstuk van de grote Oostende Valley die de Thorntonbank verbindt met de Oosthinder, dwars over de Bligh Bank. Deze vallei loopt tussen twee steilranden. Nabij de zuidwestelijke en noordoostelijke punten worden een aantal kleinere morfologische kenmerken zichtbaar zoals een cuestarand (ZW) en een afglijding (NO). "Scour hollows" komen niet voor in de directe omgeving van de bank.

In de Bligh Bank worden twee duidelijke quartaire sequenties aangetroffen. Beide bestaan uit middelmatig zand maar hun datering is verschillend : de onderste dateert uit het Eem, de bovenste is van Holocene oorsprong (Deleu, 2001).

Voorts worden de Hinderbanken vooral gekenmerkt door een grote stabiliteit, te verklaren door het voorkomen van een kern vroeg-quartaire en zelfs tertiaire sedimenten (Ceuleneer et. al., 1987 in Deleu, 2001).

Figuur 4.1.7: Morfologische kenmerken aan de basis van het Quartair Dek (Liu, 1990; Liu *et al.*, 1992)

4.1.1.4 Granulometrie van het sediment

Volgens de BUDGET-projectinformatie van 2001 bestaat het overgrote deel van de Bligh Bank op het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ) uit middelmatig tot grof zand met een mediane diameter groter dan 250 µ. Ten noorden van de bank komt een beperkte zone voor met een fijner materiaal: 125-250 µ. De ge-update info van 2006 van MAREBASSE die beschikbaar is onder de vorm van onder de vorm van thematische kaarten (Van Lancker *et al.*, 2006), toont dat de Blighbank in de korrelgroottefractie 300-350 µm ligt, wat overeenstemt met 'middelmatig zand' op de Udden-Wenworth schaal. Er zou hooguit 1 % silt/klei fractie aanwezig zijn (<63 µm). Op het BDNZ bestaat een gradiënt van fijner wordende fracties

naar de kust toe. Middelmatig tot grof zand wordt vooral aangetroffen ten noorden van de bank, naar de Bligh bank toe.

Op de Bligh Bank komt er zand voor met gemiddelde korrelgrootte tussen 300-350 µm. Ten NW van de bank komt er een iets grovere zandfractie voor, tot 0.5 mm (Deleu, 2001). Het silt- of kleigehalte is telkens te verwaarlozen (< 0.2 %). De grindfractie is < 5 %.

In de geul tussen de Bank Zonder Naam en de Bligh Bank loopt een brede strook sterk grindhoudend zand (fractie > 2 mm), alsook tussen de Bligh Bank en de Oosthinder. Algemeen komt grind voornamelijk in de geulen voor.

4.1.1.5 Kwaliteit van het sediment

Een systematisch onderzoek op zware metalen op het BDNZ wordt beschreven door het Laboratorium voor Analytische en Milieuchemie van de Vrije Universiteit Brussel (Anonymus, 2003). Dit geschiedde in opdracht van de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie (Bestuur Kwaliteit en Veiligheid). Van een 18-tal campagnes op een 18-tal stations, waaronder de oude baggerstortplaats S1 op de Sierra Ventana, werden ondermeer een aantal zware metalen gemeten.

De stations zijn gelokaliseerd op de volgende locaties:

- Stroom op- en afwaarts van de Kwintebank (t.a.v. richting residuele stroming);
- Kwintebank;
- Thorntonbank;
- Hinderbank;
- Sierra Ventana.

Op de Bligh Bank werden geen stalen en analysen uitgevoerd, maar gezien de nabije ligging, de gelijkaardige granulometrische samenstelling als de Thorntonbank en de situering in het zelfde getijdestromingspatroon kan verwacht worden dat de chemische milieukwaliteit van beide banken vergelijkbaar is. De streefwaarden (zie ook Tabel 4.1.1) worden voor geen enkel bemeten zwaar metaal overschreden. De trend die waargenomen wordt, is een graduele vermindering van de gehaltes aan zware metalen van oost naar west en verder van de kust weg (in noordelijke richting).

Op basis van de data uit de BMDC databank (BMM, 2007b) stelt men vast dat, voor alle opgenomen waarden voor open zee, voor zware metalen maximale waarden worden vastgesteld tussen streefwaarde en grenswaarde en voor TBT maximale waarden hoger dan de grenswaarde. Voor TBT worden hogere waarden vastgesteld in de buurt van havens. In elk geval liggen de meeste waarden, zowel voor zware metalen als voor TBT, onder de streefwaarden.

Tabel 4.1.1: Maximale waarden sedimentkwaliteit (BMM, 2007b) en sedimentkwaliteitscriteria (Osparcom, 1998)

Parameters	*Waarden*		
	Maximale waarden	*Sedimentscriteria (SQC's)*	
	(BMDC-databank)	*Streefwaarde*	*Grenswaarde*
Hg	0,28 ppm	0,3 ppm	1,5 ppm
Cd	0,7 ppm	2,5 ppm	7 ppm
Pb	273 ppm	70 ppm	350 ppm
Zn	446 ppm	160 ppm	500 ppm
Ni	74 ppm	70 ppm	280 ppm

Parameters	Waarden		
	Maximale waarden	Sedimentscriteria (SQC's)	
	(BMDC-databank)	Streefwaarde	Grenswaarde
As	36 ppm	20 ppm	100 ppm
Cr	146 ppm	60 ppm	220 ppm
Cu	95 ppm	20 ppm	100 ppm
TBT	40 ppb	3 ppb	7 ppb
Minerale olie		14 mg/goc	36 mg/goc
PAK's		70 µg/goc	180 µg/goc
PCB's		2 µg/goc	2 µg/goc

4.1.2 Autonome ontwikkeling

Door de **klimaatsverandering** zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken en in de morfologie van het BDNZ. Zelfs binnen de termijn van de exploitatie zullen al veranderingen merkbaar zijn. Naast veranderingen in de algemene gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc., wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen. Zo zal een toename van extreme stormen zeer zeker een invloed hebben op de sedimentdynamiek aangezien sedimenttransport in grote mate plaatsvindt tijdens extreme hydraulische condities.

Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de kwantificering van de invloeden van klimaatsverandering op het mariene milieu, zeker op de schaalgrootte van het BDNZ. Bovendien zijn de effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten tengevolge van andere menselijke invloeden. Daarom werden recent door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die een antwoord zullen bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie ter hoogte van het BDNZ.

Er zijn geen **andere mariene activiteiten** (windturbineparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, …) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de Bligh Bank en het windturbinepark dat daar zou gebouwd worden. In bijzonder kan voor de bouw & exploitatie van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank gesteld worden dat:

- de bouw en exploitatie van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank geen invloed zal veroorzaken op de bodemgesteldheid van de Bligh Bank (ten overvloede, de Bank zonder Naam ligt er nog tussen).
- ook van het gedumpte uitgegraven zand op de Thorntonbank geen effecten zullen optreden naar de Bligh Bank toe. Het gedumpte zand wordt lokaal verwerkt en gedissipeerd in het natuurlijke zandgolvenpatroon dat op de Thorntonbank bestaat. Initieel wordt het gedumpte zandlichaam verlengd in de getijde stromingsrichting (Roos, 2004).

4.1.3 Effecten

4.1.3.1 Constructiefase

INVLOED OP DE GEOLOGIE

Aanleg funderingen

Monopile en jacket-vakwerk – fundering

Bij deze funderingstypen wordt er geen zand verwijderd maar wordt de paal ingeheid in de bodem. Het enige effect is dat de geologische lagen tot een diepte tussen 15 en 38 m (monopile) en 20-30 m (jacket-vakwerk) in de onmiddellijke omgeving van de paal gecompacteerd (verdicht) worden. Van de hoogste gelegen centrale bankas af vermindert de quartairdikte, verhoogt de waterdiepte en dus ook de noodzakelijke inheidiepte. De meeste monopiles zullen dus eindigen in het tertiair substraat dat uit klei, kleihoudend fijn zand of fijn zand bestaat (Formaties Y tot en met P).

Gravitaire fundering

Bij het uitgraven van de funderingsputten wordt een deel van het origineel voorkomende materiaal weggehaald. Het gaat in principe enkel om een relatief korte verplaatsing van het vrijkomende materiaal.

Aanleg kabels

In het centrale NNO-lopende stuk van de kabel, bij een klein stuk van het tracé tussen de Thorntonbank en de Bank Zonder Naam en tussen deze laatste en de Bligh Bank worden zones doorkruist waar de quartaire deklagen maar een dikte bereiken van max. 2,5 m. De kans is reëel dat hier tertiaire lagen doorsneden worden tijdens het jetten. Doorgaans zijn deze meer gecompacteerd en bevatten ze meer kleihorizonten dan de quartaire deklagen die ze bedekken. Bij het doorkruisen van dergelijke zones kan tijdelijke een hogere turbiditeit in het water ontstaan (zie thema water).

INVLOED OP HET GLOBALE SEDIMENTTRANSPORT, SEDIMENTOLOGIE & MORFOLOGIE

Aanleg funderingen

Monopile-fundering

Bij deze funderingstypen wordt er geen zand verwijderd maar wordt de paal ingeheid in de bodem. Er is dan ook geen effect in de constructiefase op de morfologie.

Gravitaire fundering

Per windturbine wordt ca. 38.400 m³ (3MW-turbine) of 57.940 m³ (5MW-turbine) zand uitgegraven, waarvan respectievelijk 4 of 6 % zal worden hergebruikt voor opvullen van de graviteitsfundering. Voor het aanwenden van het zandoverschot wordt voorgesteld dit zandoverschot te stockeren binnen het concessiegebied (totale stockage van ca. 4.000.000 m³ zand voor een windmolenpark met de 3MW turbines en 3.600.000 m³ zand voor het windmolenpark met de 5MW turbines).

Vergelijking van de zandbalans bij stockage met natuurlijk getransporteerde volumes, zandwinning en baggervolumes

In onderstaande tabel worden, voor de graviteits- en caissonfundering, een aantal kwantitatieve gegevens vermeld.

Tabel 4.1.2 Gegevens zandbalans en stockage-oppervlakten

	Concessiedomein sensu stricto		Concessiedomein incl. 500m zone	
	3MW-concept	5MW-concept	3MW-concept	5MW-concept
Oppervlakte zone (km²)	35,4		49,1	
Uit te graven volume (m³)	4.339.200	3.997.600	4.339.200	3.997.600
Te stockeren volume (afgerond) (m³)	4.000.000	3.600.000	4.000.000	3.600.000
Laagdikte bij gelijkmatige verspreiding (m)	0,11	0,10	0,08	0,07
Stockage-oppervlakte (m²) bij dikte 1 m	4.000.000	3.600.000	4.000.000	3.600.000
Stockage-oppervlakte (m²) bij dikte 5 m	840.000	758.000	840.000	758.000
Stockage-oppervlakte (%) bij dikte 1 m	11,3	10,2	8,1	7,3
Stockage-oppervlakte (%) bij dikte 5 m (1)	2,4	2,1	1,7	1,5
(1) – met vrij talud van ca. 14°				

Mocht het te stockeren zand gelijkmatig verdeeld worden over de concessiezone, dan zou dit verspreid worden met een laagdikte – afhankelijk van de definitie van de concessiezone – tussen 7 en 11 cm (Tabel 4.1.2). In de praktijk zal een dergelijke gelijkmatige verdeling niet uitgevoerd worden, maar ten titel van vergelijking met natuurlijke transportvolumes wordt dit meegegeven.

Op de Thorntonbank (BMM, 2006b) blijken - uit een modellering - natuurlijke variaties in bodemdiepte op te treden tussen 0,3 en 3,5 cm op jaarbasis.

Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1,9 miljoen m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen.

Optimale locatie, oppervlakte en hoogte van de stockage

Het zandoverschot moet gestockeerd worden op een locatie zodat de globale morfodynamiek van het gebied zo minimaal mogelijk wordt gewijzigd. We gaan er van uit dat stockage binnen het concessiegebied wordt uitgevoerd, zoniet moet immers een nieuwe vergunning aangevraagd worden voor het storten van zand in zee en zal de impact op de morfodynamiek groter zijn dan bij stockage op de Bligh Bank zelf.

Het bepalen van de optimale locatie voor stockage van het zandoverschot is omwille van onvoldoende kennis over de dynamiek van het sediment niet eenduidig uit te voeren. (BMM, 2006b) vermeldt voor de Thorntonbank dat het natuurlijke transport steeds in de richting van de bank plaatsvindt. Indien we dit durven te extrapoleren naar de Bligh Bank, is het alvast positief dat, waar het zand ook gestockeerd

wordt op de Bank, het langetermijn stabiel karakter van de Bank niet in het gedrang komt, noch dat mag verwacht worden dat het merendeel van het gestockeerde zand in de geulen terechtkomt. In die optiek zou de keuze voor de stockage-locatie binnen de Bligh-bank minder precair zijn.

Voor het C-Power windturbinepark werd in (BMM, 2006a) - ter duiding - voorgesteld om te werken met een maximale hoogte van de stockage van 5 m (een afmeting van dezelfde grootte-orde als natuurlijke megaribbels zodat de oppervlakte waarbinnen het benthos verstoord wordt, minimaal is).

Voor de zandbalans bij dit project (Tabel 4.1.2) betekent een stockage-locatie met een maximale hoogte van 5 m voor de 2 fasen voor elk jaar respectievelijk 1,7 of 1,5 % van de concessiezone die tijdelijk ingenomen wordt voor stockage. Hierbij wordt rekening gehouden met het feit dat gestort zand onder water een talud inneemt van 14° en een symmetrische structuur vormt.

Indien echter geopteerd wordt om in het kader van een zo egale mogelijke spreiding, en dus optimaal morfologisch herstel, van het zand *per turbine* ter plaatse te stockeren dan wordt met dezelfde geometrie (5 m – 14°) een toename van het oppervlak initieel in beslag genomen verwacht die voor een 3MW-park met 110 turbines oploopt van 84 naar 130 ha. Voor een 5MW-turbinepark gaat die toename van 76 naar 110 ha. Op de totale oppervlakte van de concessiezone, inclusief de 500 m zone, is dit resp. een toename van 1.7 naar 2.6 % (3 MW) en van 1.5 naar 2.2 % (5 MW).

(BMM, 2006a) vermeldt dat de *stabiliteit van* putten maar ook van *kunstmatige zandhopen* relatief groot is. Recent onderzoek (Tonnon et al., 2007) toont aan dat een artificiële zandophoging – bij deze gevalstudie gecreëerd tussen 1982 en 1986 door het stockeren van 3,5 miljoen m³ zand met 200 µm < d50 < 500 µm in de buurt van de haven van Rotterdam– over een periode van twintig jaar is blijven bestaan en langzaam (100 m in 15 jaar) in noordelijke richting migreert. Modelleringsresultaten tonen hierbij aan dat er een aangroei is op het moment dat het bodemtransport domineert en er een afkalving is bij overheersen van het suspensietransport (sterkere stroming). Bij extrapolatie van deze gegevens naar diepere locaties (meer off-shore) moet men er bovendien voor beducht zijn dat de netto transportsnelheden kleiner zullen zijn en het effect van de golven relatief kleiner is.

Het lijkt bovendien logisch om de stockage-locatie zo dicht mogelijk bij elke funderingsput te situeren, zodat enerzijds de stockage-kost geminimaliseerd wordt, maar anderzijds het gestockeerde zand een optimale kans heeft om op natuurlijke wijze de morfologie ter hoogte van elke funderingsput te herstellen.

Besluit: het is duidelijk dat de hierboven geschetste criteria om de karakteristieken van de stockage-zone te bepalen tegenstrijdig zijn en dat er een compromis moet gezocht worden. Het hanteren van een laagdikte van 5 m lijkt ons een bovengrens. 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 de Bligh Bank alvorens verder getransporteerd te worden. De optie om te stockeren per turbine moet – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – vanuit morfologisch oogpunt zeker overwogen worden.

Aanleg kabels

Voor het op diepte brengen van de kabels in het windpark en de kabel naar de kust (ten minste 1m diepte) wordt onder de kabel een sleuf aangelegd door het losspuiten van zand in de zeebodem. Met waterstralen wordt de bodem onder de kabel gefluïdiseerd, waardoor de kabel tot op de gewenste diepte afzinkt. Vervolgens wordt de slede door het kabellegschip over het kabeltracé voortgetrokken, waarna de kabel over de gehele lengte op diepte is gebracht. Door de natuurlijke waterbeweging wordt de sleuf gevuld met het meegevoerde zand. Enkel door opname in suspensie en transport op korte afstand is er een beperkte invloed op de morfologie van de zeebodem.

Op het moment dat de kabel een vaargeul kruist, moet er gebaggerd worden (diepte kabel 4 m). Hierdoor zal ook een beperkte hoeveelheid zand op een andere locatie gedeponeerd moeten worden. Door de beperkte afstanden en diepte is er ook hier echter geen negatieve impact op de morfodynamiek van het BDNZ en het projectgebied.

EFFECTEN OP DE 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 ondergrond, geen aanleiding geven tot verontreiniging van de bodem.

Bij het gebruik van geologisch zuivere materialen voor de erosiebescherming worden eveneens geen significante effecten verwacht op de chemische bodemkwaliteit.

4.1.3.2 Exploitatiefase

INVLOED OP DE GEOLOGIE

Tijdens exploitatie is er geen enkele activiteit die aanleiding kan geven tot een effect op de geologie.

INVLOED OP DE GLOBALE MORFODYNAMIEK

Invloed van de windturbines

Hoewel er lokaal ter hoogte van de windturbines een verstoring zal optreden van het natuurlijke sedimenttransport (zie verder), zal dit amper enig effect hebben op de globale natuurlijke processen op de Bligh Bank. 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 niet-significant beschouwd.

Invloed van de kabels

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, niet significant. 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 niet significant.

LOKALE EROSIE DOOR DE CONSTRUCTIES

Lokale erosie door het optreden van een stromingsobstructie

In (Ecolas, 2003) wordt ingegaan op de stromingsfenomenen die aanleiding geven tot het vormen van een funderingsput. 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 funderingen.

Uit de berekeningen die onder meer in (Ecolas, 2003) worden vermeld, is het duidelijk dat de lokale erosie bij een fundering zonder erosiebescherming zo groot zou zijn, dat het effect moet gemitigeerd worden en zelfs de stabiliteit van de gehele constructie op lange termijn zou kunnen ondermijnen.

Daarom wordt door de initiatiefnemer onmiddellijk erosiebescherming voorzien bij elk type fundering. Het spreekt voor zich dat de grotere afmetingen bij gravitaire funderingen een grotere erosiebescherming vereisen dan bij paalfunderingen.

Voorziene erosiebescherming per funderingstype

Door de erosiebescherming worden erosiekuilen vermeden. Het aanbrengen van de erosiebescherming is dus een positieve maatregel voor de bodemstructuur. 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.

Om erosie rond de monopaalfundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit en hogere belasting door stromingen) tegen te gaan, wordt rond elke monopaal een erosiebescherming aangebracht:

- Een eerste laag wordt aangebracht voor het plaatsen van de funderingen, bestaande uit betrekkelijk fijn materiaal (grind 0,02 m);
- Een tweede laag wordt gestort zo kort mogelijk na het heien, bestaande uit stortsteen met afmetingen van 0,1 tot 0,6 m;
- De totale dikte van de erosiebescherming bedraagt 1,5 m;
- De erosiebescherming heeft dus een ringvormige structuur met een breedte van de ring van respectievelijk 11 m (3MW-concept) en 14 m (5MW-concept);
- De oppervlakte ingenomen door de erosiebescherming is daardoor 553 m² (3MW-concept) of 897 m² (5MW-concept);
- Het volume aan benodigd materiaal voor de erosiebescherming bedraagt 719 m³ (3MW-concept) of 1.256 m³ (5MW-concept);

De erosiebescherming bij een jacket-vakwerkfundering is vrij analoog aan de erosiebescherming bij een monopaalfundering.

Om erosie rond de graviteitsfundering tegen te gaan, wordt rond elke fundering een erosiebescherming aangebracht:

- Na het plaatsen van de fundering wordt deze door het vullen met zand van ballast voorzien;
- Zo snel mogelijk daarna wordt rond de fundering een ring met erosiebescherming aangebracht;
- Korreldiameters en hoogte van de erosiebescherming zijn analoog aan het concept voor de monopile-fundering;
- De breedte van de ring aan erosiebescherming bedraagt respectievelijk 13 m (3MW-concept) en 16 m (5MW-concept);

Controle van de voorgestelde erosiebescherming per funderingstype

Er bestaan theoretische formules voor het berekenen van de minimaal vereiste bescherming (men veronderstelt dat de minimaal vereiste bescherming dezelfde dimensies moet aannemen van een erosieput die zou ontstaan zonder bescherming), die in essentie allemaal functie zijn van een karakteristieke afmeting van de fundering (Ecolas, 2003). Voor de diverse funderingstypes betekent dit:

- Dimensies monopile: 5 m (3MW-concept) of 6,4 m (5MW-concept) diameter
- Dimensies gravitaire fundering: de karakteristieke diameter aan de bodem bedraagt respectievelijk 25 (3MW-concept) en 40 m (5MW-concept); vervolgens is er een (door de schotten) conisch transitiestuk waardoor 9 m boven de bodem terug een diameter van respectievelijk 5 m (3MW-concept) of 6,4 m (5MW-concept) diameter wordt teruggevonden; het

vooropstellen van een karakteristieke diameter is voor een dergelijke structuur niet eenvoudig af te leiden, er wordt daarom een veilige aanname gedaan door de diameter te nemen op 4,5 m hoogte boven de bodem (respectievelijk 15 en 23 m);

Naar onze kennis is er tot op heden geen literatuur beschikbaar die specifiek ingaat op modelproeven of monitoring op terrein van de erosie rond gravitaire funderingen. De toepassing van dergelijke formules – hoewel het toepassingsgebied van de formules zich in feite niet uitstrekt tot gravitaire funderingen die zich niet meer als "slanke palen" zullen gedragen - zou resulteren in een maximale lengte van de erosieput = minimaal benodigde diameter van de erosiebescherming:

- monopile: 16 m diameter (3MW-concept) of 21 m diameter (5MW-concept); terwijl een erosiebescherming met diameter 24,5 m en 31 m wordt voorgesteld;
- gravitaire fundering: 50 m diameter (3MW-concept) of 75 m diameter (5MW-concept); terwijl een erosiebescherming met diameter 51 m en 72 m wordt voorgesteld;

De dimensies van de voorgestelde erosiebeschermingen zijn voor de monopile dus meer dan voldoende t.o.v. de hypothetische dimensies van een erosieput zonder bescherming. Voor de gravitaire fundering is de voorgestelde erosiebescherming ongeveer gelijk aan de "theoretische" erosielengte van de erosieput zonder bescherming. Zoals hierboven aangehaald is bijkomend wetenschappelijk onderzoek noodzakelijk specifiek voor de erosie rondom een gravitaire fundering met een conisch tussenstuk.

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.

Aanvaardbaarheid voor het milieu

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, is het aanbrengen van de erosiebescherming aanvaardbaar voor het milieu.

Erosie langsheen de kabels

De kabels worden voldoende diep gelegd (minimum 1 m, zelfs 4 m in de vaargeulen) zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Bovendien wordt het kabeltracé jaarlijks gemonitord, om een eventueel vrijkomen van de kabel tegen te gaan.

Een mogelijk effect door lokale erosie waarbij de kabels als obstructie op de zeebodem optreden, wordt daarom als zeer gering beoordeeld.

Hier bestaat één uitzondering op nl. het overkruisen van andere (pijp)leidingen (onderkruisen is technisch niet haalbaar). In dit geval bestaat de kans dat de geplande kabeldiepte niet gehaald wordt en dat door lokale erosie een ondiepe kabel bloot komt te liggen.

EFFECTEN OP DE BODEMKWALITEIT

Net zoals bij de inrichtingsfase, is er geen enkele aanleiding dat de exploitatie zal leiden tot verontreiniging van de bodem.

4.1.3.3 Ontmantelingsfase

INVLOED OP DE GEOLOGIE

Verwijdering van de funderingen

Bij een monopile of jacket-vakwerk systeem zullen geen bijkomende effecten op de geologische bouw van de betreffende bodempaketten optreden gezien betreffende funderingen blijven zitten.

Bij gravitaire funderingen wordt alles weggehaald en blijft, per turbine, een put over. Ook hier zullen geen bijkomende effecten optreden ten aanzichte 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 en zal gebaseerd zijn op de resultaten van de monitoring.

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 de BDNZ.

INVLOED OP DE MORFODYNAMIEK VAN HET VOLLEDIGE GEBIED

Verwijdering van de funderingen

Het verwijderen van de paalfunderingen heeft geen effect op de morfodynamiek. De put die ontstaat door de paalfundering tot ca. 2 m onder de zeebodem af te snijden, zal worden opgevuld met erosiebeschermingsmateriaal om lokale uitspoeling van het diepere deel van de paalfundering te vermijden. Lokale erosiefenomenen krijgen zo geen kans om zich te ontwikkelen.

De put ontstaan door de verwijdering van de graviteitsfundering moet eveneens opgevuld worden met zand en (bovenaan) erosiebeschermingsmateriaal, indien men ervoor kiest om het reeds aanwezige erosiebeschermingsmateriaal te laten liggen. Indien het beschermingsmateriaal allemaal verwijderd wordt, treedt ter hoogte van de weggehaalde fundering hetzelfde effect op als ter hoogte van de erosiebescherming (zie verder).

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 waarin zich, afhankelijk van de dikte, enig substraat gevormd heeft.

Indien de bescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan met een diepte van 1,5 m ter hoogte van elke fundering. Het herstelgedrag van dergelijke putten verloopt trager dan voor ondiepe baggersleuven. Door residuele stromingen in de Noordzee migreren putten aan een snelheid van 2-9 m per jaar, in de dominante stromingsrichting. Bij symmetrische getijden, zonder dominante stromingsrichting, is de migratie in de richting van de ebstroom (Dufour, 2004).

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. Een dergelijke opvullingsperiode wordt ook opgetekend voor ontginning in de Waddenzee (bron: MAGIS webpagina). Op de Kwintebank echter worden baggersporen reeds na drie maanden niet meer teruggevonden wegens opvullen met sediment in beweging (m.m. W. Bonne). Ook hier zal de opvullingsnelheid echter verschillen van de diepte.

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).

Verwijdering van de kabels

De keuze over het al dan niet verwijderen van de kabels kan op het einde van de exploitatie bepaald worden en zal gebaseerd kunnen zijn op een vergelijking tussen de effecten die verwacht worden als gevolg van de verwijdering en de effecten bij achterlaten van de materialen.

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.

De monitoringresultaten kunnen hierbij van belang zijn. Bij het besluit tot verwijdering zal tevens bepaald kunnen worden of en op welke wijze correctie van het bodemprofiel wenselijk is. Met betrekking tot kabels wordt opgemerkt dat niet meer gebruikte kabels in het algemeen werden verlaten.

EFFECTEN OP DE BODEMKWALITEIT

Net zoals bij de inrichtingsfase, is er geen enkele aanleiding dat de exploitatie zal leiden tot verontreiniging van de bodem.

4.1.4 Leemten in de kennis

Er is op dit moment onvoldoende kennis omtrent de sedimentdynamiek op de Bligh Bank. Dit kennishiaat zal kunnen aangevuld worden, enerzijds door bijkomende numerieke modellering door de BMM voor de Bligh Bank, anderzijds uit een vergelijking van de reeds uitgevoerde numerieke modellering door de BMM voor de Thorntonbank met de morfologische opmetingen in het kader van het monitoringprogramma voor het Bligh Bank-windturbinepark.

Het verdient aanbeveling om voor realisatie modelproeven uit te voeren omtrent de erosie van een windturbine met gravitaire fundering, om het technisch ontwerp van de erosiebescherming en de conische bovenbouw van de gravitaire fundering te verfijnen.

4.1.5 Mitigerende maatregelen

Op het kabeltracé moet bij overkruisingen van andere leidingen, waarbij de minimale aanlegdiepte niet kan behaald worden, een extra bescherming aangebracht worden. Dit kan geschieden met dezelfde breuksteen die aangewend wordt voor de erosiebescherming op het turbinepark.

4.1.6 Monitoring

Gezien verwacht wordt dat in de komende jaren verschillende windturbineparken worden gerealiseerd binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004) is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen. Voor de eerste fase van het C-Power project, waarbij in 2008 met de installatie zal kunnen worden begonnen, is reeds een monitoringprogramma vastgesteld. Het monitoringprogramma voor het windpark op de Bligh Bank zal hierbij kunnen aansluiten. Zo is voorzien dat een monitoring onderdeel waarvan mag worden verwacht dat de resultaten representatief kunnen zijn voor meerdere windparken, niet bij andere windparken wordt herhaald. Waar dit opportuun is kunnen ter vergelijking steekproeven worden uitgevoerd.

De in dit hoofdstuk beschreven monitoringresultaten kunnen worden verkregen met de aanpak zoals die reeds voor C-Power is vastgesteld (BMM, 2004) en (BMM, 2006a). Dit betekent dat met het monitoringprogramma:

- de evolutie van de morfologie rond de turbines wordt gemeten;
- de ingravingsdiepte van de kabels wordt bewaakt;
- de bewegingen van het gestorte zand wordt opgemeten;
- voor de werken wordt een bodemonderzoek (boringen, korrelgrootte, …) wordt uitgevoerd;

4.2 WATER

4.2.1 Referentiesituatie

4.2.1.1 Hydrografie en hydrodynamica

Een globale beschrijving van de hydrografie van de Noordzee wordt teruggevonden in (Ecolas, 2006).

WATERHOOGTEN

De waterhoogte in het projectgebied zal variëren door het getij (laag bij eb, hoog bij vloed) alsook onder invloed van de golfwerking door de wind. De waterdiepten variëren tussen 15 en 37 m, dus er zijn in het projectgebied vrij aanzienlijke verschillen in waterdiepte.

GOLFHOOGTEN

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. De golfhoogtes zijn sterk afhankelijk van de bodemmorfologische verschillen op het BDNZ. De golfperiode is het verschil in tijd tussen twee opeenvolgende tijdstippen waarop de gemiddelde golfhoogte wordt bereikt.

Tabel 4.2.1 Frequentiedistributie van significante golfhoogten t.h.v. de Bligh Bank

In Tabel 4.2.1 wordt de volledige frequentiedistributie gegeven van significante golfhoogten ter hoogte van de Bligh Bank. Hieruit blijkt dat er significante golfhoogten tussen 3 en 6 m het meeste optreden, corresponderend met golfperioden tussen 0,4 en 2,2 s (RIKZ, 2007).

GETIJ

De resulterende halfdagelijkse eb- en vloedcyclus voor de Belgische kust veroorzaakt een variatie in waterdiepte die meer dan 5 m kan bedragen (OSPAR, 2000a).

STROMING

De stroming van het Noordzeewater wordt dus enerzijds veroorzaakt door de getijdenwerking (dominerende component), anderzijds door windeffecten of eventueel densiteitverschillen. De oscillerende werking van het getij veroorzaakt een netto residuele stroming die de helft van de waterstroming in de Noordzee voor zijn rekening neemt. De meest extreme situaties (grote stroomsnelheden en extreme waterniveaus) ontstaan wanneer een storm samenvalt met een springtij.

Op basis van een uittreksel van de hydrodynamische modelleringsresultaten (frequentiedistributie van stroomsnelheden op verschillende plaatsen op het BCP, modelgrid 750 m * 750 m) blijkt dat voor modelpunten in de buurt van de Bligh Bank de residuele gemiddelde (oppervlakkige) watersnelheid ongeveer 0,55 – 0,57 m/s bedraagt (BMM, 2007a). Het modelpunt in het NO deel van de bank vertoont iets lagere snelheden, eventueel door een grotere waterdiepte. De optredende snelheden bevinden zich grotendeels in het spectrum tussen 0,25 en 0,95 m/s.

Figuur 4.2.1: Ligging van 4 modelpunten (Belw1 tot Belw4) t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a)

Figuur 4.2.2: Frequentiedistributie van stroomsnelheden voor 4 modelpunten (Belw1 tot Belw4) t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a)

Oppervlakkige stromingen zijn duidelijk getijde gebonden waarbij de (uit het ZW komende) vloedstroom domineert boven de ebstroom die uit het NO komt. De stroming komt, gedreven door de getijdenwerking en overheersende winden, ter hoogte van het projectgebied hoofdzakelijk uit het ZZW en daarnaast ook uit het NNO. Er wordt geen significant verschil in richting vastgesteld tussen de verschillende modelpunten.

Figuur 4.2.3: Frequentiedistributie van richtingen waaruit de stroming komt t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a)

In (Deleu S., 2001) wordt ingegaan op de hydrodynamica van de Hinderbanken in het algemeen, en die van de Bligh bank in het bijzonder.

Meetgegevens in de dichte omgeving van de Bligh bank blijken niet aanwezig. Gemiddelde stromingssnelheden voor meetpunten in de Hinderbanken regio bedragen ongeveer 0,6 m/s. De overheersende stromingsrichtingen tijdens eb en vloed zijn ofwel noordoost, ofwel zuidwest. Voor de bank Noordhinder maakt de as van de getij-ellips van de bodemstromingen een hoek van 10 ° met de as van de bank.

Modelleringsgegevens van de BMM werden in (Deleu S., 2001) eveneens gebruikt om een aantal conclusies te trekken i.v.m. de stromingskarakteristieken rond de Bligh bank. Terwijl de lange assen van de stromingsellipsen steeds NO-ZW gericht zijn, blijken de ellipsen in de buurt van de Bligh bank (en andere banken) minder afgeplat. Er wordt een afbuiging van de stroming over de zandbanken vastgesteld. De dominante richting over de Bligh bank is NO-gericht; het vloedtij is dus sterker. De stroming draait in tegenwijzerzin. De maximale stroming in de geulen is groter dan op de zandbanken.

4.2.1.2 Temperatuur, saliniteit en chemische karakterisering van het zeewater

Voor een uitgebreidere beschrijving van deze paragraaf wordt verwezen naar (Ecolas, 2003). Hieronder worden enkel de conclusies weergegeven, aangevuld met recentere informatie.

De gemiddelde **watertemperatuur** in het BDNZ (Belgisch Deel van de Noordzee) is ongeveer 11 °C. Er treden seizoenale variaties op met een grootte-orde 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.

De **saliniteit** in het BDNZ bedraagt ongeveer 31-35 mg/kg (Ospar, 2000a). Er is een lichte seizoenale variatie door de invloed van de riviertoevoer. De saliniteit aan het wateroppervlak is hoger en constanter (32 ppt) dan aan de zeebodem (25 tot 31 ppt).

Een gedetailleerde beschrijving van de samenstelling van oceaanwater is beschikbaar in Postma (1990). De grootste concentraties aan **zware metalen** worden teruggevonden ter hoogte van de Scheldemonding (Ospar, 2000b). Men kan voor de Bligh Bank aannemen dat de natuurlijke concentraties relatief laag zijn. Uit 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. In de BMDC databank (BMM, 2007b) werden voor deze metalen geen specifieke recente waarden voor de Noordzee teruggevonden. Voor koper liggen deze concentraties boven de EAC-waarde, de waarde waarbij geen schade ten opzichte van het milieu of biota wordt verwacht. Koper is echter een essentieel element voor de normale groei en ontwikkeling van organismen.

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, 2007b) werd voor TBT geen specifieke recente waarde voor de Noordzee 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 en PAK's. Door hun lage oplosbaarheid is de concentratie in het water meestal laag en bovendien moeilijk te detecteren.

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.

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 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 de zandbanken. De aanvoer van stikstof in het marien milieu kan op twee manieren plaatsvinden: via het water en via de atmosfeer. 65-80 % van de nutriënten input van stikstof in de Noordzee gebeurt via de rivieren. Voor fosfor bedraagt dit zelfs 80-85 % (OSPAR, 2000b). 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.

4.2.1.3 Turbiditeit

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 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: gemodelleerde suspensieconcentraties (tijgemiddelde voor 1 m/s) ter hoogte van de banken geven ongeveer 10 tot 50 mg/l t.o.v. 250 mg/l nabij de havenmond van Zeebrugge (Lanckneus *et al.*, 2001). Specifieke informatie voor de Bligh Bank werd niet teruggevonden, maar er kan worden aangenomen dat gemiddelde concentraties zeker lager dan 10 mg/l bedragen.

Bij storm kunnen de maximumconcentraties tot 15 maal hoger liggen dan bij goed weer, voor hetzelfde getijde. Zo worden concentraties tot 15 g/l opgemeten (1/3 zand) nabij de bodem. Het zand sedimenteert snel, maar het silt blijft enkele uren in suspensie. Offshore liggen de maximale concentraties eerder rond 300 mg/l en treden slechts occasioneel op (Fettweis *et al.*, 2005). Maximale turbiditeit treedt klassiek op met een tijdsverschil t.o.v. de maximale snelheid, omdat het materiaal tijd nodig heeft om zich te verspreiden over de waterkolom.

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).

Netto transport van gesuspendeerd materiaal voor het BDNZ bedraagt ongeveer 15 miljoen ton op jaarbasis (maximaal tijdens de winter). Dit materiaal wordt aangevoerd vanuit de straat van Dover

(ongeveer 22 miljoen ton) in het zuidelijk deel van de Noordzee en verspreidt zich vervolgens. Het transport concentreert zich wel langsheen de kustlijn en is beduidend minder offshore.

4.2.2 Autonome ontwikkeling

Door de **klimaatsverandering** zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken 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 maximum 0,9 m in de periode 1990-2100.

Naast veranderingen in de algemene, gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc. wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen. Zo zal een toename van extreme stormen zeer zeker een invloed hebben op de sedimentdynamiek aangezien sedimenttransport in grote mate plaatsvindt tijdens extreme hydraulische condities.

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 effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten tengevolge van andere (menselijke) invloeden. Daarom werden recent door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die een antwoord zullen bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie ter hoogte van het BDNZ.

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 stringentere wetgeving en beleidsmaatregelen (vb. verbod op gebruik TBT, Kaderrichtlijn Water, mestactieplan, etc.). Voor een uitvoeriger beschrijving per parameter kan verwezen worden naar (Ecolas, 2006).

Er zijn geen **andere mariene activiteiten** (windturbineparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, …) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de Bligh Bank en het windturbinepark dat daar zou gebouwd worden. In bijzonder kan gesteld worden dat er geen invloed is van het C-Power windturbinepark (Thorntonbank), gezien de afstand tussen beide banken en het feit dat de Bank zonder Naam er nog tussen ligt:

- De bouw en exploitatie van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank zal geen invloed veroorzaken op de hydrografie en de hydrodynamica in het gebied "Bligh Bank".
- De bouw en exploitatie van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank zal geen invloed veroorzaken op de temperatuur, saliniteit en chemische karakterisering van het zeewater in het gebied "Bligh Bank".
- De bouw van het C-Power windturbinepark zal een tijdelijke turbiditeitsverhoging veroorzaken met een invloedssfeer die niet reikt tot aan de Bligh Bank.

4.2.3 Effecten

4.2.3.1 Inrichtingsfase

HYDRODYNAMICA

Tijdens de inrichtingsfase – zowel voor de plaatsing van de kabels als van de windmolens - treden geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering.

WATERKWALITEIT

Bij het baggeren/jetting voor de plaatsing van de kabel en bij het plaatsen van de fundering (voornamelijk bij de graviteitsfundering) 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, gezien er voornamelijk zand geëxtraheerd wordt met een laag percentage aan fijne deeltjes en organisch materiaal.

Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78) voor afval sinds 1991 en voor olie sinds 1999 resulteert deze activiteit niet in lozingen van afval of olie.

Het baggeren kan een kleine tijdelijke toename van nutriënten in de waterkolom veroorzaken.

De aangroeiwerende verf op de schepen die worden ingezet tijdens de inrichtingsfase is TBT-vrij.

Op temperatuur, opgeloste zuurstof, saliniteit wordt geen invloed verwacht.

TURBIDITEIT

Aanleg funderingen

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

Op de Bligh Bank bevindt zich in hoofdzaak een zandige bodem met een bepaalde grindfractie (zie ook hoofdstuk bodem), een sediment met relatief grote korrelverdeling, waardoor gravitaire krachten het zand relatief snel terug doen uitzinken. De gemiddelde korreldiameter is ongeveer 300-350 µm en de siltfractie (< 63 µm) is niet groter dan 1 %. Voor een waterdiepte van ongeveer 20 m betekent dat zand opgewoeld tot aan het oppervlakte een bezinkingstijd heeft (bij relatief rustige stromingsomstandigheden vb. gemiddelde stromingssnelheid van 0,5 m/s) 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 het inheien van palen (monopile, jacket-vakwerk) een lagere impact zal hebben op de verhoging van de turbiditeit dan het baggeren (gravitaire, caisson), omwille van enerzijds het geringe volume aan zand dat in het proces betrokken wordt en anderzijds omwille van het feit dat er bij baggeren niet alleen zand wordt opgewoeld op de bodem, maar ook zand terug in de waterkolom wordt gebracht vanaf het schip. De gravitaire fundering zal relatief meer turbiditeit doen ontstaan tijdens de constructie- en exploitatiefase dan een palentype (BMM, 2006a).

In (Ecolas, 2006) wordt vermeld dat het begroten van de maximale concentraties aan gesuspendeerd sediment in de waterkolom omwille van de constructiewerken een zeer moeilijke opdracht is, omdat het een zeer turbulent en driedimensionaal proces is.

- Modelleringen voor een Deens project (DHI, 1999) 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 km² 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 D_{50} dan op de Bligh Bank, wordt de toename van partikels in suspensie als niet significant in vergelijking met de natuurlijke concentratie beoordeeld.

- Berekeningen uitgevoerd tijdens (Ecolas, 2003) vermelden maximale concentraties tijdens stormweer van 80 mg/l voor zand met D_{50} = 300 µm tot 200 mg/l bij zand met D_{50} = 100 µm.
- (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 aangewezen dat turbiditeitsverhogingen beperkt blijven tot 3%.
- Concentraties aan gesuspendeerd materiaal tijdens de constructie-activiteiten zullen dus ten hoogste in dezelfde grootte-orde 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 stromen, een verwaarloosbaar effect.

Aanleg kabels

De plaatsing van de *parkkabels* gebeurt als volgt. Nadat de kabels zijn gelegd plaatst het kabellegschip de slede met de kabelsleufinstallatie met een boordkraan over de kabel op de zeebodem. De slede is aangesloten op een hogedruk waterpomp. Met waterstralen wordt de bodem voor het mes van de sleufmachine gefluïdiseerd waardoor een sleuf ontstaat waarin de kabel tot op een diepte van tenminste 1 meter afzinkt. De slede wordt over het kabeltracé voortgetrokken tot de volgende windturbine, waarbij de kabel over de gehele lengte op diepte wordt gebracht. De totale lengte aan parkkabel bedraagt ongeveer 63,5 of 50,3 km.

De *exportkabel* (kabel vanaf het windturbinepark naar het vasteland) bestaat in feite uit twee parallelle kabels. Het traject ligt nog niet definitief vast (2 scenario's), ofwel naar Oostende (ongeveer 55 km), ofwel naar Zeebrugge (ongeveer 50 km). Voor de aanleg wordt het tracé onderzocht (route survey) met betrekking tot eventuele obstakels en de bodemgesteldheid. In een latere fase wordt de hoogspanningskabel op de zeebodem wordt gelegd door het kabellegschip. Bij het kabelleggen bedraagt de gemiddelde snelheid circa 5 km/h. Vervolgens wordt de kabel over de hele tracélengte op minimaal 1 meter diepte gebracht door een slede die onder de kabel een sleuf spuit, waarin deze afzinkt. De toekomstige waterdiepte in de hoofdvaarroute kan 22 m bedragen. Met de aanleg van de kabel wordt met de verdieping rekening gehouden. De vaargeul wordt ter plaatse van het kabeltrace eerst uitgebaggerd tot op een diepte van 24 m. Vervolgens wordt de kabel door sleuven, met de techniek als hiervoor beschreven, nog 2 m dieper gelegd, zodat de kabel zich 4 m onder de toekomstige diepte van de hoofdvaarroute zal bevinden. De sleuf wordt door de natuurlijke waterbewegingen weer gesloten.

Het aanleggen van deze kabels zal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Voornamelijk zand wordt opgewoeld, waardoor de straal waarbinnen het sediment terug bezinkt vrij gering zal zijn. Deze verhoging zal groter zijn bij de aanleg van de exportkabel, enerzijds omwille van de grotere diepte (meer zand in beweging), anderzijds omwille van de andere uitvoeringstechniek (het baggeren in de vaargeulen zal meer turbiditeit veroorzaken). (BMM, 2004) haalt bovendien 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.

De impact (verhoging van de turbiditeit) wordt – voor beide typen kabels en uitvoeringswijzen – als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld. 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, zie ook o.a. (Ecolas, 2006). Er wordt geen langere termijneffect verwacht.

4.2.3.2 Exploitatiefase

HYDRODYNAMICA

De ondergronds geplaatste kabels hebben geen invloed op de stroming.

Voor de windmolens wordt in (Ecolas, 2003) en (Ecolas, 2006) uitvoerig ingegaan op de invloed van een obstructie op de hydrodynamica. Het besluit uit beide studies kan hier overgenomen worden, in het bijzonder dat er geen significante invloed is van één windmolenconstructie op de stroming. 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 invloed van een gravitaire fundering is door de grotere afmetingen weliswaar groter dan bij een paalfundering maar nog steeds als niet-significant te bestempelen.

WATERKWALITEIT

Er is geen langetermijn effect op de waterkwaliteit te verwachten. *De kans op een accidentele lozing met acuut effect op de waterkwaliteit wordt als zeer gering beschouwd.* Een LCA-analyse voor een 3MW-turbine (Vestas, 2005) toont aan dat totale emissies en emissies per geproduceerde kWh zowel in constructie, exploitatie- als ontmantelingsfase bijzonder gering zijn. Dit wordt hieronder voor een aantal polluenten nog iets verder gestaafd.

<u>Olie</u>

Lekkage van smeermiddelen uit de naaf en de gondel wordt verhinderd door diverse afdichtsystemen en opvangvoorzieningen.

De bladlagers en de tandkransen van de *bladhoekversnelling* worden met vet (ongeveer 150 kg) gesmeerd, warbij lekkage door afdichtingen wordt tegengegaan. Bij overmatig toevoegen van vet zal het teveel naar de binnenzijde van de naaf worden afgevoerd. De aandrijving van de bladhoekverstelling is voorzien van tandwielkastolie (ongeveer 30 liter). Lekkage wordt voorkomen door een dubbel uitgevoerde afdichting. Wanneer desondanks lekkage optreedt, blijft de olie binnen de naaf, de spinner of de rotorbladen, omdat het door de vormgeving van de naaf niet in de gondel terecht kan komen.

De labyrintafdichtingen van het *rotorlager* bevat in totaal ongeveer 35 kg en laat in geringe mate vet door. Het vet wordt direct onder het lager opgevangen in bakken die bij onderhoud geleegd worden.

De *tandwielkast* (in totaal 800 liter olie bevattend) is bij beide assen voorzien van vrij draaiende afdichtingen. Wanneer toch lekkage optreedt wordt de olie in bakken in het frame van de gondel opgevangen. Wanneer een hydraulische leiding losraakt en olie in de gondel wordt gespoten wordt de olie in een vangrand rond de mast van de windturbine opgevangen. Daarnaast is het bovenste platform in de mast ontworpen als olie opvangbak en voorzien van de nodige afdichtingen.

De vetgesmeerde (1 kg) *generatorlagers* zijn voorzien van een afdichtingssysteem op basis van Nilos ringen. Bij lekkage verdeelt het vet zich en hecht het zich aan de behuizing van de generator.

Het *hydrauliek aggregaat* bevat ca 200 liter olie en bevindt zich in de gondel en is voorzien van een afvangbak voor hydrauliekolie met voldoende capaciteit.

De tandwielkasten (ca 30 liter olie bevattend) van de krui-aandrijving zijn geplaatst binnen de gondelbehuizing en aan in- en uitgang voorzien van afdichtingen. Wanneer lekkages optreden wordt de olie in de hiertoe ontworpen rand van de gondelbehuizing opgevangen.

Het *krui-lager* is vetgesmeerd (23 kg). Overtollig vet wordt afgevoerd naar de binnenzijde van de mast. Direct onder de vertanding is een opvangrand aangebracht die naar beneden stromend vet opvangt. De rand wordt bij onderhoud geleegd.

De *transformator* is van het gietharstype en dus niet voorzien van transformatorolie.

Aangroeiwerende verf

Aangezien er bij paalfunderingen 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 monopaal funderingen van de windturbines, de transformatorstations en de windmeetmast zijn niet voorzien van een coating maar worden tegen corrosie beschermd door de toepassing van anodes met een AlZnIn samenstelling. Deze anodes wegen respectievelijk 4.220 kg, 5.400 kg en 1.980 kg voor een 3MW turbine, een 5MW turbine en de meteomast. De transitiestukken op de monopaalfunderingen zijn bij alle toepassingen voorzien van een epoxycoating voor offshore toepassingen (type Hempadur Multi strength). Ook de windturbines zelf en de meteomast zijn voorzien van een expoxycoating. In (Ecolas, 2003) wordt berekend dat de vrijstelling van Al en Zn uit deze anodes verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater veroorzaakt.

Het belaste gedeelte van een gravitaire fundering bestaat uit een structuur van gewapend beton die zich vrijwel geheel onder water bevindt. Het beton kan worden aangetast door de voortdurende blootstelling aan zeewater (water en chloriden). Aantasting wordt voorkomen door de keuze van een betonsamenstelling die voor deze milieubelasting geschikt is (milieuklasse XC1, XS2, XA1). De fundering wordt na plaatsing gevuld met zand, waarbij geen maatregelen voor corrosiebescherming nodig zijn. Het transitiestuk van de fundering bestaat uit staal en heeft een epoxycoating als corrosiebescherming.

Er is dus geen effect van de corrosiebescherming op de waterkwaliteit.

TURBIDITEIT

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

Ook de ondergrondse kabels hebben geen invloed op de turbiditeit.

4.2.3.3 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.

4.2.4 Leemten in de kennis

Er is geen gebiedsspecifieke informatie (specifiek voor de Bligh Bank) omtrent de kwaliteit van de bodem en de waterkwaliteit. Er is echter geen enkele reden (omwille van bepaalde activiteiten) om aan te nemen dat de kwaliteit van bodem en water voor de Bligh Bank sterk zou afwijken van de rest van het BDNZ. Gezien de geringe significantie van waterkwaliteitsaspecten verdient deze leemte dan ook weinig prioriteit.

4.2.5 Mitigerende maatregelen

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 ramp ontstaat met nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit (vb. olielek). De aanpak in voorkomend geval zal zijn beschreven in een rampenplan, dat tot doel heeft de risico's en de gevolgen voor zowel mens als milieu in geval van een ramp zoveel mogelijk te beperken.

4.2.6 Monitoring

Voor, tijdens en na de werken kunnen metingen uitgevoerd worden van de waterhoogtes, stromingen en concentraties aan materiaal in suspensie (turbiditeit) op de bank zelf en op een referentiegebied. Voor de methoden, materiaal en periodiciteit van deze monitoring kan verwezen worden naar (BMM, 2004) en (BMM, 2006). Op deze manier kan een vergelijking gemaakt worden tussen natuurlijke omstandigheden en verhoogde turbiditeit door de werkzaamheden en exploitatie. Voor het Belwind project wordt met betrekking tot monitoring van bovengenoemde parameters bij het C-Power project en het Eldepasco Project aangesloten (zie paragraaf 1.2.2.4).

4.3 KLIMATOLOGISCHE FACTOREN

4.3.1 Methodologie

De referentiesituatie wordt beschreven op basis van beschikbare literatuurbronnen, gelijkaardige MER's (MER Offshore Windturbinepark Thorntonbank) en websites (o.a. www.meteo.be). De autonome ontwikkeling wordt besproken aan de hand van voorspellingen gebaseerd op de modellen van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Bij de bespreking van de impact van het windturbinepark wordt aandacht besteed aan de volgende effecten:

- impact op het globale klimaat door de reductie van de emissie van broeikasgassen;
- impact op het lokale windklimaat door de aanwezigheid van het windturbinepark;
- impact van de kabel op de temperatuur van het omringende sediment.

4.3.2 Referentiesituatie

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. Voor België is de gemiddelde temperatuur ongeveer 11,2°C en de gemiddelde neerslag bedraagt 852 mm. De grootste hoeveelheden vallen in Laag- en Midden-België in de maanden juli en augustus (onweersbuien) en in Hoog-België in november en december. Het gemiddelde aantal dagen met meetbare neerslag (ten minste 0,1 mm) bedraagt tweehonderd per jaar. Het aantal onweersdagen schommelt jaarlijks tussen 75 en 90 (http: //www.landenweb.com/). Naargelang de geografische locatie kan men nog 3 subklimaten onderscheiden.

- 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). Juli en augustus zijn gemiddeld de warmste, januari en februari de koudste maanden.

- In Midden-België en de Kempen heerst een zogenaamd gewijzigd zeeklimaat. De afstand tot de matigende invloed van de zee is wat groter en daardoor zijn de gemiddelde temperatuurverschillen wat groter (zomer 14,7 °C; winter 2,5 °C).

- In het gebied ten oosten van de Maas en de Samber heerst een zogenaamd gewijzigd landklimaat. De invloed van de zee is hier het kleinst en de temperatuurverschillen het grootst (zomer 15,5 °C; winter 0,4 °C).

In Figuur 4.3.1 en Figuur 4.3.2 worden de klimatologische gemiddelden voor de periode 1961-1990 weergegeven voor Ukkel en Koksijde. De gemiddelde jaarlijkse neerslag bedroeg in die periode in Ukkel 821 mm en in Koksijde 687 mm, de gemiddelde temperatuur bedroeg gemiddeld 9,7°C (Ukkel) en 9,4°C (Koksijde) (www.meteo.be).

Figuur 4.3.1: Klimatologische gemiddelden in Ukkel (België) voor de periode 1961 – 1990

Figuur 4.3.2: Klimatologische gemiddelden in Koksijde (België) voor de periode 1961 – 1990

De klimaatskarakteristieken die heersen aan land gelden in grote mate ook voor het klimaat ter hoogte van het geplande windturbinepark. Op zee is er echter gemiddeld een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. Op 10 km van de kust kan de windsnelheid op zee 25 % hoger zijn dan aan de kust.

De windsnelheid is afhankelijk van de lokale terreinruwheid, en dus van de toestand van het onderliggende oppervlak. Op zee is de terreinruwheid afhankelijk van de golftoestand. De hoogte van de golven hangt vooral af van de sterkte van de wind, maar ook de duur van de inwerking van de wind op het wateroppervlak en de omvang en diepte van het water zijn van belang. De golfhoogte of de terreinruwheid, op een welbepaalde plaats, kan teruggebracht worden als een directe functie van de windsnelheid.

De windturbulentie zal ook langzaam toenemen voor windsnelheden boven 10 m/s. Voor locaties op zee is de afstand tot de kust bepalend voor de te verwachten gemiddelde windsnelheid. In de eerste 20 km vanaf de kust, stijgt de gemiddelde windsnelheid relatief snel met de afstand, en vanaf 20 km is deze toename klein (Van Hulle *et al.*, 2004).

Exacte windgegevens ter hoogte van de Bligh Bank zijn niet voorradig. Om toch een beeld te krijgen van het windregime voor de Belgische-Nederlandse kust wordt gebruik gemaakt van een analyse op de windgegevens van 5 meetpalen voor de kust en offshore die in opdracht van C-Power door 3E werd uitgevoerd naar aanleiding van de bouw van een windmolenpark op de Thorntonbank. Omwille van de relatief korte afstand tussen de Thorntonbank en de Bligh Bank, wordt de synthese van deze analyse die in het MER dat in opdracht van C-Power werd opgesteld voor dit windmolenpark[5], ook in dit MER opgenomen. Er werden in deze analyse 5 meetstations geëvalueerd waarvan 1 zich bevindt langs de kust (Cadzand), drie op een afstand tussen 8 en 15 km tot de kust en één verder in zee op Westhinder (MOW7) zoals weergegeven op Figuur 4.3.3. Op basis van de windrozen voorgesteld in Figuur 4.3.4 t.e.m. Figuur 4.3.6 wordt de overheersende windrichting voor de Belgische-Nederlandse kust afgeleid als (W)ZW. Er is een klein verschil in windregime tussen de kustnabije en offshore meetpalen zoals weergegeven in de individuele windrozen. De overheersende windrichting aan de kust (Cadzand) is iets zuidelijker dan de windrichting op zee. De minst voorkomende windrichtingen zijn NW en ZO. In Figuur 4.3.7 wordt de frequentiedistributie van de windsnelheid gegeven voor de observatiepost op de Westhinder (MOW7).

Figuur 4.3.3: Situering van de meetpalen (MER offshore windturbinepark Thorntonbank)

Figuur 4.3.4: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) in het meteostation van Cadzand, voor de periode maart 1991 tot mei 1998 (Bron 3E)

Figuur 4.3.5: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) voor MOW7, Westhinder, op 33 km van de kust, voor de periode maart 1994 tot september 2001 (Bron 3E)

Figuur 4.3.6: Windroos van de Nederlandse observatiepost op de Vlakte van de Raan, 16 km van de kust, voor de periode november 1988-mei 1998 (Bron 3E)

Figuur 4.3.7: Frequentiedistributie van de windsnelheid voor MOW 7 (Bron 3E)

De jaargemiddelden van de windsnelheid voor de 5 meetstations zijn weergegeven in Tabel 4.3.1. In het algemeen kan gesteld worden dat er aan de kust een lagere windsnelheid gemeten wordt dan voor de meetstations in zee. De gemiddelde waarde bedraagt 7,7 m/s. De hoogste windsnelheid wordt gemeten op de meetpaal Westhinder met een gemiddelde waarde van 8,5 m/s voor de periode maart '94 tot september '01.

[5] Milieueffectenrapport voor een Offshore Windturbinepark op de Thorntonbank (2003), opgesteld door Ecolas NV in opdracht van C-Power

Tabel 4.3.1: Windsnelheid (gemiddelde van de jaargemiddelden) (Bron 3E)

Locatie	*Meethoogte (m)*	*gemiddelde windsnelheid*	*Meetperiode*
Westhinder	25,25	8,46	Maa '94 – sept '01
Cadzand	16,5	6,39	Maa '91 – dec '00
Wandelaar	19,2	7,84	Juni '86 – sept '01
Vlakte van de Raan	16,5	7,65	Nov '88 – dec '00
Droogte van 't Schoonveld	19,01	8,18	Maa '91 – dec '00

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 4.3.2.

Tabel 4.3.2: Windsnelheid op open zee (>10 km van de kust) voor 5 standaard hoogtes (Bron: RIS? in 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

Op basis van de beschikbare windgegevens heeft het studiebureau 3E een extrapolatie uitgevoerd, teneinde het windregime ter hoogte van Wenduinebank op een minimale ashoogte van 70 meter te voorspellen. Op 28 maart 2002 heeft C-Power bijkomende apparatuur laten installeren op meetpaal MOW 0 (Wandelaar) om deze cijfers te valideren. De berekende gemiddelde windsnelheid in het windturbinepark op ashoogte bedraagt volgens deze berekeningen 8,71 m/s met een ondergrens van 8,51 m/s en een bovengrens van 8,90 m/s. Het windturbinepark op de Bligh Bank bevindt zich verder in zee en zal dus een iets ander een windregime kennen.

Niet alleen de locatie heeft een invloed op de windsnelheid, ook worden er seizoenale variaties waargenomen. Dit wordt weergegeven in Figuur 4.3.8 en Figuur 4.3.9.

Figuur 4.3.8: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten in het meteostation in Cadzand

Figuur 4.3.9: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten op Westhinder (MOW7)

Uit Figuur 4.3.8 en Figuur 4.3.9 blijkt dat de gemiddelde maandelijkse windsnelheid iets hoger is in de wintermaanden dan in de zomermaanden. De gemiddelde windsnelheid ligt hoger aan Westhinder (MOW7, 8 à 10 m/s) dan in Cadzand, waar de gemiddelde windsnelheid 6 à 7 m/s bedraagt. De maximale windsnelheid kan tot 25 m/s oplopen in de wintermaanden.

4.3.3 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling van het globale klimaat is een gegeven dat relatief moeilijk in te schatten is. Gezien de problematiek rond het broeikaseffect en de opwarming van de aarde wordt er echter veel aandacht besteed aan voorspellingen i.v.m. de klimaatsveranderingen.

De globale atmosferische concentraties van de broeikasgassen koolstofdioxide (CO_2), lachgas (N_2O) en methaan (CH_4) overschrijden tegenwoordig ruim de pre-industriële niveaus. Dergelijke concentraties werden nooit bereikt in de loop van tenminste de afgelopen 650 000 jaar (op basis van de analyse van ijskernen). De stijging van de atmosferische concentraties CO_2 en CH_4 sinds 1750 is voornamelijk te wijten aan de emissies die worden veroorzaakt door het gebruik van de fossiele brandstoffen, de landbouw en de wijziging van landgebruik. CO_2 is het belangrijkste broeikasgas van antropogene oorsprong. De concentratie in de atmosfeer is gestegen van 280 ppm (pre-industriële toestand) naar 379 ppm in 2005. De uitstoot van CO_2 van fossiele oorsprong is aanzienlijk gestegen tussen 1990 (6,4 GtC/jaar) en de periode 2000-2005 (7,2 GtC/jaar). CH_4 is gestegen van een pre-industriële concentratie van 715 ppb2 tot 1774 ppb in 2005. De atmosferische concentratie stikstofdioxide (N_2O) is toegenomen van een pre-industriële waarde van 270 ppb tot 319 ppb in 2005 (IPCC, 2007).

De stijging van de atmosferische concentraties aan CO_2, CH_4 en N_2O is veruit de belangrijkste oorzaak van de opwarming van het klimaat. In februari 2007 werd de bijdrage van Werkgroep I van het IPCC aan het 4de evaluatierapport ("Climate Change 2007: The Physical Science Basis") bekend gemaakt. Dit rapport bestaat uit een stand van zaken betreffende de wetenschappelijke kennis aangaande de klimaatveranderingen, de mechanismen alsook de oorzaken ervan, de waarnemingen en de prognoses van de klimaatveranderingen in de toekomst. Die bijdrage houdt rekening met de voorafgaande evaluaties en de nieuwe wetenschappelijke resultaten die zijn verschenen sinds de publicatie van het derde evaluatierapport.

Volgens dit rapport zijn de verwachtingen voor toekomstige klimaatveranderingen als volgt:

- Tijdens de volgende 2 decennia is een opwarming van 0,2°C per decennium voorzien, voor een groot deel van de scenario's (NB: (1) die waarde stemt overeen de opwarming die op dit ogenblik wordt waargenomen; (2) zelfs in de – achterhaalde – hypothese van een stabilisatie van de concentraties tot het niveau van 2000 zou een opwarming van 0,1°C per decennium onvermijdelijk zijn).
- De verwachtingen omtrent de gemiddelde wereldwijde opwarming tegen 2100 zijn sterk afhankelijk van de emissiescenario's die men bekijkt; vergeleken met de periode 1980-1999 wordt de verwachte opwarming geschat op 1,8 [1,1 tot 2,9]°C tot 4,0 [2,4 tot 6,4]°C (afhankelijk van het scenario).
- De gemiddelde wereldwijde opwarming "in evenwicht " die verwacht wordt bij een verdubbeling van de CO_2-concentraties, ligt vermoedelijk tussen 2 en 4,5°C, met een beste inschatting van 3°C. Het is zeer onwaarschijnlijk dat de temperatuurstijging onder 1,5°C zal liggen. Een temperatuurstijging ver boven 4,5°C is niet uitgesloten.
- De verwachte stijging van de zeespiegel tegen 2100 in verhouding tot de periode 1980-1999 bedraagt (afhankelijk van de 6 bestudeerde scenario's):
  - B1: 0,18 tot 0,8 m;
  - A1T: 0,20 tot 0,45 m;
  - B2: 0,20 tot 0,43 m;
  - A1B: 0,21 tot 0,48 m;
  - A2: 0,23 tot 0,51 m;
  - A1FI: 0,26 tot 0,59 m.

(NB: rekening houdende met de recente waarneming dat de afvoersnelheid van de gletsjers van Groenland en Antarctica stijgt, zouden die schattingen nog naar boven kunnen worden bijgesteld).

Deze ontwikkelingen zijn het gevolg van de verwachte toename aan uitstoot van broeikasgassen, vooral CO_2, in de atmosfeer. In Tabel 4.3.3 worden de CO_2-uitstoot in 1990 vergeleken met de verwachte uitstoot in 2100.

Tabel 4.3.3: Verwachte uitstoot aan CO_2 (in Giga ton) (bron: Mira S 2000, IPCC 2001)

	1990		*2100*	
	Wereld	*Vlaanderen*	*Wereld*	*Vlaanderen*
CO_2	27,1 GT	0,067 GT	16,9 – 131,3 GT	0,089 – 0,101 GT

4.3.4 Effecten

Voor de bespreking van de effecten op het klimaat wordt aandacht besteed aan twee aspecten, namelijk enerzijds de effecten die bijdragen tot de globale klimaatsverandering en anderzijds de effecten op het lokale windklimaat. Tenslotte zijn er de effecten die de kabel kan hebben op het lokale temperatuursklimaat.

4.3.4.1 Inrichtingsfase

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

4.3.4.2 Exploitatiefase

GLOBAAL KLIMAAT

De belangrijkste impact van de exploitatie van het windturbinepark is de reductie van de emissies van broeikasgassen, die mee verantwoordelijk zijn voor de klimaatverandering. Meer gedetailleerde info wordt beschreven in het hoofdstuk 'Atmosfeer'. De door de exploitatie van het windturbinepark vermeden uitstoot van CO_2 werd berekend op 852 tot 967 kTon. Dit komt overeen met een afname van ongeveer 1,3 tot 1,4 % ten opzichte van de globale Vlaamse CO_2 emissie van 1990. De geplande windturbineparken van C-Power op de Thorntonbank en Eldepasco op de Bank Zonder Naam zullen ook bijdragen tot een vermindering van de emissies van broeikasgassen.

Dit windturbinepark zal slechts in zeer kleine mate bijdragen tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal een meetbare bijdrage leveren op Belgisch vlak. De effecten die deze reductie van broeikasgassen met zich mee kunnen brengen, zoals op de temperatuur van de aarde en op het zeewaterpeil, zullen dus te klein zijn om ze correct in te schatten. Effecten op het voorkomen van extreme situaties (stormen, strenge winters, hete zomers, …) zijn nog veel moeilijker in te schatten, maar zullen even klein zijn.

LOKAAL WINDKLIMAAT

De impact van het windturbinepark op het lokale windklimaat wordt 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. Om de opbrengst van de windturbine maximaal te houden dienen de windturbines op een zekere afstand

van elkaar geplaatst worden. In de overheersende windrichting wordt over het algemeen een tussenafstand van 5 tot 9 rotordiameters gerespecteerd. Door menging en diffusie neemt het snelheidsdeficit stroomafwaarts van de turbine af. De berekening die hiervoor gebruikt wordt is (Sanderhoff, 1993 uit EED):

$$V_X = V_i * \left[1 - \sqrt{(1 - C_W)} * \left(\frac{D}{D + 2 * k * X} \right)^2 \right] \quad \text{waarbij} \quad k = \frac{0.5}{\ln\left(h / z_0 \right)}$$

met

V_X: de windsnelheid op punt X achter de windturbine

V_i: de windsnelheid voor de windturbine ter hoogte van de naaf

C_W: de weerstandcoëfficiënt van de windturbine

D: de diameter van de rotor (115 tot 140 m)

X: de afstand achter de windturbine

h: hoogte van de naaf (90 tot 120 m)

z_0: de maat van de ruwheid (0,001 m)

Met deze formule kan de windsnelheid berekend worden op verschillende afstanden van de turbine. De afname van de windsnelheid achter de windturbine wordt gegeven in Figuur 4.3.10. Deze werd berekend aan de hand van een initiële windsnelheid van 8 m/s, een naafhoogte van 90 meter en een rotordiameter van 126 meter (5 MW turbine). Voor de 3 MW turbine (naafhoogte 70 meter en rotordiameter 90 meter) kent de grafiek een gelijkaardig verloop.

Figuur 4.3.10: Effect van de 5 MW windturbine op de lokale windsnelheid achter de windturbine

Uit Figuur 4.3.10 volgt dat op een afstand van 6 rotordiameters of ca. 750 m, dit is ongeveer de afstand tussen 2 rijen, de gemiddelde windsnelheid nog 6,46 m/s bedraagt. Het gemiddelde verlies aan windsnelheid 750 m achter de windturbine bedraagt 19,25 %. De invloed van de windturbine op de windsnelheid blijft volgens deze berekening tot ongeveer 3 km achter de windturbine merkbaar.

Het cumulatieve effect van verschillende windturbines achter elkaar wordt voorgesteld in Figuur 4.3.11.

Figuur 4.3.11: Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines)

In Figuur 4.3.11 wordt het effect van 5 windturbines achter elkaar voorgesteld. De wind heeft net achter de eerste windturbine bijna 45 % van zijn snelheid verloren. Juist voor de tweede windturbine bedraagt de windsnelheid terug ca. 80 % van zijn initiële waarde, na de tweede windturbine neemt de windsnelheid terug af met ca. 45 %, … . 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.

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 windturbinepark heeft turbulentie eveneens een effect op de efficiëntie. Hoe dichter twee windturbines bij elkaar geplaatst zijn, hoe hoger de turbulentie. De turbulentie-intensiteit aan de kust bedraagt meer dan 10 %, op zee schommelen de waarden rond 8 %. De turbulentie neemt eerst af met een stijgende windsnelheid om daarna terug toe te nemen door de grotere golfhoogte. De turbulentie daalt tevens met stijgende hoogte.

De effecten van het windturbinepark op het lokale windklimaat zullen dus beperkt blijven tot zeer lokale effecten in het windturbinepark. De windsnelheid wordt beïnvloed door het windturbinepark tot ongeveer 3 km na de laatste windturbines.

LOKAAL TEMPERATUURSKLIMAAT ONDER INVLOED VAN DE KABEL

De elektrische kabels die in of op de zeebodem gelegd zullen worden zullen opwarmen ten gevolge van de stroom die ze vervoeren. De invloed van deze opwarming op het omringende sediment wordt ingeschat op enkele meters rond de kabel.

Er kan dus aangenomen worden dat er wellicht een lokale temperatuurgradiënt zal optreden. De grootte hiervan is niet gekend en de impact kan dan ook moeilijk ingeschat worden. De verstoring zal echter te klein zijn om bij een goed ingegraven kabel de oppervlakte te bereiken. Enkel benthos kan mogelijk beïnvloed worden.

4.3.4.3 Ontmantelingsfase

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

4.3.5 Leemten in de kennis

De grootte van de temperatuurgradiënt rond de elektrische kabels in de zeebodem is niet bekend.

Er zijn geen windgegevens beschikbaar ter hoogte van de Bligh Bank.

4.3.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

De impact van het windturbinepark op het lokale windklimaat en van de kabel op het omringende sediment blijft beperkt en er worden dan ook geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld. Door de reductie van de CO_2-emissies is de impact op het globale klimaat positief.

4.3.7 Monitoring

De windsnelheden en windrichtingen worden gedurende de exploitatie opgevolgd, conform de aanpak bij het project op de Thorntonbank (BMM, 2004 en BMM, 2006a). Deze gegevens zouden opgeslagen kunnen worden in een databank, zodat er op lange termijn analyses kunnen gemaakt worden.

Voor meting, datatransport en data-opslag wordt gestreefd naar een gezamenlijk hydrometeorologisch meetstation voor de verschillende offshore windparken in de aangewezen Belgische concessiezone (Ref. Brief van de minister van mobiliteit en de Noordzee aan G-Power van maart 2007 met afschrift aan Belwind en Eldepasco, zie paragraaf 1.2.2.4).

4.4 ATMOSFEER

4.4.1 Methodologie

In eerste instantie wordt een beschrijving gegeven van de actuele luchtkwaliteit boven zee, die wordt benaderd aan de hand van meetgegevens van VMM-meetstations aan en in de nabije omgeving van de kust. De meest relevante parameters in het kader van dit project zijn de algemene luchtverontreinigende componenten CO, NO_x SO_2 en PM10 (stof) en uiteraard ook CO_2. De actuele luchtkwaliteit wordt getoetst aan de geldende grens- en richtwaarden (luchtkwaliteitsdoelstellingen).

Vervolgens worden de mogelijke emissies als gevolg van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windturbinepark geïdentificeerd. De emissies waarvan verwacht wordt dat ze relevant zijn, worden gekwantificeerd. De lokale bijdrage van de emissies aan de luchtkwaliteit wordt bestudeerd zodat mogelijke gevolgen kunnen worden geëvalueerd.

Er wordt ook berekend welke emissies vermeden worden door het gebruik van windenergie i.p.v. 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).

4.4.2 Referentiesituatie

Aan de kust zelf is slechts één VMM-meetstation gelegen waarvan de resultaten gebruikt kunnen worden voor het bepalen van luchtkwaliteit boven zee. Het gaat om het station 44N002 – Zeebrugge Zeesluis. Ongeveer 10 km landinwaarts liggen de meetstations 44N012 - Moerkerke en 44N029 – Houtem. In deze meetstations worden de volgende componenten gemeten:

- 44N002 – Zeebrugge Zeesluis: SO_2
- 44N012 – Moerkerke: NO_x en PM10 (stof)
- 44N029 – Houtem: SO_2, NO_x en PM10 (stof)

4.4.2.1 SO_2

De SO_2-concentraties die in 2005 in de hoger vermelde VMM-meetstations werden gemeten, zijn terug te vinden in Tabel 4.4.1.

Tabel 4.4.1: Actuele luchtkwaliteit voor SO_2 (VMM, 2006)

Meetpost SO_2	Gemiddelde uurwaarde (µg/m³)	Gemiddelde dagwaarde (µg/m³)
44N002 – Moerkerke	6	8
44N029 - Houtem	2	2
Grenswaarde	350[6] (max. 24 overschrijdingen per jaar)	125[7] (max. 3 overschrijdingen per jaar)

[6] Vlarem II: uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

De uurgrenswaarde en daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens werd in 2005 in beide meetstations gerespecteerd.

4.4.2.2 NOx

De VMM-metingen in 2005 leverden voor NO_x de volgende achtergrondconcentraties op (Tabel 4.4.2):

Tabel 4.4.2: Actuele luchtkwaliteit voor NO_x (VMM, 2006)

Meetpost NO_x	*Gemiddelde uurwaarde (µg/m³)*	
	NO_2	NO
44N012 – Zeebrugge Zeesluis	15	2
44N029 - Houtem	13	2
Grenswaarde	230 (01/01/2007)[8] 200 (01/01/2010) (max. 18 overschrijdingen per jaar)	-

In beide meetstations werd de uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens gerespecteerd.

4.4.2.3 PM10 (stof)

De PM10-concentraties die in 2005 in de relevante VMM-meetstations werden gemeten, zijn terug te vinden in Tabel 4.4.3.

Tabel 4.4.3: Actuele luchtkwaliteit voor PM10 (VMM, 2006)

Meetpost PM10	Gemiddelde dagwaarde (µg/m³)	Jaargemiddelde (µg/m³)
44N012 – Moerkerke	26	30
44N029 - Houtem	23	26
Grenswaarde	40[9] (max. 35 overschrijdingen per jaar)	40[10]

[7] Vlarem II: daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

[8] Vlarem II: uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

[9] Vlarem II: daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

[10] Vlarem II: jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

De gemeten waarden voldoen in beide meetstation aan de daggrenswaarde en jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens.

4.4.2.4 CO

CO wordt opgevolgd in 6 stations van het telemetrisch meetnet in Vlaanderen:

- 42N045 – Hasselt
- 42R020 – Vilvoorde
- 42R801 - Borgerhout
- 42R841 – Mechelen
- 44R701 – Gent
- 44R750 – Zelzate

Geen enkele van deze stations situeert zich in de omgeving van de kust. Gezien de meetresultaten op de verschillende stations, ondanks de diverse locaties (voorstedelijk, stedelijk, industriegebied), weinig verschillen, kan het gemiddelde van de zes meetstations als representatief genomen worden voor het projectgebied (Tabel 4.4.4).

Tabel 4.4.4: Actuele luchtkwaliteit voor CO op 6 locaties in Vlaanderen in 2005 (VMM, 2006)

Meetstation	*8-uur gemiddelden (µg/m³)*	
	Gemiddelde	*Maximum*
42N045 – Hasselt	250	1.270
42R020 – Vilvoorde	300	1.740
42R801 – Borgerhout	350	1.460
42R841 - Mechelen	290	1.700
44R701 – Gent	320	2.340
44R750 – Zelzate	320	2.650
Gemiddelde	305	1.860
Grenswaarde		10.000[11] (max. gemiddelde 8-uur waarde)

De luchtkwaliteit voldoet voor CO aan de grenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens.

4.4.2.5 CO_2

CO_2 is niet opgenomen in het meetprogramma van de VMM en er bestaan voor deze parameter ook geen luchtkwaliteitsdoelstellingen. CO_2 is het belangrijkste broeikasgas van antropogene oorsprong. De

[11] Vlarem II: Grenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

concentratie in de atmosfeer is gestegen van 280 ppm (pre-industriële toestand) naar 379 ppm in 2005. De CO_2-uitstoot van fossiele oorsprong is aanzienlijk gestegen tussen 1990 (6,4 GtC/jaar) en de periode 2000-2005 (7,2 GtC/jaar) (IPPC, 2007).

4.4.2.6 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 luchtkwaliteitsdoelstellingen voldoet.

4.4.3 Autonome ontwikkeling

Bij de autonome ontwikkeling kan gesteld worden dat:

- De emissies, die een gevolg zijn van het materiaalgebruik, de constructie en ontmanteling van het windturbinepark niet zullen plaatsvinden en er bijgevolg ook geen tijdelijke beïnvloeding zal zijn van de lokale luchtkwaliteit als gevolg hiervan.
- De vermeden emissies als gevolg van de elektriciteitsproductie door het windturbinepark wel zullen gerealiseerd worden. Voor de kwantificering van deze emissies wordt verwezen naar 4.4.4.2.
- De atmosferische CO_2-concentraties verder zullen toenemen;

4.4.4 Effecten

Voor de bepaling van de impact van de bouw van het windturbinepark op de luchtkwaliteit, dient enerzijds rekening gehouden te worden met de emissies die vrijkomen als gevolg van het energieverbruik tijdens de constructiefase, de exploitatiefase en ontmantelingsfase en anderzijds met de vermeden emissies tijdens de exploitatiefase door het gebruik van windenergie i.p.v. klassieke productie, al dan niet gecombineerd met nucleaire productie.

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 vs. energieproductie en geproduceerde vs. vermeden emissies gedurende de volledige levenscyclus van het windturbinepark (zie 4.4.4.4).

4.4.4.1 Constructiefase

De constructiefase omvat niet enkel de eigenlijke bouw van het turbinepark, maar begint al bij de winning van de grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van de windturbines. Deze fase omvat ook de productie van de onderdelen, de premontage van de windturbines en onderdelen in een nabijgelegen haven (Zeebrugge of Oostende), het transport naar de Bligh Bank en de eigenlijke constructie van het windturbinepark.

Een exacte inschatting van de totale emissies tijdens de constructiefase kan niet gemaakt worden. Dit heeft o.a. te maken met het feit dat door de snelle evolutie in de ontwikkeling van windturbines momenteel nog niet bekend is welk type windturbine tijdens de constructiefase in 2010-2011 zal geïnstalleerd worden en het feit dat momenteel nog niet geweten is welke vaartuigen zullen ingezet worden voor het transport.

Om een idee te krijgen van het energieverbruik tijdens de constructiefase, wordt gebruikt gemaakt van een levenscyclusanalyse (LCA) die Vestas, een producent van windturbines, in 2005 heeft uitgevoerd voor offshore en onshore windturbineparken gebaseerd op Vestas V90-3,0 MW windturbines. In deze LCA werd rekening gehouden met de turbines, de parkbekabeling, de offshore transformator, de kabels naar de kust en de aansluiting op het elektriciteitsnet. De offshore resultaten gelden voor een park op een

afstand van ca. 14 m van de kust, een gemiddelde waterdiepte van 10 meter en een monopaal fundering. In de LCA werd onderscheid gemaakt tussen vier fasen:

1. de productiefase: de periode van het winnen van grondstoffen tot en met de productie van de turbineonderdelen;
2. de transport- en bouwfase: het transport van de turbineonderdelen naar de locatie en de bouw van het windturbinepark;
3. de gebruiksfase: het gebruik en onderhoud van de windturbines gedurende een periode van 20 jaar;
4. de ontmantelingsfase: de ontmanteling van de windturbine.

Voor elk van deze fasen werd de energieconsumptie per windturbine bepaald. Tijdens de eerste twee fasen, die samen de constructiefase vormen, ziet het energieverbruik er als volgt uit:

- productiefase: 12.255 MWh
- transport en bouwfase: 477 MWh

De energieconsumptie, en de daaraan gekoppelde emissie, tijdens de productiefase is beduidend groter dan tijdens de transport- en bouwfase.

Deze cijfers gelden voor een Vestas V90-3,0 MW turbine en zijn niet zonder meer van toepassing voor de turbines die door Belwind geïnstalleerd zullen worden. Voor de alternatieve variant wordt gebruik gemaakt van 3 MW turbines, maar de basisvariant gaat uit van turbines met een groter vermogen (5 MW) en bijgevolg ook grotere dimensies. Bovendien ligt de Bligh Bank op grotere afstand (45 km) van de kust en is ook de waterdiepte groter (15-37m).

De energieconsumptie tijdens de transport- en bouwfase wordt uiteraard mee bepaald door het aantal scheepsbewegingen dat noodzakelijk is voor het transport van de verschillende onderdelen naar de Bligh Bank en de bewegingen ter plaatse. Het aantal transporten varieert naargelang de basisvariant of de alternatieve variant gerealiseerd wordt en wordt voor het Belwind project weergegeven in Tabel 4.4.5.

Tabel 4.4.5: Aantal transporten constructiefase

	Basisvariant (5 MW)	*Alternatieve variant (3 MW)*
Bodemonderzoek	9	9
Beveiliging van de locatie	240	280
Erosiebescherming (transport)	264	440
Funderingen en transitiestukken (transport)	33	55
Windturbines (transport)	33	55
Transformatorstations (transport)	2	2
Hefschip	17	28
Hulpschepen/sleepboten	66	110
Transport bemanning	240	280
Zeekabels in windpark	9	14

	Basisvariant (5 MW)	*Alternatieve variant (3 MW)*
Zeekabels naar de kust	2	2
Metingen / onderzoek	66	110
Totaal	***981***	***1.380***

Het aantal transporten en bijgevolg ook het energieverbruik en de daaraan gekoppelde emissies zijn het grootst voor de alternatieve variant.

Het Kanaal behoort tot de drukst bevaren scheepvaartroutes en er wordt dan ook verwacht dat vrachten afkomstig van vaartuigen bij de constructie van het windturbinepark slechts een zeer beperkte invloed zullen uitoefenen op de lokale luchtkwaliteit.

4.4.4.2 Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het turbinepark. In de LCA-analyse van Vestas werd de energieconsumptie tijdens de gebruiksfase ingeschat op 117 MWh.

Ook hier geldt weer dat het aantal transporten voor onderhoud en inspectie verschilt in functie van de variant. Het aantal transporten tijdens de exploitatiefase wordt weergegeven in Tabel 4.4.6. Deze transporten vinden plaats over een periode van 20 jaar. Ook tijdens de exploitatiefase ligt het aantal scheepsbewegingen voor de basisvariant lager dan voor de alternatieve variant.

Tabel 4.4.6: Aantal transporten exploitatiefase

	Basisvariant (5 MW)	*Alternatieve variant (3 MW)*
Reguliere inspectie en onderhoud	528	880
Reparaties met licht materieel	317	528
Vervanging hoofdcomponenten	33	55
Transport bemanning	264	440
Totaal	***1.142***	***1.903***

Het belangrijkste effect tijdens de exploitatiefase zijn evenwel de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van het windturbinepark (983 – 1.120 GWh/jaar) niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. 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 windturbinepark. 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, 2006). 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 40,9% van de nucleaire productie in de Belgische mix in 2005 (VMM, 2006), waarbij geen emissies naar lucht voor de nucleaire productie in rekening worden gebracht.

Tabel 4.4.7: Emissiefactoren voor klassieke elektriciteitsproductie in België

		Klassieke productie (VMM,2006)	*Klassieke & Nucleaire productie*
CO_2	ton/GWh	754,3	445,8
SO_2	ton/GWh	1,074	0,63
NO_x	ton/GWh	0,9967	0,59
CO	ton/GWh	0,126*	0,074

* Waarde van 2004 (VMM, 2005) gezien voor 2005 geen gegevens voor CO gerapporteerd werden

Aan de hand van deze emissiefactoren en de netto elektriciteitsproductie door het windturbinepark werden de emissies berekend die op jaarbasis vermeden worden (Tabel 4.4.8). Als referentie zijn in deze tabel ook de totale emissies als gevolg van klassieke productie in België voor 2000 opgenomen.

Tabel 4.4.8: Vermeden emissies (ton/jaar) als gevolg van de werking van het windturbinepark

		Klassieke productie		*Klassieke & Nucleaire productie*		*Uitstoot Klassieke productie België (2000)*
		983 GWh	*1.120 GWh*	*983 GWh*	*1.120 GWh*	
CO_2	ton/jaar	741.477	844.816	438.221	499.296	21.222.000
SO_2	ton/jaar	1.056	1.203	619	706	34.505
NO_x	ton/jaar	980	1.116	580	661	39.169
CO	ton/jaar	124	141	72,7	82,9	3.886

De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 3,5 (3 MW) tot 4 (5 MW) % van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke en nucleaire productie, bedragen 2,1 tot 2,4% van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten.

4.4.4.3 Ontmantelingsfase

In de LCA analyse van Vestas werd ook de energieconsumptie tijdens de ontmantelingsfase ingeschat. Deze werd bepaald op -4.751 MWh. De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik omdat ca. 80% van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. De winning van nieuwe grondstoffen wordt hierdoor beperkt.

Net zoals voor de constructiefase en de exploitatiefase werd voor de ontmantelingsfase een schatting gemaakt van het aantal scheepsbewegingen per variant. Deze raming is terug te vinden in Tabel 4.4.9 en hieruit blijkt de basisvariant ook voor deze fase beter scoort dan de alternatieve variant.

Tabel 4.4.9: Aantal transporten ontmantelingsfase i.f.v. variant

	Basisvariant (5 MW)	*Alternatieve variant (3 MW)*
Beveiliging van de locatie	240	280
Funderingen en transitiestukken (transport)	33	55
Windturbines (transport)	33	55
Transformatorstations (transport)	2	2
Hefschip	17	28
Hulpschepen/sleepboten	66	110
Transport bemanning	240	280
Zeekabels in windpark	9	14
Zeekabels naar de kust	2	2
Totaal	***642***	***826***

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 niet voor een significante impact op de luchtkwaliteit dient gevreesd te worden.

4.4.4.4 Balans volledige levenscyclus windturbines

De energieconsumptie tijdens de verschillende fasen in de levenscyclus van windturbines wordt nog eens samengevat in Tabel 4.4.10.

Tabel 4.4.10: Energieconsumptie V90-3,0 MW windturbine (Vestas, 2005)

Fase	*Energieconsumptie*
Productiefase	12.255 MWh
Transport en bouwfase	477 MWh
Gebruiksfase (20 jaar)	117 MWh
Ontmantelingsfase	-4.751 MWh
Totale energieconsumptie	8.098 MWh

Uit dit overzicht blijkt dat de energieconsumptie en dus ook de impact op de luchtkwaliteit veruit het grootst is tijdens de productiefase.

Zelfs indien ervan uitgegaan wordt dat de energieconsumptie van de windturbines die voor het Belwind project gebruikt zullen worden, dubbel zo groot is als voor de Vestas V90-3,0 MW turbine[12], blijkt dat een

[12] groter vermogen basisvariant (5 MW), grotere afstand tot kust (45 km), grotere waterdiepte (15 tot 37 m)

windturbine ca. 11 tot 21 keer zijn eigen energie-input kan opleveren (178.727 - 339.394 MWh[13]/16.196 MWh). De energieterugverdientijd bedraagt in dat geval 11,5 tot 21,7 maanden.

In de Vestas-studie werd ook berekend hoe groot de atmosferische emissies per geproduceerde KWh zijn. De emissies voor CO_2, SO_2 en NO_x zijn opgenomen in Tabel 4.4.11.

Tabel 4.4.11: Atmosferische emissies per geproduceerde KWh (Vestas, 2005)

	emissie g/kWh
CO_2	5,25
SO_2	0,0222
NO_x	0,0204

Volgens het Vlaamse klimaatbeleidsplan stoot Vlaanderen gemiddeld 385 g CO_2 uit per geproduceerde kWh elektriciteit en België 307 g CO_2/kWh.

De emissies die rekening houdend met de totale energieproductie van het windturbinepark (1.129.582 – 1.282.395 MWh/jaar) zullen vrijkomen, zijn opgenomen in Tabel 4.4.12. In deze tabel zijn ter vergelijking ook de vermeden emissies ten gevolge van klassieke productie opgenomen en de emissiebalans.

Tabel 4.4.12: Emissiebalans windturbinepark (ton/jaar)

	Geproduceerde emissies		*Vermeden emissies*		*Emissiebalans*	
	983 GWh	*1.120 GWh*	*983 GWh*	*1.120 GWh*	*983 GWh*	*1.120 GWh*
CO_2	5.161	5.880	-741.477	-844.816	-736.316	-838.936
SO_2	21,8	24,9	-1.056	-1.203	-1.034	-1.178
NO_x	20,1	22,8	-980	-1.116	-960	-1.093

Uit Tabel 4.4.12 kan afgeleid worden dat het Belwind project voor alle relevante componenten aanleiding geeft tot een reductie van de emissies in vergelijking met klassieke energieproductie. Indien de elektriciteitsproductie door dit windturbinepark 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.

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 Kyoto doelstelling voor België is een reductie van de uitstoot van broeikasgassen tot 130,5 miljoen ton CO_2 equivalent (Nationaal Klimaatplan 2002-2012). De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 0,56% tot 0,64% van dit plafond, wat significant is.

[13] De netto productie van het windturbinepark zal 983 (3 MW) – 1.120 (5 MW) GWh/jaar bedragen. Rekening houdend met 110/66 turbines en een levensduur van 20 jaar per turbine betekent dit een productie van 178.727 tot 339.394 MWh per turbine.

Ook voor SO_2 en NO_x werden in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG) reductiedoelstellingen vooropgesteld. Tegen 2010 worden aan België emissieplafonds voor SO_2 en NO_x opgelegd van respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar (2001/81/EG). De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen respectievelijk 1,04 tot 1,19% van het emissieplafond voor SO_2 en 0,55 tot 0,62% van het emissieplafond voor NO_x, wat eveneens significant is.

4.4.5 Leemten in de kennis

De reële emissies tijdens de levenscyclus van het windturbinepark zijn niet gekend. Dit werd ondervangen door extrapolatie van de gegevens van een LCA-studie van een ander type windturbine. Gezien de beperkte omvang van deze emissies in vergelijking met de jaarlijks vermeden emissies als gevolg van de werking van het windturbinepark, zal deze werkwijze de conclusies met betrekking tot de discipline lucht niet significant beïnvloeden.

4.4.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien de windturbines globaal gezien verantwoordelijk zijn voor een significante reductie in vergelijking met de emissies van klassieke centrales op land en de impact op de luchtkwaliteit tijdens de constructie- en ontmantelingsfase beperkt blijft, dringen mitigerende maatregelen en compensaties met betrekking tot de discipline lucht zich niet op. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie bedragen 3,5 % (3 MW) tot 4 % (5 MW) van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten.

4.4.7 Monitoring

Gezien de verwachte impact op de luchtkwaliteit zeer beperkt blijft, zowel in omvang als in tijd, dient geen monitoring van de kwaliteit van de omgevingslucht te gebeuren.

4.5 GELUID EN TRILLINGEN

Voor de evaluatie van de geluidsimpact wordt het omgevingsgeluid en het specifieke geluid t.g.v. het project beoordeeld onderwater, bovenwater, ter hoogte van de kustlijn op ongeveer 42 km afstand van de grenzen van het projectgebied dat gelegen is op de "Bligh Bank" en ter hoogte van de grens met het Nederlandse deel van de Noordzee. Juridisch gezien moet er geen beoordeling gebeuren op het vasteland. Wegens bevoegdheidsoverschrijdende effecten wordt er ook een beoordeling gedaan ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen gelegen in de woonkern van Zeebrugge.

4.5.1 Methodologie

BESCHRIJVING VAN DE REFERENTIESITUATIE

Ten behoeve van de referentiesituatie wordt de huidige situatie van het geluidsklimaat beschreven. Het huidige geluidsklimaat wordt besproken op 4 plaatsen namelijk boven water, onder water, aan de kustlijn en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen. Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen wordt het huidige geluidsklimaat op land getoetst aan de milieukwaliteitsnormen van VLAREM-II (enkel ter volledigheid van de studie, want de studie is een federale aangelegenheid en geen Vlaamse).

Voor de bespreking van het oorspronkelijke omgevingsgeluid wordt gesteund op literatuurgegevens en informatie uit andere MER's.

BESCHRIJVING VAN DE GEPLANDE SITUATIE

De specifieke geluidsbijdrage van het project wordt bepaald voor de constructie - en exploitatiefase, de bekabeling en de ontmantelingfase.

Ten behoeve van de constructiefase en de ontmantelingfase worden de geluidsbijdrages van het in te zetten machinepark bepaald voor de 3 funderingsalternatieven (monopile, jacket-vakwerk en gravitaire fundering) steunende op gegevens van de opdrachtgever.

De geluidsbijdrages van het in te zetten machinepark voor de bekabeling worden ook bepaald steunende op gegevens van de opdrachtgever. De 2 locatiealternatieven van de kabel (volle lijn naar Slyckens (Oostende), volle lijn naar Zeebrugge) worden kort besproken.

De immissierelevante geluidsvermogenniveaus van het in te zetten machinepark tijdens de constructie- en ontmantelingfase en de bekabeling worden gebaseerd op ervaringswaarden uit andere MER's.

Ten behoeve van de exploitatiefase worden er 2 technologische alternatieven besproken, namelijk enerzijds een windmolenpark met 110 windturbines met elk een vermogen van 3 MW of anderzijds een windmolenpark met 66 windturbines met elk een vermogen van 5 MW.

In het laatste decennium is er een zeer snelle evolutie geweest in de grootte en het vermogen van de windturbines. Belwind beoogt voor het geplande windturbinepark de best beschikbare technologie (BBT) in te zetten. Rekening houdende met de huidige status van de ontwikkeling van de windturbines, de te verwachten ontwikkelingen in de eerstvolgende jaren en de projectplanning met installatie van de eerste turbines in 2010-2011 wordt er verwacht dat er een windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW windturbine zal geconstrueerd worden. Als projectalternatief wordt toch ook een windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW windturbines berekend, voor het geval de 5 MW windturbines nog niet operationeel zijn.

Het geluidsvermogenniveau werd bepaald aan de hand van literatuurgegevens van bestaande windturbines van 3 MW en 5 MW.

Het specifieke geluid van het windturbinepark in de exploitatiefase wordt zowel boven als onder water besproken voor de 2 projectalternatieven, namelijk voor het windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW en voor het windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW. De specifieke geluidsbijdrage boven water, naar de kustzone en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen wordt uiteindelijk bepaald via overdrachtsberekeningen en beoordeeld t.o.v. de referentiesituatie. Onder water wordt de specifieke geluidsbijdrage bepaald op basis van literatuurgegevens en informatie uit andere MER's en beoordeeld t.o.v. de referentiesituatie.

De domeinconcessieaanvraag, de bouw- en de milieuvergunning zijn voor het windturbinepark van "C-power" op de "Thorntonbank" goedgekeurd en zijn ingediend voor het windturbinepark van "Eldepasco" op de Bank Zonder Naam. Daarom zal bijkomend het cumulatieve effect van deze 3 windturbineparken tijdens de exploitatiefase berekend worden. Deze cumulatieve effecten worden in een apart hoofdstuk besproken.

EFFECTBEOORDELING EN MILDERENDE MAATREGELEN

Ten behoeve van de effectbeoordeling wordt het te verwachten omgevingsgeluid vergeleken met het oorspronkelijke omgevingsgeluid.

In het geval mogelijke geluidshinder wordt verwacht, worden remediërende maatregelen voorgesteld.

4.5.2 Referentiesituatie

4.5.2.1 Algemene situering

Het offshore windturbinepark in dit MER is voorzien op de "Bligh Bank". Wanneer er 66 windturbines van 5 MW zullen geplaatst worden, zullen de windturbines in 9 rijen van 6 tot 9 windturbines loodrecht op de kustlijn ingeplant worden. In het projectalternatief waar er 110 windturbines van 3 MW zullen geplaatst worden, zullen er 10 rijen van 9 tot 13 windturbines loodrecht op de kustlijn ingeplant worden.

Voor de 66 windturbines van 5 MW is de afstand tussen de rijen (loodrecht op de kustlijn) en de afstand tussen de windturbines in een rij minimaal 6 maal de rotordiameter (hier ca. 775 m).

Voor de 110 windturbines van 3 MW is de afstand tussen de rijen (loodrecht op de kustlijn) minimaal 7,8 maal de diameter (hier ca. 675 m). De afstand van de windturbines op de rijen is (bij 3 MW windturbines) minimaal 5,5 maal de rotordiameter (hier ca. 500 m).

Het windmolenpark wordt rondom voorzien van een veiligheidszone van 500 m.

In het midden van het windturbinepark worden er transformatorstations op twee funderingen gebouwd.

De meest nabij gelegen woningen bevinden zich ten zuidoosten van het projectgebied op ongeveer 42 km afstand van de grenzen van het projectgebied. Deze woningen zijn gelegen in het woongebied van Zeebrugge.

4.5.2.2 Bepaling van het huidige omgevingsgeluid

OMGEVINGSGELUID ONDER WATER

Geluid gedraagt zich onder water anders dan in de lucht: de snelheid is vijf maal hoger en het geluid plant zich ook veel verder voort. Het omgevingsgeluid onder water nabij de "Bligh Bank" wordt bepaald door twee groepen geluidsbronnen, met name de natuurlijke geluiden en de antropogene geluiden. Elke groep bestaat uit tal van geluidsbronnen.

Natuurlijke geluidsbronnen:

Enkele voorbeelden van natuurlijke geluidsbronnen zijn;

- wrijving van de watermassa's tegen elkaar en tegen de zeebodem (stromingen);
- wrijving van de wind tegen het wateroppervlak en de daaruit voortvloeiende energiecascades (golven, turbulentie…);
- regeninslag op het oppervlak;
- geluid van levende organismen (vissen, garnalen, zeezoogdieren…)

Antropogene geluidsbronnen

Enkele voorbeelden van antropogene geluidsbronnen zijn:

- scheepvaart;
- seismisch onderzoek;
- luchtvaart;
- industriële activiteiten op zee (o.a. windmolenparken, gaspijpleiding…).

De diepte is bepalend voor het omgevingsgeluid onder water. Bij een grotere diepte daalt het geluidsniveau lichtjes. In ondiep water, zoals bijvoorbeeld de "Bligh Bank" (max. 35 m), ligt het achtergrondniveau hoger door de golfslag en bijgevolg door het snelstromend water. In ondiep water verdwijnen laagfrequente signalen (< 200 Hz) door interactie met de bodem, geulranden en het wateroppervlak, ook 'tunneleffect' genoemd.

Bij ondiepe waters speelt de wind een belangrijke rol in omgevingsgeluid onder water. Zo zullen bij een hogere windsnelheid de golven hoger zijn en meer geluid produceren. Ook het vallen van regendruppels op het zeeoppervlak kan hoge geluidsniveaus met zich meebrengen. Het omgevingsgeluid onder water bij een uitzonderlijke zware regenval ligt tussen de frequenties 100 en 1000 Hz, zo'n 10 dB (re 1μPa[14]) hoger dan het normale maximum omgevingsgeluid onder water (Heindsman et al 1955). Bij storm kan het natuurlijke aanwezige achtergrondniveau tot meer dan 100 dB (re 1μPa) bij 30 Hz en 85 dB (re 1μPa) bij 16 kHz stijgen (MER 1999). Garnalen kunnen het achtergrondgeluidsniveau sterk verhogen tot ongeveer 100 dB (re 1μPa) bij 8 kHz (Knudsen et al, 1948).

[14] De logaritmische schaal van het geluidsvermogen (L_p) wordt als volgt gedefinieerd: Lp = 20 log(P/P_0). Onder water is de referentiewaarde P_0 gelijk aan 1 μPa terwijl in lucht een referentiewaarde van 20 μPa wordt gebruikt. In de lucht wordt het logaritmische geluidsvermogen dikwijls in 'dB(A)' weergegeven, waarbij een frequentiecorrectie in verband met de gevoeligheid van het menselijk ook is toegepast. Om het volledige frequentiebereik te karakteriseren wordt er een lage frequentie (30 Hz) en een hoge frequentie (16 kHz) weergegeven.

Aan de hand van talrijke metingen van het omgevingsgeluid onder water in de Noordzee door Urick (Urick, 1983), werd er een boven en beneden limiet van het omgevingsgeluid onder water gevonden (zie Figuur 4.5.1).

Het geluid en de trillingen van scheepsmotoren vormen één van de belangrijkste geluidsbronnen van menselijke oorsprong. Het geluid en de trillingen vanuit de machinekamer, het propellerlawaai en het geluid afkomstig van de stromingen zorgen voor een verhoging van het omgevingsgeluidsniveau onder water. Het kanaal tussen Engeland en het vaste land wordt in de literatuur als een "hot-spot" beschouwd voor het onderwatergeluid, veroorzaakt door de grote densiteit van de scheepvaart. Op 100 m afstand werd een geluid van een aantal kleinere schepen tussen 1 kHz tot 15 kHz gemeten van 100 dB (re1µPa) tot 115 dB (re 1 µPa) (Verboom, 1991). Figuur 4.5.1 geeft de minimale en maximale geluidsniveaus weer van vissersschepen gemeten op 1m afstand van het schip (MER 1999). Het scheepsgeluid kan propageren over een grote afstand (zelfs 16 km) zonder noemenswaardige verzwakking. Het geluidsniveau veroorzaakt door het voorbijvaren van een schip zorgt echter maar voor een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Bij het seismisch onderzoek naar de bodemgesteldheid van de zee, op zoek naar olie en gas, gebruikt men luchtkanonnen ("airguns"). Deze geven een reeks laagfrequente krachtige geluidsgolven (zie Figuur 4.5.1) die ter hoogte van de bron (op 1 m) ongeveer 215 dB (re 1µPa) geven bij 100 Hz.

Daar het projectgebied onder een vliegcorridor gelegen is, kan het omgevingsgeluid onder water beïnvloed worden door het geluid afkomstig van de luchtvaart. Figuur 4.5.1 toont het minimum en maximum geluidsniveau onder water ten gevolge van de luchtvaart.

Naar aanleiding van het windturbinepark van G-power op de Thorntonbank werd er een monitoring (Henriet et al, 2006) van het onderwatergeluid op de Thorntonbank uitgevoerd om de referentietoestand te bepalen vooraleer het windturbinepark geconstrueerd wordt. De meest representatieve meetreeks bij gunstige weersomstandigheden (zeegang 1-2 Beaufort) op een diepte van 8,5 m wordt ook weergeven in Figuur 4.5.1. Hieruit kan er besloten worden dat het omgevingsgeluid onderwater ter hoogte van de Thorntonbank gelegen is tussen de boven- en onderlimiet van Urick tussen 90 en 100 dB (re 1µPa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz in ondiepe kustwateren (Urick, 1983).

Een belangrijke opmerking is dat het omgevingsgeluid ook seizoenaal gebonden is, zo kan het geluid in de zomer tot 7 dB hoger zijn dan in de winter. Dit kan het gevolg zijn van een verschil in scheepsdensiteit, in weersomstandigheden, in stromingen, in biologische activiteit of in propagatie.

Figuur 4.5.1: Natuurlijke en menselijke geluidsbronnen van het omgevingsgeluid onder water

OMGEVINGSGELUID BOVEN DE WATERSPIEGEL 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 en vliegtuigen. Gezien het windturbinepark onder een luchtvaartcorridor ligt, werd ter indicatie van het omgevingsgeluid boven water, het omgevingsgeluid van op het land onder dezelfde corridor gebruikt. In 'het onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden' van de universiteit Gent in opdracht van AMINAL (Decloedt et al, 1998), werden er omgevingsmetingen uitgevoerd nabij de kust rond het Zwin, die onder dezelfde vliegcorridor gelegen is. Op basis van deze omgevingsmetingen wordt het omgevingsgeluid boven water geraamd op 35 ± 5 dB(A).

OMGEVINGSGELUID BOVEN DE WATERSPIEGEL AAN DE KUST (ONSHORE)

De wind en de golven overheersen het geluidsniveau op het strand. Volgens meerdere studies en metingen is het geluid afhankelijk van de windkracht en windrichting (de verschillende literatuurstudies worden uitbundig besproken in het Mer van C-power (MER, 2003)). De gemiddelde waarde 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. In deze kustzone (Zeebrugge) zal ter hoogte van de woningen het geluid van de branding veel lager zijn of niet meer hoorbaar zijn. Het achtergrondgeluidsniveau ter hoogte van de woningen (voornamelijk dan gedurende de nacht) zal dus meestal lager liggen dan het achtergrondgeluidsniveau aan de kustlijn. Uit oriënterende metingen aan de Polders in Nederland (MER 1998) blijkt dat het omgevingsgeluid langs de Noordzee gemiddeld tussen de 30 en 40 dB(A) ligt, gedurende de nachtperiode (de meest kritische periode door de afwezigheid van menselijke activiteiten).

Volgens het gewestplan bestaat de dichtstbijgelegen kustzone met woningen uit woongebied en natuurgebied. Indien als referentiesituatie de VLAREM II milieukwaliteitsnormen genomen worden voor het woongebied en natuurgebied, worden de strengste richtwaarden (nacht) respectievelijk 35 en 30 dB(A) aangenomen.

BESLUIT

Onder water ligt het natuurlijk achtergrondgeluidsniveau ongeveer tussen 90 en 100 dB (re 1μPa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz. Natuurlijke geluiden zijn hierin de belangrijkste bijdrage. Voorbijvarende schepen kunnen echter wel voor een tijdelijke verhoging van het geluidsdrukniveau (110-120 dB (re 1 μPa)) in hetzelfde frequentiegebied zorgen.

Boven water wordt het achtergrondgeluidsniveau (LA95) geraamd op 35 $\pm$ 5 dB(A).

Uit literatuurgegevens blijkt dat aan de kustlijn het achtergrondgeluidsniveau tussen 50 en 65 dB(A) ligt op 25 m van de kustlijn. Dit geluidsdrukniveau is afhankelijk van de windrichting en windsnelheid.

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen ligt het achtergrondgeluid tussen de 30 en 40 dB(A).

4.5.3 Autonome ontwikkeling

Op het gebied van geluid is er globaal gezien geen significante verandering te verwachten bij de autonome ontwikkeling van het gebied. Het onder watergeluid zal weinig evolueren doordat er geen noemenswaardige toename van de scheepvaart verwacht wordt in het ondiepe kustwater boven deze zandbank. Enkel de constructie en de exploitatie van de windturbineparken van C-power (Thorntonbank) en Eldepasco (Bank Zonder Naam) zullen voor een verandering zorgen t.o.v. de huidige situatie. De cumulatieve effecten van de 3 windturbineparken worden verder besproken onder hoofdstuk 5 "beschrijving van de cumulatieve effecten".

4.5.4 Effecten

4.5.4.1 Constructiefase

IDENTIFICATIE VAN DE RELEVANTE GELUIDSBRONNEN

Er zijn drie types funderingen die voor dit project kunnen gekozen worden: de monopile fundering, de jacket-vakwerk fundering of de graviteitsfundering. De funderingen worden zoveel mogelijk geprefabriceerd aan wal en vervolgens getransporteerd naar het projectgebied, waar de funderingselementen op de correcte plaats ingeheid (monopile en jacket-vakwerk) of geplaatst (graviteitsfundering) zullen worden.

De monopile en de jacket-vakwerk zullen verscheept worden naar een Jack-up ponton (opgehesen ponton om onafhankelijk van de golfcondities te kunnen werken) vanwaar ze met een kabelkraan de monopile of jacket-vakwerk op de juiste locatie plaatsen en de palen in de bodem heien met behulp van een hydraulische heihamer. Dit gebeurt meestal in 2 fasen, namelijk het intrillen gevolgd door het inhameren.

Voor wat de graviteitsfundering betreft wordt de inplantingsplaats van de windturbine vlakgebaggerd en wordt er een funderingsbed aangelegd. Vervolgens worden de prefab graviteitsfunderingen afgezonken. Wat de specifieke aspecten van de bouwwerkzaamheden betreft, kunnen er bijgevolg 2 significante geluidsbronnen onderscheiden worden die voor een mogelijke toename van de geluidsemissie zorgen:

- heien van de funderingen (voor monopile en jacket-vakwerk)
- baggeren (enkel voor graviteitsfundering)
- scheepsverkeer

<u>Onder water</u>

Bij de aanleg van het windturbinepark zal vooral door het heien van de funderingen voor de turbines (monopile en jacket-vakwerk fundering) een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting onder water in de omgeving voorkomen. Tijdens het heien komen er tussen de 30-60 slagen per minuut met elke slag een duur tussen de 50 en 100 ms voor. Het impulsgeluid (niet continue geluid) van het heien kan op 3 manieren worden overgedragen naar het water, namelijk indirect vanuit de lucht naar het water, direct via de paal en in mindere mate indirect via de bodem. Het geluidsdrukniveau onder water ten gevolge van het heien van palen is bijgevolg sterk afhankelijk van de diameter en de lengte van de paal.

Uit literatuurgegevens (Thomson et al, 2006) volgt dat er op een afstand van 30 m een maximaal geluidsdrukniveau van 205 dB re 1 µPa werd gemeten (Utgrunden Zweden, diameter paal 3 m en lengte paal 34 m). In deze meting was er een SEL[15] (1 s) tussen de 140 en 180 dB (re 1 µPa) met een piekwaarde bij 250 Hz gemeten.

In diezelfde literatuurstudie (Thomson et al, 2006) worden ook de meetresultaten van het heien van palen in Duitsland (diameter paal 1,5 m en lengte 30 m) weergegeven waaruit volgt dat op een afstand van 1 m van de paal er een maximaal geluidsdrukniveau van 228 dB re 1 µPa werd gemeten. Figuur 4.5.2 geeft de meetresultaten weer van deze heiactiviteiten op 400 m afstand. Opnieuw worden er

[15] 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) en bijgevolg het niveau berekenen van een continue geluid over 1 seconde waarbij dezelfde energie vrijkomt.

piekwaarden vastgesteld bij 125 en 315 Hz. De maximale geluidsdrukniveaus zijn gemiddeld 20 dB hoger dan de SEL (1s) die hier tussen de 120 en 160 dB (re 1 µPa) liggen.

In deze literatuurstudie werd er besloten dat er voor het weergegeven spectrum in Figuur 4.5.2 per 1/3 octaafband 10 dB dient te worden opgeteld om een representatiever resultaat te bekomen voor windturbineparken die in de nabije toekomst zullen gebouwd worden (anno 2006). Uit deze Figuur 4.5.2 blijkt ook dat de pieken in het spectrum zich vooral tussen 100 en 1000 Hz bevinden.

Figuur 4.5.2: Onderwater geluidsniveau opgemeten tijdens heiactiviteit Duitsland (Thomson et al, 2006)

Voor het plaatsen van een graviteitsfundering dient de toplaag van de zeebodem weggebaggerd te worden. In de samenvattende studie (Nedwell & Howell, 2004) werd het spectrum van 2 baggerschepen weergegeven waaruit volgt dat de pieken in het spectrum zich vooral tussen 80 en 200 Hz bevinden en er een maximum op 1 m van 177 dB (re 1 µPa) voorkomt in deze frequentiezone.

Door de constructiefase zal er onafhankelijk van het gekozen funderingstype een toename zijn van de scheepvaart. In punt 4.5.2.2 van dit MER werd al aangetoond dat voorbijvarende schepen lokaal een belangrijke tijdelijke verhoging van het omgevingsgeluid onder water van 110 tot 120 dB (re 1 µPa) (afhankelijk van het schip), in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz, met zich meebrengen. Het scheepsgeluid kan propageren over een grote afstand (zelfs 16 km) zonder noemenswaardige verzwakking.

Boven water

Bij de aanleg van het windturbinepark zal vooral door het heien van de funderingen voor de turbines een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting in de omgeving voorkomen. Het bronvermogen van een heiblok wordt bepaald door de klap van het blok op de heipaal. Dit geeft een duidelijke piek in de geluidsbelasting. Voor het heien van de monopile of jacket-vakwerk fundering zal er gebruik gemaakt worden van een hydraulisch heiblok. Het geluidsvermogen van een hydraulische heihamer is volgens literatuurgegevens 115 dB(A). De bronvermogens kunnen worden gereduceerd door bijvoorbeeld het aanbrengen van een geluidsdempende mantel om het heiblok. Dit geeft een geluidsreductie van ongeveer 14 dB(A) (bronvermogen van hydraulische heihamer met mantel: ca. 101 dB(A)).

BEREKENING EN BEOORDELING VAN HET SPECIFIEKE GELUID

Onder water

Uit voorgaande volgt dat het geluidsdrukniveau onder water sterk afhankelijk is van de diameter en de lengte van de paal. Afhankelijk van het funderingstype zal de diameter van de paal bij een monopile tussen 6 en 8 m en voor een jacket-vakwerk tussen 1 en 2 m dik zijn. Er is echter een leemte in de kennis daar er nog geen geluidsmetingen onder water werden uitgevoerd tijdens het heien van palen die dezelfde dimensies hebben als deze die zullen geheid worden voor het Belwind windturbinepark.

In een samenvattende studie (Nedwell & Howell, 2004) werden er verschillende opmetingen van het onderwater geluid tijdens het heien vergeleken. Hier werd er besloten dat er kan aangenomen worden dat er een SEL^{15} (1 s) tussen de 210 en 215 dB (re 1 µPa) met een piekwaarde bij 250 Hz gemeten kan worden op een afstand van 1 m van de funderingspaal. Dit komt ongeveer overeen met een maximum geluidsdrukniveau (SPL) tussen 192 en 261 dB (re 1 µPa) op 1 meter afstand (Nedwell & Howell, 2004),

afhankelijk van de diameter van de paal, de geologie en de bathymetrie van het windturbinepark. Op 400 m afstand van de funderingspaal kan er nog een SEL^{15} (1 s) tussen de 130 en 170 dB (re 1 µPa) met een piekwaarde bij 250 Hz verwacht worden (Thomson et al, 2006) (zie Figuur 4.5.2).

Er kan verondersteld worden dat het geluidsdrukniveau onderwater voor het heien van de jacket-vakwerk fundering (diameter 1 – 2 m) lager zal zijn dan bij het heien van de monopile (diameter 6 – 8 m), maar dat de periode waarin geheid zal worden langer zal duren voor het plaatsen van de jacket-vakwerk fundering.

Op 430 m en op 1500 m van een baggerschip werd er respectievelijk een geluidsdrukniveau van 138 dB (re 1 µPa) en 131 dB(re 1 µPa) gemeten (Nedwell & Howell, 2004). Dit gemeten transmissieverlies komt nagenoeg overeen met het berekende transmissieverlies van Thiele (Thiele, 2002) en zal verder besproken worden. Hieruit volgt dat er een verlies van 4,5 dB bij een verdubbeling van de afstand van het baggerschip zal voorkomen. Het geluid van een baggerschip kan bijgevolg tot op relatief grote afstand nog verder propageren zonder al te veel attenuatie. Er dient ook opgemerkt te worden dat ter hoogte van de exploitatiezone mogelijks een tunneleffect onderwater kan voorkomen in ondiep water, waarbij de laagfrequente signalen <200 Hz verdwijnen door reflecties tegen de bodem, geulranden en het wateroppervlak.

Gezien het kanaal tussen Engeland en het vaste land een "hot-spot" is voor het onderwatergeluid, veroorzaakt door de grote densiteit van de scheepvaart, zullen de bijkomende scheeptransporten ten behoeve van de constructiefase van het windturbinepark (onafhankelijk het funderingstype) geen significante hinder veroorzaken. Het geluidsniveau veroorzaakt door voorbijvaren van een schip zorgt echter voor een graviteitsfundering maar voor een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Boven water

Tabel 4.5.1 geeft de berekende afstanden weer overeenkomend met verschillende specifieke geluidsniveaus voor een hydraulisch heiblok met en zonder mantel. De afstanden overeenkomend met verschillende geluidsniveaus werden volgens ISO9613 berekend met het IMMI rekenmodel. Voor de atmosferische attenuatie (atmosferische geluidsvermindering) werd een temperatuur van 15 °C en 80 % relatieve vochtigheid aangenomen. De ontvangsthoogte is 4 m boven het zeeoppervlak en het zeeoppervlak is voor het gehele studiegebied akoestisch 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.

Uit de tabel volgt dat bij het hydroblok zonder mantel de 35 dB(A) contour al op een afstand van 1,5 km van de bron wordt bereikt. Het windturbinepark zal echter op een afstand van 42 km van de kustlijn gelegen zijn, hierdoor zal het achtergrondgeluidsniveau op het strand niet overschreden worden. In het werfgebied zelf zal de verstoring wel belangrijk zijn door het geluid ten gevolge van het heien. Er dient echter opgemerkt te worden dat de extra geluidsbelasting niet continu is.

Tabel 4.5.1: Berekende afstanden (ISO9613) in meter overeenkomend met verschillende geluidsniveaus voor twee verschillende types heitoestellen

Specifieke geluidsniveau	*Hydroblok (115 dBA)*	*Hydroblok met mantel (101 dBA)*
50 dB(A)	400 m	110 m
45 dB(A)	650 m	170 m
40 dB(A)	1000 m	250 m
35 dB(A)	1500 m	420 m

De funderingselementen en de windturbines worden verscheept naar de site. Door het bijkomend vrachtvervoer op zee wordt er een lokale toename van het omgevingsgeluid boven water verwacht langsheen de vaarroute.

Deze tijdelijke stijging in scheepsvaartverkeer zal voor tijdelijk verhoogde geluidsniveaus zorgen. De invloed van de bijkomende schepen op het totale omgevingsgeluid boven water is echter globaal verwaarloosbaar ten opzichte van de normale scheepvaart.

BESLUIT

Samenvattend worden de effecten van geluid gedurende de constructiefase voor de verschillende funderingstypes als volgt ingeschat (0 = geen effect; + beperkt effect, ++ matig effect).

	Monopile	*Jacket-vakwerk*	*Graviteitsfundering*
Onderwater geluid heien	++	+	0
Bovenwater geluid heien	+	+	0
Scheepvaart	0	0	0
Baggeren	0	0	+

Ondanks bepaalde effecten als matig worden ingeschat, is de relatieve impact slechts tijdelijk en bijgevolg aanvaardbaar.

4.5.4.2 Exploitatiefase

IDENTIFICATIE VAN DE RELEVANTE GELUIDSBRONNEN

Onder water

Het geluid kan ook hier op drie manieren worden overgedragen naar het water, namelijk indirect vanuit de lucht via het grensvlak lucht-water, direct via de mast of indirect via de bodem. Het tweede pad is dominant. De afmetingen van het onderwatergedeelte van de mast (diepte water) en de diameter van de windturbinepaal bepalen mee hoeveel geluid in het water ontstaat.

Bij een hogere windsnelheid kan de intensiteit van mastgeluid toenemen, zo zal een deel van de geluiden uit de gondel een hogere intensiteit en frequentie krijgen. De hogere intensiteit gaat echter gepaard met een toename van het achtergrondgeluid, doordat bij sterkere wind ook de waterbeweging en –afhankelijk van de diepte- ook het zandtransport zal toenemen.

Over de geluidsniveaus van windturbines die in aanmerking komen voor het project in het omringende zeewater zijn geen gegevens bekend. Twee steekproefmetingen uit de literatuur en twee studies over de geluidsimpact van windturbines onderwater zijn daarom verkennend van aard [(EIA, 2000), (Haskoning, 1999), (Odegaard & Danneskiold-Samsoe a/S, 2002) en (Nedwell & Howell, 2004)].

In Denemarken in het Gotland windmolenpark (EIA, 2000) werden 2 metingen onder water uitgevoerd op een afstand van 20 m van een windturbine met nominaal vermogen van 0,550 MW, éénmaal met de windturbine in werking (totaal geluidsniveau) en daarna met de windturbine uitgeschakeld. Uit deze metingen kan geconcludeerd worden dat het maximale verschil van 25 dB bij 160 Hz gemeten werd

tussen het totale geluidsniveau en het achtergrondgeluidsniveau. Het specifieke geluid van deze windturbine onder water wordt bijgevolg bekomen door het achtergrondgeluidsniveau (WT uitgeschakeld) logaritmisch af te trekken van het gemeten geluidsniveau met de windturbine in werking. Wel dient er opgemerkt te worden dat het achtergrondgeluidsniveau (WT uitgeschakeld) ook het geluid door stroming rond de mast en het geluid door golven tegen de mast bevat. Figuur 4.5.3 toont de specifieke immissie op 20 m van de windturbine onder water.

Ook in het windturbinepark Irene Vorrink, gelegen in het Ijsselmeer nabij Lelystad, zijn oriënterende geluid- en trillingsmetingen uitgevoerd onder water nabij een windturbine van het type NTK 600/42 met een nominaal vermogen van 0,6 MW (Odegaard & Danneskiold-Samsoe a/S, 2002). De metingen werden wel bij relatief lage windsnelheden uitgevoerd waardoor de windturbine op niet meer dan 30 procent van het nominale vermogen (0,6 MW) draaide. De windturbine staat in ondiep water met als diepte 4,2 m. Ook hier werden 2 metingen uitgevoerd: één meting van het totale geluidsniveau (windturbine en achtergrondgeluid) gebeurde op 14 m van de windturbine en een tweede meting van het achtergrondgeluidsniveau op een grotere afstand van de windturbine. Door beide metingen logaritmisch af te trekken bekomt men het specifieke geluid van de windturbine onderwater. Verschillend met de metingen van Denemarken is dat hier het geluid door stromingen rond de mast en golven tegen de mast nu wel deel uitmaken van de specifieke immissie van de windturbine. Ook het specifiek geluid van de windturbine uit Nederland wordt weergegeven in Figuur 4.5.3.

Figuur 4.5.3 : Het specifieke geluid onderwater van twee windturbines op twee verschillende afstanden

Het belangrijk verschil tussen beide meetresultaten kan toegewezen worden aan :

- het verschil in windturbines (0,550 MW in Denemarken en 0,6 MW in Nederland);
- de windturbine in Nederland draaide maar aan 30% van zijn nominaal vermogen;
- het verschillend kustgebied zoals bijvoorbeeld andere bodem of andere diepte. In ondiep water worden de zeer lage frequenties (<200 Hz) namelijk uitgedoofd doordat de geluidsgolf diep binnendringt in de bodem en daar geabsorbeerd wordt, het zogenaamde tunneleffect.
- Het achtergrondgeluidsniveau werd verschillend gemeten, zo zit het stromingsgeluid rond de mast en het golfgeluid tegen de mast wel in het specifieke geluid berekend in Nederland, maar niet in het specifieke geluid berekend in Denemarken.

Het specifieke geluid van een windturbine bestaat vooral uit frequenties kleiner dan 1 kHz. Zeer hoge frequenties (>100 kHz) worden zeer sterk geabsorbeerd door zeewater en lage frequenties (<200 Hz) door de bodem (tunneleffect). Voor frequenties beneden de 1 kHz is de absorptie echter verwaarloosbaar en kunnen zo tot kilometers ver nog hoorbaar zijn.

In Utgrunden in Zweden werd er in 2005 een 1,5 MW windturbine onderwater gemeten op een afstand van 110 m (Nedwell & Howell, 2004). Bij een gemiddelde windsnelheid van 12 m/s werd het 1/3 octaafband spectrum gemeten waaruit volgt dat er een geluidsdrukniveau werd vastgesteld tussen <90 en 115 dB_{Leq} re 1 µPa op 1m afstand. Met bij 50 Hz, 160 Hz en 200 Hz respectievelijk een geluidsdrukniveau van 111 dB, 112 dB en 111 dB (re 1 µPa).

In een studie over de impact van windturbines onderwater (Westenberg, 1990-1993) werd het geluid van een 2MW windturbine voorspeld bij een windsnelheid van 8 m/s en op een afstand van 20 meter van de windturbine. Deze voorspelling gebeurde aan de hand van enerzijds twee onderwater metingen nabij een windturbine met een monopilefundering in het windturbinepark in Gotland Denemarken (0,550 MW windturbine zie vorige paragraaf) en een gelijkaardige onderwater meting in het windturbinepark Vindeby

waar het onderwater geluid en de trillingen van een windturbine met een nominaal vermogen van 0,450 MW en een beton fundering werd opgemeten en anderzijds door de trillingen van een 2MW windturbine op het land te meten. Uit deze gegevens werd het onderwatergeluid van een 2 MW windturbine voorspeld. Door het omgevingsgeluid onderwater bij een windsnelheid van 8 m/s logaritmisch af te trekken van het voorspelde specifieke geluid van de 2MW windturbine onderwater, bekomt men het berekende specifieke geluid van een 2MW windturbine onderwater. Dit specifieke geluid wordt voor beide funderingen weergegeven in Figuur 4.5.3. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er voor een 2 MW windturbine vermoedelijk een hogere geluidsemissie onder water zal optreden bij de lage frequenties (<100 Hz). Bij de vergelijking van de 2 verschillende funderingstypes blijkt de betonfundering een hoger geluidsniveau te hebben dan de stalen monopile fundering bij frequenties kleiner dan 50 Hz. Maar de 2MW windturbine met de betonfundering is wel stiller in het frequentiebereik tussen 50 en 500 Hz. De studie vermeldt wel de grote onzekerheid bij deze voorspellingen en verklaart dat het geluidsspectrum en het -niveau hoogstwaarschijnlijk zal afhangen van de dimensies en de constructie van de fundering.

Deze conclusie werd ook aangehaald in (EIA, 2000). We beschikken echter niet over een omrekening naar een 3 MW of 5 MW windturbine. Een belangrijke leemte in de kennis is bijgevolg het onderwater geluid van het type windturbines die zullen gebruikt worden in het windturbinepark van Belwind. (3 MW of 5 MW) bij verschillende werkcondities.

Een studie over het onderwatergeluid van een 0,22 MW windturbinepark nabij Nogersund in de Hanö baai (Westenberg, 1990-1993) besluit dat het geluid van het windturbinepark, naargelang de windsnelheid stijgt, simultaan verhoogd met het achtergrondgeluid. Enerzijds zal het geluid voor frequenties boven de 50 Hz proportioneel stijgen met het kwadraat van de windsnelheid. Met andere woorden zal bij een verdubbeling van de windsnelheid het geluid stijgen met 6 dB(A). Anderzijds zal het infrageluid stijgen met 10-12 dB(A) bij een verdubbeling van de windsnelheid (t.g.v. de golven die frequenter breken). Bijgevolg zal bij een bepaalde windsnelheid het geluid van het windturbinepark onder water hoorbaar zijn in de lage frequenties. Er dient opgemerkt te worden dat ter hoogte van de exploitatiezone mogelijks een tunneleffect onder water kan voorkomen in ondiep water, waarbij de laagfrequente signalen <200 Hz verdwijnen door reflecties tegen de bodem, geulranden en het wateroppervlak.

Boven water

Windturbines

Tijdens de exploitatie van het windturbinepark, vormen de windturbines de belangrijkste geluidsbron. Het geluid dat een windturbine produceert wordt over het algemeen veroorzaakt door het suizen van de rotorbladen in de wind. De turbines die in het windturbinepark op de Bligh Bank zullen gebruikt worden, zijn van een type waarbij de wieken windopwaarts van de mast draaien zodat geen impulskarakter ten gevolge van de interactie van de schoep met de turbulentie achter de mast te verwachten is. De draaisnelheid van de windturbines is variabel, afhankelijk van de windsnelheid. De geluidsproductie zal toenemen naarmate de windsnelheid groter wordt. Windturbinebouwers kunnen door specifieke afstellingen en door het technische ontwerp van de turbine en de rotorbladen de geluidsproductie sterk beïnvloeden (vaak gaan deze maatregelen wel ten koste van de energieopbrengst).

In het laatste decennium is er een zeer snelle evolutie geweest in de grootte en het vermogen van de windturbines. Belwind beoogt voor het geplande windturbinepark de best beschikbare technologie (BBT) in te zetten. Rekening houdende met de huidige status van de ontwikkeling van de windturbines, de te verwachten ontwikkelingen in de eerstvolgende jaren en de projectplanning met installatie van de eerste turbines in 2009-2010 wordt er verwacht dat er een windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW windturbine zal geconstrueerd worden. Als projectalternatief wordt toch ook een windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW windturbines berekend, voor het geval de 5 MW windturbines nog niet operationeel zijn.

Daar het type windturbine (Repower, Enercon, Vestas…) van de 3 MW of 5 MW windturbine die zal geplaatst worden nog niet bepaald is, is ook het geluidsvermogen van de gebruikte windturbine nog niet gekend.

Tabel 4.5.2 geeft beschikbare gegevens weer waarin de bronvermogens in functie van de windsnelheid wordt weergegeven van respectievelijk een 3 MW en een 5 MW windturbine die representatief zijn voor de 2 projectalternatieven (66 windturbines van 5 MW windturbine of 110 windturbines van 3 MW).

Wanneer we onderstaande tabel bekijken zien we dat het geluidsvermogenniveau afhankelijk is van de windsnelheid. Dezelfde windturbine van RePower 5 MW heeft het grootste geluidsvermogenniveau bij een windsnelheid van 9 m/s (op 10 m hoogte gemeten).

Tabel 4.5.2: Bronvermogens in functie van de windsnelheid aangeleverd door opdrachtgever

	Vestas V90 3 MW	*RePower 5 MW*
	Ashoogte 78,8 m	*Ashoogte 90 m*
Windsnelheid op 10 m hoogte	Brongeluid dB(A)	Brongeluid dB(A)
6 m/s	105,2	108
7 m/s	107,6	110
8 m/s	109	112
9 m/s	109,4	113
10 m/s	108,7	112

Wanneer we echter respectievelijk rekenen met een bronvermogen LW van 108,7 dB(A) voor een 3 MW windturbine en met een bronvermogen LW van 112 dB(A) voor een 5 MW windturbine, gemeten bij een windsnelheid van 10 m/s zal dit een veilige benadering zijn van het maximale bronvermogen van een windturbine van 3 MW of 5 MW onafhankelijk van het type windturbine. Uit literatuurgegevens volgt namelijk dat er geen eenduidig verband aanwezig is tussen het elektrisch vermogen van de windturbine en het geluidsvermogenniveau LW. Het geluidsvermogenniveau van een windturbine met een groter elektrisch vermogen kan stiller zijn dan een windturbine van een kleiner elektrisch vermogen

Voor de ashoogte van de te plaatsen windturbines nemen we de ashoogte van de windturbines die weergegeven zijn in Tabel 4.5.2 voor een 3 MW (ashoogte 78,8 m) of een 5 MW (ashoogte 90 m) windturbine.

Voor de hoogte van de geluidsbron wordt er in de berekeningen uitgegaan van een representatieve masthoogte (afstand tussen wateroppervlak en rotor) van gemiddeld 70 m voor een 3 MW windturbine en gemiddeld 80 m voor een 5 MW windturbine.

Het geluidsspectrum van een 1,5 MW windturbine werd opgemeten (Kaiser-Wilhelm-Koog-GMBH, 2000) bij verschillende windsnelheden conform DIN IEC Draft 88/48/ (DIN IEC 88/48/CDV, 1996) Het meetrapport vermeldt tevens dat op de meetafstand van 100 m geen uitgesproken directiviteit wordt vastgesteld. Er wordt geen impulskarakter vastgesteld conform DIN 45645, hetgeen in overeenstemming is met een rotor windopwaarts van de mast. Bij hoge windsnelheid wordt een tonale component opgemerkt bij ongeveer 190 Hz. De belangrijkste bijdrage tot de geluidsemissie is afkomstig van aërodynamisch geluid dat opgewekt wordt aan de top van de wieken.

Als indicatie wordt het geluidsspectrum van een 3,6 MW offshore GE Wind Energy turbine (zie Bijlage) gekozen en opgeschaald naar het geschatte bronvermogen van 112 dB(A) voor een 5 MW en 108,7 dB(A) voor een 3 MW windturbine.

Tabel 4.5.3 geeft een overzicht van de bronvermogens per octaafband voor een 3 MW of een 5 MW windturbine.

Tabel 4.5.3 : Het geluidsspectrum (dB) en het geluidsvermogenniveau LW (dB(A)) van een 3 MW windturbine (masthoogte van gemiddeld 70 m boven de wateroppervlakte) en een 5 MW (masthoogte van gemiddeld 80 m boven de wateroppervlakte) windturbine.

F(Hz)	*31,5*	*63*	*125*	*250*	*500*	*1000*	*2000*	*4000*	*8000*	*Tot. Bron-vermogen*
Vestas V90 3 MW Windturbine	82,4	95,7	103,1	105,4	104,8	104,8	101,8	94,3	81,9	108,7 dB(A)
RePower 5 MW Windturbine	85,7	99	106,4	108,7	108,1	108,1	105,1	97,6	85,2	112 dB(A)

De windturbines zullen draaien bij een windsnelheid tussen 4 en 25 m/s. Het nominaal elektrisch vermogen van een 3 of 5 MW turbines wordt bereikt bij windsnelheden van de orde van 10 m/s op 10m hoogte. Op de Noordzee is de gemiddelde windsnelheid 7 tot 8 m/s op 10 m hoogte volgens een studie voor Greenpeace (Söker & Schreiber, 2000) (deze snelheden gaan gepaard met windsnelheden tussen de 8 en 10 m/s ter hoogte van de as van de windturbine).

Transformator

In het windmolenpark worden er twee offshore transformatorplatformen (TP) gebouwd. Naast de windturbines zullen de 2 aanwezige transformatoren (36kV/150) ook voor een geluidsbijdrage zorgen. De elektriciteit die door de turbine wordt opgewekt, wordt in twee stappen opgetransformeerd. Een kleine transformator in de gondel transformeert naar 36kV. De geluidsemissie van deze transformator wordt samen met de emissie van de alternator afgeschermd en is niet merkbaar in het geluidsvermogenspectrum van de windturbine. Een tweede transformator transformeert de spanning van 33 kV naar 150 kV op het transformatorplatform.

Op elk van de twee transformatorstations zal een transformator instaan voor het optransformeren van de elektriciteit (van 33 kV naar 150 kV) afkomstig van 66 (5 MW windturbines) of 110 (5 MW windturbines) windturbines. Tabel 4.5.4 geeft het vermogen van een stil type transformator van deze sterkte (125 MVA toestel).

Tabel 4.5.4 : Vermogen van een stil type transformator

F (HZ)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
LW (dBA)	80	82	85	93	97	97	90	90	85	101,9

Bijlage 1: Technische eigenschappen en geluidsspectrum van een 3,6 MW windturbine

BEREKENING VAN HET SPECIFIEKE GELUID

Onder water

Het geluid kan zich onderwater cilindrisch of sferisch voortplanten. Bij het voortplanten van geluid is er een transmissieverlies (TL) ten gevolge van de verspreiding (cilindrisch of sferisch in functie van de afstand(r)), ten gevolge van de absorptie (α) van het zeewater en ten gevolge van reflecties tegen de oppervlakte en de bodem.

TL = SL + αr + reflectie

Met:

- TL = transmissieverlies
- SL = spreidingsverlies (cilindrische spreiding SL= 10log(r) en sferische spreiding SL = 20 log (r))
- α = absorptiecoëfficiënt
- r = afstand

De absorptiecoëfficiënt is frequentieafhankelijk. Voor frequenties < 1000 Hz is de absorptie kleiner dan 0,1 dB per km en bijgevolg niet significant voor windturbinegeluid tijdens de exploitatiefase. De reflectie is afhankelijk van de bodem, zo is er een hogere absorptie bij zachte bodems (bijvoorbeeld modder) en minder absorptie bij hardere bodems (bijvoorbeeld rotsen, zand).

Thiele (Thiele, 2002) heeft een formule ontwikkeld dat toepasbaar is voor de Noordzee met een waterdiepte tot 100 m, een zandbodem en een windsnelheid < 37 km/uur. De Figuur 4.5.4 geeft de berekende transmissieverliezen weer in functie van de afstand.

Figuur 4.5.4: Transmissieverlies berekend met 3 verschillende modellen: volgens Thiele, volgens een cilindrische spreiding en volgens een sferische spreiding)

Hieruit volgt dat volgens Thiele voor 100 Hz er ongeveer een transmissieverlies van TL = 15 log (r) aanwezig is. Dit komt overeen met een verlies van 4,5 dB bij een verdubbeling van de afstand. Rekening houdende met het spectrum (<1000 Hz) van het specifieke geluidsniveau van windturbines onderwater (zie Figuur 4.5.3) kan er besloten worden dat deze formule van Thiele (TL = 15 LOG (r)) van toepassing is voor het windturbinegeluid onderwater. Dit bleek ook uit enkele metingen die vermeld staan in de studie (Nedwell & Howell, 2004).

Rekeninghoudende met een transmissieverlies van Thiele (TL = 15 LOG (r)) zal er op een afstand van 500 m (veiligheidszone) van de windturbine onderwater een transmissieverlies van 40 dB voorkomen, waardoor het speciefieke geluid van de windturbine onderwater (max 120 dB re 1µPa – 40 dB = 80 re 1µPa) vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid.

Boven water

Bij windsnelheden van de orde van 10m/s op 10 m zal de geluidspropagatie op grotere afstand beïnvloed worden door de windgradiënt. Zo zal bijvoorbeeld in de richtingen waarvoor zelden belastende wind heerst op jaargemiddelde basis de specifieke immissie lager zijn. Anderzijds kan in het bijzonder bij propagatie over een hard oppervlak (zeewater) het geluid door een tunneleffect sporadisch heel ver hoorbaar worden. Daarom worden hier twee situaties beschouwd: een matig belastende situatie en een "kritische situatie" voor windafwaartse propagatie.

Het specifiek geluid Lsp van het windturbinepark wordt in de matig belastende situatie berekend aan de hand van het overdrachtsmodel IMMI voor de 2 projectalternatieven, namelijk voor 66 windtubines van 5 MW en voor 110 windturbines van 5 MW. In de berekeningen worden de geluidsbronnen (de 66 windturbines van 5 MW of de 110 windturbines van 5 MW en de 2 transformatoren) voorgesteld als 68 puntbronnen voor het projectalternatief met 66 windturbines van 3 MW en 112 puntbronnen voor het projectalternatief met 110 windturbines van 3 MW, waarbij het geluid zich driedimensionaal voortplant. Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met de geluidsafname t.g.v. de afstand (D_{geo}), de bodeminvloed (D_{bodem}) die voor het gehele gebied hard (zeewater) verondersteld wordt en de luchtabsorptie (D_{lucht}). Voor de atmosferische attenuatie werd een temperatuur van 15 °C en 80 % relatieve vochtigheid aangenomen. De ontvangsthoogte is 4 m boven het zeeoppervlak 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.

In de Tabel 4.5.5 en Tabel 4.5.6 wordt het specifiek geluid boven water van het windturbinepark met respectievelijk 5 MW (66 windturbines) of 3 MW (110 windturbines) windturbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI) berekend in functie van de afstand.

Tabel 4.5.5: Berekend specifiek geluid boven water van een windturbinepark met 5 MW turbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI)

Geluidsniveau (dB(A))	*45*	*40*	*35*	*30*	*0*	*<50*
Afstand (m)	800-1150	1350-2000	2500-3350	4000-5150	Ter hoogte van de waarnemer aan de kustlijn (op ca. 42 km)	Ter hoogte van de waarnemer aan de grens met Nederland

Tabel 4.5.6: Berekend specifiek geluid boven water van een windturbinepark met 3 MW turbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI)

Geluidsniveau (dB(A))	*45*	*40*	*35*	*30*	*0*	*<50*
Afstand (m)	575-900	1150-1750	2000-3100	3650-4750	Ter hoogte van de waarnemer aan de kustlijn (op ca. 42 km)	Ter hoogte van de waarnemer aan de grens met Nederland

Figuur 4.5.5 en Figuur 4.5.6 geven respectievelijk de geluidscontouren weer van het specifieke geluid boven water van het "Belwind" windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW windturbines en 66 windturbines van 5 MW berekend met het IMMI overdrachtsmodel.

Figuur 4.5.5: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het "Belwind" windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW windturbines boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.

Figuur 4.5.6: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het "Belwind" windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW windturbines boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.

Bij een belastende wind (NW-wind van windturbine park naar de kustlijn) kan het geluid als het ware gevangen worden in een zone die ontstaat door enerzijds het akoestisch harde zeeoppervlak en anderzijds de windgradiënt die het geluid naar beneden buigt (Björk, 1999) In deze zone kan aangenomen worden dat het geluid tweedimensionaal (volgens een cilinder) voort propageert zoals in Figuur 4.5.7. Uit gegevens van een andere MER (Mer seanergy windturbinepark Vlakte van de Raan), wordt de straal van het kanaal gelijkgesteld aan 2 keer de ashoogte (2 x 70m (3 MW) en 2 x 80 m (5 MW)) van de windturbine (deze aanname is niet kritisch). Verder wordt er nog aangenomen dat alle windturbines zich in het midden van het windturbinepark bevinden, en wordt er rekening gehouden met de atmosferische absorptie bij 15 ° C en 80 % RV. De afstand tussen het evaluatie punt op de kustlijn en het middelpunt van het windturbinepark is ca. 46 km. De meest kritische situatie wordt berekend voor het windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW waarvan het geluidsvermogen voor één windturbine

gelijk gesteld wordt aan 112 dB(A) en voor het windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW waarvan het geluidsvermogen voor één windturbine gelijk gesteld wordt aan 108,7 dB(A).

Het specifieke geluid wordt ter hoogte van het meest kritische evaluatiepunt op de kustlijn berekend die het dichtst gelegen is bij het windturbinepark. Dit evaluatiepunt ligt op ongeveer 46 km van het middelpunt van het "Belwind" windturbinepark.

Tabel 4.5.7 geeft voor de 3 MW -5 MW windturbines de berekende geluidscontouren weer.

Tabel 4.5.7 : Berekend specifiek geluid van het windturbinepark boven water, in de meest kritische situatie

Geluidsniveau (dB(A))	*45*	*40*	*35*
110 windturbines van 3 MW (geluidsbronvermogen van 108,7 dB(A))	14 km	23,75 km	40 km
66 windturbines van 5 MW (geluidsbronvermogen van 112 dB(A))	14,5 km	25 km	42 km

Figuur 4.5.7 : Zone, waarin het geluid propageert, die ontstaat door enerzijds de windgradiënt en anderzijds het akoestisch harde zeeoppervlak

BEOORDELING VAN HET SPECIFIEKE GELUID

Onder water

Bij de beoordeling van het onder water geluid dient er wel opgemerkt te worden dat er hier een grote leemte in de kennis bestaat over de geluidsimmissie en – emissie van de gebruikte windturbines (3 MW of 5 MW).

In Figuur 4.5.3 werd het specifieke geluid van enkele verschillende windturbines weergegeven. Hieruit volgt dat het specifieke geluid van een windturbine vooral bestaat uit frequenties kleiner dan 1 kHz en een geluidsdrukniveau tussen <90 en 115 dB_{Leq} re 1 µPa op 1 m afstand.

Uit de bepaling van het omgevingsgeluid onder water (zie punt 4.5.2.2) wordt gesteld dat het achtergrondgeluidsniveau tussen 90 en 100 dB (re 1µPa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz in ondiepe kustwateren niet ongewoon zijn.

Gezien het windturbinegeluid in ondiep water ook in het frequentiegebied tussen 100 Hz en enkele kHz ligt, kan rekeninghoudende met een transmissieverlies van Thiele (TL = 15 LOG (r)) berekend worden dat er op een afstand van 500 m (veiligheidszone) van de windturbine onderwater een transmissieverlies van 40 dB zal voorkomen, waardoor het speciefieke geluid van de windturbine onderwater (max 120 dB re 1µPa – 40 dB = 80 re 1µPa) vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid.

Op deze afstand zullen er dus vermoedelijk geen effecten voorkomen op de onderwaterfauna. Wanneer er onder water een maximum achtergrondgeluidsniveau van 195 dB(re 1µPa) voorkomt, zullen de windturbines slechts tot 50 m duidelijk detecteerbaar zijn. Bij deze conclusie wordt er verondersteld dat voor alle onderwaterfauna een maskeereffect van de waarneming van geluid optreedt dat vergelijkbaar is

met het maskeereffect dat optreedt in het gehoor van de meeste landdieren. Bij hogere windsnelheden zal het specifieke geluid van de windturbine hoger worden, maar tegelijkertijd neemt ook het achtergrondgeluidsniveau toe door brekende golven en waterbeweging. Als besluit kan aangenomen worden dat het effect van het geluid van de windturbine onder water in het slechtste geval beperkt blijft tot het gebied tussen de windmolens en niet buiten de 500 m veiligheidsgrens zal gaan. Een belangrijke opmerking is wel dat bij het voorbijvaren van een klein schip reeds geluidsniveaus vastgesteld worden die meer dan 10 dB hoger zijn dan het gehanteerde maximale achtergrondgeluid. Het gaat hier dan wel om een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Boven water

Doordat er een leemte in de kennis bestaat met betrekking tot het achtergrondgeluidsniveau boven water, nemen we aan dat het geluid boven water tussen de 30 en de 40 dB(A) ligt. Deze geluidsniveaus werden gemeten in het potentiële stiltegebied 'Het Zwin' dat onder dezelfde vliegcorridor ligt als het projectgebied (Decloedt et al, 1998). Het specifieke geluid van het "Belwind" windtubinepark werd berekend voor 2 situaties, met name voor een matig belastende situatie[16] en voor een kritische situatie (komt slechts heel sporadisch voor) voor de 2 projectalternatieven (110 windturbines van 3 MW of 66 windturbines van MW).

110 windturbines van 3 MW

In de matig belastende situatie plant het geluid zich driedimensionaal voort, en bereikt op een afstand van 0,6- 0,9 km en op een afstand van 1,2 – 1,8 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Boven het wateroppervlak kunnen de windturbines tot op een afstand van ongeveer 4 km hoorbaar zijn. Net zoals onder water zal het specifieke geluid van de windturbines boven water toenemen naarmate de windsnelheid stijgt, maar dan zal tezelfdertijd ook het achtergrondgeluidsniveau stijgen.

Wanneer in een kritische situatie het geluid van een windturbine zich tweedimensionaal zou voortplanten volgens een cilinder, dan zou het specifieke geluid pas op 14 en 24 km een geluidsniveau krijgen van respectievelijk 45 en 40 dB(A), op voorwaarde dat de waarnemer zich in de richting van de wind bevindt.

66 windturbines van 5 MW

In de matig belastende situatie plant het geluid zich driedimensionaal voort, en bereikt op een afstand van 0,8- 1,2 km en op een afstand van 1,3 – 2 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Boven het wateroppervlak kunnen de windturbines tot op een afstand van ongeveer 5 km hoorbaar zijn. Net zoals onder water zal het specifieke geluid van de windturbines boven water toenemen naarmate de windsnelheid stijgt, maar dan zal tezelfdertijd ook het achtergrondgeluidsniveau stijgen.

Wanneer in een kritische situatie het geluid van een windturbine zich tweedimensionaal zou voortplanten volgens een cilinder, dan zou het specifieke geluid pas op 15 en 25 km een geluidsniveau krijgen van respectievelijk 45 en 40 dB(A), op voorwaarde dat de waarnemer zich in de richting van de wind bevindt.

Besluit

Algemeen kan er gesteld worden dat bij de dichtste afstand tot het windturbinepark, waar boten mogen varen (500 m veiligheidsgrens rond het park) de windturbines waarneembaar zullen zijn met een geluidsniveau van ongeveer 50 dB(A). 50 dB(A) is vergelijkbaar met het geluid van licht autoverkeer op 30 m, regen, een koelkast, omgevingsgeluid in het bos.

[16] 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 ten gevolge van temperatuursgradiënt te compenseren, maar de windsterkte toch zodanig beperkt is dat geen geluid door kerende golven in zee ontstaat

Aan de kustlijn

In beide situaties, werd het specifieke geluid van het windturbinepark berekend ter hoogte van de waarnemer, die zich aan de kustlijn bevindt op de kleinst mogelijke afstand tussen het windturbinepark en het vasteland.

In de matig belastende situatie wordt het specifieke geluidsniveau voor de 2 projectalternatieven (110 windturbines van 3 MW of 66 windturbines van 5 MW) berekend op 0 dB(A) ter hoogte van de waarnemer. In de meest kritische situatie, wordt het specifieke geluidsniveau voor 110 windturbines van 3 MW berekend op 33,7 dB(A) ter hoogte van de kustlijn. Ook in de meest kritische situatie bevindt het geluidsniveau zich ruim onder het achtergrondgeluidsniveau van de branding (ongeveer tussen de 50 en 60 dB(A) op 25 m van de kustlijn).

Wanneer de spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid voor de 2 projectalternatieven in de meest kritische situatie bekeken worden ter hoogte van de waarnemer (Figuur 4.5.8 en Figuur 4.5.9) zien we dat het spectrum van het golfgeluid hoger is dan het specifieke geluid van het windturbinegeluid, behalve in de lage frequentie 31,5 Hz.

Figuur 4.5.8 : Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid van het windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW in de meest kritische situatie ter hoogte van de waarnemer

Figuur 4.5.9: Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid van het windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW in de meest kritische situatie ter hoogte van de waarnemer

In het algemeen horen we frequenties van zo'n 3 kHz het luidst. Bij een lager totaal volume horen we vooral lage tonen slechter, tot in het geheel niet meer, en ook de hoogste frequenties worden wat minder.

Rekeninghoudende met de Fletcher - Munson krommes met isofonen (geven aan hoe sterk de geluidsdruk moet zijn om een gewaarwording van dezelfde luidheid te ervaren in functie van de frequentie, zie http://www.breem.nl/fldtechniek/ggehoor.htm 23-04-2007) kan er besloten worden dat het verschil van maximum 2 dB bij 31,5 Hz tussen het windturbinegeluid en het achtergrondgeluid niet hoorbaar zal zijn door het menselijk oor.

Het geluid van het windturbinepark zal bijgevolg niet detecteerbaar zijn vanaf de kust.

Er dient ook opgemerkt te worden dat de kritische situatie enkel voorkomt wanneer er een zogenaamd tunnel effect is. Dit tunneleffect komt enkel voor bij meewind condities (wind waait van windturbinepark naar de waarnemer op de kustlijn). De wind roos van Zeebrugge geeft aan dat er enkel een N-NW wind voorkomt gedurende 11 dagen per jaar.

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen

Hoewel windturbines en windturbineparken werden opgenomen in de VLAREM-indelingslijst van hinderlijke inrichtingen is de geluidsnormering volgens hoofdstuk 4.5 van VLAREM-II echter niet van

toepassing (Belgisch staatsblad 31.03.1999 p 10464[17]). Voor de volledigheid van de studie wordt het specifieke geluid van het windturbinepark toch vergeleken met de Vlarem II richtwaarde.

Daar het berekende specifieke geluid van het windturbinepark voor beide projectalternatieven (110 windturbines van 3 MW of 66 windturbines van 5 MW) in een matig belastende situatie kleiner is dan 0 dB(A) ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen, wordt de Vlarem II richtwaarden voor woongebied of voor een gebied voor verblijfsrecreatie en het achtergrondgeluid niet overschreden.

In Tabel 4.5.8 wordt het berekende specifieke geluid in een matig belastende situatie vergeleken met de VLAREM II richtwaarde voor een gebied 1 (verblijfrecreatie) en met het omgevingsgeluid, gemeten langs de Noordzee in de Polders (Nederland).

Tabel 4.5.8 : Vergelijking van het geluidsniveau ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties met een windturbinepark met 3-5 MW turbines

	Kust-zone	*VLAREM II richtwaarde*		*Metingen aan de Noordzee (MER 1998)*	*Vgl. VLAREM II*		*Vgl. Metingen*
		Verblijfs-recreatie	*Woon-gebied*		*Verblijfs-recreatie*	*Woon-gebied*	
Matig belastende situatie	0	30	35	30 tot 40	-30	-35	-30 tot –40

Opm. Alle waarden zijn in dB(A).

Wat de kritische situatie betreft is deze vergelijking niet uitgevoerd, daar deze niet zinvol is voor dergelijke extreme (theoretische) situaties wanneer de waarnemer zich in de richting van de wind bevindt (enkel 11 dagen per jaar).

Er wordt geen geluidshinder verwacht ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen.

Het windturbinepark voldoet ruimschoots aan de afstandsregel uit de omzendbrief (EME/2000.01 van 17 juli 2000), waaruit blijkt dat de windturbines zich op minimum 250 m van de dichtstbijzijnde woning moeten bevinden.

BESLUIT

Samenvattend worden de effecten van geluid gedurende de constructiefase voor de verschillende funderingstypes als volgt ingeschat (0 = geen effect; + beperkt effect).

3 MW/5 MW	*Monopile*	*Jacket-*	*Graviteitsfundering*

[17] Belgisch staatsblad 31.03.1999 p 10464

Art. 160. Aan hoofdstuk 5.2 van hetzelfde besluit wordt een afdeling 5.20.5 toegevoegd die luidt als volgt:

Afdeling 5.20.5. Installaties voor de productie van hydro-elektrische energie alsook installaties voor de winning van windenergie voor de energieproductie

Art. 5.20.5.1 § 1. De bepalingen van deze afdeling zijn van toepassing op de subrubrieken 20.1.5 en 20.1.6 van de indelingslijst.

§ 2. In afwijking van de bepalingen van hoofdstuk 4.5 zijn in dit geval geen geluidsnormen van toepassing. In de milieuvergunning kunnen geluidsemissiegrenswaarden worden opgelegd in functie van de omgevingssituatie.

		vakwerk	
Onderwater geluid	+	+	+
Bovenwater geluid 110 windturbines van 3 MW	+	+	+
Bovenwater geluid 66 windturbines van 5 MW	+	+	+

Ondanks dat er een beperkt effect wordt ingeschat, is de relatieve impact t.o.v. de windconcessie zone of het Belgische deel van de Noordzee aanvaardbaar.

4.5.4.3 Ontmantelingsfase

ONDER WATER

Bij de ontmanteling van het windturbinepark worden de windturbines ontmanteld. De fundering van een monopile en jacket-vakwerk blijft 2 meter beneden de zeebodem ter plaatse. De graviteitsfundering wordt leeggemaakt en vrijgemaakt en geheel afgevoerd naar land.

Wanneer het windturbinepark zal ontmanteld worden zal op basis van de staat van het park, de geldende wetgeving en de op dat tijdstip beschikbare technieken, werkmethodes ontwikkeld worden waarin ook de milieuzorg zal geïntegreerd zijn.

Bij de ontmanteling van de monopile of de jacket vakwerk fundering wordt na het verwijderen van de bevestigingsbouten de windturbine van de fundering gehesen. Vervolgens wordt het zand in de paalfundering tot op een diepte van enkele meters onder de zeebodem verwijderd (airlifting). De fundering wordt daarna op 2 m onder de zeebodem afgezaagd, waarna de paal wordt verwijderd. De impact van de ontmanteling op het omgevingsgeluid onder water, is niet bekend en dus een leemte in de kennis. Als worst case kan de geluidstoename in de ontmantelingfase vergeleken worden met de constructiefase.

Door het wegbrengen van de windturbines zal er een tijdelijke verhoging van het vrachtvervoer op zee zijn vergelijkbaar met de constructiefase, zodat er hogere geluidsniveaus optreden boven en onderwater. Deze verhoging zal echter verwaarloosbaar zijn t.o.v. de normale scheepvaart.

BESLUIT

Samenvattend worden de effecten van geluid gedurende de constructiefase voor de verschillende funderingstypes als volgt ingeschat (0 = geen effect; + beperkt effect).

3 MW/5 MW	*Monopile*	*Jacket-vakwerk*	*Graviteitsfundering*
Onderwater geluid	+	+	0
Bovenwater geluid	+	+	+

Ondanks dat er een beperkt effect wordt ingeschat, is de relatieve impact slechts tijdelijk en bijgevolg aanvaardbaar.

4.5.5 Bepaling van het specifieke geluid bij de bekabeling

De aanleg van enerzijds de kabels tussen de windturbines en het transformatorplatform en anderzijds de kabel tussen het windturbinepark en de aanlanding op de kust, zal in zee gebeuren aan de hand van een speciaal ingericht schip. De kabel wordt tot minimum 1 m onder de zeebodem in het windturbinepark en onder de zeebodem in het traject tussen het park en de haven ingegraven door middel van jetting of ploegen. Wanneer de kabel een bestaande vaargeul doorkruist, wordt de kabel op een diepte van

minimum 4 m onder de zeebodem gelegd d.m.v. het baggeren van een sleuf (geluidtoename zie hoofdstuk 0 het onderwater geluid van een baggerschip). Er bestaat een leemte in de kennis betreffende het geluid van zo'n schip. Ten gevolge van de bekabeling wordt een tijdelijke verhoging van het geluid verwacht zowel boven als onderwater. Deze geluidstoename zal slechts over een zeer korte tijd waargenomen worden en wordt bijgevolg niet verder besproken.

4.5.6 Beoordeling van trillingshinder

Windturbines produceren verschillende types mechanische trillingen (MER 1999):

- Laagfrequente trillingen: ontstaan door het voorbijgaan van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast.
- Hoogfrequente trillingen: ontstaan door de draaiende onderdelen van de generator in de gondel de interactie van wind met de windturbine (het aërodynamisch 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).

In de studie over de geluidsimpact van windturbines onder water (Odegaard & Danneskiold-Samsoe a/S, 2002) werden de trillingen gemeten van een 2 MW windturbine (Neg-Micon) die op het land staat. Uit een vergelijking van deze trillingen met de trillingen van twee windturbines onderwater met een nominaal vermogen van respectievelijk 0,550 MW en 0,450 MW, volgt dat de trillingen van een 2 MW windturbine tot 100 Hz groter zijn maar dat vanaf 100 Hz de trillingen van de windturbines van 0,550 en 0,450 MW in het water groter zijn dan de trillingen van de 2 MW windturbine op het land. De trillingen van de gebruikte windturbines (3 MW of 5 MW windturbine) zijn niet gekend en zijn bijgevolg een leemte in de kennis.

4.5.7 Beoordeling van elektromagnetische velden

Doordat drie-aderige kabels worden toegepast, zullen de magnetische velden van de aders elkaar grotendeels opheffen. Een eventueel restveld wordt nog deels geëlimineerd door de staalband. De ingraafdiepte (1 m) reduceert de dan nog resterende veldsterkte et het kwadraat van de lengte. Bijgevolg wordt verwacht dat er slechts een verwaarloosbaar uitwendig magnetisch of elektrisch veld optreedt.

4.5.8 Grensoverschrijdende geluidseffecten

Algemeen kunnen we concluderen dat daar het geluidseffect in België zeer beperkt blijft, er geen geluidseffect op het vaste land in Nederland verwacht wordt door de relatief grotere afstand.

Doordat de grens van de Nederlandse wateren slechts 0,5 km van het windturbinepark verwijderd is, zal er boven water aan de grens een specifieke geluid van ongeveer 50 dB(A) verwacht worden.

4.5.9 Leemten in de kennis

Het onderwatergeluid is de belangrijkste leemte in de kennis. Zowel de emissie van geluid naar het water als de propagatie in ondiep kustwater met hoge stromingen, grote concentraties van zand in suspensie en eventueel brekende golven en zeer poreuze bodem moeten aan grondiger onderzoek onderworpen worden.

De geluidsemmisie en –immissie onder water door het heien van paalfunderingen is afhankelijk van de diameter en lengte van de windturbine, de plaatselijke geologie en bathymetrie en is bijgevolg niet te begroten.

Er ontstaat 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 (Enercon, Repower, Vestas…) van een 3 of 5 MW windturbine die zal gebruikt worden is niet gekend. Het geluidsvermogenniveau werd bijgevolg bepaald aan de hand van literatuurgegevens van bestaande windturbines van 3 en 5 MW. De toepassing van andere windturbines met dezelfde afmetingen leidt in het algemeen niet tot noemenswaardig hogere geluidniveaus.

4.5.10 Milderende maatregelen

Gezien de leemte in de kennis met betrekking tot de impact van het onderwater geluid van windturbines die in dit project gebruikt zullen worden (3 MW of 5 MW) lijkt het niet zinvol om milderende maatregelen voor te stellen ter bestrijding van het onderwater geluid. Er wordt wel voorgesteld om observaties van het onderwater geluid te houden (zie monitoring). Indien uit deze observaties blijkt dat er wel een grote impact onderwater voorkomt, dienen er alsnog milderende maatregelen genomen te worden.

Doordat het aantal waarnemers op zee die de windturbines frequent zullen waarnemen zo beperkt is, lijkt het evenmin nuttig milderende maatregelen voor te stellen voor het luchtgeluid. Bij Bligh bank zullen moderne offshore windturbines worden ingezet, waarbij bij het ontwerp en de productie van de windturbines gestreefd wordt naar reductie van windturbinegeluid.

4.5.11 Monitoring

Als monitoringprogramma kan een observatie van het onderwater geluid voorgesteld worden bij verschillende werkingsregimes (windsnelheden, golfhoogtes, …) en op verschillende afstanden. Correlatie van deze meetresultaten met trillingsmetingen op de mast kan bijkomend inzicht opleveren met betrekking tot de emissie van onderwatergeluid.

Voor het Belwind project wordt met betrekking tot monitoring van bovengenoemde parameters bij het C-Power project en het Eldepasco Project aangesloten (zie paragraaf 1.2.2.4).

4.6 FAUNA, FLORA EN BIODIVERSITEIT

Het onderdeel Fauna en Flora behandelt vier verschillende groepen organismen namelijk het benthos (macro – en epibenthos), de vissen, de avifauna en de zeezoogdieren. De grotere waterdiepte (en dus te weinig licht) ter hoogte van de domeinconcessie belet namelijk de groei van planten in de vorm van vastzittende algen. Per groep wordt een beschrijving gegeven van de methodiek, de referentiesituatie, de mogelijke effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines en de bijhorende bekabeling, eventuele leemten in de kennis, milderende maatregelen en monitoring.

4.6.1 Benthische invertebraten en vissen

Gezien gelijkaardige effecten zullen optreden voor het benthos en de demersale vissen worden beide groepen samen behandeld.

Mariene bodemdieren of kortweg benthos wordt onderverdeeld in vijf groepen van organismen die onderscheiden worden op basis van hun grootte en/of voorkomen in het substraat. In deze studie wordt enkel het macrobenthos en het epibenthos in beschouwing genomen. Macrobenthische organismen (vnl. schelpdieren, borstelwormen en schaaldieren) worden beschouwd als die soorten die in het sediment leven, efficiënt met een Van Veen grijper (staalname oppervlakte: 0,1 m^2) worden bemonsterd, en bij het opspoelen van de stalen achterblijven op een zeef met een maaswijdte van 1 mm. Het epibenthos (vnl. schaaldieren en zeesterren) wordt omschreven als de organismen die op de bodem leven en efficiënt met een boomkor worden bemonsterd.

De studie van de vissen legt de nadruk op de demersale vissen. Deze groep van vissen zal namelijk het meeste rechtstreekse hinder ondervinden van de geplande activiteiten. De 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. Indien er zich bepaalde effecten zullen voordoen op de volledige vispopulatie, dan zullen deze kort meegenomen worden in de effectbeschrijving.

4.6.1.1 Methodologie

BENTHOS

Nul-monitoring C-Power

Gezien op huidig ogenblik geen specifieke studie beschikbaar is van de Bligh Bank, is voor de beschrijving van de referentiesituatie een beroep gedaan op de studie uitgevoerd in het kader van het C-Power project naar de referentietoestand op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006). In de studie van De Maersschalck *et al.* (2006) werd zowel het macro- als epibenthos in detail bestudeerd (densiteit, diversiteit, biomassa). De Thorntonbank ligt -in tegenstelling tot de Bligh Bank- evenwijdig met de kustlijn en op ca. 15 km van de Bligh Bank, waardoor met enige omzichtigheid met deze data moet omgesprongen worden. Anderzijds is het de meest recente studie van de meest nabijgelegen zandbank waardoor het de best beschikbare informatie is op huidig ogenblik. De studie bevat bovendien een aantal rechtstreekse verwijzingen naar de Bligh Bank. Tenslotte moet er op gewezen worden dat de C-Power referentiestudie zich concentreert op de toppen van de zandbank, terwijl het projectgebied van Belwind zich ook voor een groot deel in de geulen situeert. De studie van De Maersschalck *et al.* (2006) kan daarom als basis beschouwd worden voor de beschrijving van de referentietoestand van de Bligh Bank, maar zal verder aangevuld worden met andere studies. In volgende paragrafen wordt de bemonsteringsstrategie voor zowel het macrobenthos als het epibenthos nader toegelicht.

Macrobenthos

In 2005 werden tijdens een voorjaars- (ST0504b) en najaarscampagne (ST0525) respectievelijk 76 en 75 stations bemonsterd: 11 in de westelijke concessiezone C-Power (WTA), 19 in de oostelijke concessiezone C-Power (WTB), 15 in de randgebieden (WTC), 15 in het referentiegebied op de Thorntonbank (WTR), 16 (15) in het referentiegebied op de Gootebank (WGR) (Figuur 4.6.1).

Figuur 4.6.1: Positie van de stations op de Thorntonbank (WTA = westelijke concessiegebied, WTB = oostelijke concessiegebied; WTC = randzones; WTR: referentiegebied) (De Maersschalck *et al.*, 2006)

Het macrobenthos werd bemonsterd met een Van Veen grijper (staalnameoppervlakte: 0,1 m²). Naast de standaard gegevens over totale densiteit (aantallen per m²) werd ook de diversiteit in rekening gebracht aan de hand van de indices van Hill (Hill, 1973). De totale biomassa per soort werd bepaald aan de hand van de conversie van nat gewicht (WW) naar asvrij drooggewicht (AFDW) met de conversiefactoren van Brey (2001). De dominante soorten (= alle soorten met een gemiddelde procentuele bijdrage van = 15 % aan de gemiddelde totale densiteit of de gemiddelde totale biomassa van het gebied) werden bepaald voor de concessiegebieden en de randzones aan de hand van Simper (Clarke & Gorley, 2001). De densiteit en biomassa van deze soorten werden in detail geanalyseerd.

Een detailbeschrijving van de gemeenschapsstructuur van het macrobenthos werd uitgevoerd aan de hand van een gemeenschapsanalyse. Voor deze gemeenschapsanalyse werden de gegevens van de voorjaars- en najaarscampagne toegevoegd aan de gegevens verzameld sinds 1994 (gegevens Universiteit Gent, Departement Biologie, Sectie Mariene Biologie, MS access database 'MacroDat'), waarbij aan de hand van 690 stalen vier gemeenschappen s.s. en drie overgangsgemeenschappen onderscheiden werden (Degraer *et al.*, in prep.).

Epibenthos

In 2005 werden tijdens een voorjaars- (maart; ST0504b) en najaarscampagne (oktober; ST0525) in totaal tweemaal 12 visslepen uitgevoerd: telkens 1 in beide concessiegebieden op de Thorntonbank (WTA en WTB) en 2 in de randzone van deze gebieden (WTC), 3 in het referentiegebied op de Thorntonbank ten zuidwesten van de concessiegebieden (WTR) en 3 op de Gootebank (WGR), waarbij ook telkens 1 station op de top en 2 in de randzone van beide referentiegebieden (Figuur 4.6.2).

Figuur 4.6.2: Positie van de visslepen in het westelijk (WTA) en oostelijk (WTB) concessiegebied en in de randzones (WTC) op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006)

Het epibenthos werd bemonsterd met een 8-meter boomkor met een fijnmazig garnalennet (maaswijdte 22 mm in de kuil) en een bollenpees zonder wekkerkettingen. Het net werd over de bodem gesleept aan een snelheid van 4 knopen gedurende 30 minuten. De slepen volgden min of meer de dieptelijnen parallel met de kust om de variatie in diepte binnenin 1 sleep te beperken. Voor het epibenthos werden ofwel substalen van 6 of 10 liter uit de totale fractie ofwel 6 liter uit de visfractie en telkens 2 (of 1) liter uit de andere fracties diepgevroren voor verdere analyse in het labo. De zeesterren uit deze deelstalen werden wel eerst aan boord geteld. De volgende gegevens werden bij de 3 verschillende fracties verzameld: de aangetroffen soorten, hun abundanties, totale biomassa per soort. Er werden verschillende multivariate analyses uitgevoerd voor het epibenthos, namelijk Twinspan en Cluster-analyse gebaseerd op Bray-Curtis dissimilariteit en groupaverage sorting als klassificatie-technieken én Correspondentie Analyse (CA) als ordinatie-techniek (McCune & Mefford 1999; Statsoft 2003). Ten slotte werd het relatieve voorkomen van het epibenthos in de 4 gebieden ruimtelijk gesitueerd t.o.v. de rest van het Belgische Deel van de Noordzee. Daartoe werden de gegevens van densiteit en soortenrijkdom uit deze studie vergeleken met gegevens die verzameld werden tijdens dezelfde Belgica campagnes in het voor- en najaar 2005 in het kader van andere projecten door ILVO-Visserij. In totaal werden gegevens van 85

visslepen gebruikt (opgeslagen in de databank van ILVO-Visserij). De gegevens van beide seizoenen werden ter vereenvoudiging voor deze vergelijking uitgemiddeld, zodat 47 waarden overblijven.

Andere recente studies

Vervolgens 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 Belgische Deel van de Noordzee. 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:

- Studies uitgevoerd door de Sectie Mariene Biologie naar de macrobenthosgemeenschappen (Van Hoey *et al.*, 2004; Degraer *et al.*, in prep.; De Maersschalck *et al.*, 2006) in relatie tot natuurlijke en antropogene invloeden in de Noordzee (UG- 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 Belgische Deel van de Noordzee weergeeft;
- De macrobenthosatlas van het Belgische Deel van de Noordzee (Degraer *et al.*, 2006) tracht aan de hand van verspreidingskaarten van 53 belangrijke soorten van het macrobenthos een beeld te geven van de middellange termijn evolutie (1976-1986 versus 1994-2001) van het voorkomen van deze soorten in het Belgische Deel van de Noordzee. Een totaal van 979 stalen genomen op 771 verschillende staalnamepunten, verzameld in het kader van diverse onderzoeksprojecten, werden gebruikt voor de opmaak van de verspreidingskaarten. De macrobenthosstalen werden bemonsterd met een Van Veen grijper (staalnameoppervlakte: 0,1 m²) en bewaard in een 8 % formaldehyde-zeewateroplossing. Vervolgens werd een selectie gemaakt van 53 macrobenthische soorten op een totaal van 265 voor de opmaak van de verspreidingskaarten.

VISSEN

In de studie van De Maersschalck *et al.* (2006) werden naast het macro- en epibenthos, ook de demersale vissen bestudeerd. De demersale visfauna wordt omschreven als de organismen die op of in de nabijheid van de bodem leven en efficiënt met een boomkor bemonsterd kunnen worden. Gezien de nabijheid van de Thorntonbank (± 15 km) en het mobiele karakter van vissen, wordt deze studie als basis gebruikt voor de beschrijving van de referentietoestand van de vissen op de Bligh Bank. Recente monitoringsstudies zijn uitgevoerd op de Bligh Bank, maar deze data zijn nog niet publiek beschikbaar (m.m. ILVO).

In 2005 werden tijdens een voorjaars- (maart; ST0504b) en najaarscampagne (oktober; ST0525) in totaal tweemaal 12 visslepen uitgevoerd: telkens 1 in beide concessiegebieden op de Thorntonbank (WTA en WTB) en 2 in de randzone van deze gebieden (WTC), 3 in het referentiegebied op de Thorntonbank ten zuidwesten van de concessiegebieden (WTR) en 3 op de Gootebank (WGR), waarbij ook telkens 1 station op de top en 2 in de randzone van beide referentiegebieden (Figuur 4.6.2).

De demersale visfauna werd –identiek als het epibenthos- bemonsterd met een 8-meter boomkor met een fijnmazig garnalennet (maaswijdte 22 mm in de kuil) en een bollenpees zonder wekkerkettingen. In sommige gevallen werd de volledige vangst op een spoel- en zeefmachine gebracht. Er werden dan drie fracties gevormd: een visfractie, een grove of garnaalfractie en een fijne fractie. Alle vissen werden direct gedetermineerd, geteld en gemeten, behalve de grondels die in het labo verder werden verwerkt.

Analoog als bij het epibenthos werden bij de 3 verschillende fracties, de aangetroffen soorten, hun abundanties en de totale biomassa per soort bepaald. Ook de gebruikte multivariate analyses en de

situering t.o.v. de rest van het Belgische Deel van de Noordzee is gelijkaardig als deze beschreven bij het epibenthos.

4.6.1.2 Referentiesituatie

Bij de beschrijving van de referentietoestand zal eerst een algemeen beeld gegeven worden van het Belgische Deel van de Noordzee. Vervolgens worden de belangrijkste resultaten van de nul-monitoring op de Thorntonbank samen met de beschreven studies gebruikt om een zo gedetailleerd mogelijke beschrijving te geven van het projectgebied op de Bligh Bank.

INLEIDING

Het projectgebied (concessiegebied) verwijst naar de zone waarbinnen de windturbines, het transformatorplatform en de bekabeling zullen worden aangebracht. Het studiegebied verwijst naar de zone waarbinnen er zich verstoring van fauna en flora kan voordoen ten gevolge van de constructie, de exploitatie en de ontmanteling van het windturbinepark.

Het projectgebied is gelegen op de Bligh Bank die deel uitmaakt van de Hinderbanken. De Hinderbanken bevinden zich 35 tot 60 km van de kust. Deze banken zijn zuid-west-noordoost georiënteerd en de kruinzones (toppen) van de banken bevinden zich net als de Zeelandbanken beneden de 10 meter dieptelijn. De Zeelandbanken waartoe ook de Thorntonbank (C-Power) behoort, liggen echter parallel met de kustlijn op een afstand van ongeveer 15 tot 35 km van de kust.

Het windturbinepark is gelegen binnen de afgebakende concessiezone voor windenergie volgens het KB 17/05/2004 (kortweg: windconcessie zone) op ca 45 km van de Belgische kust. Het windturbinepark situeert zich deels op de Bligh Bank zelf (± 1/3 van de bank) en deels in het omringende geulsysteem. Het concessiegebied beslaat in totaal 35,5 km² (exclusief veiligheidszones), naast de zone die door de bekabeling naar land in beslag genomen wordt.

Mariene bodemdieren of benthos spelen een belangrijke rol in het voedselweb (belangrijk prooiaanbod voor demersale vissen) en het ecosysteem; ze dragen bij tot de biodiversiteit en de productiviteit van de zee en het zijn belangrijke indicatoren voor de 'gezondheid' van mariene systemen.

Het benthos wordt onderverdeeld in vijf groepen van organismen die onderscheiden worden op basis van hun grootte en/of voorkomen in het substraat:

- Boven de bodem (epifauna): hyperbenthos (macro) en epibenthos (macro);
- In de bodem (endofauna): microbenthos (vnl. ééncelligen en bacteriën), meiobenthos (< 1 mm) en macrobenthos (> 1 mm).

In deze studie wordt enkel aandacht besteed aan het epibenthos en het macrobenthos.

Voor de vissen wordt enkel gekeken naar de vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven (demersale vissen) daar zij naar alle waarschijnlijkheid de meeste hinder zullen ondervinden van de geplande werkzaamheden.

MACROBENTHOS

Macrobenthische infauna (=macrobenthos) zijn soorten die in het sediment leven en groter zijn dan 1 mm. Hun gemiddelde grootte varieert tussen 1 en 100 mm. De belangrijkste vertegenwoordigers zijn de wormen (Annelida) (voornamelijk borstelwormen (Polychaeta)), de schaaldieren (Crustacea) (voornamelijk vlokreeften (Amphipoda)), de schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk tweekleppigen (Bivalvia) en zeehuisjes-slakken (Gastropoda)) en de stekelhuidigen (Echinodermata) (voornamelijk zee-

egels (Echinoidea)). Het macrobenthos vormt een ideale indicator voor het monitoren van antropogene effecten omdat de organismen makkelijk te identificeren en te kwantificeren zijn.

Het Belgische Deel van de Noordzee

Er kunnen twee gradiënten worden waargenomen in de aanwezigheid van macrobenthische organismen op het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ). Een eerste gradiënt in de biodiversiteit loopt van het westen naar het oosten. Ten gevolge van de negatieve invloed van de instroom van verontreinigd water (nutriënten, organische polluenten en zware metalen) afkomstig uit de Westerschelde, is de biodiversiteit in de oostelijke zone minder groot dan die in de westelijke zone (Cattrijsse & Vincx, 2001). Een tweede gradiënt loopt van de ondiepe kustzone naar de zone dieper in zee. De verspreiding van de macrobenthos soortenrijkdom en abundantie langs deze onshore-offshore gradiënt is sterk variabel, met soorten- en densiteitsarme stations langsheen de volledige gradiënt en soorten- en densiteitsrijke stations beperkt tot de kustzone (< 15 NM) (Van Hoey *et al.*, 2004).

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 Zeeland, 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 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.

De studie van Van Hoey *et al.* (2004) (data 1994 - 2000) onderscheidt 10 macrobenthos soortenassociaties voor zandige sedimenten langsheen de onshore-offshore gradiënt van het Belgische Deel van de Noordzee, afhankelijk van de diepte, het percentage slib en de sedimentsamenstelling (mediane korrelgrootte). De gemeenschapsanalyse is gebaseerd op verschillende multivariate technieken: group-averaging cluster analyse (Bray-Curtis similariteit), Detrended Correspondence Analysis (DCA) en TWINSPAN, op basis van 728 stalen en 156 taxa. Binnen deze groep worden 4 duidelijk afgescheiden gemeenschappen geïdentificeerd (Type I soortenassociaties), daartussenin 6 overgangssoortenassociaties (Type II soortenassociaties). De vier type I soortenassociaties kunnen als gemeenschappen beschouwd worden omwille van hun extreme positie langs de habitat gradiënten (diepte, mediane korrelgrootte en slibgehalte) (Van Hoey *et al.*, 2004). In Degraer *et al.* (in prep) wordt nog een gemeenschap op het Belgisch continentaal plat onderscheiden: de *Macoma balthica* gemeenschap.

De type I- gemeenschappen voor zandige sedimenten worden als volgt gekenmerkt (Tabel 4.6.1):

Tabel 4.6.1: Type I macrobenthische gemeenschappen van het BDNZ (naar Van Hoey *et al.*, 2004, Degraer *et al* (in prep))

Gemeenschap	*Sedimentsamenstelling*	*Geografiche verspreiding*	*Densiteit*	*Diversiteit*
Eurydice pulchra – Scolelepis squamata	Zand strand – hoog intertidaal	Intertidal	Matig (983 ind/m²)	Zeer laag (5 spp/staal)
Macoma balthica	Oostkust – subtidaal	0 tot 6 NM	Laag (569 ind/m²)	Laag (7 spp/staal)
Abra alba – Mysella bidentata	Slib tot fijn zand – subtidaal	0 tot 15 NM	Hoog (6432 ind/m²)	Hoog (30 spp/staal)
Nephtys cirrosa	Goed gesorteerd fijn tot medium zand - subtidaal	0 – 34 NM	Laag (402 ind/m²)	Laag (7 spp/staal)
Ophelia limacina – Glycera lapidum	Grof zand – subtidaal	0 – 34 NM	Zeer laag (190 ind/m²)	Zeer laag (5 spp/staal)

De beschreven gemeenschappen zijn de voorkomende gemeenschappen voor zandige sedimenten. Recentelijk is ook onderzoek verricht naar grind-gemeenschappen. Staalnamen met een Hamon grab zijn reeds genomen, maar nog geen resultaten zijn bekend (mond. med. G. Van Hoey, Sectie Mariene Biologie).

Macrobenthische gemeenschappen in gematigde gebieden zijn onderhevig aan sterke jaarlijkse variatie binnen de gemeenschapsstructuur (Turner *et al.*, 1995). Temporele variatie (1994 - 2000) binnen deze 10 soortenassociaties op het BDNZ is aanwezig, maar verschuivingen binnen de verschillende soortenassociaties zijn niet waargenomen (Van Hoey *et al.*, 2004).

Bligh Bank

Er worden twee macrobenthische gemeenschappen aangetroffen op de Bligh Bank: de *Nephtys cirrosa* gemeenschap en de *Ophelia limacina-Glycera lapidum* gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004; Degraer *et al.*, 2006).

De *Nephtys cirrosa* gemeenschap is de wijdst verbreide gemeenschap in het Belgische Deel van de Noordzee en komt voor in iets fijnzanderige sedimenten. De gemeenschap wordt gekenmerkt door een lage soortenrijkdom en dichtheid (Tabel 4.6.1), typisch voor goedgesorteerde mobiele zanden. Mobiele polychaeta (o.a. *Nephtys cirrosa*) en crustacea (o.a. *Bathyporeia guilliamsoniana* en *Urothoe brevicornis*) zijn typische soorten voor deze gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). De dominante soorten zijn gelijkaardig als deze gevonden op de Thorntonbank. Op de Thorntonbank werden ze aangetroffen met volgende abundanties: *Nephtys cirrosa* (tussen 0 en 160 ind/m²), *Bathyporeia guilliamsoniana* (tussen 0 en 160 ind/m²), *Urothoe brevicornis* (tussen 0 en 450 ind/m²) en *Spiophanes bombyx* (tussen 0 en 140 ind/m²; in de randzone) (De Maersschalck *et al.*, 2006). In termen van biomassa betekent dit *Nephtys cirrosa* (tussen 0 en 1800 mg AFDW/m²), *Bathyporeia guilliamsoniana* (tussen 0 en 100 mg AFDW/m²) en *Urothoe brevicornis* (tussen 0 en 100 mg AFDW/m²) (De Maersschalck *et al.*, 2006). Zowel de abundanties als de diversiteit, biomassa's en productiviteit zijn in de meeste stations in het najaar hoger dan in het voorjaar. De dominante soorten (*Bathyporeia guilliamsoniana, Nephtys cirrosa, Spiophanes bombyx* en *Urothoe brevicornis*) werden reeds in de periode 1976-1986 en in de periode 1994-2001 waargenomen (De Maersschalck *et al.*, 2006). Opmerkelijk was echter de lichte stijging van de densiteit van deze soorten doorheen de tijd.

De *Ophelia limacina-Glycera lapidum* gemeenschap wordt teruggevonden in grofzandige sedimenten, voornamelijk ver van de kust. Deze gemeenschap wordt gekarakteriseerd door zeer lage densiteiten en een zeer lage diversiteit (Tabel 4.6.1). *Nephtys cirrosa*, *Ophelia limacina* en *Glycera lapidum* zijn de typische soorten voor deze gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004).

Gezien de Bligh Bank algemeen gekenmerkt wordt door een lagere biologische waarde, zullen de waargenomen densiteits- en biomassagegevens van de dominante soorten hier wellicht iets lager zijn dan op de Thorntonbank. De biologische waarderingskaart (Derous *et al.*, 2007) bevestigt deze bevindingen en classificeert de Bligh Bank als een gebied met een matige tot lage biologische en ecologische waarde (Figuur 4.6.3).

Figuur 4.6.3: Biologische en ecologische waarde Bligh Bank (Derous *et al.*, 2007)

EPIBENTHOS

Macrobenthische epifauna (epibenthos) omvat alle organismen (> 1 mm) die op of dicht boven de bodem voorkomen. De belangrijkste groepen zijn de zeeanemonen (Anthozoa) behorend tot het phylum neteldieren (Cnidaria); de krabben (Brachyura), heremietkreeften (Anomura) en garnalen (Caridea)) behorend tot de schaaldieren (Crustacea); het phylum schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk twee-kleppigen (Bivalvia); zeehuisjesslakken (Gastropoda); inktvissen en pijlinktvissen (Cephalopoda)), en tenslotte het phylum stekelhuidigen (Echinodermata) (slangsterren (Ophiuroidea); zee-sterren (Asteroidea); zee-egels (Echinoidea)).

Het 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 grootte-orde hoger in de kustzone (tot 15 km uit de kust) in vergelijking met de rest van het BDNZ (Figuur 4.6.4). De gemiddelde densiteit varieerde tussen 2 en 1600 ind/1000m². De epibenthische densiteit nam beduidend af in de offshore gebieden >15 km uit de kust.

In totaal werden op het BDNZ (en het aangrenzende stukje NCP) 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 4.6.5). 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 de 3 'zones' (oost, west, offshore) weliswaar minder duidelijk uitgesproken. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde er tussen 12 en 20 soorten per vissleep. De densiteit en soortenrijkdom vertoonden een min of meer 4-jaarlijks oscillerend patroon in de randzones rond de Oostdyck en de Bligh Bank te wijten aan hogere densiteiten van vooral gewone slangster *Ophiura ophiura*.

Figuur 4.6.4: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos (De Maersschalck *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.5: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor het epibenthos (De Maersschalck *et al.*, 2006)

Bligh Bank

Binnen de studie van De Maersschalck *et al.* (2006) werd een onderscheid gemaakt tussen de concessiegebieden (toppen van de zandbanken; = 20 m diepte) en de randzones (dieper gelegen; ± 30

m). De resultaten in verband met de referentietoestand van de epifauna op de Thorntonbank kunnen als volgt worden samengevat:

Tabel 4.6.2: Overzicht biologische parameters van epibenthos op de Thorntonbank (naar De Maersschalck *et al.*, 2006)

		WTW (westelijk; bank)	WTB (oostelijk, bank)	WTC (rand; geul)
Densiteit	Voorjaar	Laag	Zeer laag	Hoog
	Najaar	Laag	Zeer laag	Laag (1.5-3 x hoger dan op bank)
Diversiteit	Voorjaar	Laag	Laag	Hoog
	Najaar	Hoog	Hoog	Hoog
Biomassa	Voorjaar	Laag	Laag	Hoog
	Najaar	Hoog	Hoog	Hoog
Dominante soorten	Voorjaar	O. albida, C. crangon, P. bernhardus, L. holsatus	C. crangon, P. bernhardus	O. albida, C. crangon, P. bernhardus, L. holsatus
	Najaar	C. crangon, L. holsatus	L. holsatus, pijlinktvissen	O. albida, C. crangon, P. bernhardus, L. holsatus, L. vulgaris

In totaal werden 38 epibentische soorten genoteerd op de Thorntonbank. De totale densiteit lag in de meeste zones gemiddeld 4 maal hoger in het voorjaar 2005 (43 ind/1000m²) t.o.v. het najaar 2005 (10 ind/1000m²). Algemeen worden in de dieper gelegen stations (randzones/geulen) gemiddeld iets meer soorten gevonden dan in de ondiepere stations (De Maersschalck *et al.*, 2006). De stations op de top van de zandbanken zijn bovendien gekenmerkt door een veel lagere densiteit en biomassa (gemiddeld 4-5x) dan de diepere stations (De Maersschalck *et al.*, 2006) (Tabel 4.6.2). Dezelfde dominante soorten worden zowel op de bank als in de geul aangetroffen. (Tabel 4.6.2)

De densiteitswaarden voor de concessiegebieden, de randzones en de referentiegebieden uit deze studie waren vrij laag, intermediair tussen de kustwaarden en de verderaf gelegen gebieden. Dit kwam grotendeels overeen met andere studies van ILVO-Visserij die gebruik maakten van gegevens uit andere jaren (zie o.a. Calewaert *et al.*, 2005).

Dezelfde patronen kunnen verwacht worden voor de Bligh Bank. Gezien zijn offshore ligging (± 15 km zeewaarts van de Thorntonbank) zijn de densiteiten en biomassawaarden iets lager dan op de Thorntonbank en zeker veel lager dan de rijke kustgebieden (Figuur 4.6.6).

Figuur 4.6.6: Densiteit, soortenrijkdom en biomassa van het epibenthos op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006)

VISSEN

De belangrijkste ordes van de demersale vissen zijn de Haringachtigen (Clupeiformes), de Kabeljauwachtigen (Gadiformes), de Baarsachtigen (Perciformes), de Platvissen (Pleuronectiformes) en de Schorpioenvisachtigen (Scorpaeniformes).

Het Belgische Deel van de Noordzee

De kustzone is duidelijk rijker aan demersale vissen dan de verderaf gelegen gebieden (Figuur 4.6.7). In totaal werden op het BCP (en het aangrenzende stukje NCP) 52 demersale 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 (Figuur 4.6.8). Het aantal soorten lag 25 % lager in de oostelijke kustzone in vergelijking met de kustzone tussen 5 en 15 km uit de kust. Ook in de offshore gebieden van het BCP >30 km uit de kust (Hinderbanken) lag de soortenrijkdom vrij hoog.

Figuur 4.6.7: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor de demersale visfauna (De Maersschalck *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.8: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor de demersale visfauna (De Maersschalck *et al.*, 2006)

Bligh Bank

De Maersschalck *et al.* (2006) toont gelijklopende patronen voor de Oostdyck, Blighbank en Thorntonbank (Figuur 4.6.7 en Figuur 4.6.8). De resultaten in verband met de referentietoestand van de demersale vissen op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006) kunnen dus als basis dienen voor de Bligh Bank en worden als volgt samengevat.

In totaal werden 40 demersale vissoorten genoteerd in 2005, waarvan 32 soorten in het voorjaar en 29 in het najaar. In het najaar werden 7 soorten aangetroffen die niet in het voorjaar voorkwamen, terwijl omgekeerd 11 soorten die in het voorjaar wel voorkwamen niet werden teruggevonden in het najaar.

In het voorjaar waren de belangrijkste soorten in termen van densiteit in alle zones: sprot *Sprattus sprattus* en haring *Clupea harengus* (Clupeiformes), naast rasterpitvis *Callionymus reticulatus* en in mindere mate gewone pitvis *Callionymus lyra* (Perciformes), en schar *Limanda limanda* en dwergtong *Buglossidium luteum* (Pleuronectiformes). Het najaar werd overheerst door horsmakreel *Trachurus trachurus*, kleine pieterman *Echiichtys vipera*, beide pitvissen en dikkopje *Pomatoschistus minutus* voor de Perciformes en dwergtong *Buglossidium luteum* en schar *Limanda limanda* voor de Pleuronectiformes. In het voorjaar behoorden de belangrijkste vertegenwoordigers tot de Clupeiformes (>80 %). In het najaar daarentegen waren de Clupeiformes zo goed als afwezig.

Een duidelijk onderscheid is waarneembaar tussen de toppen en de randen van de bank. Algemeen gezien is de gemiddelde densiteit ongeveer 75-80 % lager op de toppen dan in de geulen. De gemiddelde densiteit op de bank is vergelijkbaar in het voor- en najaar (24-38 ind/1000m²), maar de diversiteit is hoger in het najaar (16-18 soorten) dan in het voorjaar (11-12 soorten). Zowel op de toppen als in de geulen overheersten de Perciformes (resp. 75-85 % en 50-85 %), met een bijdrage van de Pleuronectiformes tussen 10 en 35 %.

Autonome ontwikkeling

Indien er op de Bligh Bank geen windturbinepark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zouden de benthosgemeenschappen en de demersale visfauna niet wezenlijk veranderen. De aanwezige dominante benthische soorten (*Bathyporeia guilliamsoniana, Nephtys cirrosa, Spiophanes bombyx* en *Urothoe brevicornis*) werden namelijk reeds in de periode 1976-1986 en in de periode 1994-2001 waargenomen (De Maersschalck *et al.*, 2006). Hetzelfde geldt voor de demersale visfauna. De aanwezige dominante soorten zijn vergelijkbaar voor de periode 1996-2005 met een min of meer tweejaarlijks patroon in densiteit ten gevolge van pieken van kleine pieterman en in mindere mate schar. 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. De Bligh Bank is namelijk gelegen in de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004), waardoor reeds goedgekeurde (C-Power) of toekomstige (Eldepasco) windturbineparken een effect kunnen hebben op het aquatische milieu als geheel doordat ze een aantrekking zouden kunnen uitoefen op (jonge) vissen en andere epibenthische organismen waardoor het gebied soortenrijker wordt en nieuwe gemeenschappen herbergt.

Bovendien heeft de Minister op 7 oktober 2005 een vergunning toegekend voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee, waaronder de zone 'op en achter de Thorntonbank' (Zone 4) die overeenkomt met de afgebakende windconcessie zone. Bij de maricultuur zal een foulinggemeenschap ontstaan, zowel op de gekweekte mosselen zelf als op de kweekstructuren. Daarnaast zal de aanwezigheid van de hangcultuur een bijkomende aantrekking van vogels en vissen met zich meebrengen, alsook van parasieten (zuigwormen, roeipootkreeftjes, etc.) en pathogenen.

Ook mogelijke veranderingen in de traditionele visserijsector bijvoorbeeld met betrekking tot bevissingsmethodes, intensiteit of locatie van het vissen, zouden kunnen van invloed zijn op de samenstelling van de benthische levensgemeenschap en bestaande visfauna in het projectgebied. Momenteel zijn daar echter nog geen wetenschappelijke studies over beschikbaar.

Er zijn geen andere mariene activiteiten (zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, …) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de Bligh Bank en het Belwind windturbinepark dat daar zou gebouwd worden.

Verder kan verwacht worden dat de benthos- en visgemeenschap wijzigingen zullen ondergaan ten gevolge 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 anderen, menselijke invloeden. Daarom werden recent door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die een antwoord moeten trachten te bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie, ter hoogte van het BDNZ.

4.6.1.3 Effecten

De effectenanalyse onderzoekt welke handelingen tijdelijke of permanente directe/indirecte effecten hebben voor het benthos en de visfauna. Om deze effecten te kunnen schatten, worden de effecten van windturbines op andere disciplines zoals water, zeebodem en geluid eveneens geraadpleegd.

Na de beschrijving en de beoordeling van de effecten wordt onderzocht of er milderende maatregelen kunnen worden voorgesteld, welke leemten er bestaan in de kennis en welke monitoring er het beste kan worden uitgevoerd.

De effecten op het benthos en de vissen ten gevolge van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windturbinepark en de bijhorende bekabeling worden per fase besproken. Naast de effecten veroorzaakt door het Belwind project, zijn er ook mogelijke cumulatieve effecten te verwachten ten gevolge van de (toekomstig) geplande windturbineparken in de afgebakende windconcessie zone. Deze worden beschreven in hoofdstuk 5.

CONSTRUCTIEFASE

De effecten die kunnen optreden tijdens de constructiefase zijn: vernietiging van de habitat (biotoopverlies), verlies aan organismen, verstoring (sedimentatie, geluid en trillingen, vrijkomen van sediment gebonden stoffen, olie). Met uitzondering van de vernietiging van biotoop en organismen, zijn de andere effecten tijdelijk.

Biotoopverlies (zandig substraat)

Door de installatie van de funderingen en de erosiebescherming van de windturbines en van het transformatorplatform wordt een gedeelte van de oorspronkelijk zandige biotoop door nieuwe structuren ingenomen (direct biotoopverlies). Daarnaast is er ook een al dan niet tijdelijk biotoopverlies tengevolge van stockage van het uitgebaggerde zand in geval van de gravitaire funderingstechniek (indirect biotoopverlies). In beide gevallen (direct + indirect) wordt de habitat vernietigd en sterft het bodemleven (benthos). Dit effect doet zich onmiddellijk voor en is onomkeerbaar tijdens de exploitatiefase van het park. Het verlies van biotoop is afhankelijk van het funderingstype en het aantal turbines (afhankelijk van het vermogen).

Direct biotoopverlies

Belwind voorziet twee alternatieve funderingstypes: de monopile/jacket en de gravitaire fundering. In de verdere bespreking worden de monopile en jacket samen genomen, daar ze zeer gelijkaardige effecten zullen veroorzaken. Indien gekozen wordt voor de basisvariant (5 MW) zullen binnen het concessiegebied 66 turbines geplaatst worden. In de alternatieve opstellingen worden 110 turbines van 3 MW voorzien. Bij beide inrichtingsplannen worden tevens 2 transformatorstations en een meteomast geplaatst. Elk van de transformatorstations zal op een monopile steunen met een diameter van circa 6 meter.

In Tabel 4.6.3 wordt het directe biotoopverlies vergeleken tussen de 4 varianten. Voor de berekening van het directe biotoopverlies wordt bij de monopiles uitgegaan van de oppervlakte ingenomen door de turbine (heien) en de erosiebescherming. Bij de gravitaire fundering valt deze oppervlakte (constructie + erosiebescherming) binnen de zone die uitgegraven wordt voor de fundering zelf én is deze laatste dus bepalend voor het verlies aan natuurlijk zandig biotoop. De berekening van het directe biotoopverlies ten gevolge van de funderingsputten gaat uit van de verstoorde oppervlakte ter hoogte van de natuurlijke zeebodem (incl. schuine wanden), en dus niet enkel van de bodemoppervlakte van de put.

Tabel 4.6.3: Direct en indirect biotoopverlies per variant

Variant	Direct biotoopverlies (m²)	Indirect biotoopverlies (m²) (scenario 1m)	Indirect biotoopverlies (m²) (scenario 5m)
Monopile 3 MW	64.699	0	0
Monopile 5 MW	62.646	0	0
Gravitaire 3 MW	678.000	4.174.446	834.889
Gravitaire 5 MW	690.276	3.739.938	747.988

Het verschil in direct biotoopverlies is relatief klein tussen de basisvariant (5 MW) en de alternatieve variant (3 MW). De bepalende factor is het funderingstype. Het directe biotoopverlies is ongeveer een factor 10 groter bij een gravitaire fundering dan bij een monopile. Al naargelang het type fundering zal het totale directe verlies aan zandig biotoop door het volledig windturbine park variëren tussen 6,26 ha (monopile 5 MW) en 69,03 ha (gravitaire 5 MW) of respectievelijk 0,18 % - 1,95 % van de concessiezone *sensu stricto* (excl. veiligheidszone).

Het concessiedomein heeft een oppervlakte van 35,4 km² (sensu stricto) of 49,1 km² (incl. 500 m veiligheidszone). Voor de concessie zone *sensu stricto* betekent dit 13,41 % van de windconcessie zone

of 0,98 % van het BDNZ. Met inbegrip van de 500 m veiligheidszone komt dit neer op 18,60 % van de windconcessie zone of 1,36 % van het BDNZ. Het totale directe biotoopverlies (turbines + erosie + TFP + meteo) wordt maximaal geraamd op 70 ha (gravitaire 5 MW) of op ongeveer 0,26 % van de windconcessie zone of 0,02 % van het BDNZ.

Indirect biotoopverlies

Naast het permanente verlies aan biotoop (tijdens de exploitatiefase) is er ook het tijdelijke verlies aan biotoop tijdens de bouwfase tengevolge van stockage van het uitgebaggerde zand (enkel bij gravitaire fundering) (Tabel 4.6.3). In tegenstelling tot de monopile fundering, komt bij de keuze voor gravitaire funderingen een substantiële verstoring van het biotoop door het -al dan niet tijdelijk- stockeren van het uitgebaggerde zand. Voor een 3 MW turbine komt dit neer op 36.942 m³/turbine en voor een 5 MW turbine op 54.202 m³/turbine. De oppervlakte van de bodemverstoring ten gevolge van de stockage is bovendien afhankelijk van de laagdikte waarover gestockeerd wordt en varieert tussen 417,4 ha (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1 m; 3 MW) en 74,8 ha (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m; 5 MW) of respectievelijk 11,79 % (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1 m) of 2,11 % (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m) van het concessiegebied *sensu stricto*.

Totaal biotoopverlies

Het totale biotoopverlies (direct + indirect) van het volledige windturbine park wordt voor de twee stockage scenario's weergegeven in Tabel 4.6.4.

Tabel 4.6.4: Totaal biotoopverlies per variant

Totaal biotoopverlies (km²)	Monopile 3 MW	Monopile 5 MW	Gravitaire 3 MW	Gravitaire 5 MW
Scenario stockage 1 m	0,06	0,06	4,85	4,43
Scenario stockage 5 m	0,06	0,06	1,51	1,44

Er treedt duidelijk een schaalvergroting (max. 75x) op van het totale biotoopverlies (direct en indirect) bij de keuze voor gravitaire funderingen ten opzichte van de monopile fundering. Dit grote verschil is hoofdzakelijk te wijten aan het afwezig zijn van indirect biotoopverlies voor stockage van zand bij de keuze voor een monopaal fundering.

Het scenario waarbij gekozen wordt voor een stockage van het uitgebaggerde zand (gravitaire) in een laag van 5 m betekent een daling van het verlies met ongeveer 30 %. Ondanks het significante biotoopverlies in het scenario 1 m stockage bij de gravitaire fundering, is deze maximale oppervlakte-inname relatief klein in vergelijking met de windconcessie zone (1,84 %) en zeker met het gehele BDNZ (0,13 %).

Er kan dus besloten worden dat bij gebruik van monopile, de afname van oppervlak zandig substraat verwaarloosbaar is. Indien gekozen wordt voor het gravitaire funderingstype, dan wordt een stockage in een laagdikte van 5 m aangeraden gezien dit een niet significant verlies betekent ten opzichte van de totale windconcessiezone (± 0,5 %) en het Belgische Deel van de Noordzee (< 0,05 %). Een stockage over een laagdikte van 1 m zorgt voor een substantiële verhoging van het biotoopverlies, doch blijft het negatieve effect binnen aanvaardbare normen. De keuze van de opstelling helt lichtjes in het voordeel van de basisvariant 5 MW, maar de effecten tengevolge van de opstelling zijn veel minder doorslaggevend dan de keuze van het funderingstype.

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 door de hei- en baggeractiviteiten en het storten van uitgebaggerd zand. Het direct verwijderen van organismen en individuen wordt beschouwd als een wezenlijke biologische impact.

Benthos

Het verlies aan endobenthische organismen is recht evenredig met het biotoopverlies. 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 wordt gebaseerd op de gemiddelde biomassawaarde voor de twee concessiegebieden (top+ randzone) op de Thorntonbank. Voor het macrobenthos bedraagt deze waarde 2,87 g (voorjaar) en 2,41 g asvrij drooggewicht/m² (najaar). Rekening houdende met een verhouding drooggewicht/natgewicht van 8 %, komt dit neer op een natgewicht aan biomassa van 35,8 g/m² (voorjaar) en 30,1 g/m² (najaar). Het epibenthos draagt minder bij tot de biomassa (max. 0,14 g WW/m²). De seizoensgebonden schommeling is echter wel groter.

Tabel 4.6.5: Biomassaberekeningen (naar De Maersschalck *et al.*, 2006)

	Macrobenthos		Epibenthos	
	voorjaar 2005	najaar 2005	voorjaar 2005	najaar 2005
Westelijk concessiegebied	3,59 g AFD/m²	3,03 g AFD/m²	0,12 g WW/m²	0,054 g WW/m²
Oostelijk concessiegebied	2,15 g AFD/m²	1,78 g AFD/m²	0,16 g WW/m²	0,079 g WW/m²
Gemiddelde concessie (g AFD/m²)	2,87	2,41		
gemiddelde (g WW/m²)	35,83	30,11	0,14	0,06

Op grond van de deze cijfers kunnen we het verlies aan biomassa (macro- en epibenthos) ramen op ongeveer 33 g/m². Deze inschatting is van dezelfde grootte-orde als het biomassa verlies berekend in de studie voor de Deense windturbineparken (41 g/m²) (Leonhard, 2000).

Uitgaande van de hierboven berekende oppervlakte (biotoopverlies) is het totale verlies aan biomassa door de constructie en erosiebescherming minimaal ± 2.000 kg (monopile 5 MW) en maximaal ± 22.780 kg (gravitaire 5 MW). Het bijkomende verlies tengevolge van de stockage van uitgebaggerd zand (enkel bij keuze gravitaire) wordt maximaal (scenario 1 m) op ongeveer 160.000 kg geschat, een significante stijging ten opzichte van monopiles. Rekening houdend dat naast het aanwezige macro- en epibenthos ook een fractie mobiele organismen (vnl. vissen) door de constructie van het windturbine park zullen gedood worden. Het maximale totale verlies wordt daarom op ruwweg 185.000 kg geschat.

Ondanks het relatief groot verlies aan organismen door de ontwikkeling van het Belwind windpark, blijft de oppervlakte waarop de activiteiten zullen plaatsvinden, beperkt in vergelijking met het totale Belgische Deel van de Noordzee. De effecten zullen naar verwachting dus ook geen gevolgen hebben voor de totale bodemgemeenschap. De Bligh Bank is immers niet aangeduid als beschermd gebied voor zeldzame habitats of soorten, waardoor de invloed van de mortaliteit op de biomassa of op het functioneren van het plaatselijke ecosysteem als aanvaardbaar wordt beschouwd. Bovendien zal herkolonisatie van het opgespoten zand (stockage) in alle waarschijnlijkheid grotendeels plaatsvinden binnen het jaar.

Doordat het gebied afgesloten wordt voor (boomkor)visserij, wordt anderzijds een refugium gecreëerd voor macrobenthos. Het verlies van bodemorganismen ten gevolge van visserij (sterfte van 5-65%) wordt hierdoor vermeden. Onderzoek in een voor visserij gesloten veiligheidszone rond een offshore installatie op het Friese Front (centrale NCP) liet een veel beter ontwikkelde fauna zien dan in referentiegebieden op grote afstand van dit platform (Bergman *et al.*, 2005).

Ondanks de grotere impact bij gravitaire funderingen, wordt het relatieve verlies aan benthos voor de verschillende funderingstypes als neutraal beschouwd.

Vissen

Tijdens het heien is het mogelijk dat ook vissen die zich dicht bij de hei-installatie bevinden, gewond raken of sterven. Voor een verdere bespreking van de mogelijke gevolgen wordt verwezen naar de paragraaf "geluid en trillingen". (zie geluid). Ook de stockage van gebaggerd zand kan leiden tot een beperkt aantal slachtoffers.

Verstoring (sedimentatie)

Tijdens de bouwfase zal het volledige concessiegebied algemeen verstoord worden. De potentiële verstoring zal voornamelijk bestaan uit het opwoelen van de zeebodem en het sediment, de wijziging van de turbiditeit en het geproduceerde geluid en trillingen (zie volgende paragraaf). Deze mogelijke effecten worden verder besproken voor het benthos en de vissen.

Benthos

De baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de windturbines (heien), de funderingen én 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.

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. In vergelijking met de zandontginningsactiviteiten die plaatsvinden op het BDNZ, is de intensiteit van baggeren hier minimaal en zeer tijdelijk. De specifieke impact door sedimentatie ten gevolge van zandextractie op het BDNZ wordt - mede rekening houdende met de natuurlijke hoge inputs van gesuspendeerd materiaal door getijden- en golfwerking (zeer dynamisch systeem)- als aanvaardbaar beschouwd (Ecolas, 2006). De levensgemeenschap is namelijk goed aangepast aan een zandige ondergrond die van nature in beweging is. We kunnen dus veronderstellen dat de verstoring door sedimentatie minimaal zal zijn en dat de densiteit en soortenrijkdom van de benthische gemeenschappen binnen het jaar grotendeels (60-80 %) hersteld zal zijn na stopzetting van de baggerwerken (Ecolas, 2006; Bio/consult as, 2005). Bij het herstel zullen in eerste instantie r-strategen (pionierssoorten: snelle groei en veel nakomelingen) domineren.

Vissen

Alle levensstadia van vissen (en in beperkte mate de meer mobiele benthische organismen) zullen tijdelijk verstoord worden door het omwoelen van de zeebodem, door onderwaterbewegingen en andere activiteiten op de zeebodem. 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 (Bio/consult as, 2005). Het effect zal dus tijdelijk zijn en naar verwachting zullen de organismen snel naar het projectgebied terugkeren zodra de bouwfase achter de rug is.

Anderzijds kan de storing ook een positieve impact hebben: met name de verhoogde beschikbaarheid van prooidieren door o.a. het omwoelen van het sediment (Grontmij, 2006a). De mate waarin dat van

invloed kan/zal zijn, is echter niet bekend. Ten slotte is er het gewenningsaspect, waarover geen informatie beschikbaar is.

Door de plaatsing van de windturbines kan er een duidelijke verstoring en gedeeltelijke bezetting van de Bligh Bank optreden die mogelijk dienst doet als paai- en kweekgebied van bepaalde vissoorten (sprot, haring). Op dit ogenblik kan er niet voorspeld worden of die soorten naar dezelfde paaiplaatsen/kweekgebieden zullen terugkeren eenmaal de windturbines er staan. Het betreft een leemte in de kennis en monitoring is dus aangewezen. De mogelijkheid bestaat dat de paai- en kraamgebieden tijdens de bouwfase worden verstoord, maar dat ze zich zullen herstellen en opnieuw aantrekkelijk zullen worden tijdens de exploitatiefase. Een gedeelte van de paaiperiode van de sprot (april-mei) valt echter samen met de periode waarin de bouwactiviteiten zullen plaatsvinden. In een 'worst case scenario' zou dat kunnen leiden tot een verlies aan paaiplaatsen gedurende één jaar wat een invloed kan hebben op de plaatselijke populatiestructuur en op de biodiversiteit.

Door een mogelijke sluiting van het gebied voor bepaalde activiteiten, zal anderzijds het concessiedomein niet langer verstoord worden door de visserij (vooral boomkorvisserij). Dit zal een gunstig effect hebben op zowel het benthos als het visbestand (refugium effect).

Er kan besloten worden dat de beschreven negatieve effecten ten gevolge van de verschillende vormen van verstoring als niet significant worden beschouwd voor de vissen. De recente monitoringsstudies in Horns Rev en Nysted (Dong energy *et al.*, 2006) blijken dit te bevestigen.

Geluid en trillingen (heien)

Een belangrijke verstoring tijdens de bouwfase is de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien, het kabelleggen en de toegenomen scheepstraffiek. De grootste hinder valt te verwachten van het heien van de palen. Deze mogelijke effecten worden verder besproken voor het benthos en de vissen.

Benthos

Trillingen en drukveranderingen ten gevolge van geluid kunnen een effect hebben op invertebraten zoals de crustacea (Popper *et al.*, 2001). De studies op Horns Rev en Nysted tonen aan dat de geluidsimpact ten gevolge van het heien van palen verwaarloosbaar is voor de benthische gemeenschappen (Dong energy *et al.*, 2006).

Vissen

De effecten tengevolge van het heien (monopaal, driepoot) op vissen kunnen wel significant zijn. Er is echter nood aan 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, 2006a). Andere studies (o.a. Hastings & Popper, 2005) nuanceren deze resultaten daar vele studies gebaseerd zijn op extrapolaties van andere types signalen (b.v. explosies).

Effecten van zeer sterk onderwatergeluid op vis kan variëren van tijdelijke of permanente gehoorschade (beschadigingen aan haarcellen in het binnenoor), 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). Vissterfte als gevolg van heigeluid kan direct zijn of indirect, bijvoorbeeld doordat meeuwen vissen oppikken die tijdelijk verdoofd aan het oppervlak komen. Dergelijke effecten zijn vastgesteld in Amerikaanse studies, tot op afstanden van 500 m tot de geluidsbron (Grontmij, 2006a). 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).

Naast deze effecten, kunnen zich ook gedragsveranderingen voordoen tengevolge van heigeluid zoals vermijding, vluchtreacties, alarm respons, verandering in scholingsgedrag, etc. In tegenstelling tot de reeds beschreven effecten die zich enkel voordoen in de onmiddellijke omgeving van de heiactiviteit (enkele 100-den meters), zullen de gedragseffecten meerdere organismen beïnvloeden en over grotere afstanden. Een geluidsniveau van 90 dB_{ht} (soorten) wordt vooropgesteld als drempelwaarde waarbij significante vermijdingsreacties zullen plaatsvinden (Nedwell *et al.*, 2003). Tabel 4.6.6 geeft een overzicht van berekende ranges waarbij bepaalde organimsen een significant vermijdingsgedrag vertonen ten gevolge van de productie van geluid tijdens het heien.

Tabel 4.6.6: Ranges waarbij bepaalde organismen vermijdingsgedrag vertonen ten gevolge van heiactiviteiten (naar Nedwell *et al.*, 2003)

Soort	Berekende range voor significant vermijdings-gedrag (m)	Berekende range voor significant vermijdings-gedrag (m) bij Kentish Flats voor 4,3 m diameter palen	Berekende range voor significant vermijdings-gedrag (m) bij Greater Gabbard voor 6,5 diameter palen
Zalm	1400	460	1100
Kabeljauw	5500	-	-
Schar	1600	-	-
Zeebaars	-	450	-
Haring	-	1630	-

Uit Tabel 4.6.6 volgt dat de invloed van het geluid soortspecifiek is en bovendien bepaald wordt door de diameter van de palen. Kabeljauw en haringachtigen zijn in staat om het geluid van het heien waar te nemen tot op grote afstand. In Nedwell *et al.* (2003) werden volgende zones berekend waar significante vermijdingsreacties ten gevolge van heien te verwachten zijn: 1,4 km (zalm), 5,5 km (kabeljauw) en 1,6 km (schar). Er moet echter de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden gezien er nog grote onzekerheid heerst betreffende het extrapoleren van deze experimentele waarden (Hastings & Popper, 2005; Thomsen *et al.*, 2006; OSPAR commission, 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 en door het substraattype (hardere sedimenten ~ langere duur). Gezien het groter aantal turbines in de 3 MW variant (110 ipv 66) zal het effect van geluid hier groter zijn.

Tenslotte wordt nogmaals gewezen op het feit dat onderwater omgevingen van nature reeds zeer lawaaierig zijn, met geluid afkomstig van winden, golven, sedimenttransporten. Hierdoor zijn vele mariene organismen minder gevoelig voor geluid dan mensen en kunnen ze ook hogere geluidsniveaus verdragen (Nedwall *et al.*, 2003). Er zijn trouwens indicaties dat vissen aangetrokken worden door windparken waardoor aangenomen kan worden dat vispopulaties zullen herstellen van de geluidsimpact tijdens constructie (OSPAR commission, 2006).

De beschikbare data (hier beschreven) suggereert dus dat geluid ten gevolge van de constructie van het windpark kan leiden tot gedragsveranderingen (vermijding) bij vissen. Fatale gevolgen of fysische schade door het heien zijn beperkt tot een kleine afstand van de bron waardoor deze impact als niet significant wordt beschouwd. Hoewel bepaalde studies een indicatie geven dat populaties terugkeren na stopzetting van de geluidshinder (constructie), zijn er nog geen bewijzen dat langetermijnseffecten beperkt blijven.

Bij gebrek aan gegevens voor de specifieke onderhavige situatie (vissoort, duur, frequentie, etc.), kunnen geen nadere uitspraken worden gedaan voor het Belwind project, maar wordt op basis van de beschikbare literatuur, het effect van heien op vis als matig negatief beoordeeld. De impact zal hoger zijn voor de 3 MW variant, maar ook hier wordt het effect als niet significant beoordeeld zeker gezien de effecten op grotere geografische schaal (bijvoorbeeld in vergelijking met de visserij) groter zijn. De

recente monitoringsstudies in Horns Rev en Nysted (Dong energy *et al.*, 2006) blijken dit te bevestigen. Met betrekking tot de impact van geluid is duidelijk dat de keuze voor het gravitaire type de voorkeur geniet.

Besluit

Samenvattend worden de effecten (benthos en vissen) gedurende de constructiefase voor de verschillende varianten met elkaar vergeleken (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect).

	Monopile 3 MW	Monopile 5 MW	Graviteits 3 MW	Gravitaire 5 MW
Biotoopverlies				
Benthos	-	-	---	---
Vissen	-	-	-	-
Verlies aan organismen				
Benthos	-	-	--	--
Vissen	-	-	-	-
Sedimentatie				
Benthos	0	0	-	-
Vissen	0	0	-	-
Geluid & trillingen				
Benthos	--	-	0	0
Vissen	---	--	0	0

Ondanks bepaalde effecten als significant worden ingeschat voor bepaalde varianten, is de relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone of het Belgische Deel van de Noordzee aanvaardbaar voor beide funderingstypes en inrichtingsvarianten.

EXPLOITATIEFASE

De belangrijkste effecten ten gevolge van de exploitatie van het windturbinepark kunnen als volgt worden samengevat:

- Waterkwaliteit;
- Introductie van harde substraten;
- Geluid en trillingen;
- Andere vormen van verstoring.

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 dan ook geen effecten verwacht op het onderwaterleven.

Introductie hard substraat

De aanwezigheid van turbines, funderingen, erosiebescherming en meetmasten als kunstmatige harde laag zal leiden tot het ontstaan van een nieuw biotoop in het projectgebied ten koste van het oorspronkelijke zandige substraat. De introductie van hard substraat in zeegebieden die bijna uitsluitend bestaan uit zandige sedimenten kan beschouwd worden als het belangrijkste effect van de bouw van het windturbine park (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 abundantie en de biomassa van bepaalde soorten doen toenemen.

De procentuele toename van het oppervlak hard substraat is vele malen groter dan de procentuele afname van het oppervlak zandig substraat. De toename van het oppervlak hard substraat is afhankelijk van het aantal turbines, het funderingstype, de diameter van de fundering en de erosiebescherming. De oppervlakte per funderingstype wordt per variant weergegeven in Tabel 4.6.7.

Tabel 4.6.7: Oppervlakte hard substraat per variant

	Opp. constructie/turbine (m²)	Opp. erosiebescherming/ turbine (m²)	Totale oppervlakte hard substraat / turbine (m²)
Monopile 3 MW	20	553	573
Monopile 5 MW	28	880	908
Gravitaire 3 MW	442	1.601	2.043
Gravitaire 5 MW	1.131	2.941	4.072

Voor het volledige windturbinepark zal het totale oppervlakte hard substraat afkomstig van de fundering en de erosiebescherming variëren tussen ca. 62.646 m² (monopile 5 MW) en 280.934 m² (gravitair 5 MW) of m.a.w. respectievelijk 0,17 % en 0,79 % van de concessiezone sensu stricto. Onafhankelijk van het funderingstype bedraagt deze oppervlakte inname = 0,1 % van het BDNZ.

De delen van de turbine die effectief gekoloniseerd kunnen worden door organismen zijn de turbines zelf en de erosiebescherming (Tabel 4.6.8). De funderingen liggen immers ingegraven in de zeebodem. Voor verdere berekeningen kan daarom de cilindervormige turbine als basisstructuur genomen, dit onafhankelijk van het funderingstype. Het beschikbare harde substraat voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap wordt mede bepaald door de zone van de turbine die zich onder water bevindt (afhankelijk van de diepte en het getij) en door de ligging van de erosiebescherming ten opzichte van de zeebodem.

Tabel 4.6.8: Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie

	Monopile 3 MW	Monopile 5 MW	Graviteits 3 MW	Graviteits 5 MW
Turbine (20 m) (m²)	42.600	26.012	42.600	26.012
Erosiebescherming (m²)	62.479	60.695	180.892	202.894
Totaal (m²)	105.079	86.707	223.492	228.907

De maximale waterdiepte wordt geschat op 37 m. Indien we een gemiddelde aannemen van een onderwaterzone van 20 m, dan zal de totale manteloppervlakte van de turbines variëren tussen de 26.012 m² (5 MW; 66 turbines) en de 42.600 m² (3 MW; 110 turbines) (Tabel 4.6.8).

Het schatten van de toename aan nieuw habitat ten gevolge van de erosiebescherming is minder eenvoudig. Het storten van de steenblokken zorgt voor een driedimensioneel 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 (max. 1,5 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. Dit betekent een maximale toename ten gevolge van de erosiebescherming van 202.894 m² indien gekozen wordt voor de gravitaire fundering (5 MW) (Tabel 4.6.8). Bij de andere funderingsalternatieven ligt deze bijdrage veel lager: ongeveer 60.000 m² (monopile) of 180.892 m² (gravitaire (3 MW)) (Tabel 4.6.8).

Al naargelang het type fundering zal het totale beschikbare hard substraat (kolonisatie) dat ontstaat door de ontwikkeling van het windturbinepark (turbine + erosiebescherming) variëren tussen 86.708 m² en de 228.907 m² (Tabel 4.6.8) of dus maximaal een bijdrage van 0,65 % van de concessie zone sensu stricto.

Het ontstane artificiële biotoop zal gekoloniseerd worden door epifauna waardoor er een verandering in gemeenschapsstructuur zal plaatsvinden. In de referentietoestand wordt geen vegetatie (wieren, zeegrassen) aangetroffen, enkel dierlijke organismen nauw verbonden met het zandige sediment. De introductie van harde substraten zal leiden tot het voorkomen van wieren en epifauna, naast de oorspronkelijke fauna. Het type en de aantallen van de dier- en plantensoorten die de kunstmatige structuren zullen bevolken, hangt af van de complexiteit (aantal en grootte van niches) en de hoogte van de structuur, van de lichtinval, de waterdiepte en het soort materialen die worden gebruikt (Dong energy *et al.*, 2006). Ruw beton (graviteitsfundering) bevordert de kolonisatie door verschillende types zeewieren en sessiele dieren door het lekken van kalk (Volckaert *et al.*, 2004; Petersen & Malm, 2006). Indien deze structuren voorzien worden met een corrosiebescherming, wordt deze eigenschap teniet gedaan en is het behandelde beton slechts een matige rifbouwer. De gladde, vertikale monopile funderingen, vaak behandeld tegen corrosie, zullen in de eerste plaats worden gekoloniseerd door sessiele organismen zoals zeepokken en mossels, en filamenteuze algen zoals darmwieren (Petersen & Malm, 2006; Dong energy *et al.*, 2006). 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 belangrijke 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; Volckaert *et al.*, 2004; Zalmon *et al.*, 2002; Petersen & Malm, 2006).

De kolonisatie van de harde structuren kan op twee manieren plaatsvinden: (1) migratie van organismen afkomstig van het omliggende substraat en (2) meevoeren van larven, sporen van algen, … via zeewind. Naast de windsterkte, spelen tevens andere fysische factoren zoals afstand tot de kust, diepte en golfslag een rol (Vella *et al.*, 2001). Er kan aangenomen worden dat er de eerste maanden een snelle kolonisatie van de artificiële substraten zal optreden, die langzamerhand terug zal afnemen (Fabi *et al.*, 2002; Bailey-Brock, 1989). Een praktijkonderzoek van het Horns Rev offshore windturbinepark heeft aangetoond dat er 5 maanden na constructie reeds een eerste kolonisatie door opportunistische invertebraten en draadvormige groenwieren gebeurd was (Bio/consult A/S, 2005). Volgende benthos soorten (groepen) werden waargenomen: bryozoa, zeeanemonen, zeesterren, polychaeta en mossel (Vella *et al.*, 2001; Leonhard & Pedersen, 2005). Lange-termijn studies tonen aan dat het zeker 5-6 jaar duurt 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.

In Ecolas (2003) werd reeds uitvoerig ingegaan op het al dan niet gunstig evalueren van deze artificiele substraten naargelang de invalshoek.

Kunstmatige riffen zullen in de eerste plaats bijdragen tot de habitatdiversiteit in het overwegend natuurlijk zandige biotoop (Foster *et al.*, 1994; 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 ten gevolge van mosselen), waarbij het meeste beschikbaar was als voedsel voor vissen en vogels (Dong energy *et al.*, 2006). Een hoge (bio)diversiteit 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. De laagdikte van de erosiebescherming varieert tussen 0,65 m (monopile) en 1,5 m (graviteits). In geval van de graviteitsfundering komt deze erosiebescherming amper boven het oppervlak uit, dit in tegenstelling tot de monopile fundering waar de ersosiebescherming 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 turbines (onderwatergedeelte) zelf zijn die zullen bijdragen tot de biodiversiteit en de biomassa.

Ten tweede, zullen de complexe structuren en de kolonisatie door sessiele invertebraten en algen, bepaalde benthische organismen en vissen aantrekken die er niet alleen voedsel, maar ook beschutting, bescherming kunnen zoeken (Hoffmann *et al.*, 2000; Volckaert *et al.*, 2004; Leonhard & Pedersen, 2005). De aantrekkelijkheid als voedselgebied is afhankelijk van de soorten die ervoor komen. De eerste studies ter hoogte van Horns Rev tonen bijvoorbeeld geen sterke verhoging van de visfauna in het windturbinepark in vergelijking met erbuiten (tot op 500 m) (Christian *et al.*, 2005). De mogelijke redenen zijn dat de kolonisatie nog niet ver genoeg gevorderd is en dat het artificiële rif voornamelijk uit een monocultuur van mosselen bestaat die slechts matig aantrekkelijk zou zijn voor vissen (Dong energy *et al.*, 2006). Windturbineparken zouden vis aantrekken op een afstand van meer dan 500 m, waardoor het dus noodzakelijk is om referentiegebieden aan te duiden die buiten deze afstand liggen om mogelijke effecten te kunnen aanduiden (Christian *et al.*, 2005).

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 windturbineparken (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 windturbinepark 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 indien de aantrekking voor vissen zich ook vertaalt in een hogere productie. Nieuwe substraten kunnen ook leiden tot een versnelde introductie van "invasive species" en pathogenen die het bestaande ecosysteem negatief kunnen beïnvloeden (Petersen & Malm, 2006). Uit een analyse van het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) blijkt dat zich in de Belgische kustwateren niet minder dan 90 niet-inheemse dieren of planten hebben gevestigd. Hoewel dit naar schatting slechts 3-5 % is van het totaal aantal waargenomen soorten aan onze kust, is hun invloed niet gering. 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 mate waarin niet-inheemse soorten offshore gebieden kunnen inpalmen is minder gekend.

De grootte van de impact –ongeacht of het nu positief of negatief geëvalueerd wordt, is op huidig ogenblik moeilijk in te schatten voor het offshore windturbinepark op de Noordzee. Het is duidelijk dat de oppervlakte geïntroduceerd hard substraat veel omvangrijker zal zijn in geval van een graviteitfundering dan bij een monopile. De keuze voor de basisvariant of de alternatieve variant is minder bepalend. Het aandeel dat effectief beschikbaar is voor kolonisatie door organismen is – ongeacht het funderingstype- echter relatief klein daar zowel de funderingen als een groot deel van de erosiebescherming ingegraven liggen in de zeebodem en dus volledig bedekt zullen worden door het oorspronkelijke zachte substraat. Er kan dus verwacht worden dat ondanks de significante wijziging ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, het effect als aanvaardbaar kan beschouwd worden gezien zowel het ingenomen oppervlak door deze artificiële structuren als het beschikbare oppervlak voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap relatief gering is ten opzichte van het Belgische Deel van de Noordzee (= 0,1 %).

Geluidsverstoring en trillingen

In water kan fysisch gezien geen onderscheid worden gemaakt tussen geluid en trillingen. Er is redelijk veel informatie beschikbaar over de productie en ontvangst van onderwatergeluid door organismen en hun gevoeligheid voor geluid. Naar de productie van onderwatergeluid door windturbines is op dit moment nog nauwelijks onderzoek gedaan.

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 aërodynamische geluid van de rotortippen), golven die tegen de mast slaan, de beweging van zand en water langs de mast en organismen die op de windturbines voorkomen (in dit specifieke geval met name het sluiten van kleppen van de mossel).

Onderwatergeluid heeft waarschijnlijk de meeste invloed op vissen en zeezoogdieren. Om zich te handhaven dienen deze soorten doelmatig te reageren op roofvijanden en prooien. Daarnaast moet aandacht worden geschonken aan de fysieke omgeving en moet met soortgenoten gecommuniceerd worden. Bij al deze levensfuncties en gedragingen speelt geluid een rol. Vissen kunnen geluid maken om een vijand af te schrikken of om partners te lokken en kunnen contactgeluid gebruiken om in schoolverband te zwemmen (Grontmij, 2006a). Met name in relatief troebele (kust)wateren kan geluid een relatief belangrijke rol spelen. De emissie van geluid en trillingen in de mariene waterkolom kunnen leiden tot een gedragsverandering of een vermindering van de habitatgrootte (Petersen & Malm, 2006).

Om in te schatten of geluid van windturbines het gedrag van vissen beïnvloedt, kan het windturbinegeluid worden vergeleken met de gehoorgrens van deze organismen. De meeste vissen horen in binnen de range van 30 Hz tot 1 kHz (Thomson *et al.*, 2006). Daarnaast kan onderwatergeluid van windturbines worden vergeleken met de frequentie en sterkte van geluiden die door deze organismen worden geproduceerd (vocalisatie). Tenslotte kan een verband worden gelegd tussen het (vermijdings) gedrag en geluid. (Grontmij, 2006a)

De mate van effect of schade is mede afhankelijk van de gevoeligheid van een bepaalde vissoort voor het geluid. 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 zwemblaas, hoeveelheid lucht in zwemblaas en of de blaas in verbinding staat met het binnenoor (Velle *et al.*, 2001). Vissen kunnen op die manier ingedeeld worden in drie groepen met betrekking tot de gevoeligheid voor geluid:

- 'non-specialists': geen zwemblaas; minst gevoelig; b.v. platvissen zoals schar;

- 'hearing generalist': zwemblaas niet verbonden met binnenoor; detecteren geluiden tussen 500 – 1000 Hz; matig gevoelig (meest gevoelig van 100 tot 400 Hz); b.v. kabeljauw, zalm;
- 'hearing specialist': zwemblaas in verbinding met binnenoor; detecteren geluiden tot >3 kHz; zeer gevoelig (meest gevoelig van 300 tot 1000 Hz); b.v. haringachtigen.

De meeste vissen reageren het sterkst op lage frequenties (beneden de 50 Hz). Deze frequenties treden enkel op in de onmiddellijke omgeving van de windturbines (max. enkele 100-den meters). Gewenning zal ook optreden voor het continue geluid uitgezonden door windturbineparken. Frequenties tussen de 500-2000 Hz zullen praktisch geen effect hebben op vissen, zeker omdat de invloed van de windturbines gelijkaardig is aan het omgevingsgeluid (Hoffmann *et al.*, 2000).

De afstand van het waarneembare onderwatergeluid is soortsspecifiek. Volgens Thomsen *et al.* (2006) zal het operationeel geluid van windturbines 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. Bij hoge windsnelheden (= 13 m/s) wordt verwacht dat gevoelige vissoorten op een minimale afstand van 4 meter blijven van de windmolen (Wahlberg & Westerberg, 2005), waardoor permanente vestiging van vis op de stortstenen bemoeilijkt zal worden. Uit berekeningen voor het Belwind park (zie hoofdstuk "Geluid") blijkt echter dat binnen de veiligheidszone (500 m) het onderwater geluid veroorzaakt door de windturbines vermoedelijk gemaskeerd zal worden door het heersende achtergrondgeluid.

Gehoor schade zal een draaiende molen waarschijnlijk niet veroorzaken, aangezien zelfs op een afstand van 10 meter het geluidsniveau lager is dan het niveau waarop schade wordt verwacht (Wahlberg & Westerberg, 2005). Dit is echter wel afhankelijk van de grootte van de molen.

Vergelijkingen tussen de visfauna van het windturbinepark Horns Rev en deze van scheepswrakken in de Noordzee geven echter geen indicatie dat geluid en trillingen afkomstig van windturbinepark een impact veroorzaken op de visgemeenschap. In vergelijking met de start van het windturbinepark hebben zich zelfs enkele nieuwe vissoorten gevestigd in het gebied (Leonhard & Pedersen, 2005). Deze resultaten worden deels bevestigd door de studie van Westerberg (2004). Op basis van zijn onderzoek concludeerde Westerberg (1994) in de eerste plaats dat het windturbinepark 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. Er kan besloten worden dat gedragsveranderingen en mogelijke stress ten gevolge van operationeel geluid mogelijk is, maar dat deze beperkt blijft binnen zeer kleine ranges (Thomsen *et al.*, 2006).

Trillingen en drukveranderingen ten gevolge van geluid kunnen ook een effect hebben op invertebraten zoals de 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 effect van geluid op het benthos tijdens de constructiefase als verwaarloosbaar wordt ingeschat, wordt het effect tijdens de exploitatiefase ook als neutraal beoordeeld. Meer onderzoek ter bevestiging van de resultaten is wenselijk.

Ondanks het feit dat het niet eenvoudig is om deze impact kwantiatief in te schatten, kan verondersteld worden dat deze effecten van minder belang zijn en dat technologische verbeteringen nog zullen leiden tot verdere reducties van de impact.

Andere vormen van verstoring

Er worden geen significante impacten gedetecteerd ten gevolge van veranderingen in de hydrodynamiek door de aanwezigheid van windturbineparken op de zeebodemstructuur op de oorspronkelijke benthische gemeenschappen of de gevestigde epifauna gemeenschappen (Bio/consult as, 2005; Dong energy *et al.*, 2006). Sommige vissen die zich ingraven in de bodem en afhankelijk zijn van specifieke sediment

condities zoals platvissen en zandspiering (*Ammodytidae* spp.) zouden wel een grote 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.

Besluit

Samenvattend worden de effecten (benthos en vissen) gedurende de exploitatiefase voor de verschillende varianten als volgt ingeschat (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect).

	Monopile 3 MW	Monopile 5 MW	Gravitaire 3 MW	Gravitaire 5 MW
Waterkwaliteit				
Benthos	0	0	0	0
Vissen	0	0	0	0
Introductie hard substraat				
Benthos	+ of -	+ of -	++ of --	++ of --
Vissen	+ of -	+ of -	+ of -	+ of -
Geluid & trillingen				
Benthos	0	0	0	0
Vissen	-	-	-	-
Andere verstoring				
Benthos	0	0	0	0
Vissen	0	0	0	0

Ondanks bepaalde effecten als significant worden ingeschat voor bepaalde varianten, is de relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone of het Belgische Deel van de Noordzee aanvaardbaar ongeacht het type fundering en de inrichtingsvariant.

ONTMANTELINGSFASE

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen afhangen van de manier waarop het windturbinepark ontmanteld zal worden. Belwind engageert zich om de site in voldoende mate in haar oorspronkelijke staat te herstellen indien dit om redenen van bestemming, gebruik of ecologische parameters 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 turbines, de kabels en de funderingen tot op een diepte van ca. 2 m onder de zeebodem bij monopile fundering en volledig bij een graviteitsfundering. Er wordt in eerste instantie geopteerd om de erosiebescherming niet te verwijderen. Indien toch wenselijk, kan wel het nodige materiaal voorzien worden voor de verwijdering. De verwijderde delen zullen worden afgevoerd naar land voor afbraak met recuperatie van beton en wapeningsijzer (bouwafval).

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingsfase min of meer identiek zullen zijn aan die van de bouwfase. Dezelfde materialen en technieken zullen trouwens gebruikt worden. De impact kan als volgt gedefinieerd worden:

- verlies van organismen door het verwijderen van de paalfunderingen; er mag aangenomen worden dat de impact van de mortaliteit geen grote negatieve invloed zal hebben op de biomassa of op het functioneren van het lokale ecosysteem
- eventueel weghalen van de kunstmatige constructies en hun fauna en flora; dit kan als een positief effect worden beoordeeld omdat daardoor de referentiesituatie van vóór de start van het project wordt hersteld; anderzijds zal het leiden tot een verlies van heterogeniteit en biodiversiteit.
- optreden van een tijdelijke verstoring in het gehele concessiegebied; deze verstoring zal voornamelijk bestaan uit geluid en trillingen, het opwoelen van de zeebodem en het sediment, en de wijziging van de turbiditeit:
  - bedekking van de relatief onbeweeglijke benthische fauna en flora door zand en andere deeltjes van de zeebodem. Daardoor kunnen de filterorganen van benthische organismen en vissen verstoppen met mogelijks fatale gevolgen. Het betreft een onrechtstreeks en tijdelijk effect. De mate waarin die invloed zich voordoet is onbekend, maar omdat de verwachte turbiditeit ten gevolge van de werken niet significant stijgt, zal dat naar verwachting geen grote negatieve invloed hebben, ook niet bij werkzaamheden over een lange periode.
  - met betrekking tot het effect van trillingen en geluid op benthos en vissen worden deze als niet significant ingeschat.

Besluit

Samenvattend wordt voor de effecten (benthos en vissen) gedurende de ontmantelingsfase verwezen naar het besluit geformuleerd in het hoofdstuk "constructiefase. Ondanks bepaalde effecten op zich als substantieel worden geschat, is de relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone of het Belgische Deel van de Noordzee aanvaardbaar.

BEKABELING

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor zowel de invertebraten als de vissen zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit en het ontstaan van elektromagnetische velden.

Biotoopverstoring

De aanleg van kabels zal voor een bijkomend verlies aan biotoop zorgen. De totale lengte aan parkkabel bedraagt ongeveer 50,3 km voor de basisvariant 5 MW (66 turbines) en 63,5 km voor het 3 MW alternatief (110 turbines). Afhankelijk van het gekozen kabeltracé naar land bedraagt de lengte van de zeekabel tussen de 50 km (optie Zeebrugge) en de 55 km (optie Oostende). Het verstoorde oppervlak tengevolge van de aanleg van de kabels is dus zeer beperkt en onafhankelijk van het funderingstype. Er worden dan ook geen effecten verwacht voor het benthos en de vissen.

Turbiditeit

Het aanleggen van de kabels zal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Baggeren leidt door de wijze waarop de grond wordt verplaatst (hydraulisch transport), tot een grotere vertroebeling van het zeewater. Een bijkomend voordeel van jetting ten opzichte van baggeren is dat bij het herstellen van de diepteligging (als kabels hun gronddekking zijn kwijtgeraakt) er geen risico is op beschadiging van de kabels (Grontmij, 2006a). Ondanks het besluit dat de impact voor beide types kabels en uitvoeringswijzen als zeer tijdelijk en lokaal wordt beoordeeld (hoofdstuk Water), leidt jetting tot minder

verstoring van het onderwaterleven en de waterkwaliteit, en tot minder risico op beschadiging van de kabels. 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 baggeren. Ondanks de lichte voorkeur voor jetting, worden voor beide technieken geen significante effecten verwacht voor het benthos en de vissen.

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 (33kV versus 150 kV). De beschreven effecten zijn geldig voor alle funderingsvarianten.

Sommige soorten zijn gevoelig voor elektromagnetische velden en dit zou eventueel kunnen leiden tot een verstoring van hun migratiegedrag, hun jachtgedrag en het voorkomen rond de kabels. Omdat bodemvissen dichtbij kabels zwemmen, kan verwacht worden dat zij –naast de bodemorganismen- de grootste effecten zullen ondervinden van magnetische velden.

De meest bekende groepen zijn de roggen en de haaien. Hiervan is bekend dat zij reageren op een range tussen 0,5 – 100 µV/m. Gill *et al.* (2005) heeft een lijst opgesteld van prioritaire soorten die gevoelig zouden kunnen zijn voor elektromagnetische velden waaronder o.a. schol (Pleuronectes platessa), kabeljauw (Gadus morhua), krabben, garnalen en kreeften die in het studiegebied voorkomen. Van de gewone garnaal *Crangon crangon* is aangetoond dat ze zich aangetrokken voelt tot magnetische velden van de grootte-orde die verwacht wordt rond windturbineparken (ICES, 2003). Gelijkaardige effecten worden gezien voor de bot *Plathichthys flesus* en de mossel *Mytilus edulis*, maar deze effecten worden niet als significant beschouwd (Bochert & Zettler 2004).

Het werd algemeen aangenomen dat een veld van voldoende sterkte om vermijdingsgedrag te vertonen door plaatkieuwigen of elasmobranchii (haaien en roggen) 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 zoals sommige studies vermelden, 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 ten gevolge van de sterkste elektromagnetische velden (Marra, 1989; Gill *et al.*, 2005). 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). Op 1 meter diepte worden er elektrische stralingen van 91 µv/m -uitgezonden door standaard industriële 132 kV (50 Hz) XLPE 3-fasige kabels- gemodelleerd en gemeten (Marra, 1989; Gill & Taylor, 2001; CMACS, 2003). Voor 33 kV kabels bedraagt de maximum elektrische straling in het water 2,5 µV/m (CMACS, 2004). Ondanks het grote verschil liggen beide waarden binnen de range die waargenomen wordt door haaien en roggen (0,5 – 100 µV/m) (Gill *et al.*, 2005).

Elektromagnetische velden zullen dus waarschijnlijk ook een effect hebben op bepaalde andere gevoelige soorten, maar uitgaande van de beschikbare kennis is grootte van de impact en de oorzaak-effect relatie nog niet voldoende duidelijk (Gill *et al.*, 2005; Dong energy *et al.*, 2006). Het effect is het grootst voor de roggen en haaien die praktisch niet in het projectgebied voorkomen. Op basis van dit gegeven en het gegeven dat ingraven tot 1 m (parkkabels en zeekabel) diepte milderend werkt (reductie met kwadraat van de diepte) (Grontmij, 2006a), kan aangenomen worden dat het effect zeer klein zal zijn. Ook het cumulatieve effect van meerdere kabels binnen één park of de nabijheid van verschillende windturbineparken is nog ongekend (Gill *et al.*, 2005). Verder onderzoek is in beide gevallen aangewezen.

Voor vissen die hoger in de waterkolom zwemmen, zullen de effecten verwaarloosbaar 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, 2006a).

Bij een maximale belasting zullen de elektriciteitskabels opwarmen tot circa 60 graden (Grontmij, 2006a). Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak (max. 3 graden) (Grontmij, 2006a). Het effect wordt als neutraal beoordeeld.

Besluit

Samenvattend worden de effecten (benthos en vissen) ten gevolge van de bekabeling voor de verschillende varianten als volgt ingeschat (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect).

	Monopile 3 MW	Monopile 5 MW	Gravitaire 3 MW	Gravitaire 5 MW
Biotoopverlies				
Benthos	0	0	0	0
Vissen	0	0	0	0
Turbiditeit				
Benthos	0	0	0	0
Vissen	0	0	0	0
Elektromagnetische velden				
Benthos	-	-	-	-
Vissen	-	-	-	-

4.6.1.4 Leemten in de kennis

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 is een zo goed mogelijke beschrijving gegeven van de huidige toestand van de Bligh Bank. Een specifieke en gedetailleerde omschrijving van de referentiesituatie zal echter noodzakelijk zijn om mogelijke effecten wetenschappelijk te kunnen achterhalen. Een grondige inventarisatie van het macro- en epibenthos en van de visfauna voor de Bligh Bank is daarom aangewezen.
- Kennis ontbreekt over het relatief belang van specifieke gebieden op zee voor vissen.
- De mogelijke impact van exotische soorten ten gevolge van de introductie van harde substraten in de Noordzee is nog onzeker en moet dus opgevolgd worden.
- De impact van geluid en trillingen op het onderwaterleven blijft een onzekerheid. Een goede inschatting van het achtergrond geluid is hiervoor ook belangrijk.
- Ondanks de toename in onderzoek naar het effect van elektrische en magnetische straling, komen nieuwe uitdagingen naar voor: onderzoek naar effect op gebiedsspecifieke gevoelige soorten, de oorzaak-effect relatie van elektromagnetische velden, cumulatieve effect van meerdere kabels binnen één gebied.

4.6.1.5 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien de leemten in de kennis is het moeilijk om in detail milderende maatregelen uit te werken. De klemtoon dient te worden gelegd op degelijke monitoring strategieën en bijkomend wetenschappelijk onderzoek.

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 dat de oppervlakte van de erosiebescherming en de (tijdelijke) stockage van zand niet groter is dan nodig.

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.

Om het effect minimaal te houden moet bij het leggen van de kabel gestreefd worden naar bundeling van de kabeltracés van de verschillende windturbine parken.

Vanuit natuuroogpunt wordt voor het kruisen van pijpleidingen en kabels onderboring verkozen boven overkruising met steenbestorting. Technisch gezien is onderboring echter niet zo evident en moeten ook bepaalde veiligheidsrisico's verbonden met deze techniek in rekening gebracht worden. Ook bestaat een lichte voorkeur voor jetting.

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 of zand van dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijk zand.

VISSEN

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 dat de oppervlakte van de erosiebescherming niet groter is dan nodig.

Een mogelijke mitigerende maatregel is bijvoorbeeld het gebruik van een luchtbellengordijn om de windturbine tijdens het heien. Door dit gordijn zou de uitstoot van schadelijk geluid enigszins beperkt blijven.

De bouw van het windturbinepark is gepland voor de periode april- oktober. De verstoring van de paaiperiode dient zo beperkt mogelijk te worden gehouden. Het belang van de Bligh Bank als paaigebied is nog niet gekend. Weliswaar is geweten dat op de Thorntonbank en de Bank Zonder Naam sprot *Sprattus sprattus* (L) paait. Het paaien van *S. sprattus* (L.) geschiedt in het eerste halfjaar met een duidelijke piek in de maanden april-mei. Om verstoring van sprot zo beperkt mogelijk te houden, wordt aangeraden om de meest verstorende bouwwerken zoveel mogelijk buiten deze paaiperiode te laten gebeuren.

De kennis over de doeltreffendheid van deze mitigerende maatregelen is echter vaak beperkt tot operaties die plaatsvinden in kleine gebieden (vaak near-shore) en over een korte tijdsduur (Ospar Commission, 2006). Onderzoek naar de doeltreffendheid van deze maatregelen is aangewezen.

4.6.1.6 Monitoring

Monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het ecosysteem als gevolg van de inplanting van het windturbinepark te kunnen detecteren. Gezien momenteel verschillende windturbineparken (mogelijk) actief worden binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004) is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen. Opdat eventuele permanente veranderingen zouden kunnen vastgesteld worden, is een zeer grondige en langdurige monitoring van de diverse gemeenschappen vastgelegd in het monitoringsprogramma van het C-power project (BMM, 2004).

Voor het Belwind project wordt met betrekking tot monitoring van benthos en vissen bij het C-Power project aangesloten (zie paragraaf 1.2.2.4). Hieronder is een overzicht gegeven van de inhoud van deze monitoring.

4.6.1.7 Benthos

Het monitoringsprogramma bij het C-Power project voor benthos maakt een onderscheid tussen de benthosgemeenschappen van de oorspronkelijke zandige substraten en deze die zullen ontstaan op de geïntroduceerde harde substraten.

Macrobenthische endo- en epifauna (zachte substraten)

De bepaling van de referentietoestand (T_0 situatie) en van de natuurlijk optredende fluctuaties in de benthosgemeenschappen van zandige substraten in het projectgebied is voorzien. Deze staalname kan van start gaan bij de goedkeuring van de vergunning voor de bouw van het windturbinepark.

Er zal wetenschappelijk onderzoek verricht worden naar:

- welke soorten op de site aanwezig zijn gedurende welke perioden van het jaar;
- seizoenswaarnemingen van de biodiversiteit binnen het projectgebied;
- distributiepatronen per soort en per cohorte.

De monitoring is voorzien tijdens de verschillende perioden van het jaar zodat een jaarlijks verloop kan worden bestudeerd.

Wijzigingen in deze patronen van de oorspronkelijke fauna van zandige sedimenten zullen opgevolgd worden tijdens de bouw- en exploitatiefase. Op die manier kan onder andere de aantrekkelijkheid van het gebied voor benthische fauna (mede door het afsluiten van het gebied voor boomkorvisserij) onderzocht worden.

Tijdens de bouwfase is een intensieve monitoring van de benthosgemeenschap (vb. via Van Veen-grijpers, en via andere staalnametechnieken voor diepere benthische soorten) voorzien. Tijdens het eerste jaar van de exploitatiefase kan er een seizoensgebonden monitoring plaatsvinden. De monitoring moet zo getimed worden dat er tendensen kunnen worden opgespoord. Na analyse van deze eerste gegevens kan een monitoringprogramma voor de lange termijn (5 jaar) worden opgesteld, waarbij mogelijk wordt overgeschakeld naar minder intensieve monitoring. De monitoringmethode moet echter steeds dezelfde blijven om achteraf vergelijking van de gegevens mogelijk te maken.

De monitoring van het benthos kunnen gecombineerd worden met bemonsteringscampagnes voor vissen sedimentologische en physico-chemische parameters.

Het bemonsteren van de zandige sedimenten (zacht substraat) kan gebeuren volgens de methodiek beschreven in hoofdstuk 4.6.1.1 (Van Veen grijper (staalnameoppervlakte: 0,1 m²). De staalname intensiteit van de C-Power studie zal als volgt zijn (BMM, 2004):

Duur (jaar)	Frequentie	# punten	# staalnames	Totaal # stalen
0	2/jaar	15	1	30
1-5	2/jaar	15	1	150

Macrobenthische epifauna (harde substraten)

De constructie van turbines, funderingen en erosiebescherming zorgen voor de introductie van een harde substraten. Gezien het hier om een nieuw habitat gaat in het concessiegebied, is het niet mogelijk om een referentiestadium te bepalen.

De monitoring zal voornamelijk gericht zijn op:

- vestiging, ontwikkeling en aard (inheems, niet-inheems) van organismen op de nieuwe structuren;
- de ontwikkelingstijd nodig voor het bereiken van een climaxgemeenschap.

Het bemonsteren van onderwaterstructuren (hard substraat) is niet steeds evident. Ervaring in het Belgische Deel van de Noordzee is reeds opgedaan in het onderzoek naar wrakken (BEWREMABI) (Massin *et al.*, 2002; Zintzen *et al.*, 2004).

- Voor het terugvinden van de verschillende staalnamepunten kan gebruik gemaakt worden van een boei of van een metalen plaat/ metaaldetector, naast de GPS.
- De benthische organismen kunnen worden bestudeerd via directe observatie, fotografie en monstername door duikers. De staalname kan kwantitatief gebeuren met een ijzeren frame (25 x 25 cm) (weinig beweeglijke bodemfauna) en een opvangnet (zwemmende of nachtelijke fauna). Grotere dieren die rond de structuren zwemmen kunnen visueel worden waargenomen (kwalitatieve waarnemingen). Staalnames zouden moeten gebeuren op drie verschillende waterdieptes: wateroppervlak, medium diepte en dicht bij de zeebodem
- Bijkomend kunnen onderwaterfoto's genomen worden voor de inventarisatie van epibenthische en pelagische organismen. Deze methode is echter zeer duur en kan op deze plaats als gevolg van de hoge turbiditeit een probleem vormen. De methode biedt anderzijds wel het voordeel dat de dieren niet gevangen hoeven te worden, wat doorgaans een grote mortaliteit tot gevolg heeft.

Bij het bepalen van de staalname intensiteit van harde substraten zal ook rekening gehouden worden met seizoenale patronen.

Het monitoringprogramma kan na de ontmantelingsfase (na 20 jaar exploitatie) voortgezet worden, zodat een terugkeer naar de initiële toestand of veranderingen in de benthosgemeenschap kunnen worden beoordeeld. Bovendien kunnen er pas uitspraken worden gedaan over het effect van het windturbinepark op het mariene ecosysteem als de monitoring op eenvormige wijze en gedurende een voldoende lange periode (5 jaar) heeft plaatsgevonden.

VISSEN

De bepaling van de referentietoestand (T_0 situatie) en van de natuurlijk optredende fluctuaties in de vispopulaties in het omringende gebied, kan gebeuren gebruik makend van reeds lopende programma's (ILVO).

Het monitoringprogramma voor vissen kan op vrijwel dezelfde manier verlopen als dat voor het benthos, met intensieve monitoring tijdens de bouwfase, en in de eerste vijf jaar van de exploitatiefase. De staalname intensiteit van de C-Power studie zal als volgt zijn (BMM, 2004):

Duur (jaar)	Frequentie	# windturbines	# staalnames	# stalen/jaar	Totaal # stalen
5	2/jaar	3	1	6	30

Bij de monitoring dient vooral aandacht besteed te worden aan de verandering in de visfauna die de constructie van artificiële substraten met zich meebrengt.

4.6.2 Vogels

4.6.2.1 Methodologie

Om het belang van de site voor (mariene) avifauna af te wegen, is gebruik gemaakt van literatuur (Seys, 2001; Stienen & Kuijken, 2003; Haelters *et al.*, 2004; Vanermen *et al.*, 2006), gebaseerd op een uitgebreid databestand met betrekking tot de verspreiding van zeevogels op het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ) en de directe omgeving daarvan. De gegevensset bestaat uit gestandaardiseerde tellingen van de mariene avifauna vanaf schepen die in de periode januari 1992 tot en met december 2004 zijn uitgevoerd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) (het vroegere Instituut voor Natuurbehoud)[18].

Daarnaast worden tevens de telresultaten van het INBO die uitgevoerd zijn in 2005 besproken. In 2005 werden namelijk extra telinspanningen verricht op en rond de Thorntonbank, de locatie waar het windmolenpark van C-Power zal gebouwd worden. In het kader van deze extra campagnes zijn er ter hoogte van de Bligh Bank weinig extra tellingen uitgevoerd. Enkel voor Zeekoet zijn er extra waarnemingen.

De scheepstellingen zijn uitgevoerd met behulp van volgende gestandaardiseerde telmethodes:

- de transect-methode (zwemmende vogels) waarbij gedurende opeenvolgende perioden van 10 minuten alle vogels geteld worden die zich binnen een afstand van 300 m van het schip en in een hoek van 90° vanaf de voorkant van het schip op het wateroppervlak bevinden (Tasker *et al.*, 1984);
- de snapshot-methode (vliegende vogels) waarbij iedere minuut alle vliegende vogels geteld worden die zich binnen een kwadrant van 300 x 300 m aan de voorkant van het schip bevinden (Komdeur *et al.*, 1992).

Het schatten van de afstand werd per waarnemer gekalibreerd. Voor het berekenen van de vogeldichtheid zijn de aantallen gecorrigeerd volgens internationaal geaccepteerde correctiefactoren (Offringa *et al.*, 1995), die rekening houden met het feit dat sommige vogels moeilijk zichtbaar zijn op grotere afstand.

Tijdens de tellingen worden ook alle vogels genoteerd die zich buiten het transect bevinden. Deze waarnemingen kunnen niet gebruikt worden voor een dichtheidsberekening, maar geven voor enkele weinig algemene soorten vaak een beter beeld van werkelijke verspreiding dan kaarten op basis van de dichtheid aan vogels. De tellingen die in de periode 1992-2004 zijn uitgevoerd, geven een vrijwel complete dekking van het Belgisch deel van de Noordzee (Figuur 4.6.9). Alleen in de diepwaterzone, langs de Belgisch-Engelse grens en het grensgebied met het Nederlands Continentaal Plat zijn de

[18] De studie van Seys (2001) is gebaseerd op tellingen in de periode 1992-1999. Aangezien er echter meer specifieke densiteitsgegevens vermeld zijn, wordt deze studie ook als basis gebruikt.

tellingen minder intensief gebeurd. De recente tellingen in 2005 ter hoogte van de Thorntonbank vullen reeds gedeeltelijk het gebrek aan gegevens ter hoogte van de Belgisch Nederlandse grens in.

Tijdens de tellingen in 2005 werd tevens een inschatting van de vlieghoogte van de vogels gemaakt. Deze inschattingen werden gemaakt om het effect van de offshore windmolens op de vogels beter te kunnen inschatten.

Voor iedere vogelsoort (of in voorkomende gevallen soortgroep) is voor de periode 1992-2004 de gemiddelde dichtheid (aantal vogels per km²) per minuuthok[19] berekend. In voorkomende gevallen wordt een gedetailleerde verspreidingskaart getoond, die de gemiddelde dichtheid van de desbetreffende soort weergeeft per minuuthok in een bepaald seizoen[20]. In elke verspreidingskaart is de dichtheid onderverdeeld in 6 categorieën, namelijk: 0; 0,01-0,2; 0,2-0,5; 0,5-1,5; 1,5-3,0 en > 3,0 vogels per km² waarbij een toenemende intensiteit van de kleur geel/bruin evenredig is met een toenemende dichtheid). Wanneer een minuuthok wit is gekleurd is daar weliswaar geteld maar zijn er geen vogels van de desbetreffende soort waargenomen.

Figuur 4.6.9: Kaart van het BDNZ met aanduiding van de posities waar tellingen werden uitgevoerd door het INBO (Vanermen *et al.*, 2006)

Op basis van de uit de literatuur gekende effecten van windturbines wordt de impact van het windturbinepark op de Bligh Bank ingeschat (o.a. Christensen *et al.*, 2003; Tech-Wise, 2003; Stienen *et al.*, 2002; Langston & Pullan, 2003; Everaert, 2006; Everaert & Stienen, 2006; Vanermen *et al.*, 2006). Daarbij werd de verstorings- en aanvaringsgevoeligheid per soort gecombineerd en werd rekening gehouden met de aanwezige avifauna op de Bligh Bank, het belang van de site voor de soort, de internationale beschermingsstatus van de desbetreffende soort.

4.6.2.2 Referentiesituatie

ALGEMENE SITUERING

Voor een algemene situering van het projectgebied wordt verwezen naar hoofdstuk 1.

ZEEVOGELS

Inleiding

Zeevogels kunnen worden gedefinieerd als vogels die zich gedurende een belangrijk deel van hun leven op zee bevinden, die voornamelijk leven van marien voedsel en die goed zijn aangepast aan het mariene milieu. Hiertoe behoren ook soorten die weliswaar broeden in non-mariene milieus, maar die buiten het broedseizoen gebonden zijn aan mariene gebieden of zoute kustgebonden habitats (bijvoorbeeld Dwergmeeuw en Zwarte Zee-eend). Steltlopers en andere vogels die over zee en langs de kustlijn trekken maar niet primair afhankelijk zijn van de zee voor hun voedselvoorziening worden niet beschouwd als zeevogels.

[19] De term minuuthok verwijst naar het geografische coördinatensysteem waarbij gebruik wordt gemaakt van graden, minuten en seconden. Een minuuthok is een kwadrant van 1 x 1 minuut.

[20] Aangezien het voorkomen van veel zeevogels sterk varieert met het jaargetijde is hierbij tevens een onder+verdeling gemaakt per seizoen (waarbij herfst = september – november, winter = december – februari, lente = maart – mei, zomer = juni – augustus).

Tijdens tellingen in de zuidelijke Noordzee werden meer dan 50 soorten zeevogels vastgesteld (124 soorten volgens Seys (2001) periode 1992-1999), maar daarvan zijn er heel wat soorten die er slechts in zeer beperkte en verwaarloosbare aantallen voorkomen. Hierna (Tabel 4.6.9) worden 18 soorten die het soortenspectrum in de zuidelijke Noordzee domineren, in beschouwing genomen (Stienen & Kuijken, 2003). Naast hun aandeel in de zuidelijke Noordzee wordt tevens hun beschermingsstatus en hun kwetsbaarheid ten aanzien van windparken (Stienen & Kuijken, 2003) weergegeven.

Tabel 4.6.9: Dominante zeevogels van zuidelijke Noordzee (Stienen & Kuijken, 2003)

Soort	*Aandeel van de totale biogeografische populatie dat gebruik maakt van de zuidelijke Noordzee*	*Beschermings-statuut*	*Verstorings-gevoeligheid (3 zeer gevoelig, 2 matig gevoelig, 1 weinig gevoelig)*
Roodkeelduiker *Gavia stellata*	<1	VR, BE, BO	3
Fuut *Podiceps cristatus*	10-20		3
Zwarte Zee-eend *Melanitta nigra*	4-5		3
Dwergmeeuw *Larus minutus*	40-100	VR, BE	3
Visdief *Sterna hirundo*	56	VR, BE, BO	3
Dwergstern *Sterna albifrons*	44	VR, BE, BO	3
Kleine Mantelmeeuw *Larus fuscus*	28		2
Grote Stern *Sterna sandvicensis*	67	VR, BE, BO	2
Noordse Stormvogel *Fulmarus glacialis*	<1		1
Jan van Gent *Sula bassana*	4-7		1
Grote Jager *Stercorarius skua*	>60		1
Kokmeeuw *Larus ridibundus*	7-10		1
Stormmeeuw *Larus canus*	3-6		1
Zilvermeeuw *Larus argentatus*	5		1
Grote Mantelmeeuw *Larus marinus*	5		1
Drieteenmeeuw *Rissa tridactyla*	<1		1
Zeekoet *Uria aalge*	<1		1
Alk *Alca torda*	<2		1

De Belgische zeegebieden zijn voor een aantal vogelsoorten relatief belangrijk als overwinteringsgebied, trekgebied of foerageergebied tijdens het broedseizoen. De hoogste diversiteit werd waargenomen tijdens de trekperiodes (lente, herfst). In de studie van Seys (2001) bedroeg de vogeldichtheid in de Belgische mariene wateren gemiddeld 6,89 ex. per km², waarvan 98,1 % kan worden beschouwd als

zeevogels. De *Larus*-meeuwen waren het talrijkst (3,48 ex./km²), gevolgd door de alkachtigen (1,34 ex./km²), Drieteenmeeuw (0,57 ex./km²), zee-eenden (0,48 ex./km²) en Futen (0,29 ex./km²) (Seys, 2001).

Twee ruimtelijke gradiënten kunnen worden waargenomen voor de Belgische kust: een kust-zee en een oost-west gradiënt vanaf het Schelde-estuarium tot aan de diepere en minder troebele zeegebieden op Frans grondgebied. Visetende soorten met een voorkeur voor helder water en mid- tot offshore omstandigheden (alkachtigen, Drieteenmeeuw, Jan van Gent) waren talrijker in het westen. Duikers, Futen en *Larus*-meeuwen zijn prominenter aanwezig naarmate men het slibrijke water in het mondingsgebied van de Schelde nadert. De jagers en stormvogels zijn dan weer typisch voor de offshore gebieden (> 20 km van de kust) (Seys, 2001).

Daarnaast is er ook een duidelijk seizoenaal onderscheid. Het gemiddelde aantal soorten per seizoen is vergelijkbaar voor de herfst, de winter en de lente (resp. 13,4; 11,2 en 12,2), enkel in de zomer ligt het aantal beduidend lager (6,1) (Seys, 2001). Gemeenschapsanalyses (DCA en TWINSPAN) op basis van de densiteiten van de meest abundant voorkomende soorten geeft een onderscheid tussen de winter- (november tot maart) en de zomerperiode (april tot oktober) (Seys, 2001). Indicatorsoorten voor winterstalen zijn Futen, duikers, Zeekoeten, en Zwarte Zee-eend, terwijl sternen (o.a. Grote stern, Visdief), jagers en mantelmeeuwen (o.a. Dwergmeeuw) meer typisch zijn voor de zomer (april tot oktober) (Seys, 2001; Stienen & Kuijken, 2003).

Tenslotte valt nog te vermelden dat de hoogste densiteiten aan vogels gevonden worden op de hellingen van de zandbanken namelijk 9,29 ex./km² (winter) en 5,08 ex./km² (zomer) (Seys, 2001). Algemeen wordt vastgesteld dat kwetsbare vogelsoorten zich concentreren op deze hellingen in de winter en de herfst op dieptes van 5-15 m (Haelters *et al.*, 2004).

Ter bescherming van de leefgebieden van enkele internationaal te beschermen soorten, nl. Grote Stern, Visdief, Fuut en Dwergmeeuw werden 3 speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V's) in de kustzone afgebakend:

- SBZ-V1 Nieuwpoort (Grote Stern en Fuut): een gebied voor de Westkust (vóór Koksijde en De Panne), van de laagwaterlijn tot ongeveer 6 mijl in zee;
- SBZ-V2 Oostende (Grote Stern, Fuut, Visdief, Dwergmeeuw): een gebied vóór de Middenkust (Middelkerke tot Bredene), van de laagwaterlijn tot ongeveer 6 mijl in zee in het westen en tussen 1,5 en 6 mijl uit de kust in het oosten van dit gebied;
- SBZ-V3 Zeebrugge (Grote Stern, Visdief, Dwergmeeuw): een gebied rond de voorhaven van Zeebrugge.

Ter vermelding werden ook 2 speciale beschermingszones voor habitat (SBZ-H) aangeduid (Figuur 1.3.1):

- SBZ-H1 Trapegeer – Stroombank;
- SBZ-H2 Vlakte van de Raan.

De locatie waar het windmolenpark zou ingepland worden, ligt niet binnen één van de SBZ-gebieden én is dus op internationaal niveau van minder belang voor de vogelpopulaties van de Belgische wateren.

Bligh Bank

Het soortenspectrum op de Bligh Bank is niet gelijkaardig als dat van de rest van het BDNZ. Kustgebonden soorten zoals duikers, Fuut, Zwarte Zee-eend en Zilvermeeuw komen er in mindere mate voor. Soorten die dieper in zee voorkomen zoals Alk, Drieteenmeeuw, Kleine Mantelmeeuw en Zeekoet maken een belangrijk deel uit van het soortenspectrum op de Bligh Bank.

De beschrijving van het voorkomen van de zeevogels op de Bligh Bank is voornamelijk gebaseerd op de verspreidingskaarten die opgenomen zijn in het recente rapport "Referentiesituatie van de avifauna van de Thorntonbank" (Vanermen *et al.*, 2006). Deze studie geeft ondermeer een update van de studie uitgevoerd door Stienen *et al.* (2002) op basis van de meest recente gegevens. Per soort (zeevogels en niet-zeevogels) wordt een bespreking van hun voorkomen op het BDNZ geïllustreerd.

In Vanermen *et al.* (2006) worden de telresultaten van 2005 afzonderlijk en in detail besproken. In 2005 werden namelijk extra telinspanningen verricht in en rond het toekomstig windmolenpark van C-power dat op de Thorntonbank zal gebouwd worden. Voor de bespreking van de zeevogels werd tevens gesteund op deze gegevens.

In Vanermen *et al.* (2006) werd om zo de impact van het toekomstige windmolenpark van C-power op de avifauna te kunnen inschatten, gezocht naar een referentiegebied met een gelijkaardige vogelsamenstelling. Een van de gebieden die in een eerste analyse werd onderzocht betreft de Bligh Bank. In deze studie werd het belang van zestien soorten zeevogels gedurende de winter, het voorjaar, de zomer en het najaar schematisch weergegeven (Figuur 4.6.10, Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13).

Figuur 4.6.10, Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13 geven een algemeen beeld van de soortensamenstelling gedurende de winter, het voorjaar, de zomer en het najaar ter hoogte van de Bligh Bank (Vanermen *et al.*, 2006). Tijdens de zomerperiode wordt het relatief aandeel van de vogelsoorten op de Bligh Bank voor 90 % bepaald door Kleine Mantelmeeuw. De andere 10 % zijn Jan van Genten. Het relatief aandeel van de verschillende soorten zeevogels gedurende het voorjaar is als volgt opgebouwd: ca. 30 % Drieteenmeeuw, ca. 35 % Zilvermeeuw, ca. 20 % Zeekoet, ca. 8 % Kleine Mantelmeeuw, ca. 2 % Jan van Gent en ca. 5 % Noordse Stormvogel. Gedurende de winterperiode is het soortenspectrum gevarieerder: ca. 10 % Alk, ca. 30 % Drieteenmeeuw, ca. 45 % Zeekoet, de overige 15 % wordt bepaald door Grote Mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Stormmeeuw, Jan van Gent, Noordse Stormvogel en Duiker sp. Tijdens het najaar wordt het soortenspectrum voor ca. 50 % gedomineerd door Jan van Gent. Alk en Drieteenmeeuw zijn verantwoordelijk voor respectievelijk ca. 18 en 22 %. De overige 10 % wordt gevormd door Noordse Stormvogel en Kleine Mantelmeeuw.

Figuur 4.6.10: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende de winter (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.11: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende het voorjaar (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.12: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende de zomer (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.13: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende het najaar (Vanermen *et al.*, 2006)

Jan van Gent

Jan van Genten gebruiken tijdens het najaar het BDNZ voornamelijk als doortrekgebied (Vanermen *et al.*, 2006). De dichtheden op het BDNZ bereiken een duidelijke piek tijdens het najaar (oktober-november) en een minder uitgesproken piek in het vroege voorjaar (februari-maart).

Op basis van Figuur 4.6.14 kan er afgeleid worden dat de dichtheid van Jan van Gent tijdens het najaar varieert tussen de 0,5 en 1,5 exemplaren per km². De noordelijke punt heeft een dichtheid van 0,2-0,5 exemplaren per km². Figuur 4.6.13 toont eveneens aan dat de Bligh Bank tijdens het najaar van groot

belang is voor Jan van Gent (een relatief belang van ca. 50 %). Figuur 4.6.10 toont aan dat de Bligh Bank tijdens de winter van minder belang is voor Jan van Gent. Circa 2 % van de waargenomen soorten tijdens de winterperiode en tijdens het voorjaar betreffen Jan van Genten (Figuur 4.6.10 en Figuur 4.6.11). Het relatief belang van Jan van Gent tijdens de zomerperiode is relatief hoog en bedraagt ca. 8 % (Figuur 4.6.12). Het is tijdens de zomerperiode samen met Kleine Mantelmeeuw de meest voorkomende soort op de Bligh Bank.

Tijdens de waarnemingen in 2005 zijn er t.h.v. de Bligh Bank geen Jan van Genten gezien.

Figuur 4.6.14: Verspreiding van Jan van Gent op het BDNZ tijdens het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens de gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006)

Grote Jager

Grote Jagers komen jaarrond schaars en in lage dichtheden voor op het BDNZ (Vanermen *et al.*, 2006). De zuidelijke Noordzee is echter heel belangrijk voor Grote Jagers aangezien een zeer aanzienlijk percentage (> 60 %) van de totale biogeografische populatie er doortrekt (Seys, 2002; Stienen & Kuijken, 2003).

Op basis van de verspreidingskaart van Grote Jager kan er afgeleid worden dat de dichtheid van Grote Jager op de Bligh Bank tussen de 0 en 0,10 exemplaren per km² ligt. De bank is op basis van de huidige gegevens bijgevolg van minder van belang voor deze soort.

De figuren Figuur 4.6.10, Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13 tonen eveneens aan dat Grote Jager niet of slechts in beperkte mate voorkomen op de Bligh Bank.

Tijdens de waarnemingen in 2005 werd Grote Jager niet waargenomen op de Bligh Bank.

Figuur 4.6.15: Verspreiding van Grote Jager op het BDNZ tijdens het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

Dwergmeeuw

Dwergmeeuwen gebruiken het BDNZ in hun trekroute van en naar overwinteringsgebieden. De dichtheden op het BDNZ vertonen duidelijke pieken in maart-april en september-oktober (Vanermen *et al.*, 1996). Vooral in de herfst vervult de zuidelijke Noordzee een cruciale rol als doortrekgebied voor deze soort. Naar schatting 40-100 % van de totale biogeografische populatie trekt dan via de zuidelijke Noordzee naar zuidelijke overwinteringsgebieden (Seys, 2002).

Op basis van de verspreidingskaart van Dwergmeeuw (Figuur 4.6.16) en op basis van Figuur 4.6.13 kan er afgeleid worden dat de dichtheden van Dwergmeeuw op de Bligh Bank tijdens het najaar relatief laag zijn (0-0,10 exemplaren per km²). Figuur 4.6.10, Figuur 4.6.11 en Figuur 4.6.12 tonen eveneens aan dat Dwergmeeuw niet voorkomt op de Bligh Bank.

Tijdens de waarnemingen in 2005 werd Dwergmeeuw niet waargenomen op de Bligh Bank.

Figuur 4.6.16: Verspreiding van Dwergmeeuw op het BDNZ gedurende het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens aantal waargenomen, vogels per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

Stormmeeuw

Stormmeeuwen komen sterk verspreid over een groot gedeelte van het BDNZ voor, echter nauwelijks op open zee (Figuur 4.6.17). Zowel in de winter als in de lente zijn er geen duidelijke concentratiegebieden, hoewel de oostelijke kustgebieden relatief belangrijker zijn dan de Vlaamse banken. De hoogste dichtheden doen zich voor in de winter en het voorjaar.

Figuur 4.6.10 toont aan dat het relatief belang van de Stormmeeuw tijdens de winterperiode op de Bligh Bank eerder gering is (ca. 2 %). Gedurende het voorjaar, de zomer en het najaar komt Stormmeeuw er niet voor (Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13).

Tijdens de waarnemingen van 2005 werd Stormmeeuw niet waargenomen op de Bligh Bank.

Figuur 4.6.17: Verspreiding van Stormmeeuw in de winter (Stienen & Kuijken, 2003)

Kleine Mantelmeeuw

Behalve in de periode december-februari wordt de Kleine Mantelmeeuw het hele jaar door in hoge dichtheden aangetroffen en is het voornamelijk tijdens het voorjaar en de zomer de meest algemene vogelsoort op het BDNZ (Vanermen *et al.*, 2006). In de herfst trekt naar schatting 28 % van de totale biogeografische populatie door de zuidelijke Noordzee op weg naar de overwinteringsgebieden (Seys, 2002). Op het BDNZ wordt de helft van de vogels aangetroffen achter visserschepen (Offringa *et al.* 1995). Vooral in het voorjaar kan deze soort ver buiten de kust en verspreid op het BDNZ aangetroffen worden. Het concentratiegebied bevindt zich ter hoogte van de Zeelandbanken, de Gootebank en het westelijk deel van de Thorntonbank (Vanermen *et al.*, 2006). De Bligh Bank behoort niet tot deze concentratiegebieden.

Tijdens het voorjaar toont het zuidelijke deel van de Bligh Bank een dichtheid van 0 tot 1 exemplaar Kleine Mantelmeeuw per km² (Figuur 4.6.18). Op basis van de verspreidingskaart blijkt dat de noordelijke zone van de bank niet belang is voor deze soort. Figuur 4.6.11 illustreert dat het aandeel Kleine Mantelmeeuw op de Bligh Bank tijdens het voorjaar ongeveer 10 % bedraagt (Figuur 4.6.11). Gedurende de winterperiode komt deze soort niet voor op de Bligh Bank (Figuur 4.6.10). Tijdens het najaar bedraagt het aandeel van Kleine Mantelmeeuw op de Bligh Bank ca. 2 % (Figuur 4.6.13). Figuur 4.6.12 toont aan dat het relatief belang van Kleine Mantelmeeuw op de Bligh Bank gedurende de zomerperiode enorm hoog is, namelijk ca. 90 %. De andere 10 % nemen de Jan van Genten voor hun rekening. De soortensamenstelling op de Bligh Bank gedurende de zomerperiode is bijgevolg heel gering en bestaat hoofdzakelijk uit Kleine Mantelmeeuwen.

Tijdens de recent uitgevoerde tellingen van 2005 zijn er t.h.v. de Bligh Bank geen Kleine Mantelmeeuwen waargenomen (Figuur 4.6.19).

Het BDNZ-gemiddelde bedraagt 1,82 ex/km². Op basis van de dichtheidsverdeling kan er gesteld worden dat de Bligh Bank, niet tegenstaande hun relatief groot aandeel tijdens de zomerperiode, niet van specifiek belang is voor deze soort.

Figuur 4.6.18: Verspreiding van Kleine Mantelmeeuw op het BDNZ gedurende het voorjaar. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens de gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.19: Waarnemingen in 2005 van Kleine Mantelmeeuw in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006)

Grote Mantelmeeuw

De Grote Mantelmeeuw is een wintergast en komt heel homogeen verspreid over het BDNZ voor.

Op basis van het relatieve aandeel van de verschillende vogelsoorten die op de Bligh Bank voorkomen, kan er vastgesteld worden dat Grote Mantelmeeuw tijdens de zomerperiode, het najaar en het voorjaar niet voorkomt op de Bligh Bank (Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13). Tijdens de winterperiode is het aandeel gering en bedraagt ca. 2 % (Figuur 4.6.10).

De waarnemingen van 2005 tonen aan dat er ter hoogte van de Bligh Bank op één punt dichtheden zijn vastgesteld van 10-15 exemplaren per km² (Figuur 4.6.20).

De Bligh Bank is niet van specifiek belang voor deze soort (conform Stienen *et al.*, 2002).

Figuur 4.6.20: Waarnemingen in 2005 van Grote Mantelmeeuw in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006)

Drieteenmeeuw

Drieteenmeeuwen zijn echte zeevogels die het BDNZ aandoen van de late herfst tot in de vroege lente. Op het BDNZ wordt de maximale dichtheid bereikt in de winter wanneer gemiddeld 1,64 exemplaren aanwezig zijn per km². 's Winters zijn de vogels buiten het kustgebied wijd verspreid over het hele BDNZ en zijn er geen duidelijke concentratiegebieden aan te duiden (Stienen *et al.*, 2002).

Op de Bligh Bank worden tijdens de winter relatief hoge dichtheden bereikt, die variëren tussen de 0 en 5 exemplaren per km² (Figuur 4.6.21 en Figuur 4.6.10). Dit aantal ligt veel hoger dan de dichtheid op de rest van het BDNZ. Tijdens het najaar variëren de dichtheden tussen 0 en 5 exemplaren per km² (Figuur 4.6.22) en bedraagt het aandeel van de Drieteenmeeuwen op de Bligh Bank ca. 25 % (Figuur 4.6.13). Gedurende het voorjaar is het procentueel aandeel van Drieteenmeeuw op de Bligh Bank niet onbelangrijk (ca. 38 %) (Figuur 4.6.11).

Tijdens de tellingen in 2005 werd Drieteenmeeuw niet waargenomen op de Bligh Bank.

Ondanks de hoge dichtheden is de Bligh Bank gezien het geringe belang van het BDNZ voor de biogeografische populatie van deze soort (Seys, 2002) echter niet van specifiek belang voor Drieteenmeeuw.

Figuur 4.6.21: Verspreiding van Drieteenmeeuw tijdens de winter. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.22: Verspreiding van Drieteenmeeuw tijdens het najaar. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen *et al.*, 2006)

Zilvermeeuw

Zilvermeeuwen broeden verspreid over West- en Noord-Europa, Baltische Staten, de Faerøer eilanden en IJsland. In het noorden van het verspreidingsgebied zijn Zilvermeeuwen hoofdzakelijk trekvogel, in zuiden eerder sedentair of dispersief. Het overwinteringsgebied van de meest noordelijke populaties strekt zich uit van de Atlantische kusten van Noorwegen, de kusten van de Oostzee zuidelijk tot in het Kanaal. In Zeebrugge is een sterk groeiende gemengde kolonie (met Kleine Mantelmeeuw) gevestigd.

Gedurende het voorjaar is het relatief belang van Zilvermeeuw op de Bligh Bank relatief groot, nl. ca. 35 % (Figuur 4.6.11). Tijdens het najaar, de winter en de zomer Zilvermeeuw nauwelijks voor op de Bligh Bank.

Grote Stern

De Grote stern is een doortrekker en zomergast op het BDNZ. De zuidelijke Noordzee vormt voor deze zwaar beschermde soort een belangrijke corridor tijdens de trek naar de Afrikaanse overwinteringsgebieden, waarvan naar schatting 67 % van de totale biogeografische populatie gebruik maakt (Seys, 2002).

Op basis van Figuur 4.6.23 kan er vastgesteld worden dat de Bligh Bank tijdens het broedseizoen niet of nauwelijks van belang is voor Grote Stern. Figuur 4.6.24 toont aan dat tijdens de najaarstrek de Bligh Bank evenmin van belang is voor Grote Stern. Figuur 4.6.10, Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13 tonen aan dat het relatief belang van Grote Stern op de Bligh Bank onbestaande is.

Figuur 4.6.23: Verspreiding van Grote Stern op het BDNZ gedurende het broedseizoen (mei-juni); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.24: Verspreiding van Grote Stern op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus). De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

Visdief

Op het BDNZ worden Visdieven enkel van april tot oktober waargenomen. De soort is onder andere opgenomen in bijlage I van de Vogelrichtlijn. Vooral in de periode mei-juli worden op het BDNZ zeer hoge dichtheden opgetekend. Visdieven zijn meer kustgebonden dan de nauw verwante Grote Sterns. De zuidelijke Noordzee is een belangrijke trekcorridor voor deze soort, naar schatting 56 % van de totale biogeografische populatie maakt gebruik van deze route (Seys, 2002).

Op basis van de verspreidingskaarten van Visdief gedurende het broedseizoen (Figuur 4.6.25) kan er afgeleid worden dat er zo goed als geen waarnemingen zijn van Visdief op de Bligh Bank. Tijdens de najaarstrek (Figuur 4.6.26) zijn de dichtheden van Visdief er eveneens laag (0-0,25 exemplaren per km²).

De figuren die het relatief aandeel van de zestien soorten zeevogels weergeven (Figuur 4.6.10, Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.12 en Figuur 4.6.13) voor de Bligh Bank tonen eveneens aan dat Visdief geen belangrijke soort is voor deze zandbank.

Figuur 4.6.25: Verspreiding van Visdief op het BDNZ gedurende het broedseizoen (mei-juni); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

Figuur 4.6.26: Verspreiding van Visdief op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

Zeekoet

De Zeekoet is een wintergast die aanwezig is op het BDNZ in de periode oktober-maart. Deze zeer algemene soort kent een wijde verspreiding over grote delen van het BDNZ (Vanermen *et al.*, 2006).

Tijdens de waarnemingen die in 2005 werden uitgevoerd, is Zeekoet op twee telpunten op de Bligh Bank waargenomen. Er werden dichtheden vastgesteld tussen 0,51 en 10 exemplaren per km² (Figuur 4.6.27).

Figuur 4.6.27: Waarnemingen in 2005 van Zeekoet in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006)

Het relatief belang, vertaald in het procentueel aandeel van Zeekoet op de Bligh Bank gedurende de winter en het voorjaar, bedraagt respectievelijk ca. 38 en 20 % (Figuur 4.6.10 en Figuur 4.6.11). Tijdens de zomer (Figuur 4.6.12) en het najaar (Figuur 4.6.13) komt deze soort niet voor ter hoogte van de Bligh Bank.

Ondanks het grote aantal Zeekoeten die waargenomen zijn op de Bligh Bank, kan er met enige voorzichtigheid net zoals voor de Thorntonbank (conform Stienen *et al.*, 2002) verwacht worden dat de Bligh Bank in geen enkel jaargetijde van specifiek belang is voor de Zeekoet vanwege haar sterk verspreide en algemene voorkomen op het BDNZ. Verder onderzoek ter hoogte van de Bligh Bank is hiervoor aangewezen.

Alk

De Alk is naast Zeekoet de enige algemeen voorkomende alkachtige op het BDNZ. Eén op zes van de waargenomen alkachtigen betreft Alk. De hoogste dichtheden worden bereikt tijdens de winter en de belangrijkste overwinteringsgebieden situeren zich op de Vlaamse banken, de Hinderbanken en de Zeelandbanken (Vanermen *et al.*, 2006).

Het relatief belang, vertaald in het procentueel aandeel van Alk op de Bligh Bank gedurende de winter en het najaar, bedraagt ca. 10 % (Figuur 4.6.10 en Figuur 4.6.13). Tijdens het voorjaar en de zomer tonen Figuur 4.6.11 en Figuur 4.6.12 aan, dat Alk niet voorkomt ter hoogte van de Bligh Bank.

Tijdens de tellingen in 2005 werd ter hoogte van één telpunt op de Bligh Bank een dichtheid van 2-5 exemplaren per km².

Figuur 4.6.28: Waarnemingen in 2005 van Alk in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen *et al.*, 2006)

Noordse Stormvogel

Noordse Stormvogels komen jaarrond in vrij lage dichtheden op het BDNZ voor, en mijden sterk de kustnabije zone. Dieper in zee komt de soort verspreid voor en is het niet mogelijk om binnen het offshore gebied een kerngebied aan te duiden (Stienen & Kuijken, 2003).

Vanermen *et al.* (2006) en Seys (2002) stellen dat het BDNZ van marginaal belang is voor de biogeografische populatie van de soort. Ook Stienen en Kuijken (2003) geven aan dat het BDNZ van gering belang is voor Noordse Stormvogel.

Een verspreidingkaart van Noordse Stormvogel (Figuur 4.6.29), op basis van de telgegevens van 1992-2003, toont aan dat de Bligh Bank van minder belang is voor Noordse Stormvogel.

Het relatief belang van Noordse Stormvogel varieert gedurende het voorjaar, de winter en het najaar tussen 2 en 5 % (Figuur 4.6.11, Figuur 4.6.10 en Figuur 4.6.13). Tijdens de zomer werd deze soort er niet waargenomen (Figuur 4.6.12).

Figuur 4.6.29: Verspreiding van Noordse Stormvogel in de winter (Stienen & Kuijken, 2003)

Besluit:

Op basis van bovenstaande beschrijvingen kan er gesteld worden dat er ter hoogte van de Bligh Bank voornamelijk niet-kustgebonden soorten zoals Jan van Gent, Drieteenmeeuw, Zeekoet en Alk voorkomen.

Andere soorten zoals duikers, Grote Jager, Noordse Stormvogel, Fuut, Visdief, Grote Stern, Zwarte Zee-eend en een reeks van meeuwen (Dwergmeeuw, Stormmeeuw, Zilvermeeuw) komen in minder grote aantallen voor ter hoogte van de Bligh Bank. Enkel tijdens het voorjaar is het relatief belang van de Zilvermeeuw op de Bligh Bank wel van belang. Kleine Mantelmeeuw en Grote Mantelmeeuw zijn eerder algemene soorten die verspreid over het BDNZ voorkomen. De Bligh Bank behoort echter niet tot hun concentratiegebied.

ZELDZAME ZEEVOGELS

In Vanermen *et al.* (2006) wordt een beschrijving gegeven van een reeks zeldzame zeevogels die op het BDNZ waargenomen zijn.

Bepaalde zeldzame zeevogels zijn gebonden aan de havenmonden of betreffen kustgebonden soorten, die bijgevolg weinig of niet ter hoogte van de Bligh Bank voorkomen. Het betreft Parelduiker, Roodkeelduiker, Dwergstern, Kleine Alk en Noordse Stern.

Kuhls Pijlstormvogel, Noordse Pijlstormvogel, Stormvogel, Kuifaalscholver, Vorkstaartmeeuw, Papegaaiduiker en Kleinste Jager zijn soorten waarvan in de periode januari 1992 – december 2004 minder dan 10 exemplaren zijn waargenomen. Vaal Stormvogeltje betreft eveneens een weinig voorkomende soort op het BDNZ. Hiervan werden slechts 17 exemplaren waargenomen.

Grote Zee-eend en Eidereend zijn de twee zeldzame zeevogels die in grotere aantallen voorkomen op het BDNZ (respectievelijk 380 en 2436). Het voorkomen van Grote Zee-eend concentreert zich binnen 10 kilometer van de kust en ook in de omgeving van de Vlaamse Banken. Eidereend concentreert zich eveneens binnen 10 kilometer van de kust, ter hoogte van de Banken van Oostende en Nieuwpoort en voor de havenmond van Zeebrugge (Vanermen *et al.*, 2006).

Middelste Jager betreft een eerder zeldzame zeevogel (33 waarnemingen) die verspreid over het BDNZ voorkomt. Voor deze soort zijn geen concentratiegebieden gekend.

Van Grauwe Pijlstormvogel werden 58 exemplaren waargenomen. Grauwe Pijlstormvogel is een regelmatige stormgast in september en oktober. In het najaar kunnen aantallen van meer dan 100 waargenomen worden.

Besluit:

Voor geen enkel van de zeldzame zeevogels wordt de Bligh Bank als een belangrijk gebied aangezien.

NIET-ZEEVOGELS

Naast de eigenlijke zeevogels gebruiken ook niet-zeevogels, zoals zangvogels, de Belgische zeegebieden als trekroute. Deze trekbewegingen van niet-zeevogels die over zee plaatsvinden, zijn reeds in een aantal buitenlandse studies aangetoond (Vanermen *et al.*, 2006).

Trekgedrag van niet-zeevogels is tot op heden onderkend bij de beoordeling van de eventuele impact van een off-shore windmolenparken (Vanermen *et al.*, 2006). Om de leemten in de kennis over het trekgedrag van niet-zeevogels en zeldzamere zeevogels over de Belgische zeegebieden tenminste gedeeltelijk op te vullen, werd in de referentiestudie van de avifauna van de Thorntonbank (Vanermen *et al.*, 2006) het uitgebreide databestand van vogeltellingen op zee aan een grondige analyse onderworpen. Op basis van deze analyse kan het volgende besloten worden (Vanermen *et al.*, 2006):

- Aalscholvers zijn het gehele jaar door aanwezig op het BDNZ. Aalscholvers betreffen wel kustgebonden soorten, met de hoogste dichtheden langs de westkust. De Bligh Bank is bijgevolg geen belangrijk gebied voor Aalscholvers.
- De zwemeenden (Smient, Wilde Eend, Pijlstaart, Toppereend, Middelste Zaagbek) die op het BDNZ voorkomen, betreffen voornamelijk Smient (88 %). De hoogste concentraties zwemeenden komen kustgebonden voor. Ook Bergeend en Grauwe Gans zijn kustgebonden soorten. De Bligh Bank vormt bijgevolg geen belangrijk gebied voor deze soorten.
- Rotganzen worden in grotere aantallen waargenomen tijdens het najaar. Groepen Rotganzen werden door Vanermen *et al.* (2006) verspreid over het BDNZ waargenomen. Er zijn geen concentratiegebieden gekend.
- Zwarte Stern komt voornamelijk voor langs de Nederlandse kust rond half mei, en in het najaar in augustus. Alle waarnemingen op het BDNZ werden verricht binnen een zone van 25 km langs de kust, met een cluster van waarnemingen nabij de havenmond van Oostende. Aangezien de Bligh Bank op een afstand van ca. 36 km van de kust gelegen is, is deze bank niet van belang voor Zwarte Stern.
- Lachstern werd slechts tweemaal waargenomen op het BDNZ.
- Wat de groep van steltlopers betreft, kan er gesteld worden dat deze soortengroep over het ganse BDNZ voorkomt. De aantallen minderen wel naarmate men verder van de kust gaat. De meeste steltlopers werden waargenomen in de avond. De steltlopers die in grote aantallen voorkomen op het BDNZ worden hierna besproken.
  - Wat Kievit en Bonte Strandloper betreffen, liggen de waarnemingen verspreid over het BDNZ, maar de aantallen nemen sterk af buiten de viermijlszone. Aangezien de Bligh Bank buiten deze zone gelegen is, is deze niet van groot belang voor Kievit en Bonte Strandloper.
  - De waarnemingen van Wulp zijn duidelijk kustgebonden. Een cluster van waarnemingen werd vastgesteld ter hoogte van de havenmond van Zeebrugge.
  - Zilverplevier en Rosse Grutto werden het meest waargenomen buiten de 16-mijlszone. De twee grootste groepen Rosse Grutto werden waargenomen 25 en 35 kilometer buiten de kust. Op basis van de verspreidingskaart van de groep van de steltlopers (Figuur 4.6.30) kan er afgeleid worden dat er voornamelijk in de zuidelijke zone van de Bligh Bank in geringe dichtheden werden waargenomen.

  Als besluit kan er gesteld worden dat, in vergelijking met de kustzone de Bligh Bank van minder belang is voor de groep van de steltlopers.

Figuur 4.6.30: Verspreiding van de groep van steltlopers op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus); de 6x6 km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

- Wat zangvogels betreft, trekken grote aantallen zangvogels die op weg zijn van het continent naar de Britse eilanden of omgekeerd boven de Noordzee. Tijdens de scheepstellingen van het INBO werden slechts enkele soorten zangvogels in noemenswaardige aantallen waargenomen.

Het betreft Spreeuw, Vink, Veldleeuwerik, Koperwiek en Graspieper. De zangvogelpiek doet zich voornamelijk 's nachts voor.

Besluit:

Naast de typische zeevogelsoorten komen boven het BDNZ ook grote aantallen niet-zeevogels voor. Vele van deze soorten zoals Aalscholver, Smient en Wilde Eend zijn vooral kustgebonden.

Waarnemingen die ter hoogte van de Thorntonbank zijn uitgevoerd (Vanermen *et al.*, 2006) tonen wel aan dat de doortrek van vogelsoorten het meest intens is langsheen de kust. Verder op zee gebeurt de trek via een breed front.

4.6.2.3 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van een windpark op de Bligh Bank mag zoals bij de Thorntonbank eveneens verondersteld worden dat de ornithologische waarde van de site nagenoeg hetzelfde zal blijven. Behalve bestaande (semi)-natuurlijke fluctuaties in het zeevogelbestand (bijvoorbeeld door veranderingen in de voedselbeschikbaarheid, of door verschuivingen in de overwinteringsgebieden) zijn er geen aanwijzingen dat er momenteel belangrijke wijzingen plaatsvinden in het doelgebied. Veranderingen in de verspreiding van zeevogels als gevolg van de opwarming van de aarde zullen niet op korte termijn meetbaar zijn en zullen dientengevolge ook niet interfereren met een toekomstige monitoring van zeevogels in het doelgebied (Stienen *et al.*, 2002).

4.6.2.4 Effecten

INLEIDING

De effecten van een windturbinepark op vogels zijn zeer variabel en hangen af van tal van factoren, waardoor de impact van elk windturbinepark verschillend is en individueel dient beoordeeld te worden. Een studie naar de lokale situatie is onontbeerlijk om tot een juiste inschatting te komen van de effecten ter plaatse.

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

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 gemiddeld aantal dodelijke aanvaringen in verschillende Europese windturbineparken op land varieert tussen een aantal vogels per turbine per jaar tot meer dan 64 vogels per turbine per jaar (Langston & Pullan, 2003; Everaert, 2006). Binnen een windturbinepark kan de impact ook sterk verschillen tussen individuele turbines onderling. 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 eerste resultaten van het onderzoek in recente offshore windturbineparken (Horns Rev, Yttre Stengrund, Utgrunden, Tumø Knob, Blyth Harbour) 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 en Nysted (Denemarken) aan dat veel zeevogels die een windturbinepark binnenvliegen, zich heroriënteren en lager gaan vliegen, onder de rotorhoogte en tussen de windturbinerijen door, wat het aanvaringsrisico doet dalen (Petersen *et al.*, 2006).

Zelfs in de veronderstelling dat een windturbinepark resulteert in lage dodelijke aanvaringen, dan nog kan die bijkomende mortaliteit significant zijn voor lang levende soorten met een lage productiviteit en een lage maturiteitssnelheid, vooral wanneer speciale beschermingssoorten beïnvloed worden. In dergelijke gevallen kunnen windturbineparken significante effecten hebben op populatieniveau (lokaal, regionaal of nationaal), in het bijzonder in situaties waar cumulatieve mortaliteit plaatsvindt als resultaat van meerdere windturbineparken samen (Drewitt & Langston, 2006).

Verstoringsaspect

Windturbines kunnen verstoring veroorzaken bij foeragerende en rustende vogels, zowel op het land als op het water. Ook passerende vogels kunnen hinder ondervinden van windturbineparken (barrière) en kunnen daardoor deze ontwijken. Er zijn grote verschillen tussen de soorten vogels. In de broedgebieden worden meestal geen verstorende effecten vastgesteld, wat waarschijnlijk te maken heeft met het optreden van gewenning bij de broedvogels (Stienen *et al.*, 2002). Ook onderzoek van Everaert & Stienen (2006) op het effect van de windturbines van Zeebrugge op vogels doet vermoeden dat de verstoringfactor relatief laag is bij de broedende vogels (sternen), hoewel effecten op het reproductieresultaat nog niet werden bestudeerd.

Er kunnen twee soorten reacties onderscheiden worden bij passerende vogels om het windturbinepark te ontwijken: het veranderen van de vliegrichting, het tijdelijk aanpassen van de vlieghoogte. Over het algemeen vindt het mijden van de turbines op korte afstand plaats. Door het ontwijken van de windturbineparken kan er een sterke reductie ontstaan van het aantal passerende vogels (Stienen *et al.*, 2002).

Resultaten van radarstudies bij de offshore windturbineparken in Denemarken (Horns Rev en Nysted) laten zien dat zeevogels doorgaans ontwijkingsgedrag vertonen; hoewel de reactie sterk afhankelijk is van soort tot soort (Petersen *et al.*, 2006). Sommige soorten werden nooit (vb. duikers, Jan van Genten) of zelden (vb. Zwarte Zee-eend) al vliegend gezien tussen de turbines, terwijl anderen (vb. Aalscholvers en meeuwen) een klein ontwijkingsgedrag vertonen. Bij Horns Rev werd er een aanpassing van de vliegrichting vastgesteld: 71 % - 86 % van de vogels ontweek het windmolenpark op een afstand van 1,5 - 2 km om dan meer dan 5 km rond de buitenkant van het windturbinepark te vliegen. Bij Nysted werd een gelijkaardig ontwijkingspatroon vastgesteld: 78 % van de aanvliegende vogels ontweek het windturbinepark. Bij beide windturbineparken gebeurden veranderingen in vliegrichting dichter bij het windturbinepark tijdens de nacht (0,5 km) dan overdag (> 1,5 km), maar de ontwijkingsratio bleef hoog. Verder werd vastgesteld dat tijdens de nacht migrerende vogels hoger dan 120 m vliegen en dus boven windturbinehoogte.

Ook zuidwaarts trekkende niet-zeevogels vertoonden een markant vermijdingspatroon.

CONSTRUCTIEFASE

Tijdens de bouwfase kan er een significante verstoring optreden van de mariene avifauna als gevolg van de werkzaamheden. Verstoringsgevoelige soorten (vb. Roodkeelduiker, Zwarte Zee-eend, Fuut, Zeekoet, Alk) kunnen hierdoor tijdelijk het gebied mijden; andere soorten (vb. meeuwen) kunnen mogelijk

voordelen hebben van de werkzaamheden door het tijdelijk beschikbaar komen van voedsel (omwoelen van bodem, verhoogde scheepsactiviteit) (Stienen *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006). Echter, de (zeer) verstoringsgevoelige soorten zoals Roodkeelduiker, Zwarte Zee-eend en Fuut zijn kustgebonden en komen in mindere mate voor op de offshore gelegen Bligh Bank. Het zijn voornamelijk niet-kustgebonden soorten zoals Jan van Gent, Drieteenmeeuw, Zilvermeeuw, Zeekoet en Alk die voorkomen ter hoogte van de Bligh Bank.

De constructiefase van het windturbinepark op de Bligh Bank wordt verdeeld over 2 jaar. Het bouwseizoen concentreert zich, vanwege de gunstigere voorwaarden voor 'werkbaar weer', in en rond de zomerperiode (waarschijnlijk maart – september). Dit is het voornemen bij de huidige planning, maar de kans is reëel dat de bouw gedurende het hele jaar wordt uitgevoerd. In en rond de zomerperiode komen voornamelijk Kleine Mantelmeeuw, Jan van Gent (zomerperiode) en Zeekoet, Drieteenmeeuw, Zilvermeeuw (voorjaarsperiode) voor op de Bligh Bank. Van deze soorten zijn Kleine Mantelmeeuw, Jan van Gent, Drieteenmeeuw en Zilvermeeuw minder verstoringsgevoelige soorten. Wanneer de huidige planning wordt aangehouden zal het effect van de verstoring tijdens de constructiefase op deze soorten waarschijnlijk eerder gering zijn. De soort Zeekoet is een verstoringsgevoelige soort (Tabel 4.6.10), die vooral in de winter, maar ook in het voorjaar voorkomt op de Bligh Bank. Dit betekent dat waarschijnlijk enkel Zeekoet een verstoringseffect zal ondervinden tijdens de bouwwerkzaamheden en dit enkel in het voorjaar (periode maart – mei, wanneer de huidige planning wordt aangehouden). Het effect is echter tijdelijk en de bouw beperkt in omvang (0,99 % van BDNZ). Het effect wordt daarom als gering negatief beoordeeld.

Bij de constructie van de offshore windturbineparken Horns Rev en Nysted in Denemarken bleek dat zeevogels de windturbines vermeden; de reacties waren echter sterk soortsafhankelijk. Bij Horns Rev bleek dat duikers en alkachtigen het park meden tijdens en tot 3 jaar na de constructiefase. Zilvermeeuwen werden net aangetrokken door scheepvaartactiviteiten en de mogelijkheid om te zitten op de constructies in aanbouw (Christensen *et al.*, 2003; Tech-Wise, 2003; Petersen *et al.*, 2006).

Het effect van de bouw van een windturbinepark op de Bligh Bank op avifauna is tijdelijk, beperkt in omvang en wordt als gering negatief beoordeeld.

Besluit:

Zeekoet is een verstoringsgevoelige soort die vooral in de winter, maar ook in het voorjaar voorkomt op de Bligh Bank. Wanneer de huidige planning wordt aangehouden, kan de soort Zeekoet tijdens het voorjaar (periode maart – mei) een verstoringseffect ondervinden van de constructiewerkzaamheden. Het effect van de bouw van een windturbinepark op de Bligh Bank op avifauna wordt voor de verschillende funderingstypes (monopile, jacket-vakwerk en gravitaire fundering) en windturbinegroottes (3 MW en 5 MW) als gering negatief beoordeeld. De relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone op het Belgische Deel van de Noordzee is tijdelijk (bouw verdeeld over 2 jaar), beperkt in omvang (0,99 % van BDNZ) en bijgevolg aanvaardbaar voor alle varianten.

EXPLOITATIEFASE

Inleiding

Op basis van de gegevens over verstorings- en aanvaringsgevoeligheid bij soorten in Vanermen *et al.* (2006) kan onderstaande tabel gegenereerd worden (Tabel 4.6.10). Daarbij wordt aan de verstorings- en aanvaringsgevoeligheid per soort een score gegeven variërend van 1 tot 4, waarbij een score 4 gelijk staat aan zeer gevoelig, 3 gevoelig, 2 matig gevoelig en 1 weinig gevoelig. De totale gevoeligheidsscore is de som van de verstoringsgevoeligheids- en de aanvaringsgevoeligheidsscore. De range van de totale gevoeligheidsscore varieert van 8 (zeer gevoelig) tot 2 (weinig gevoelig). Hoe hoger de totale gevoeligheidsscore, hoe gevoeliger de soort en dus hoe groter de impact van een windturbinepark op de

soort kan zijn. Uit de tabel blijkt dat Roodkeelduiker en Zwarte Zee-eend het meest gevoelig zijn (totale gevoeligheidsscore 8) en dus de grootste impact kunnen ondervinden van een windturbinepark. Dit betekent dat het overgrote deel van deze soorten door hun hoge verstoringsgevoeligheidsscore waarschijnlijk het windturbinepark zullen mijden. Wanneer een deel van deze soorten toch het windturbinepark binnenkomt, is de kans groot dat ze in aanvaring komen met de windturbines, daar hun aanvaringsgevoeligheidsscore hoog is. Deze soorten komen echter enkel kustgebonden voor en dus valt de offshore gelegen Bligh Bank buiten het normale verspreidingsgebied van deze soorten. De impact van het windpark op deze soorten wordt dan ook als marginaal ingeschat. Op basis van de gegevens uit de Tabel 4.6.10 blijkt verder dat de soorten Noordse Stormvogel, Dwergmeeuw, Kleine Mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Zeekoet en Alk de minste hinder kunnen ondervinden van een windturbinepark (totale gevoeligheidsscore 4), waardoor de impact op deze soorten waarschijnlijk minimaal zal zijn.

Tabel 4.6.10: Overzicht van de scores van verstorings- en aanvaringsgevoeligheid van zeevogels op basis van Vanermen *et al.* (2006) (1 = weinig gevoelig, 2 = matig gevoelig, 3 = gevoelig, 4 = zeer gevoelig), en met aanduiding van de totale gevoeligheidsscore per soort die varieert van 8 = zeer gevoelig tot 2 = weinig gevoelig).

Soort	Verstorings-gevoeligheids-score	Aanvarings-gevoeligheids-score	Totale gevoeligheids-score
Roodkeelduiker	4	4	8
Zwarte Zee-eend	4	4	8
Drieteenmeeuw	2	4	6
Grote Stern	2	4	6
Visdief	2	4	6
Fuut	3	2	5
Jan van Gent	2	3	5
Grote Jager	1	4	5
Stormmeeuw	1	4	5
Grote Mantelmeeuw	2	3	5
Noordse Stormvogel	2	2	4
Dwergmeeuw	2	2	4
Kleine Mantelmeeuw	2	2	4
Zilvermeeuw	2	2	4
Zeekoet	3	1	4
Alk	3	1	4

Trekvogels en lokale vliegbewegingen

Aangezien de Bligh Bank slechts 12 km van de Thorntonbank gelegen is, kan er verwacht worden dat de Bligh Bank, net zoals de Thorntonbank, een doortrekgebied kan zijn voor bepaalde soorten zeevogels, die evenwijdig aan de kust van en naar broed- en overwinteringsgebieden trekken.

Op de Bligh Bank komen er in het voor- en najaar Zilvermeeuw en Jan van Gent in sterk verhoogde dichtheden voor. Van deze soorten zal waarschijnlijk Jan van Gent de grootste impact ondervinden van het werkende windturbinepark. Het is een matig verstoringsgevoelige soort, maar gevoelig voor aanvaring. De totale gevoeligheidsscore voor de soort is daardoor relatief hoog en bedraagt 5 (Tabel 4.6.10).

In het MER voor het offshore windturbinepark Sheringham Shoal (UK) (Scira, 2006) werden de aanvaringsrisicofactoren via modellering berekend voor verschillende vogelsoorten bij verschillende turbinegroottes (Tabel 4.6.11). Alk en Zeekoet werden niet in beschouwing genomen in de modellering, daar ze nooit meer dan 20 m boven het zeeoppervlak vlogen. Uit de modellering bleek dat van de 5 onderzochte soorten de Jan van Gent de grootste aanvaringsrisicofactor bezat (19,7 % bij 3 MW windturbine en 14,6 % bij 7 MW windturbine). Ook Kleine Mantelmeeuw vertoont een relatief groot aanvaringsrisico (16,3 %). Grote Stern, Visdief en Dwergmeeuw zijn soorten die niet voorkomen ter hoogte van de Bligh Bank. Verder kan uit de Tabel 4.6.11 afgeleid worden dat kleine windturbines (3 MW) leiden tot een hogere aanvaringsrisicofactor bij zeevogels dan grote windturbines (7 MW) bij een gelijkblijvend totaal aantal MW.

De windturbines die op de Bligh Bank voorzien worden zijn 3 en 5 MW turbines. Er kan verwacht worden dat, bij een gelijk blijvend totaal aantal MW, het risico op aanvaring bij de 3 MW turbine groter zal zijn dan bij de 5 MW turbine.

Tabel 4.6.11: Berekende aanvaringsrisicofactor bij verschillende turbinegroottes (Scira, 2006)

Soort	Turbinegrootte				
	3 MW	3,6 MW	4,5 MW	5 MW	7 MW
Jan van Gent	19,7 %	18,0 %	16,5 %	16,1 %	14,6 %
Kleine Mantelmeeuw	16,3 %	15,1 %	14,1 %	13,8 %	12,7 %
Grote Stern	14,3 %	13,5 %	12,7 %	12,5 %	11,7 %
Visdief	13,5 %	12,7 %	12,0 %	11,9 %	11,2 %
Dwergmeeuw	11,4 %	10,8 %	10,4 %	10,3 %	9,8 %

In 2005 werd een inschatting gemaakt van de vlieghoogte van zeevogels om te bepalen welke soorten het gevoeligst zullen zijn voor aanvaring met windmolens (Vanermen *et al.*, 2006). Uit dit recente onderzoek bleek echter dat de kans dat Jan Van Gent binnen rotorbereik (> 25 m) vloog, klein was: slechts 4 % vloog op windturbinehoogte (Tabel 4.6.12). Er kan daarom verwacht worden dat de het aantal aanvaringsslachtoffers onder de Jan van Genten beperkt zal zijn. Vanermen *et al.* (2006) stelde verder vast dat Kleine en Grote Mantelmeeuw het hoogst vlogen: nl. respectievelijk 12 % en 14 % vloog op rotorhoogte. Deze soorten zullen door de combinatie van hun grote formaat, lage wendbaarheid en de vlieghoogte het gevoeligst zijn voor aanvaring.

Tabel 4.6.12: Totaal aantal en hoger dan 25 meter vliegende vogels waargenomen op het BDNZ in 2005 (Vanermen *et al.*, 2006)

Soort	> 25 m	totaal	% > 25 m
Roodkeelduiker	5	317	2
Fuut	0	3131	0
Noordse Stormvogel	0	682	0
Jan van Gent	27	1057	4
Zwarte Zeeëend	0	1089	0
Grote Jager	2	29	8
Dwergmeeuw	1	462	0
Stormmeeuw	45	2641	5
Kleine Mantelmeeuw	372	4812	12

Soort	> 25 m	totaal	% > 25 m
Zilvermeeuw	68	1197	9
Grote Mantelmeeuw	123	2347	14
Drieteenmeeuw	39	2886	4
Grote Stern	10	748	1
Visdief	4	1683	0
Zeekoet	0	427	0
Alk	0	54	0

De Zilvermeeuw die ook in verhoogde dichtheden voorkomt op de Bligh Bank gedurende de trekperiodes, heeft een relatief lage, totale gevoeligheidsscore (Tabel 4.6.10). Daardoor zal de soort waarschijnlijk een geringe impact ondervinden van het windturbinepark. Uit het onderzoek naar de inschatting van vlieghoogtes bij zeevogels (Vanermen *et al.*, 2006) bleek dat 9 % van de Zilvermeeuwen hoger dan 25 m en dus binnen rotorbereik vloog (Tabel 4.6.12).

Naast de eigenlijke zeevogels gebruiken ook niet-zeevogels, zoals zangvogels, de Belgische zeegebieden als trekroute (van het continent naar de Britse eilanden of omgekeerd). Trekgedrag van niet-zeevogels is tot op heden onderkend bij de beoordeling van de eventuele impact van offshore windturbineparken. Wat zangvogels betreft kan het windturbinepark bij zeer sterke trek boven de Noordzee een probleem vormen. Weersomstandigheden die plots ongunstig worden (mist of regen), kunnen er nl. voor zorgen dat de trek van zangvogels snel onderbroken wordt. Tijdens deze zogenaamde 'fall-condities' kan een windturbinepark functioneren als kunstmatig eiland en een ogenschijnlijk veilige haven vormen voor zangvogels. Mogelijk kunnen er dan grote aantallen windturbineslachtoffers vallen, te meer daar deze omstandigheden altijd samengaan met slechte zichtbaarheid (Vanermen *et al.*, 2006). Maar de frequentie van het optreden van dit fenomeen is laag en moeilijk voorspelbaar (Stienen *et al.*, 2002).

Gezien de offshore ligging van de Bligh Bank valt niet te verwachten dat er in het gebied veel lokale vliegbewegingen zullen zijn, zodat ook voor dit aspect de impact waarschijnlijk marginaal zal zijn. Maar goede gegevens hierover ontbreken helaas (Stienen *et al.*, 2002).

Besluit:

Welke vogelsoorten er tijdens de trekperiodes precies verstoord zullen worden door de windturbines en welke in aanvaring zullen komen met de windturbines is moeilijk te voorspellen. Op basis van de aanvaringsgevoeligheid en de dichtheden op de Bligh Bank gedurende de trekperiodes, kan verwacht worden dat onder de aanvaringsslachtoffers vooral Jan van Genten zullen vallen. Echter de kans dat Jan van Genten op rotorhoogte vliegen, is klein (4 % in Vanermen *et al.*, 2006), zodat verwacht mag worden dat het aantal slachtoffers onder de Jan van Genten eerder gering zal zijn.

De Bligh Bank ligt dus waarschijnlijk voor enkele offshore soorten binnen de trekroute, maar waarnemingen uitgevoerd door Vanermen *et al.* (2006) tonen aan dat de doortrek van vogelsoorten het meest intens is langsheen de kust; verder op zee gebeurt de trek via een breed front. Daarbij komt dat de vogelsoorten, die vooral voorkomen ter hoogte van de Bligh Bank tijdens de trekperiodes, eerder matige verstoringsgevoelig zijn.

De totale impact (zowel verstorings- als aanvaringseffect) van het windturbinepark op de Bligh Bank voor de verschillende funderingstypes (monopile/jacket-vakwerk en gravitaire fundering) en turbinegroottes (3 MW en 5 MW) wordt als gering ingeschat.

De geplande 3 MW turbines op de Bligh Bank zullen, bij een gelijkblijvend totaal aantal MW, waarschijnlijk een groter aanvaringsrisico bij de vogels met zich meebrengen dan de 5 MW turbines.

Tijdens de zogenaamde 'fall-condities' kunnen grote aantallen windturbineslachtoffers vallen onder zangvogels. Dit effect is echter nu nog niet in te schatten; verder onderzoek aangaande 'fall-condities' is noodzakelijk.

De impact van een windturbinepark op lokale vliegbewegingen zal waarschijnlijk marginaal zijn, maar goede gegevens hierover ontbreken helaas.

Pleisterende, foeragerende zeevogels

Tijdens de rest van het jaar domineren Zeekoet en Drieteenmeeuw (winterperiode) en Kleine Mantelmeeuw (zomerperiode) op de Bligh Bank.

De impact van het windturbinepark op Zeekoet en Kleine Mantelmeeuw zal waarschijnlijk gering zijn, daar de totale gevoeligheidsscore laag is. Zeekoet is gevoelig voor verstoring, maar weinig gevoelig voor aanvaring en Kleine Mantelmeeuw is matig gevoelig voor verstoring en aanvaring (Tabel 4.6.10). Uit onderzoek van Vanermen *et al.* (2006) naar geschatte vlieghoogtes bij zeevogels werd de soort Zeekoet geen enkele keer op een geschatte hoogte van > 25 m waargenomen (Tabel 4.6.12). Er is dus een zeer kleine kans dat de soort binnen het rotorbereik van de geplande windturbines zal komen. Bij Kleine Mantelmeeuw vloog 12 % op rotorhoogte. Deze soort zal, door combinatie van groot formaat, lage wendbaarheid en vlieghoogte, het gevoeligst zijn voor aanvaring.

Onder de pleisterende, foeragerende vogels zal waarschijnlijk de Drieteenmeeuw de grootste impact ondervinden van het windturbinepark. De soort is matig gevoelig voor verstoring en zeer gevoelig voor aanvaring, wat resulteert in een hoge totale gevoeligheidsscore van 6 (Tabel 4.6.10).

Er is nog erg weinig onderzoek gedaan naar de daadwerkelijke verstoring van een offshore windpark op de pleisterende, foeragerende zeevogels van de open zee. Op basis van nog zeer beperkt onderzoeksmateriaal voor een beperkt aantal soorten, verzameld in en rond het windturbinepark Horns Rev in Denemarken, zou de vermijding binnen een operationeel windpark 100 % zijn voor de (zeer) gevoelige soorten: duikers en Alk / Zeekoet. In een zone tot 2 km rond het park werden voor deze twee groepen van soorten ook nog aanzienlijk verminderde aantallen gevonden, met respectievelijk 87 en 47 %. Tussen de twee en vier kilometer van dit park was dit nog 56 en 28 %. Verder weg van het windturbinepark zijn geen getallen gekend. In het MER voor het windturbinepark Katwijk (Grontmij, 2006b) wordt op basis van bovenstaand zeer beperkt Deens onderzoeksmateriaal verondersteld dat ook verder dan 4 km nog verstoring optreedt voor deze soorten. Gezien de teruglopende percentages met toenemende afstand wordt deze reductie in aantallen voor beide groepen in Grontmij (2006b) op 10 % gesteld (Tabel 4.6.13). Voor de Jan van Gent waren in het Deense onderzoek alleen cijfers beschikbaar voor de zone van 2 - 4 km vanaf de periferie van het windpark, waar een reductie van de aantallen ten opzichte van de nulsituatie werd gemeten van circa 80 %. In Grontmij (2006b) wordt verondersteld dat circa 90 % van de Jan van Genten de zone van 0 - 2 km rond de periferie zou mijden en dat er geen enkele Jan van Gent het park zou binnen gaan (100 % vermijding). Dit is een worst case scenario, bij gebrek aan beter en gebaseerd op uiterst weinig materiaal! Hetzelfde Deense onderzoek liet geen vermijdingsgedrag zien bij de Zilvermeeuw, Dwergmeeuw en Noordse Stern / Visdief. Deze soorten vertoonden eerder aantrekkingsgedrag naar (de werkschepen binnen) het park. Verstoring werd dus voor deze groep van soorten niet gevonden. In Grontmij (2006b) wordt aangenomen dat dit ook niet het geval zal zijn voor de andere meeuwen (Stormmeeuw, Kokmeeuw, Kleine Mantelmeeuw, Grote Mantelmeeuw en Drieteenmeeuw), en ook niet voor de Grote Stern en de Noordse Stormvogel. Hoewel er voor deze soorten dus geen daadwerkelijke onderzoeksgegevens voorhanden zijn, neemt Grontmij (2006b) aan, op grond van de gevonden afwezigheid van verstoring bij (andere) meeuwen en sterns, dat ook voor deze groep geen verstoring zal optreden. In onderstaande Tabel 4.6.13 wordt een overzicht gegeven van de vermijdingspercentages. In de tabel zijn soorten/afstanden waarvoor getallen beschikbaar zijn, vetgedrukt; de getallen in de overige cellen zijn extrapolaties.

Tabel 4.6.13: Vermijdingspercentages zeevogels (vetgedruk = beschikbare getallen; niet vetgedrukt = extrapolaties) (Grontmij, 2006b)

Soort of soortsgroep	In het park	0 – 2 km	2 – 4 km	4 – 6 km
Duikers	**100**	**87**	**56**	10
Alk / Zeekoet	**100**	**47**	**28**	10
Jan van Gent	100	90	**80**	10
Noordse Stormvogel	0	0	0	0
Stormmeeuw	0	0	0	0
Kokmeeuw	0	0	0	0
Kleine Mantelmeeuw	0	0	0	0
Zilvermeeuw	**0**	**0**	**0**	0
Grote Mantelmeeuw	0	0	0	0
Drieteenmeeuw	0	0	0	0
Grote Stern	0	0	0	0
Noordse Stern / Visdief	**0**	**0**	**0**	0

Uit het Deens onderzoek op het windmolenpark Horns Rev bleek dat geen enkele Zeekoet het windturbinepark inging (100 % vermijding in Tabel 4.6.13). Verder blijkt uit het onderzoek van Vanermen *et al.* (2006) naar geschatte vlieghoogtes bij zeevogels dat de soort Zeekoet geen enkele keer op een geschatte hoogte van > 25 m werd waargenomen (Tabel 4.6.12). Er is dus waarschijnlijk een zeer kleine kans dat de soort het windturbinepark zal binnenkomen en de kans dat een Zeekoet, die wel het windturbinepark binnenkomt, binnen het rotorbereik van de geplande windturbines vliegt, zal waarschijnlijk klein zijn.

Bij Kleine Mantelmeeuw vloog 12 % op rotorhoogte (Vanermen *et al.*, 2006). Deze soort zal, door combinatie van groot formaat, lage wendbaarheid en vlieghoogte, het gevoeligst zijn voor aanvaring. Bij de MER van het windturbinepark Katwijk (Nederland) wordt aangenomen dat Kleine Mantelmeeuw geen vermijdingsgedrag vertoont (0 % vermijding in Tabel 4.6.13). Er wordt eerder verwacht dat de soort een aantrekkingsgedrag naar (de werkschepen binnen) het park zal vertonen.

Op basis van Tabel 4.6.10 kan er verwacht worden dat de meeste aanvaringsslachtoffers onder de pleisterende en foeragerende zeevogels waarschijnlijk Drieteenmeeuwen zullen zijn (zeer gevoelig voor aanvaring). Echter uit onderzoek van Vanermen *et al.* (2006) naar de geschatte vlieghoogte blijkt dat de kans dat deze soort binnen rotorbereik vliegt, klein is: nl. slechts 4 % van de Drieteenmeeuwen vloog op windturbinehoogte. In het MER van het windturbinepark Katwijk (Nederland) wordt aangenomen dat Drieteenmeeuw geen vermijdingsgedrag vertoont (0 % vermijding in Tabel 4.6.13). De impact van het windturbinepark op deze soort zal waarschijnlijk gering zijn.

Verder is de oppervlakte die verdwijnt voor de pleisterende en foeragerende zeevogels op de Bligh Bank beperkt: 0,99 % van het BDNZ.

De overige soorten bereiken relatief lage dichtheden op de Bligh Bank, zodat de site geen specifieke betekenis heeft als concentratiegebied of als foerageergebied. De impact van het windturbinepark zal dus voor deze soorten waarschijnlijk marginaal zijn.

Besluit:

Welke soorten er onder de pleisterende en foeragerende zeevogels precies verstoord zullen worden door de werkende windturbines en welke in aanvaring zullen komen met de windturbines is moeilijk te voorspellen. Er wordt verondersteld dat het waarschijnlijk vooral Zeekoeten zullen zijn die verstoord zullen worden en waarschijnlijk vooral Kleine Mantelmeeuwen die in aanvaring zullen komen. Er kan verwacht worden dat de impact (zowel verstorings- als aanvaringseffect) van het windturbinepark op de pleisterende en foeragerende zeevogels op de Bligh Bank voor de verschillende funderingstypes (monopile, jacket-vakwerk en gravitaire fundering) en windturbinegroottes (3 MW en 5 MW) gering zal zijn. Verder is de oppervlakte die verdwijnt voor pleisterende en foeragerende zeevogels beperkt (0,99 % van BDNZ). De geplande 3 MW turbines op de Bligh Bank zullen, bij een gelijk blijvend totaal aantal MW, waarschijnlijk een groter aanvaringsrisico bij de vogels met zich meebrengen dan de 5 MW turbines.

ONTMANTELINGSFASE

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase, aangezien de ontmanteling van het park uit gelijksoortige operaties bestaat als de bouw, maar dan in omgekeerde volgorde. Ook zal voor de ontmantelingsactiviteiten uitgegaan worden van het inzetten van soortgelijk materieel als bij de installatie van het park.

BEKABELING

De optie waarbij de kabels zullen aangeland worden in Oostende zullen niet doorheen een Speciale Beschermingszone onder de Europese Vogelrichtlijn SBZ-2 (Oostende) gelegd worden. Er wordt gekozen om ten oosten van de SBZ-2 te blijven. De andere optie, waarbij de kabels zullen aangeland worden in Zeebrugge, zal doorheen het SBZ-3 (Zeebrugge) gelegd worden, waardoor een passende beoordeling vereist is (zie paragraaf 4.6.4). Het gericht marien reservaat "Baai van Heist" en de speciale beschermingszone voor habitat SBZ-2 (Vlakte van de Raan) worden niet doorkruist (Figuur 4.6.32). Beide alternatieven houden dus al maximaal rekening met de ligging van de speciale beschermingszones. In het geval van Zeebrugge is het immers onmogelijk om de SBZ-3 niet te doorkruisen.

Het aanleggen van de kabels kan een tijdelijke verstoring van de avifauna tot gevolg hebben door een wijziging in het voedselaanbod als gevolg van een verandering van de turbiditeit in de waterkolom. Verstoring van de bodem zorgt namelijk voor een verhoging van de turbiditeit wat een effect kan hebben op vissen met filtermechanismen en op de zichtbaarheid voor visetende vogels. Zwarte Zee-eend en Roodkeelduiker zijn de meest verstoringsgevoelige soorten. Aangezien zij visetende vogels zijn, kunnen zij eveneens het meest beïnvloed worden door een verhoging van de turbiditeit als gevolg van de aanleg van de kabels. Aangezien deze effecten echter tijdelijk en beperkt in omvang zijn, wordt het effect op avifauna als gevolg van de aanleg van de kabels als gering negatief ingeschat.

De aanwezigheid van de kabels tijdens de exploitatiefase zullen waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de avifauna.

BESLUIT

Tijdens de bouw van een windturbinepark op de Bligh Bank kan er één verstoring optreden van de avifauna als gevolg van de werkzaamheden. Het effect op avifauna tijdens de constructiefase is tijdelijk, beperkt in omvang en wordt als gering negatief beoordeeld.

Tijdens de exploitatiefase kunnen vogels op twee manieren hinder ondervinden van windturbines. Ze kunnen met delen van de turbines (voornamelijk de rotorbladen) in aanvaring komen en daarbij gedood worden of gewond raken (aanvaringsaspect). Daarnaast kunnen ze door de turbines worden verstoord

(verstoringsaspect) waardoor de kans bestaat dat ze het windturbinepark vermijden. Het totale effect op de mariene avifauna (trekvogels en pleisterende, foeragerende zeevogels) wordt als gering negatief beoordeeld. Het effect op trekkende zangvogels bij 'fall-condities' is nu nog niet in te schatten; verder onderzoek is noodzakelijk. De impact van een windturbinepark op lokale vliegbewegingen zal waarschijnlijk marginaal zijn, maar goede gegevens hierover ontbreken.

Het aanleggen van de kabels kan een tijdelijke verstoring van de avifauna tot gevolg hebben. Aangezien deze effecten echter tijdelijk en beperkt in omvang zijn, worden ze als gering negatief ingeschat. De aanwezigheid van de kabels tijdens de exploitatiefase zal waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de avifauna.

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen waarschijnlijk van dezelfde aard zijn als deze tijdens de constructiefase. Het effect op avifauna is tijdelijk en wordt als gering negatief beoordeeld.

4.6.2.5 Leemten in de kennis

- Het aantal 10-minutentellingen dat verricht is ter hoogte van de Bligh Bank bedraagt 73 (Vanermen *et al.*, 2006). Het gemiddelde aantal 10-minutentellingen op het BDNZ ligt rond de 560 per zone/bank. Op basis van deze cijfers kan er vastgesteld worden dat het aantal tellingen dat uitgevoerd werd in het referentiegebied eerder gering is. Bijkomende tellingen voor het vaststellen van de nulsituatie lijken bijgevolg aangewezen. Er dient wel opgemerkt dat op basis van de reeds uitgevoerde tellingen wel een algemeen beeld van de voorkomende soorten kan gevormd worden, zodat de effectbeschrijving en –beoordeling wel voldoende kan worden uitgevoerd.
- De verspreidingsgegevens van Alk ter hoogte van de Bligh Bank zijn te weinig uitgebreid om een besluit te kunnen nemen aangaande het belang van de Bligh Bank voor deze soort.
- Over de niet-zeevogels die op het BDNZ, meer bepaald ter hoogte van de Bligh Bank, voorkomen zijn weinig gegevens voorhanden. Op basis van buitenlandse literatuur is echter gebleken dat zeegebieden niet enkel gebruikt worden door zeevogels, maar dat ook niet-zeevogels het BDNZ kunnen gebruiken voor hun trekroutes. Voornamelijk de massale trek van zangvogels kan een invloed ondervinden door de aanwezigheid van de windmolens. Op basis van deze vaststelling is het aangewezen dat er bijkomend onderzoek wordt gedaan naar het voorkomen van niet-zeevogels op het BDNZ.
- De effecten van offshore windparken op vogels zijn grotendeels onbekend, doordat offshore parken vrijwel nog niet bestaan, of zeer recent aangelegd werden. Het onderzoek en de daarbij gebruikte methodes dienen nog verder ontwikkeld te worden. Resultaten van onderzoek naar de specifieke effecten op de avifauna van 3 MW turbines of 5 MW turbines is onbestaande, dit zowel in een offshore als in een terrestrische omgeving.
- Om het effect van de aanwezigheid van het windmolenpark goed te kunnen inschatten is meer onderzoek nodig naar de doortrek (turnover-rate, dag-nacht ritmiek, vlieghoogte) en het foerageergedrag van deze soorten boven de Bligh Bank.
- Er bestaat weinig informatie over de invloed op vogels van de verlichting van de windturbines, en het optreden van falls in offshore windparken. Verlichting kan een aantrekkend effect hebben, maar hoe dit ontstaat, of welke verlichting potentieel de grootste negatieve invloed heeft, is grotendeels onbekend.
- Vogelpopulaties zullen in de nabije toekomst waarschijnlijk te maken hebben met cumulatieve effecten van de windturbineparken op de Bligh Bank, de Bank Zonder Naam en de Thorntonbank. Tot op heden is er onvoldoende kennis over de cumulatieve effecten van al deze windparken samen op zeevogels. Het is dus onmogelijk om de cumulatieve effecten daarvan tot op populatieniveau te berekenen. Toch ligt het voor de hand dat als windparken negatieve effecten op zeevogels hebben, het cumulatieve effect waarschijnlijk groter is dan de som van de afzonderlijke effecten. Het cumulatieve effect zal waarschijnlijk enerzijds tot uiting komen in de

mortaliteit van zeevogels en anderzijds zal er waarschijnlijk ook een cumulatieve barrièrewerking optreden (Stienen *et al.*, 2002). Intensieve, lange termijn monitoring is bijgevolg wenselijk om na te gaan wat de mogelijke cumulatieve effecten zullen zijn van de windparken op vogelpopulaties.

4.6.2.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Net zoals bij het windturbinepark op de Thorntonbank moet de aandacht gaan naar de configuratie van het windturbinepark, waarschuwingssignalen, gefaseerde onderbreking en compensatie. Voor een uitvoerige bespreking wordt verwezen naar de mitigerende maatregelen en compensaties in het MER van het offshore windturbinepark van C-Power op de Thorntonbank (Stienen *et al.*, 2002). Hieronder wordt een beknopte synthese gegeven.

CONFIGURATIE

Een juiste positionering van het windenergiepark (parallel aan de heersende vliegrichting) en de reservatie van corridors voor passerende vogels kan de kans op aanvaringen gevoelig reduceren (Everaert *et al.*, 2002). Voor een juiste configuratie is voldoende voorkennis nodig van de trekbewegingen en lokale vliegbewegingen ter plaatse. Het is daarom aan te raden om reeds voor de bouw van het windpark metingen te verrichten van de lokale vliegbewegingen ter plaatse.

WAARSCHUWINGSSIGNALEN

Tot op heden zijn er geen studies die eventuele mitigerende effecten van waarschuwende signalen aantonen. Er wordt vaker 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 passerende vogels zal het gewenningseffect echter minimaal zijn, omdat individuele vogels slechts af en toe (twee keer per jaar in het geval van trekvogels) het windpark zullen passeren. Het verlichten van het gehele windpark is niet aan te raden, omdat dit zeker tijdens slechte zichtomstandigheden juist vogels zal aantrekken. Buurma & van Gasteren (1989) suggereren dat zelfs zwakke verlichting kan leiden tot een verhoogde aanvaringskans. Indien na monitoring blijkt dat het aantal aanvaringen significante vormen aanneemt, kan er overwogen worden om het type waarschuwingssignalen (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. De waarschuwingssignalen zullen echter in overleg met de relevante autoriteiten dienen uitgewerkt te worden.

GEFASEERDE ONDERBREKING

Een mogelijke milderende maatregel tijdens periodes met een verhoogd aantal vliegbewegingen (bijvoorbeeld trekperiode) of onder slechte zichtomstandigheden (mist, regen) betreft het tijdelijk stilleggen van de windmolens. Er dient echter nagegaan te worden indien dit een haalbare milderende maatregel betreft. In eerste instantie is het wel vereist om de nodige voorkennis over vliegbewegingen ter plaatste, die vooralsnog ontbreekt, te kennen. Deze maatregel is bovendien enkel aangewezen indien uit de monitoring zou blijken dat de aanwezigheid van het windmolenpark voor een significant aantal aanvaringen zorgt binnen bepaalde periodes. Door in een monitoringprogramma aandacht te besteden aan de lokale vliegbewegingen en de soortspecifieke verschillen daarin, kan dan eventueel in een latere fase een gefundeerd advies worden gegeven over de wenselijke periode van onderbreking.

COMPENSATIE

Net zoals voor het windturbinepark op de Thorntonbank is het noodzakelijk om de referentiesituatie op vlak van de voorkomende vogelsoorten in detail te bepalen vooraleer de bouwwerkzaamheden van start

gaan. Indien na deze bepaling van de referentiesituatie blijkt dat het gebied waar het windmolenpark zal gebouwd worden een belangrijk rustgebied is voor bepaalde zeevogels (met name voor duikers spp., Fuut, Zeekoet, Alk), dient erop toegezien te worden om elders op het BDNZ beschermde gebieden te reserveren of bestaande gebieden te vergroten.

4.6.2.7 Monitoring

D.m.v. de monitoring voorgesteld in een monitoringsplan, kunnen een aantal vragen beantwoord worden over de werkelijke impact van een windturbinepark op de avifauna in dit gebied. Een gedetailleerd monitoringplan werd initieel voor C-Power door de BMM geadviseerd. Voor het Belwind project wordt met betrekking tot monitoring van avifauna bij het C-Power project aangesloten (zie paragraaf 1.2.2.4).

Voor dit gedetailleerd monitoringsplan, de monitoring van de referentiesituatie, de monitoring van de effecten op de aantallen pleisterende vogels, de monitoring van de effecten op migrerende vogels en de monitoring van aanvaringen wordt verwezen naar de MEB van de BMM (2004).

4.6.3 Zeezoogdieren

4.6.3.1 Methodologie

Aangezien specifieke studies over zeezoogdieren op de Bligh Bank op huidig ogenblik niet beschikbaar zijn, werd voor de beschrijving van de referentiesituatie gebruik gemaakt van literatuurgegevens uit verschillende beschikbare studies en artikels en van data uit de zeezoogdieren databank van de BMM:

- 'Zeevogels en zeezoogdieren van de Vlakte van de Raan' (Courtens *et al.*, 2006):
  Deze studie is grotendeels gebaseerd op de uitgebreide gegevensset van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) bestaande uit recente zeevogel- en zeezoogdiertellingen vanaf schepen, uitgevoerd in de periode 1992 tot en met 2005. De dataset bevat gestandaardiseerde tellingen die vooral gedaan werden vanaf de onderzoeksschepen 'Belgica' en 'Zeeleeuw', en (vooral in de jaren negentig) vanaf ferry's en andere schepen. De telmethodiek is conform de internationaal gehanteerde ESAS-methode (European Seabirds at Sea). Daarbij worden zowel zeezoogdieren als zittende en vliegende vogels geteld, die zich - voor zeevogels - binnen een afstand van 300 m en voor zeezoogdieren ook verder dan 300 m van het schip bevinden. Zeezoogdieren worden nl. omwille van hun gedrag vrij zelden binnen 300 m van het schip waargenomen, waardoor het aantal waarnemingen binnen deze 300 m zone zeer beperkt zou zijn en ontoereikend voor een grondige evaluatie. De gebruikte methodiek laat toe om een beeld te kunnen geven van de verspreiding en aantallen van zeezoogdieren op het Belgisch Deel van de Noordzee.
- 'Zeezoogdieren in Belgisch mariene wateren' (Stienen *et al.*, 2003):
  De studie geeft een beschrijving van de autecologie, de verspreiding en de populatiegrootte van zeezoogdieren in de Noordzee op basis van kennis uit binnenlandse en buitenlandse literatuur. Verder wordt het specifieke belang van het Belgisch Deel van de Noordzee voor de desbetreffende soorten afgewogen, voor zover die bekend is uit literatuurgegevens, en wordt hun verspreiding op het BDNZ in kaart gebracht.
- 'De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank' (Stienen *et al.*, 2002):
  Studie in opdracht van C-Power N.V. ter beoordeling en monitoring van de impact van een offshore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Gezien de nabijheid van de Thorntonbank zijn de gegevens van deze studie eveneens van belang voor de beschrijving van de referentietoestand van de Bligh Bank.
- 'Hoge bijvangst van Bruinvissen bij standvisserij in het voorjaar van 2004' (Haelters & Kerckhof, 2004).
- 'Zeezoogdieren databank (BMM)' met data van strandingen en waargenomen zeezoogdieren.

Voor de afweging van het belang van het doelgebied voor zeezoogdieren wordt gekeken of er verschillen in verspreiding zichtbaar zijn tussen de site en andere delen van het BDNZ. Alle zeezoogdieren die vastgesteld zijn, worden in de referentiesituatie kort aangehaald; de vier meest voorkomende zeezoogdieren in het BDNZ worden uitgebreider besproken. Daarnaast wordt ook nog bijkomende informatie gegeven uit recente strandingen en waarnemingen.

Om de effecten van de bouw en de exploitatie van een windturbinepark op de Bligh Bank op de zeezoogdieren in te schatten, werd gebruik gemaakt van beschikbare literatuurgegevens uit binnen- en buitenland:

- De studie ter beoordeling en monitoring van de impact op de mariene avifauna en zeezoogdieren van een offshore windpark op de Thorntonbank (Stienen *et al.*, 2002), opgesteld in opdracht van C-Power N.V.
- Studies die uitgevoerd werden naar geluidseffecten van offshore windturbineparken op zeezoogdieren: Thomson *et al.*, 2006; Nedwell & Howell, 2004; Nedwell *et al.*, 2003.
- Beschikbare literatuur betreffende de reeds operationeel zijnde offshore windturbineparken Horns Rev en Nysted in Denemarken:
  In de Deense Noordzee werden in 2002 (Horns Rev) en in 2003 (Nysted) offshore windturbineparken gebouwd. De milieueffectrapporten voor deze windturbineparken werden opgesteld in 2000: Bach *et al.*, 2000; Tougaard *et al.*, 2000; Dietz *et al.*, 2000. Ook lopen er sinds 1999 verschillende studies die de verspreiding en het gedrag van zeezoogdieren onderzoeken om het effect van de bouw van deze offshore windturbineparken in te schatten. Verder werden verschillende monitoringsrapporten met onderzoek van de effecten op zeezoogdieren voor, tijdens en 2 jaar na de bouw van het windturbinepark, geconsulteerd: o.a. Teilmann *et al.*, 2006a; Teilmann *et al.*, 2006b; Teilmann *et al.*, 2006c; Tougaard *et al.*, 2006a; Tougaard *et al.*, 2006b, Tougaard *et al.*, 2006c; Vattenfall A/S 2006; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005; Tougaard *et al.*, 2005; Edrén *et al.*, 2005.

4.6.3.2 Referentiesituatie

Tot en met 2003 werden zeezoogdieren slechts sporadisch waargenomen tijdens zeevogeltellingen in de Belgische mariene wateren. Hierbij ging het hoofdzakelijk om zeehonden (zowel Grijze Zeehond (*Halichoerus grypus*) als Gewone Zeehond (*Phoca vitulina*)) en Bruinvissen (*Phocoena phocoena*). Sinds het voorjaar van 2003 echter worden in toenemende mate zeezoogdieren gemeld, waarbij vooral de aantallen Bruinvissen en Witsnuitdolfijnen (*Lagenorhynchus albirostris*) in het oog springen. Dit kadert in een algemene trend die ook in de andere landen rond de zuidelijke Noordzee werd vastgesteld. De oorzaak voor dit verschijnsel dient mogelijk gezocht te worden in de sterk verslechterde voedselomstandigheden in het noordelijkere verspreidingsgebied van deze soorten, hoewel andere oorzaken niet kunnen worden uitgesloten (Courtens *et al.*, 2006).

Vier zeezoogdiersoorten Gewone Zeehond, Grijze Zeehond, Bruinvis en Tuimelaar (*Tursiops truncatus*) hebben residente populaties in de Noordzee; zij gebruiken dit gebied om zich voort te planten en voedsel te zoeken. Witsnuitdolfijn, Witflankdolfijn (*Lagenorhynchus acutus*) en Dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) vertoeven regelmatig met grote aantallen in grote delen van de Noordzee om zich te voeden (ICES, 2001).

Op basis van strandingen aan de Belgische kust en zichtwaarnemingen op het BDNZ kunnen vier zeezoogdiersoorten als algemene tot vrij algemene verschijningen in de Belgische mariene wateren beschouwd worden (Reijnders & Lankester, 1990; Van Gompel, 1991; 1992; 1996; Reijnders, 1992; Camphuysen & Leopold, 1993; Camphuysen, 1994; Seys, 1998; Tahon & Haelters, 1998; Haelters, 2000; Haelters *et al.*, 2000; De Ridder, 2001; Debacker *et al.*, 2002): Bruinvis, Witsnuitdolfijn, Gewone Zeehond en Grijze Zeehond. Deze zeezoogdieren zijn beschermd in het kader van het Verdrag van Bern: strikte bescherming van Bruinvis en Witsnuitdolfijn (Bijlage II), bescherming van Gewone en Grijze Zeehond (Bijlage III).

Het zijn deze algemene zeezoogdiersoorten die verder in beschouwing zullen genomen worden bij de potentiële effecten van een offshore windturbinepark. Voor een uitgebreide beschrijving van de soort, verspreiding en populatie wordt verwezen naar Stienen *et al.* (2002, 2003).

Van de vier meer algemene zeezoogdiersoorten is de Bruinvis de meest algemene soort in de Belgische mariene gebieden. Na decennia van vrijwel afwezigheid, komt dit zeezoogdier sinds de tweede helft van de jaren 1990 opnieuw vrij algemeen voor in de Belgische zeegebieden. Bruinvissen komen het hele jaar door voor in de Belgische zeegebieden, maar ze worden vooral in het voorjaar (januari tot mei) vaak waargenomen. Ook het aantal strandingen vertoont al een tijdje een stijgende trend. Tussen 1990 en 1996 werden jaarlijks 3 tot 6 gestrande Bruinvissen gerapporteerd (Haelters & Kerckhof, 2004). Tussen 1997 en 2004 waren dat er 8 tot 40 (in 2004) per jaar (www.mumm.ac.be). In 2006 (periode 26 januari 2006 tot en met 30 december 2006) werd 95 keer een Bruinvis gemeld: het ging om 65 strandingen, 26 bijvangsten, 3 waarnemingen en 1 dood exemplaar aangetroffen op zee (databank zeezoogdieren BMM). Een analyse van een groot aantal onderzoeksgegevens (Reid *et al.*, 2003) toont echter aan dat Bruinvissen in Belgische mariene wateren relatief minder algemeen zijn dan in de centrale en noordelijke Noordzee. De aanwezigheid van de Bruinvis en de aantallen in Belgische mariene gebieden, zijn tamelijk onvoorspelbaar. Op basis van de tellingen uit de INBO-databank is het niet mogelijk om een schatting te maken van de populatiegrootte van Bruinvissen op het BDNZ. In verhouding tot de totale populatiegrootte in de zuidelijke Noordzee stelt Stienen *et al.* (2003) dat de populatie op het BDNZ op internationaal vlak van ondergeschikt belang is.

Uit het databestand van de BMM (niet gepubliceerd) blijkt dat er elk jaar enkele groepjes Witsnuitdolfijnen waargenomen worden op zee. In 2006 (periode 3 mei 2006 tot en met 17 december 2006) werd 4 keer een Witsnuitdolfijn gemeld: het ging om 3 waarnemingen op zee en 1 gestrand dier (databank zeezoogdieren BMM). Uit de analyse van een groot aantal gegevens blijkt dat de Witsnuitdolfijn in de zuidelijke Noordzee relatief zeldzaam is ten opzichte van in de centrale en noordelijke Noordzee (Reid *et al.*, 2003). Stienen *et al.* (2003) stelt dat in verhouding tot de totale populatiegrootte van de Noordzee, de soort voor het BDNZ van weinig betekenis is.

Uit de gegevens uit de zoogdierendatabank van de BMM bleek dat er in 2006 9 keer een Gewone Zeehond werd gemeld (9 gestrande en 4 vrijgelaten exemplaren in de periode 5 april 2006 tot en met 18 december 2006) en 8 keer een Grijze Zeehond (6 strandingen en 2 vrijlatingen in de periode 3 maart 2006 tot en met 6 december 2006). Aangezien zeehonden echte kustbewoners zijn, is het moeilijk om op basis van waarnemingen van op schepen de werkelijke verspreiding aan te geven. Stienen *et al.* (2003) stelt dat hun aantal op het BDNZ zeer laag is in vergelijking met de totale noordzeepopulatie.

Gewone Zeehond wordt voornamelijk gezien tijdens het najaar en in de wintermaanden (augustus - februari) en minder in het voorjaar (Van Gompel, 1992). Tegenwoordig verblijven er elke winter 8 à 15 exemplaren aan onze kust (meest jonge dieren en subadulten), maar de grootste concentraties van Gewone Zeehond aan onze kust bevinden zich evenwel aan de Westkust (nabijheid van Vlaamse banken) (med. J. Van Gompel). De dichtst bij de Bligh Bank gelegen locatie met kolonies van Gewone Zeehond is het Deltagebied met maximum ongeveer 165 dieren (BMM, 2004).

Het aantal Grijze Zeehonden in de zuidelijke Noordzee is kleiner dan het aantal Gewone Zeehonden en in vergelijking met de noordzeepopulatie verwaarloosbaar. Tegenwoordig worden elke winter verscheidene jongen van Grijze Zeehond waargenomen aan onze kust (BMM, 2004). In de rest van het jaar zijn er slechts een klein aantal waar te nemen, vaak jonge, maar ook af en toe volwassen rondzwervende dieren (med. J. Van Gompel). De populatie Grijze Zeehond, die zich sinds kort ontwikkelt op de zandplaten voor de Schouwse kust, is volgens recente tellingen uitgegroeid tot 120 dieren (http://www.zeezoogdieren.org, 12 juni 2005).

Daarnaast zijn er nog minder frequente of zeldzame waarnemingen of strandingen van andere zeezoogdiersoorten aan de Belgische kust vastgesteld (Reijnders & Lankester, 1990; Van Gompel, 1991; 1992; 1996; Haelters & Kerckhof, 2000):

- Dolfijnen: Witflankdolfijn, Tuimelaar, Gestreepte Dolfijn (*Stenella coeruleoalba*) en Gewone Dolfijn (*Delphinus delphis*)
- Walvissen: Potvis (*Physeter macrocephalus*), Gewone Vinvis (*Balaenoptera physalus*) en Griend (*Globicphala melaena*)
- Zeehonden: Klapmuts (*Cystophora cristata*) en Ringelrob (*Pusa hispida*)

Figuur 4.6.31: Verspreiding en aantallen van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren, gebaseerd op alle INBO-waarnemingen van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren vanaf 1992 tot en met 2005 (naar Courtens *et al.*, 2006).

Figuur 4.6.31 geeft een beeld van alle INBO-waarnemingen in de Belgische mariene wateren van 1992 tot en met 2005. Hoewel de waarnemingen sterk bepaald worden door de frequentie waarmee een bepaald gebied is bezocht en de route die is gevolgd, lijken de resultaten er toch op te wijzen dat een aantal zones op het BDNZ belangrijker zijn voor zeezoogdieren dan andere. Zo lijken onder meer de zone tussen Oostende en het ankergebied, de omgeving van de Thorntonbank en de Gootebank en de diepe zone ten noorden van de Hinderbanken belangrijk te zijn voor Bruinvissen en Witsnuitdolfijnen (Courtens *et al.*, 2006). Onder andere in het oostelijk deel van het BDNZ lijken zeezoogdieren ondervertegenwoordigd. Dit geldt o.a. ook voor de Bligh Bank, waar tot op heden op 1 waarnemingspunt Bruinvis werd geteld nl. aan de uiterste zuidelijke punt van de Bligh Bank. Andere zeezoogdieren ontbreken er ogenschijnlijk zelfs volledig.

4.6.3.3 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van een windpark op de Bligh Bank mag zoals bij de Thorntonbank eveneens 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 wijzingen plaatsvinden in het gebied. Veranderingen in de verspreiding van zeezoogdieren als gevolg van de opwarming van de aarde zullen niet op korte termijn meetbaar zijn en zullen bijgevolg ook niet interfereren met een toekomstige monitoring van zeezoogdieren in het gebied (Stienen *et al.*, 2002).

4.6.3.4 Effecten

Zeezoogdieren kunnen op verschillende manieren mogelijke hinder ondervinden van offshore windparken, zowel tijdens de bouw als tijdens de werking van het offshore windturbinepark (Stienen *et al.*, 2002; Dolman *et al.*, 2003; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005):

- seismisch onderzoek dat uitgevoerd wordt vóór de constructiefase;
- habitatverlies als gevolg van de aanwezigheid van een windpark;
- veranderingen in voedselbeschikbaarheid tijdens constructiefase;
- verstoring als gevolg van de verschillende bouwactiviteiten en verhoogde scheepvaartactiviteit in de constructiefase en onderhoudswerkzaamheden in de operationele fase;
- trillingen en geluiden als gevolg van het heien van palen en baggerwerkzaamheden tijdens de constructiefase;
- trillingen en geluiden van de windturbines in de operationele fase;
- elektromagnetische straling opgewekt door aanwezige kabels;
- fysische aanwezigheid van de windturbines;
- verstoring door onderhoudswerken;
- veranderingen in beschikbare voedselbronnen.

De potentiële effecten op de zeezoogdieren tijdens de verschillende fasen van het windturbinepark worden hieronder besproken. Ook wordt aangegeven of er al dan niet een hoge impact bij de huidige beschrijving (plaats, constructie, ed.) van dit windpark verwacht kan worden.

CONSTRUCTIEFASE

Seismisch onderzoek

Seismisch onderzoek dat uitgevoerd wordt vóór de constructiefase van het windturbinepark kan leiden tot (tijdelijk) gehoorverlies en kan in bepaalde gevallen zelfs dodelijk zijn voor walvisachtigen (Evans, 2003). Bij seismisch onderzoek naar de bodemgesteldheid van de zee, op zoek naar olie en gas, gebruikt men luchtkanonnen ('airguns'). Deze geven een reeks laagfrequente, krachtige geluidsgolven, die ter hoogte van de bron (op 1 m) ongeveer 215 dB (re 1 µPa) geven bij 100 Hz. Voor bepaalde mariene zeezoogdieren (vb. Baleinwalvis) is meer dan 180 dB schadelijk. Meer dan 220 dB kan permanente schade en zelfs, in extreme gevallen, tot de dood leiden (Evans, 1998). Vandaar dat onder meer voor seismisch onderzoek in de wateren rond het UK preventieve maatregelen werden genomen (JNCC, 1998). Er kan aangenomen worden dat seismisch onderzoek een tijdelijk, significant negatief effect kan hebben op zeezoogdieren die zich in de nabijheid van de geluidsbron bevinden. Niettegenstaande dit effect van korte duur is, wordt het bij het aanwenden van deze methode toch noodzakelijk geacht om tijdelijke afschrikmechanismen te voorzien, om de kans op gehoorschade bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, wordt het effect van het seismisch onderzoek op zeezoogdieren als gering negatief beschouwd.

Verder kan de geluidsfrequentie van seismisch onderzoek interfereren met de geluidsfrequenties die sommige zeezoogdieren (vb. Baleinwalvis) gebruiken en zo hun gedrag beïnvloeden. Bij Bruinvissen en zeehonden wordt er geen interferentie verwacht. Het frequentiebereik van seismisch onderzoek ligt normaal gezien tussen 0 Hz – 120 Hz. Bruinvissen zijn gevoelig voor een geluidsfrequentiebereik tussen de 1000 Hz en de 150000 Hz; zeehonden tussen de 600 Hz en de 1200 Hz, waardoor er geen interferentie zal plaatsvinden. Het effect op zeezoogdieren zal dus verwaarloosbaar zijn. Occasioneel kan seismisch onderzoek geluidsfrequenties bereiken tot 20000 Hz. In deze incidentele gevallen zal de geluidsfrequentie overlappen met het gehoorbereik van verschillende soorten zeezoogdieren en mogelijk hun gedrag wel (tijdelijk) beïnvloeden (Wenz, 1962; Richardson *et al.*, 1995; Kastak & Shusterman, 1998; Evans, 1998; Wolski *et al.*, 2003).

Veranderingen in voedselbronnen

De bouw van windturbineparken kan de voedselbronnen beïnvloeden, waardoor de gebieden minder aantrekkelijk kunnen worden voor zeezoogdieren, gedurende de constructiefase. Door Bach *et al.* (2000) werd verondersteld dat gedurende de constructiefase de vispopulaties van vooral Kabeljauw en Haring binnen het windturbinepark en in de onmiddellijke omgeving ervan zal afnemen. Kabeljauw en Haring vormen de belangrijkste voedselbron voor Bruinvissen. Zeezoogdieren kunnen daardoor het gebied verlaten, omdat het tijdens de constructiefase niet langer geschikt is om er voedsel te zoeken of als broedgebied (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Deze reductie in vispopulatie zal waarschijnlijk tijdelijk zijn: de voedselbronnen kunnen zich herstellen wanneer de constructie van het windturbinepark is afgerond (Bach *et al.*, 2000). Er wordt verwacht dat zeezoogdieren na het herstel van de voedselbronnen terug zullen keren naar het windturbinepark.

Verstoring (geluid en trillingen)

De constructiefase van het windturbinepark op de Bligh Bank wordt verdeeld over 2 jaar. Het bouwseizoen concentreert zich, vanwege de gunstigere voorwaarden voor 'werkbaar weer', in en rond de zomerperiode (waarschijnlijk maart – september). Dit is het voornemen bij de huidige planning, maar de

kans is reëel dat de bouw gedurende het hele jaar wordt uitgevoerd. Bruinvissen worden vooral waargenomen in de periode januari – mei. Het is dus aannemelijk dat, wanneer de huidige planning wordt aangehouden, zeezoogdieren verstoord kunnen worden in de periode maart – mei door de bouw van zowel de windturbines als de aanleg van de kabels, wanneer de huidige planning aangehouden wordt. Deze verstoring kan optreden als gevolg van de toenemende turbiditeit van het water, onderwaterbewegingen, geluid en andere activiteiten op de zeebodem. Het zijn hoofdzakelijk de aanwezigheid van schepen (druk scheepsverkeer), machines, geluiden en trillingen die een negatieve impact hebben op zeezoogdieren. Er wordt verwacht dat zeezoogdieren daardoor de site waar de constructieactiviteiten plaatsvinden en de onmiddellijke omgeving ervan zullen verlaten en de site tijdelijk zullen mijden. Het uitvoeren van werkzaamheden, die gepaard gaan met een verhoging van onderwatergeluid en trillingen, gebeurt daarom best buiten de periodes met verhoogde kansen op aanwezigheid van zeezoogdieren. Omdat deze impact slechts tijdelijk is, wordt verwacht dat zeezoogdieren na het beëindigen van de constructiefase terug zullen keren naar het windturbinepark (o.a. DIFRES, 2000; Bach *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Tijdens de constructiefase zullen de verschillende bouwactiviteiten (toenemende scheepvaart, helikopterverkeer,…) een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen met zich meebrengen. Het geluid gegenereerd door deze geluidsbronnen bestaat voornamelijk uit lage geluidsfrequenties, meestal beneden 1 kHz. Er wordt verwacht dat dit de echolocatiemogelijkheden van zeezoogdieren (zoals vb. Bruinvissen) niet zal beïnvloeden (DIFRES, 2000). Het heien van monopalen met hydraulische hamers daarentegen produceert een geluid dat vooral bestaat uit lagere frequenties en dat een zeer hoge intensiteit kan hebben. Het kan dus tot op grote afstand hoorbaar zijn voor zeezoogdieren (Dolman *et al.*, 2003; Henriksen *et al.*, 2003). Het geluid kan, dicht bij de geluidsbron, het gehoorsysteem van zeezoogdieren aantasten en, tot op een zekere afstand van de bouwwerf, hun gedrag verstoren. Bruinvissen en zeehonden zijn in staat het heien van palen te horen tot op 80 km, of zelfs honderden kilometers van de bron. Waarschijnlijk tot op meer dan 20 km van de bron kunnen storingen in hun gedrag verwacht worden. Gehoorverlies kan optreden op 1,8 km van de bron bij Bruinvissen en op 400 m bij zeehonden (Thomsen *et al.*, 2006). Op basis van deze literatuurbronnen kan er aangenomen worden dat het heien van palen in de nabijheid van het projectgebied een significant negatief effect kan hebben op Bruinvis en zeehonden. Om gehoorschade bij zeezoogdieren ten gevolge van het heien van palen te vermijden, werden daarom bij de bouw van de windturbineparken Horns Rev en Nysted (Denemarken) 'pingers' en 'seal scares' gebruikt (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Het zijn toestellen die geluiden produceren die Bruinvissen en zeehonden afschrikken.

Uit recente monitoringstudies van de windturbineparken Horns Rev (Tougaard *et al.*, 2006a; Tougaard *et al.*, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) en Nysted (Tougaard *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2005; Edrén *et al.*, 2005) bleek dat er geen veranderingen werden waargenomen in het gedrag van zeehonden tijdens de constructiefase. Het enige negatieve effect op zeehonden werd vastgesteld tijdens het heien van de monopalen: op Horns Rev werden er geen zeehonden waargenomen in en enkele kilometers buiten het windturbinepark op de dagen dat het heien van palen werd uitgevoerd. De zeehonden bleven weg uit de bouwwerfzone als gevolg van de zeer hoge geluidsniveaus onder water, die opgewekt werden door het heien van de palen en de gebruikte afweermechanismen. Bij beide windturbineparken werd ook een groot effect op Bruinvissen vastgesteld bij het heien van de palen. Het effect van het heien van de palen was waarneembaar tot minstens 25 km van de bouwwerf. De impact op de akoestische activiteit van Bruinvissen bleek echter van korte duur: ongeveer 3 à 4 uur na het beëindigen van het heien van de palen werd terug een normale akoestische activiteit bij de Bruinvissen vastgesteld. Na het eind van de bouwperiode keerde de echolocatieactiviteit van de Bruinvissen nagenoeg volledig terug tot op het niveau van voor de constructie. Tijdens de constructiefase van het windturbinepark Horns Rev werd verder een lichte terugval in de abundantie van Bruinvissen vastgesteld. Bij het offshore windturbinepark Nysted werd een duidelijke afname in de echolocatieactiviteit van de Bruinvissen vastgesteld gedurende de constructiefase: er werden heel wat minder Bruinvissen waargenomen in, maar ook in een zone van 10 km rond het gebied en deze die aanwezig waren vertoonden een afwijkend akoestisch gedrag. Tougaard *et al.* (2003) kwam eveneens tot de vaststelling dat er tijdens het heien van de palen over een afstand van 15 km van de bron een wijziging optrad in de

gedragingen van de Bruinvis: van het niet-gericht zwemmen gelinkt aan het zoeken naar voedsel naar het gericht zwemmen wat meestal geassocieerd wordt aan het vermijden. Nedwell *et al.* (2003) berekende op basis van waargenomen reactievermogens ter hoogte van Greater Gabbard de zone waarbinnen Bruinvissen een afschrikbeweging zou vertonen bij het inheien van palen met een diameter van 6m. Het vermijdingsgedrag van Bruinvissen zou namelijk mede bepaald worden door de diameter van de structuren die ingeheid moeten worden. Op basis van deze berekening zouden Bruinvissen binnen een zone van 94 km een afschrikreactie vertonen.

In tegenstelling tot monopalen/jacket-vakwerk worden bij gravitaire funderingen geen palen geheid, waardoor er geen 'impulsieve' geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd worden. 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 monopalen. 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 monopaal/jacket-vakwerk, gezien het heien van palen niet zal plaatsvinden (BMM, 2006a).

Gezien de duur (de bouw is verdeeld over 2 jaar) en de beperkte, ruimtelijke spreiding (0,99 % van BDNZ) van de werkzaamheden, de mobiliteit van zeezoogdieren en de huidige aantallen waargenomen zeezoogdieren op het BDNZ, zal de invloed van de werken tijdens de constructiefase beperkt zijn en niet permanent. Aangezien we te maken hebben met reeds druk bevaren scheepsroutes op het BDNZ verwachten we geen bijkomende negatieve effecten van scheepsbewegingen en de aanwezigheid van machines tijdens de bouw van het windturbinepark (Stienen *et al.*, 2002). Het heien van monopalen kan in de nabijheid van de bouwzone een negatief effect hebben op zowel Bruinvissen als zeehonden. Niettegenstaande dit effect van korte duur is, wordt het bij het aanwenden van deze methode toch noodzakelijk geacht om tijdelijke afschrikmechanismen te voorzien, om de kans op gehoorschade bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, wordt het effect van het heien van palen op zeezoogdieren als gering negatief beschouwd.

Besluit:

Samenvattend (Tabel 4.6.14) worden de effecten gedurende de constructiefase op de zeezoogdieren die voorkomen op het BDNZ voor de verschillende funderingstypes en windturbinegroottes met elkaar vergeleken. Ondanks het feit dat bepaalde effecten als significant worden ingeschat voor bepaalde funderingstypes, is de relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone op het Belgische Deel van de Noordzee slechts tijdelijk (verdeel over 2 jaar), beperkt in omvang (0,99 % van BDNZ) en bijgevolg aanvaardbaar voor alle varianten. Wel worden de constructieactiviteiten, die gepaard gaan met een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen, best uitgevoerd buiten periodes met verhoogde kansen op aanwezigheid van zeezoogdieren. Ook moeten bij eventueel seismisch onderzoek en bij het heien van de palen tijdelijke afschrikmechanismen voorzien worden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, wordt het effect van het seismisch onderzoek en het heien van palen op zeezoogdieren als gering negatief beschouwd.

Tabel 4.6.14: Effecten op zeezoogdieren tijdens de constructiefase bij de verschillende types funderingen en windturbinegroottes (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect)

	Monopile/Jacket -vakwerk		Gravitaire fundering	
	3 MW	5 MW	3 MW	5 MW
verstoring, geluidseffect (seismisch onderzoek, heien, scheepvaart baggeren)	---	---	-	-
veranderingen in voedselbronnen	-	-	-	-

EXPLOITATIEFASE

Trillingen en geluiden

Zeezoogdieren (dolfijnen, Bruinvissen) bezitten een geavanceerd sonarsysteem dat hun toelaat te navigeren en te jagen zonder gebruik te maken van andere zintuigen (echolocatie). Deze echolocatie zou verstoord kunnen worden door het geluid afkomstig van de operationele windturbines (Bach et al, 2000). Gedurende de exploitatiefase zullen de windturbines nl. geluid produceren in de lucht en via de windturbine en de fundering ook in het water. Het geluid gemeten onder water dat afkomstig is van de windturbine levert een verwaarloosbare bijdrage aan het onderwatergeluid (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Geluiden in de operationele fase zullen dus waarschijnlijk een impact hebben, maar de effecten zullen waarschijnlijk gering zijn (Bach *et al.*, 2000, Dolman *et al.*, 2003). Het geluid van operationele windturbines zal 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). Grotere turbines zullen een ander geluidsspectrum en waarschijnlijk ook hogere geluidsniveaus produceren. 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). Wat het effect van grotere turbines op zeezoogdieren zal zijn, kan nu nog niet ingeschat worden.

Uit recente monitoringstudies van het windturbinepark Horns Rev in Denemarken (Tougaard *et al.*, 2006a; Tougaard *et al.*, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) bleek dat het onderwater geluid geproduceerd door 80 windturbines van elk 1,8 MW geen impact had op Bruinvissen tijdens de exploitatiefase. Tijdens de exploitatiefase zullen de windturbines ook trillingen uitzenden aan de omgeving en dit kan een impact hebben op bodemfauna, vissen en zeezoogdieren die zich in de nabijheid van de fundering bevinden. Tot nog toe werd dit type van impact nog niet behoorlijk onderzocht en de kennis over dit onderwerp is erg beperkt (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Het effect van geluid en trillingen geproduceerd door de geplande windturbines van 3 MW en 5 MW op de Bligh Bank kan nu nog niet ingeschat worden, en het is zeer moeilijk, zoniet onmogelijk, dit te voorspellen. Bovendien is dit geluid afhankelijk van de locatie (type ondergrond, waterdiepte, …), het type fundering, de windsnelheid. Het valt echter niet te verwachten dat de effecten merkbaar zullen zijn over een grote afstand en dat ze, gezien hun continu niveau, een zeer sterk verstorend effect zullen hebben voor zeezoogdieren in de onmiddellijke omgeving van het park. Eventueel kan gewenning optreden.

Fysische aanwezigheid windturbinepark

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 compleet 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).

Observaties in het offshore windturbinepark 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. Eventueel kunnen Bruinvissen wel verstoord worden door werkende windturbines, vb. door het draaien van de windturbinebladen en/of door de reflectie van het licht (Bach *et al.*, 2000).

Op het offshore windturbinepark Nysted (Tougaard *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2005; Edrén *et al.*, 2005) werd wel een duidelijke afname in de echolocatie activiteit van de Bruinvissen vastgesteld gedurende de exploitatie van het park: er werden minder Bruinvissen waargenomen in het windturbinepark dan er buiten. Er wordt verondersteld dat één van de mogelijke redenen de visuele impact van de roterende wieken kan zijn.

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, maar op termijn zullen ze waarschijnlijk gewoon worden aan deze vorm van verstoring.

Het effect van de fysische aanwezigheid van het windturbinepark op zeezoogdieren zal waarschijnlijk verwaarloosbaar zijn. Er zal waarschijnlijk 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 windturbinepark kan een verstoring van de zeezoogdieren optreden. Mensen die het windturbinepark binnenkomen om onderhoudswerken uit te voeren, vliegtuigen en helikopters die op lage hoogte vliegen, een toename in het scheepsverkeer, … kunnen de daar levende dieren verstoren. Een toename in scheepsbewegingen ten behoeve van onderhoud zal bij kleine, snelle boten meer verstoring teweeg brengen dan bij zwaar, regelmatig bootverkeer (Bach *et al.*, 2000; Dietz *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Uit recente monitoringstudies van de windturbineparken Horns Rev (Tougaard *et al.*, 2006a; Tougaard *et al.*, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) werd er gedurende 2 jaar exploitatie geen effect vastgesteld op de abundantie van Bruinvissen. Op het offshore windturbinepark Nysted (Tougaard *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2005; Edrén *et al.*, 2005) werd wel een duidelijke afname in de echolocatie activiteit van de Bruinvissen vastgesteld gedurende de exploitatie van het park: er werden minder Bruinvissen waargenomen in het windturbinepark dan er buiten. De mogelijke reden voor dit effect is waarschijnlijk te wijten aan een directe verstoring tijdens de exploitatie (geluid en andere verstoringen van vb. onderhoudsschepen of visuele impact van de roterende wieken) of indirect via een beïnvloeding van hun prooien. Dit effect blijft nog steeds bestaan na 2 jaar van exploitatie, maar met indicaties van een traag, gradueel herstel. Er werden bij de exploitatie van beide windturbineparken geen veranderingen waargenomen in het gedrag van zeehonden bij de exploitatie.

Er wordt verwacht dat jaarlijkse preventieve onderhoudsactiviteiten een verstorend effect zullen hebben op zeezoogdieren. Dit effect wordt als gering negatief beoordeeld omwille van zijn tijdelijke aard en omwille van de beperkte zone op het BDNZ die zal beïnvloed worden. Bovendien kan er verwacht worden

dat zeezoogdieren enige gewenning zullen vertonen ten opzichte van de onderhoudsactiviteiten binnen het windturbinepark.

Veranderingen in voedselbronnen

Bij de constructie van een windturbinepark wordt door Bach *et al.* (2000) een afname van de vispopulatie verwacht. Er wordt echter geen permanente afname in de voedselbronnen verwacht. Tijdens de exploitatiefase 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 nl. door het plaatsen van de funderingen en erosiebescherming een nieuw, artificieel, hard substraat gecreëerd worden. 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). Bovendien kan een gedeelte van de constructies (vb. aanmeerplatform) eventueel tijdelijk gedurende de getijdencyclus, een rustplaats vormen voor zeehonden (hoewel het evengoed kan zijn dat geen geschikte plaats aanwezig is op deze constructies) (BMM, 2004).

Eventueel kan men verwachten dat meer zeezoogdieren aangetrokken worden rond een gravitaire fundering in vergelijking met een monopile en een jacket-vakwerk, doordat vermoedelijk meer vissen worden aangetrokken bij een gravitaire fundering.

Of de bouw van de windturbineparken Horns Rev en Nysted in Denemarken een positief effect hadden op zeezoogdieren door vb. het creëren van een kunstmatige rotsbank die dan meer vissen en dus ook meer zeezoogdieren aantrekt, moet nog onderzocht worden.

Besluit:

Samenvattend (Tabel 4.6.15) worden de effecten gedurende de exploitatiefase op de zeezoogdieren die voorkomen op het BDNZ voor de verschillende funderingstypes en windturbinegrootten met elkaar vergeleken. Ondanks het feit dat voor bepaalde funderingstypes het effect als matig wordt ingeschat, is de relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone op het Belgische Deel van de Noordzee aanvaardbaar voor alle varianten. Het totale effect tijdens de exploitatiefase op zeezoogdieren wordt als gering negatief ingeschat.

Tabel 4.6.15: Effecten op zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase bij de verschillende types funderingen en windturbinegroottes (0 = geen effect; + = gering positief effect; ++ = matig positief effect; +++ = significant positief effect; - = gering negatief effect; -- = matig negatief effect; --- = significant negatief effect).

	Monopile/ Jacket-vakwerk		Gravitaire fundering	
	3 MW	5 MW	3 MW	5 MW
Trillingen, geluiden	0 of -	0 of -	0 of -	0 of -
Fysische aanwezigheid windturbinepark	0	0	0	0
Verstoring door onderhoudswerken	-	-	-	-
Veranderingen in voedselbronnen	+	+	++	++

ONTMANTELINGSFASE

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase, aangezien de ontmanteling van het park uit gelijksoortige operaties bestaat als de bouw, maar dan in omgekeerde volgorde. Ook zal voor de ontmantelingsactiviteiten uitgegaan worden van het inzetten van soortgelijk materieel als bij de installatie van het park.

BEKABELING

Tijdens de constructiefase worden de kabels in een sleuf aangelegd door het losspuiten van zand in de zeebodem. Het aanleggen van de kabels met de (kabelleg)schepen kan een tijdelijk effect hebben op zeezoogdieren. Dit effect is echter tijdelijk (ca. 3,5 maanden per jaar), beperkt in omvang en wordt daardoor als gering negatief beschouwd.

Tijdens de exploitatiefase zullen de kabels die het windpark 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. Berekeningen van het magnetisch, veld opgewekt door kabels, 1 m onder de zeebodem begraven, toonden aan dat het magnetisch veld direct boven de kabels (< 1 m) minder zal zijn dan het natuurlijk voorkomend geomagnetisch veld (DIFRES, 2000; Eltra, 2000; Bach *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Bij het windpark op de Bligh Bank bestaat de bekabeling uit een constructie met 3 aders in één mantel. Dit leidt tot een sterke reductie van elektrische en magnetische velden, doordat de aders symmetrisch en op minimale afstand rond de kern van de kabel zijn georiënteerd. De velden van de afzonderlijke geleiders compenseren elkaar grotendeels door het faseverschil in de stromen en spanningen. Een verdere reductie wordt bereikt door afscherming van de geleiders en de staalmantel van de kabel. Daardoor lijkt het niet waarschijnlijk dat de magnetische velden opgewekt door de, ten minste 1 m diep ingegraven, kabels een waarneembaar effect zullen hebben op zeezoogdieren.

Het effect van de bekabeling (constructie- en exploitatiefase) op de zeezoogdieren die tot de marine fauna van het BDNZ gerekend worden, mag als gering negatief beschouwd worden.

BESLUIT

Tijdens de constructiefase kunnen er potentieel negatieve effecten optreden (seismisch onderzoek, heien van palen, veranderingen in voedselbronnen). Deze effecten kunnen ervoor zorgen dat zeezoogdieren het gebied waar de werkzaamheden plaatsvinden verlaten. Mits het naleven van voorwaarden (gebruik van afschrikmechanismen, uitvoeren van de werkzaamheden buiten de periode met verhoogde kansen op aanwezigheid van zeezoogdieren) zijn de effecten tijdens de constructiefase gering negatief. Verder is het effect tijdelijk (bouw is verdeeld over 2 jaar) en beperkt in omvang (0,99 % van het BDNZ). Omdat deze impact slechts tijdelijk is, wordt verwacht dat zeezoogdieren na het beëindigen van de constructiefase terug zullen keren naar het windturbinepark.

Tijdens de exploitatiefase wordt verwacht dat de effecten op zeezoogdieren (trillingen, geluiden, elektromagnetische straling, verstoring door onderhoudswerken, veranderingen in voedselbronnen) zeer beperkt zullen zijn.

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase.

Het effect van de bekabeling op de zeezoogdieren die tot de marine fauna van het BDNZ gerekend worden, mag als gering negatief beschouwd worden.

De aanleg van het windturbinepark op de Bligh Bank is dus aanvaardbaar voor wat betreft de potentiële effecten op zeezoogdieren.

4.6.3.5 Leemten in de kennis

Wat betreft de zeezoogdieren, is er vrij weinig informatie voorhanden over de werkelijke effecten van onderwatergeluid en trillingen, veroorzaakt door windturbines van dergelijke omvang, op mariene zoogdiersoorten. Ook is de kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren beperkt.

4.6.3.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Niettegenstaande de beperkte aanwezigheid van zeezoogdieren in de buurt van het project, worden er mitigerende maatregelen voorgesteld. Voor en tijdens de constructiefase is nl. het gebruik van afschrikmechanismen zoals 'pingers' één van de voorwaarden waaraan moet voldaan worden bij het seismisch onderzoek en het heien van monopalen (voor de plaatsing van de turbines, de meteomasten en het transformatorplatform). Indien zou blijken dat bij bepaalde stappen in het proces van het plaatsen van de funderingen geluiden zouden ontstaan die vergelijkbaar zijn met deze die ontstaan bij het heien van monopalen of die potentieel gevaarlijk zijn voor zeezoogdieren, dan blijft deze voorwaarde ook gelden.

Ook worden werkzaamheden best uitgevoerd buiten periodes met verhoogde kansen op aanwezigheid van zeezoogdieren, i.e. buiten periode januari – mei voor Bruinvissen en buiten periode augustus – februari voor zeehonden.

Er worden geen compensaties voorgesteld.

4.6.3.7 Monitoring

Net zoals bij het windturbinepark van C-Power op de Thorntonbank dient er geen specifieke monitoring te gebeuren van de referentiesituatie m.b.t. zeezoogdieren. Waarnemingen van zeezoogdieren en eventueel hun gedrag, kunnen opgenomen worden in de rapportering van de monitoring van zeevogels

(BMM, 2004). Monitoring van vogel- en zeezoogdierbestand dient bij voorkeur te gebeuren vanaf schepen en volgens ESAS-normen (Stienen *et al.*, 2002).

Bruinvissen zijn de laatste jaren, vooral in de late winter en het voorjaar, tamelijk algemeen in de zuidelijke Noordzee, waaronder de Belgische zeegebieden. Aangezien Bruinvissen waarschijnlijk uit het gebied verdreven zullen worden tijdens de constructiefase (door het geluid van de pingers en/of seal scares en de heiwerkzaamheden), zou het nuttig zijn dit aan te tonen door monitoring. Deze monitoring kan uitgevoerd worden in het kader van het onderzoek van het geluid onder water, en kan – indien mogelijk – gebruik maken van dezelfde basis (vb. verankerde meettoestellen). Door middel van POD's (Porpoise Detectors; zie http://www.chelonia.demon.co.uk) kan de aanwezigheid van Bruinvissen in een referentiegebied, en in het gebied van het windpark tijdens en na de heiwerkzaamheden opgespoord worden. Eenzelfde onderzoek kan uitgevoerd worden tijdens de exploitatiefase, voor het bepalen van de impact van het park (effecten van het onderwatergeluid op Bruinvissen, effecten van het wegvallen van visserij,…) op de aantallen Bruinvissen (BMM, 2004).

Gezien de geringe kennis van de effecten van het onderwatergeluid geproduceerd door windmolens tijdens de exploitatiefase, dient een monitoring te worden voorzien die de niveaus van het geluid, en de frequentieverdeling bepaalt bij verschillende weersomstandigheden, onafhankelijk van de effecten op zeezoogdieren. Daarnaast dient de meest recente literatuur m.b.t. effecten op zeezoogdieren van geluid geproduceerd door windmolens, te worden geraadpleegd. Gezien er weinig effecten te verwachten vallen, kunnen de occasionele waarnemingen van zeezoogdieren, met hun verspreiding en gedrag, gerapporteerd worden in het verslag van de monitoring van zeevogels (BMM, 2004).

De hier genoemde monitoringsinspanningen maken onderdeel uit van het gedetailleerd monitoringplan voor C-Power dat door de BMM werd geadviseerd (BMM, 2004). Voor het Belwind project wordt met betrekking tot monitoring van onderwatergeluid bij het C-Power project aangesloten (zie paragraaf 1.2.2.4).

4.6.4 Passende beoordeling

4.6.4.1 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 Vogel (79/409/EEG)- en Habitatrichtlijnen (92/43/EEG). Om de doelstellingen binnen deze richtlijnen te realiseren worden de 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 (SBZ-V) of speciale zones voor natuurbehoud (SBZ-H) bestemd 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 1 (paragraaf 1.3.).

Hoewel het concessiegebied van het windturbinepark zich niet binnen één van de afgebakende beschermde gebieden valt, kruisen beide voorgestelde kabeltracés verschillende beschermde gebieden:

- optie "aanlanding te Oostende" (58 km): de speciale beschermingszone SBZ-2 (Oostende)
- optie "aanlanding Zeebrugge" (50 km): de speciale beschermingszone SBZ-3 (Zeebrugge).

Op basis van het KB 14/10/2005 (art. 6) dient een passende beoordeling opgemaakt te worden voor de aanleg van de kabeltracés daar zij mogelijks significante gevolgen kunnen 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 het openbaar nut en kan mits de nodige compenserende maatregelen eventueel toch een toestemming verleend worden.

4.6.4.2 Beschermde gebieden: afbakening en aanmeldingscriteria

De ligging van de relevante beschermde gebieden voor het Belwind project wordt gegeven in Figuur 4.6.32

Figuur 4.6.32: Beschermde gebieden relevant voor passende beoordeling

De habitattypen en soorten waarvoor de gebieden zijn aangemeld worden hieronder besproken per gebied.

SPECIALE BESCHERMINGSZONE SBZ-2

Het gebied is gelegen in de Belgische mariene wateren voor Oostende. Oppervlakte 144,80 km².

Criteria voor aanmelding:

- Broedende Bijlage I – soorten die regelmatig en in voldoende aantallen voorkomen (Vogelrichtlijn artikel 4): Grote Stern (*Sterna sandvicensis*), Visdief (*Sterna hirundo*)
- Geregeld voorkomende trekvogelsoorten die gedurende de onderzochte periode (1992-2002) op een bepaald moment de één percent van hun biogeografische populatie hebben overschreden: Fuut (*Podiceps cristatus*), Dwergmeeuw (*Larus minutus*) en Zwarte Zee-eend (*Melanitta nigra*).

SPECIALE BESCHERMINGSZONE SBZ-3

Het gebied is gelegen in de Belgische mariene wateren voor de haven van Zeebrugge. Oppervlakte 57,71 km².

Criteria voor aanmelding:

- Bijlage I – soorten die regelmatig en in voldoende aantallen voorkomen (Vogelrichtlijn artikel 4): Visdief (*Sterna hirundo*), 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 (*Larus minutus*).

4.6.4.3 Natuurwaarden waarvoor het gebied is aangemeld

Voor de beschrijving van de vogelsoorten die in aanmerking kwamen voor de afbakening van de beschermde mariene gebieden, werd beroep gedaan op de studie Haelters *et al.* (2004): "Ornithologisch belang van de Belgische zeegebieden. Identificatie van mariene gebieden die in aanmerking komen als Speciale Beschermingszones in uitvoering van de Europese Vogelrichtlijn."

GROTE STERN (*STERNA SANDVICENSIS*)

In heel Europa broeden, geconcentreerd in een aantal kolonies slechts 53.000 tot 57.000 koppels van de Grote Stern (Delaney & Scott, 2002). Kolonies van meer dan 1.000 koppels zijn uitermate zeldzaam. In de oostelijke Noordzee is de soort in de twintigste eeuw sterk in aantal achteruit gegaan (o.a. door ineenklappen haringbestand) en heeft zich nooit volledig hersteld. Sterke schommelingen in het aantal broedparen zijn eigen aan de soort (Stienen, 2002). Potentiële factoren die het aantal broedparen beïnvloeden zijn veranderingen in voedselbeschikbaarheid, verstoring, verandering in de vegetatie in het broedgebied en veranderingen in andere kolonies (Stienen, 2002). De aanwezigheid van rijke voedselgronden is zeer belangrijk voor het vestigen van kolonies van Grote Sternen, en voedselgebrek kan voor een grote sterfte onder de jongen zorgen.

De Grote Stern wordt waargenomen in een zeer ruim gebied, vooral vanaf de laagwaterlijn tot 22 mijl uit de kust. Hoge concentraties worden aangetroffen in het gebied rond de haven van Oostende (SBZ-2) (8 % van de Grote Sternen) en in het gebied ten westen van de haveningang van Zeebrugge (SBZ-3) (4 % van de Grote Sternen) (Haelters *et al.*, 2004).

Een belangrijke (én de enige) broedkolonie van Grote Sternen bevindt zich in de haven van Zeebrugge. Grote Sternen foerageren voornamelijk in ondiepe wateren nabij de randen van de zandbanken. Ze voeren foerageervluchten uit tot 40 km van de broedkolonie (Seys, 2001). De soort voedt zich met vis die voorkomt in scholen aan de oppervlakte (Sprot, Haring, Zandspiering) (Haelters *et al.*, 2004).

VISDIEF (*STERNA HIRUNDO*)

De Visdief kwam voor het eerst tot broeden in België in 1960, in het Zwin, een kolonie die nu slechts weinig koppels meer telt. Sinds 1980 broeden Visdieven in de Zeebrugse voorhaven en – in mindere mate- de achterhaven. In de Zeebrugse voorhaven werden piekaantallen bereikt in 2000 en 2003, met respectievelijk 2.260 en 2.535 koppels. Visdieven foerageren gewoonlijk op minder dan 3 tot 5 km van de kolonie in Zeebrugge (Seys *et al.*, 1999; Seys, 2001). Soms worden zeer grote aantallen Visdieven (500 tot 1.000) waargenomen achter in- en uitvarende ferries of zandzuigers die organismen opwervelen (Haelters *et al.*, 2004).

De Visdief komt vooral voor in het meest nabije kustgebied, met een concentratie rond 1) de voorhaven van Zeebrugge (SBZ-3) (32 % van de Visdieven) en 2) de haven van Oostende (SBZ-2) (16 % van de Visdieven) (Haelters *et al.*, 2004).

FUUT (*PODICEPS CRISTATUS*)

De biogeografische populatie van de Fuut is recent toegenomen; de 1 % waarde wordt nu slechts bereikt bij 4.800 dieren (Delaney & Scott, 2002), terwijl dit vroeger reeds bij 1.500 dieren het geval was (Rose & Scott, 1997). De aantallen Futen in Belgische zeegebieden zijn in deze periode evenredig gestegen, zodat er nog steeds meer dan 1 % van de biogeografische populatie voorkomt. Het aantal Futen in Belgische zeegebieden vertoont sterke variaties van jaar tot jaar. Dit is onder meer afhankelijk van weersomstandigheden. Tijdens zeer strenge winterperiodes worden veel Futen die zich op zoete wateren bevinden, gedwongen om op zee te pleisteren. Futen zijn vogels die hun voedsel (vooral vis) zoeken al duikend. Ze zijn afghankelijk van relatief ondiep water. De kuststrook tussen de Panne en Terschelling

werd door BirdLife (Skove *et al.*, 1995) aangeduid als van internationaal belang voor deze soort (Haelters *et al.*, 2004).

Futen komen dus voor in het volledige kustgebied, met de hoogste dichtheden binnen de 8 mijl van de kust. Hogere dichtheden worden aangetroffen in volgende gebieden relevant voor dit project: 1) de speciale beschermingszone rond Oostende (SBZ-2) (22 % van de Futen) en 2) de Vlakte van de Raan (9 % van de Futen) (Haelters *et al.*, 2004).

DWERGMEEUW (*LARUS MINUTUS*)

De zuidelijke Noordzee vormt een belangrijk trekgebied voor de Dwergmeeuw, vooral van maart tot april en van september tot november. Een zeer groot percentage van de populatie migreert dan door het nauw van Calais. Slechts een gering deel van de dieren zou effectief in de Noordzee overwinteren (Skov *et al.*, 1995). Ook aan de Belgische kust worden relatief weinig Dwergmeeuwen waargenomen tijdens de wintermaanden (Seys, 2001). Toch werd in december een gemiddelde densiteit vastgesteld van 0,39 vogels per km² wat overeenkomt met zo'n 1.370 vogels in de Belgische mariene wateren (> 1 % van de biogeografische populatie). Door BirdLife International (Skove *et al.*, 1995) wordt de noord-Franse tot Deense kust als van internationaal belang voor deze soort beschouwd (Haelters *et al.*, 2004).

Er kan gesteld worden dat de soort zeer verspreid voorkomt in de Belgische zeegebieden, maar vooral binnen de 12 mijlszone. Zowel SBZ-2 (Oostende) als SBZ-3 (Zeebrugge) worden aangeduid als de twee concentratiegebieden voor deze soort (in beide gebieden 5 % van de Dwergmeeuwen) (Haelters *et al.*, 2004).

ZWARTE ZEE-EEND (*MELANITTA NIGRA*)

Het voorkomen van de Zwarte Zee-eenden aan onze kust is reeds lang gekend. Het is een soort die in groepen van soms duizenden individuen voorkomt, en die specifiek is voor de habitat van de ondiepe zandbanken. Het gebied van de Voordelta en de Belgische kust wordt door BirdLife beschouwd als van internationaal belang voor de zwarte Zee-eend (Skov *et al.*, 1995).

Seys (2001) identificeert in de Belgische mariene wateren drie gebieden met groter belang: het gebied rond de Trapegeer en de Broersbank, het gebied rond de Stroombank, en de Nieuwpoortbank. In het gebied van de Broersbank en de Trapegeer zijn omwille van de dondiepte geen scheepstellingen mogelijk. Ondanks de hoge concentratie van deze soort voor onze kust, benaderen de maximale aantallen slechts zelden 1 % van de biogeografische populatie, zoals voorgesteld door Delaney & Scott (2002). Ander auteurs beschouwen echter de Zwarte Zee-eenden die in West-Europa overwinteren (400.000 dieren) als een aparte populatie, waardoor de 1 % reeds bij 4.000 dieren zou bereikt worden (Camphuysen & Leopold, 1994; Seys *et al.*, 1999). In de jaren 1990 werden verschillende malen aantallen van meer dan 10.0000 Zwarte Zee-eenden waargenomen (Seys, 2001; Van Waeyenberge, 2001). In 1994 werden 15.475 Zwarte Zee-eenden geteld, dat met de huidige populatieschattingen 1 % van de biogreografische populatie betekent (Delaney & Scott, 2002). De Zwarte Zee-eend is zeer afhankelijk van de aanwezigheid van ondiep water, een fijn sediment en een grote dichtheid aan prooiorganismen (vb. de halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*). De westelijke kustbanken vormen daardoor een ideale habitat (Haelters *et al.*, 2004).

De Zwarte Zee-eend komt zeer geconcentreerd voor binnen de 5-6 mijl uit de kust. De belangrijkste gebieden situeren zich van de Stroombank tot de Nieuwpoortbank (59 % van de Zwarte Zee-eenden), en in beperkte mate rond de centrale Wenduinebank (5 % van de Zwarte Zee-eenden) (Haelters *et al.*, 2004). De afgebakende beschermingszone SBZ-2 wordt dan ook vernoemd in het kader van deze soort.

4.6.4.4 Beschrijving en beoordeling effecten

Voor een gedetailleerde beschrijving van de effecten van kabellegging wordt verwezen naar de verschillende disciplines en in het bijzonder naar het luik "vogels" onder het hoofdstuk "Fauna en flora". Algemeen kan gesteld worden dat het aanleggen van de kabeltracé voor een verstoring zal zorgen door enerzijds de aanwezigheid van schepen en anderzijds de omwoeling van het sediment (jetting/ baggeren). Deze effecten zijn echter tijdelijk en plaatselijk waardoor geen significante gevolgen verwacht worden voor de speciale beschermingszones.

Er moet bijgevolg ook niet verder gezocht worden naar alternatieve oplossingen en mogelijke compenserende maatregelen (art. 6, lid 4).

4.6.4.5 Milderende maatregelen

Er wordt voorgesteld om de werken zoveel mogelijk uit te voeren buiten de periodes waarin de hoogste vogeldichtheden worden bereikt in de Belgische gebieden (Tabel 4.6.16).

Tabel 4.6.16: Aanduiding van de maanden waarin een soort de hoogste dichtheden bereikt in de Belgische zeegebieden

Soort	jan	feb	maa	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Fuut *Podiceps cristatus*												
Zwarte Zee-eend *Melanitta nigra*												
Grote Stern *Sterna sandvicensis*												
Visdief *Sterna hirundo*												
Dwergmeeuw *Larus minutus*												

Uitgaande van het voorkomen van de vogelsoorten in de verschillende beschermde gebieden per kabelscenario (Tabel 4.6.17), is de aan te raden werkperiode:

- Optie aanlanding Oostende: augustus tot november;
- Optie aanlanding Zeebrugge: november tot februari.

Tabel 4.6.17: Voorkomende vogelsoorten in de afgebakende beschermde mariene gebieden

	SBZ-2 (OO)	SBZ-3 (ZB)
Optie aanlanding Oostende		
Optie aanlanding Zeebrugge		
Fuut *Podiceps cristatus*		
Zwarte Zee-eend *Melanitta nigra*		
Grote stern *Sterna sandvicensis*		
Visdief *Sterna hirundo*		
Dwergmeeuw *Larus minutus*		

4.6.4.6 Besluit

Er zullen geen significante negatieve gevolgen optreden door de aanleg van het kabeltracé van het offshore windturbine park naar het land, op de habitats en de soorten waarvoor de verschillende beschermde gebieden zijn aangemeld.

4.7 ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED

4.7.1 Methodologie

Als inleiding wordt een beschrijving van de referentiesituatie gegeven. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het zicht op zee en het zicht op de kustlijn. Bij het zicht op de kustlijn worden de kenmerken van het kustlandschap beschreven en de belangen hiervan voor de toeristen, horeca-uitbaters en bewoners.

In voorliggende MER wordt de referentiesituatie beschouwd als de situatie van de zee op het moment waarbij deze MER wordt geschreven (voorjaar 2007). Het windmolenpark van C-Power waarvoor reeds een vergunning uitgereikt is en dat op de Thorntonbank wordt gebouwd, is bijgevolg nog niet aanwezig. Bij de cumulatieve effecten, worden alle drie de geplande windmolenparken (C-Power, Eldepasco en Belwind) in beschouwing genomen.

Wat het cultureel erfgoed betreft, gaat de aandacht uit naar de wrakken die op de zeebodem aanwezig zijn enerzijds en de erfgoedwaarden die langsheen de kustlijn voorkomen anderzijds. Deze laatste staan beschreven in de Landschapsatlas. Voor de zeewrakken worden twee databanken (users.pandora.be/tree/wrakken/wrakkensite/wrakkensite.html en www.maritieme-archeologie.be) en de inventarisatie van de wrakken in het kader van het GAUFRE-project (Maes et al., 2005) geconsulteerd.

Bij de effectbeschrijving en –beoordeling worden de effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windmolens en de bekabeling op het cultureel erfgoed, zijnde de wrakken, en op het zeezicht vanop zee beschreven.

Binnen dit hoofdstuk gaat de aandacht ook uit naar de signalisatie en bebakening van het windmolenpark.

4.7.2 Referentiesituatie

4.7.2.1 Zeezicht

ZICHT OP ZEE

Als referentiesituatie wordt het zicht op zee beschouwd. De zee en het strand wordt door de bevolking als positief ervaren. De kust is namelijk een belangrijke toeristische trekpleister in België, zowel voor de ééndagstoeristen als voor de langere verblijvers. Daarnaast wordt de Belgische kust ook door velen verkozen als tijdelijke of permanente verblijfplaats. Aan de Belgische kust en meer in het bijzonder op de kustlijn van 2 tot 5 km breedte wonen vandaag namelijk 195.000 inwoners. De aantrekkingskracht van de zee en het strand spelen hierin de belangrijkste rol.

In voorliggende MER wordt de referentiesituatie beschouwd als de situatie van de zee op het moment waarbij deze MER wordt geschreven (voorjaar 2007). Het windmolenpark van C-Power dat op de Thorntonbank wordt gebouwd, is bijgevolg nog niet aanwezig. Het zicht op zee in de richting van de site waar het windmolenpark zal gebouwd worden, wordt in de huidige situatie enkel bepaald door de voorbijvarende schepen.

Bij de cumulatieve effecten, worden alle drie de geplande windmolenparken (C-Power, Eldepasco en Belwind) in beschouwing genomen.

ZICHT OP DE KUSTLIJN

In tegenstelling tot het zicht op zee wordt het zicht op de kustlijn in de richting van het binnenland gekenmerkt door een opeenvolging van hoogbouw. Dit is vooral het geval in de badsteden Knokke-Heist, Blankenberge en Oostende. Slechts op enkele plaatsen wordt deze opeenvolging van appartementsblokken onderbroken door open ruimtes of laagbouw. Aan de oostkust is er 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. Aan de westkust ligt de IJzermonding en is een uitgestrekt duinengebied aanwezig. 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, kranen, de LNG-terminal en andere havengebonden activiteiten.

BEWEGING IN HET LANDSCHAP

Beweging in het landschap veroorzaakt door vaartuigen vormen een onderdeel van de landschapsbeleving voor de mensen op de dijk. Vooral ter hoogte van de zeehavens is er een druk verkeer van af- en aanvarende schepen. Vooral bij mooi en helder weer wordt beweging in het landschap door vrachtschepen, vissers, recreatievaart en surfers, waargenomen.

NATUURWAARDE

Op zee kan gesteld worden dat de belangrijkste natuurwaarde, wat betreft avifauna, 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 ook de recent goedgekeurde (KB 14/10/2005) Speciale Beschermingszones in het kader van de Europese vogelrichtlijn en de Speciale zones voor Natuurbehoud in het kader van de Habitatrichtlijn. Vanuit een meer algemeen natuurstandpunt kan gesteld worden dat de natuurwaarde het hoogste is aan de kust (o.a. de Vlaamse banken) en afneemt naarmate men verder offshore gaat. Op land zijn er waardevolle kuststrookgebieden ter hoogte van het Zwin, de Baai van Heist, de duinengordel ter hoogte van Bredene, de IJzermonding, het Westhoekreservaat en de kustlijn van de gemeente De Haan.

4.7.2.2 Cultureel erfgoed

De bescherming van landschappen en de instandhouding, het herstel en het beheer van de in het Vlaamse gewest gelegen beschermde landschappen, wordt geregeld door het decreet van 16.04.1996 (BS 21.05.1996). Dit decreet werd gewijzigd op 21 december 2001. Dit wijzigingsdecreet bevat een aantal toevoegingen met betrekking tot de bevordering van de algemene landschapszorg voor het hele Vlaamse Gewest. Hierbij wordt een juridische grondslag gegeven aan de 'landschapsatlas' en de 'landschapskenmerkenkaart' als beleidsdocumenten.

De landschapsatlas (Min. Vl. Gem., 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.

Relictzones zijn gebieden met een grote dichtheid aan punt- en lijnrelicten, zichten en zones waarin de samenhang tussen de waardevolle landschapelementen belangrijk is voor de gehele landschappelijke waardering. Puntrelicten worden gevormd door monumenten en kleine cultuurhistorische landschapselementen of complexen ervan, en hun onmiddellijke omgeving. Ze kunnen al dan niet beschermd zijn. Lijnrelicten worden gevormd door lijnvormige elementen zoals dijken, wegen, waterlopen of complexen ervan, en hun onmiddellijk aangrenzende ruimte.

Sommige relicten vormen complexen van erfgoedelementen die één geheel vormen. Deze worden samengevoegd tot een ankerplaats. Ankerplaatsen zijn de meest landschappelijk waardevolle gebieden voor Vlaanderen. Ze zijn binnen de relictzone uitzonderlijk inzake gaafheid of representativiteit, of nemen ruimtelijk een plaats in die belangrijk is voor de zorg of het herstel van de landschappelijke omgeving, of ze zijn uniek.

In Tabel 4.7.1 worden de relictzones, ankerplaatsen en puntrelicten langs de kustlijn gegeven. Het betreft vooral duin- en poldergebieden, de IJzermonding en het Zwin met zijn uitzonderlijke landschapsecologische waarde als slikke- en schorregebied.

Tabel 4.7.1: Relictzone, ankerplaats en puntrelicten langs de kustlijn

Relictzone	*Zwin en duinen van Knokke-Heist*
	Duinen Oostkust
	Zwinpolders tussen Knokke-Heist en Damme
	Oude Hazegraspolder en Golfplein Knokke-Heist
	Duinen Westkust
	Duinen Middenkust
	IJzermonding
Ankerplaats	Zwinlandschap
	Strand en duinen Fonteintjes
	Uitkerkse polder
	Duinbossen tussen Oostende en Wenduine met Concessie De Haan
	Westhoekduinen-Duinen Cabourg-De Moeren-Plateau van Izenberge
	Duinen Ter Yde-Hannecartbos-Oostvoornduinen
	Doornpanne
	IJzermonding-St-Laureinsduinen
	Duinen Raverszijde
Puntrelicten	Pier Blankenberge
	Vuurtoren Heist
	Kleine vuurtoren Lichtopstand Heist
	Fort Napoleon
	O.l.v. Ter Duinen Visserskapel
	Consessie De Haan
	Hubertmolen

Op zee bestaat het cultureel erfgoed voornamelijk uit scheepswrakken. Op basis van de bestaande databanken rond scheepswrakken (www.maritieme-archeologie.be en http://users.pandora.be/tree/wrakken/wrakkensite/wrakkensite.html) 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 de Bligh Bank geen wrakken gelegen zijn. Voor het aanleggen van de zeekabel zijn er voor het zuidelijk deel van het tracé twee alternatieve routes aanwezig. De ligging van wrakken ter hoogte van beide kabeltracé's wordt besproken bij de effectbespreking en –beoordeling van de bekabeling.

4.7.3 Autonome ontwikkeling

Wat betreft de natuurlijke ontwikkeling van het zeelandschap kan gesteld worden dat er boven het zeeniveau geen ontwikkelingen zullen plaatsvinden die het landschap zouden wijzigen. De weidsheid en openheid van het zeelandschap zal dus behouden blijven.

De geplande bouw van windturbines in zee kunnen het zeelandschap in de toekomst wel enigszins wijzigen. De impact hiervan hangt voornamelijk af van de afstand tot de kustlijn. Aangezien de geplande windmolenparken allen op een afstand van meer dan 30 km t.o.v. de kustlijn zullen gebouwd worden en het windmolenpark van Belwind op meer dan 40 km van de kust wordt gebouwd, zullen zij enkel bij heel helder weer het zeelandschap mee bepalen.

4.7.4 Effecten

4.7.4.1 Inrichtingsfase

EFFECT OP ZEEZICHT

De bouw van het windturbinepark wordt voorzien op 2 jaar. Het plaatsen van de installaties in zee zal tijdens de werkbare seizoenen gebeuren, nl. tijdens de zomermaanden. Dit is dus tijdens het toeristisch hoogseizoen voor de kust.

Tijdens de constructiefase zal er een tijdelijke visuele verstoring van het landschap optreden als gevolg van de aanwezigheid van delen van het windpark, zoals funderingen (het deel dat boven water uitsteekt), windturbines en offshore transformatorstations, en een toename aan scheepvaartbeweging.

Het aantal schepen dat af- en aanvaart en dat verantwoordelijk is voor het project, is eerder gering ten opzichte van het gemiddelde aantal schepen dat op de verschillende vaarroutes voorkomt, onder andere door de aanwezigheid van de Haven van Zeebrugge. Anderzijds kan de verhoogde scheepvaartbeweging aantrekkelijk zijn voor sommige toeristen. Bijgevolg wordt het effect van de schepen als gering negatief beoordeeld.

De constructieactiviteiten kunnen een effect op de beleving van toeristen, bewoners en vissers hebben. Gezien het windturbinepark op een grote afstand in zee geplaatst wordt, zullen de constructieactiviteiten ter hoogte van het windturbinepark zo goed als niet te zien zijn. Dit volgt uit de zichtbaarheidgegevens, die reeds uitvoerig in het MER van C-Power zijn beschreven . Het effect van deze activiteiten op de toeristen en de bewoners zal dus zeer gering zijn. Het effect van de constructie op de beleving door vissers zal wellicht anders liggen, daar hun activiteiten zich op zee plaatsvinden en ze de constructieactiviteiten van dichterbij zullen waarnemen.

Gezien de grote afstand tot de kust, en bijgevolg het feit dat de bouwwerken zeer weinig zichtbaar zullen zijn, wordt het effect op de beleving gering tot verwaarloosbaar klein ingeschat.

Indien het windturbinepark van C-Power reeds aanwezig is, zullen de constructieactiviteiten nog minder zichtbaar zijn, aangezien de Bligh Bank ten noorden van de Thorntonbank gelegen is. Indien het windmolenpark van C-Power nog niet volledig is gebouwd, zullen de constructieactiviteiten, gezien de grote afstand, eveneens weinig zichtbaar blijven en wordt het effect op de beleving eveneens gering tot verwaarloosbaar klein ingeschat.

EFFECT OP HET CULTUREEL ERFGOED

De bouw van het windturbinepark zal geen direct en indirect effect hebben op het cultureel erfgoed langsheen de kustlijn Knokke-Oostende. De landschappelijke waarde van de relictzones, ankerplaatsen en puntrelicten zal niet aangetast worden. Het behoud van de landschappelijke relicten, zoals de Fonteintjes, het Zwin, … is van bijzonder belang, maar komt niet in het gedrang door de bouw van het windturbinepark.

4.7.4.2 Exploitatiefase

ZICHTBAARHEID VANAF DE KUST

De windturbines op de Bligh Bank, zullen minstens op 42 km van de kust t.o.v. Zeebrugge gebouwd worden.

Omwille van de grote afstand van het windmolenpark tot de kust, kan er aangenomen worden dat de visuele waarneembaarheid van de windmolens met het blote oog zo goed als onbestaand zal zijn. Enkel tijdens heel helder weer zullen zij in mindere mate waarneembaar zijn. Dat besluit steunt op de berekeningen van de zichtbaarheid vanaf de kust die uitgevoerd zijn in het MER van C-Power en de visualisaties van de windmolenparken die beschreven worden bij de cumulatieve effecten.

ZICHTBAARHEID VANOP ZEE

Voor de beschrijving van de zichtbaarheid op zee tijdens de exploitatiefase wordt het cumulatief effect van de drie windmolenparken die in de nabije toekomst mogelijks op het BCP zullen gebouwd worden, in beschouwing genomen . Hiervoor wordt gesteund op een beeldsimulatie die gemaakt werd door Belwind in het kader van de bouw van een windmolenpark op de Bligh Bank.

BEBAKENING EN VERLICHTING

Tijdens de bouw en de exploitatie van het windturbinepark zal gezorgd worden voor de nodige maatregelen om de veiligheid van de scheepvaart, luchtvaart en de visserij te waarborgen. Voor wat betreft de bebakening van het windturbinepark tijdens de exploitatiefase, is het noodzakelijk dat de verlichting van de turbines ten behoeve van de scheep- en luchtvaart de specificaties volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties.

Voor scheepvaart dient de verlichting te voldoen aan de internationaal bestaande IALA[21]-richtlijnen O-114 en O-117 (IALA, 1998; IALA, 2004). De voorzieningen die in het kader van deze richtlijn zullen voorzien worden, zijn opgenomen in de projectbeschrijving.

Met betrekking tot de bebakening voor de luchtvaart wordt voorgesteld aan te sluiten bij de bebakening zoals die in Nederland bij offshore windparken wordt toegepast (Offshore windparken Q7 en Egmond). Dit betekent dat elke windturbine op de gondel (ashoogte) wordt voorzien van een vastbrandend, rondom stralend rood licht, met een intensiteit van 50 Cd. Het windpark ligt voor de luchtvaart in Nederlands beheersgebied. Alternatief kan op aanwijzing van het bevoegd gezag met betrekking tot de luchtvaartmarkering worden aangesloten bij de voorschriften voor bebakening zoals die op federaal niveau in België zijn gegeven, namelijk de Circulaire Bebakening Hindernissen (12/06/06).

[21] IALA: International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities

4.7.4.3 Ontmantelingsfase

De effecten op het zeezicht en het cultureel erfgoed zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn als tijdens de bouwfase. Zoals hiervoor gesteld is wordt dit effect als heel gering beoordeeld.

4.7.4.4 Kabels

Binnen het park is voor het energietransport bekabeling aanwezig. Vanaf de transformatorstations wordt de energie van het windturbinepark dan langs een tweetal zeekabels naar het vaste land getransporteerd. In het MER worden twee mogelijke tracé's (met elk 2 kabels) in beschouwing genomen: een die naar het onderstation van Oostende loopt en een die naar het onderstation van Zeebrugge loopt.

Voor het op diepte brengen van de kabels in het windpark en de kabel naar de kust wordt onder de kabel een sleuf aangelegd door het losspuiten van zand in de zeebodem. De slede met het 'mes' en de spuitmonden wordt door een hulpschip over de zeebodem en de kabel gesleept, waarna de kabel door het eigen gewicht in de sleuf afzinkt. De sleuf wordt door het als gevolg van stroming en turbulentie meegevoerde zand, automatisch gesloten.

Alternatief kan met de kabelploeg gewerkt worden. De ploeg wordt door een verankerd werkschip naar zee getrokken, waarbij de reeds gelegde kabel automatisch op diepte wordt gebracht.

De aanleg van de kabel van het park naar de kust kan een impact hebben op de scheepswrakken die op de zeebodem aanwezig zijn. Deze scheepswrakken worden als maritiem beschermd erfgoed beschouwd.

Bij de bouw van het windmolenpark van C-Power is gebleken dat de aanwezigheid van wrakken voor problemen kan zorgen voor het aanleggen van de kabels. Bijgevolg dient er voldoende aandacht besteed te worden aan deze aspecten.

Figuur 4.7.1, Figuur 4.7.2 en Figuur 4.7.3 geven een situering van de wrakken respectievelijk ter hoogte van de Zeelandbanken (www.maritieme-archeologie.be), ter hoogte van de Vlakte van de Raan en ter hoogte van de Wenduinebank. Op deze figuren zijn de zones aangeduid, waar de wrakken in de nabijheid van de zeekabels gelegen zijn en die bijgevolg mogelijks kunnen beïnvloed worden door de aanleg van de zeekabel.

Figuur 4.7.1: Wrakken ter hoogte van de Zeelandbanken

Figuur 4.7.2: Wrakken ter hoogte van de Vlakte van de Raan

Figuur 4.7.3: Wrakken ter hoogte van de Wenduinebank

Op basis van Figuur 4.7.1 kan er afgeleid worden dat er ten noorden van de Thorntonbank twee wrakken gesitueerd zijn (code ZZ B 133/251 en Rijnstroom).

Op het kabeltracé dat aansluit op het onderstation te Zeebrugge is in de westelijke punt van de Vlakte van de Raan eveneens een wrak gesitueerd. Het betreft de 'Sierra Ventana'.

Op het tracé van de zeekabel dat aansluit op het onderstation van Zeebrugge liggen een groep van wrakken (o.a. Samvern West part, Charles D. McIvo, een onbekend wrak) ten noorden van de Wenduinebank (Figuur 4.7.2). Verder bevinden er zich op dat tracé geen wrakken meer.

Ten noordwesten van de Wenduinebank (Figuur 4.7.3), komt de zeekabel die aansluit op Oostende in de omgeving van de wrakken 'Nautica Ena MV', 'Z-126 Rene', 'N-741 Hoop op' en een onbekend wrak '?'. Dichter tegen de haven van Oostende liggen verschillende wrakken ''Sirius', 'Orion HMS', 'Flakplatform' en

enkele onbekende wrakken. In deze zone is het bijgevolg aangewezen om er voldoende op te letten dat deze wrakken niet beschadigd worden.

Om het effect op het marien archeologisch erfgoed zo gering mogelijk te houden, wordt vanuit deze discipline voorgesteld om de kabels van de verschillende windmolenparken zo dicht mogelijk bij elkaar aan te leggen. Op die manier kan het effect op de wrakken geminimaliseerd worden. Bovendien is het tracé waar de zeekabel van C-Power zal gelegd worden reeds gescreend op wrakken. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, wordt het effect op het maritiem beschermd erfgoed tot een minimum beperkt.

Indien toch een van de twee voorgestelde tracés dient gekozen te worden, gaat vanuit het standpunt van het archeologisch patrimonium geen directe voorkeur uit naar een bepaald tracé. Er liggen namelijk op beide tracé's ongeveer een zelfde aantal wrakken.

Niets sluit uit dat er nog ongekende wrakken in de werkzones voor de aanleg van de kabel gesitueerd zijn. Daarom is het aangewezen om vóór de werken een scanning van het tracé waar de kabels zullen gelegd worden, uit te voeren.

4.7.5 Leemten in de kennis

Niet alle wrakken en andere grote objecten die voor technische moeilijkheden kunnen zorgen voor de aanleg van de kabels zijn momenteel reeds gekend. Daarom is het aangewezen om vóór de werken een scanning van het tracé waar de kabels zullen gelegd worden, uit te voeren.

4.7.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Vooraleer de zeekabel ingegraven wordt, is een scanning van het tracé van noodzakelijk belang om de verschillende wrakken die er gesitueerd zijn te traceren. Afhankelijk van de ligging van de wrakken dient het tracé, indien technisch haalbaar, aangepast te worden. Op basis van de huidige kaarten kan er reeds gesteld worden dat er enkele wrakken op de tracés voorkomen.

4.7.7 Monitoring

Vanuit deze discipline worden geen monitoringsvoorstellen gedaan.

4.7.8 Besluit

Als besluit kan er gesteld worden dat het windmolenpark omwille van de grote afstand tot de kust slechts in heel beperkte omstandigheden zichtbaar zal zijn vanaf de kust. Daarom wordt het effect van visuele hinder tijdens de inrichtingsfase, de exploitatiefase als de ontmantelingsfase als heel gering tot onbestaande beschouwd.

Voor de aanleg van de kabels is het noodzakelijk dat er rekening gehouden wordt met de aanwezige wrakken op de Noordzeebodem. Op beide tracé's die voorgesteld zijn, zijn er enkele wrakken gesitueerd. Daarom wordt voorgesteld om het tracé te scannen vooraleer de kabel wordt aangelegd.

4.8 DE MENS

4.8.1 Inleiding

In de Belgische mariene wateren kunnen verschillende gebruikers worden onderscheiden. De meeste hiervan hebben economische bezigheden. Een algemeen overzicht van het Belgisch deel van de Noordzee waarin verschillende gebruikers actief zijn, wordt gegeven in Figuur 4.8.1.

Figuur 4.8.1: Kaart van de verschillende gebruikers van het BDNZ.

De gebruiksfuncties omvatten:

- scheepvaart;
- visserij;
- maricultuur;
- luchtvaart;
- zand- en grindwinning;
- baggeren en storten van baggerspecie;
- gaspijpleidingen en telecommunicatiekabels;
- militair gebruik (storten van oorlogsammunitie; detonatie van ammunitie, oefenterreinen);
- windturbineprojecten;
- oceanologische waarnemingsstations;
- toerisme en recreatie;
- wetenschappelijk onderzoek;
- wrakken.

In de aangeduide concessiezone vinden volgende activiteiten plaats die kunnen leiden tot potentiële interacties: visserij en militaire activiteiten. In de nabije omgeving van het concessiegebied Belwind liggen daarenboven het concessiegebied van Eldepasco (windturbine park) en C-Power (windturbine park + maricultuur), controlezone 1 (sector 1A) voor zand- en grindwinning en 2 scheepvaartroutes. De voorgestelde kabeltracés kruisen enkele bestaande kabels en pijpleidingen en de Speciale Beschermingszone SBZ-3 (aanlanding Zeebrugge) of SBZ-2 (aanlanding Oostende).

De potentiële interacties met deze gebruikers van het BDNZ worden besproken. Er worden geen interacties verwacht met de andere gebruikers van het BDNZ. Deze worden dan ook niet verder besproken in het MER.

Er wordt enkel melding gemaakt dat de initiatiefnemer van het Belwind windturbine park het park eventueel kan openstellen voor geleide bezoeken, wat een positief element zou zijn vanuit toeristisch oogpunt. Gezien de relatief verre afstand, zal dit echter minder evident zijn dan bij de twee andere windenergie initiatieven.

Verder kunnen educatieve en wetenschappelijke initiatieven door de initiatiefnemers gesteund worden. Belwind zal zich engageren in het verzamelen van zowel technisch-wetenschappelijke als milieutechnische informatie (monitoring).

4.8.2 Visserij

In oktober 2006 zijn de resultaten gepubliceerd van een studie naar de visie van de visserij gemeenschap over de potentiële socio-economische effecten van offshore windturbine parken op hun sector

(Mackinson *et al.*, 2006). De studie beschrijft de mogelijke impact van grotere windturbineparken (tot 200 km²; tot 250 turbines) op de visserij activiteiten en de kostwinning van de vissers in de UK. Ondanks het hier bestudeerde windturbineproject van een andere grootte-orde is en gelegen is in het Belgische Deel van de Noordzee, kan worden aangenomen dat de beschreven effecten gelijkaardig zullen zijn, zoals de studie zelf tevens vermeld.

Het verkrijgen van kwaliteitsvolle visserijdata (visserijgronden, vangst, socio-economische data) blijkt ook uit deze studie geen gemakkelijke opdracht. Persoonlijke gesprekken zijn de beste manier om tot samenwerking te komen. Dit vereist echter de nodige tijd en het vertrouwen van de vissers. Wegens de moeilijkheden van data-inzameling is het dan ook niet mogelijk om een gedetailleerde schatting te maken van de financiële impact ten gevolge van de ontwikkeling van windenergieprojecten op zee. In de toekomst zou deze situatie moeten verbeteren, daar op grond van EU-verordeningen m.b.t. gegevensverzameling in de Europese zeevisserij (1543/2000, 1639/2001 en 1581/2004) de lidstaten een aantal economische gegevens op jaarbasis moeten verzamelen (Tessens & Velghe, 2005). De algemene visies van de vissers over de belangrijkste te verwachten effecten (zowel ecologische als socio-economische) zijn echter wel verkregen als resultaat van de studie Mackinson *et al.* (2006). Een samenvatting wordt gegeven in volgende paragrafen.

Het belang van de Belgische visserijsector wordt geëvalueerd aan de hand van de gegevens van het Departement Landbouw en Visserij voor het jaar 2005 (Tessens & Velghe, 2005). Hiervoor is onder meer beroep gedaan op de vrijwillige medewerking van de reders.

De bepaling van de impact voor de Belgische visserijsector is het resultaat van deze besommingsgegevens voor 2005, de relatieve grootte van de oppervlakte van de concessie t.o.v. het totale visgebied en de resultaten van Mackinson *et al.* (2006).

4.8.2.1 Referentiesituatie

BELGISCHE DEEL VAN DE NOORDZEE (BDNZ)

Visserijgronden

De Belgische kustwateren zijn de habitat van volgroeide demersale vissoorten zoals *Pleuronectes platessa* (schol), *Limanda limanda* (schar), *Solea solea* (tong), *Gadus morhua* (kabeljauw), *Merlangius merlangus* (wijting), *Melanogrammus aeglefinus* (schelvis) én de pelagische soort *Clupea harengus* (haring). Anders dan het jonge visbestand, dat een meer terreingebonden spreiding vertoont, verplaatsen de volwassen vissen zich het hele jaar vaker, 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, zoals die voor het jonge bestand bestaat, weinig zin heeft (ref. DVZ-onderzoek).

De voornaamste soorten die gevangen worden zijn garnalen en platvis met daarin vooral tong, schar en schol (Tessens & Velghe, 2005). De vangst van kabeljauw 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 mijl). Tongvangst is ook opgetekend in verder van de kust gelegen gebieden (12-25 mijl) 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 Diepwaterkanaal 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. De grootste voorraad wijting in de Belgische kustwateren verschijnt 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 laatste visserij 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 2005 telde de Belgische vloot nog 120 vaartuigen (Tessens & Velghe, 2005). Deze vloot kan opgedeeld worden in het kleine vlootsegment (KVS) (< 221 kW: 57 vaartuigen) en het grote vlootsegment (GVS) (> 221 kW: 63 vaartuigen). Het KVS bestaat uit vaartuigen die meestal binnen de 12-mijlszone vissen. Het aantal vissersvaartuigen daalde van 120 bij het begin van 2006 tot 107 vaartuigen op het einde van het jaar, met een globale capaciteit van 60.190 kW (- 8 %) qua motorvermogen en 20.035 GT (- 11 %) wat tonnage betreft (Departement Landbouw & Visserij, 2007).

Gezien het concessiegebied zich situeert op ongeveer 42 km van de kust, wordt het enkel bevist door het grote vlootsegment (GVS). Het GVS wordt als volgt gekenmerkt:

- Het GVS heeft een gemiddelde capaciteit van 52 GT en meer dan 221 kW. Deze boten blijven gemiddeld 10 dagen op zee en hebben gemiddeld 6 bemanningsleden. In 2005, werden 243 zeildagen toegekend per boot.
- Het GVS kan onderverdeeld worden in:
  - Bokken: vaartuigen die uitgerust zijn met de boomkor en een vermogen van 662 kW of meer hebben. In 2005 behoorden 53 vaartuigen tot deze categorie. Dit is het meest actieve deel van de Belgische vloot.
  - Andere GVS: een heterogene restcategorie met staande netters, bordenvissers en boomkorvaartuigen met een vermogen tussen 221 en 662 kW.

Sedert 1996 heeft België op het vlak van de opgelegde vlootreducties, in het kader van Meerjarige Oriëntatieprogramma's van de EU, het statuut van 'minimum vitalis', waardoor geen verdere vermindering van de vlootcapaciteit wordt opgelegd. Ruim 90 % van de Belgische vloot beoefent de boomkorvisserij (Maes *et al.*, 2005).

Socio-economisch gezien is het Belgische gedeelte van de Noordzee 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. Het zijn de grotere vaartuigen (motorvermogen > 221 kW) die deze verder afgelegen visgronden bezoeken. Het kleine vlootsegment (en de kustvisserij in het bijzonder) is echter wel voor zijn vangsten en inkomsten volledig afhankelijk van het Belgische gedeelte van de Noordzee. Uit een beperkte steekproef bleek dat in 2000, ruw geschat, ca. 30 % van de visvangsten van het kleine vlootsegment (motorvermogen < 221 kW) uit het Belgische gedeelte van de Noordzee afkomstig waren (Maes *et al.*, 2004).

In 2005 voerden de Belgische vissersvaartuigen 21.545 ton aan, voor een totale waarde van € 86,3 miljoen. Ten opzichte van 2004 is de totale aanvoer gedaald met 9% (Tessens & Velghe, 2005). De aanvoer van visserijproducten door Belgische vaartuigen in Belgische havens in 2006 verminderde t.o.v. 2005 met 6 % tot 20.323 ton. De gemiddelde visprijs nam echter toe zodat de totale omzet met bijna 5 % verbeterde tot 90,8 miljoen euro (Departement Landbouw & Visserij, 2007). Hiervan werd 89% aangevoerd in Belgische havens net zoals in 2005. De totale aanvoer van de Belgische vloot was het resultaat van ongeveer 19.000 zeedagen en 3.800 zeereizen, respectievelijk 5 % en 9 % minder dan in 2005. De gemiddelde aanvoer per zeedag bedroeg 940 kg (+ 2 %) en de besomming per zeedag

bedroeg gemiddeld 4.272 euro/zeedag, wat een toename is met 15 % t.o.v. vorig jaar. De hoge brandstofprijs in 2006 (stijging van 12% i.v.m. 2005) beïnvloedde de bedrijfsvoering van onze vloot, doch die kon iets beter gecompenseerd worden dan in 2005 door de goede prijsvorming van de visserijproducten (Departement Landbouw & Visserij, 2007).

De voornaamste soorten die de Belgische zeevisserij vangt, zijn tong en schol (Tabel 4.8.1). In 2006 kende ook de aanvoer van schar een flinke stijging (18%) (Departement Landbouw & Visserij, 2007). Daarnaast zijn tarbot, kabeljauw, tongschar en zeeduivel van beperkt belang (telkens goed voor 5%). Het belang van tong voor de Belgische zeevisserij blijft dominant; nagenoeg 50% van de totale besomming. Reeds in 2005 werd vastgesteld dat in vergelijking met het jaar voordien de relatieve aanvoer (% aandeel) van de verschillende vissoorten nagenoeg niet wijzigde, maar dat er een algemene stijging van de visprijs waarneembaar was, wat de dalende aanvoer enigszins compenseerde (Tabel 4.8.1) (Tessens & Velghe, 2005). Zoals reeds vermeld in voorgaande paragraaf, werd deze trend algemeen bevestigd voor het jaar 2006 (Departement Landbouw & Visserij, 2007). Detailgegevens per vissoort zijn echter nog niet beschikbaar voor 2006.

Tabel 4.8.1: Tendensen in belang verschillende vissoorten en hun visprijs (Tessens & Velghe, 2005)

Soort	Procentueel aandeel in besomming	Evolutie t.o.v. 2004	Gemiddelde prijs Euro/kg	Evolutie t.o.v. 2004
Tong	49	+2%	10,09	+12%
Schol	11	-1%	1,97	+8%
Tarbot	5	-	11,38	+6%
Kabeljauw	5	-	2,58	-6%
Tongschar	5	-	3,99	+12%
Zeeduivel	5	-	9,92	+14%
Andere demersale vissen	2	-2%	3,72	+11%
Rog	4	-	1,65	-
Griet	3	-	7,76	+13%
Garnaal	3	+1%	2,93	+1%
St.Jacobsschelp	1	-	2,16	-9%
Zeekat	1	-	1,43	+20%

De Belgische zeevisserij creëert een rechtstreekse tewerkstelling van naar schatting ca. 577 personen. Deze schatting is gebaseerd op het aantal vissers aan boord (Maes *et al.*, 2005). Dit cijfer geeft slechts een ruwe indicatie van de rechtstreekse werkgelegenheid. Hierin is geen detailhandel begrepen. Ook andere personen, zoals deeltijds personeel aan wal of meewerkende gezinsleden, werden niet in de berekening opgenomen. Het cijfer kan bijgevolg enkel met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden.

BLIGH BANK

Er kan verwacht worden dat de belangrijke vissoorten in het concessiegebied van Belwind dezelfde zullen zijn als in de algemene bespreking van het BDNZ. Reeds in (Ecolas, 2003) en (Ecolas, 2006) werd vermeld dat een kwantitatieve vertaling van deze algemene gegevens voor het BDNZ naar afgebakende concessiegebieden echter niet zo evident is omwille van volgende redenen:

- Momenteel zijn geen accurate wetenschappelijke gegevens beschikbaar van de visserijactiviteiten op het BDNZ. 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 immers niet onder deze verplichting, namelijk sommige kustvissers en sommige 'eurokotters'. 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 waarop we ons dus moeten baseren. 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 de ontoegankelijkheid van deze confidentiële visserijdata werd 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 (Maes *et al.*, 2005). Een ruwe schatting van visserijactiviteiten op het BDNZ werd op die manier verkregen. Hieruit blijkt dat geen specifieke observaties werden gedaan van vissersschepen in de buurt van de Bligh Bank waardoor we kunnen veronderstellen dat het gebied minder interessant is als visserijgrond.

4.8.2.2 Autonome ontwikkeling

Een uitvoerige beschrijving van de autonome ontwikkeling kan teruggevonden worden in Ecolas (2003; 2006). Enkel de belangrijkste hoofdpunten worden hier terug aangehaald.

Zowel op internationale als nationale schaal heeft de visserij sector te kampen met socio-economische problemen door 1) een stelselmatige afname van de bestaande biomassa in de hogere trofische niveaus van het Noord-Atlantische gebied sinds 1950 en 2) een stijgende visintensiteit tussen 1950-1975. Onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat de huidige visexploitatie niet kan aanhouden en dat het hoger trofisch niveau van vissen met het oog op de tegenwoordige trends binnen enkele decennia volledig verdwenen zal zijn in het Noord-Atlantische gebied (Christensen *et al.*, 2002). Dit komt ook naar voren uit het feit dat het bestand van bijna alle soorten gerangschikt wordt als "boven de veilige biologische grenzen", waardoor de voortplanting van deze soorten in het gedrang komt.

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. Speciaal voor de grote bokken binnen het GVS is een

zeer uitgesproken achteruitgang vast te stellen in de winstcijfers (-13,8%) ten gevolge van een sterke stijging van de kosten ten opzichte van de omzet (besomming) (Figuur 4.8.2). Deze kostentoename is grotendeels te wijten aan een stijgende gasolieprijs in 2005 (max. sept '05: 0,5283 €/l). Als gevolg hiervan is het aandeel van de brandstofkosten in de besomming met 5 à 10 % toegenomen: gemiddeld rond de 26 % voor het KVS en rond de 37 % voor het GVS (Tessens & Velghe, 2005). Binnen het GVS rapporteerden 29 vaartuigen een verlies en slechts 10 vaartuigen een winst. Slechts drie vaartuigen hiervan maakten meer dan 50.000 € winst.

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.

Figuur 4.8.2: Evolutie besomming en bedrijfsresultaat per zeedag

4.8.2.3 Effecten

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 de betere nabij gelegen gebieden toenemen met mogelijks conflicten tussen de vissers tot gevolg. Een oplossing zou kunnen zijn om alternatieve gebieden te gaan bevissen die verder gelegen zijn. Dit zou de brandstofkosten echter nog meer de hoogte injagen en de vistijden beperken waardoor ook de opbrengsten kleiner zouden zijn.

In Ecolas (2003) werd geschat dat ruwweg 85 % van het BDNZ kan bevist worden (Ecolas, 2003). 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 het concessiegebied C-Power 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 de bevindingen van Mackinson *et al.* (2006) zal de aanleg van het windturbine park op de Bligh Bank voor een bijkomend verlies zorgen aan visgronden (1,3 % van het BDNZ). Gezien de beperkte oppervlakte (49,1 km² incl. veiligheidszone) en het gegeven dat de Bligh Bank bovendien geen belangrijk visserijgebied is, kan dit directe verlies als aanvaardbaar worden beschouwd. De impact ten gevolge van het beschreven windturbine project is dus niet significant en is bovendien veel minder relevant dan het reeds vermelde inkomstenverlies ten gevolge van schommelende brandstofprijzen en de beperkingen opgelegd door het Europese visserijbeleid.

Naast het ruimtelijke verlies maken de vissers zich zorgen over de korte en langetermijneffecten tijdens de constructie en exploitatie fase. Tijdens de constructiefase wordt het heien van de palen als belangrijkste oorzaak gezien voor veranderingen in het visgedrag, terwijl het leggen van kabels voor een tijdelijke sedimentverstoring zal zorgen. De te verwachten belangrijkste effecten in de exploitatiefase zijn de veranderingen in het visgedrag ten gevolge van elektromagnetische stralingen uitgezonden door kabels en de introductie van harde substraten (Mackinson *et al.*, 2006). Er heerst echter nog onzekerheid

over de grootte van deze impact en de soortspecificiteit ervan. Voor een bespreking van deze negatieve effecten en hun leemtes in de kennis wordt verder verwezen naar het hoofdstuk "Fauna en flora".

De elektriciteitskabels naar de kust hebben geen effect op de visserij. Zij liggen voldoende diep om beschadiging van de kabels door visserschepen te voorkomen.

Naast deze negatieve effecten op visserij, biedt de ontwikkeling van het Belwind windturbinepark ook opportuniteiten:

- Ontstaan van kraamkamergebieden en beschermde natuurzones;
- Opportuniteiten voor zeehengelaars die zouden kunnen profiteren van het exclusieve gebruik van de gronden en de verhoogde visdensiteiten.

Daarnaast zal het afsluiten van een gebied voor de visserij onvermijdelijk leiden tot het uitblijven van de verstorende invloed van de boomkorren die de bodem omwoelen en de organismen wegvangen (Dayton *et al.*, 2002; Frid *et al.*, 2002; Lindeboom 2002). Lindeboom (2005) heeft berekend dat de effecten van de boomkorvisserij op het NCP 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 windpark. 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. Recent 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 "overvloed en kweek" effect van mariene beschermingsgebieden, dat in een netwerk van mariene reservaten nog intenser is. Dit "overvloed en kweek" 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 (NCEAS Working Group on Marine Reserves 2000). Het aanvullende effect van de nabijgelegen afgesloten gebieden van C-Power en Eldepasco kunnen misschien synergistisch werken.

Tijdens de bouw en de exploitatie van het windturbinepark, zal voor de nodige markeringen en signalisaties gezorgd worden om de veiligheid van de visserij te waarborgen. Voor verdere details wordt verwezen naar het hoofdstuk Veiligheid.

In het algemeen komen wij tot de conclusie dat de impact van het volledig afsluiten van deze concessie voor de visserij waarschijnlijk een minimale of zelfs verwaarloosbare invloed zou hebben op de inkomsten of werkgelegenheid in vergelijking met de autonome ontwikkeling, maar dat anderzijds de invloed op het milieu positief geschat wordt door een vermindering van de visserijgebonden milieuverstoring.

4.8.2.4 Leemten in de kennis

Zoals reeds vermeld, werd er bij de analyse een ernstig gebrek aan gedetailleerde visserijgegevens voor het concessiegebied vastgesteld:

- Ondanks de verplichte registratie van een groot deel van de visserijbewegingen zijn deze data wetenschappelijk niet beschikbaar. Het was dus niet mogelijk om gedetailleerde analyses uit te voeren van de kleinere geografische eenheden zoals het concessiegebied;
- 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 geografische data over de visvangst per gebied. De enige gegevens waarop we ons kunnen baseren 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".
- Ook gegevens voor een goede inschatting van de invloed van de offshore windturbineparken op de vispopulaties op de specifieke locaties zijn grotendeels ontbrekend. Hierin kan in de toekomst eventueel verandering komen door de wettelijk vereiste monitoring.

4.8.2.5 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien het beperkte verlies aan visserijgrond, worden geen mitigerende maatregelen en compensaties voorgesteld.

Een mogelijk alternatief voor visserij is maricultuur. Op 7 oktober 2005 werd een vergunning toegekend aan de Haven Oostende voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee. Zone 4 beslaat de afgebakende windconcessie zone (KB 14/05/2004). In de aanvraag werd gemeld dat enkel in de bestaande concessiezones (C-Power) zal gewerkt worden. In theorie bestaat de mogelijkheid om aan mosselcultuur te doen in de concessie van Belwind als alternatief voor visserij. Hierbij moeten de voor- en nadelen op zowel economisch en technisch vlak als de milieu-aspecten grondig uitgewerkt worden. Naar onze mening valt een dergelijke afweging en analyse buiten het doel van deze MER.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de opportuniteiten voor maricultuur wordt verwezen naar het globaal actie- en herstructureringsplan voor een duurzame Vlaamse zeevisserijsector (Task Force Visserij, 2006).

4.8.2.6 Monitoring

Er bestaan nog steeds een aantal onzekerheden over de ecologische uitwerking op het mariene milieu ten gevolge van offshore windenergieparken (incl. cumulatieve effecten), zodat bijkomend onderzoek gewenst is. Het effect op commerciële vis en ongewervelde soorten is van belang voor de visserij. Vanuit een economisch standpunt moet de nadruk hier liggen op platvissoorten.

In het hoofdstuk "Fauna en flora" is een monitoringsprogramma uitgewerkt voor zowel de benthische organismen als de vissen. Voor het Belwind project wordt met betrekking tot monitoring bij het C-Power project en het Eldepasco Project aangesloten (zie paragraaf 1.2.2.4).

4.8.3 Militaire activiteiten

4.8.3.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

Het concessiegebied van Belwind is gelegen in de militaire zone waar schietoefeningen gebeuren op drijvende doelen (Figuur 4.8.1). Deze oefeningen kunnen zowel overdag als 's nachts plaatsvinden gedurende het ganse jaar (weliswaar na aankondiging van de schietoefening). Tijdens deze activiteiten worden schepen verzocht om deze zone te vermijden.

Gezien deze militaire zone grotendeels overlapt met de windconcessie zone afgebakend volgens het KB van 17/05/2004, is er een akkoord binnen de regering dat er binnen de offshore zone (cfr concessie KB) geen militaire oefeningen worden gedaan. De afspraak is wel zo dat dit wel nog tijdelijk kan zolang er

effectief geen turbines staan. Op termijn wordt de militaire oefenzone iets verplaatst, zodat er geen overlapping meer zal zijn. (m.m. Cathy Plasman - Adviseur Kabinet Landuyt)

4.8.3.2 Effecten

Wegens de beperkte militaire activiteiten (maximaal 5 oefeningen per jaar (Maes *et al.*, 2005)) in deze zone worden er geen significante effecten verwacht van het geplande windturbineproject op deze militaire activiteiten.

4.8.3.3 Leemten in de kennis

Er zijn geen leemten in de kennis.

4.8.3.4 Mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Specifieke maatregelen of compensaties, alsook monitoring zijn hier niet relevant.

4.8.4 Kabels en pijpleidingen

4.8.4.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

De locatie van pijpleidingen en telecommunicatiekabels is weergegeven in Figuur 4.8.3. Bij de communicatiekabels is een onderscheid gemaakt tussen kabels in gebruik en kabels die niet langer gebruikt worden (Maes *et al.*, 2005).

Figuur 4.8.3: Pijpleidingen en telecommunicatiekabels

Zoals uit Figuur 4.8.3 blijkt, kruist geen enkele pijpleiding het concessiegebied Belwind. De "Interconnector" geëxploiteerd door Interconnector Ltd kruist wel de Bligh Bank, maar blijft ten westen van het projectgebied. De Interconnector is 235 km lang en transporteert ongeveer 23,5 10^9 m³/jaar van Zeebrugge naar Bacton (UK). Ten zuiden (min. 520 m) van het concessiegebied loopt een tweede pijpleiding "Norfra", een 840 km lange leiding van het Draupner E platform op het Noorse continentale plat naar de haven van Duinkerke in Frankrijk. Tenslotte is er de pijpleiding "Zeepipe" (814 km) die Zeebrugge verbindt met het offshore olieplatform Sleipner Rise (Noorwegen) en geëxploiteerd wordt door Gasco. Deze is van minder belang voor het beschouwde project.

Naast gaspijpleidingen bevinden zich op het BDNZ telecommunicatiekabels. Van de kabels in gebruik kruist één het projectgebied (NO), maar deze kabel is niet meer in gebruik. De andere kabels liggen op ruim voldoende afstand van de Bligh Bank. Relevant voor dit project (kabeltracé) zijn de twee telecommunicatiekabels ten noorden van de Bank Zonder Naam en de Concerto East1 (ten westen van de Interconnector) geëxploiteerd door Flute Ltd. Ten noorden van de Thorntonbank ligt de Rembrandt kabel die geëxploiteerd wordt door KPN Telecom. Daarnaast bevinden zich aan de voet ten zuiden van de Thorntonbank twee telecommunicatiekabels (1 in gebruik en 1 niet langer gebruikte), waarvan enkel de niet langer gebruikte gekruist zal worden door het voorgestelde kabeltracé. De specifieke naam of (vroegere) exploitant van de kabels zijn niet gekend. Van belang voor het onderhavige project is ook te vermelden dat er tegen de kust (t.h.v. Bredene) aan ook nog de PEC communicatiekabel, geëxploiteerd door Global Crossing of zijn opvolger, ligt.

Voor zo ver bekend zijn er momenteel geen vergunningen of aanvragen voor het leggen van kabels of pijpleidingen binnen het concessiegebied. Voor de autonome ontwikkeling wordt dus uitgegaan van een status quo ten opzichte van de referentiesituatie.

4.8.4.2 Effecten

De gaspijpleidingen liggen minimaal op 500 m afstand van het concessiegebied. De minimale afstand van het projectgebied tot de telecommunicatiekabels bedraagt eveneens 500 m. In beide gevallen worden de vereiste veiligheidszone gerespecteerd, waardoor aangenomen mag worden dat er zich geen effecten zullen voordoen op de bestaande kabels- en pijpleidingen ten gevolge van het inplanten en exploiteren van het Belwind windturbine park.

In de voorziene opstelling zullen er geen kruisingen gebeuren van de 33 kV kabels noch met de Interconnector pijpleiding noch met telecommunicatiekabels. De aanlandingskabel (150 kV) zal onafhankelijk het gekozen scenario de beschreven telecommunicatiekabels en de gaspijpleidingen Interconnector en Zeepipe moeten kruisen. De kruisingen gebeuren in overleg met de exploitanten en conform de internationale veiligheidsvoorschriften. De geplande methode voor het kruisen van kabels en pijpleidingen heeft geen invloed op de milieueffecten van de bestaande kabels en pijpleiding.

Het cumulatieve milieu-effect van de bestaande kabels en pijpleidingen én de kabeltracés die getrokken worden vanuit de diverse windturbine parken is echter moeilijker te voorspellen. Hiervoor wordt verwezen naar het hoofdstuk "Cumulatieve effecten".

4.8.4.3 Leemten in de kennis

Er zijn geen leemtes in de kennis.

4.8.4.4 Mitigerende maatregelen en compensaties

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld bij de ontwikkeling van het windturbine park Belwind.

Indien echter verschillende initiatieven van windturbine parken in een beperkte tijdsspanne goedgekeurd worden, dan moet zoveel mogelijk getracht worden de verschillende projecten naar kabeltracé op elkaar af te stemmen (gegroepeerde inplanting).

4.8.4.5 Monitoring

Normale voorzorgsmaatregelen en plaatsingstechnieken tijdens het leggen van de kabels om schade aan de pijpleidingen of communicatiekabels te vermijden zullen in ieder geval genomen worden. Het kruisen van de kabels en pijpleidingen zullen worden uitgevoerd volgens de kruisingsovereenkomsten en de daarbij horende controles die afgesloten worden met de kabel- en pijpleidingexploitanten. Gezien de onzekerheid over de toekomstige evolutie van de kruisingspunten lijkt een geregelde controle van de toestand ter hoogte van de kruisingspunten aangeraden.

4.8.5 Scheepvaart

Wat betreft de veiligheidsaspecten (ongevallenrisico, olieverontreiniging) van de professionele scheepvaart wordt verwezen naar het hoofdstuk "Veiligheid".

4.8.6 Zand en grindontginning

4.8.6.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

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 wordt uitgevoerd door 13 bedrijven die vertegenwoordigd worden door Zeegra VZW (8.750.000 m³/3 jaar) en door de Vlaamse Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ)[22] – Afdeling Maritieme Toegang (5.000.000 m³/3 jaar) en Afdeling kust (1.650.000 m³/ 3 jaar).

De exploratie en exploitatie van zand en grind wordt geregeld door de wet van 13 juni 1969, zoals gewijzigd door de wet van 20 januari 1999 en de wet van 22 april 1999. Sinds 2004 zijn de concessiezones voor aggregaatextractie gewijzigd volgens het KB 01/09/2004. Er zijn nu drie 'controlezones' en één 'exploratiezone' (Figuur 4.8.1):

- Controlezone 1 bestaat uit twee sectoren: sector 1A op de Thorntonbank, sector 1B op de Gootebank. Sector 1A is gans het jaar open voor ontginning, sector 1B enkel gedurende de maanden maart, april en mei;
- Controlezone 2 is onderverdeeld in drie sectoren: sectoren 2A en 2B bevinden zich op de Kwintebank, sector 2C op Buiten Ratel en Oostdyck. De sectoren 2A en 2B zijn afwisselend open voor ontginning voor een periode van 3 jaar (rotatiesysteem), sector 2C is open voor ontginning gedurende het ganse jaar. Omdat sector 2B op de Kwintebank voorheen het meest gebruikt is, is dit de eerste sector die voor drie jaar wordt gesloten. De sector 2B is officieel gesloten op 15 maart 2005 voor een periode van 3 jaar. Tot 15 maart 2008 mag dus enkel in de sectoren 2A en 2C ontgonnen worden.
- Controlezone 3 is gelegen op een dumplocatie voor gebaggerd materiaal (Sierra Ventana) en kan gezien worden als een soort 'recyclagezone' dicht bij de kust. Met deze controlezone wil men de druk op natuurlijke zandbanken verminderen. Sector 3A is gans het jaar open, terwijl sector 3B gesloten is zolang deze sector tevens als baggerspeciesloswal gebruikt wordt. Het is uit de oude baggerspecieloswal (oude stortzone S1) dat AWZ – Afdeling Maritieme Toegang 5.000.000 m³/3 jaar zal extraheren. De nieuwe baggerspecieloswal (nieuwe sector S1) bevindt zich in de sector 3B.
- In de exploratiezone (zone 4) (ter hoogte van de Hinderbanken) zullen overheid en concessiehouders de mogelijkheden van (voornamelijk grind-) ontginning onderzoeken.

Er is geen overlap tussen het concessiegebied Belwind op de Bligh Bank en de aangeduide concessiezones voor zand- en grindwinning. Het windturbinepark op de Bligh Bank zal op ongeveer 8 km van controlezone 1 – Sector 1A en op ongeveer 2,5 km van de exploratiezone liggen. In Sector 1A is enkel Zeegra VZW actief. De hoeveelheid zand en grind die in sector 1A geëxtraheerd zal worden, is eerder beperkt. In Ecolas (2006) wordt een inschatting gemaakt voor 2 scenario's:

- Scenario 1: Business as Usual (BAU) gebaseerd op de ruimtelijke spreiding van de winningsactiviteiten in het verleden (2003 en vroeger). In sector 1A wordt volgens dit scenario 554.804 m³ geëxtraheerd.

[22] AWZ gaat op in nieuwe structuur Vlaamse overheid. Sinds 1 april 2006 bestaat de administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) niet meer. Haar taken worden overgenomen door: Departement Mobiliteit en Openbare Werken; Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust; nv De Scheepvaart; nv Waterwegen en Zeekanaal.

- Scenario 2: Maximale Ruimtelijke Spreiding (MRS) waarbij aangenomen wordt dat er een maximale ruimtelijke spreiding zal zijn van de extractie activiteiten over de verschillende concessiezones. Volgens dit scenario wordt in sector 1A 997.068 m³ ontgonnen.

4.8.6.2 Effecten

De concessiegebieden aangevraagd door Belwind liggen op voldoende afstand van controlezone 1 (sector 1A) en de exploratiezone 4 voor zand en grindwinning. Op basis van expertbeoordeling wordt geschat dat de verstorende impact van de windturbines op het bodemleven beperkter is dan deze van de zand- en grindwinning. Er worden dan ook geen significante effecten verwacht van het geplande windturbineproject in de controlezones, en meer specifiek in sector 1A.

Aangezien de hoeveelheid zand die in de sector 1A geëxtraheerd zal worden eerder beperkt is (BAU & BAU+AWZ: 554.804 m³, MRS: 997.068 m³) (Ecolas, 2006), en er bijgevolg niet diep gegraven zal worden, worden er geen significante effecten verwacht op de stabiliteit van de windturbines op de Bligh Bank.

Er wordt geen wederzijdse invloed op de milieueffecten verwacht van de kabellegging of exploitatie.

4.8.6.3 Leemten in de kennis

Er zijn geen leemtes in de kennis.

4.8.6.4 Mitigerende maatregelen en compensaties

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld.

4.8.6.5 Monitoring

Gezien het concessiegebied van Belwind op voldoende afstand ligt van de concessiezones voor zand- en grindwinning, is een aangepaste monitoring niet relevant.

Bovendien worden de zandextracties momenteel opgevolgd. De bestaande procedures voor monitoring lijken ons voldoende mogelijkheden te geven voor een adequate monitoring van eventuele effecten tussen beide activiteiten.

4.8.7 Andere windturbineparken

4.8.7.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Met de vernieuwde aandacht voor het Kyoto protocol is er ook in België werk gemaakt om de productie van hernieuwbare energie te stimuleren. De Belgische energievoorziening moet in 2010 namelijk voor 6 % bestaan uit hernieuwbare energie. Kabinet Noordzee heeft daarom 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). Deze zone is gelegen aan de oostelijke zijde van het Belgisch deel van de Noordzee en strekt zich uit van iets voor de Thorntonbank tot voorbij de Bligh Bank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor die een ideaal terrein vormen voor de ontwikkeling van windturbineparken: de Thorntonbank, de Bank Zonder Naam en de Bligh Bank (Figuur 4.8.3).

Belwind heeft een concessie aangevraagd voor het windturbine project (330 MW) op de Bligh Bank. Het windturbine park (35,6 km²) zal bestaan uit 66 turbines van 5 MW of 110 turbines van 3 MW. Het

voorliggende milieueffectrapport wordt opgemaakt als onderdeel voor het verkrijgen van de bouw- en exploitatievergunning.

Eldepasco heeft een domeinconcessie (15/05/2006) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windturbinepark van 36 turbines (totale oppervlakte: 9 km²) op de Bank Zonder Naam. Momenteel is gestart met de opmaak van een milieueffectrapport voor het verkrijgen van een vergunning.

C-Power n.v. heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie en milieuvergunning) om ter hoogte van de Thorntonbank een windturbinepark te bouwen en het gedurende een looptijd van 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. De verkregen concessie op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten Westen van de telecomkabel Concerto South1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 24 turbines met een oppervlakte van 5,0 km² en één ten Oosten (deelgebied B) bestaande uit 36 turbines met een oppervlakte van 8,8 km². Indien rekening gehouden wordt met een veiligheidszone van 500 m rondom de windturbines wordt een oppervlakte van 26,4 km² ingenomen (Ecolas, 2003) voor een totaal geïnstalleerd vermogen tot 300 MW.

4.8.7.2 Effecten

In deze paragraaf wordt enkel stil gestaan bij de mogelijke effecten van het windturbine park Belwind op een ander windturbine park (hetzij C-Power, hetzij Eldepasco). Belwind zal op een afstand van 12 km liggen van het reeds goedgekeurde C-Power project. De minimale afstand tot het Eldepasco initiatief bedraagt 5 km. Er zijn geen effecten die worden veroorzaakt door het Belwind windpark (vb. verhoging van de belasting op de constructie of invloed op de windomstandigheden) waardoor mogelijks de werking van een ander park in gedrang komt.

Voor de beschrijving van de cumulatieve effecten ten gevolge van de ontwikkeling van de 3 windturbineparken (Bligh Bank + Bank Zonder Naam + Thorntonbank) op mens en milieu wordt verwezen naar het hoofdstuk "Cumulatieve effecten".

4.8.7.3 Leemten in de kennis, mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Voor dit onderdeel wordt verwezen naar de relevante hoofdstukken in het MER.

4.8.8 Maricultuur

4.8.8.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Op 7 oktober 2005 werd een vergunning toegekend aan de AG Haven Oostende voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee waaronder de volledige afgebakende wind concessiezone (KB 17/05/2004). In deze zogenaamde zone 4 werd in de aanvraag enkel gemeld dat in de bestaande concessiezone (C-Power) zal gewerkt worden.

De productie van mosselen bestaat uit hangcultuurmodules van staal (12 m x 3 m x 2 m) voorzien van aangroeitouwen uit polypropyleen. De maximale (theoretische) opbrengst binnen de concessiezone van C-Power wordt op 11.760 ton mosselen geschat, terwijl dit voor de volledige wind concessiezone op 279.000 ton komt (BMM, 2005).

Gezien de verkregen vergunning toegekend is voor de volledige wind concessiezone bestaat in theorie de mogelijkheid om in de toekomst aan mosselcultuur te doen binnen het concessiegebied van Belwind. Hierbij moeten de voor- en nadelen op zowel economisch en technisch vlak (o.a. veiligheid) als de milieu-

aspecten grondig uitgewerkt worden. Naar onze mening valt een dergelijke afweging en analyse buiten het doel van deze MER.

4.8.8.2 Effecten

Het Belwind project zal voor een bijkomende introductie van harde substraten (turbines, funderingen, erosiebescherming) zorgen naast de hangculturen in het maricultuur projectgebied op de Thorntonbank (concessiegebied C-Power). De minimale afstand bedraagt echter 12 km waardoor er geen effecten verwacht worden op de geplande maricultuur.

Op huidig ogenblik wordt enkel een hangcultuur voorzien in de concessiegebieden van C-Power (Thorntonbank) waardoor het cumulatieve effect (maricultuur + windturbine park) door de introductie van harde substraten als aanvaardbaar wordt beschouwd voor de mariene wateren. Er worden geen andere cumulatieve effecten (elektromagnetische velden, geluid & trillingen) verwacht tijdens de exploitatiefase ten gevolge van het windturbine park op de mosselcultuur.

4.8.8.3 Leemten in de kennis, mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

De toepassing van Maricultuur in het concessiegebied van Belwind is momenteel niet voorzien. Monitoring kan aangewezen zijn wanneer dit wel het geval zal zijn, omdat er nog veel onbekend is over de cumulatieve effecten ten gevolge van verschillende gebruikers op het Belgische deel van de Noordzee. Wanneer monitoring ten aanzien van maricultuur opportuun is, wordt hierbij voor het Belwind project aangesloten bij het C-Power project en het Eldepasco Project (zie paragraaf 1.2.2.4).

4.8.9 Biodiversiteit en natuurgebieden

4.8.9.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Voor een gedetailleerde bespreking van het belang van de Belgische mariene gebieden voor het benthos, de vissen, de avifauna en de zeezoogdieren wordt verwezen naar het hoofdstuk "Fauna en flora". Hier worden enkel de belangrijkste trends vermeld inzake biodiversiteit, dit als raamwerk voor de identificatie van natuurgebieden in het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ).

Er kunnen twee gradiënten worden waargenomen in de aanwezigheid van macrobenthische organismen op het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ). Een eerste gradiënt in de biodiversiteit loopt van het westen naar het oosten. Ten gevolge van de negatieve invloed van de instroom van verontreinigd water (nutriënten, organische polluenten en zware metalen) afkomstig uit de Westerschelde, is de biodiversiteit in de oostelijke BDNZ-zone minder groot dan die in de westelijke zone (Cattrijsse & Vincx, 2001). Een tweede gradiënt loopt van de ondiepe kustzone naar de zone dieper in zee. De verspreiding van de macrobenthos soortenrijkdom en abundantie langs deze onshore-offshore gradiënt is sterk variabel, met soorten- en densiteitsarme stations langsheen de volledige gradiënt en soorten- en densiteitsrijke stations beperkt tot de kustzone (< 15 NM) (Van Hoey *et al.*, 2004). Wat betreft de densiteit van demersale vissen is de kustzone duidelijk rijker dan de verderaf gelegen gebieden.

De Belgische zeegebieden zijn ook voor een aantal vogelsoorten relatief belangrijk als overwinteringsgebied, trekgebied of foerageergebied tijdens het broedseizoen. De hoogste diversiteit werd waargenomen tijdens de trekperiodes (lente, herfst). Twee ruimtelijke gradiënten kunnen worden waargenomen voor de Belgische kust: een kust-zee en een oost-west gradiënt vanaf het Schelde-estuarium tot aan de diepere en minder troebele zeegebieden op Frans grondgebied. Visetende soorten met een voorkeur voor helder water en mid- tot offshore omstandigheden (alkachtigen, Drieteenmeeuw, Jan-van-Gent) waren talrijker in het westen. Duikers, futen en Larus-meeuwen zijn prominenter aanwezig

naarmate men het slibrijke water in het mondingsgebied van de Schelde nadert. De jagers en stormvogels zijn dan weer typisch voor de offshore gebieden (> 20 km van de kust). (Seys, 2001)

Op basis van deze biodiversiteitspatronen werden verschillende types beschermde gebieden geïdentificeerd in de Belgische mariene gebieden, waarbij de nadruk op de westkust ligt (Figuur 4.8.4):

- Ramsar gebieden: Kustbanken en Zwin (Vlaamse bevoegdheid)
- Natura 2000: ecologisch netwerk van geselecteerde habitat- en vogelrichtlijngebieden
- Mariene beschermde gebieden (wettelijke basis: wet ter bescherming van het mariene milieu 20/01/1999 (gewijzigd door wet 07/09/2005)):
  - Speciale beschermingszones (Vogelrichtlijn): Binnen het KB 14/10/2005 worden drie speciale beschermingszones ingesteld met name een zone van 110,01 km² te Nieuwpoort (SBZ1), een zone van 144,80 km² te Oostende (SBZ2) en een zone van 57,71 km² ter hoogte van Zeebrugge (SBZ3) en dit op basis van het voorkomen van vier beschermde vogelsoorten (fuut, de grote stern, de visdief en de dwergmeeuw).
  - Speciale zones voor natuurbehoud (Habitatrichtlijn): Binnen het KB 14/10/2005 worden ook 2 speciale zones voor natuurbehoud ingesteld met name "Trapegeer Stroombank" (181 km²) en de "Vlakte van de Raan" (19,17 km²).
  - Gericht marien reservaat: de "Baai van Heist" (KB 5/03/2006)

Figuur 4.8.4: Natuurgebieden in de Belgische mariene gebieden

4.8.9.2 Effecten

Het enige conflict vanuit milieuoogpunt dat kan bestaan tussen het windturbineproject en de aangeduide beschermde gebieden bestaat uit het feit dat de voorgestelde kabeltracés doorheen de speciale beschermingszone SBZ-3 (aanlanding Zeebrugge) of SBZ-2 (aanlanding Oostende) loopt.

Voor mogelijke effecten ten gevolge van de inrichting en exploitatie van het windturbinepark en haar kabels verwijzen we naar het hoofdstuk Fauna en Flora en de uitgevoerde passende beoordeling in het kader van het KB 14/10/2005.

4.8.9.3 Leemten in de kennis, mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Voor dit onderdeel verwijzen we ook naar het onderdeel waar de effecten op fauna en flora besproken worden.

4.9 VEILIGHEIDSASPECTEN

Alhoewel niet behandeld in deze MER zal voor het project een gedetailleerd noodplan opgesteld worden waarbij procedures, contactpersonen en diensten alsook technische beschrijving van noodmateriaal gegeven zullen worden. Dit noodplan zal voorzien in de correcte handelswijzen voor alle mogelijke relevante (dus ook voor milieu) noodsituaties. Hierbij zal ook rekening gehouden worden met de maatregelen noodzakelijk om eventuele milieu-impacts te minimaliseren, te bestrijden en te remediëren.

4.9.1 Installaties

4.9.1.1 Methodologie

In dit onderdeel worden de veiligheidsrisico's van de installatie op zich en de eventuele gevolgen van een incident / accident kort besproken. Inschatting van de veiligheidsrisico's verbonden aan de infrastructuur van het windturbinepark zelf zijn gebaseerd op literatuurgegevens.

Risico's voor de werknemers (arbeidsrisico's) worden in dit MER niet behandeld.

4.9.1.2 Risico's en effecten tijdens de exploitatiefase

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

De technische levensduur van de offshore windturbines bedraagt ten minste 20 jaar.

FAALFREQUENTIE VAN DE INSTALLATIE

In opdracht van de Vlaamse overheid werd zeer recent de veiligheid van windturbines onderzocht (SGS, 2007). Op basis van het Nederlandse Handboek Risicozonering Windturbines en uitgebreide statistieken over de bestaande windturbines werd een eenvoudige risicobeoordeling uitgewerkt. Daarbij dienen windturbines te voldoen aan dezelfde veiligheidsvereisten als andere industriële installaties.

In het Nederlandse Handboek Risicozonering Windturbines (Senternovem, 2005) staan gegevens m.b.t. de jaarlijkse faalfrequentie van een turbine onder diverse omstandigheden (zie ook Tabel 4.9.1). Volgens SGS dient niet de aanbevolen rekenwaarde van Senternovem gebruikt te worden, maar de verwachtingswaarde zoals aanbevolen door SGS, en gebaseerd op de faalfrequenties uit het "Handboek Kanscijfers", welke in Vlaanderen gebruikt wordt bij de kwantitatieve risico-analyse van vaste industriële installaties.

Het overzicht in Tabel 4.9.1 is vooral gebaseerd op oudere gegevens voor windturbines op land. Deze gegevens zijn bepaald uit historische Deense, Duitse en Nederlandse faalgegevens. Volgens Senternovem lijkt de trend dat een nieuwe generatie windturbines veiliger is dan de oudere generatie. Dit betekent dat de faalkansen voor het windturbinepark op de Bligh Bank lager zouden zijn dan wat in Tabel 4.9.1 beschreven staat. Anderzijds moet er ook rekening gehouden worden met het feit dat de windsnelheid op zee hoger is dan op land, waardoor de faalkansen voor het windturbinepark op de Bligh Bank hoger zouden kunnen zijn dan aangegeven in Tabel 4.9.1. Aangezien de windturbines ontworpen en gebouwd zijn voor exploitatie in offshore omstandigheden, waarbij een hoge beschikbaarheid van groot belang is, wordt de faalfrequentie niet hoger ingeschat dan voor windturbines op land.

Op basis van de gegevens in Tabel 4.9.1 (verwachtingswaarde aanbevolen door SGS) kan besloten worden dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel, nl. 0,0012 per jaar, of omgerekend eens om de 833 jaar. Dit betekent een zeer laag en aanvaardbaar risico voor kleine onderdelen uit de gondel. Voor de andere onderdelen is het risico nog lager.

Tabel 4.9.1: Scenario's en faalkansen voor risico-analyses (Senternovem, 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	$3{,}15.10^{-4}$		$4{,}2.10^{-4}$
Overtoeren	$8{,}5.10^{-4}$		$5{,}0.10^{-4}$
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	$1{,}2.10^{-3}$	$1{,}7.10^{-3}$	$1{,}7.10^{-3}$

* mechanisch remmen = ca. 1,25 keer nominaal toerental

* overtoeren = ca. 2 keer nominaal toerental

MAXIMALE WERPAFSTAND

Naast de mogelijke faalfrequentie van onderdelen van 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 b.v. een afbrekend rotorblad. In Tabel 4.9.2 wordt een overzicht gegeven van de maximale afstand die door een afbrekend rotorblad van een driebladige windturbine tijdens een overtoeren-situatie kan overbrugd worden (= maximale werpafstand). De maximale werpafstand is erg afhankelijk van het type turbine en wordt o.a. bepaald door de diameter van de turbine, het rotortoerental en de ashoogte. Voor de meest voorkomende 3-bladige turbines tussen de 500 kW en 3000 KW zijn de maximale werpafstanden 300 tot 450 m (zie onderstaande tabel voor een kustlocatie).

In principe wordt een dergelijk risico gedekt door de veiligheidsmarge van 500 m voor schepen rondom het windturbinepark met 3 MW turbines (alternatieve variant). Er zijn geen gegevens voor de basisvariant van 5 MW in deze tabel, maar gezien de eerder beperkte (niet-lineaire) stijging in maximale werpafstand tussen resp. 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat de veiligheidsmarge van 500 m ook voldoende zal zijn voor de 5 MW windturbines.

Tabel 4.9.2: Maximale werpafstand (in m) van afbrekende bladen bij driebladige windturbines tijdens een overtoeren-situatie (kustlocatie)

Type turbine	*WT500*	*WT750*	*WT1000*	*WT1250*	*WT1500*	*WT1750*	*WT2000*	*WT2250*	*WT2500*	*WT3000*
Vermogen (W)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	3000
Maximale werp-afstand bij 2 keer nominaal toerental	387	401	412	419	425	429	432	435	436	436

LEKKEN VAN VLOEISTOFFEN

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbine en het transformatorplatform. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse (dubbele) afdichtingen, opvangsystemen (bakken, randen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties. Uitgaande van het gegeven dat deze afdichtingen, opvangsystemen goed functioneren en een goed (gecertificeerd) ontwerp, zal er dus geen milieueffect zijn. Meer informatie wordt gegeven in 2.3.1.7 en 2.3.3.

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 van aanwezige oliën en vetten in de turbine bedragen ca. 174 kg vetten en 1083 liter per turbine.
Het transformatorstation wordt ook voorzien van een dieselgeneratorset en een tank met een voorraad dieselbrandstof voor enkele weken (circa 10 m^3). Het platform is voorzien van een lekbak, waarin transformatorolie en/of dieselolie zonodig kunnen worden opgevangen.

Voor een beschrijving van de risico's en effecten door aanvaring / aandrijving van windturbines door schepen wordt verwezen naar 4.9.2.

LEKKEN VAN GASSEN

In het windpark kunnen brandblussystemen op basis van CO_2 en argoniet (hoogspanningsstation) worden toegepast. Beide gassen hebben een verstikkende werking, waardoor het vuur dooft. De gassen zijn echter niet giftig bij uitstroom in de open lucht.

ANDERE RISICO'S

Brand

Een ander risico voor het milieu is brand. Brand in een turbine of op het transformator platform kan aanleiding geven tot het vrijstellen van toxische of milieuschadelijke stoffen. Vandaar dat zowel de producent van de turbines als de leverancier van het transformator platform opteert voor brandbestrijdingssystemen met een minimale milieubelasting.

De windturbine is voorzien van een automatisch brandbeveiligingssysteem: rook en koolmonoxide sensoren in de gondel, schakelkasten en de transformatorruimte, automatische blusinrichtingen voor

mechanische en elektrische componenten, CO_2 en ABC blusapparaten voor handmatige brandbestrijding in de mast en de gondel.

Het transformatorplatform is voorzien van een blussysteem dat geschikt is voor het type branden dat hier voor kan komen. Dit zijn met name branden met een elektrische oorzaak. Mogelijk wordt voor het offshore station een automatisch blussysteem op basis van argoniet voorzien. Omdat de blusfunctie bereikt wordt door verstikking van het vuur is dit systeem goed geschikt voor elektrische installaties.

Blikseminslag, ijsworp, wiekbreuk

Blikseminslag op zich heeft geen gevolgen voor het milieu, indien het niet tot brand leidt. Er is een geïntegreerd concept voor bescherming tegen blikseminslag voorzien: inwendig en aan de buitenzijde (meervoudige receptoren in de rotorbladen, bescherming van de lagers en overspanningsbeveiliging van het elektrische systeem).

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 milieu eisen op land verwerkt of gestort.

Aangezien in, en in de onmiddellijke omgeving van, het windturbinepark 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.

4.9.1.3 Leemten in de kennis

Er is nog onvoldoende informatie over frequenties waarmee falen in de vorm van afbreken van rotorbladen voorkomt bij installaties in het marien milieu.

4.9.1.4 Mitigerende maatregelen

Wanneer als gevolg van een defect of ongeval stoffen of materialen in zee geraken 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 milieu eisen.

4.9.1.5 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 windturbinepark.

4.9.2 Scheepvaart

4.9.2.1 Methodologie

De effecten voor en door de scheepvaart zijn bepaald in een deelstudie door MARIN (mei 2007). Het volledige rapport bevindt zich in Bijlage. De belangrijkste conclusies worden hier kort herhaald.

In de studie van MARIN (2007) worden de effecten voor en door de scheepvaart voor twee inrichtingsvarianten van het windmolenpark Bligh Bank bepaald waarbij de effecten als volgt worden gekwantificeerd:

- de kans op een aanvaring/aandrijving van een windmolen per jaar.
- de milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een windmolen.
- persoonlijk letsel in termen van het verwachte aantal doden als gevolg van een aanvaring met een windmolen.
- het schatten van de effecten voor de scheepvaart door het windpark, buiten de locatie van het park.

SAMSON-MODEL VOOR HET VOORSPELLEN VAN EFFECTEN

Voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart wordt gebruik gemaakt van het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea). Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen (MARIN, 2007). Om het effect van het windpark te kwantificeren op de locatie van het windpark wordt het aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar bepaald, hiervoor worden volgende modellen gebruikt:

- Contact met een vast object (windturbine):
  - als gevolg van een navigatie fout (ramming);
  - als gevolg van een motorstoring (drifting).

Om het effect van het windpark voor de scheepvaart buiten de windparklocatie te schatten, wordt het risiconiveau met en zonder het windpark vergeleken. Om het "algemene" risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- schip-schip aanvaringen;
- contact met een vast object:
  - als gevolg van een navigatiefout (ramming);
  - als gevolg van een motorstoring (drifting).

SCHEEPVAARTVERKEER ALS INPUT VOOR HET MODEL

Om de effecten van het windpark op de scheepvaart (routegebonden R-schepen en niet-routegebonden N-schepen) te kunnen berekenen moet de nieuwe afwikkeling van het scheepvaartverkeer voor de situatie met het windpark in SAMSON gemodelleerd worden. Er werd daarom een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt, waarin het veranderde vaarpatroon is ingebracht. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen van SAMSON toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het windpark voor de scheepvaart.

De nieuwe verkeersdatabase is voor routegebonden verkeer gebaseerd op AIS (Automatic Identification System, zie ook 4.9.3) gegevens van de Nederlandse Kustwacht uit 2005 en 2006 waardoor het mogelijk is om het verkeer rond de locatie van het windpark in kaart te brengen. Vergelijking van de scheepvaartverkeersgegevens en -route met de RAMA-studie (Le Roy et al., 2006) toont aan dat de resultaten van AIS grotendeels overeenkomen met de resultaten van RAMA, behalve dat de het concessiegebied op de Bligh bank juist ten oosten blijft van de ferry route. De beperkte verschillen zijn te wijten aan het feit dat in de RAMA studie de informatie gebaseerd was op informatie verkregen uit IVS-SRK en van ferryoperators, en niet op AIS-gegevens. Een voorbeeld van het routegebonden verkeer via AIS-gegevens is gegeven in Figuur 4.9.1.

Figuur 4.9.1: AIS-gegevens van 1 week in 2005 nabij de locatie van Bligh Bank

De nieuwe verkeersdatabase voor niet-routegebonden verkeer (veelal vissers) kan niet via AIS-gegevens bepaald worden, aangezien niet-routegebonden schepen (nog) niet verplicht zijn een AIS-transponder

aan boord te hebben. Daarom wordt voor niet-routegebonden verkeer gebruik gemaakt van gemiddelde dichtheidsgegevens uit Verkeers Onderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONOVI) uit de periode 1999 – 2001 (meest recente gegevens volgens MARIN, 2007; zie ook Figuur 4.9.2).

Figuur 4.9.2: Niet-routegebonden verkeer in 1999-2001 op de locatie van Bligh Bank (uit VONOVI)

GEVOLGSCHADE

Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan het schip, schade aan de windturbine, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de aanvaring/aandrijving.

Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, scheepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de energie welke maximaal aanwezig is in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met elkaar of een object komen. Uitgangspunt is dat de volledige energie gedissipeerd wordt in de botsing. De aanwezige energie in varende of driftende schepen is voor deze studie ook bepaald en gepresenteerd per scheepstype met de daarbij behorende kansen van optreden.

Voor meer informatie m.b.t. de gebruikte methodologie voor de gevolgschade wordt verwezen naar de studie van MARIN (2007). Het is evenwel belangrijk om te vermelden dat voor het bepalen van de schade aan het schip, en zodoende ook de kans op een uitstroom van olie gebruik is gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Near Shore Windpark, welke algemeen geldig is voor een monopaalconstructie. Bij het opstellen van deze matrix is een "worst case" benadering toegepast.

4.9.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Het gecombineerde resultaat van Figuur 4.9.1 en Figuur 4.9.2 dat uiteindelijk gebruikt wordt als verkeersdatabase voor de verdere berekeningen, wordt gegeven in Figuur 4.9.3. Hierbij werd de locatie van Bligh bank nog niet vrij gemaakt. Op deze figuur zijn twee gebieden getekend. Het binnenste gebied is getrokken over de buitenste turbines van de 3 MW-variant. Het buitenste gebied is zodanig samengesteld dat de scheepvaartroutes buiten dit gebied moeten blijven, waardoor deze schepen op de centerlijn de windturbines op minimaal 1 nm (nautische mijl of 1,852 km) passeren.

Figuur 4.9.3: Verkeersbeeld bij windparklocatie Bligh Bank in de huidige situatie

In de paragraaf "effecten voor scheepvaartverkeer" (p. 213) wordt de volgende informatie voor de referentiesituatie gegeven:

- per scheepstype wordt het gemiddeld aantal aanwezige schepen in de EEZ gegeven;
- Veiligheid:
  - het aantal schepen (routegebonden en niet-routegebonden) dat per jaar betrokken is bij een aanvaring tussen schepen;
  - het aantal strandingen per jaar als gevolg van een navigatiefout;
  - het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften);
  - het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt;
  - het verwachte aantal incidenten per jaar dat er door externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen;

- het totaal aantal ongevallen per jaar;
- economisch effect: totale kosten voor alle afgelegde zeemijlen per jaar.

4.9.2.3 Effecten

Aangezien er geen normen bestaan waaraan moet worden voldaan, kunnen geen harde conclusies worden getrokken. Om deze reden worden de resultaten benoemd en worden de uitstroomfrequenties gerelateerd aan de kans op een uitstroom tengevolge van een aanvaring in de Belgische EEZ (= 0,032 is eens in de 31 jaar, zie ook paragraaf "Gevolgschade voor het milieu").

CONSTRUCTIEFASE

Tijdens de constructiefase zal er bijkomend scheepvaartverkeer zijn tussen de werf en de projectsite. Het extra aantal vaaruren tijdens de bouw en bij de ontmanteling zijn bepaald en weergegeven in Tabel 4.9.3. Het werkverkeer bij de bouw van het windpark geeft een risicoverhoging. Het verhoogde risico geldt voor een periode van twee jaar tijdens de bouw.

Tabel 4.9.3: Bepaling van het extra risico tijdens de bouw en ontma nteling als % van het totaal aantal incidenten in de Belgische Exclusieve Economische Zone (BEEZ)

Fase	*Parameter*	*5 MW*	*3 MW*
constructiefase	vaaruren over twee jaar	7380	10580
	toename gemiddeld aanwezige schepen	0,42	0,60
	toename als % aantal schepen in de BEEZ	1,0%	1,5%
	toename aantal aanvaringen tussen schepen in de BEEZ	2,0%	2,9%
	toename andere type ongevallen	1,0%	1,5%
ontmantelingsfase	vaaruren over twee jaar	4309	5705
	toename gemiddeld aanwezige schepen	0,25	0,33
	toename als % aantal schepen in de BEEZ	0,6%	0,8%
	toename aantal aanvaringen tussen schepen in de BEEZ	1,2%	1,6%
	toename andere type ongevallen	0,6%	0,8%

De maximale verhoogde kans op een aanvaring tussen twee schepen bedraagt 2,9% voor de bouw van het 3 MW windpark, dit betekent een extra kans van 0,019 per jaar. De toename van het risico, en dus de kans op milieuschade is maximaal bij de bouw van de 3 MW (nl. 2,9% in vergelijking met 2,0 % bij 5 MW), maar is veel kleiner dan het extra risico op milieuschade van 9,8% per jaar voor het 3 MW windmolenpark (zie paragraaf "Gevolgschade voor het milieu") door een aanvaring/aandrijving met een windturbine.

EXPLOITATIEFASE

Effecten voor scheepvaartverkeer

Het windpark heeft twee effecten op de veiligheid van het scheepvaartverkeer, namelijk:

- direct doordat de windturbines objecten zijn waar een schip tegen aan kan varen of driften;
- indirect doordat de schepen anders en/of meer geconcentreerd op bepaalde routes gaan varen.

Directe effecten

Door de aanwezigheid van het windpark is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt voor 2004 waarbij de windparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (figuur 4.9.4). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

Figuur 4.9.4: Verkeersbeeld bij windparklocatie Bligh Bank in de mogelijke toekomstige situatie, vrijgemaakt van scheepvaartverkeer

De kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine per jaar is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten. Tabel 4.9.4 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar gesommeerd over alle windturbines (en high voltage stations) in het windpark Bligh Bank. De basis variant met de 5 MW turbines geeft het kleinste risico (0,041 of eens om de ca. 24 jaar), aangezien deze variant minder turbines bevat. Dit in tegenstelling tot de variant van 3 MW, met een aanvaring / aandrijving eens om de ca. 14 jaar.

Tabel 4.9.4: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)

Bligh Bank	*Opper-vlakte [km²]*	*Aantal turbines*	*Aantal aanvaringen (rammen) per jaar*		*Aantal aandrijvingen (driften) per jaar*		*Totaal aantal per jaar*
Inrichtingsvariant			*R-schepen*	*N-schepen*	*R-schepen*	*N-schepen*	
Basis: 5 MW	30,53	66	0,004	0,008	0,026	0,003	0,041
Variant: 3 MW	32,79	110	0,008	0,013	0,043	0,005	0,069

In Tabel 4.9.5 wordt de aanvaar/aandrijfkans gegeven per verwachte energieopbrengst van de variant in MWh (voor beide windparken). Op basis van deze tabel is er een voorkeur voor de 5 MW turbines, waarvoor het risico per MWh op 53% ligt van het risico bij gebruik van de 3 MW turbines.

Tabel 4.9.5: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)

Inrichtingsvariant	*Energie opbrengst [MWh]*	*Aantal turbines*	*Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / MWh*		*Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / MWh*		*Totaal per jaar / MWh*
			R-schepen	*N-schepen*	*R-schepen*	*N-schepen*	
Basis: 5 MW	1282400	66	3,42E-09	6,39E-09	2,01E-08	2,29E-09	3,22E-08
Variant: 3 MW	1129600	110	7,46E-09	1,17E-08	3,78E-08	4,32E-09	6,13E-08

Ter vergelijking worden ook nog cijfers aangehaald van de risico-inschatting van aanvaring van een turbine door een schip in andere MER's van windturbineparken (uit MER C-power). Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel. Bij de interpretatie van deze cijfers dient enige voorzichtigheid gehanteerd te worden aangezien niet voor alle projecten dezelfde methodologie werd gehanteerd.

Vergelijking van Tabel 4.9.5 en Tabel 4.9.6 toont aan dat het bekomen risico voor het windturbinepark op de Bligh Bank (rekening houdende met alle scheepvaartverkeer) eerder gesitueerd is aan de lage

kant. De risico-inschatting bij de locatie Borkum West is in dezelfde grootte-orde. Enkel voor de Thorntonbank en Bürger Butendiek wordt een lager risico ingeschat (10 tot 100 keer lager). Voor alle andere locaties werd een hoger risico berekend.

Tabel 4.9.6: Risico-inschatting (o.b.v. van verschillende methodologie) van aanvaringen van windturbines door een schip in andere MER's

Locatie / MER	*Kans op een aanvaring tussen een schip en een turbine*
Horns Rev	0,337/jaar (alle vaartuigen) 0,046/jaar (zonder de vissersvaartuigen)
Rødsand	0,180/jaar
Zandvoort Oost	0,174/jaar
Seanergy	0,150/jaar
Ijmuiden Oost	0,134/jaar
Borkum west	0,053/jaar
Thorntonbank (C-power)	0,0050/jaar (gesplitste opstelling) 0,0054/jaar (gegroepeerd)
Offshore Bürger Butendiek	0,0004/jaar

Indirecte effecten

Tabel 4.9.7 geeft het effect van het windpark op de scheepvaartongevallen buiten het windpark, door de verandering van de vaarroutes. De algemene uitleg over de omschrijving van de verschillende parameters wordt in 4.9.2.2 gegeven.

De tabel toont dat het effect verwaarloosbaar is en vertoont vooral negatieve effecten, dus een lager risico. Dit komt omdat door het windpark minder zeemijlen in de Belgische EEZ worden afgelegd, maar meer zeemijlen in de Nederlandse en UK EEZ (zie ook verder). Het is daarom niet correct om het effect op incidenten die gerelateerd zijn aan nautische mijlen, zoals zinken, gat in scheepshuid en brand/explosie, mee te nemen. Ter indicatie is de kans op deze incidenten voor routegebonden schepen overgenomen uit een eerdere studie (in tabel aangeduid met *).

Tabel 4.9.7: Scoretabel voor de effecten van het windpark Bligh Bank voor de scheepvaart

Omschrijving parameters	*Eenheid*	*Referentie-situatie in BEEZ*	*Resultaat voor BEEZ na aanpassing van het verkeer bij Bligh Bank*	*Relatieve effect van het windpark*
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's (Ore, bulk, Oil schepen)	Aantal	0,147	0,147	0,00%
Chemicaliën tankers	Aantal	3,219	3,219	0,00%
Olietankers	Aantal	1,450	1,448	-0,14%

Omschrijving parameters	*Eenheid*	*Referentie-situatie in BEEZ*	*Resultaat voor BEEZ na aanpassing van het verkeer bij Bligh Bank*	*Relatieve effect van het windpark*
Gas tankers	Aantal	1,154	1,152	-0,17%
Bulkers	Aantal	2,565	2,565	0,00%
Unitised	Aantal	5,304	5,173	-2,47%
General Dry Cargo	Aantal	10,654	10,650	-0,04%
Passagiersschepen + conv. ferries	Aantal	1,357	1,314	-3,17%
High Speed Ferries	Aantal	0,003	0,003	0,00%
Overige	Aantal	1,112	1,110	-0,18%
Totaal routegebonden	Aantal	26,965	26,781	-0,68%
Totaal niet routebonden	Aantal	14,626	14,626	0,00%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	1,308	1,307	-0,09%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	0,829	0,829	0,01%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	0,251	0,251	-0,04%
Zinken	aantal/jaar		0,059	
Gat in scheepshuid (*)	aantal/jaar		0,110	
Brand/explosie (*)	aantal/jaar		0,188	
Totaal (*)	aantal/jaar		2,744	
Economisch effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	Mil.EUR/jaar	260,890	259,180	-0,66%

Het aantal aanwezige schepen in de Belgische EEZ zal door de aanwezigheid van Bligh Bank afnemen, daarentegen zal het aantal aanwezige schepen in de Nederlandse EEZ toenemen met zo'n 0,2%. Deze verschuiving van de Belgische EEZ naar de Nederlandse EEZ is ook zichtbaar bij het aantal schepen betrokken bij een ongeval en de kosten voor de afgelegde zeemijlen. In totaal zal het aantal aanwezige schepen door de aanwezigheid van Bligh Bank toenemen met 0,06% in beide EEZ's samen. Ook zal een gering effect waarneembaar zijn in de EEZ van de UK. In Figuur 4.9.5 is het absolute verschil weergegeven van het gemiddeld aantal aanwezige routegebonden schepen per gridcel (aantallen met Bligh Bank – aantallen zonder Bligh Bank).

Figuur 4.9.5: Absolute effect van het windpark Bligh Bank op het gemiddeld aantal aanwezige schepen op de verschillende EEZ's

Gevolgschade aan het schip

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 frequentie van ieder type schade aan ieder type schip is gegeven in de appendix van de studie van MARIN. De groep container met RoRo schepen geeft de grootste kans op schade.

Bij een aanvaring is de schade aan het schip groot, maar blijft deze beperkt tot de voorzijde van het schip, waardoor de kans op een uitstroom van lading zeer klein is. De kans op een aanvaring/aandrijving wordt eens in de 24 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 14 jaar voor de 3 MW variant (zie Tabel 4.9.4 voor een uitsplitsing van de incidenten).

Zoals vermeld onder 4.9.2.1, werd voor het bepalen van de schade aan het schip gebruik gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Near Shore Windpark, welke algemeen geldig is voor een monopaalconstructie. Bij het opstellen van deze matrix is een "worst case" benadering toegepast. Voor andere type funderingen kunnen de kansen anders liggen, omdat het gaat om de verhouding tussen knikken of schanieren. Voor de gravitatie fundering blijven de aanvaar- en aandrijfkansen vrijwel gelijk. Bij de vakwerk fundering zal de aanvaarkans vanwege de afmetingen meer toenemen dan de aandrijfkans, omdat bij de aanvaarkans de scheepsbreedte plus de breedte van de windturbine maatgevend is en bij een aandrijving de scheepslengte plus de breedte van de windturbine.

Gezien de worst case benadering bij aandrijvingen (zie paragraaf "effecten voor scheepvaartverkeer"), welke het grootste deel van het risico oplevert, zijn de geleverde kansen op uitstromingen ook goed te gebruiken voor de andere funderingen (zie paragraaf "Gevolgschade voor het milieu").

Gevolgschade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier typen onderscheiden: geen schade, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen. Uit de studie van MARIN (2007) blijkt dat in ruim 25% van de gevallen de aanvaring/aandrijving niet tot schade van de windturbine leidt, omdat het veroorzakende schip klein is. Dit betekent dus dat voor ca. 75% van de gevallen de aanvaring/aandrijving wel tot schade leidt.

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". Uit de studie van MARIN (2007) volgt dat de aanvaringen/aandrijvingen in de lagere energieniveau's voornamelijk veroorzaakt worden door niet-routegebonden verkeer en in de hogere energie niveaus vooral door aanvaringen door routegebonden schepen.

Gevolgschade voor het milieu

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden, bunkerolie en ladingolie. Uit de studie van MARIN (2007) blijkt dat:

- bij een aandrijving een ladingtank of bunkertank lek kan raken en een uitstroom van lading- of bunkerolie veroorzaken; dit wordt eens in de 531 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 322 jaar voor de 3 MW variant (zie Tabel 4.9.8).
- er een gemiddelde uitstroom van ladingolie van ca 3,4 m^3 ieder jaar verwacht wordt, of anders gezegd een milieubelasting door een uitstroom van 6426 m^3 eens in de 1890 jaar voor de 5 MW variant (zie Tabel 4.9.9). Voor de 3 MW treedt er sneller een uitstroming op (eens op 1150 jaar), waarbij in dezelfde grootte-orde een volume olie uitstroomt.

- Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ toegenomen met 5,9% voor de basisvariant 5 MW, en met 9,8 % voor de 3 MW. Dit zijn redelijk hoge percentages omdat de uitstroomkans wordt afgezet tegen de kans op een uitstroom in de Belgische EEZ en deze vanwege de verkeersafwikkeling door de verkeersscheidingsstelsels en de afmetingen van de EEZ relatief klein is. Daarom werden ook de uitstroomfrequenties per MWh bepaald (zie Tabel 4.9.10), die beter te vergelijken zijn met resultaten van risicoberekeningen voor andere parken. De kans op een aanvaring/aandrijving van het windpark per MWh is over het algemeen kleiner dan voor de meeste windparken in de Nederlandse EEZ die MARIN heeft bepaald.

Het bekomen risico voor gevolgschade voor het milieu (zie Tabel 4.9.8) is een factor 10 (3 MW) tot 17 (5 MW) kleiner dan wat door BMM beschouwd is als aanvaardbaar risico (3 incidenten met milieuvervuiling per 100 jaar, of eens om de ca. 30 jaar, zie ook MER C-Power), en betekent dus een kleine verhoging daarvan.

Ter vergelijking: een uitstroom van bunkerolie in de Nederlandse EEZ wordt ca. eens om de 4 jaar verwacht, met een gemiddeld volume van 54 m³/jaar. Dit is beduidend sneller (uitstroomfrequentie ca. factor 10 verschillend) en hoger (volume ca. factor 9 verschillend) dan wat in de Belgische Zee verwacht wordt (MARIN & AVV, 2007).

Tabel 4.9.8: Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie

Variant Bligh Bank	*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*
Basis: 5 MW	0,001353	739	0,766	0,000529	1891	3,446	531
Variant: 3 MW	0,00224	446	1,266	0,000867	1153	5,637	322
Belgische EEZ (*)	0,023553	42	6,1	0,00828	121	164,2	31

(*) Alleen uitstroom van (bunker)olie als gevolg van aanvaringen tussen schepen onderling.

Tabel 4.9.9: Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als % van de uitstroom in de EEZ

Variant Bligh Bank	*Bunkerolie*		*Ladingolie*	
	Frequentie	*Gemiddelde uitstroom per jaar in m³*	*Frequentie*	*Gemiddelde uitstroom per jaar in m³*
Basis: 5 MW	5,74%	12,52%	6,39%	2,10%
Variant: 3 MW	9,51%	20,69%	10,47%	3,43%
Belgische EEZ	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabel 4.9.10: De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh

Variant Bligh Bank	*Energie-opbrengst [MWh]*	*Bunkerolie*		*Ladingolie*	
		Frequentie per MWh	*Gemiddelde uitstroom per jaar in m³ per MWh*	*Frequentie per MWh*	*Gemiddelde uitstroom per jaar in m³ per MWh*
Basis: 5 MW	1282400	1,06E-09	5,97E-07	4,13E-10	2,69E-06
Variant: 3 MW	1129600	1,98E-09	1,12E-06	7,68E-10	4,99E-06

Naast de uitstroom van olie is ook de uitstroom van chemicaliën een 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 de studie van MARIN (2007) worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico. De uitstroom van chemicaliën geeft hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

Zoals reeds vermeld onder de paragraaf "Gevolgschade aan het schip" geven aandrijvingen het grootste deel van het risico (zie paragraaf "effecten voor scheepvaartverkeer") en zijn de geleverde kansen op uitstromingen bij monopaal funderingen ook goed te gebruiken voor de andere funderingen. Echter de uitkomsten zijn duidelijk worst case voor de monopaal en minder worst case voor het vakwerk, aangezien bij een vakwerk de kans op een gat groter zal zijn dan bij een aanvaringsvriendelijke ronde monopaal. Bij de gravitatie fundering is het ook mogelijk dat een dieper stekend schip de opstaande randen van de fundering raakt en hierdoor lek raakt.

Gevolgschade: persoonlijk letsel

Persoonlijk letstel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. In de studie van MARIN is een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast; alsook van het groepsrisico. Bij het groepsrisico is de kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers gegeven. 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.

Bij de basis 5 MW inrichtingsvariant is de kans op meer dan 10 doden gelijk aan 1/25704 per jaar. Het windpark heeft een lengte van ongeveer 10 km (lengte van twee aangrenzende zijden van het windpark), dus per km vaarweg is de kans van 3.9 10-6. 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 de 5 MW is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets groter, namelijk 17,3 dodelijke slachtoffers tegenover 12,5 voor de 3 MW turbines. Dit verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de 5 MW turbine groter is en dus een groter oppervlakte beslaat wanneer de turbine op het dek valt.

De kans op persoonlijk letsel is dus uitermate gering. Via een sterke worst case benadering is bepaald dat ruimschoots aan de oriënterende waarde (echte norm bestaat niet) voor het externe risico (individueel en groepsrisico) wordt voldaan (MARIN, 2007).

ONTMANTELINGSFASE

Tijdens de ontmantelingsfase zal er bijkomend scheepvaartverkeer zijn tussen de werf en de projectsite. Het werkverkeer bij de ontmanteling van het windpark geeft een risicoverhoging (zie ook Tabel 4.9.3 bij constructiefase). Het verhoogde risico geldt voor een periode van twee jaar tijdens de ontmanteling. Tijdens de ontmanteling neemt het aanvaringsrisico toe met 1,2% voor de 5 MW basis en 1,6% voor de 3 MW variant. Dit risico is evenwel lager dan het aanvaringsrisico in de constructiefase.

KABELS

Er wordt geen verschil verwacht voor het leggen van de kabels in het park in vergelijking met de rest van de constructiefase.

Wat betreft het leggen van de kabels vanaf het transformatorplatform tot de kust is de situatie enigszins anders. Tijdens het leggen van de kabels worden er werkzaamheden uitgevoerd waarbij de vaargeulen gekruist moeten worden. Zoals reeds besproken in de andere disciplines zullen de verstoringen en dus de risico's slechts binnen een korte periode optreden, en zullen de negatieve effecten onbestaande tot

beperkt zijn. De nodige regulering voor het aangeven van deze activiteiten zal strikt nageleefd worden en zo wordt het risico ook geminimaliseerd.

CONCLUSIES

Het indirecte effect van het windpark op de veiligheid van het scheepvaartverkeer is verwaarloosbaar vergeleken met het directe effect. Het aantal incidenten verandert nauwelijks, mede doordat incidenten door het windpark gedeeltelijk 'verplaatsen' van de Belgische EEZ naar de Nederlandse EEZ.

Het directe effect is veel groter. De kans op een uitstroom van olie na een incident neemt met in de EEZ toe met 5,9% voor de 5 MW basis en met 9,8% voor de 3 MW variant. Deze percentages zijn ten opzichte van de kans op een uitstroom van olie na een aanvaring in de Belgische EEZ. 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 lager zijn dan voorspeld.

Tabel 4.9.4 is het meest illustratief voor het verschil tussen de varianten. De basisvariant met de 5 MW turbines is het meest gunstig. Om een zo hoog mogelijk rendement per oppervlakte te behalen is een inrichting met zoveel mogelijk 5 MW turbines het meest aantrekkelijk. Voor een vergelijking tussen de windparken kan de absolute veiligheid of de veiligheid per MWh voor Bligh Bank vergeleken worden met die van andere locaties (met behulp van Tabel 4.9.5). Algemeen geldt dat een groter vermogen per windturbine gunstiger is.

De berekende risico's zijn voor Bligh Bank over het algemeen lager dan die berekend voor de Nederlandse windparken. Dit zal blijken wanneer de Nederlandse veiligheidsstudies openbaar gemaakt worden (MARIN, 2007).

4.9.2.4 Leemten in de kennis

De schade aan het schip en de windturbine is afhankelijk van de bezwijkvorm (knikken of scharnieren) van de windturbine bij een aanvaring/aandrijving. Welke van deze bezwijkvormen optreedt, is alleen op basis van een dynamische berekening vast te stellen. Daarom hebben experts op basis van hun onderzoek de frequentie van voorkomen geschat voor de verschillende bezwijkvormen. Daar waar de effecten nog niet zijn in te schatten heeft men voor een conservatief standpunt gekozen. Wat in werkelijkheid gebeurt, hangt van veel constructiewaarden en omgevingsfactoren af. Voor de nu uitgevoerde berekeningen wordt aangenomen dat de mast met gondel altijd op het schip valt ingeval van knikken (MARIN, 2007).

Voor het bepalen van de milieuschade (door uitstroom) en het persoonlijk letsel is uitgegaan van een aantal worst case benaderingen, aangezien bepaalde gegevens niet bekend zijn:

- de kans dat de mast op het schip valt of dat de mast van het schip af valt, is niet bekend.
- er wordt vanuit gegaan dat de mast geheel op het schip valt. Bij het schampen zal echter de mast vaak schuin over het dek kantelen en hierbij slechts geringe schade aanrichten.
- er wordt vanuit gegaan dat het oppervlak van de mast inclusief het volledige rotorblad wordt genomen, dus alsof de windturbine al draaiend intact op het dek valt.
- praktijkgegevens met betrekking tot olie-uitstroom zijn niet bekend.
- er wordt vanuit gegaan dat de kans dat een persoon zich ergens aan dek bevindt, wordt op ca. 10% geschat. In werkelijkheid is deze kans veel kleiner, aangezien vrijwel alleen bij vissersschepen bemanning aan dek te vinden is, maar deze groep zit vrijwel niet in de groep schepen die de mast doet knikken. Deze 10% bevat ook de mensen die indirect worden getroffen door het doorwerken van de dekschade tot de ruimtes daaronder waarin personen aanwezig zijn.

Het persoonlijk letsel doordat mensen vallen door de klap zelf is niet gemodelleerd, ook niet voor de kleine schepen die frontaal tegen de bescherming van de mast varen waarbij het schip (recreatievaartuig) volledig vernield wordt. Voor deze categorie schepen zijn de kansmodellen ook onbetrouwbaar.

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee, maar voor het aftoetsen van de externe veiligheid (b.v. risico op persoonlijk letsel, groepsrisico) is aansluiting gezocht bij de risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, zoals bepaald in de Nederlands wetgeving.

Problemen op het vlak van scheepvaartveiligheid zijn hoofdzakelijk het gevolg van lakse menselijke houding, menselijke nalatigheid of puur winstbejag. Deze factoren vallen zeer moeilijk in te schatten, maar zijn zekere niet verwaarloosbaar in de analyse. Onopzettelijke menselijk falen werd betrokken in de analyse doch opzettelijke fouten niet.

4.9.2.5 Mitigerende maatregelen

Volgende maatregelen kunnen voorgesteld worden:

- Een eerste maatregel die zeker uitgevoerd wordt, is de veiligheidszone van 500 m rond het windmolenpark, waarin er b.v. geen scheepvaart toegelaten is.
- Het is belangrijk dat er van het begin af aan pogingen worden ondernomen om een procedure uit te werken voor het verkeer van en naar de site, zodat de kans op een aanvaring miniem wordt.
- Een pasklaar rampenplan moet opgesteld worden voor incidenten met een windmolen en voor olievervuiling in de nabijheid van het windturbinepark.
- Het windpark zal zijn voorzien van navigatieverlichting en van radarreflectoren, waarmee gestreefd wordt naar een goede zichtbaarheid en herkenbaarheid voor het scheepvaartverkeer.
- De mogelijkheid van bewaking van het scheepvaartverkeer rond het windturbinepark, met adequate waarschuwingsprotocols en/of wettelijke bepalingen kan resulteren in een verhoogde veiligheid.
- De mogelijkheid om van bij de start het onderhoudsschip als een multifunctioneel schip op te vatten biedt aan aantal bijkomende mogelijkheden om de veiligheid te verhogen. Mogelijke bijkomende functionaliteiten zijn: slepersfunctie, brandbestrijding, oliebestrijding, etc.

Volgende maatregelen worden voorgesteld in de studie van MARIN:

<u>Gebruik van AIS (Automatic Identification System)</u>

Sinds 1 januari 2005 hebben alle schepen boven 300 GT (ongeveer 55 m) een AIS-transponder, die de positie van het schip continu uitzendt. In de buurt varende schepen kunnen deze signalen ontvangen en hiermee is de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend.

De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS wordt geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, de veiligheid op zee zal bevorderen. De verwachting is dat daardoor de kans dat een schip tegen een windturbine <u>aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%.</u> Deze reductie volgt uit het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten.

Het is de verwachting dat in de toekomst steeds meer kleinere schepen, waaronder vissers, met een AIS-transponder gaan varen, waardoor het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot wordt.

Door AIS zal de <u>kans op een aandrijving niet veranderen</u>. Een hele kleine (eerder theoretische) reductie wordt verwacht doordat een te hulp geroepen sleepboot de positie van de drifter beter kent en ook doordat men met de AIS-data sneller in staat is de dichtstbijzijnde sleepboot naar de drifter te sturen.

Inzet van De Waker (Nederland) of een andere sleepboot

Door de inzet van een krachtige sleepboot kan een aanzienlijk deel van het aantal aandrijvingen worden voorkomen. Een krachtige sleepboot kan immers drifters op sleep nemen voordat het windpark wordt bereikt. Het effect wordt groter naarmate de sleepboot krachtiger is en dichter bij het windpark ligt. Zelfs De Waker, de Nederlandse sleepboot die voor dit doel bij Den Helder gepositioneerd is, is in staat om 45% van de drifters nog op tijd op te vangen. Dit zijn vooral de drifters uit de hoofdverkeersstromen die lange tijd driften. Deze 45% loopt op tot 70% voor een windpark vlakbij de positie van De Waker bij een windkracht vanaf 5 Beaufort.

België heeft momenteel geen dergelijke sleepboot operationeel. Volgens de informatie van de bevoegde diensten (Belgische Structuur Kustwacht, Ulrike Vanhessche, pers. comm.) zou het de bedoeling zijn om in de toekomst een multifunctioneel schip in te kunnen zetten als sleepboot, voor het bestrijden en beperken olieverontreiniging, etc.

Autonome ontwikkeling uitstroom van olie

Voor het bepalen van de kans op schade aan een schip en een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Near Shore Windpark en algemeen geldig is voor een monopaalconstructie (zie ook en 4.9.2.1 en 4.9.2.3). Bij het opstellen van deze matrix is een "worst case" benadering toegepast. Wanneer nu de kans op een olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zou vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken dan verdient deze schadematrix verdere aandacht.

De volgende kanttekeningen kunnen bij deze modellering worden gemaakt:

- De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan optreden nadat een schip groter dan 1000 GT tegen een windturbine aandrijft en er een gat in de scheepshuid wordt aangenomen. In de praktijk zal de windturbine niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip.
- Het gebruik van een monopaal zonder uitsteeksels (een aanvaringsvriendelijke monopaal) zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een tripod of een monopaal met een platform met andere attributen.
- Bij het bepalen van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers. De praktijk, autonome ontwikkeling, is dat deze enkelwandige olietankers uitgefaseerd worden en worden vervangen door dubbelwandige tankers. De kans dat er een gat in een ladingtank zal ontstaan bij een aandrijving van een windturbine is bij een dubbelwandige tanker kleiner. Dit betoog gaat niet op voor de kans op een uitstroom van bunkerolie omdat de meeste andere schepen niet dubbelwandig zijn uitgevoerd en de brandstoftank dus meestal enkelwandig is uitgevoerd. Dit betekent dat vooral de kans en hoeveelheid uitstroom van ladingolie minder zal zijn dan met het huidige model wordt berekend. De frequentie voor de uitstroom van bunkerolie zal niet veel afnemen.

In studies voor Duitse en Deense windparken wordt door de Germanischer Lloyd AG aangenomen dat iedere aandrijving en aanvaring leidt tot een gat in de scheepshuid met daaruit mogelijk een uitstroom. Det Norkske Veritas veronderstelt alleen een mogelijke uitstroom na een aandrijving, maar laat niet iedere aandrijving tot een uitstroom leiden. Dit lijkt op de aanname zoals in de NSW-schadematrix is verwerkt, waarin iedere aandrijving van een schip boven 1000 GT tot een gat leidt, maar of dit vervolgens ook tot een uitstroom leidt hangt af van waar het schip wordt geraakt, of het een lading of ballasttank betreft en of het schip geladen is.

Door de technische universiteit Hamburg-Harburg zijn er ook berekeningen uitgevoerd waarbij is aangetoond dat er geen gat zal ontstaan in de ladingtank bij een dubbelwandig schip.

Gezien de ontbrekende praktijkgevallen blijft een conservatieve benadering van de olie-uitstroom gewenst. Wel mag geconcludeerd worden dat de uitstroom van ladingolie door de invoering van de dubbelwandige tankers bij aandrijvingen van windturbines beduidend minder kan zijn dan met de huidige worst case NSW-schadematrix wordt berekend.

4.9.2.6 Monitoring

Er wordt geen specifieke milieumonitoring voorgesteld.

4.9.3 Radar en scheepscommunicatie

4.9.3.1 Methodologie

De effecten op radar en scheepscommunicatie zijn bepaald in een deelstudie door Prof. Catrysse (april 2007). Het volledige rapport bevindt zich in Bijlage. De belangrijkste conclusies worden hier kort herhaald.

De studie bevat:

- in hoofdstuk 2: de situering en actuele gegevens (hoofdstuk 2),
- in hoofdstuk 3: de effecten op de radars (frequenties ca. 9 GHz) en marifone installaties (ca. 160 MHz): SRK radarstations, scheepsradar, VHF radiocommunicatie-stations, RDF, DGPS zender in Oostende en AIS;
- in het laatste hoofdstuk een duidelijk overzicht van de belangrijkste conclusies.

4.9.3.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Langsheen de Belgische en het zuidelijke deel van de Nederlandse kust is een keten van kustradars opgesteld, de zogenaamde Schelde Radar Keten (of SRK). Deze radars dienen de overheid te helpen bij het organiseren van het scheepvaartverkeer in het zuidelijke deel van het BDNZ, de Scheldemonding en de zuidelijke Nederlandse mariene kustwateren.

De Bligh Bank bevindt zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland en op zowat 38 km van de radarinstallatie van Zeebrugge (zie Tabel 4.9.11), ongeveer 15 km ten noordwesten van de Thorntonbank en 6 km ten westen van de Bank zonder Naam. Uit de gegevens verstrekt door o.a. SRK blijkt dat er geen belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt in de onmiddellijke omgeving van deze zandbank, alhoewel de zogenaamde West-rond route toch in de buurt ligt. De SRK-havenradar van Zeebrugge kan deze laatste trafiek opvolgen, alhoewel dit niet meer tot het "officiële" observatiedomein van SRK behoort. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt nog noordelijker dan de Bligh Bank, en kan helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK (Catrysse, 2007).

Tabel 4.9.11: Afstand van SRK radarstations tot middelpunt off-shore windturbineparken

Afstand in km tot midden van	*Bligh Bank*	*Thorntonbank*	*Bank zonder Naam*
Oostdijckbank	42,4	45,2	50,9
Oostende	39,6	33,9	42,5
Zeebrugge	38,2	25,4	33,9
Cadzand	50,9	39,6	43,8

Afstand in km tot midden van	*Bligh Bank*	*Thorntonbank*	*Bank zonder Naam*
Vlissingen	56,6	48,1	50,9
Westkapelle	53,7	36,7	39,6
Schouwenbank	53,7	50,9	42,5

Om een en ander duidelijker voor te stellen in het geheel van de problematiek, wordt op Figuur 4.9.6 en Figuur 4.9.7 een overzicht gegeven van (uit Catrysse, 2007):

- geplande off-shore parken op de Bligh Bank, Bank zonder Naam en Thorntonbank (deze worden al allemaal op deze figuur gezet, rekening houdende met de bespreking van de cumulatieve effecten van deze 3 windturbineparken, zie ook hoofdstuk 6);
- ligging van de verschillende SRK radarstations;
- het officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie (paarse lijn);
- werkelijk werkingsgebied van de SRK radarstations (cirkels op Figuur 4.9.7);
- het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven (gele lijn).

Figuur 4.9.6: Overzicht van de inplanting van de radars van de Schelderadarketen met de correcte locatie van het Belwind windpark

Figuur 4.9.7: Overzicht van het bereik van de radars van de Schelderadarketen met de correcte locatie van het Belwind windpark

Voor een gedetailleerde beschrijving van de gegevens qua inplanting, frequenties en vermogens van de radarstations en marifone installaties en systemen wordt verwezen naar de verschillende tabellen in de studie van Catrysse (2007).

Hierbij wordt opgemerkt dat het normale bereik van de SRK radar voor grote schepen zowat 30 à 35 km bedraagt (en maximaal tot 43,2 km kan oplopen bij een volledige reflectie). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge en Oostende. De Bligh Bank valt niet binnen het eigenlijke werkingsgebied VTS-SM (VTS voor Schelde en Mondingen) en VTS-VK (VTS voor Vlaamse Kust): zie appendix 3 van de studie van Catrysse. Desalniettemin wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door de radarstations van Oostende en Westkapelle.
Voor de andere marifone systemen, dient in principe telkens een analyse van het toepassingsgebied gemaakt te worden. Toch kan gesteld worden dat het effectieve bereik van deze installaties op ca. 40 km dient geschat te worden, gegeven de hoogte van de antennemasten en de kromming van de aarde.

De gegevens van de twee off-shore radarstations werden niet in de studie van Catrysse (2007) opgenomen, wegens niet direct relevant voor deze studie, aangezien de afstand tussen radarstation en het windturbinepark van die aard is, dat ze buiten het actieve observatiegebied van de betreffende radarstations vallen. Toch is het radarstation op de Schouwenbank belangrijk, om de scheepvaarttrafiek ten oosten van de windturbineparken te bewaken.

4.9.3.3 Effecten tijdens de exploitatiefase

Volgens Catrysse (2007) blijkt uit voorgaande studies voor SRK dat voor grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen lijkt. Dit komt ondermeer door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaart-omgeving steeds een radiopad beslaan tegen het aardoppervlak. Maar ook dat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere "effectieve radar/radio doorsnede" uitmaken dan de mast zelf. Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen, blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt.

Bovendien kunnen grotere reflecterende voorwerpen de volgende effecten veroorzaken:

- dode zones en verzwakking van het signaal achter het voorwerp. Dit vermindert het normaal bereik van de installatie;
- meervoudige reflecties, waardoor mogelijke meervoudige (foutieve) echo's ontstaan;
- verzadiging van de ontvanger bij sterke reflecties op voorwerpen dichtbij het systeem;
- valse echo's door multi-reflecties op andere voorwerpen (door verstrooiing);
- verlenging van de delay-spread van RF-datacommunicatie (met foutieve ontvangst data).

Deze effecten dienen evenwel gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radio/radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging van de Bligh Bank ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar (Catrysse, 2007).

In de volgende paragrafen worden de effecten op de diverse systemen beknopt besproken. Hierbij wordt meteen rekening gehouden met de ligging van de Bligh Bank, namelijk op een afstand van ongeveer 38 km tegenover Zeebrugge (Catrysse, 2007).

SCHELDERADARKETEN (SRK)

De inplanting van de windturbines op de Bligh Bank, zal de radaropvolging door SRK niet in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor deze Bligh Bank bevindt. Voor het gebied achter de Bligh Bank zullen zich schaduwzones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen. Doch dit gebied situeert zich sowieso op de limiet van bereikbaarheid. Een en ander zal verder afhangen van de realisatie van andere projecten, en de mogelijke inplantingen van windturbineparken. Hiervoor wordt ook verwezen naar het hoofdstuk 5 "Cumulatieve effecten".

Ook dient gesteld te worden dat het type windturbine (5 MW of 3 MW) geen invloed zal hebben op deze situaties.

SCHEEPSRADAR

De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking tot de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot het windturbinepark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

VHF RADIOCOMMUNICATIE-STATIONS

Voor de marifone VHF (very high frequency) communicatie kan gesteld worden dat enkel voor de communicatie op de verre Westrond-noord route en de verre routes enig voorbehoud dient gemaakt te worden. In die zin dat zowel de vrije Fresnel-zones tussen de turbines, als het effect van schaduwing en attenuatie door diffractie net achter de turbines enige invloed kunnen hebben. Maar ook hier dient duidelijk gesteld dat voor het gebied voor de Bligh Bank er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand. En dat dit enkel kan in het gebied achter de Bligh Bank. Ook hier is de werkelijke beperking het bereik van de radio-installaties zelf.

RADIO DIRECTION FINDER (RDF)

Voor de RDF systemen kan met zekerheid gesteld worden dat de invloed eerder minimaal en zelfs marginaal zal zijn, ook voor wat de verre routes betreft, met een maximale fout op de hoekbepaling van 0,5° .

DGPS SYSTEEM

De inplanting van het off-shore windturbinepark zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.

AUTOMATIC INFORMATION SYSTEM (AIS)

AIS is een systeem van automatische informatie vergaring, dat gebruik maakt van de 'normale' marifone VHF kanalen 87b en 88b (rond 162 MHz) met een digitale vorm van datatransmissie. Uit de studie van Catrysse blijkt dat aan de voorwaarden voor de delay-spread voor het AIS systeem wordt voldaan, en dat de inplanting van het off-shore windturbinepark op de Bligh Bank dus geen invloed zal hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem.

BESLUITEN

Volgens Catrysse (2007) kan algemeen gesteld worden dat de realisatie en inplanting van een off-shore windturbinepark op de Bligh Bank geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet.

4.9.3.4 Mitigerende maatregelen

Er dient op gewezen te worden dat de bewaking van het windturbinepark zelf in de studie van Catrysse (2007) niet aan bod gekomen is. Wanneer dit noodzakelijk wordt geacht, zou met een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte, ook het scheepvaartverkeer ten noordwesten van de Bligh Bank kunnen worden bewaakt.

Het is echter evident dat een dergelijke extra radarinstallatie meteen de mogelijke andere off-shore windturbineparken zou moeten "bedienen" (zie ook hoofdstuk 5 "Cumulatieve effecten")

4.9.3.5 Monitoring

Er wordt geen specifieke milieumonitoring voorgesteld.

4.9.4 Olieverontreiniging

4.9.4.1 Methodologie

Voor de bespreking van de olieverontreiniging zijn verschillende aspecten in ogenschouw genomen.

Voor de bespreking van de referentiesituatie wordt kort besproken wat gekend is van olievervuilingen op het BDNZ, voornamelijk op basis van gegevens van het toezichtprogramma op de Noordzee vanuit de lucht. Daarnaast is ook gebruikt gemaakt van beschikbare literatuur.

Voor de bespreking van de effecten van een olieverontreiniging zijn op de Thorntonbank studies uitgevoerd door WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003). Zij hebben op basis van modellen van

de hydrodynamica van de Noordzee en modellen van olieverspreiding (Part 3D Delft) de verspreiding van een olielozing gesimuleerd. Voor de beschrijving van de methodologie verwijzen we naar Kleissen (2003).

De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden op basis van deze studie zullen hieronder besproken worden. De analyse van WL Delft Hydraulics vormt de basis voor een ecotoxicologische analyse van de effecten van de aanwezigheid van de olie op fauna.

4.9.4.2 Referentiesituatie

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. Voor het doel van dit MER wordt aangenomen dat er geen lozing zal plaatsvinden. De interne regelingen en controle worden verondersteld afdoende te zijn.
Aan de andere kant moeten we tot de conclusie komen dat illegale olieverontreinigers een groot aandeel blijven houden in de olievervuiling in de Noordzee (zie bijvoorbeeld Ospar Commissie, 2000).

Olievervuiling als gevolg van dit project kan op twee manieren optreden. De eerste mogelijke oorzaak is een incident met een windturbine of een incident op het transformatorplatform, met als resultaat het lekken van olie of olieachtige smeermiddelen.
De tweede mogelijk oorzaak van olievervuiling is een onvoorzien verlies van olieachtige substanties van een schip. Dit kan gebeuren met schepen die betrokken zijn bij de werkzaamheden rond het project in de bouwfase, de bekabeling of tijdens het onderhoud of de ontmanteling. Een onvoorzien verlies van olieachtige substanties kan ook het gevolg zijn van een incident of ongeval met schepen die geen verband houden met het project.

Een onvoorzien verlies van olie uit schepen kan verscheidene oorzaken hebben:

- een aanvaring tussen twee schepen;
- schepen die botsen (door een navigatiefout, onachtzaamheid of een technische storing) met een stilstaand obstakel (een turbine of een transformatorplatform) of een drijvend obstakel;
- aan de grond lopen;
- scheuren in de romp;
- zinken;
- brand aan boord;
- onvoorziene lozing of verlies;
- ernstige nalatigheid en/of opzettelijke (criminele) lozingsactiviteiten.

Figuur 4.9.8 geeft de geobserveerde olievlekvervuiling door BMM weer in het zuidelijk deel van de Noordzee. In de nabijheid van het projectgebied zijn er enkele (olie)vervuilingen geobserveerd tijdens deze observatieperiode. Het betreffen zowel olievervuilingen < 1 m^3, als vlekken tussen 1 – 10 m^3.

Figuur 4.9.8: Overzicht van geobserveerde olievlekken door het Belgische toezichtsvliegtuig in de Noordzee (1998-2003) (BMM, 2005)

In hoeverre dit voortkomt uit onvoorzien verlies of illegale lozing kon niet met zekerheid worden vastgesteld. De kans dat een illegale lozing opgemerkt wordt, is vrij klein. Desalniettemin wordt een dalende trend opgemerkt door het ontradend effect dat teweeg gebracht wordt door controleacties met vliegtuigen. Zo werd in april 2007 nog een grootscheepse controleactie tegen olievervuiling op de Noordzee afgerond, waarbij 10 dagen lang 7 vliegtuigen uit 6 landen (waaronder België) 24 uur op 24 het Kanaal en de Noordzee hebben overgevlogen. Het ging om de grootste controleactie ooit. Er werd gezocht naar schepen die olie lozen op zee, voor de kust van België, Nederland, Frankrijk en Groot-Brittannië. De Noordzee werd ook met satellieten afgespeurd naar olievlekken. In totaal werden 45

oliesporen opgemerkt en 5 schepen werden op heterdaad betrapt op het illegaal lozen van olie (VRT, 2007).

Op basis van bovenstaande en de andere beschikbare gegevens (zie ook Tabel 4.9.8, Tabel 4.9.9, Tabel 4.9.10 en de studie van MARIN, 2007) is het momenteel niet mogelijk om een betrouwbare kwantitatieve risicobepaling uit te voeren voor de kans dat een olievlek, b.v. veroorzaakt door een aanvaring van 2 schepen, zou doordringen in het projectgebied van de Bligh Bank. Men mag wellicht aannemen dat deze mogelijkheid reëel is.

Naast de vliegtuigtellingen, kan het systematisch tellen van gestrande vogels en het scoren van de vogels die met olie besmeurd zijn, een indicatie opleveren voor de mate van chronische olievervuiling van de zee (Seys, 2001). De proportie met olie besmeurde zeekoeten onder deze die dood of stervend gevonden worden op het strand, is voorgesteld als een graadmeter voor de ecologische kwaliteit van het mariene milieu (EcoQ) (Stienen *et al.*, 2004). Uit een vergelijking tussen de verschillende Noordzeelanden van de oliebevuilingsgraad bij Zeekoeten, blijkt dat de zuidelijke Noordzee tot de meest gecontamineerde gebieden van de Noordzee behoort (Camphuysen, 2004). In de winter 2003/2004 was 52% van de gevonden Zeekoeten besmeurd met olie. Ondanks een daling van de vervuilingsgraad ten opzichte van de periode 1990-1999 is de voorgestelde EcoQ van minder dan 10% met olie besmeurde zeekoeten nog lang niet bereikt (Stienen *et al.*, 2004).

Een historische analyse (van 1960 – 2003) van accidenten met olieverontreiniging die een potentieel gevaar opleveren voor de Belgische kust gebaseerd op literatuurgegevens, wordt samengevat in Tabel 4.9.12 (Zeegra, 2006). Het studiegebied voor de historische analyse omvat het BDNZ, en volgende aangrenzende wateren tussen:

- de oostelijke Engels-Nederlandse grenslijn tussen de Norfolk kust (Eng) en Den Helder (Nl);
- de westelijke Engels-Franse grenslijn tussen South-Hampton (Eng) en Cherbourg (Fr).

Gedurende de laatste 40 jaar, zijn er een 30-tal incidenten geweest met olie, die een potentieel gevaar opleverden voor de Belgische Kust. De gelekte volumes variëren tussen de 10.000 ton (Olympic Allience, Dover Street, 1975, Iranean light crude) en minder dan 10 ton (b.v. 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 totale gebied en 500 ton voor het BDNZ. Deze grote hoeveelheid is hoofdzakelijk te wijten aan het accident met de British Trent (1993) waarbij ongeveer 5000 ton in zee terecht kwam. Een analyse exclusief dit accident geeft voor het BDNZ een gemiddelde gelekte hoeveelheid van ongeveer 50 ton. Deze bevinding wordt trouwens bevestigd door het luchttoezicht van de BMM waarbij de maximale olievlekken tussen de 10-100 m³ bedroegen (zie ook verder).
Ook de berekeningen van een aanvaring tussen een schip op drift en een stilstaand object door Germanisher Loyd (2003) kwamen tot gemiddelde vrijgekomen volumes van ongeveer 50 ton (in de gegunde constellatie).

Door de recente verplichting, waarin vereist wordt dat tankers dubbelwandig zijn, zal de gelekte olie als gevolg van scheepsongelukken in de toekomst waarschijnlijk vooral bestaan uit bunkerolie.

Tabel 4.9.12: Overzicht olie-accidenten in het BDNZ en aangrenzende wateren

Maritieme zone	*Accidenten (#)*	*Totaal getransporteerde hoeveelheid (m³)*	*Gem. hoeveelheid gespild (m³)/ accident*
België	11	5.610	510
Frankrijk	5	7.690	1.538
Groot-Brittannië	10	29.000	2.900
Nederland	4	1.825	456
Totaal	30	44.125	1.471

(1) Cedre (2003). Accidental spills of sea transport around the British Isles since 1960 (http://www.le-cedre.fr)

(2) BMM (2005). Overzicht accidenten sinds 1990.

Tabel 4.9.13 geeft een overzicht van de oorzaak van accidenten met olie sinds 1960 voor België en de relevante buurlanden (gebaseerd op Le Roy et al., 2006). De belangrijkste oorzaken zijn aanvaringen (70%), gevolgd door incidenten door een verkeerd manoeuvre (7%).

Tabel 4.9.13: Oorzaken van accidentele olievervuiling in het BDNZ en aangrenzende wateren (RAMA-studie: Le Roy et al., 2006)

Oorzaak	*Aantal accidenten*	*percentage*
Slechte weersomstandigheden	**23**	**77%**
Aanvaring	21	70%
Aan de grond lopen	1	3%
zinken	1	3%
Incidenten aan boord van het schip	**4**	**13%**
Verkeerd manoeuvre	2	7%
Foute constructie	1	3%
Brand	1	3%
Berging	**1**	**3%**
Onbekend	**2**	**7%**

Er werden geen algemeen geldende gegevens gevonden over de correlatie tussen het optreden van olievervuiling (hoeveelheid; soort) en het soort ongeval. Anderzijds blijkt uit gegevens over de gerapporteerde olievervuiling door verschillende types tankers (zie Tabel 4.9.14: ITOPF, 2006) op wereldniveau dat aanvaringen meestal resulteerden in vervuiling op grote schaal (>7 ton) en dat scheuren in de romp grotendeels tot vervuiling op kleine schaal leiden.

Tabel 4.9.14: Accidentele olievervuiling (- en aandeel in %) veroorzaakt door tankers tussen 1974 en 2006, verdeeld in vervuiling o.b.v. aantal ton en in het soort activiteit (ITOPF, 2006)

1974-2006	*< 7 ton*		*7-700 ton*		*> 700 ton*		*Totaal*	
Oorzaak	*Aantal*	*%*	*Aantal*	*%*	*Aantal*	*%*	*Aantal*	*%*
Normale werking (totaal)	**4.547**	**58%**	**414**	**35%**	**31**	**9%**	**4.992**	**54%**
laden / uitladen	2.821	36%	332	28%	30	9%	3.183	34%
bunkering	548	7%	26	2%	0	0%	574	6%
andere	1.178	15%	56	5%	1	0%	1.235	13%
Ongevallen (totaal)	**1.072**	**14%**	**623**	**53%**	**288**	**84%**	**1.983**	**21%**
Aanvaring	173	2%	296	25%	97	28%	566	6%
Aan de grond lopen	235	3%	222	19%	118	34%	575	6%
Scheuren in de romp	576	7%	90	8%	43	13%	709	8%
Brand, explosie	88	1%	15	1%	30	9%	133	1%
Diverse oorzaken/ ongekende	**2.181**	**28%**	**148**	**12%**	**24**	**7%**	**2.353**	**25%**
TOTAAL	**7.800**	**100%**	**1.185**	**100%**	**343**	**100%**	**9.328**	**100%**

4.9.4.3 Effecten van een olieverontreiniging

Een olielozing (accidenteel, operationeel of illegaal) houdt potentiële effecten in op de verschillende organismen in de waterkolom, benthische organismen en avifauna.

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. Simulaties kunnen aangeven welke omstandigheden - in termen van waar de olie gelekt is, de meteorologie, het vervuilingniveau en indammingacties - een risico inhouden bij het bestrijden van vervuiling en deze geven ook de mogelijkheid om risicoprofielen op te stellen.

Er werd recent een studie uitgevoerd voor de bespreking van de effecten van een olieverontreiniging in het BDNZ is door WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003). Zij hebben op basis van modellen van de hydrodynamica van de Noordzee en modellen van olieverspreiding (Part 3D Delft) de verspreiding van een olielozing gesimuleerd. Voor de beschrijving van de methodologie verwijzen we ook naar de studies.

De simulaties van WL Delft Hydraulics zijn gebaseerd op een *worst-case* scenario. *Worst-case* scenario dient hier gezien te worden in de optiek van de bestrijding en interventietijd en de mogelijke vervuiling van de drijvende olie op de kust. Daarom is er voor de studie gekozen voor een situatie van hoge windsnelheid (17 m/s); een windrichting die zo recht mogelijk naar de dichtstbijzijnde Belgische of Nederlandse kust blaast (NNO-WZW), en een volume dat nog net binnen de capaciteit van de bestrijdingsmogelijkheden ligt. Daarnaast is ook aandacht besteed aan de mogelijke invloed van het lozingsmoment en aan de modelparameter windfrictie-coëfficiënt. Het is duidelijk dat deze scenario's dus niet uitgekozen zijn omwille van een ecologische *worst-case*.

Afhankelijk van het meteorologische meetpunt kon afgeleid worden dat deze omstandigheden in ongeveer 1,2 tot 2,6 % van alle observaties bereikt werden en dus waarschijnlijk resulteren in stranding van de olieverontreiniging aan de Belgische kust.

Ter volledigheid wordt hier nogmaals verwezen naar de risico-inschatting voor het optreden van schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine door een schip. De kans dat er hierdoor een uitstroom van olie en chemicaliën is, is eerder gering. Er wordt een gemiddelde uitstroom van ladingolie van ca 3,4 m³ ieder jaar verwacht wordt, of anders gezegd een milieubelasting door een uitstroom van 6426 m³ eens in de 1890 jaar voor de 5 MW variant. Voor de 3 MW treedt er sneller een uitstroming op (eens op 1150 jaar), waarbij in dezelfde grootte-orde een volume olie uitstroomt (zie ook 4.9.2.3, p. 217).

BESTRIJDING VAN OLIEVLEKKEN

Er wordt voor de effectbespreking gebruik gemaakt van extrapolatie van gegevens en besluiten uit volgende MER's: C-power (Ecolas, 2003) en Zeegra (Ecolas, 2006). Daarbij werd onder andere voor de inschatting van de tijd die beschikbaar is voor de oliebestrijding gebruik gemaakt van de modelleringresultaten van WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003). Deze omstandigheden zullen zich maximaal 1 à 2 dagen per jaar voordoen. Verder werden tal van "worst-case" veronderstellingen vanuit het standpunt van de interventie ingebouwd als wintertoestand, hoeveelheid olie, geen bestrijding op zee, etc.

Bij de simulatiecondities van wind uit het NNW of 340° verplaatst de olievlek zich onder de gegeven invloed van de wind richting de Belgische kust. Op basis van de gegevens uit de MER Zeegra (Ecolas, 2006) werden 4 scenario's op een verschillende afstand voor de aanspoeltijden geëxtrapoleerd (zie Tabel 4.9.15). Uit de projectbeschrijving blijkt dat de Bligh Bank zich op ca. 42 km van de Belgische kust bevindt. Indien de aanspoeltijden voor een olievlek geëxtrapoleerd worden voor een olievlek in de nabije omgeving van de Bligh Bank, dan spoelen de eerste oliedeeltjes aan na ongeveer 23 uur op de Belgische kust, hetgeen een gemiddelde snelheid betekent van ongeveer 0,5 m/s. Dit tijdstip van aanspoelen wordt niet significant beïnvloed door het tijdstip van lozing, maar is dus voornamelijk windgedreven. Wanneer een dergelijke lozing plaatsvindt gedurende een springtij in plaats van een doodtij, dan zal echter wel de lengte van strand waar de olie aanspoelt groter zijn. Bij een hogere windfrictie van 5 % in plaats van 3 % spoelen de eerste oliedeeltjes na ongeveer 14 uur aan (gemiddelde snelheid van ongeveer 0,85 m/s). Dit geeft aan dat de gemiddelde snelheid is toegenomen met hetzelfde percentage als de toename van de frictiefactor.

Tabel 4.9.15: Simulaties van tijdstip van aanspoeling aan de Belgische Kust (17m/s, NNW)

Gebied	*Afstand gebied - Belgische kust (km)*	*Tijdstip aanspoelen (u) bij 3% wind frictie*	*Tijdstip aanspoelen (u) bij 5% wind frictie*
Concessiegebied Sector 2A	18,8	10	7
Concessiegebied Sector 2C	21,6	12	8
Concessiegebied Sector 1B	25,7	14	9
Concessiegebied sector 1A	29,0	16	10
Extrapolatiezone 1	35,0	19	12
Extrapolatiezone 2	40,0	22	13
Extrapolatiezone 3	42,0	23	14

Gebied	Afstand gebied - Belgische kust (km)	Tijdstip aanspoelen (u) bij 3% wind frictie	Tijdstip aanspoelen (u) bij 5% wind frictie
Extrapolatiezone 4	45,0	25	15

Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeiden te komen in het geval van een olielozing. Hierbij dient wel opnieuw de nadruk gevestigd 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 sowieso een hachelijke en moeilijke zaak en de efficiëntie van de bestrijding laag (te hoge golven zullen bijvoorbeeld het gebruik van 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.

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. Dit zal vooral het geval zijn als de gelekte volumes groter zijn. Een lek van 20 m^3 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 (booms). 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.
Een mogelijk voordeel van de windturbines is dat ze gebruikt kunnen worden als ankerpunten voor het vastmaken van olieschermen om olievlekken in te dammen, indien ze bij incidenten snel genoeg bereikt kunnen worden. Hierbij dient de relatieve omvang van het park versus de afstand tot de kust niet vergeten te worden.

Uit de resultaten van de modellering 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 8 uur de olievlek een lengte heeft bereikt van meer dan 20 km. De olievlek is korter bij 3% frictiecoëfficiënt en nog kleiner bij doodtij.

Besluiten

Er kan gesteld worden dat de kans op een olieverontreiniging van de Belgische zeer gering is op basis van de simulatiegegevens van de WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003). Het grootste gevaar op stranding van een olievlek afkomstig van de omgeving van de Bligh Bank treedt op bij een hoge windfrictie (5%), waarbij de minimale interventietijd 14 uur bedraagt.

KWANTITATIEVE EFFECTBESCHRIJVING VOOR ORGANISMEN IN DE WATERKOLOM

Inleiding

De enige recente kwantitatieve gegevens voor het BDNZ met betrekking tot organismen in de waterkolom is terug de modellering die gebeurd is door Delft Hydraulics. Om deze gegevens te kunnen kaderen, is het belangrijk volgende randopmerkingen te maken:

- Om de impact van de gemodelleerde olieverontreiniging op beide diergroepen te evalueren werd de blootstelling aan en het effect van zware stookolie (HFO) onderzocht.
- Een bespreking wordt gegeven van de effecten van een lozing van 1.000 ton HFO die gesimuleerd werd. De keuze van 1.000 ton werd gemaakt op basis van het maximale volume dat nog binnen de capaciteit van de bestrijdingsmogelijkheden ligt voor België. De berekende volumes volgens de studie van Germanisher Lloyd worden echter geschat in de grootte orde van 50 ton voor een aanvaring tussen een schip en een stilstaand voorwerp (b.v. een windmolen).
- Zoals reeds gezegd, wordt er ter vergelijking voor de 5 MW variant een uitstroom van ladingolie van ca 3,4 m³ ieder jaar verwacht (zie ook 4.9.2.3, p. 217). Dit is beduidend lager dan de 1.000 ton HFO die gebruikt werd voor de simulatie. Anderzijds blijkt uit de berekeningen van MARIN dat een lozing van 750 – 3000 m³ slechts om de 9546 jaar verwacht wordt.

Er wordt voor de effectbespreking gebruik gemaakt van extrapolatie van gegevens en besluiten uit volgende MER's: C-power (Ecolas, 2003) en Zeegra (Ecolas, 2006); en de RAMA-studie (Le Roy et al., 2006). Voor meer gedetailleerde informatie wordt dan ook naar deze studies verwezen.

Impactevaluatie

Om de impact van zware stookolie te bepalen, dienen de omgevingsconcentraties gekend te zijn. Het studiebureau WL Delft Hydraulics heeft de concentraties in de waterkolom na een olielozing ingeschat aan de hand van een verspreidingsmodel. De bekomen concentraties in de waterkolom hebben betrekking op de gedispergeerde fractie van de olie. Opnieuw wordt enkel de *worst case* simulatie besproken voor de Belgische kust.

Voor de Belgische kust is dit scenario "Hyd17_w" (340°, 17 m/s, doodtij, 3% windfrictie) omdat in deze simulatie dezelfde of hogere olieconcentraties voorspeld worden t.o.v de andere simulaties bij deze windrichting. De hoogste fracties worden teruggevonden in de waterfractie 0-10% en 90-100% namelijk 99,9 µg/l. Bij lagere windsnelheden wordt de afwezigheid van olie in de waterkolom voorspeld.
De berekening van de directe verliezen door WL Delft Hydraulics ten gevolge van een lozing van zware stookolie is weergegeven in Tabel 4.9.16 (worst case scenario). Voor meer gedetailleerde informatie wordt ook 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, zeer gering zijn.

Tabel 4.9.16: Berekening van de directe verliezen in het "*worst-case*" scenario

Parameter	*Invertebraten*	*Vissen*
X_0 (log_{10} van de omgevingsconcentratie)	$99{,}9*10^{-3}$ mg/l	$99{,}9*10^{-3}$ mg/l
μ (log_{10} van de LC50 voor die biotagroep)	1,328	1,851
Y_0 (het direct verlies voor een bepaalde biotagroep)	-2,805 of 0,2%	-3,434 of 0,14%

Besluiten

Uit Tabel 4.9.16 blijkt dat de directe verliezen van invertebraten en vissen, bij blootstelling aan de hoogste potentiële concentratie van zware stookolie uit de simulaties, zeer gering zijn. In geval van lagere windsnelheden worden de effecten als nul ingeschat.

KWANTITATIEVE EFFECTBESCHRIJVING VOOR AVIFAUNA

Hierna worden de effecten op de avifauna onderzocht. Zowel de effecten op het vogelbestand in open zee als de effecten op het vogelbestand op het land worden bekeken. Ook hier worden simulaties voor de Belgische kust uitgevoerd. Er wordt voor de effectbespreking gebruik gemaakt van gegevens en besluiten uit volgende MER's: C-power (Ecolas, 2003) en Zeegra (Ecolas, 2006), en de RAMA-studie (Le Roy et al., 2006). Voor meer gedetailleerde informatie wordt dan ook naar deze studies verwezen.

Vogelverliezen open zee lozing

Hierna worden de verliezen aan vogels berekend ten gevolge van een incident met olieverlies in open zee. In eerste instantie dient te worden nagegaan welke oppervlakte met olie verontreinigd is, op basis van de modellering. Opnieuw worden enkel de resultaten gegeven van de simulatie bij een windsnelheid van 17 m/s (het *worst-case* scenario). Dit is het scenario waarbij het grootste oppervlak gedurende de langste tijd met olie bedekt is. Voor de Belgische kust is dit het scenario waarbij 47 km² kust verontreinigd wordt bij een lozing op de Thorntonbank.

Figuur 4.9.9: Oppervlakte van de olievlek in functie van de tijd voor de simulatie hyd17_w2 (wind aan 17 m/s vanuit NNO bij springtij met 3% frictiecoëfficiënt)

De impact op het vogelbestand is een functie van de densiteit en de kwetsbaarheid van de vogelsoorten. De gegevens inzake vogeldensiteit zijn gemiddelden voor de Belgische kustwateren in de periode 1992 - 1998 (Seys, 2001). De gehanteerde kwetsbaarheidindex (Tabel 4.9.17) werd opgesteld door het Instituut van Natuurbehoud (Vandenbroele *et al.*, 1997).

De impactberekening voor zware stookolie voor de Belgische kust bij een windsnelheid van 17 m/s is weergegeven in Tabel 4.9.18 (worst case scenario). Gezien telkens uitgegaan werd van de grootst mogelijke aangetaste oppervlakte is het ingeschatte aantal dode vogels een benaderende weergave.

Tabel 4.9.17: Kwetsbaarheidsindex van vogelsoorten in BDNZ (Vandenbroele *et al.*, 1997)

Vogelsoort	*Kwetsbaarheidindex*	*% mortaliteit*
Duiker	29	89,9
Fuut	23	71,3
Noordse Stormvogel	18	55,8
Jan van Gent	22	68,2
Zwarte Zee-eend	19	58,9
Grote Jager	25	77,5
Dwergmeeuw	24	74,4
Kokmeeuw	11	34,1
Stormmeeuw	13	40,3
Kleine Mantelmeeuw	19	58,9
Zilvermeeuw	15	46,5

Vogelsoort	*Kwetsbaarheidindex*	*% mortaliteit*
Grote Mantelmeeuw	21	65,1
Drieteenmeeuw	17	52,7
Grote Stern	20	62
Visdief/Noordse Stern	20	62
Zeekoet	25	77,5
Alk	25	77,5

Tabel 4.9.18: Impact van zware stookolie op het vogelbestand in open zee bij *worst-case* scenario (windsnelheid 17 m/s)

Vogelsoort	*Densiteit (aantal/km²)*	*Aantal op 47 km² (Belgische kust)*	*% mortaliteit*	*Aantal dode vogels (Belgische kust)*
Duiker	0,25	11,75	89,9	11
Noordse stormvogel	0,14	6,58	55,8	4
Jager	0,01	0,47	77,5	1
Alk/Zeekoet	4,04	189,88	77,5	148
Zwarte/Grote Zee-eend	0,95	44,65	58,9	27
Fuut	0,44	20,68	71,3	15
Stormmeeuw	1,67	78,49	40,3	32
Dwergmeeuw	0,18	8,46	74,4	7
Jan van Gent	0,19	8,93	68,2	7
Kokmeeuw	0,18	8,46	34,1	3
Kleine Mantelmeeuw	0,21	9,87	58,9	6
Grote Mantelmeeuw	0,55	25,85	65,1	17
Zilvermeeuw	1,43	67,21	46,5	32
Drieteenmeeuw	1,19	55,93	52,7	30
TOTAAL				**340**

Om de impact van de gemodelleerde olielozing te kunnen interpreteren werden de aantallen effectief getelde stookolieslachtoffers uit vroegere incidenten omgerekend naar de gemodelleerde lozingen. In Tabel 4.9.19 werden de aantallen dode vogels omgerekend naar een lozing van 1.000 ton zware stookolie.

Tabel 4.9.19: Vergelijking van de impact op de avifauna met incidenten uit het verleden (naar ICES, 2005)

Incident	*Locatie*	*Lozing (ton)*	*Olie type*	*Meest talrijke slachtoffers*	*Aantal gevonden vogels*	*totaal geschatte mortaliteit*	*overeenkomstig # slachtoffers bij 1000 ton olie*
Braer	Shetland (UK), 1996	85.000	Norwegian gulfaks crude	zwarte zeekoet, kuifaalscholver	1.800	5.000	21
Sea Empress	Irish Sea (UK), 1996	72.000	Forties blend crude	zeekoet, zwarte zee-eend	6.900	10.000-15.000	96
Erika	Bretagne (F), 1999	15.000	heavy fuel	zeekoet	44.000	120.000-300.000	2.933
Prestige	Gallicië (Esp), 2002	77.000	heavy fuel	zeekoet, alk, papegaaiduiker	22.000	100.000-200.000	286
Tricolor[1]	Kanaal (F), 2003	170	heavy fuel	zeekoet, alk	20.000	40.000-100.000	117.647

(1) Schip zonk in december 2002, maar lekte niet voor januari 2003

Uit Tabel 4.9.19 blijkt dat de omgerekende aantallen stookolieslachtoffers sterk kunnen variëren. Dit is in eerste instantie een gevolg van de lokale vogeldensitieit. Het betreft hier incidenten voor de kusten van resp. Wales, Schotland, Bretagne en Gallicië, waar de vogeldensiteiten kunnen verschillen t.o.v. deze in de Belgische kustwateren (conf. Tricolor). Ook de heersende weersomstandigheden en het tijdstip van het incident hebben een invloed op de impact. Alle genoemde accidenten vonden plaats in de winter.

Tenslotte kan de vraag gesteld worden of alle slachtoffers bij de historische incidenten geteld werden. Dit wordt gesuggereerd door de grote verschillen in totaal geschatte mortaliteit (er worden voor de Erika zelfs cijfers genoemd van 300.000 slachtoffers). Het is immers mogelijk dat een onbekend aandeel van de dode vogels niet aanspoelden, maar in open zee gezonken zijn.

In december 2002 kapseisde de autocarrier Tricolor op zo'n 20 kilometer van de Belgische kust, na een aanvaring met het containerschip Kariba. Meer dan een maand later voer een sleepboot van URS (Unie der Reddings- en Sleepdienst) de Tricolor aan, waarbij een hoeveelheid olie in zee terecht kwam. De totale hoeveelheid ligt rond de 170 ton. In totaal spoelden 20.000 vogels aan op de Franse, Nederlandse en Belgische kusten. In België werden 9.177 vogels binnengebracht waarvan 4.980 levende en 4.197 dode (Haelters *et al.*, 2003). Vooral zeekoeten en alken werden massaal slachtoffer van de ramp. Het hoge aantal bij de Tricolor in vergelijking met de andere accidenten (Tabel 4.9.19) toont duidelijk het belang van de Belgische westkust aan als overwinteringsgebied voor voornamelijk zeekoeten en alken. Beide soorten zijn overwinteraars en geen residente zeevogels. Onder deze soorten was het aantal slachtoffers dermate groot dat negatieve gevolgen op populatieniveau verwacht kunnen worden. In de winter volgend op de ramp met de Tricolor (1 jaar later) werd een sterke afname van het aantal Zeekoeten/alken gemeten in de gebieden die het zwaarst door de olie waren getroffen (Stienen *et al.*, 2004). Het is vooralsnog onduidelijk of en in hoeverre de sterke reductie van de aantallen het gevolg was van de ramp. Een effect van de ramp kan zeker niet worden uitgesloten, maar aan de andere kant wijkt de reductie niet af van eerder gemeten natuurlijke fluctuaties. Duidelijk is wel dat het Tricolor accident geen merkbare effecten gehad heeft op andere soorten dan de Zeekoet en Alk (Stienen *et al.*, 2004).

In het geval van de Tricolor zijn de omstandigheden vergelijkbaar met de gemodelleerde toestand. Het betreft immers een incident voor de Belgische kust, in de winter, bij hoge windsnelheden en met zware stookolie. Nochtans liggen de gemodelleerde vogelverliezen bij deze randvoorwaarden (ruim 300: Tabel 4.9.18) veel lager dan de overeenkomstig geschatte aantallen (120.000). Ook de gemodelleerde verliezen bij lagere windsnelheden liggen lager (700-1000 vogels: Tabel 4.9.18). De gemodelleerde verliezen van

de overige accidenten die ook in de winter plaatsvonden leunen wel dichter aan bij de waarden berekend in Tabel 4.9.18 en Tabel 4.9.19.

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. Het gehanteerde model kan bijgevolg nog verfijnd worden door meer invloedsparameters in rekening te brengen.

Vogelverliezen strandlozing

Uit de simulaties bij een windsnelheid van 17 m/s blijkt dat een hoeveelheid van de geloosde olie de kustlijn zal bereiken. Bijgevolg kunnen ook op het land effecten op de avifauna optreden. Dit wordt hierna onderzocht.

De impact op de avifauna ter hoogte van de kustlijn is enerzijds functie van de oppervlakte die met olie bedekt wordt. Deze oppervlakte kan afgeleid worden uit de figuren, die resulteren uit de simulaties van de gestrande olie (uit de oppervlaktelaag) na 5 dagen.

Bij lage en gemiddelde windsnelheden blijkt dat de olievlek de Belgische kust niet bereikt, doch zich uitspreidt in noordoostelijke richting. Mogelijks zal de olievlek op een later tijdstip de Nederlandse kust bereiken. Dit kan echter niet geverifieerd worden met de huidige simulatietijd.

In de scenario's met een windsnelheid van 17 m/s blijkt dat de olie de kust wel bereikt na 5 dagen. Opnieuw wordt uitgegaan van het *worst-case* scenario voor zware stookolie. Er wordt uitgegaan van een gemiddelde strandbreedte van 75 m. Uit de modellering blijkt dat de grootste verontreinigde oppervlakte van de Belgische kust 0,95 km² (of 12,7 km * 75 m) bedraagt (hyd17_w2).

Anderzijds hangt de impact af van het vogelbestand ter hoogte van het beschouwde gebied. De gehanteerde vogeldensiteiten werden vastgesteld in een gebied tot 5 km buiten de kust, in de periode 1992-1998. Om de coherentie met de modelleringen te behouden werd voor zware stookolie rekening gehouden met de densiteiten, gemeten in de winter (Seys, 2001). Rekening houdende met de kwetsbaarheidsindex (Tabel 4.9.17), werd een impactberekening voor zware stookolie uitgevoerd (zie ook MER C-Power: Ecolas, 2003). Hieruit bleek dat voor de Belgische kust slechts een verwaarloosbaar aantal vogels (vier) zouden aangetast worden door de aangespoelde zware stookolie op de kust. Wel dient hierbij opgemerkt te worden dat deze schatting enkel opgaat voor de soorten die vermeld staan in de kwetsbaarheidsindex. Mortaliteit onder andere mogelijk voorkomende soorten is dus niet in overweging genomen wegens een gebrek aan gegevens.

Besluiten

Als besluit voor de kwantitatieve effecten op de avifauna kan het volgende gesteld worden:

- open zee lozing van olie: modellen kunnen een eerste inzicht geven in het aantal olieslachtoffers. Desondanks, bewijzen in situ accidenten dat deze aantallen toch nog vaak een onderschatting zijn van de realiteit. Er is geen positieve correlatie tussen het aantal vogelslachtoffers en de hoeveelheid gelekte olie. Het effect hangt nauw samen met het belang van het gebied als overwinteringsplaats voor vogels. 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.

- Strandlozing van olie: de resultaten zijn gebaseerd op een worst case scenario en de kans dat een dergelijke olielozing zich voordoet ten gevolge van de activiteiten op het windmolenpark is minimaal. In geval verontreiniging zich toch voordoet, blijkt dat voor de Belgische kust slechts een verwaarloosbaar aantal vogels (vier) zouden aangetast worden door de aangespoelde zware stookolie op de kust. Wel dient hierbij opgemerkt te worden dat deze schatting enkel opgaat voor de soorten die vermeld staan in de kwetsbaarheidsindex, mortaliteit onder andere mogelijk voorkomende soorten is dus niet in overweging genomen wegens een gebrek aan gegevens. Mogelijks zal de olievlek op een later tijdstip de Nederlandse kust bereiken. Dit kan echter niet geverifieerd worden met de huidige simulatietijd.

KWALITATIEVE EFFECTBESCHRIJVING

Een studie van Lindgren & Lindblom (2004) geeft een beschrijving van de korte termijn effecten van olielozingen in het mariene milieu in de omgeving van de Scandinavische landen. Deze studie is gebaseerd op gegevens voor de Noordzee, Baltische zee, het NO deel van de Atlantische oceaan, wateren in de omgeving van Groenland; en expert judgement. Op basis de beschreven dier- en plantensoorten blijkt dat de meeste conclusies in Lindgren & Lindblom (2004) ook van toepassing kunnen zijn voor dit MER.

Zeezoogdieren

Aangezien zeezoogdieren afhankelijk zijn van de atmosferische lucht voor ademhaling, moeten zeezoogdieren in nauw contact blijven met het water-lucht oppervlak. Zodoende komen zij gemakkelijk in contact met potentiële olieverontreinigingen. Volgens deze studie zijn er weinig gegevens beschikbaar over het effect van olieverontreiniging op zeezoogdieren. Er wordt een accident vermeld met een lozing van 5000 m³ ruwe olie dat 5000 Zuid-Amerikaanse zeehond puppies doodde. Er wordt in het algemeen besloten dat het effect van een olielozing op zeezoogdieren eerder beperkt is, aangezien zeezoogdieren zich voldoende kunnen verplaatsen naar gebieden zonder olieverontreiniging.

Vogels

Er is een risico op korte termijn effecten voor vogels die vaak op het water-luchtoppervlak verblijven. 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.

Vissen

Eieren en larven van vissen in ondiepe wateren kennen een hoge mortaliteit door olieverontreiniging, vooral indien dispersanten gebruikt worden voor de bestrijding van olieverontreiniging. Volwassen vissen hebben de neiging weg te zwemmen van de olieverontreiniging, waardoor het effect eerder beperkt is. Volgens Lindgren & Lindblom (2004) is er geen bewijs gevonden dat een accidentele olielozing een vispopulatie in open zee significant beïnvloed heeft. Zelfs wanneer veel larven gedood werden, heeft dit niet altijd gevolgen voor de volwassen populaties, waarschijnlijk omdat de overlevers een competitief voordeel hebben (meer voedsel and minder gevoelig voor predatoren).

Bentische fauna – invertebraten

Invertebraten zoals schelpdieren, zeewormen, etc. kunnen sterke hinder ondervinden indien ze bedekt worden met een verse olieverontreiniging. Anderzijds blijkt ook dat b.v. kokken kunnen blijven leven op rotsen in aanwezigheid van restanten van olievlekken.

Plankton

Er werden geen significante effecten op plankton geobserveerd in open zee. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de hoge voortplantingssnelheden en immigratie vanuit andere gebieden (die niet in het door olie beïnvloede gebied liggen) die de korte termijn daling in aantallen kan neutraliseren.

Algen

Olie blijft niet altijd aan de grotere algen plakken, door de specifieke beschermlaag van algen. Indien olie toch aan algen blijft hangen, dan zullen de algen breken onder het gewicht van de olie in combinatie met de golven op zee. In intertijdengebieden blijkt dat het herstel van de algen snel mogelijk is als de olieverontreiniging voor een groot deel verwijderd wordt.

Besluiten

Als algemeen besluit wordt in Lindgren & Lindblom (2004) vermeld dat avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren de belangrijkste korte termijn effecten kunnen ondervinden door olieverontreiniging. De plankton gemeenschap zal ook 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.

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. Verder onderzoek is zeker nog nodig om de belangrijkste dier- en plantensoorten te identificeren die hinder ondervinden van olieverontreiniging in het voor dit MER relevante deel van de Noordzee.

Op basis van (de ontbrekende) beschikbare literatuurgegevens is het dus niet mogelijk om een wetenschappelijk gefundeerde uitspraak te doen over effecten op alle benthische fauna en zeezoogdieren in dit deel van de Noordzee.

ECOTOXICOLOGISCHE GEGEVENS

Volgens de studie van Lindgren & Lindblom (2004) zijn goede ecotoxicologische gegevens moeilijk te vinden en eerder beperkt in aantal. Dit blijkt ook het geval te zijn voor het voor dit MER relevante deel van de Noordzee.

In Tabel 4.9.20 wordt een overzicht gegeven van de beschikbare gegevens in Lindgren & Lindblom (2004). De classificatie van de verschillende types olie is gebaseerd op de viscositeit van olie, aangezien deze eigenschap bepalend is voor het gedrag van olie in water. Daarnaast worden ook effectconcentraties gegeven zoals LC (lethal concentration, b.v. LC 50, concentratie waarbij 50 % van de organismen sterven; LCm: mediaan LC 50-concentratie) en IC (inhibit concentration, b.v. IC50, concentratie waarbij er inhibitie van de groei is met 50 %).

Voor gasolie, kerosine, diesel en lichte tot medium ruwe olie blijkt dat de vistesten (zie Tabel 4.9.20) op juveniele of volwassen exemplaren uitgevoerd werden en niet op eieren of larven welke gevoeliger zijn voor koolwaterstoffen in water (besluit o.b.v. 93 studies).

Besluiten

In het algemeen kan voor de ecotoxiciteit gezegd worden dat lichtere olietypes meer toxisch zijn dan zware dietypes. Pelagische organismen zullen minder beïnvloed worden dan benthische organismen o.b.v. de gevoeligheid aan blootstelling. Eieren en larven zijn dan weer gevoeliger dan volwassen exemplaren (Lindgren & Lindblom, 2004).

Tabel 4.9.20: Ecotoxicologische gegevens voor verschillende olietypes (Lindgren & Lindblom, 2004)

Groups of oil	Oil type	Test species	Method	Parameter	Result	Unit
Light oil Viscosity at 20 °C: 0 –100 cSt	Gasoline	Fish (herring)	WAF	LC_{50} 96 h	10 – 18	mg/L
		Fish	OWD	LC_{50} 96 h	82, 119	mg/L
		Fish	OWD	LC_{50} 48 h	91	mg/L
		Fish	OWD	LC_{50} 24 h	47, 58	mg/L
		Fish	WAF	LC_{50} 96 h	8.3, 27	mg/L
		Invertebrate	WAF	EC_{50} 96 h	2.0 – 32	mg/L
		Invertebrate	OWD	EC_{50} 96 h	201	mg/L
		Invertebrate	WAF	EC_{50} 48 h	5,9	mg/L
		Algae	WAF	IC_{50} 72 h	3.1 – 30,000	mg/L
	Kerosine (jet fuel)	Fish	OWD	LC_{50} 96 h	45	mg/L
		Fish	WAF	LC_{50} 96 h	7.3 – 25	mg/L
		Invertebrate	WAF	LC_{50} 96 h	0.9	mg/L
		Invertebrate	WAF	LC_{50} 48 h	1.4 – 21	mg/L
		Algae	WAF	IC_{50} 72 h	3.7 – 8.3	mg/L
	Diesel	Fish	OWD	LC_{50} 96 h	31, 54	mg/L
		Fish	OWD	LC_{50} 96 h	33 – 125	mg/L
		Fish	WAF	LC_{50} 96 h	21 – 230	mg/L
		Invertebrate	OWD	LC_{50} 48 h	1.6 – 9.4	mg/L
		Invertebrate	WAF	LC_{50} 48 h	6.2 – 210	mg/L
		Algae	WAF	IC_{50} 72 h	>10 – 78	mg/L
	Light/medium crude	Fish (Salmon)	OWD	LC_{50} 96 h	258, 291	mg/L
		Fish	OWD	LC_{50} 96 h	3,700 – 80,000	mg/L
		Invertebrate	OWD	LC_{50} 96 h	27 – 119	mg/L
		Invertebrate	OWD	LC_{50} 96 h	200 – 6,000	mg/L
		Invertebrate	OWD	LC_{50} 48 h	37.5, 63	mg/L
		Invertebrate	WAF	LC_{50} 96 h	39.5, 618	mg/L
		Algae	OWD	IC_{50} 15 d	5.7	mg/L
	Volgoneft		Microtox	EC_{20} 5 min	3.6	
			Microtox	EC_{20} 15 min	3.0	
			Microtox	EC_{50} 5 min	13	
			Microtox	EC_{50} 15 min	11	
	EO 1		Microtox	EC_{20} 5 min	2.3	
			Microtox	EC_{20} 15 min	2.2	
			Microtox	EC_{50} 5 min	7.7	
			Microtox	EC_{50} 15 min	7.5	
Medium heavy oil Viscosity at 20 °C: 100 – 1000 cSt	Lubricating oil					
	EO 3-4	Mollusc (*Lumnaea peregra*)	WAF	EC_{12} 96 h	10	%
		Mollusc (*Lumnaea peregra*)	WAF	EC_{7} 48 h	10	%
		Mollusc (*Lumnaea peregra*)	WAF	EC_{7} 24 h	10	%
	Bunker B					
Heavy oil Viscosity at 20 °C: > 1000 cSt	Heavy crude					
	Bunker C	*Arenicola marina*		LC_{50} 8 d	>> 8,640	ppm
		Nereis diversicolor		LC_{50} 10 d	>> 8,640	ppm
		Cerastoderma sp.		LC_{50} 8 d	> 2,800	ppm
		Mytilus edulus		LC_{50} 8 d	>> 8,640	ppm
	Asphalt					

(*) Hierbij is OWD is de afkorting voor olie-water dispersie en WAF: afkorting voor water-geaccomodeerde fracties

4.9.4.4 Leemten in de kennis

Er is een gebrek aan goede ecotoxicologische referentiegegevens voor de bepaling van de impact van olie op mariene organismen in het voor dit MER relevante deel van de Noordzee. Er bestaat onvoldoende wetenschappelijk literatuur die de relatie tussen olievervuiling (kwantiteit, omstandigheden, …) en de slachtoffers verklaart.

Kwantitatieve gegevens over relaties met schade aan alle benthos en zeezoogdieren, toepasbaar in het voor dit MER relevante deel van de Noordzee zijn ook schaars.

4.9.4.5 Mitigerende maatregelen

Om maximaal de strijd aan te gaan tegen vervuiling werd in mei 2003 de kustwacht opgericht die nu effectief operationeel wordt. Het organiseren van het operationele luik bij een olieverontreiniging is hun belangrijkste taak. Volgens de informatie van de bevoegde diensten (Belgische Structuur Kustwacht, Ulrike Vanhessche, pers. comm.) zijn er momenteel voor de Belgische Kust 2 schepen inzetbaar voor bestrijding en beperking van olieverontreiniging:

- DAB (Dienst Afzonderlijk Beheer) Vloot;
- Schip van de Marine (valt onder de bevoegdheid van het ministerie van Defensie).

Zoals reeds vermeld in 4.9.2.5, zou het tevens de bedoeling zijn om in de toekomst een multifunctioneel schip in te kunnen zetten als sleepboot, voor het bestrijden en beperken olieverontreiniging, etc.

Sinds april 2005 (MB 19/04/2005) is ook het nieuwe "Rampenplan Noordzee" van kracht. Het rampenplan beschrijft de organisatie van de hulpverlening en de coördinatie van de operaties bij rampsituaties of ernstige ongevallen in de Belgische wateren. Daarnaast heeft het plan ook een operationeel en praktisch karakter.

In 2006 werden de draaiboeken "Operationele interventieplannen voor pollutiebestrijding op zee en strand" voorgesteld. Het draaiboek "propere stranden", voorgesteld in januari 2006, voorziet in een procedure om de vervuiling op onze stranden of in de zeewering door een verlies van lading of lozing op zee aan te pakken. Het draaiboek "propere zee" (voorgesteld in augustus 2006) voorziet hetzelfde bij vervuiling op zee.

Sinds begin 2007 is er een interventieplan voor vogels beschikbaar bij de Provincie West-Vlaanderen. Het is een draaiboek voor de opvang en verzorging van getroffens vogels van een olieverontreiniging of een andere uitzonderlijke situatie op zee.

Gezien de zeer geringe kans op olievervuiling en andere verontreiniging door het windmolenpark, en zodoende ook een geringe kans op aantasting van fauna en flora, dienen er verder geen bijkomende milderende maatregelen genomen te worden.

4.9.4.6 Monitoring

Er dringt zich geen specifieke monitoring naar olieverontreiniging op. Er kan wel verwezen worden naar het Belgische programma voor luchttoezicht boven de Noordzee, waarbij de illegale lozingen afkomstig van schepen een halt toe geroepen worden. Dat programma wordt uitgevoerd in het kader van het Bonn Akkoord (1969). Het Bonn Akkoord is een regionaal samenwerkingsakkoord tussen de verschillende Noordzeekuststaten ter voorkoming en bestrijding van zeeverontreiniging afkomstig van schepen.

4.9.5 Luchtvaartverkeer

Ter volledigheid wordt in dit MER ook de veiligheid voor het luchtverkeer aangehaald. Hiervoor wordt ook verwezen naar Figuur 4.9.10 en Figuur 4.9.11 met navigatiekaarten waarop de scheidingslijnen (Nederland, België) van beheer voor de luchtvaart zijn aangegeven zijn.

Figuur 4.9.10: Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (vertrek)

Figuur 4.9.11: Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (aankomst)

Hieruit blijkt dat alhoewel de windturbineparken in de Belgische EEZ liggen, de verantwoordelijkheid voor het luchtverkeer niet in Zaventem, maar door Schiphol waargenomen wordt.

Binnen de gemarkeerde CTR (Control Terminal Region) zones is er een hoogtebeperking tot 150 m, maar daar vallen de windparken niet binnen. In principe zou een totale hoogte (tiphoogte wieken) tot 175 m toegelaten moeten zijn. Toch moet een "vergunning" aangevraagd worden bij de FIR (Flight Information Region) verantwoordelijken van Amsterdam-Schiphol, om hoge objecten op te richten (Johan Catrysse, pers. communicatie).

5 CUMULATIEVE EFFECTEN

5.1 INLEIDING

Met de vernieuwde aandacht voor het Kyoto protocol is er ook in België werk gemaakt om de productie van hernieuwbare energie te stimuleren. De Belgische energievoorziening moet in 2010 namelijk voor 6 % bestaan uit hernieuwbare energie. Kabinet Noordzee heeft daarom 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). Deze zone is gelegen aan de oostelijke zijde van het Belgisch deel van de Noordzee en strekt zich uit van iets voor de Thorntonbank tot voorbij de Bligh Bank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor die een ideaal terrein vormen voor de ontwikkeling van windturbineparken: de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank.

- C-Power n.v. heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie en milieuvergunning) om in de mariene wateren onder Belgische rechtsbevoegdheid ter hoogte van de Thorntonbank een windturbinepark te bouwen en het gedurende een looptijd van 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. Het concessiegebied voor windenergie ligt juist ten oosten van controlezone 1, sector 1A. De verkregen concessie op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten Westen van de telecomkabel Concerto South1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 24 turbines met een oppervlakte van 5,0 km² en één ten Oosten (deelgebied B) bestaande uit 36 turbines met een oppervlakte van 8,8 km². Indien rekening gehouden wordt met een veiligheidszone van 500 m rondom de windturbines wordt een oppervlakte van 26,4 km² ingenomen (Ecolas, 2003) voor een totaal geïnstalleerd vermogen tot 300 MW (rekening houdende met de veiligheidszones).
- Eldepasco heeft een domeinconcessie (15/05/2006) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windturbinepark van 36 molens (totale oppervlakte: 9 km²) op de Bank zonder Naam. Momenteel is gestart met de opmaak van een milieueffectrapport voor het verkrijgen van de milieuvergunning.
- Belwind, de Belgische dochter van de Nederlandse alternatieve energiegroep Econcern, heeft een concessie aangevraagd voor een grootschalig windturbine project (330 MW) op de Bligh Bank. Het windturbine park zal bestaan uit 66 turbines van 5 MW of 110 turbines van 3 MW. Een domeinconcessie werd aangevraagd voor een oppervlakte van 35,4 km². Het voorliggende milieueffectrapport wordt opgemaakt als onderdeel voor het verkrijgen van de milieuvergunning.

Een samenvatting van de belangrijkste parameters van deze 3 windturbineparken wordt gegeven in Tabel 5.1.1.

Tabel 5.1.1: Parameters van de geplande windturbineparken in de Belgische mariene gebieden

	C-Power	*Eldepasco*	*Belwind*
Ligging	*Thorntonbank*	*Bank zonder Naam*	*Bligh Bank*
Afstand kust	27 km	38 km	45 km
Aantal turbines	60 (3,6 – 5 MW)	36 (5 – 7 MW)	110 (3 MW) of 66 (5 MW)
Opp. (excl. veiligheids-zone)	13,8 km²	9,03 km²	35,4 km²
Opp. (incl. veiligheids-zone 500 m)	26,4 km²	17,48 km²	49,1 km²
Domeinconcessie	MB 27/06/2003	MB 15/05/2006	-
Milieuvergunning	MB 14/04/2004	-	-
Min. Afstand tot C-Power	0	± 6 km	± 12 km
Min. Afstand tot Eldepasco	± 6 km	0	± 5 km
Min. Afstand tot Belwind	± 12 km	± 5 km	0

5.2 CUMULATIEVE EFFECTEN

De mogelijke effecten van een combinatie van meerdere windturbineparken, 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, totdat 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 3 goedgekeurde of geplande windturbineparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Eldepasco + Belwind + C-power).

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 windturbinepark afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn.

In de meeste gevallen zal het cumulatief effect de som van het effect voor elk windturbinepark zijn (1+1=2). In bepaalde gevallen zal echter het cumulatieve effect afwijken van de som van de effecten (1+1=3 of 1). 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.

5.3 EFFECTEN

De cumulatieve effecten zullen worden besproken per discipline voor zowel de constructie-, exploitatie- als ontmantelingsfase. Eerst en vooral wordt in een overzichtstabel de niet verwaarloosbare effecten ten gevolge van één windpark per discipline weergegeven, samen met de manier waarop de cumulatieve effecten zich voordoen. Deze worden vervolgens besproken.

5.3.1 Bodem

5.3.1.1 Constructiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Invloed op de geologie	Ja	-
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Neen	<S
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door kabels	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).

INVLOED OP HET GLOBALE SEDIMENTTRANSPORT EN DE MORFOLOGIE DOOR FUNDERINGEN

Het effect is enkel niet verwaarloosbaar bij windmolenparken met gravitaire (of caisson)funderingen. In de volgende tabel worden de parameters weergegeven indien elk project kiest voor een uitvoering met gravitaire funderingen (worst case scenario).

Tabel 5.3.1: Overzicht cumulatieve uitgravingsvolumes en stockage-oppervlaktes bij gravitaire funderingen

Worst Case Scenario (WCS)		*C-Power*	*Eldepasco*	*Belwind*	*Totaal*
te stockeren volumes	m³	1.165.500	1.620.000	4.174.446	6.959.946
oppervlakte waarover gestockeerd wordt (dikte 5m) totaal	m²	233.100	324.000	834.889	1.391.989
oppervlakte waarover gestockeerd wordt (dikte 5m) 1^{e} jaar	m²	116.550	108.000	417.445	641.995
oppervlakte waarover gestockeerd wordt (dikte 5m) 2^{e} jaar	m²	116.550	216000	417.445	749.995
relatieve oppervlakte inname t.o.v. BDNZ (dikte 5m)	%	0,014%	0,027%	0,044%	0,085%

<u>Volumes</u>

In totaliteit zal voor de drie windmolenparken bijna 7 miljoen m³ zand gestockeerd worden tengevolge van de benodigde uitgraving, indien elk project kiest voor gravitaire funderingen voor alle windturbines. Deze stockage treedt gefaseerd in de tijd op: de bouw duurt 2 jaren, de bouwperiode per windmolenpark zal verschillen. Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1,9 miljoen m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen.

Oppervlakten

De criteria om de karakteristieken van de stockage-zone te bepalen zijn intrinsiek tegenstrijdig: minimale oppervlakte voor het benthos (zie verder), minimale laagdikte om morfologische redenen. Er moet in die optiek een compromis gezocht worden. In elk geval zal voor de drie windmolenparken een stockage-locatie binnen de concessiezone en op de bank gezocht worden.

Het hanteren van een laagdikte van 5 m in bovenstaande tabel is zodoende een pragmatische bovengrens, die al in het goedgekeurde C-Power project werd gehanteerd als richtwaarde.

In vergelijking met de zand- en grindsector die activiteiten kan uitvoeren over een totale oppervlakte van ongeveer 14% van het BDNZ is het relatieve aandeel dat tijdelijk wordt ingenomen voor stockage van het uitgegraven zand beperkt (<0,1 % van het BDNZ).

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 de bank.

De optie om te stockeren per turbine moet – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – vanuit morfologisch oogpunt zeker overwogen worden, zodat de stockage-kost geminimaliseerd wordt en het gestockeerde zand een optimale kans heeft om op natuurlijke wijze de morfologie ter hoogte van elke funderingsput te herstellen.

De stockage van zand op één locatie (één bepaalde bank) zal hoogstwaarschijnlijk geen effect hebben op de morfologie van de dichtstbijgelegen bank. Er wordt verondersteld dat op termijn het gestockeerde zand gedissipeerd wordt in het natuurlijke zandgolvenpatroon dat op elk van de banken bestaat. Zand dat in de geulen terechtkomt, zal door de regenererende stroming rond de zandbank terug betrokken wordt in de sedimentdynamiek van de bank. Verder is het zo dat er een tijdsverschil zal optreden tussen de effecten. De bouw van het C-Power windmolenpark zal vroeger uitgevoerd worden dan voor de andere 2 windmolenparken. Het cumulatieve effect zal daarom kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

INVLOED OP HET GLOBALE SEDIMENTTRANSPORT EN DE MORFOLOGIE DOOR KABELS

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 drie projecten verschillende trajecten hanteert.

5.3.1.2 Exploitatiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Invloed op de geologie	Ja	-
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door kabels	Ja	-
Lokale erosie door de constructies	Neen	<S
Erosie langsheen de kabels	Ja	-

(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).

LOKALE EROSIE DOOR DE CONSTRUCTIES

De lokale erosie door de constructies wordt voor de drie windmolenparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming. In de drie gevallen wordt dus mitigerend opgetreden. Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden op basis van beschikbare literatuur dat de erosiebescherming in de drie 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. 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 drie windmolenparken, is het cumulatieve effect zeker kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming.

5.3.1.3 Ontmantelingsfase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Invloed op de geologie	Ja	-
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door erosiebescherming	Neen	S
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door kabels	Ja	-

(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).

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 drie windmolenparken.

INVLOED OP HET GLOBALE SEDIMENTTRANSPORT EN DE MORFOLOGIE DOOR 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.

5.3.2 Water

5.3.2.1 Constructiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Effecten op de hydrodynamica door funderingen en kabels	Ja	-
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen en kabels	Ja	-
Impact op de turbiditeit door funderingen	Neen	S
Impact op de turbiditeit door kabels	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).

IMPACT OP DE TURBIDITEIT DOOR FUNDERINGEN

De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering maar groter voor de graviteits- en caissonfundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stromen, een verwaarloosbaar effect.

Zelfs voor het hypothetische geval dat op beide banken exact op hetzelfde moment een fundering wordt aangelegd, is de invloedsstraal van de werken op de turbiditeit te beperkt opdat de turbiditeitspluimen vanop beide banken mekaar zouden versterken. In (Ecolas, 2006) wordt namelijk een invloedsstraal vermeld van respectievelijk 5 km voor fijn zand en 1 km voor medium zand, terwijl de minimale afstand Bligh Bank – Bank zonder Naam circa 5 km is en de minimale afstand tussen Bank zonder Naam en Thorntonbank 6 km is.

IMPACT OP DE TURBIDITEIT DOOR KABELS

De impact wordt – voor "parkkabels" en voor "landkabels"– als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld.

Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.

5.3.2.2 Exploitatiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Effecten op de hydrodynamica door funderingen en kabels	Ja	-
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen en kabels	Neen	S
Impact op de turbiditeit door funderingen	Ja	-
Impact op de turbiditeit door kabels	Ja	-

(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).

5.3.2.3 Ontmantelingsfase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Effecten op de hydrodynamica door funderingen en kabels	Ja	-
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen en kabels	Ja	-
Impact op de turbiditeit door funderingen	Neen	S
Impact op de turbiditeit door kabels	Neen	<S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten, <S cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten).

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase. Er wordt daarom verwezen naar 5.3.2.1.

5.3.3 Geluid en trillingen

5.3.3.1 Constructiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Geluid onder water heien funderingspalen	Neen	S
Geluid boven water heien funderingspalen	Neen	S
Scheepvaart	Ja	-
Baggeren van de funderingen	Neen	S
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).

Het effect van het geluid en de trillingen tijdens de constructiefase zijn slechts tijdelijk. Er zal enkel een cumulatief effect optreden wanneer de constructiefases gelijktijdig uitgevoerd worden.

GELUID ONDER WATER HEIEN FUNDERINGSPALEN

Het geluid van het heien van funderingspalen kan onderwater tot op een relatief grote afstand (verder dan de 3 windturbineparken) propageren met slechts een geringe attenuatie. Maar gezien dat bij het heien een impulsgeluid (niet continue) wordt voortgebracht en de heiactiviteiten slechts tijdelijk voorkomen, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windturbinepark. De kans dat de puls van het heien van de 2 windturbineparken samen valt is namelijk zeer klein.

GELUID BOVEN WATER HEIEN FUNDERINGSPALEN

Boven water zal het specifieke geluid van het heien van een windturbinepark niet hoorbaar zijn ter hoogte van een ander windturbinepark, het cumulatieve effect zal bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windturbinepark.

BAGGEREN VAN DE FUNDERINGEN

Het geluid van het baggeren kan onderwater tot op een relatief grote afstand (verder dan de 3 windturbineparken) propageren met slecht een geringe attenuatie. Maar gezien dat het baggeren slechts

tijdelijk voorkomt en enkel voorkomt wanneer er gekozen wordt voor een graviteitsfundering, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windturbinepark.

BAGGEREN VAN DE KABEL

De impact voor het baggeren van de kabels wordt als zeer tijdelijk beoordeeld. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een minder lange geluidstoename met zich meebrengen dan wanneer elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.

5.3.3.2 Exploitatiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Onderwater geluid van de windturbines	Neen	S
Bovenwater geluid van de windturbines	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).

ONDERWATER GELUID VAN DE WINDTURBINES

Het effect onder water van de windturbines blijft beperkt tot het gebied tussen de turbines en het overschrijdt niet de veiligheidsgrens van 500 m rond het windmolenpark.

BOVENWATER GELUID VAN DE WINDTURBINES

Figuur 5.3.1 en Figuur 5.3.2 geven de geluidscontouren weer van het specifieke geluid boven water van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind met respectievelijk 110 windturbines van 3 MW en 66 windturbines van 5 MW berekend met het IMMI overdrachtsmodel.

Figuur 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind (110 windturbines van 3 MW) boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.

Figuur 5.3.2: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind (66 windturbines van 5 MW) boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.

Enkel tussen het Belwind en het C-power windturbinepark ter hoogte van het Eldepasco windturbinepark zal het geluidsniveau iets hoger zijn bij de cumulatieve werking van de 3 windturbineparken samen. In deze zone (ten noordoosten en ten zuidwesten van het Eldepasco windturbinepark) zal het geluid van de windtubineparken iets verder (ca. 1 km) hoorbaar zijn dan wanneer de windturbineparken afzonderlijk in werking zouden zijn. Daar er slechts een zeer beperkt effect verwacht wordt van de individuele effecten (van de afzonderlijke windturbineparken) zal er ook slechts een beperkt effect aanwezig zijn van het geluid boven water afkomstig van de 3 windturbineparken.

5.3.3.3 Ontmantelingsfase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Geluid onder water	Neen	S
Geluid boven water	Neen	S
Scheepvaart	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten, <S cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten).

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase. Er wordt daarom verwezen naar 5.3.3.1.

5.3.4 Klimatologische factoren en atmosfeer

5.3.4.1 Constructiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door emissies tijdens de constructiefase	Ja	-

5.3.4.2 Exploitatiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door vermeden emissies SO_2, NO_x en CO_2	Neen	S
Impact op globaal klimaat	Ja	-
Impact op lokaal windklimaat	Ja	-
Impact op lokaal temperatuursklimaat onder invloed van kabel	Ja	-

(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).

BEÏNVLOEDING VAN DE LUCHTKWALITEIT DOOR VERMEDEN EMISSIES SO_2, NO_x EN CO_2

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

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de vermeden emissies van de verschillende windturbineparken in vergelijking met klassieke productie.

Tabel 5.3.2: Vermeden emissies windturbineparken (ton/jaar)

Vermeden emissies	*SO_2*	*NO_x*	*CO_2*
C-Power	795,2	901,7	487.770
Eldepasco (5 MW / 7 MW)	539 / 798	500 / 741	383.514 / 568.529
Belwind (3 MW / 5 MW)	1.034 / 1.178	960 / 1.093	736.316 / 838.936
Totaal	2.368 – 2.771	2.362 – 2.736	1.607.600 – 1.895.235

De vermeden emissies van elk windturbinepark 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.

De Kyoto doelstelling voor België is een reductie van de uitstoot van broeikasgassen tot 130,5 miljoen ton CO_2 equivalent. Voor SO_2 en NO_x bedragen de emissieplafonds in het kader van de NEC-richtlijn respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar. De procentuele bijdrage van de vermeden emissies van de verschillende windturbineparken tot deze reductiedoelstellingen evenals de cumulatieve bijdrage worden weergegeven in Tabel 5.3.3

Tabel 5.3.3: Bijdrage van de vermeden emissies tot de reductiedoelstellingen (%)

Bijdrage tot reductiedoelstellingen	*SO_2*	*NO_x*	*CO_2*
C-Power	0,8	0,5	0,39
Eldepasco (5 MW / 7 MW)	0,5 / 0,8	0,3 / 0,4	0,29 / 0,44
Belwind (3 MW / 5 MW)	1,04 / 1,19	0,55 / 0,62	0,56 / 0,64
Cumulatieve bijdrage	2,34 - 2,79	1,35 - 1,52	1,24 - 1,47

5.3.4.3 Ontmantelingsfase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door emissies tijdens de ontmantelingsfase	Ja	-

5.3.5 Fauna, flora & biodiversiteit

5.3.5.1 Benthos en vissen

CONSTRUCTIEFASE

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Biotoopverlies	Neen (benthos)	S
Verlies aan organismen	Neen (benthos)	<S
Verstoring (sedimentatie)	Ja	
Verstoring (geluid en trillingen)	Neen (vissen)	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).

<u>Biotoopverlies</u>

Het biotoopverlies is afhankelijk van het funderingstype en het aantal turbines. Indien gekozen wordt voor een monopaal of een tripode wordt geen bijkomend indirect verlies door de (tijdelijke) stockage van gebaggerd zand veroorzaakt. Dit indirecte verlies door stockage (gravitaire/ caisson) is verantwoordelijk voor een toename van het biotoopverlies met een factor 10 (Eldepasco) tot 25 (Belwind).

Het C-Power park zal naar alle waarschijnlijkheid uit gravitaire funderingen bestaan, terwijl de keuze voor het funderingstype nog niet vastligt voor de twee andere alternatieven. Indien technisch haalbaar, wordt de voorkeur gegeven aan monopile funderingen voor het Belwind en Eldepasco project. Voor de berekeningen van het cumulatieve biotoopverlies wordt daarom uitgegaan van de volgende twee scenario's:

- Worst Case Scenario (WCS): C-Power (graviteits; 60 turbines); Eldepasco (graviteits; 36 turbines); Belwind (graviteits; 110 turbines (3 MW));
- Meest Kansrijk scenario (MKS): C-Power (graviteits; 60 turbines); Eldepasco (monopaal; 36 turbines); Belwind (monopaal; 66 turbines (5 MW)).

Tabel 5.3.4: Cumulatief biotoopverlies

Worst Case Scenario (WCS)		*C-Power*	*Eldepasco*	*Belwind*	*Totaal*
uit te graven zone	m²	256.505	656.100	678.000	1.590.605
oppervlakte waarover gestockeerd wordt (dikte 5m) totaal	m²	233.100	324.000	834.889	1.391.989
totaal biotoopverlies	m²	489.605	980.100	1.512.889	2.982.594
relatieve oppervlakte inname tov BDNZ (dikte 5m)	%	0,014%	0,027%	0,042%	0,083%
Meest Kansrijk Scenario (MKS)		*C-Power*	*Eldepasco*	*Belwind*	*Totaal*
uit te graven zone	m²	256.505	0	0	256.505
oppervlakte waarover gestockeerd wordt (dikte 5m) totaal	m²	233.100	0	0	233.100
relatieve oppervlakte inname tov BDNZ (dikte 5m)	%	0,006%	0,000%	0,000%	0,006%
totaal biotoopverlies	m²	489.605	25.447	62.646	577.698
relatieve oppervlakte inname tov BDNZ (dikte 5m)	%	0,014%	0,001%	0,002%	0,016%

De drie windturbineparken met een totale oppervlakte van 58,13 km² (excl. veiligheidszones), nemen ongeveer 22 % in van de afgebakende wind concessiezone of ongeveer 1,6 % van het BDNZ. In vergelijking met de zand- en grindsector die goed is voor ongeveer 14% van het BDNZ is het aandeel ingenomen door de offshore windenergie beperkt.

Het cumulatieve biotoopverlies is vijf maal groter in het worst case scenario ten opzichte van het meest kansrijke scenario. De oppervlakte-inname voor beide scenario's blijft echter relatief klein in vergelijking met het gehele BDNZ (max. slechts 0,083 %). Bovendien heeft 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 negatief effect zal hebben voor beide scenario's.

Verlies aan organismen

Het verlies aan organismen is recht evenredig met het biotoopverlies. Uitgaande van de biomassa schatting van 33 g/m² wordt een verlies aan organismen verwacht dat varieert tussen de 19 ton (MKS) en 100 ton (WCS). De totale biomassa van het BDNZ wordt na extrapolatie geschat op >100.000 ton. Reeds eerder werd aangewezen dat de beschouwde zandbanken niet geïdentificeerd zijn als gebieden met een zeer hoge natuurwaarde. Er kan dus verwacht worden dat het relatieve verlies ten opzichte van de Belgische marien wateren nog kleiner zal zijn dan dat een ruwe extrapolatie van deze biomassa voor het volledige BDNZ zou geven.

Bij de keuze voor het "meest kansrijke scenario is het verlies aan organismen slechts 20% in vergelijking met het worst case scenario. 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 refugium-effect dat ontstaat door de sluiting van het gebied voor andere activiteiten. In totaal gaat het om een oppervlakte (incl. veiligheidszone 500 m) van 92,98 km² of m.a.w. 2,5 % van het BDNZ.

Het cumulatieve effect moet dus gezien worden als het negatieve effect aan verlies aan organismen door de drie parken, gecorrigeerd met het positieve effect van het refugium. Ondanks de substantiële verhoging in het WCS, wordt het verlies aan organismen door de offshore windenergie hierdoor als aanvaardbaar beschouwd voor beide scenario's.

Verstoring (geluid en trillingen)

In paragraaf 5.3.3.1 wordt het cumulatieve effect van het heien berekend als de som van de effecten per windturbinepark. Gezien het om een impulsgeluid gaat, wordt het geluid niet versterkt binnen bepaalde overlapzones waardoor het effect op benthos en vissen vergelijkbaar is als beschreven onder de respectievelijke paragrafen. Gezien de ruimte die verstoord wordt door de heiactiviteiten toeneemt, neemt ook het percentage benthos en vissen lineair toe.

EXPLOITATIEFASE

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Waterkwaliteit	Ja	
Introductie van harde substraten	Neen	S
Geluid en trillingen	Neen	>S
Andere vormen van verstoring	Ja	

(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).

Introductie van hard substraat

De bouw van een offshore windturbinepark zorgt voor een introductie van hard substraat in het van nature zandige biotoop. Meer specifiek gaat het om turbines, funderingen en erosiebescherming. Reeds in het hoofdstuk "Fauna, flora & biodiversiteit" werd uitvoerig ingegaan op de mogelijke voor- en nadelen van de introductie van hard substraat. In deze paragraaf wordt in de eerste plaats de nadruk gelegd op het oppervlak substraat (turbines + erosiebescherming) dat mogelijks gekoloniseerd kan worden door een nieuwe "rotskust"-gemeenschap. Gezien de beperkte laagdikte van de erosiebescherming (max. tot 1,6 m laag) werd er reeds opgewezen dat de niches (3-dimensionele structuur) waarschijnlijk volledig met zand zullen gevuld raken, waardoor we kunnen aannemen dat enkel het oppervlak bepalend zal zijn.

Afhankelijk van het scenario is de cumulatieve bijdrage van de 3 parken 363.224 m² (MKS) of 718.471 m² (WCS) of m.a.w. ongeveer een verdubbeling indien gekozen wordt voor graviteitsfunderingen voor de drie windinitiatieven (Tabel 5.3.5). Uit Tabel 5.3.5 wordt duidelijk dat vooral het aandeel van de erosiebescherming bepalend is. Indien we rekening houden met het gegeven dat in geval van de graviteitsfundering de erosiebescherming grotendeels onder de zeebodem zal verdwijnen daar deze voornamelijk mee ingebed ligt in de ingegraven funderingskuil, dan is de impact in het worst case scenario grotendeels te relativeren.

Tabel 5.3.5: Cumulatieve bijdrage introductie hard substraat

Worst Case Scenario		C-Power	Eldepasco	Belwind	Totaal
netto erosiebescherming	m²	230.330	237.504	180.893	648.727
turbine (15 - 20 m)	m²	16.965	10.179	42.600	69.744
totale intro hard substraat (kolonisatie)	m²	247.295	247.683	223.493	718.471
Meest Kansrijk Scenario		C-Power	Eldepasco	Belwind	Totaal
netto erosiebescherming	m²	230.330	23.637	60.696	314.663
turbine (15 - 20 m)	m²	12.370	10.179	26.012	48.561
totale intro hard substraat (kolonisatie)	m²	242.700	33.816	86.708	363.224

Een tweede mogelijks cumulatief effect van de introductie van hard substraat is de rol die deze kunnen spelen in de verspreiding en de instandhouding van niet-inheemse soorten. Reeds in de discipline "fauna en flora" werd aangehaald dat niet minder dan 90 niet-inheemse soorten zich reeds in de Belgische kustwateren gevestigd hebben. De belangrijkste anthropogene oorzaken van de toename zijn de groei in scheepvaart en aquacultuur. Gezien vreemde soorten voornamelijk door het lozen van ballastwater geïntroduceerd worden, en dit meestal niet in open zee gebeurt, zal het grootste gevaar afkomstig zijn van aquacultuur/ maricultuur. Binnen het concessiedomein van C-Power wordt de kweek van inheemse mosselculturen voorzien. Hoewel het hier om inheemse organismen gaat, kunnen zij bepaalde ziektes met zich meebrengen of kunnen zij als substraat dienen voor de introductie van bijvoorbeeld de larvale stadia van zeepokken of de Japanse oester. Vanaf deze hangculturen kunnen zij zich mogelijks verspreiden naar de harde substraten van de windturbine parken (stepping stones) en daar bepaalde andere soorten gaan domineren. Het verstoren van het ecosysteem door deze soorten is reeds gekend voor de (ondiepere, meer beschutte) kustwateren. In hoeverre deze organismen ook kunnen gedijen in het zeer dynamische, offshore milieu van het BDNZ is echter minder gekend. Bepaalde soorten zoals de Japanse oester, werden echter reeds waargenomen op boeien ver uit de kust. Het is dan ook belangrijk te wijzen op potentiële cumulatieve effecten.

Ongeacht de voor- en nadelen van deze introductie, wordt het effect in beide scenario's als aanvaardbaar beschouwd. Enige voorzichtigheid is wel op zijn plaats en verdere monitoring om deze resultaten te bevestigen zijn wenselijk.

ONTMANTELINGSFASE

Hiervoor wordt verwezen naar de cumulatieve effecten beschreven in de constructiefase.

BEKABELING

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Biotoopverstoring	Neen	>S
Verlies aan organismen	Ja	
Verstoring (sedimentatie)	Ja	
Verstoring (geluid en trillingen)	Neen	S
Elektromagnetische straling	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).

Biotoopverstoring

Algemeen kan gesteld worden dat de biotoopverstoring tengevolge van de kabeltracé van de verschillende windturbineparken naar de kust niet significant zal zijn.

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.

Verstoring (geluid en trillingen)

In paragraaf 5.3.3.2 wordt het cumulatieve effect van het geluid (onder en boven water) tijdens de constructiefase berekend. Enkel het onderwater geluid is relevant voor de bespreking van fauna en flora. Het onderwater geluid blijft beperkt tot het concessiedomein zodat hier enkel een cumulatieve toename zal zijn van het geïmpacteerd gebied. Het geluid wordt echter niet versterkt waardoor het effect op het benthos en de vissen naar verwachting beperkt blijft.

Algemeen wordt hier nogmaals gewezen dat er veel leemtes in de kennis bestaan ivm het onderzoek naar de impact van geluid door de exploitatie van meerder windturbineparken. Monitoring om de resultaten te bevestigen is aangewezen.

Elektromagnetische velden

Het cumulatieve effect van meerdere kabels binnen één park of de nabijheid van verschillende windturbineparken is nog ongekend (Gill et al., 2005). Verder onderzoek is dan ook aangewezen. We kunnen er echter wel vanuit gaan dat indien geopteerd wordt voor hetzelfde kabeltraject van C-Power het cumulatieve effect beperkt zal zijn in vergelijking met de keuze voor de aanleg van een nieuw kabeltraject naar Zeebrugge. In het laatste geval worden elektromagnetische velden gecreëerd in een nog niet-geïmpacteerd gebied, waardoor het effect groter is. Zoals aangegeven is onderzoek vereist om de dimensie van die impact te kunnen inschatten. Het is echter nog onduidelijk in welke mate het elektrisch veld zal versterkt worden door het bundelen van de kabels (scenario Oostende)

5.3.5.2 Vogels

CONSTRUCTIEFASE

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Algemene verstoring tijdens de bouwfase	Nee/Ja	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).

Algemene verstoring tijdens de bouwfase

De bouwwerkzaamheden zullen bij betere weersomstandigheden, voornamelijk tijdens de zomerperiode, plaatsvinden. Bijgevolg zullen de verstoringseffecten (tijdelijke inname van rust- en foerageergebied, verstoring door aanwezigheid van schepen en bouwplatformen, …) als gevolg van de bouwwerkzaamheden zich hoofdzakelijk tijdens deze periode voordoen.

De vogelsoorten die tijdens de periode van april tot oktober ter hoogte van de Bligh Bank voorkomen, zijn Kleine Mantelmeeuw, Jan van Gent, Zeekoet en Drieteenmeeuw. Op de Bank Zonder Naam komen voornamelijk Alk, Jan van Gent, Zeekoet en Drieteenmeeuw voor. Op basis van het eerste

monitoringrapport van de Thorntonbank (Vanermen *et al.*, 2006) kan er gesteld worden dat tijdens de zomermaanden de Thorntonbank van belang is voor Jan van Gent, Drieteenmeeuw, Grote Stern, Visdief (najaarstrek in augustus) en Kleine Mantelmeeuw. Van al deze soorten zijn Zeekoet en Alk gevoelig voor verstoring; Jan van Gent, Visdief, Grote Stern, Drieteenmeeuw en Kleine Mantelmeeuw zijn matig gevoelig voor verstoring.

De bouw van elk van de drie windturbineparken zal per park gespreid worden over een periode van 2 jaar. Momenteel staat nog niet vast wanneer de bouwwerkzaamheden effectief zullen plaatsvinden. Wat de bouw van het windturbinepark van G-Power betreft, kan er vanuit gegaan worden dat deze zal doorgaan in de zomer van 2008 en in de zomer van 2009. De start van de bouw van het windturbinepark van Eldepasco en Belwind is nog niet gekend. Er kan echter verwacht worden dat de bouw van de drie windmolenparken (gedeeltelijk) met elkaar zal overlappen.

Het cumulatieve effect van verstoring tijdens de bouw van de drie windturbineparken bestaat, in geval ze samen zouden gebouwd worden, uit de som van de effecten voor elk van de windturbineparken. Er kan wel gesteld worden dat het effect van verstoring kleiner zal zijn indien er geen overlapping in bouwperiodes zou zijn. Op die manier zal de zone waar verstoring zal optreden kleiner zijn dan wanneer alle parken tegelijk worden gebouwd. 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.

EXPLOITATIEFASE

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Verstoringseffect pleisterende, foeragerende vogels	Neen	>S
Aanvaringseffect t.o.v. trekvogels	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).

Verstoringseffect t.o.v. pleisterende, foeragerende vogels

De aanwezigheid van de windturbineparken kan voor verstoringsgevoelige zeevogelsoorten een verlies van habitat betekenen. Dit is voornamelijk het geval tijdens de winterperiode, waarbij grote aantallen zeevogels zich op het BDNZ concentreren vooraleer ze naar hun broedgebieden trekken. De aanwezigheid van de windturbineparken kan tevens een vermindering van foerageergebied betekenen voor bepaalde verstoringsgevoelige vogelsoorten.

Jan van Gent, Zeekoet, Alk en Drieteenmeeuw zijn soorten die in grote aantallen voorkomen ter hoogte van de drie windturbineparken. Kleine Mantelmeeuw en Grote Mantelmeeuw zijn eerder algemene soorten die verspreid over het BDNZ voorkomen. De drie banken (Bligh Bank, Thorntonbank en Bank Zonder Naam) vormen voor deze soorten geen concentratiegebieden.

Er bestaat vooralsnog onduidelijkheid over de uitstralende werking van een offshore windpark en dus ook over het werkelijke effect van ruimtebeslag van een windturbinepark of meerdere samen op zee. De inschatting van het cumulatieve verstoringseffect van de drie windturbineparken samen wordt gebaseerd op, enerzijds de algemene uitstralende werking van elk windturbinepark en anderzijds het vermijdingsgedrag van de soorten die er voorkomen. De algemene uitstralende werking is afgeleid van het vermijdingsgedrag van de soorten, maar wordt toch als een afzonderlijke parameter beschouwd voor bepaling van het verstoringseffect.

Uitstralende werking van een windturbinepark

Uit ervaringen in Denemarken wordt de uitstralende werking van één windturbinepark op enkele kilometers ingeschat. Bureau Waardenburg heeft een verstoring voor zeevogels geconstateerd tot op een afstand van zeker 4 kilometer tot het park van Horns Rev (Grontmij, 2006).

Als parken dicht tegen elkaar worden gebouwd, kan er bijgevolg een zekere overlapping van de verstoringseffecten optreden. Het windturbinepark van Belwind ligt op ca. 5 km van het windturbinepark van Eldepasco. Dat van Eldepasco ligt op ca. 6 km van dat van C-Power. Rekening houdend met een uitstralende werking van ongeveer 4 km, kan er bijgevolg naar verstoring toe aangenomen worden dat de drie windturbineparken samen als één cluster kunnen beschouwd worden. Dit heeft tot gevolg dat ook de zeegebieden tussen de afzonderlijke windturbineparken aan kwaliteit als zeevogelhabitat kunnen inboeten. Indien hiermee rekening wordt gehouden, zal de zone waar de windmolenparken gelegen zijn met een zone van 4 km errond minder geschikt zijn als habitat voor bovenvermelde zeevogels. Deze zone komt ongeveer overeen met de volledige windconcessiezone (= de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie volgens het KB 17/05/2004) die op het BDNZ is afgebakend. Deze zone heeft een oppervlakte van ca. 263 km² of 3,7 % van het BDNZ. Dit cumulatief effect kan echter op basis van de huidige gegevens niet hard gemaakt worden. Bijkomend onderzoek naar dit mogelijks cumulatieve effect en naar de uitstralende werking van één windturbinepark is noodzakelijk.

Vermijdingsgedrag van vogelsoorten

Onderzoek ter hoogte van Horns Rev (Grontmij, 2006) toont aan dat de vermijding binnen een operationeel windturbinepark voor de meest gevoelige soorten zoals Alk / Zeekoet[23] 100 % bedraagt. In een zone tot 2 km rond het park werd voor deze twee soorten nog aanzienlijk verminderde aantallen gevonden, met respectievelijk 87 en 47 %. Tussen de twee en vier kilometer van dit park was dit nog 56 en 28 %. Verder weg van het park geven de Deense onderzoekers geen getallen, maar gezien het bovenstaande, mag verondersteld worden dat ook verder dan 4 km nog enige verstoring optreedt voor deze soorten.

Voor Jan van Gent waren alleen cijfers beschikbaar van de zone van 2-4 km vanaf de periferie van het windpark, waar een reductie van de aantallen ten opzichte van de nulsituatie werd gemeten van ca. 80 %. Op basis van dat gegeven werd verondersteld dat het vermijdingspercentage in het park 100 % bedraagt en ca. 90 % bedraagt in de zone van 0-2 km.

Hetzelfde Deense onderzoek liet geen vermijdingsgedrag zien bij Zilvermeeuw, Dwergmeeuw, Noordse Stern / Visdief[23]. Ook Everaert & Stienen (2006) geven aan dat de aanwezigheid van de windturbines op de strekdammen van de haven van Zeebrugge weinig verstoring, afgezien van de aanvaringen, tot gevolg heeft op de broedende sternen op het sterneneiland. Hier dient wel opgemerkt dat er in geval van het sterneneiland vanuit gegaan wordt dat de broedende sternen enige gewenning vertonen t.o.v. de aanwezige windturbines die op de strekdam aanwezig zijn.

Voor Drieteenmeeuw die een belangrijke soort is ter hoogte van de drie windturbineparken zijn er geen onderzoeksgegevens voorhanden. Met enige voorzichtigheid zou er kunnen aangenomen worden dat deze soort op gelijkaardige manier zal reageren als de andere meeuwensoorten t.h.v. Horns Rev. Vanermen *et al.* (2006) geven aan dat Drieteenmeeuw matig gevoelig is voor verstoring. Gezien de meeuwen binnen een windturbinepark geen vermijding vertonen, kan er bijgevolg verwacht worden dat de meeuwen (inclusief Drieteenmeeuw) geen vermijding zullen vertonen t.o.v. de aanwezigheid van drie windturbineparken die gemiddeld op ca. 5 km ten opzichte van elkaar gelegen zijn.

[23] Alk en Zeekoet enerzijds en Noordse Stern en Visdief anderzijds worden als een eenheid beoordeeld, omdat ze vanuit het vliegtuig niet van elkaar worden onderscheiden.

Wat Jan van Gent betreft, wordt op basis van de huidige informatie het cumulatief effect van de aanwezigheid van de drie windturbineparken als significant beschouwd. Deze soort vertoont namelijk een Voor de zone van 4-6 km wordt een vermijdingspercentage van 10 % aangenomen. De drie windturbineparken zijn op een gemiddelde afstand van 5 km van elkaar verwijderd, waardoor een overlapping ontstaat tussen de zones waar een significant vermijdingsgedrag optreedt. Op basis van dit gegeven en in een worst case benadering, kan er verwacht worden dat Jan van Gent de volledige concessiezone voor windturbineparken (ca. 263 km² of 7,3 % van het BDNZ) die op het BDNZ afgebakend is zo goed als volledig zal vermijden. Aangezien deze redenering momenteel enkel gebaseerd is op de vaststellingen ter hoogte van Horns Rev, is monitoring van dit verstoringseffect van belang.

Besluit

Op basis van bovenstaande vaststellingen kan het volgende besloten worden:

- Indien rekening gehouden wordt met een cluster van windturbineparken met een interne en externe uitstralende werking van ca. 4 km, zal de zone waar een verstorend effect zal optreden ongeveer even groot zijn als de volledige concessiezone voor windparken die op het BDNZ is afgebakend. Deze zone heeft een oppervlakte van ca. 263 km² of 7,3 % van het BDNZ. Op basis van deze redenering wordt het cumulatieve verstoringseffect op verstoringsgevoelige soorten die een groot vermijdingspercentage hebben als significant beoordeeld. Het betreft Alk / Zeekoet en Jan van Gent. Indien dit effect in relatie wordt gebracht met het aandeel van de totale biogeografische populatie die gebruik maakt van de Zuidelijke Noordzee, die voor Jan van Gent, Alk en Zeekoet geschat wordt op respectievelijk ca. 4-7 %, < 2 % en < 1 % (Stienen & Kuijken, 2003), wordt het effect uiteindelijk als matig negatief ingeschat. Bovendien worden de banken waar de windturbineparken op gebouwd zullen worden voor deze soorten niet als concentratiegebieden beschouwd.
- Op basis van bovenstaande informatie kan met enige voorzichtigheid gesteld worden dat het cumulatieve effect van de cluster van windturbineparken weinig effect zal hebben op meeuwen, waarbij Drieteenmeeuw, Kleine Mantelmeeuw en Grote Mantelmeeuw de belangrijkste soorten zijn ter hoogte van de windturbineparken.
- Wat Noordse Stern / Visdief betreffen, wordt op grond van de eerste resultaten uit de Deense Horns Rev studie, geen negatief cumulatief effect verwacht.

Aanvaringseffect t.o.v. trekvogels

Wat het aanvaringseffect ten opzichte van trekvogels betreft, zijn er momenteel nog geen monitoringgegevens voorhanden inzake het cumulatieve effect van offshore windturbineparken. Dergelijk onderzoek, waarbij op terrein geïnventariseerd wordt, is tot op heden nog niet uitgevoerd aangezien er nog nergens een bundeling van windturbineparken bestaat. Er kan voorzichtig aangenomen worden dat het cumulatieve effect een som van de afzonderlijke effecten zal zijn. Het aanvaringseffect wordt namelijk hoofdzakelijk bepaald door de hoogte waarop de vogels vliegen, wat waarschijnlijk minder afhankelijk is van de grootte en configuratie van het/de park(en).

De Thorntonbank en de Bank Zonder Naam vormen een belangrijk doortrekgebied tijdens de voor- en najaarstrek voor Jan van Gent en Drieteenmeeuw. Gezien hun wijd verspreide voorkomen (zowel op het BDNZ als in de rest van de Noordzee) kunnen beide banken echter niet aangeduid worden als zijnde van specifiek belang voor deze en andere algemene soorten. De Thorntonbank is tijdens de najaarstrek wel van groot belang voor enkele Bijlage I soorten, nl. Grote Stern, Visdief en Dwergmeeuw. Voor deze soorten is het momenteel nog niet duidelijk of zij optreden als pleisteraars of als eerder kortstondige doortrekkers. De Bligh Bank is vooral van belang als doortrekgebied voor Jan van Gent en Zilvermeeuw. Voor de volledigheid worden ook Alk en Zeekoet in beschouwing genomen aangezien deze soorten belangrijke overwinteraars zijn ter hoogte van de concessiegebieden en bijgevolg ook lange tijd in de omgeving van de windturbineparken zullen verblijven en bijgevolg negatief kunnen beïnvloed worden door aanvaring.

Het aanvaringsrisico voor vogels wordt zoals reeds aangehaald, voornamelijk bepaald door de hoogte waarop ze vliegen. Op basis van de vaststellingen van Vanermen *et al.* (2006), Garthe & Hüppop (2004) en Scira (2006) kan het volgende gesteld worden:

- Zeekoet, Alk, Visdief, Dwergmeeuw, Drieteenmeeuw, Grote Stern en Jan van Gent zijn vogels die zelden of nooit hoger vliegen dan 25 m ten opzichte van het wateroppervlak. Garthe & Hüppop (2004) stelden vast dat Zeekoet en Dwergmeeuw onder de 5 m vlogen; Visdief vloog tussen de 5 en 10 m; Grote Stern vloog tussen de 10 en 20 m. Op basis van deze gegevens kan er aangenomen worden dat de kans dat deze vogels in aanvaring komen met de windturbines eerder klein is. De aanwezigheid van meerdere windturbineparken binnen een bepaalde zone zal waarschijnlijk weinig aan hun vlieggedrag veranderen en zal bijgevolg niet leiden tot een bijkomend cumulatief effect.
- Kleine Mantelmeeuw, Grote Mantelmeeuw en Zilvermeeuw zijn soorten die in respectievelijk 12 %, 14 % en 9 % van de gevallen op een hoogte van meer dan 25 m werden waargenomen. Garthe & Hüppop (2004) stelden vast dat Grote Mantelmeeuw tussen de 10 en 20 m vloog; Kleine Mantelmeeuw en Zilvermeeuw vlogen tussen de 20 en 50 m. Deze soorten 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 windturbineparken 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 noodzakelijk.

Naast de typische zeevogelsoorten komen boven het BDNZ ook grote aantallen niet-zeevogels voor. Waarnemingen die ter hoogte van de Thorntonbank zijn uitgevoerd (Vanermen *et al.*, 2006) tonen wel aan dat de doortrek van vogelsoorten het meest intens is langsheen de kust. Verder op zee gebeurt de trek via een breed front. In hoeverre de aanwezigheid van een cluster van windturbineparken een invloed zal hebben op deze niet-zeevogels vormt tot op de dag van vandaag een leemte in de kennis. Verdere monitoring is hierbij noodzakelijk.

Of er een cumulatief effect zal optreden tussen het verstorings- en aanvaringseffect is moeilijk te voorspellen. Er kan op basis van beide aspecten wel gesteld worden dat meeuwen meer gevoelig zijn door aanvaring aangezien zij bovendien minder vermijding vertonen t.o.v. windturbineparken.

Vogels die 100% vermijding vertonen, zoals Jan van Gent, Alk en Zeekoet, t.o.v. windturbineparken hebben op die manier minder kans om in aanvaring te komen met de windturbines.

Er dient verder onderzoek gedaan worden naar dit cumulatieve effect.

5.3.5.3 Zeezoogdieren

Op het BDNZ kunnen vier zeezoogdieren als algemene en vrij voorkomende soorten beschouwd worden: Bruinvis, Witsnuitdolfijn, Gewone Zeehond en Grijze Zeehond. Bruinvis is de meest algemene soort in de Belgische mariene wateren. Bruinvissen komen het hele jaar voor, maar worden vooral in het voorjaar (januari tot mei) in meerdere mate waargenomen.

Op basis van een verspreidingskaart van de zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren (Courtens et al., 2006) kan er afgeleid worden dat de Bligh Bank en de Bank Zonder Naam van minder belang zijn voor zeezoogdieren. Ter hoogte van de Thorntonbank werden wel een aantal Bruinvissen en Witsnuitdolfijnen waargenomen.

Ten opzichte van de totale populatiegrootte van Bruinvissen, Witsnuitdolfijnen en zeehonden in de zuidelijke Noordzee stelt Stienen et al. (2003) dat de populatie van deze soorten op het BDNZ op internationaal vlak van onderschikt belang is.

De cumulatieve effecten op zeezoogdieren worden afzonderlijk besproken voor de constructie- en de exploitatiefase. De effecten die tijdens de ontmantelingsfase zullen optreden, zullen gelijkaardig zijn als tijdens de constructiefase.

CONSTRUCTIEFASE

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Verstoring tijdens seismisch onderzoek	Ja	
Wijziging in voedselbeschikbaarheid	Ja	
(Rust)verstoring	Neen (monopile)	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).

Verstoring tijdens seismisch onderzoek

Seismisch onderzoek kan leiden tot een (tijdelijk) gehoorverlies of dood voor sommige walvisachtigen. De geluidsfrequenties die veroorzaakt worden door het seismisch onderzoek zullen echter niet interfereren met de geluidsfrequenties van Bruinvissen en zeehonden. Het effect op de zeezoogdieren die in de Belgische mariene wateren voorkomen, wordt bijgevolg als verwaarloosbaar ingeschat. Op basis van dit gegeven worden er tevens geen cumulatieve effecten verwacht.

Wijziging in voedselbeschikbaarheid

Tijdens de bouwfase wordt verwacht dat de vispopulaties van Kabeljauw en Haring tijdelijk zullen afnemen. Deze vissoorten vormen de belangrijkste voedselbronnen voor Bruinvis.

Indien de drie windmolenparken tegelijkertijd zouden gebouwd worden, zal een groot deel van het concessiegebied voor windmolens verstoord zijn en bestaat een reeële kans dat Haring en Kabeljauw de volledige zone tijdelijk verlaten. Toch wordt het cumulatief effect als gering beoordeeld omwille van de volgende feiten:

- De wijziging in voedselbeschikbaarheid is tijdens de bouwperiode tijdelijk van aard;
- Twee van de drie gebieden waarop een windmolenpark zal gebouwd worden, zijn van minder belang voor zeezoogdieren;
- Bruinvissen komen voornamelijk in de periode januari tot mei in grotere aantallen voor en met de huidige planning zal de bouw van de windmolenparken hoofdzakelijk tijdens de zomermaanden plaatsvinden;
- De totale populatiegrootte van Bruinvis, Witsnuitdolfijn en zeehonden op het BDNZ is op internationaal vlak van ondergeschikt belang.

(Rust)verstoring

Tijdens de constructiefase zullen de verschillende bouwactiviteiten een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen met zich meebrengen. Vooral het inheien van de monopalen kan tot een significant negatief effect leiden op Bruinvis en zeehonden. Het voorzien van gravitaire funderingen zal niet leiden tot een significant negatief effect. Bij deze techniek dient er namelijk niet geheid te worden.

Bij de bouw van het windmolenpark van C-Power zal een gravitaire fundering gebruikt worden. Voor de andere twee windmolenparken staat het nog niet vast welk type fundering er zal gehanteerd worden.

Indien het windmolenpark van Ecofys Netherlands en Eldepasco tegelijk wordt gebouwd en er monopalen voorzien worden, zal er bijgevolg door het heien een cumulatief effect optreden. Dat effect zal gelijk zijn

aan de som van de effecten per windpark. Indien echter rekening gehouden wordt met het feit dat de bouwfase slechts tijdelijk van aard is en de zeezoogdieren op het BDNZ op internationaal vlak van ondergeschikt belang zijn, wordt het effect als matig negatief beoordeeld.

Niettegenstaande de totale populatiegrootte van zeezoogdierensoorten die op het BDNZ voorkomen op internationaal vlak van ondergeschikt belang is, is het uit het voorzorgsprincipe toch aangewezen om tijdens de bouwfase een afschrikmechanisme te voorzien om het effect op de zeezoogdieren zo gering mogelijk te houden. Dit is zowel het geval voor de bouw van één park als indien de twee parken tegelijk gebouwd worden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, zal het effecten van rustverstoring op zeezoogdieren sterk gemilderd worden.

EXPLOITATIEFASE

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Rustverstoring	Neen	S
Fysische aanwezigheid van het windturbinepark	Neen	S??
Wijziging in voedselbeschikbaarheid	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).

Rustverstoring

Tijdens de exploitatiefase produceren de windmolens geluid in de lucht en via de windturbine en de fundering ook in het water. Het geluid gemeten onder water levert een verwaarloosbare bijdrage aan het onderwatergeluid. Experimenten (Koschinski et al., 2003) en recente monitoringstudies van het windmolenpark van Horns Rev (Tougaard et al., 2006a; Tougaard et al., 2006b; Vattenfall A/S, 2006) tonen eveneens aan dat de geluidsproductie van de windmolens tijdens de exploitatiefase geen impact heeft op het gedrag van de Bruinvissen.

Er treedt evenwel een cumulatief effect op, als som van het geproduceerde onderwatergeluid van alle windmolens samen, maar er kan verwacht worden dat dit geen significant effect zal hebben op de aanwezige zeezoogdieren. Toch is monitoring aangewezen om het cumulatief effect van de drie windmolenparken te evalueren en op te volgen.

Fysische aanwezigheid van het windturbinepark en verstoring door onderhoudswerken

De aanwezigheid van windturbines en/of onderhoudswerkzaamheden kunnen een impact hebben op de vermindering in gebruik van een gebied of kunnen leiden tot een volledig verlaten van een gebied.

Observaties in het offshore windpark bij Vindeby en Tuno Knob (Denemarken) tonen aan dat Bruinvissen niet verstoord worden door de fysische aanwezigheid van windturbines die niet in werking zijn. Recente monitoringstudies op Horns Rev (Tougaard et al., 2006c; Teilmann et al., 2006c; Teilmann et al., 2005; Edrén et al., 2005) stelden geen effect vast op de Bruinvissen die binnen het park voorkomen. Met enige voorzichtigheid zou er kunnen verwacht worden dat er enige gewenning optreedt. Bij gebrek aan gegevens kan deze veronderstelling echter niet hard gemaakt worden. Studies die ter hoogte van het windmolenpark van Nysted zijn uitgevoerd geven echter aan dat er wel een verstoring van de Bruinvissen optreedt. Ook Carstensen et al. (2005) geven aan dat Bruinvissen windmolenparken lijken te mijden.

Op basis van deze onderzoeksresultaten kan er bijgevolg geen eenduidig effect vastgesteld worden.

Het cumulatief effect bestaat uit de som van de effecten per park afzonderlijk en kan naar alle waarschijnlijkheid als gering negatief worden beoordeeld. Wat de drie geplande windmolenparken op het

BDNZ betreffen, kan er namelijk gesteld worden dat de Bank Zonder Naam en de Bligh Bank van minder belang zijn voor zeezoogdieren. De Thorntonbank daarentegen wordt wel gebruikt als foerageergebied voor Witsnuitdolfijn en Bruinvis. Aangezien de andere twee parken minder gebruikt worden door zeezoogdieren, wordt het cumulatieve effect als gering negatief ingeschat.

Volgende kanttekening dient wel gemaakt te worden. Indien de drie gebundelde windmolenparken die relatief dicht op elkaar staan door de zeezoogdieren als een aaneengesloten geheel ervaren zullen worden en ook het gebied tussen de locaties zodanig onaantrekkelijk wordt, bestaat een kans dat ze er niet meer willen foerageren. Zelfs indien er een volledige vermijding optreedt t.o.v. de windmolenparken, zal het aantal gestoorde Bruinvissen zowieso gering zijn t.o.v. de totale Noordzee-populatiegrootte die ca. 250.000 dieren betreft (Hammond et al., 2002). Voor Bruinvis is er dus wel een effect te verwachten, maar slechts voor een zeer gering aantal dieren in vergelijking met de volledige Noordzee-populatiegrootte.

Wijziging in voedselbeschikbaarheid

Momenteel is er nog te weinig onderzoek uitgevoerd naar de wijziging van de voedselbeschikbaarheid voor zeezoogdieren als gevolg van de aanwezigheid van windmolenparken. Er bestaat een mogelijkheid dat rond gravitaire en caissonfundering in vergelijking met een monopile en tripode meer vissen zullen voorkomen, door een grotere aanwezigheid van nieuw, artificieel, hard substraat. Bewijzen van deze veronderstelling zijn er echter nog niet. Monitoring is bijgevolg aangewezen.

5.3.6 Zeezicht en cultureel erfgoed

De cumulatieve effecten onder het hoofdstuk "Zeezicht en cultureel erfgoed" worden besproken voor de constructie- en exploitatiefase. De effecten die tijdens de ontmantelingsfase zullen optreden zijn van dezelfde aard als tijdens de constructiefase.

5.3.6.1 Constructiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Effect op zeezicht	Ja	
Effect op cultureel erfgoed (op land)	Ja	
Effect op cultureel erfgoed (op zee) (als gevolg van bekabeling)	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).

Tijdens de bouw van de drie windmolenparken zullen de cumulatieve effecten op zeezicht en op het cultureel erfgoed niet significant zijn. Ter hoogte van de windturbineparken zijn er geen wrakken gesitueerd, waardoor er binnen de concessiezones geen negatieve effecten verwacht worden op het cultureel erfgoed. De beïnvloeding van het zeezicht door het af- en aanvaren van schepen enerzijds en het uitvoeren van de bouwwerkzaamheden anderzijds, wordt omwille van de grote afstand als niet-significant beschouwd. Deze effectbeoordeling geldt eveneens indien er een overlapping van de bouwperiodes van de drie windmolenparken zou optreden.

Ter hoogte van de tracé's die in aanmerking komen voor het voorzien van de zeekabels van de verschillende windmolenparken tot aan land, zijn enkele wrakken gesitueerd. Het cumulatieve effect door het voorzien van de bekabeling van de drie windmolenparken bestaat uit de som van de effecten voor elk van de windmolenparken. Er treedt geen bijkomende versterking van het effect op.

Indien de kabels van de verschillende parken tegelijkertijd en zo dicht mogelijk bij elkaar worden aangelegd, kan er een vermindering van het effect optreden. Daarom wordt als milderende maatregel voorgesteld om indien technisch mogelijk de aanleg van de zeekabels voor de verschillende parken maximaal te combineren (inzake planning en/of inzake aanleg van gemeenschappelijke kabels).

5.3.6.2 Exploitatiefase

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Effect op zeezicht	Ja	
Effect op cultureel erfgoed (op land en op zee)	Ja	

De aanwezigheid van de drie windmolenparken samen op zee zal geen effect hebben op de culturele erfgoedwaarden op land en op zee (wrakken).

Wat het aspect zeezicht betreft, zal de afstand in combinatie met de natuurlijke kromming van de aardbol resulteren in een gedeeltelijk 'verdwijnen' van de windturbines achter de horizon. Daarnaast is de zichtbaarheid nooit 100% en wordt deze mede bepaald door meteorologische omstandigheden zoals temperatuur, luchtvochtigheid, turbulentie, … De visuele waarneembaarheid van de windturbineparken met het blote oog en vanaf de kustlijn zal bijgevolg zo goed als onbestaand zal zijn. Enkel tijdens heel helder weer zal vanaf de kust een deel van de masten in mindere mate waarneembaar zijn.

Voor een visualisatie van het cumulatieve effect van de verschillende windmolenparken, zijn door Belwind een viertal simulaties uitgevoerd van hoe het zeezicht zal wijzigen bij aanwezigheid van de drie windmolenparken (C-Power, Eldepasco, Belwind) (Figuur 5.3.3, Figuur 5.3.4, Figuur 5.3.5 en Figuur 5.3.6). De simulaties zijn uitgevoerd vanaf de kust t.h.v. Knokke enerzijds en vanaf de vaarroute anderzijds. Er zijn visualisaties uitgevoerd met 20 km zicht en 40 km zicht. Daarnaast is een visualisatie uitgevoerd met een zoom of tele, waarbij een beeldhoek van 5° wordt bekomen.

Figuur 5.3.3: Zicht vanaf de vaargeul richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km (beeldhoek 35°)

Figuur 5.3.4: Zicht vanaf Knokke richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km (beeldhoek 35°)

Figuur 5.3.5: Zicht vanaf de vaargeul richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 20 km (beeldhoek 35°)

Figuur 5.3.6: Ingezoomd zicht vanaf Knokke met een beeldhoek van 5°

Op basis van deze visualisaties kan er met betrekking tot cumulatieve effecten het volgende besloten worden:

- Vanuit Knokke en de andere badsteden zullen de windmolenparken zelfs met een zichtbaarheid van 40 km nauwelijks zichtbaar zijn. Zelfs bij helder weer zullen de individuele windmolens moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn. De windmolenparken zullen in geen geval beeldaspectbepalend zijn.
- Vanaf de vaargeul zullen de windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km en 20 km wel zichtbaar zijn. Vooral de dichtst bij gelegen windmolens van het windmolenpark van C-Power zullen zichtbaar zijn. Ook hier kan er gesteld worden dat de windmolenparken niet beeldaspectbepalend zullen zijn.
- Bij een ingezoomd beeld vanuit Knokke, waarbij een beeldhoek van 5° wordt bekomen, zullen de windmolens van C-Power duidelijk zichtbaar zijn. De verschillende individuele molens zullen van elkaar te onderscheiden zijn. De windmolens van Belwind en van Eldepasco zullen, afhankelijk

van de plaats waar de waarnemer zich bevindt minder zichtbaar zijn, omdat ze zich op een grotere afstand bevinden en omdat ze 'achter' de windmolens van C-Power geplaatst zijn.

- Algemeen gezien kan er besloten worden dat alle drie de windmolenparken op een te grote afstand van de kust gelegen zijn om een significant negatief effect te vertonen m.b.t. het zeezicht. Ook vanaf de vaargeul wordt het effect niet als significant beoordeeld.

5.3.7 Mens

De cumulatieve effecten onder het hoofdstuk "Mens" worden besproken per gebruiksfunctie. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de constructie-, exploitatie- en ontmantelingsfase daar dit minder relevant is.

Effect	*Verwaarloosbaar*	*Cumulatief*
Visserij (verlies visserijgebieden)	Neen	S
Militaire activiteiten	Ja	
Kabels en pijpleidingen	Neen	S
Scheepvaart	Ja	
Zand en grindontginning	Ja	
Maricultuur	Neen	<S
Natuurgebieden	Ja	

(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).

VISSERIJ

In het hoofdstuk "Mens" werd aangegeven dat het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden in het algemeen ervaren wordt als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee. Naarmate meer windturbineparken gerealiseerd worden, neemt het verlies aan visgronden evenredig toe. Indien we uitgaan van de ruwe schatting dat 85 % van het BDNZ kan bevist worden (Ecolas, 2003), zou dit neerkomen op een bijkomend verlies van 2,5% tengevolge van de 3 windturbineparken indien de veiligheidszones rond de concessiegebieden in rekening worden gebracht. Ten opzichte van het beviste gebied van de Noordzee (ca. 171.500 km² (Grontmij, 2006b)) gaat ongeveer 0,1% verloren. Daarnaast kan de afsluiting van een groot aaneengesloten gebied (windconcessie zone) ertoe leiden dat de vaartijd van vissersschepen toeneemt.

Een duidelijk verspreidingspatroon van de visgebieden en de paaigebieden van de vissen is niet beschikbaar voor de Belgische mariene gebieden. Gebaseerd op beschikbare studies zijn zowel de Thorntonbank, de Bligh Bank als de Bank Zonder Naam van minder belang voor de Belgische visserij. Op basis van deze gegevens wordt het cumulatieve effect op de visserij als beperkt ingeschat en daarom neutraal beoordeeld.

Naast het ruimtelijke verlies spelen de cumulatieve korte en langetermijneffecten tijdens de constructie en exploitatie fase op de vissen een rol voor de visserijsector. Mogelijke cumulatieve negatieve effecten worden veroorzaakt door het heien van de palen en het ontstaan van elektromagnetische stralingen (kabels). Voorlopig wordt dit effect echter beperkt tot matig ingeschat. Daarnaast kan een afsluiting van het gebied voor (boomkor)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 paragraaf "Fauna en flora".

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 visserschepen te voorkomen.

MILITAIRE ACTIVITEITEN

Zowel de domeinconcessie van C-Power, Eldepasco als Belwind vertoont een overlap met de militaire zone voor schietoefeningen op drijvende doelen. Deze schietoefeningen vinden slechts zeer sporadisch plaats en zullen worden afgeschaft eenmaal er turbines staan. Op termijn wordt de militaire oefenzone verplaatst zodat er geen overlapping meer zal zijn (m.m. Cathy Plasman – Adviseur Kabinet Landuyt). Er worden dan ook geen effecten verwacht.

KABELS EN PIJPLEIDINGEN

In het BDNZ liggen diverse kabels en pijpleidingen. Kruisingen met bestaande kabels en pijpleidingen zijn dus onvermijdelijk bij het trekken van kabels vanaf de windturbineparken naar de kust. 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 veiligheidszone rondom bestaande kabels en pijpleidingen.

Het aantal nieuw te leggen kabels en daarmee het aantal kruisingen hangt direct samen met het te transporteren vermogen. Technisch gezien moeten dus verschillende kabels getrokken worden vanuit de diverse windturbineparken 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 (som van de verschillende kabels) is zeer klein. Er kan bovendien aangenomen worden dat indien gekozen wordt voor een synergie tussen de verschillende parken naar kabeltracé (aanlanding Oostende), het cumulatieve effect (technisch, milieu-impact,…) tengevolge van de tracés van de verschillende windturbineparken 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.

SCHEEPVAART

Scheepvaart bestaat uit beroepsvaart en recreatievaart. Het cumulatieve effect van de windturbineparken op de scheepvaartveiligheid in de scheepvaartroutes wordt behandeld in onder de paragraaf "Veiligheid".

De windturbineparken liggen op relatief verre afstand van de kust (min. 27 km). Het effect van de sluiting van de concessiegebieden voor recreatie zal hierdoor zeer beperkt zijn.

ZAND EN GRINDONTGINNING

De aangeduide concessiegebieden voor aggregaatextractie (KB 01/09/2004) vertonen geen overlap met de aangeduide zone voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004). Daarenboven kruisen de kabeltracés van de verschillende windenergieparken de zandwinningsgebieden niet. Er worden dan ook geen cumulatieve effecten verwacht ten gevolge van de bouw van de offshore windenergie initiatieven met de zand- en grindontginning.

Een kleine opmerking dient echter gemaakt te worden vanuit commercieel oogpunt. De mogelijkheid wordt nagegaan om de zandoverschotten die ontstaan bij de aanleg van gravitaire funderingen te

verkopen. Uit milieu-oogpunt wordt deze mogelijkheid gestimuleerd. De economische gevolgen van deze mogelijke zandverkoop voor de aggregaatsector valt echter buiten het opzet van deze MER.

MARICULTUUR

Er worden geen negatieve cumulatieve effecten verwacht. Integendeel, de afwezigheid van scheepvaart en boomkorvisserij in de verschillende concessiegebieden kunnen een positieve bijdrage leveren tot de mosselcultuur zoals reeds besproken onder het hoofdstuk "Mens".

NATUURGEBIEDEN

Cumulatieve effecten van de 3 windturbine parken op de beschermde natuurgebieden kunnen enkel ontstaan ten gevolge van de aan te leggen kabeltracés. De concessiegebieden zelf liggen immers te ver van deze natuurgebieden.

Reeds eerder werd aangehaald dat gestreefd moet worden naar bundeling van kabels daar deze het ruimtebeslag zoveel mogelijk beperken. Indien de kabellegging gebeurt volgens de bestaande richtlijnen dan wordt het cumulatieve effect als aanvaardbaar beschouwd.

5.3.8 Veiligheidsaspecten

Er wordt verwacht dat de belangrijkste cumulatieve effecten voor de discipline Veiligheidsaspecten zullen optreden voor de deelaspecten "Scheepvaart" en "Radar en scheepscommunicatie". Zodoende zullen deze hieronder uitvoeriger beschreven worden.

5.3.8.1 Scheepvaart

De cumulatieve effecten voor en door de scheepvaart zijn bepaald in een deelstudie door MARIN (mei 2007). Het volledige rapport bevindt zich in bijlage. De belangrijkste conclusies worden hier kort herhaald.

CONSTRUCTIEFASE

Op basis van de informatie van MARIN (2007) uit de kwalitatieve effectbeschrijving tijdens de exploitatiefase wordt verondersteld dat door de aanwezigheid van de beide andere parken het totale risico voor de drie parken niet veel zal afwijken van de som van het risico van de individuele parken.

Anders gezegd, rekening houdende met de informatie uit de discipline Veiligheidsaspecten (zie 4.9), betekent dit met een eenvoudige regel van drie dat de maximale verhoogde kans op een aanvaring tussen twee schepen 8,7% bedraagt voor de bouw van de drie windmolenparken, dit betekent een maximale extra kans van 0,057 ongevallen per jaar. De maximale verhoogde kans van 8,7 % is kleiner dan het extra risico op milieuschade van 9,8% per jaar voor het 3 MW windmolenpark op de Bligh Bank (zie Discipline Veiligheidsaspecten, paragraaf "Gevolgschade voor het milieu") door een aanvaring/aandrijving met een windturbine.

EXPLOITATIEFASE

Kwantitatief

Het cumulatieve effect voor en door de scheepvaart is bepaald volgens de aanpak beschreven in 3.6. Het cumulatieve effect is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten van Bligh Bank gecombineerd met de effecten van de beide andere initiatieven op in de Belgische EEZ, zijnde C-power en Eldepasco.

De inrichtingen van de beide andere parken en de basis inrichtingsvariant van Bligh Bank zijn weergegeven in Figuur 5.3.7 met de verkeersdatabase waarbij Bligh Bank is vrijgemaakt. In Figuur 5.3.8 zijn de parken weergegeven met de verkeersdatabase waarbij de drie locaties van de windparken zijn vrijgemaakt

Figuur 5.3.7: Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alleen Bligh Bank is vrijgemaakt

Figuur 5.3.8: Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alle parken zijn vrijgemaakt

Voor de drie windparken, Bligh Bank, C-power en Eldepasco, samen 810 aan geïnstalleerd vermogen, wordt voor de 5 MW basis eens in de 8,8 jaar een aanvaring of aandrijving met een windturbine van een van de drie parken verwacht, waarbij dit naar verwachting eens in de 227 jaar zal leiden tot een uitstroom van lading of bunkerolie. Dit is een toename van 14%. Voor de 3 MW variant is dit eens in de 7,2 jaar een incident en eens in de 177 jaar een uitstroom van lading of bunkerolie (zie ook Tabel 5.3.6).

Tabel 5.3.6: Cumulatieve effecten voor Bligh Bank met C-power en Eldepasco

Cumulatief 810 MW		*Aantal aanvaringen (rammen) per jaar*		*Aantal aandrijvingen (driften) per jaar*		*Totaal per jaar*	*Kans op uitstroom per jaar*
Bligh Bank	*Andere parken*	*R-schepen*	*N-schepen*	*R-schepen*	*N-schepen*		
5 MW (basis)	5 MW	0,016883	0,024538	0,064078	0,008388	0,113887	0,004401
3 MW	5 MW	0,017538	0,029604	0,081605	0,010335	0,139083	0,005653

Wanneer er, door de energie die de windparken opleveren, minder transport van olie (voor gebruik als alternatieve energiebron) over zee hoeft plaats te vinden, dan leidt de bouw van windparken ook tot een lagere kans op een olie-uitstroom. Uit eenvoudige berekeningen blijkt dat er een vermindering van het olietransport in de Belgische EEZ met 0,15% zal plaatsvinden, dus 0,15% minder kans op een olie-uitstroom door een ander incident. Dit weegt niet op tegen de hierboven genoemde toename van 14 % voor de drie windparken zonder sleepboot (zie ook discipline Veiligheidsaspecten).

Kwalitatief

Voor de scheepvaartveiligheid betekent een aaneenschakeling van windparken dat het totale risico over het algemeen minder is dan de som van de risico's van de individuele parken, waarmee nu gerekend is. Dit komt omdat over het algemeen schepen door een ander park eerder verder weg van het eigen park zullen worden geleid dan dichterbij.

Het risico voor de Bligh Bank zal door de aanwezigheid van de beide andere parken toenemen (zie Figuur 5.3.7 en Figuur 5.3.8). Door de aanwezigheid van het park Eldepasco zullen schepen van en naar Rotterdam dichter langs het windpark Bligh Bank varen, waardoor het risico op een aanvaring toeneemt. De kans op een aandrijving neemt relatief veel minder toe omdat veel van de aandrijvingen ontstaan uit machine problemen van de schepen die op de druk bevaren hoofdroutes varen die (onveranderd) verder weg van het park lopen.

Het aanvaar/aandrijfrisico voor de turbines van de Bligh Bank zal in het cumulatieve scenario groot zijn aan de zuid west kant van het park in plaats van de noordoost kant in het scenario zonder de beide andere parken. Toch zal het gehele aanvaar/aandrijf kans niveau van het windpark niet veel toenemen.

Dus over het algemeen kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van de beide andere parken het totale risico voor de drie parken niet veel zal afwijken van de som van het risico van de individuele parken.

ONTMANTELINGSFASE

Op basis van de redenering zoals beschreven in de constructiefase, zal het werkverkeer bij de ontmanteling van het windpark een risicoverhoging geven voor een periode van twee jaar tijdens tijdens de ontmanteling. Tijdens de ontmanteling is maximale verhoogde kans op een aanvaring tussen twee schepen bedraagt 4,8% voor de ontmanteling van de drie windmolenparken. Dit risico is evenwel lager dan het aanvaringsrisico in de constructiefase.

5.3.8.2 Radar en scheepscommunicatie

De cumulatieve effecten op radar en scheepscommunicatie zijn bepaald in een deelstudie door Prof. Catrysse (april 2007). Het volledige rapport bevindt zich in Bijlage. De belangrijkste conclusies worden hier herhaald.

REFERENTIESITUATIE

Kenmerken windturbines

Op het ogenblik van de studie van Catrysse (2007) zijn de juiste types van de windturbines nog niet bekend. Voor deze studie werd ervan uitgegaan dat deze ongeveer de kenmerken zullen hebben zoals in Tabel 5.3.7.

Tabel 5.3.7: Beschrijving van de kenmerken van de windturbineparken zoals gebruikt voor de bespreking van de cumulatieve effecten op radars en scheepscommunicatie

	3 MW	*5 MW*	*7 MW*
Masthoogte (m)	70	90	120
mastdiameter voet (m)	5	6	8
mastdiameter top (m)	5	4	6
Rotordiameter (m)	90	115	140
gondel	15 x 6 x 5 m (maximale afmetingen)		
wieken	kunststofmateriaal, met interne bliksemafleider		

Zoals reeds vermeld, blijkt uit voorgaande studies voor SRK dat voor dergelijke grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windturbinepark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel, voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald (Catrysse, 2007).

Kenmerken radars en marifone installaties en systemen

Voor een gedetailleerde beschrijving van de gegevens qua inplanting, frequenties en vermogens van de radarstations en marifone installaties en systemen wordt verwezen naar de verschillende tabellen in de studie van Catrysse (2007).

Er wordt opgemerkt dat het normale bereik van de SRK radar voor relatief grote schepen zowat 30 à 35 km bedraagt (en maximaal tot 43,2 km kan oplopen bij een volledige reflectie). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge, Oostende en Westkapelle. Alhoewel de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van SRK vallen (zie discipline "Veiligheidsaspecten"), wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch nog volledig door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door Oostende en Westkapelle.

EFFECTEN TIJDENS DE EXPLOITATIEFASE

Schelderadarketen (SRK)

Voor een goede opvolging van het scheepvaartverkeer tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, dient rekening gehouden te worden met de mogelijke schaduweffecten, zoals in de detailstudie omtrent het project op de Thorntonbank wordt aangegeven.

De inplanting van de verschillende windturbineparken, zal de radaropvolging door SRK, zoals die momenteel gebeurt, niet direct in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor de Thorntonbank bevindt.

Voor de opvolging van het scheepvaartverkeer tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, dient rekening gehouden te worden met de mogelijke schaduweffecten, zoals in de detailstudie omtrent het project op de Thorntonbank (Van Lil, 2002) wordt aangegeven. Voor het gebied achter de Bank zonder Naam en achter de Bligh Bank, zullen zich schaduwzones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen. Doch dit gebied situeert zich sowieso op de limiet van bereikbaarheid.

Het ontstaan van schaduwzones zal dode zones opleveren, gezien de betreffende windturbineparken reeds op de grens van het radarbereik liggen. Elke vermindering aan radarsignaal zal daar een effectieve dode zone opleveren. In Figuur 5.3.9 wordt elk park beschouwd als één aaneengesloten geheel, zodat op een eenvoudige manier de zones bekomen worden waarin de schaduweffecten zullen optreden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat binnen het aangegeven gebied, de zones van schaduw en dode zone slechts als lijnen zullen voorkomen, gezien de structuur van het windturbinepark. Hiervoor wordt verwezen naar de verschillende studies omtrent de effecten van elk windturbinepark afzonderlijk.

Figuur 5.3.9: Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones

Toch dient rekening gehouden te worden met het optredende effect, en zal – niettegenstaande de waarneming vanuit de drie betreffende SRK radarstations telkens een andere richting van deze schaduwlijnen meebrengt – de bewaking van de scheepvaartzone tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank "problematisch" worden. Dit komt door de verzwakking van het radarsignaal achter de Thorntonbank, ten gevolge van het windturbinepark op de Thorntonbank.

De opvolging van het scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windparken kan worden verbeterd met een extra radarstation. (zie ook mitigerende maatregelen, hoofdstuk 5.5).

Ook dient gesteld te worden dat het type windturbine (3 MW, 5MW of 7MW) geen invloed zal hebben op deze situaties.

Andere systemen

De inplanting van de windturbineparken zal voor het marifone radioverkeer (VHF) weinig verandering brengen in de actuele situatie.

Wil men echter met grote werkzekerheid en kwaliteit van communicatie, radiocontact onderhouden met de verschillende windturbineparken, en het eventuele scheepvaartverkeer voor onderhoudswerkzaamheden, dan is het aangewezen om een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie beschikbaar te hebben. Een aangewezen positie hiertoe is meteen de positie van een extra radarstation. In principe verloopt echter de communicatie met het windpark via glasvezels in de hoogspanningskabels.

De inplanting van de off-shore windturbineparken zal geen invloed hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem.

Besluiten

Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van de off-shore windturbineparken geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet en gelegen binnen het officieel werkingsgebied van SRK.

5.4 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 meeste onderzoeken lopen echter nog en de resultaten van deze studies zijn dus nog niet publiek beschikbaar. Algemeen kan dus gesteld worden dat er nog veel onzekerheid bestaat over het cumulatieve effect van verschillende windturbineparken.

Een eerste indicatie van leemten in de kennis is reeds gegeven in de afzonderlijke hoofdstukken binnen dit MER. Enkele belangrijke punten worden hier nogmaals kort herhaald die van belang kunnen zijn in de cumulatieve context.

Er is een leemte in de kennis rond de impact van het deponeren van hoeveelheden zand met een grootte-orde zoals bij de aanleg van de 3 windmolenparken – in het geval van gravitaire funderingen – op de banken.

Grote onzekerheid bestaat rond het cumulatieve effect van geluid en trillingen op het onderwaterleven, alsook het cumulatieve effect van elektromagnetische velden door de nabijheid van meerdere kabels op zee. Meer onderzoek is wenselijk naar het cumulatieve effect van de introductie van hard substraat in overwegend zandige biotopen als de Noordzee. In het algemeen geldt dat er leemten in kennis zijn over aanvaringsriscio's, barrièrewerking en verstoring van vogels in offshore windturbineparken (zowel overdag als 's nachts). Met name soortspecifieke kennis ontbreekt.

Omdat niet bekend is in welke gebieden op bepaalde vissoorten wordt gevist, kunnen mogelijke cumulatieve effecten voor visserij niet voldoende ingeschat worden.

Bij het bepalen van de cumulatieve effecten op de scheepvaartveiligheid van een aantal windmolenparken samen wordt uitgegaan van de actuele inrichtingsplannen voor de verschillende parken (status april 2007 in MARIN, 2007). Het is dus momenteel nog niet precies bekend wat de definitieve inrichting als effecten zal geven.

5.5 MITIGERENDE MAATREGELEN

Naarmate meer parken worden gerealiseerd is er een grotere kans op het optreden van cumulatieve effecten. In eerste instantie worden de effecten van de parken in de scenario's als gering ingeschat en is er geen directe noodzaak voor mitigerende maatregelen voor de meeste disciplines.

Om het ruimtebeslag van de kabeltracés te beperken en zodoende zo veel mogelijk ruimte beschikbaar te houden voor overige gebruiksfuncties, worden de kabels waar mogelijk gebundeld aangelegd.

Gezien de onzekerheid en leemtes in de kennis moeten deze eerste resultaten met de nodige voorzichtigheid beoordeeld worden en is de beste mitigerende maatregel bijkomende monitoring naar mogelijks cumulatieve effecten.

FAUNA EN FLORA

Niettegenstaande de totale populatiegrootte van zeezoogdierensoorten die op het BDNZ voorkomen op internationaal vlak van ondergeschikt belang is, is het uit het voorzorgsprincipe toch aangewezen om tijdens de bouwfase een afschrikmechanisme te voorzien om het effect op de zeezoogdieren zo gering mogelijk te houden. Dit is zowel het geval voor de bouw van één park als indien de twee parken tegelijk gebouwd worden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, zal het effecten van rustverstoring op zeezoogdieren sterk gemilderd worden.

VEILIGHEIDSASPECTEN

De opvolging van het scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windparken kan worden verbeterd met een extra radarstation. (Catrysse, 2007).

In eerste instantie lijkt een optimale ligging op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, waardoor de waarneming rond de verschillende windturbineparken verzekerd wordt (Catrysse, 2007). Dit voorstel van alternatieve inplanting houdt duidelijk rekening met de aanwezigheid van de drie geplande windturbineparken, waar een eerder voorstel enkel rekening hield met een inplanting van een windturbinepark op de Thorntonbank (Van Lil, 2002).

Evenwel zijn er bijkomende restricties rond vrije zones waar onderzeese kabels, pijpleidingen, etc. gelegen zijn. In dit verband is een alternatieve inplanting dichter bij de windturbineparken eerder aangewezen. Twee mogelijkheden dienen zich aan, waarbij ook rekening gehouden wordt met de nodige energievoorziening voor dit extra radarstation. Immers, wanneer dit niet al te ver van een windturbinepark gelegen is, kan via de nodige installaties van dit windturbinepark, ook in de energievoorziening van het radarstation voorzien worden.

Beide voorgestelde alternatieven hebben voordelen en nadelen, in verband met optimale bewaking van de Westrond-route en de bewaking van de achtergelegen zijden van de windturbineparken op de Bank zonder Naam en de Bligh Bank. In een enkel geval zou een gepaste uitlijning van de windturbines tot een optimaal resultaat kunnen leiden.

Als eindconclusie kan dus gesteld worden dat:

- De opvolging van het scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windparken kan worden verbeterd met een extra radarstation;
- een aantal mogelijke locaties voldoende radardekking bieden;
- verder overleg nodig is met alle betrokken partijen, nl. SRK naar de prioritaire eisen die gesteld kunnen worden naar veiligheid en bewaking, en de projectontwikkelaars van de verschillende windturbineparken, naar inplanting, realisatie, voorzieningen van energie, en mogelijke uitlijning van sommige windturbines.

5.6 MONITORING

Monitoring is dus noodzakelijk om de geïdentificeerde leemtes in de kennis weg te werken. Als basis voor de monitoring wordt verwezen naar de verschillende hoofdstukken. Indien mogelijk moeten de monitoringsprogramma's van de verschillende parken op elkaar afgestemd worden en synergieën gezocht worden, in overleg tussen de BMM en de drie initiatiefnemers. Dit moet ervoor zorgen dat zoveel mogelijk leemtes opgevuld raken en dat financiële inspanningen voor monitoring leiden tot een nuttig resultaat.

6 GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG

6.1 ALGEMEEN

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 07/09/2003 (art. 19).

Gezien de positie en de afstand van de inplanting ten opzichte van de buurlanden kunnen enkel effecten verwacht worden naar Nederland toe. In Lindeboom *et al.* (2005) wordt een beschrijving gegeven van de gebruiksfuncties op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) als ook de gebieden met een bijzondere ecologische waarde (Figuur 6.1.1).

Figuur 6.1.1: Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het NCP (Lindeboom *et al.*, 2005)

Momenteel bevindt het dichtstbijgelegen natuurgebied zich op een 45tal km van het voorgestelde windturbine park; namelijk de "Deltakust" (Vogel- en habitatrichtlijngebied & aangewezen wetland). Verder zijn vijf gebieden aangeduid in de Nota Ruimte (Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ, 2004) met bijzonder ecologische waarden waar een beschermingsregime is vastgesteld. Hieronder bevindt zich het gebied van de Kustzee met plaatselijk een soortenrijke bodemfauna die van groot belang is voor zowel vogels, vissen als zeezoogdieren. Vervolgens worden ook vier nieuwe gebieden die mogelijks in aanmerking komen voor bescherming in de studie Lindeboom *et al.* (2005) aangehaald. Belangrijk in het kader voor dit MER is het gebied de Zeeuwse Banken die grenst aan de Deltakust en ligt tegen de Belgische grens. Het gebied voldoet aan de criteria die in de Habitatrichtlijn voor zandbanken genoemd worden en omvat o.a. de Vlakte van de Raan die reeds als Speciale beschermingszone is aangeduid.

Het aantal gebruiksfuncties die binnen deze gebieden plaatsvinden zijn grotendeels beperkt tot visserij en aggregaatextractie (Figuur 6.2.1). Bovendien kruisen verschillende kabels en pijpleidingen deze gebieden (Lindeboom *et al.*, 2005). In de kustzone liggen een aantal belangrijke badplaatsen zoals Westkapelle en Vrouwenpolder. Deze bevinden zich op een minimale afstand van ca. 41 km.

6.2 EFFECTEN

Van al de beschouwde disciplines kan er eventueel een beperkt effect verwacht worden voor de discipline geluid, zeezicht en veiligheid. Er wordt voor een uitvoerige beschrijving verwezen naar de relevante paragrafen in hoofdstuk 4.

Gezien de grote afstand tot de Nederlandse kust zullen de windturbines geen visuele hinder noch geluidshinder veroorzaken. Op zee kan er wel geluidshinder verwacht worden, maar deze zal zeer beperkt zijn.

Het aantal aanwezige schepen in de Belgische EEZ zal door de aanwezigheid van Bligh Bank afnemen, daarentegen zal het aantal aanwezige schepen in de Nederlandse EEZ toenemen met zo'n 0,2%. Deze verschuiving van de Belgische EEZ naar de Nederlandse EEZ is ook zichtbaar bij het aantal schepen betrokken bij een ongeval en de kosten voor de afgelegde zeemijlen. In totaal zal het aantal aanwezige schepen door de aanwezigheid van Bligh Bank toenemen met 0,06% in beide EEZ's samen. Ook zal een gering effect waarneembaar zijn in de EEZ van de UK.

De dichtstbijgelegen windturbineparken liggen op ruime afstand van de Belgische grens (Figuur 6.2.1). Er worden dan ook geen cumulatieve grensoverschrijdende effecten verwacht.

Figuur 6.2.1: Gebruikers op het NCP (www.noordzeeloket.nl)

7 SYNTHESE EN CONCLUSIES

7.1 INGREEP-EFFECTRELATIES

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de geïntegreerde evaluatie van de effecten per discipline ten gevolge van de ontwikkeling van het Belwind windturbine park. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen het basis-scenario (BS) en het alternatieve scenario (AS). Verklaring van de gebruikte symbolen staat onderaan de tabel.

Tabel 7.1.1: Overzicht van de ingreep effect relaties voor de verschillende disciplines.

Fase	*Inrichting*		*Exploitatie*		*Ontmanteling*		*Bekabeling*	
Scenario	*BS*	*AS*	*BS*	*AS*	*BS*	*AS*	*BS*	*AS*
Abiotische omgeving								
Effecten op de bodem	--	--	-	-	-	-	-	-
Effecten op het water	-	-	0	0	-	-	0	0
Effecten op de klimatologische factoren	0	0	+	+	0	0	0	0
Effecten op de atmosfeer	-	-	++	++	-	-	-	-
Effecten op geluid en trillingen	-	-	-	-	-	-	0	0
Effecten op het zeezicht & cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	-	-
Biotische omgeving								
Effecten op invertebraten en vissen	-	-	-	-	-	-	-	-
Effecten op avifauna	-	-	-	-	-	-	-	-
Effecten op zeezoogdieren	-	-	-	-	-	-	-	-
Menselijke activiteiten								
Effecten op impact van visserij	0	0	+	+	0	0	0	0
Effecten op impact van militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de impact van kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de impact van scheepvaart	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de impact van zand en grind ontginning	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de impact van andere windturbines	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de impact van maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de impact van natuurgebieden	0	0	0	0	0	0	0	0
Veiligheid								

Fase	Inrichting		Exploitatie		Ontmanteling		Bekabeling	
Scenario	BS	AS	BS	AS	BS	AS	BS	AS
Risico's op milieuschade door de installaties	0	0	-	-	0	0	-	-
Risico's op hinder voor scheepvaart en milieuschade door scheepvaartaccidenten	-	--	-	--	-	-	-	-
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	-	-	0	0	0	0
Risico's op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0

Significantie kader:

--- : significant negatieve invloed op het milieu
-- : matig negatieve invloed op het milieu
- : gering negatieve invloed op het milieu
0 : geen of verwaarloosbare invloed op het milieu
+ : gering positieve invloed op het milieu
++ : matig positieve invloed op het milieu
+++ : significant positieve invloed op het milieu
?? : invloed kan onvoldoende zeker vastgesteld worden

7.2 CUMULATIEVE EFFECTEN

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de geïntegreerde evaluatie van de cumulatieve effecten per discipline ten gevolge van de ontwikkeling van het Eldepasco (Bank zonder Naam), het Belwind (Bligh Bank) en het C-Power (Thorntonbank) windturbine park. Verklaring van de gebruikte symbolen staat onderaan de tabel.

Fase	Inrichting	Exploitatie	Ontmanteling	Bekabeling
Abiotische omgeving				
Effecten op de bodem	--	-	-	-
Effecten op het water	-	0	-	0
Effecten op de klimatologische factoren	0	+	0	0
Effecten op de atmosfeer	-	++	-	-
Effecten op geluid en trillingen	-	-	-	0
Effecten op het zeezicht & cultureel erfgoed	0	0	0	-
Biotische omgeving				
Effecten op invertebraten en vissen	-	-	-	0
Effecten op avifauna	-	--	-	0
Effecten op zeezoogdieren	-	-	-	0
Menselijke activiteiten				
Effecten op impact van visserij	0	+	0	0

Effecten op impact van militaire activiteiten	0	0	0	0
Effecten op de impact van kabels en pijpleidingen	0	0	0	0
Effecten op de impact van scheepvaart	0	0	0	0
Effecten op de impact van zand en grind ontginning	0	0	0	0
Effecten op de impact van andere windturbines	0	0	0	0
Effecten op de impact van maricultuur	0	+	0	0
Effecten op de impact van natuurgebieden	0	0	0	0
Veiligheid				
Risico's op hinder door de installaties	0	-	0	-
Risico's op hinder voor scheepvaart en milieuschade door scheepvaartaccidenten	--	--	--	--
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	-	0	0
Risico's op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0

Significantie kader:

--- : significant negatieve invloed op het milieu
-- : matig negatieve invloed op het milieu
- : gering negatieve invloed op het milieu
0 : geen of verwaarloosbare invloed op het milieu
+ : gering positieve invloed op het milieu
++ : matig positieve invloed op het milieu
+++ : significant positieve invloed op het milieu
?? : invloed kan onvoldoende zeker vastgesteld worden

7.3 CONCLUSIES

In de hiernavolgende onderdelen wordt per fase van het project een synthetisch overzicht gegeven van de belangrijkste conclusies. Enkel effecten die op basis van de uitgebreide analyse als betekenisvol werden geïdentificeerd worden hier herhaald. Voor leemten in de kennis, compensaties en voorgestelde monitoring maatregelen wordt verwezen naar de specifieke hoofdstukken.

Discipline	*Effect*
Inrichtingsfase	
Bodem	• Bij gravitaire funderingen (beide scenario's) is er een aanzienlijk zandoverschot te stockeren binnen het concessiegebied, met een impact naar de morfodynamiek van de Bligh Bank en het sedimenttransport tot gevolg; • Geologische effecten of risico op bodemverontreiniging is te verwaarlozen;
Water	• Potentie op waterverontreiniging is quasi nihil; • een zeer lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit met concentraties hoogstens in de grootte-orde van natuurlijke variaties;
Atmosfeer & klimaat	• tijdens de inrichtingsfase worden geen betekenisvolle effecten op atmosfeer of klimaat verwacht
Geluid	• niet te verwaarlozen tijdelijke en lokale verhoging van de geluidsniveau's boven en onder water
Landschap	• er zal een tijdelijke kleine verstoring zijn van de beleving van het zeegezicht door het verhoogd scheepvaartverkeer en de bouwwerkzaamheden ter hoogte van de windmolenparksite
Fauna	• een benthisch habitatverlies van 0,2 % (monopaal) tot max. 13,7 % (gravitaire; stockage 1 m) van de concessie oppervlakte (ca. 35,4 km²) door constructie en stockage gebaggerd zand; of m.a.w. max. 0,13 % van het BDNZ • het verlies aan organismen is sterk gerelateerd met het biotoopverlies en kan bijgevolg als gering negatief worden geschat • een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen tengevolge van verhoogde turbiditeit, sedimenttransport en geluid en trillingen • onderwatergeluid tijdens aanleg van het windturbinepark (monopile) leidt tot (zware) verstoring waardoor dieren tijdelijk het gebied zullen verlaten; onzekerheid omtrent de grootte van de impact van geluid en trillingen blijft bestaan • tijdelijke verstoring van verstoringsgevoelige vogelsoorten en zeezoogdieren tijdens de bouw van het windturbinepark als gevolg van de werkzaamheden. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten, maar terugkeren na het beëindigen van de constructiefase. Het effect op avifauna en zeezoogdieren tijdens de constructiefase wordt als gering negatief beoordeeld
Mens	• er worden geen effecten verwacht voor de verschillende gebruikers
Veiligheid	• een minimaal verhoogd risico op scheepvaartongelukken en op milieuschade tengevolge van scheepvaartverkeer naar de projectsite, waarbij het risico bijna de helft hoger is voor de 3 MW variant
Tijdens de inrichtingsfase zal er een tijdelijke verstoring plaatsvinden tengevolge van de	

werkzaamheden. Bij gravitaire funderingen dient er een aanzienlijk zandoverschot gestockeerd te worden binnen het concessiegebied. Als gevolg van de activiteiten (varen, heien, gebruik van de kraan , …) zal er een tijdelijk een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn onder en boven water. Er treedt een tijdelijk benthisch habitatverlies op en een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen. Er is onzekerheid omtrent de grootte van de impact van geluid en trillingen. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten, maar terugkeren na het beëindigen van de constructiefase. Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers binnen het BDNZ. Er is een minimaal verhoogd risico op scheepvaartongelukken en op milieuschade tengevolge van scheepvaartverkeer naar de projectsite.	
Exploitatiefase	
Bodem	• de lokale erosie door de obstructie (bij elk funderingstype) wordt gemitigeerd in het projectconcept door de aanleg van een erosiebescherming met stortsteen; in het geval van gravitaire funderingen is er weinig kennis beschikbaar over de benodigde dimensies van deze bescherming
Water	• verwaarloosbare verandering in de hydrodynamica; • de kans op een accidentele verontreiniging is bijzonder klein door aangepaste maatregelen bij het concept (vb. opvang van olie, geen aangroeiwerende verf, etc.);
Klimaat	• een afname in de windsnelheid en een verhoging van de turbulentie aan de lijzijde van de windmolens over een afstand van ca. 3 km. Dit effect is cumulatief voor windmolens die achter elkaar staan ten opzichte van de wind.
Atmosfeer	• 3,5 % (AS) tot 4 % (BS) vermeden emissies van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales; de vermeden CO2-emissies bedragen 0,56% (AS) tot 0,64 % (BS) van de Kyoto-reductiedoelstelling; de vermeden SO2- bedragen 1,04% (AS) tot 1,19 % (BS) van het NEC-emissieplafond, de vermeden NOx-emissies 0,55 % (AS) tot 0,62 % (BS)
Geluid	• impact op onderwatergeluid en trillingen is waarschijnlijk beperkt tot lokale verstoring • Het bovenwatergeluid zal verhoogd zijn tot 40 dB(A), afhankelijk van de gebruikte turbine (110 windturbines van 3 MW of 66 windturbines van 5 MW), tot op een afstand van ongeveer 1,8 tot 2 km. Het geluid zou hoorbaar kunnen zijn tot op een afstand van maximaal 8 km.
Zeezicht	• De zichtbaarheid van het windmolenpark zal omwille van de afstand tot de kustlijn, de natuurlijke kromming van de aarde, de ligging 'achter' het windmolenpark van C-Power en de weersomstandigheden enkel bij zeer helder weer zichtbaar zijn. Op basis van deze vaststelling wordt er geen significante negatieve invloed verwacht op de beleving van het zeegezicht.
Fauna	• voor de meeste soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden • creatie van harde substraten zal leiden tot een (niet natuurlijk) biotoop en verhoogde en veranderde biodiversiteit • de significante introductie van hard substraat (vooral bij de graviteitsfundering) die - ongeacht de positieve of negatieve evaluatie- als aanvaardbaar wordt beschouwd ten opzichte van het BDNZ • er wordt een licht positieve invloed verwacht op het visbestand en benthische leven tengevolge van het sluiten van het gebied voor boomkorvisserij, scheepvaart en zandextractie • ten aanzien van onderwatergeluid en trillingen is onvoldoende informatie beschikbaar • verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen hinder (aanvaring,

	verstoring) ondervinden tijdens de exploitatiefase. Zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden van trillingen, geluiden, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen tijdens de exploitatiefase. Het effect op de avifauna en zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase wordt als gering negatief beoordeeld.
Mens	• Ondanks het beperkte verlies aan visserijgronden door de aanleg van het windturbine park, wordt een positief effect verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving. Het biedt ook mogelijkheden voor alternatieve vormen van visserij. • Er worden geen effecten verwacht op andere gebruikers van het BDNZ.
Veiligheid	• Een zeer klein en aanvaarbaar risico van milieuvervuiling door de aanwezige oliën en vetten bij het omvallen van de turbine en bij een complete structurele faling van het transformatorplatform • De kans op een aanvaring/aandrijving van een schip tegen een windturbine wordt eens in de 24 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 14 jaar voor de 3 MW variant. • bij een aandrijving een ladingtank of bunkertank lek kan raken en een uitstroom van lading of bunkerolie veroorzaken; dit wordt eens in de 531 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 322 jaar voor de 3 MW variant • Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom toegenomen met 5,9% voor de basisvariant 5 MW, en met 9,8 % voor de 3 MW. • Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer. Voor de bewaking van de veiligheid van het windturbinepark wordt er evenwel best een bijkomende SRK-radar voorzien.
Tijdens de exploitatiefase treden eveneens een aantal effecten op. Potentiële erosie t.h.v. elke turbine wordt tegengaan door het a priori aanleggen en monitoren van een erosiebescherming rond elk turbine. De kans op verontreiniging van water en bodem is bijzonder klein. Tijdens de exploitatie van dit windturbinepark worden ongeveer 4 % emissies vermeden van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales. Het windturbinepark zal enkel beperkt waarneembaar zijn bij uitzonderlijke goede omstandigheden. Voor de meeste fauna-soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden. De creatie van harde substraten zal leiden tot een verhoogde en veranderde biodiversiteit. Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen hinder (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de exploitatiefase. Zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden van trillingen, geluiden, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen tijdens de exploitatiefase. Het effect op de avifauna en zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase wordt als gering negatief beoordeeld. Er wordt een positief effect verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving. Bij een aandrijving kan een ladingtank of bunkertank lek kan raken en een uitstroom van lading of bunkerolie veroorzaken; dit wordt eens in de 500 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 300 jaar voor de 3 MW variant. Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom toegenomen met 6 % voor de basisvariant 5 MW, en met 9 % voor de 3 MW. Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.	
Ontmantelingsfase	
De effecten zijn fundamenteel gelijkaardig als tijdens de inrichtingsfase.	
Bodem	• Het effect hangt af van het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming. De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming wordt best op het einde van de exploitatie bepaald, gebaseerd op de resultaten van de monitoring.

Geluid	• De impact van de ontmantling op het omgevingsgeluid onder water is een leemte in de kennis. Als worst case kan de geluidstoename in de ontmantelingsfase vergeleken worden met de constructiefase. • Door het wegbrengen van de windturbines zal er een tijdelijke verhoging van het vrachtvervoer op zee zijn vergelijkbaar met de constructiefase, zodat er hogere geluidsniveaus optreden boven en onder water. Deze verhoging zal echter verwaarloosbaar zijn t.o.v. de normale scheepvaart.
Fauna	• Het effect hangt af van het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming. Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase.
Veiligheid	• een minimaal verhoogd risico op scheepvaartongelukken en op milieuschade tengevolge van scheepvaartverkeer naar de projectsite
Bekabeling	
Bodem	• een tijdelijke verstoring van de bodemstructuur door het kabelleggen; • de noodzaak tot verwijdering van de kabels wordt best op het einde van de exploitatie-periode beslist op basis van monitoring;
Water	• een zeer lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit, die iets hoger kan zijn ter hoogte van de vaargeulen;
Geluid	• een tijdelijke verhoging van het geluid boven en onder water. Deze geluidstoename zal slechts over een zeer korte tijd waargenomen worden;
Klimaat	• optreden van een lokale temperatuursgradiënt in de bodem rondom de kabel
Fauna	• een lokale tijdelijke verstoring van het biotoop • een mogelijk gelokaliseerde verstoring van gedrag van kraakbeenvissen o.i.v. elektro- magnetische velden • tijdelijke verstoring van avifauna en zeezoogdieren als gevolg van het aanleggen van de kabels. De aanwezigheid van de kabels en het opgewekte magnetisch veld zal waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de avifauna en zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase. Het effect van bekabeling wordt als gering negatief ingeschat.
Mens	• er worden geen effecten verwacht voor de verschillende gebruikers
Veiligheid	• een minimaal verhoogd risico op scheepvaartongelukken en op milieuschade tengevolge van scheepvaartverkeer naar de projectsite
De voornaamste invloed van het kabelleggen is het gevolg van de lokale verstoring van de bodem en de daarin levende dieren. Deze invloed zal beperkt zijn tot de onmiddellijke omgeving en na een tijd verdwenen zijn. De invloeden van de elektromagnetische straling, geluid en trillingen en de lokale opwarming van de bodem tijdens de exploitatie zijn onzeker maar beperkt tot de nabije omgeving.	
Grensoverschrijdende effecten	
Discipline	*Effect*
Geluid	• Gezien de grote afstand (± 48 km) wordt er geen geluidseffect op het vaste land in Nederland verwacht. • Doordat de grens van de Nederlandse wateren zich op ca. 0,5 km van het geplande windturbinepark bevindt, zal er boven water aan de grens een specifiek geluid van ongeveer 50 dB(A) verwacht worden.
Zeezicht	• Gezien het dichtste punt van het Nederlandse vasteland zich op ongeveer 48 km

	van het windturbinepark bevindt, zal het niet zichtbaar zijn vanop de Nederlandse kust. De effecten op de beleving in België zullen in Nederland eveneens van toepassing zijn.
Veiligheid	• Aangezien het windturbinepark een zeer beperkt maar niet verwaarloosbaar bijkomend risico vormt voor scheepvaartincidenten kan in bepaalde omstandigheden dit resulteren in een vervuiling van de Nederlandse kusten en/of wateren. • Het aantal aanwezige schepen in de Belgische EEZ zal door de aanwezigheid van Bligh Bank afnemen, daarentegen zal het aantal aanwezige schepen in de Nederlandse EEZ toenemen met zo'n 0,2%, wat als verwaarloosbaar kan beschouwd worden. In totaal zal het aantal aanwezige schepen door de aanwezigheid van Bligh Bank toenemen met 0,06% in beide EEZ's samen. Ook zal een gering effect waarneembaar zijn in de EEZ van de UK.
Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de buurlanden kunnen enkel beperkte effecten verwacht worden naar Nederland toe. Van al de beschouwde disciplines kan er enkel eventueel een beperkt effect verwacht worden voor de discipline geluid, zeezicht en veiligheid.	
Cumulatieve effecten	
Discipline	Effect
Bodem	• In totaliteit zal in verschillende fasen voor de drie windmolenparken bijna 7 miljoen m³ zand gestockeerd worden tengevolge van de benodigde uitgraving, enkel indien elk project kiest voor gravitaire funderingen voor alle windturbines. Het cumulatieve effect zal kleiner zijn dan de som van de effecten. • 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 drie projecten verschillende trajecten hanteert. • De lokale erosie door de constructies wordt voor de drie windmolenparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming. Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden dat de erosiebescherming in de drie gevallen voldoende groot is. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring. Het cumulatieve effect is zeker kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming. • Indien de erosiebescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het cumulatieve effect zal niet groter zijn dan de som van de individuele effecten.
Water	• De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering maar groter voor de graviteits- en caissonfundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stromen, een verwaarloosbaar effect. Het cumulatieve effect is de som van de individuele effecten. • De impact wordt van de aanleg van de kabels binnen elk park en tussen parken en het vaste land is zeer tijdelijk en lokaal. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt

	langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.
Klimaat & atmosfeer	• Een belangrijk effect tijdens de exploitatiefase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windturbineparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. • De vermeden emissies van elk windturbinepark 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.
Geluid & trillingen	• Tijdens de constructiefase brengt het heien van de funderingspalen een impulsgeluid (niet continue) voort. Deze heiactiviteiten komen slechts tijdelijk voor. Bijgevolg zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windturbinepark (de kans dat de puls van het heien van de 3 windturbineparken samen valt is zeer klein). • Tijdens de exploitatie blijft het onder water geluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines en overschrijdt niet de veiligheidsgrens van 500 m rond de respectievelijke windmolenparken, het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten. • Enkel tussen het Belwind en het C-power windturbinepark ter hoogte van het Eldepasco windturbinepark zal het geluidsniveau boven water iets hoger zijn bij de cumulatieve werking van de 3 windturbineparken samen. Daar er slechts een zeer beperkt effect verwacht wordt van de individuele effecten (van de afzonderlijke windturbineparken) zal er ook slechts een beperkt effect aanwezig zijn van het geluid boven water afkomstig van de 3 windturbineparken.
Fauna & 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 windturbine park. Deze zijn bovendien vaak recht evenredig met het ruimtebeslag. De totale oppervlakte van de drie parken samen blijft relatief klein tov het BDNZ (2,5 %). Gezien de meeste effecten zich slechts voordoen op een beperkt deel van de domeinconcessies (gravitaire/ caisson > monopile/tripode) kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn. Er heerst nog een grote onzekerheid omtrent de grootte van het cumulatieve effect van geluidsverstoring en elektromagnetische straling. Verder onderzoek is aangewezen. • De meeste cumulatieve effecten op vogels zijn de som van de afzonderlijke effecten per windturbinepark. Het cumulatieve effect als gevolg van de vermindering van habitat voor rustende en foeragerende vogels, zal voornamelijk een effect hebben op soorten die een groot vermijdingsgedrag vertonen. Het betreft Alk, Zeekoet en Jan van Gent. Aangezien er een uitstralende werking van het park van ca. 4 km kan aangenomen worden, zal de volledige concessiezone die op het BDNZ is afgebakend voor de bouw van windmolenparken door deze soorten vermeden worden. In eerste instantie wordt dat cumulatieve effect als significant beschouwd. In relatie tot de volledige biogeografische populatie van deze soorten die ter hoogte van het BDNZ voorkomen, wordt het effect als matig negatief beoordeeld. Wat het cumulatieve effect m.b.t. aanvaring betreft, wordt dit als een leemte in de kennis aangezien. Er wordt evenwel verwacht dat het aanvaringseffect vooral groot zal zijn bij de grote meeuwensoorten (Kleine Mantelmeeuw, Grote Mantelmeeuw en Zilvermeeuw). • Naar zeezoogdieren toe worden er geen negatieve cumulatieve effecten verwacht. Ze zijn de som van de afzonderlijke effecten. Het cumulatieve effect als gevolg van rustverstoring wordt als een leemte in de kennis aangezien.

Mens	• Er worden geen noemenswaardige negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de verschillende gebruikers van de Noordzee. • Voor visserij en maricultuur kan de bouw en exploitatie van de verschillende windturbineparken indirect 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.
Zeezicht	• De drie windmolenparken liggen op zo'n grote afstand tot de kust dat de zichtbaarheid ervan heel gering zal zijn. Enkel bij helder weer zullen vooral de dichtst bij gelegen windmolens zichtbaar zijn. Deze windmolens zullen niet beeldaspectbepalend zijn, waardoor er geen significant negatief effect verwacht worden op vlak van zeezicht. Vanaf de vaarroute zullen de parken beter zichtbaar zijn, maar zullen vanaf hier ook niet beeldaspectbepalend zijn.
Veiligheid	• Een zeer klein en aanvaarbaar risico van milieuvervuiling door de aanwezige oliën en vetten bij het omvallen van de turbine en bij een complete structurele faling van het transformatorplatform • Over het algemeen kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van de beide andere parken het totale risico door scheepvaart voor de drie parken niet veel zal afwijken van de som van het risico van de individuele parken. • Voor de drie windparken, samen 810 MW aan geïnstalleerd vermogen, wordt voor de 5 MW basis uitgaande van worst-case berekeningen eens in de 8,8 jaar een aanvaring of aandrijving met een windturbine van een van de drie parken verwacht, waarbij dit naar verwachting eens in de 227 jaar zal leiden tot een uitstroom van lading of bunkerolie. Dit is een toename van 14%. Voor de 3 MW variant is dit eens in de 7,2 jaar een incident en eens in de 177 jaar een uitstroom van lading of bunkerolie • Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer. Voor de bewaking van de veiligheid van de 3 windturbineparken wordt er evenwel best een bijkomende SRK-radar voorzien.

Bij de cumulatieve effecten (gezamenlijke effecten van de drie windmolenparken) worden enkel de effecten verder besproken die niet verwaarloosbaar zijn voor een enkel windturbinepark. Voor deze niet-verwaarloosbare effecten zal het cumulatieve effect meestal gelijk of kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

In totaliteit zal bijna 7 miljoen m³ zand gestockeerd worden tengevolge van de benodigde uitgraving, enkel indien elk project kiest voor gravitaire funderingen voor alle windturbines, wat weinig waarschijnlijk is. Het cumulatieve effect zal door de fasering kleiner zijn dan de som van de effecten.

De vermeden emissies van elk windturbinepark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO2, NOx en CO2. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen.

Tijdens de exploitatie blijft het onder water geluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines, 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- per windturbine park. 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 het windturbinepark treedt er een cumulatief effect op dat groter is

dan de som van de effecten per windturbinepark. 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.

Voor de drie windparken, samen 810 MW aan geïnstalleerd vermogen, wordt voor de 5 MW basis uitgaande van worst-case berekeningen eens in de 9 jaar een aanvaring of aandrijving met een windturbine van een van de drie parken verwacht, waarbij dit naar verwachting eens in de 227 jaar zal leiden tot een uitstroom van lading of bunkerolie.

Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

8 REFERENTIES

3E (2001). Offshore windpark op de Wenduinebank. Opbrengstberekening a.h.v. meteostations Westhinder, Wandelaar, Droogte van 't Schoonveld, Vlakte van de Raan en Cadzand, Studiedeel 7.

Anonymous (2004). Annual Status report Nysted offshore windfarm. Environmental monitoring pogramme 2003. Energi E2, Copenhagen, 45 p.

Anonymus, (2003) – "Project Zandwinning", Eindrapport, Labo voor Analytische en Milieuchemie, VUB, In opdracht van FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie, Bestuur voor Kwaliteit en Veiligheid, 44 pp. + Bijlagen.

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.

Bastin, (1974). Regionale sedimentologie en morfologie van de zuidelijke Noordzee en van het Schelde estuarium. Unpublished PhD. Thesis, KUL, Gent, 91 pp.

Bailey-Brock, J.H. (1989). Fouling community development on an artificial reef in Hawaiian waters. Bull. Mar. Sci., 44 (2): 580-591.

Berne, S., Trentesaux, A., Stolk, A., Missiaen, T. & De Batist, M. (1994). Architecture and long term evolution of a tidal sandbank : the Middelkerke Bank (Southern North Sea). Marine Geology, 121,57-72.

BFE (2005). Statistisch jaarboek 2004, te raadplegen op http://www.synergrid.be.

Bio/consult A/S (2004). Infauna Monitoring Horns Reef Wind Farm 2004. Data report no. 1 September 2004. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Bio/consult A/S (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring - Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status Report 2004. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Bjork, E.A. (1999). Divergence of boat noise above water level in a downwind direction.

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 (2005). Productie van tweekleppige weekdieren door middel van hangstructuren in 4 bepaalde zones in de zeegebieden onder rechtsbevoegheid van België. Milieu-effectenbeoordeling van het project ingediend door de AG Haven Oostende. 33 pp.

BMM (2005). Overzicht accidenten sinds 1990.

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. 43 p.

BMM (2006b). Numerieke modellering van het sedimenttransport ter hoogte van de Thorntonbank. Voorbereid in het kader van de monitoring van de milieueffecten van de installatie van een windturbinepark ter hoogte van de Thorntonbank door C-Power. 22 p.

BMM (2007a). Uittreksel van hydrodynamische modelleringsresultaten (frequentiedistributie van stroomsnelheden op verschillende plaatsen op het BDNZ).

BMM (2007b). Databank BMDC, on-line consulteerbaar via de website van de BMM, geconsulteerd in mei 2007.

Bochert, R. & Zettler, M.L. (2004) Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. Bioelectromagnetics 25: 498-502.

Boot, G. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windmolenpark op het Thorntonbank: Aanvullende scenario's. WL Delft Hydraulics. 11 pp.

Brey, T. (2001). Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. Version 01.2. http://www.awibremerhaven. de/Benthic/Ecosystem/FoodWeb/Handbook/main.html ; Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany.

Buurma, L.S. & van Gasteren, H. (1989). Trekvogels en obstakels langs de Zuid-Hollandse kust. Rapport Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.

BWZee (2006). A Biological Valuation Map for the Belgian Continental Shelf (BWZee)

Calewaert, J.-B., A.-K. Lescrauwaet, J. Mees, J. Seys, K. Hostens, F. Redant, I. Moulaert, M. Raemaekers, W. Demaré, B. Vanhooreweder, K. Mergaert, F. Maes, F. Douvere, K. Belpaeme, H. Maelfait, M. Kyramarios, P. Tak, S. Overloop, B. Peeters (2005). MIRA- Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2005, Kust en zee. Vlaamse Milieumaatschappij, www.milieurapport.be

Camphuysen, C.J. & Leoplod, M.F. (1994). Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research report 94/6. Nioz rapport 1994-8. Institute for Forestry and Nature Research, Dutch Seabird Group and Netherlands Institute for Sea Research, Texel, 126 pp.

Camphuysen, C.J. & Leopold, M.F. (1993). The harbour porpoise Phocoena phocoena in the southern North Sea, particularly the Dutch sector. Lutra 36(1): 1-24.

Camphuysen, C.J. (1994). The Harbour Porpoise Phocoena phocoena in the southern North Sea, II: a comeback in Dutch coastal waters? Lutra 37(1): 54-61.

Camphuysen, C.J. (2004). North Sea pilot project on ecological quality objectives. Issue 4. Seabirds ECOQO element (F): Proportion of oiled Common Guillemots among those found dead or dying on beaches. Report to the Biodiversity Committee (BDC) 2004.

Carstensen, J., Henriksen, O.D. & Teilmann, J. Impacts of harbour porpoise from offshore wind farm construction: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors 5-POSs), Marine Ecology Progress Series.

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 pp.

Catrysse (2007). Studies omtrent de mogelijke invloed van het windmolenpark op de Bligh Bank, de mogelijke cumulatieve effecten van de 3 windmolenparken op de Noordzee (Bligh Bank, Bank zonder

Naam en Thornton Bank) met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie, alsook de aanvullende nota extra SRK-radarstation.

Cedre (2003). Accidental spills of sea transport around the British Isles since 1960. http://www.le-cedre.fr

Centre for Marine and Coastal Studies (CMACS) (2003) A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore wind farm cables, COWRIE-EMF-01-2002: 71 pp.

Christensen, V., Guénette, S., Heymans, J.J., Walters, C.J., Watson, R., Zeller, D. and Pauly, D. (2002). Estimating Fish Abundance of the North Atlantic, 1950 – 1999. In Guénette, S., Christensen, V., Pauly, D. (eds) Fisheries impacts on North Atlantic ecosystems: models and analyses. Fisheries Centre Research Reports 9 (4)

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 2003, April 10th edition, Dep. Of Coastal Zone Ecology, Denmark, 65 pp.

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 pp.

Clarke, K.R. & R.N. Gorley (2001). PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth, 91 pp.

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: pp. 59-72.

Danish Hydraulic Institute - DHI (1999). Horns Rev Wind Power Plant: environmental impact assessment of hydrography.

Dayton P.K., S. Trush, F.C. Coleman (2002) Ecological effects of fishing in marine ecosystems of the United statesPew Oceans Commissio, Arlington, Virginia.

De Batist, M. & Henriet, J.P., (1995). Seismic sequence stratigraphy of the Paleogene offshore of Belgium, Southern North Sea. Journ. Geol. Soc. London, 152 (1), 27-40.

De Batist, M., (1989) – "Seismostratigrafie en structuur van het Paleogeen in de Zuidelijke Noordzee", Unpublished PhD. Thesis, RUG, Gent, 107 pp.

De Groote, D. & Roggeman, W. (2006). Gebruik van radarsystemen voor monitoring van de avifauna op de Thorntonbank. Studie uitgevoerd in opdracht van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee. 49 pp.

De Maersschalck, M., Hostens, K., Wittoeck, J., Cooreman, K., Vincx, M., Degraer, S. (2006). Monitoring van de effecten van het Thornton windmolenpark op de benthische macro-invertebraten en de visfauna van zachte substraten: Referentietoestand. Studie uitgevoerd in opdracht van het KBIN en BMM, 81 pp.

De Maeyer, P., Wartel, S. en De Moor, G. (1985). Internal structures of the Nieuwpoort Bank, Southern North Sea. Netherlands Journal of Sea Research, 19(1): 15-18.

De Moor, G. & Lanckneus, J. (1991). Zand- en grindwinning op het Belgisch Continentaal Plat en monitoring van de eventuele gevolgen voor de bodemstabiliteit. In: Bolle, I., Brysse, I., Mostaert, F.,

Van Burm, Ph. en Zeuwts, L. (editors), Oppervlaktedelfstoffen Problematiek in Vlaanderen. Proceedings GGG, Gent: 188-214.

De Ridder, B. (2001). Distributie van zeezoogdieren in de zuidelijke Noordzee. Rapport zelfstandig practicum Universiteit Gent, licentie biologie, unpublished. 24 pp.

Debacker, V., Coignoul, F., Das, K., Haelters, J., Holsbeek, L., Jacques, T., Jauniaux, T., Joris, C.R., Stienen, A.W.M., Tavernier, J., Van Waeyenberge, J. & Bouquegneau, J.-M. (2002). North Sea seabirds and marine mammals: pathology and ecotoxicology. Sustainable Management of the North Sea, Final Report of the MARIN group, 252 pp.

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.

Degraer, S., Van Lancker, V., Moerkerke, G. Van Heoy, G., Vanstaen, K., Vincx, M. & Henriet, J-P. (2003). Evaluation of the ecological value of the foreshore: habitat-model and macrobenthic side-scan sonar interpretation: extension along the Belgian Coastal Zone. Final report. Ministry of the Flemish Community, Environment and Infrastructure Department. Waterways and Marine Affairs Administration, Coastal Waterways, 63 p.

Degraer, S., W. Willems, E. Adriaens & M. Vincx (in prep.). Modelling the macrobenthic community habitat suitability at the Belgian Continental Shelf.

Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J. Vanden Berghe, W. & Vinccx, M. (2006). De macrobenthosatlas van het Belgisch deel van de Noordzee. Federaal Wetenschapsbeleid D/2005/1191/5. 164 pp.

Delaney, S. & Scott, D. (2002). Waterbird population estimates, third edition. Wetlands International Global Series no. 12, Wageningen, Nederland, 226 pp.

Deleu, S. (2001). Zeebodemmobiliteitsstudie van de Hinderbanken regio. Scriptie voorgelegd voor het verkrijgen van het Diploma van licentiaat in de Geologie. Universiteit Gent.

Departement Landbouw en visserij (2007). Sectoroverzicht. Aanvoer en besomming 2006. Vlaamse Overheid. Departement Landbouw en visserij. Webpagina gecontacteerd op 28/03/2007: http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/landbouw/index.html

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 pp.

DIFRES (2000). Effects of marine wind farms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in the Horns Rev area. Danish Institute for Fisheries Research, Departement of Marine Fisheries.

DIN IEC 88/48/CDV (1996) Windenergieanlagen; Teil 10: Schallmeverfahren (IEC 88/48/CDV: 1995)

Dolman, S.J., Simmonds, M.P. & Keith, S. (2003). Marine wind farms and cetaceans. International Whaling Commission, doc. IWC/SC/55/E4, 17 pp.

Dong energy, Vattenfall, Danish Energy Authority & Danish Forest and Nature Agency (2006). Danish offshore wind – key environmental issues. 142 p.

Drewitt, A. & Langston, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. British Ornithologists' Union, Ibis 148: 29 – 42.

Du Four, I. (2004). Physical characterization of the Sierra Ventana region, in view of the rehabilitation of a dumping site of dredged material into a potential area for marine aggregate extraction. Thesis Marine and Lacustrine Sciences, 54 pp.

Ecolas NV (2003) Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 241 p. + app.

Ecolas NV (2004) Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Aanvulling: gravitaire fundering. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 25 p. + 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 p. + app.

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 pp.

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 pp.

Eltra (2000). Beregning og måling af magnetfelter omkring kabler og vindmøller. Eltra Netplanlægning.

Essink, K. (1998). RIACON. Risk analysis of Coastal Nourishment Techniques. Final Evaluation Report. Report RIKZ-97.031. National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ, Haren, The Netherlands, 42 pp.

Evans, P.G.H. (1998). Whales, dolphins and porpoises. Chapter 5.15. Pp. 150-156. In Coasts and Seas of the United Kingdom. Regions 15 & 16. North-west Scotland & Outer Hebrides. (Editors J.H. Barne, C.F. Robson, S.S. Kaznowska & J.P. Doody). Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Evans, P.G.H. (2003). Shipping as a possible source of disturbance to cetaceans in the ASCOBANS region. Document ASCOBANS MOP4/17/Rev.1, 91 pp.

Everaert, J. (2006). Windturbines, vogels en vleermuizen. Kunnen ze samengaan. Mens & Vogel 2/2006.

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.

Everaert, J., Devos, K. & Kuijken, E. (2002). Windturbines en vogels in Vlaanderen: voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2002.03, Brussel.

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.

Federaal Planbureau (2004). Dominique Gusbin, Bruno Hoornaert, Energievooruitzichten voor België tegen 2030, 104 p., http://www.plan.be.

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 pp.

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 pp.

Frid, C, Robinson, LA Bremner J (2002) Muddy Thinking: ecosystem based management of marine Benthos. Symposium on effects of fishing activities on Bnethic habitats: Linking geology, biology, socioeconomics and management. November 2002 Tampa Florida USA

Garthe, S. & Hüppop, O. (2004). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. Journal of Applied Ecology 41, 724-734.

Germanischer Lloyd (2003). Offshore wind energy park Thorntonbank: Technical Risk analysis. 145 pp.

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.

Grontmij (2006a). Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. Definitief. In opdracht van WEOM. 335 pp.

Grontmij (2006b). Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. Deelrapport cumulatieve effecten. In opdracht van WEOM. 66 pp.

Gusbin, D. & Hoornaert, B. (2004) Energievooruitzichten voor België tegen 2030. Federaal Plan Bureau. 110 pp.

Haelters, J. & F. Kerckhof (2000). Een dwaalgast aan onze kust: een klapmuts (Cystophora cristata, Erxleben 1777) op het strand te Heist. De Strandvlo 20(1): 23-27.

Haelters, J., Kerckhof, F. & Stienen, E. (2003). Het Tricolor incident: de gevolgen voor zeevogels in de Belgische zeegebieden. 36 pp.

Haelters, J. & Kerckhof, F. (2004). Hoge bijvangst van bruinvissen bij strandvisserij in het voorjaar van 2004. De Grote Rede 11: 6-7

Haelters, J. (2000). De gewone zeehond aan onze kust. Vriendenkring van het Noordzee-aquarium Oostende (10)1: 13-15.

Haelters, J., Jauniaux, T., Van Gompel, J. (2000). Harbour porpoises on Belgian beaches from 1990 to 1999. ASCOBANS Advisory Committee Meeting, Bruges, Belgium, 13-16 March 2000, Document AC7/Doc.12(P), 5 pp.

Haelters, J., Vigin, L., Stienen, E.W.M., Scory, S., Kuijken, E. & Jacques, T.G. (2004). Ornithologisch belang van de Belgische zeegebieden. Identificatie van mariene gebieden die in aanmerking komen

als Speciale Beschermingszones in uitvoering van de Europese Vogelrichtlijn. Rapport van de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM/KBIN) en het Instituut voor Natuurbehoud (IN). 91 pp.

Hakan Westerberg (1990-1993), Fiskeriundersokningar vid havsbaserat vindkraftverk.

Hammond, P.S., Berggern, P., Benke, H., Borchers, D.L., Collet, A., Heide-Jorgensen, S. Heimlich, S., Hiby, A.R., Leopold, M.F. & Oien, N. (2002). Abundance of harbour porpoise and other small cetaceae in the North Sea and adjacent waters. J. Appl. Ecol. 39:361-376.

Haskoning Ingenieurs- en Architectenbureau (1999) "Akoestisch onderzoek".

Hastings, M.C. & A.N. Popper (2005). Effects of sound on fish. Reort to the California Department of Transportation. Jones and Stokes, Sacramento, CA. 82 pp.

Heindsman, T.E.R, Smith R.H., Arneson, A.D. (1955). "Effect of Rain upon Underwater Noise Levels", Jounal of Acousitc Societu of America, 27:378.

Henriet P. et al. (2006). Monitoring van het onderwatergeluid op de Thorntonbank referentietoestand van het jaar nul.

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 pp.

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.

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 pp.

http://www.landenweb.com: Informatie over landen, streken en eilanden (geraadpleegd op 4 april 2007)

http://www.meteo.be: Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (geraadpleegd op 4 april 2007)

http://www.mumm.ac.be/NL/Management/Nature/search_strandings.php: databank zeezoogdieren BMM (geraadpleegd op 26 februari 2007).

http://www.vmm.be: Vlaamse Milieumaatschappij (geraadpleegd op 29 maart 2007)

IALA (2004). IALA Recommendation O-117 on the marking of offshore wind farms. Edition 2.

ICES (2001). Report of the Working Group on Marine Mammel Population Dynamics and Habitats. ICES CM/2001/ACE:01.

ICES (2003) http://www.ices.dk/products/CMdocs/2003/E/E0903.PDF

ICES (2005). Report of the Working Group on Seabird Ecology (WGSE), 29 March - 1 April 2005, Texel, The Netherlands. ICES CM 2005/G:07. 49 pp. Webpagina beschikbaar op 02/05/07. http://www.ices.dk/reports/occ; http://www.ices.dk/products/CMdocs/2004/C/WGSE04.pdf

IPCC (2001) Third Assessment Report Climate Change 2001: Synthesis Report, A contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson, R.T. and the Core Writing Team (Eds.), Cambridge University Press, UK. 398 p.

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

ITOPF (2006). Overzichtsstatistieken van accidentele olieverontreinigingen. Webpagina beschikbaar op 04/05/07. http://www.itopf.com/stats06.pdf ; http://www.itopf.com/pastspil.html

Jensen, A.C., Collins, K.J. & Lockwood, A.P.M. (eds.) (2000). Artificial reefs in European seas. Kluwer Academic Publishers, 508 p.

JNCC (1998). Guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys. Joint Nature Conservation Committee, UK, April 1998 Version.

Kaiser-Wilhelm-Koog Gmbh (2000) Report WT 1326/00 of acoustical emissions of the wind turbine Generator TW 1.5 s at Fiefbergen/Germany, 30p.

Kastak, D. & Schusterman, R. J. (1998). Low frequency amphibious hearing in pinnipeds: Methods, measurements, noise, and ecology. Journal of the Acoustical Society of America, 103: 2216 - 2228.

Kenny, A. J. & Rees, H. L. (1996). The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: Results 2 years post-dredging. Marine Pollution Bulletin, 32(8/9): 615–622.

Kleissen, F.M. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-power windmolenpark op de Thorntonbank. W.L. Delft Hydraulics. 13 pp.

Knudsen V.O., Alford R.S., Emling J.W. (1948) "Underwater Ambient Noise", Journal Maritime Research 7:410.

Köller, J., Köppel, J., Peters, W. (Eds) (2006). Offshore Wind Energy. Research on Environmental Impacts. Springer.

Komdeur, J., Bertelsen, J. & Cracknell, G. (1992). Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB (International Waterfowl and Wetlands Research Bureau) Special Publication 19. IWRB, Slimbridge.

Koschinski, S., Culik, B.M., Damsgaard, O., Tregenza, N., Ellis, G., Jansen, Ch. & Kathe, G. (2003). Behavioural reactions of free–ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. Mar. Ecol. Prog. Ser., 265, 263–273.

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 Scinetific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), 104 pp. +87 pp. Annex.

Langston, R.H.W. & Pullan, J.D. (2003). Windfarms and birds: An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report by

Birdlife International on behalf of the Bern Convention. Council of Europe T-PVS/Inf (2003) 12. See also Bern Convention 'Draft Recommendation' T-PVS (2003) 11.

Lauwaert, B., Fettweis, M., Cooreman, K., Hillewaert, H., Moulaert, I., Raemaekers, M., Mergaert, K., De Brauwer, D. (2004). Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen. 52 pp.

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 Bot, S.; Van Lancker, V.; Deleu, S.; De Batist, M.; Henriet, J.P. (2003). Tertiary and quaternary geology of the Belgian Continental Shelf. Science Policy Office of Belgium: Brussels, Belgium.

Leonhard, S.B. & Pedersen, J. (2005). Hard bottom substrate monitoring Horns Rev offshore wind farm. Annual status report 2004. 78 p.

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.

Leonhard, S.B. (2002) Horns Rev. Offshore Wind Farm. Introducing Hard Bottom Substrate. Sea Bottom and marine Biology. Status Report 2001: 1-72. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Leonhard, S.B. (2004). Hard Bottom Substrate Monitoring Horns Rev Wind Farm 2004 Data Report No. 1: 1-85. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Leonhard, S.B. (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring Horns Rev Wind Farm 2004 Data Report No. 2: 1-108. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Leonhard, S.B., J. Pedersen (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status report 2003: 1-62. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.

Le Roy, D, Volckaert, A., Vermoote, S., de Wachter, B., Maes, F., Coene, J. & J.B. Calewaert (2006). Risk Analysis of Marine Activities in the Belgian part of the North Sea (RAMA). SPSDII, April 2006.

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., 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 pp.

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. Webpagina beschikbaar op 02/05/07. www.norden.org/miljoe/hlg/sk/shortterm_oil_%20pollution.pdf

Liu, A.C., (1990). A seismic and geomorphological study of the erosion surface at the top of the Tertiary in the Southern Bight of the North Sea (Belgian and Northern French Sectors). Unpublished Doctoral Thesis. UGent, 119 pp. + 97 fig. pp.

Liu, A.C., De Batist, M. & Henriet, J.P., (1992). The morphology of the Top-Tertiary erosion surface in the Belgian sector of the North Sea. Marine Geology, 105: 275-284.

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 pp.

Maes, F.; Janssen, C.; Pichot, G.; Bocken, H. (Ed.). (2004). Beoordeling van de mariene degradatie in de Noordzee en voorstellen voor een duurzaam beheer - MARE-DASM. Onderzoek in het kader van PODO I. Federaal Wetenschapsbeleid, 962 pp.

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, pp. 539.

MARIN (2007). Veiligheidsstudie offshore windpark "Bligh Bank". Concept rapport. Rapport Nr. 21607.620/3. Datum: 1 mei 2007.

Marra, L.J. (1989) Sharkbite on the SL submarine lightwave cable system: history, causes and resolution, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 14 (3): 230-237.

MARIN & AVV (2007). Safety@sea. Risk study on the outflow of oil in the Dutch part of the North sea. Report No A06. Revision No 1. 2007-03-22.

Massin, Cl., Norro, A., Mallefet, J. (2002). Biodiversity of a wreck from the Belgian Continental Shelf: monitoring using scientific diving: preliminary results. Bull. Kon. Belg. Inst. Natuurwet. Biologie 72: 67-72.

McCune, B. and M. J. Mefford. 1999. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.25 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ (2004). Nota Ruimte. Ruimte voor ontwikkeling. Sdu, Den Haag http://www.vrom.nl

MIRA S (2000)

Nationaal Klimaatplan 2002-2012

Near shore windpark (1999). MER Locatiekeuze Near shore windpark Nederland.

Nedwell, J. & Howell, D. (2004). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. Report No. 544 R 0308 commissioned by COWRIE. 63 pp.

Nedwell, J., 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 pp.

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 pp.

Odegaard & Danneskiold-Samsoe A/S (2002). Measurements of noise induced fro offshore wind turbines and ambient noise in the sea water.

Offringa, H., Seys, J., Van den Bossche, W. & Meire, P. (1995). Seabirds on the Channel doormat. Report IN.95.12. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Ontwerp Vlaams klimaatbeleidsplan 2006-2012

Ospar (2000a). Quality Status Report 2000 Region II - Greather North Sea Ospar Commission. 136 p.

Ospar (2000b). Report of an assessment of trends in the concentration of certain metals, PAKs and other organic compounds in the tissues of various species and blue mussels. Ospar Commission ad hoc working group on monitoring.

OSPAR commission (1998). Sediment Quality Criteria (Agenda Item 9). SEBA 98/9/3-E(L). In: Oslo and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution, Working Group on SEA-Based Activities (SEBA). Copenhagen, 16-19 February, 1998.

Ospar Commission (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. 34 pp.

Pannekoek, A.J. & van Straaten, L.M.J.U. (1984). Algemene Geologie, Wolters-Noorhoff Groningen, ISBN 90 01 68975 2, 599 pp.

Pauwel, J.P., Streydio, J.M. & Jacquet, L. (2000). Rapport van de Commissie voor de Analyse van de Productiemiddelen van Elektriciteit en de Reoriëntatie van de Energievectoren (AMPERE) aan de Staatssecretaris voor Energie en duurzame Ontwikkeling. D/2000/2295/51. 117 pp.

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 pp.

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 pp.

Popper, A.N., Salmon, M. & Horch, K. (2001). Acoustic detection and communication by decapod crustaceans. J. Comp. Physiol. A 187, (2), 83-89.

Postma, H. De chemie van het water. In de Wolf (1990). De Noordzee.

Provincie Zeeland (1998). MER-windenergie deelaspect geluid Nederland.

Radach, G. & Genkeler, J. (1997). Gridding of the NOWESP data sets, Nr. 27. Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung Reihe B: Ozeanographie. Institut fur Meereskunde, Hamburg, 375 pp.

Reid, J.B., Evans, P.G.H. & Northridge, S.P. (Eds.) (2003). Atlas of cetacean distribution in north-west European waters. JNCC, Peterborough, UK. 76 pp.

Reijnders, P.J.H. & K. Lankester (1990). Status of marine mammals in the North Sea. Neth. J. Sea Res. 26 (2-4): 427-435.

Reijnders, P.J.H. (1992). Harbour porpoises Phocoena phocoena in the North Sea: numerical responses to changes in environmental conditions. Neth. J. of Aq. Ecol. 26(1): 75-85.

Richardson, W.J., Greene Jr., C.R., Malme, M.I. & Thomson, D.H. (1995). Marine mammals and noise. Academic Press, London & New York. 576 p.

RIKZ (2007). Data waverider buoy Schouwenbank. Available at www.golfklimaat.nl.

Risø National Laboratory (2004). Offshore Wind Energy and Industrial Development in the Republic of Ireland. Report prepared by Risø National Laboratory on behalf of Sustainable Energy, 102 pp.

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 pp.

Rose, P.M. & Scott, D.A. (1997). Waterfowl population estimates – second edition. Wetlands International Publication 44, Wageningen, The Netherlands.

Sanderhoff P. (1993). PARK – User's Guide, RISO.

Scira Offshore Energy Ltd (2006). Environmental Statement Offshore Wind Farm Sheringham Shoal.

Senternovem (2005). Handboek Risicozonering Windturbines versie 2. Website beschikbaar op 27/04/07. www.senternovem.nl/mmfiles/Handboek%20risicozonering%20en%20windturbines_tcm24-201713.pdf

Seys, J. (1998). Witsnuitdolfijnen Lagenorhynchus albirostris in de Belgische kustwateren. Sula 12(3): 99-100.

Seys, J. (2001). Het gebruik van zee- en kustvogelgegevens ter ondersteuning van het beleid en beheer van de Belgische kustwateren. PhD Thesis. Universiteit Gent, België. 131 pp.

Seys, J. (2001). Sea- and coastal bird data as tools in the policy and management of Belgian marine waters. Proefschrift Universiteit Gent. Universiteit Gent, Gent.

Seys, J. (2002). Estimates of the number of seabirds residing in and migrating through the Southern North Sea. Report IN.D.2002.2. Institute of Nature Conservation, Brussels.

Seys, J. (2003). Zorgeloos zandwinnen: op zee? Focus: 3-9 In: VLIZ nummer8, juli 2003.

Seys, J., Offringa, H., Van Waeyenberge, J., Meire, P. & Kuijken, E. (1999). Ornithologisch belang van de Belgische maritieme wateren: naar een aanduiding van kensoorten en sleutelgebieden. Nota In A74. Instituut voor Natuurbehoud, 17 pp.

SGS (2007). Studie Windturbines en veiligheid. Website beschikbaar op 27/04/07. http://www.energiesparen.be/duurzame_energie/wind.php?subj=gevaarlijk

Skov, H., Durinck, J. Leopold, M.F. & Tasker, M.L. (1995). Important bird areas in the North Sea, including the Channel and the Kattegat. BirdLife International, Cambridge, 156 pp.

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 pp.

StatSoft, Inc. (2003). STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

Stienen, E.W.M. & Kuijken, E. (2003). Het belang van de Belgische zeegebieden voor zeevogels. Rapport IN.A.2003.208. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

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 off-shore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Rapport IN.A.2002.244, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 60 pp.

Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E. (2003). Zeezoogdieren in Belgisch mariene wateren. [Marine mammals in Belgian marine waters]. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, A.2003.152. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel, Belgium. 15 pp.

Stienen, E.W.M., Courtens, W., Van de Walle, M. (2004). Interacties tussen antropogene activiteiten en de avifauna in de Belgische zeegebieden. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, 2004.136. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel, België, 54 pp.

Tahon, S. & Haelters, J. (1998). Witsnuitdolfijnen voor de kust! Het Visserijblad 65(11): 28-29.

Task Force Visserij (2006). Globaal actie- en herstructureringsplan voor een duurzame Vlaamse zeevisserijsector. 42 pp.

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.

Tech-Wise (2003). Elsam. Offshore wind farm Horns Rev. Annual status report for the environmental monitoring programme, 1 January 2002 – 31 December 2002. Tech-Wise report 166717, Fredericia, Denmark, 59 pp.

Teilmann, J., Tougaard, J. & Cartensen, J. (2006a). Summary on harbour porpoise monitoring 1999-2006 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. NERI Report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S. Roskilde, Denmark. 14 pp.

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 pp.

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 pp.

Teilmann, J., Tougaard, J., Carstensen, J., Dietz, R. & Tougaard, S. (2006b). Summary on seal monitoring 1999-2005 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. NERI Technical report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S. Roskilde, Denmark. 22 pp.

Ter Hofstede, R., Heessen, H.J.L. & Daan, N. (2005). Systeembeschrijving Noordzee: Natuurwaardenkaarten vis. RIVO rapport C090/05, 55 pp.

Tessens, E. & Velghe, M. (2005). Uitkomsten van de Belgische zeevisserij: 2005. Departement Landbouw en Visserij. Afdeling Landbouw en Visserijbeleid. Zeevisserij. 32 pp.

Thiele R. (2002) Propagation loss values for the North Sea. Handout Hachgespräch: Offhore-windmillssound emissions and marine mammals. FTZ-Büsum.

Thomsen, F., Lüdemann, K., Kafemann, R. & Piper, W. (2006). Effect of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd. 62 pp.

Tonnon P.K., Van Rijn L.C., Walstra D.J.R. (2007). The morphodynamic modelling of tidal sand waves on the shoreface. Coastal Engineering 54, 279-296.

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., 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 pp.

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 pp.

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 pp.

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, S., Skov, H. & Kinze, C.C. (2000). Environmental Impact Assessment. Investigation of marine mammals in relation to the establishment of a marine wind farm on Horns Reef. Report to ELSAMprojekt. 35 pp.

Trentesaux, A., Stolk, A., Berne, S., De Batist, M. & Chamley, H., (1993). Le Middelkerke Bank – Mer du Nord méridionale. Première datations indirectes des dépôts à partir d'informations sismiques et lithologiques. In: ASF (editor), 4ième Congrès Français de Sédimentologie – Résumés. ASF, Paris, 345-346.

Trenteseaux, A., Stolk, A. & Berné, S. (1999). Sedimentology and stratigraphy of a tidal sandbank in the southern North Sea. Mar. Geol., 159: 253-272.

Turner, S.J., Thrush, S.F., Pridmore, R.D., Hewitt, J.E., Cummings, V.J., Maskery, M. (1995). Are soft-sediment communities stable? An example from a windy harbour. Marine Ecology Progress Series 120, 219-230.

URICK, R.J., (1983)."Principles of Underwater Sound", Mc-Graw Hill Book Comp.

users.pandora.be/tree/wrakken/wrakkensite/wrakkensite.html (geraadpleegd op 27 maart 2007)

Van Alphen, J.S.L.J. & Damoiseaux, M.A., 1989. A geomorphological map of the Dutch shoreface and adjacent part of the continental shelf. Geologie en Mijnbouw 68: 433-443.

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 pp.

Van Gompel, J. (1991). Cetacea aan de Belgische kust, 1975-1989. Lutra 34: 27-36.

Van Gompel, J. (1992). Zeehonden langs de Belgische kust. Zoogdier 3: 9-14.

Van Gompel, J. (1996). Cetacea aan de Belgische kust, 1990-1994. Lutra 39: 45-51.

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 Hulle, F., Le Bot, S., Cabooter, Y., Soens, J., Van Lancker, V., Deleu, S., Henriet, J.P., Palmers, G., Dewilde, L., Driesen, J., Van Roy, P. Belmans, R. (2004). Optimal offshore wind energy developments in Belgium. Belgian Science Policy, 153 pp.

Van Lancker, V., Deleu, S., Bellec, V., Le Bot, S., Verfaillie, E., Fettweis, M., Van den Eynde, D., Francken, F., Pison, V., Wartel, S., Monballiu, J., Portilla, J., Lanckneus, J., Moerkerke, G., Degraer, S. (2004). Management, research and budgetting of aggregates in shelf seas related to end-users (MAREBASSE). Scientific Report year 2. Belgian Science Policy. 144 pp.

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. (2006). Management, research and budgeting of aggregates in shelf seas related to end-users (MAREBASSE). Final Scientific Report. Belgian Science Policy, SPSDII North Sea.

Van Lil (2002). Studie van effecten van een windturbinepark op de Thorntonbank, deel 1 – RF studie. 26/11/2002 in opdracht van C-Power.

Van Waeyenberge, J., Stienen, E.W.M. & Offringa, H. (2001). Overwinterende zee-eenden voor de Belgische kust. Vogelnieuws, ornithologische nieuwsbrief van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 2: 20-23.

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 pp.

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 pp.

Vella, G., Rushforth, I., Mason, E., Hough, A., England, R., Styles, P., Holt, T. and Thorne, P. (2001). Assessment of the effects of noise and vibration from offshore wind farms on marine wildlife. 107 pp.

Verboom W.C. (1991) Possible disturbance of marine mamal hearing perception by human made noise-preparatory study, TPD-HAG-RPT-91-110.

Verboom, W.C. (2005), Bulderen windmolens de bruinvis weg?, Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 6(3): 12.

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

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 pp.

VRT, 2007. Grote actie tegen vervuiling op Noordzee. 26/04/07. Webpagina beschikbaar op 02/05/07. http://www2.vrtnieuws.net/cm/vrtnieuws.net/nieuws/binnenland/1.116635

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

Wartel, S. (1989). Paleogeographical reconstruction of the offshore area off the Belgian coast – Acoustic investigations. In: Baeteman, C. (editor). Quaternary sea-level investigations from Belgium. Ministerie van Econ. Zaken, Geologische Dienst van België, Brussel, 92-104.

Wenz, G. M. (1962). Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. Journal of the Acoustical Society of America 34 (12): 1936 - 1956.

Wolski, L.F., Anderson, R.C., Bowles, A.E. & Yochem, P.K. (2003). Measuring hearing in the harbour seal (Phoca vitulina): Comparison of behavioral and auditory brainstem response techniques. Journal of the Acoustical Society of America: 113 (1): 629 - 637.

www.maritieme-archeologie.be (geraadpleegd op 27 maart 2007)

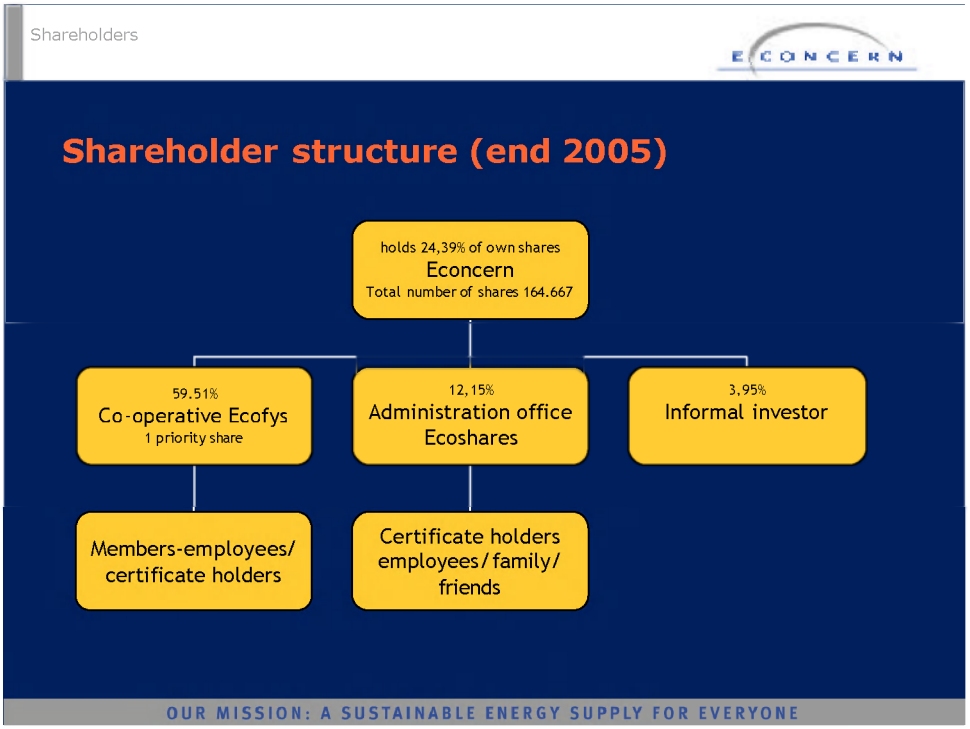
Zalmon, I.R., Novelli, R., Gomes, M. & Faria, V.V. (2002). Experimental results of an artificial reef programme on the Brazilian coast north of Rio de Janeiro. ICES Journal of Marine Science, 59, 83-87.

Zintzen, V.; Massin, Cl.; Norro, A.; Cattrijsse, A.; Vanden Berghe, E.; Degraer, S.; Steyaert, M.; Vincx, M.; Mallefet, J. (2004). Belgian shipwrecks: hotspots for marine biodiversity, in: Mees, J.; Seys, J. (Ed.) (2004). VLIZ Young Scientists' Day, Brugge, Belgium 5 March 2004: book of abstracts. VLIZ Special Publication, 17: pp. 85.

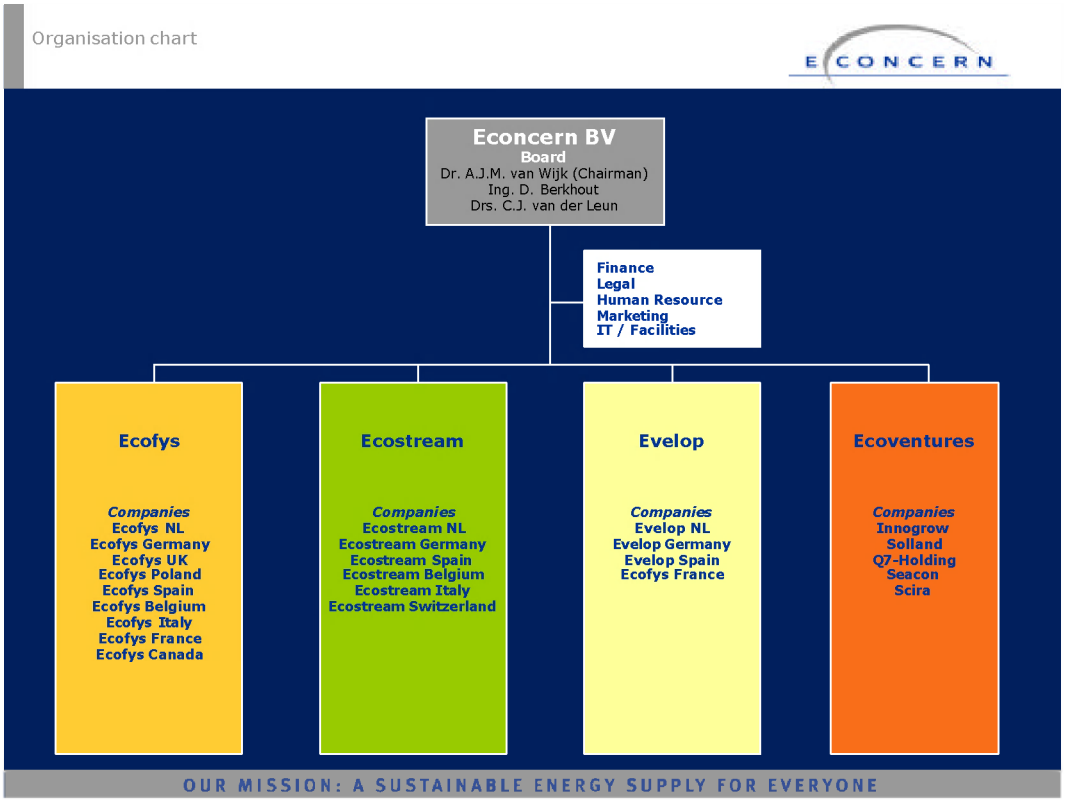
FIGUREN

1. VOORSTELLING VAN HET PROJECT

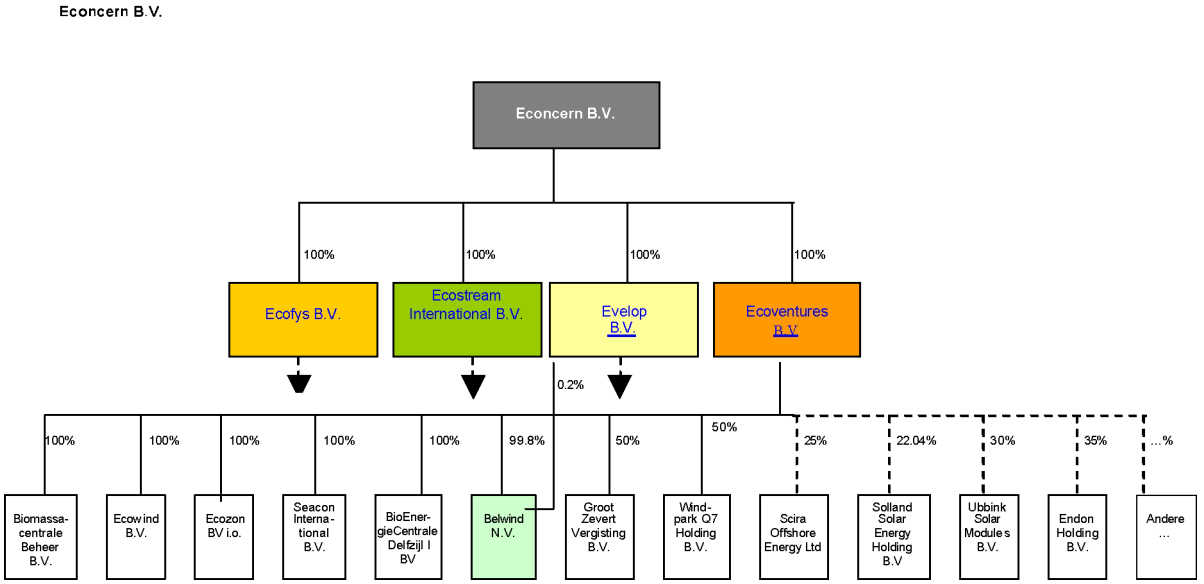
1.1. VOORSTELLING VAN HET PROJECT



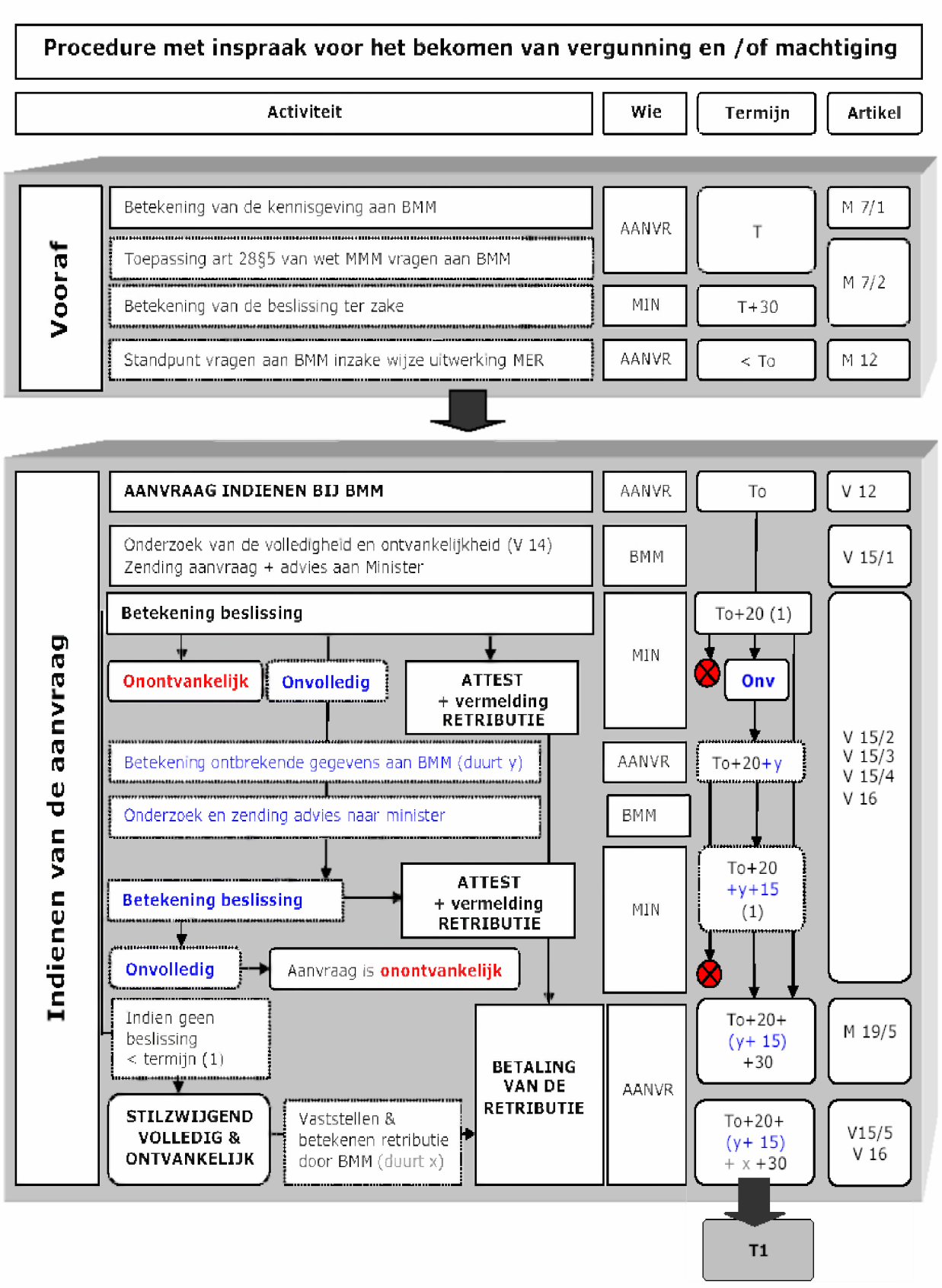
Figuur 1.1.1: Aandeelhoudersstructuur Econcern BV



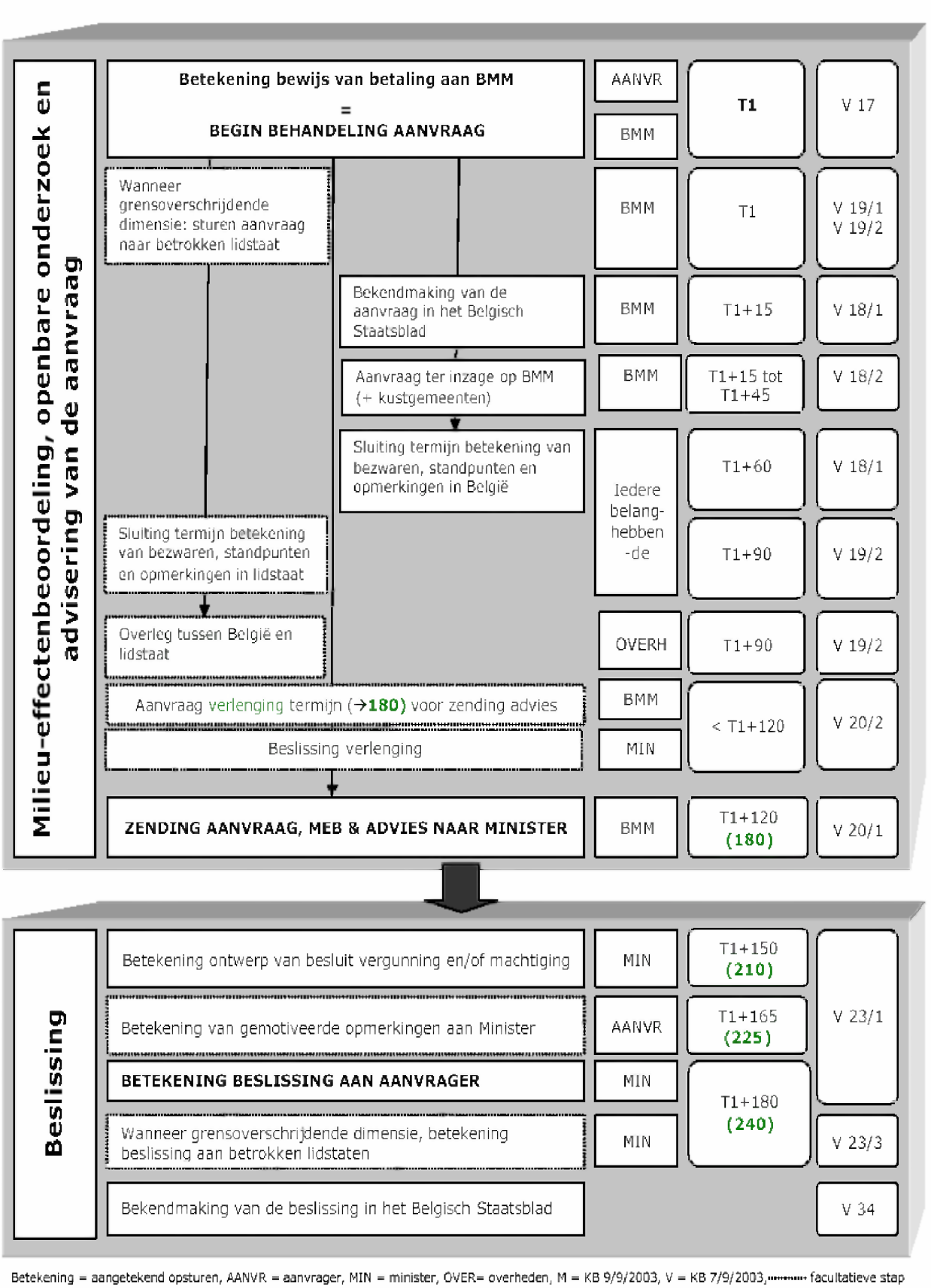
Figuur 1.1.2: Groepsstructuur Econcern BV



Figuur 1.1.3: Aandeelhouderstructuur Belwind nv

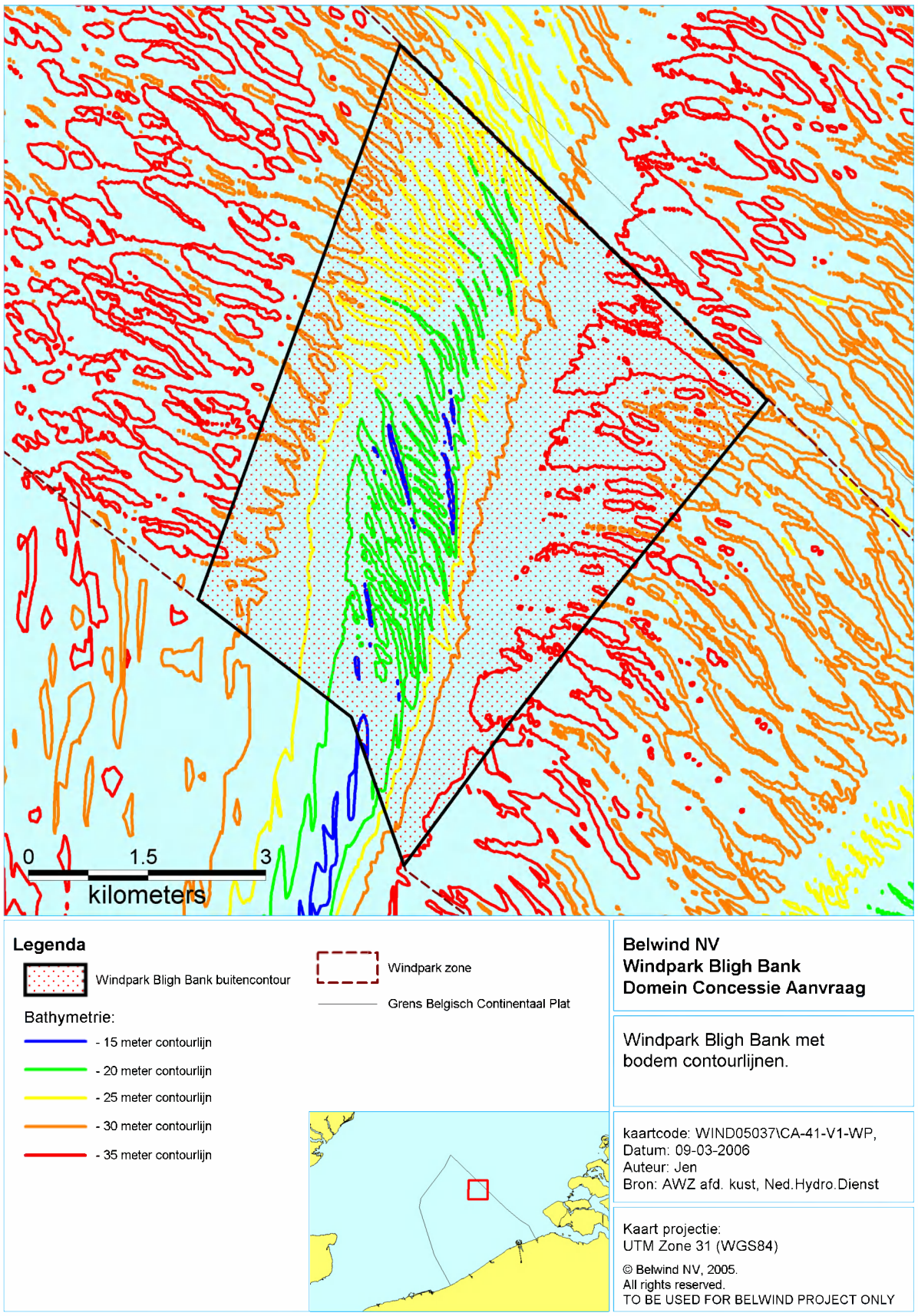


Figuur 1.1.4: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (BMM, 2006)

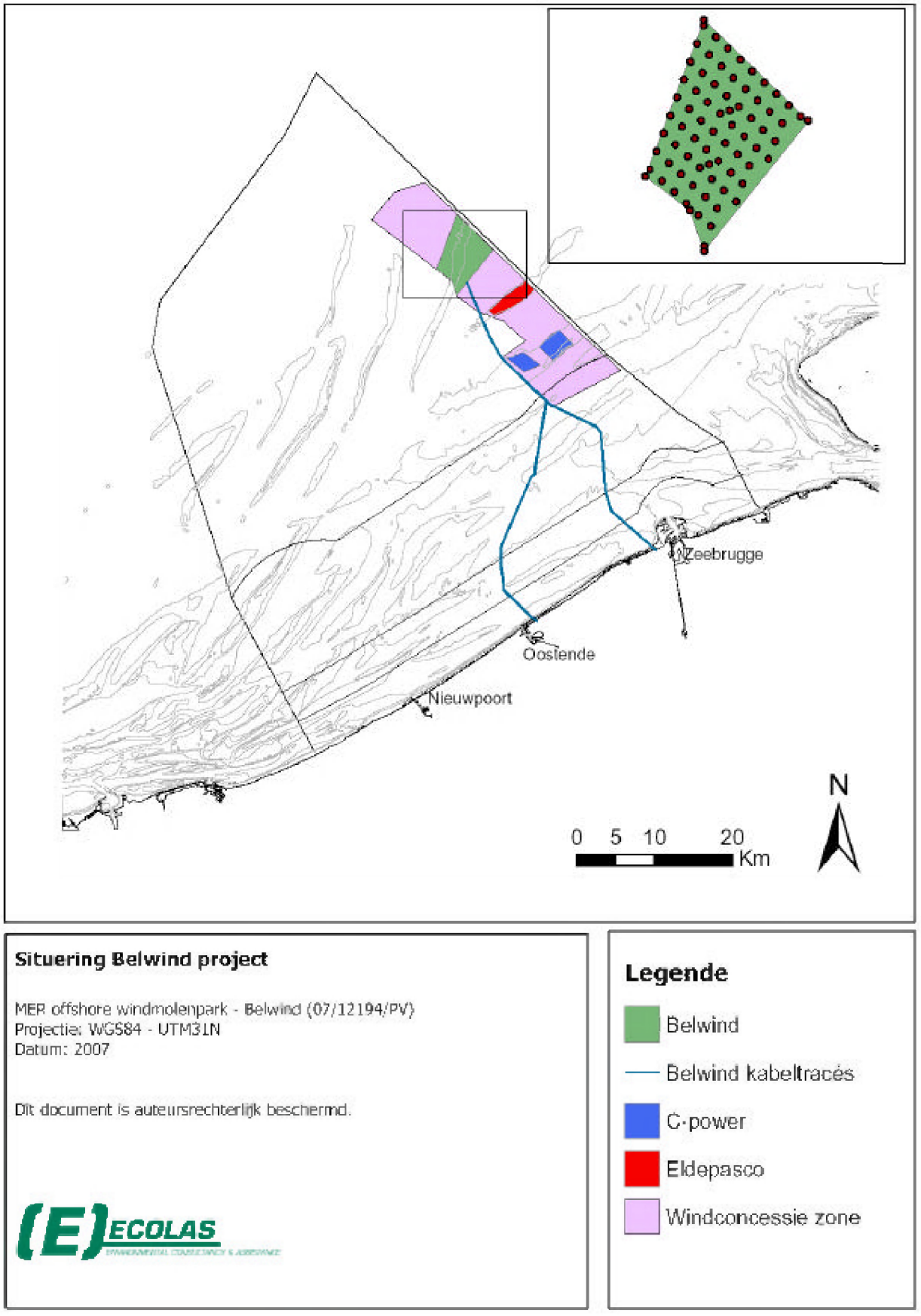


Figuur 1.1.4: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (BMM, 2006) (vervolg)

1.2. SITUERING EN JUSTIFIËRING VAN HET PROJECT

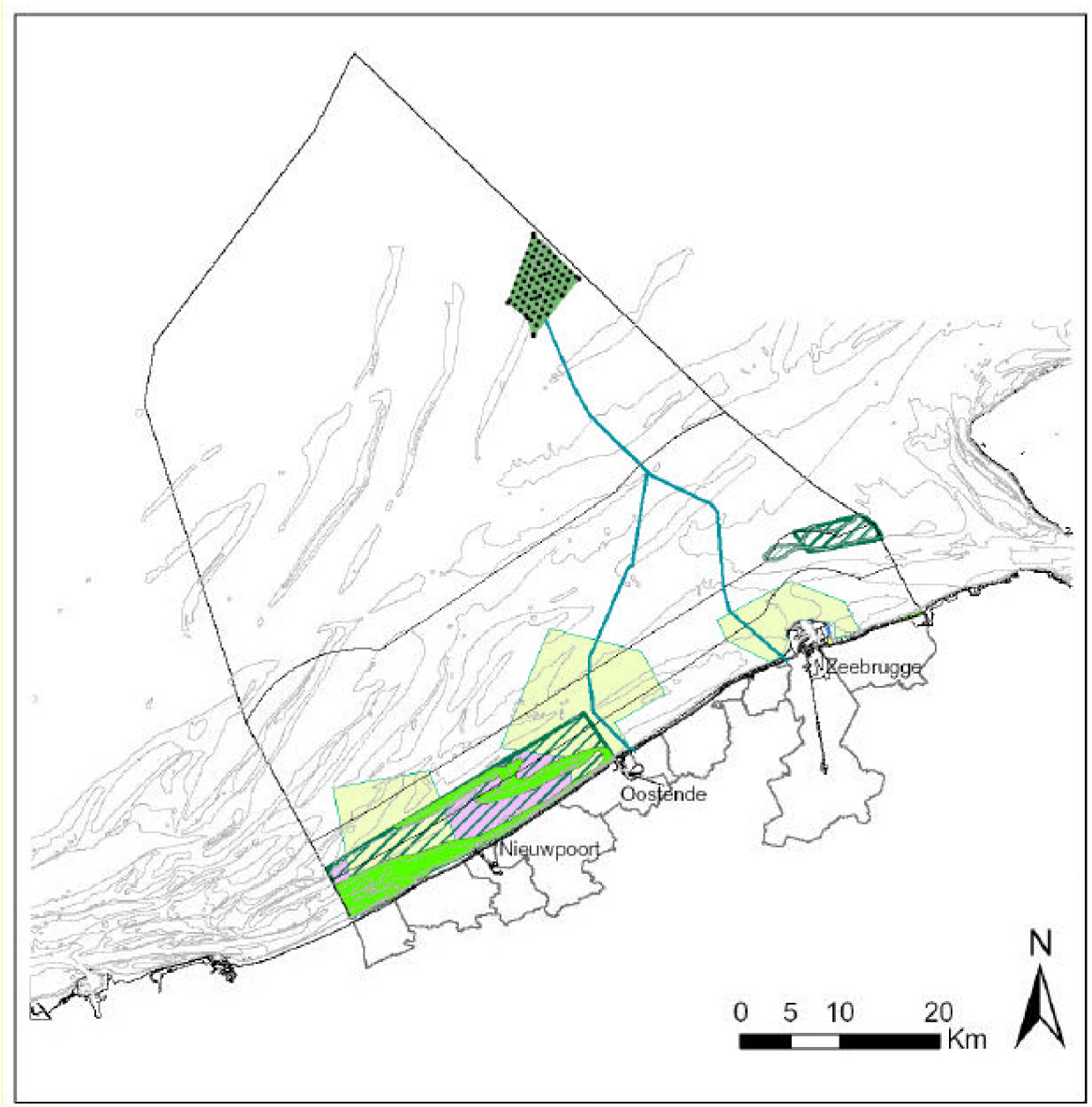


Figuur 1.2.1: Bathymetrische gegevens van de site



Figuur 1.2.2: Ruimtelijke situering van het project

1.3. JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN



Natuurgebieden

MER offshore windmolenpark - Belwind (07/12194/PV)
Projectie: WGS84 - UTM31N
Datum: 2007

Dit document is auteursrechterlijk beschermd.

ECOLAS

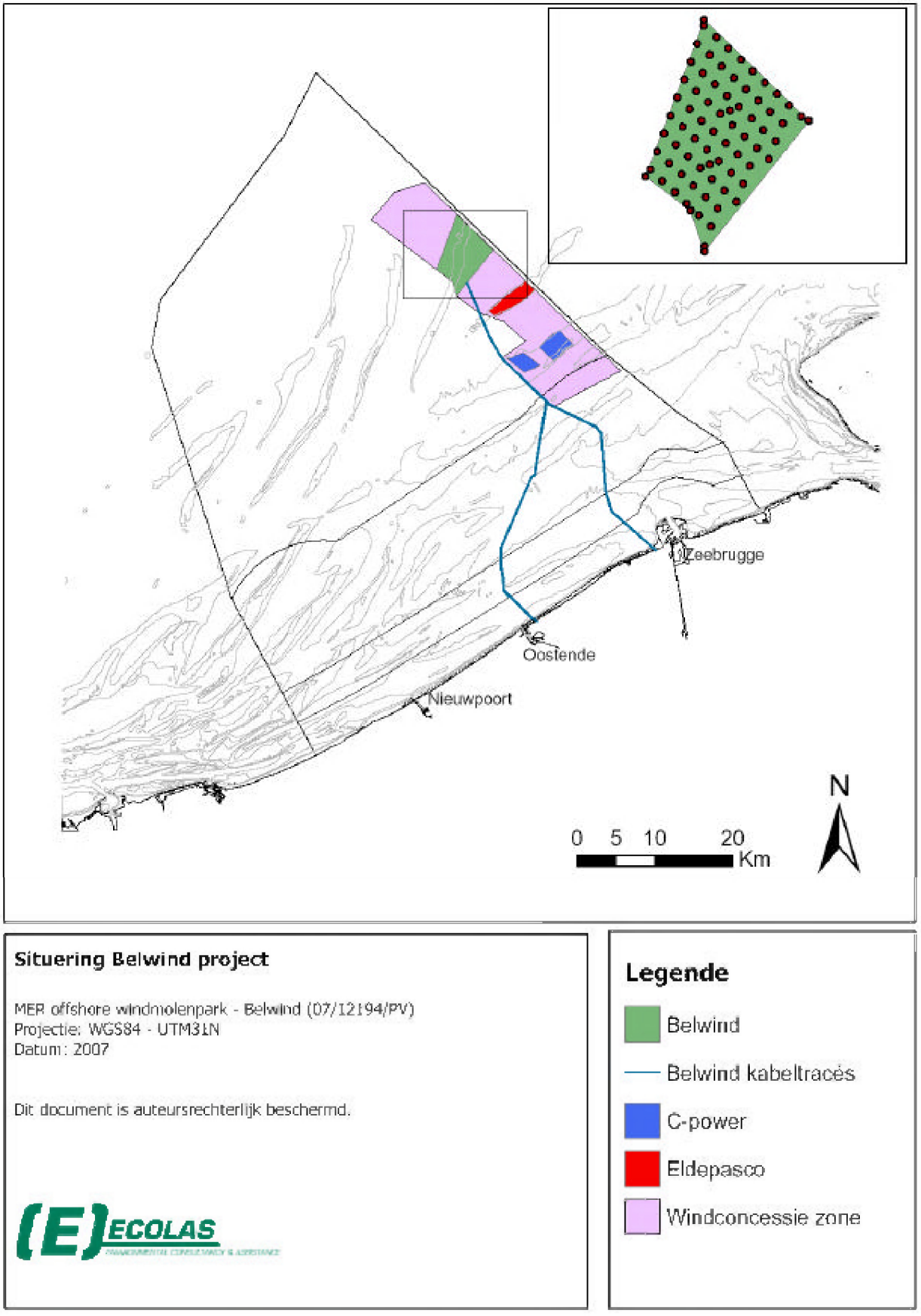
Legende

- Belwind
- Belwind kabeltracés
- Natura 2000
- Ramsar
- SBZ-Habitat
- SBZ-Vogel
- Strandreservaat
- Marien reservaat

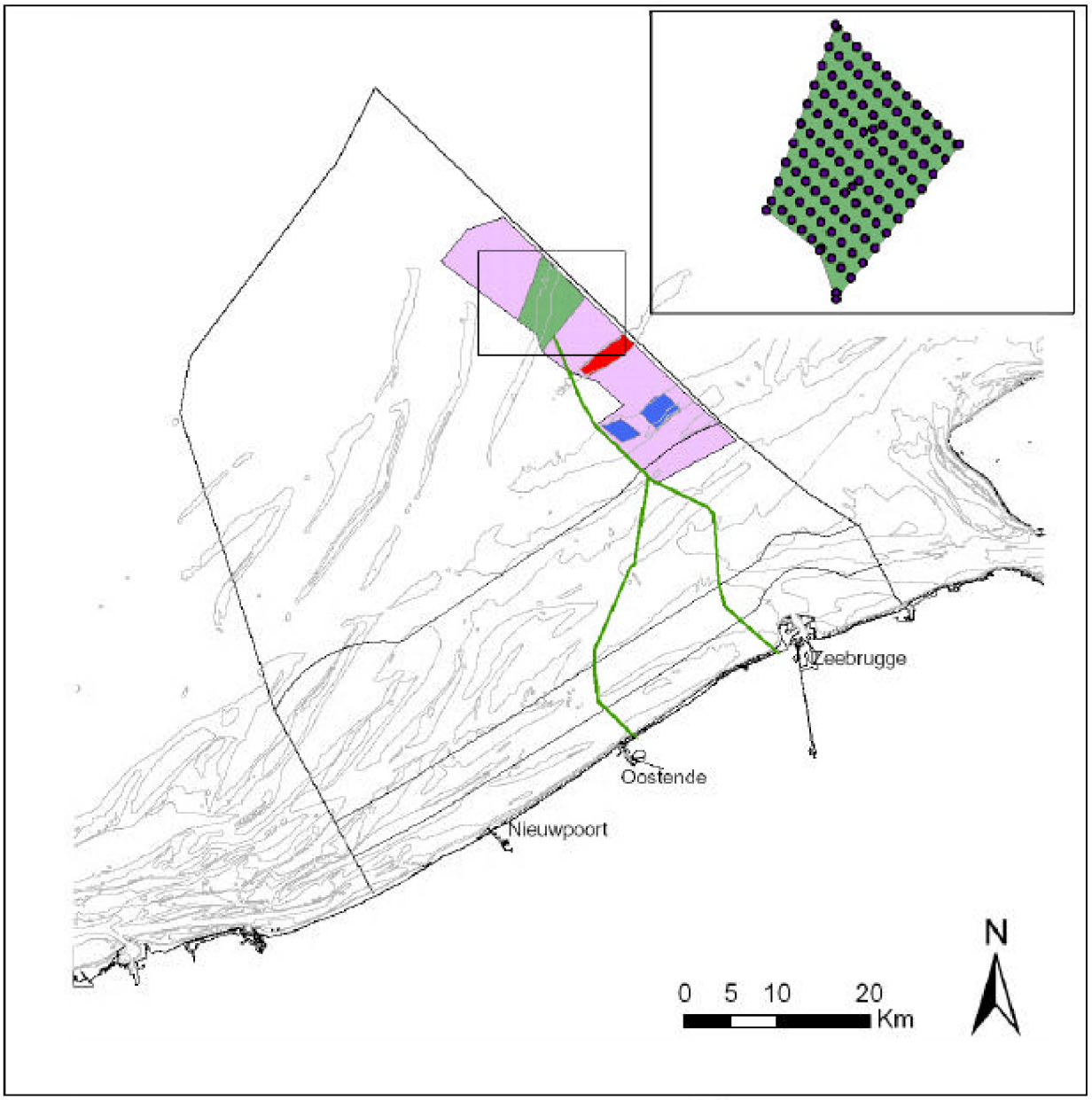
Figuur 1.3.1: Natuurgebieden in de Belgische mariene wateren

2. PROJECTBESCHRIJVING

2.1. ALGEMENE BESCHRIJVING EN INPLANTING VAN DE ACTIVITEIT



Figuur 2.1.1 Inplantingsplan basisvariant



Situering Belwind project (3 MW)

MER offshore windmolenpark - Belwind (07/12194/PV)
Projectie: WGS84 - UTM31N
Datum: 2007

Dit document is auteursrechterlijk beschermd.

Legende

- Belwind
- Belwind kabeltracés
- C-power
- Eldepasco
- Windconcessie zone

Figuur 2.1.2 Inplantingsplan alternatieve variant

2.3. BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE



Figuur 2.3.1: Repower 5M windturbine

DEWI Magazin Nr. 27, August 2005

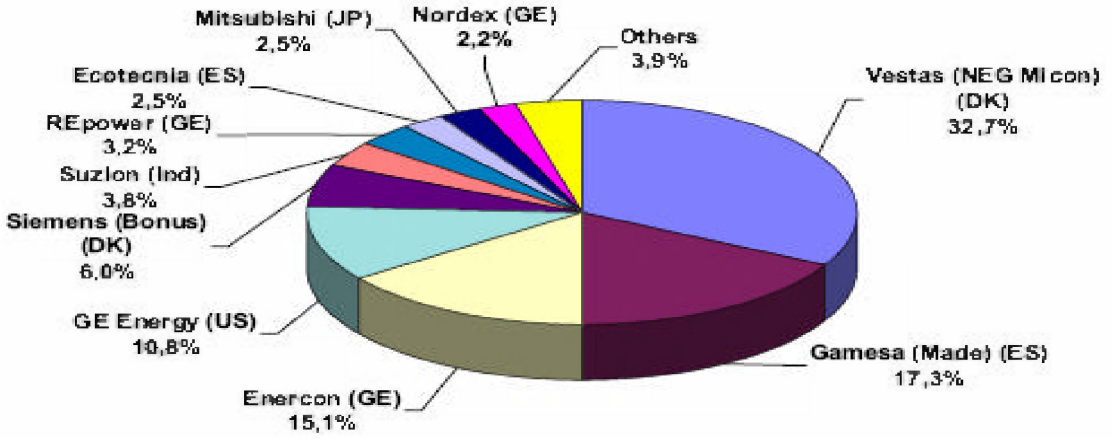


Abb. 2: Anteile der Anbieter von WEA auf dem Weltmarkt bezogen auf die installierte Leistung der in 2004 verkauften WEA

Fig. 2: Shares of the suppliers of WTGS at the world market with respect to the installed capacity of WTGS sold in 2004.

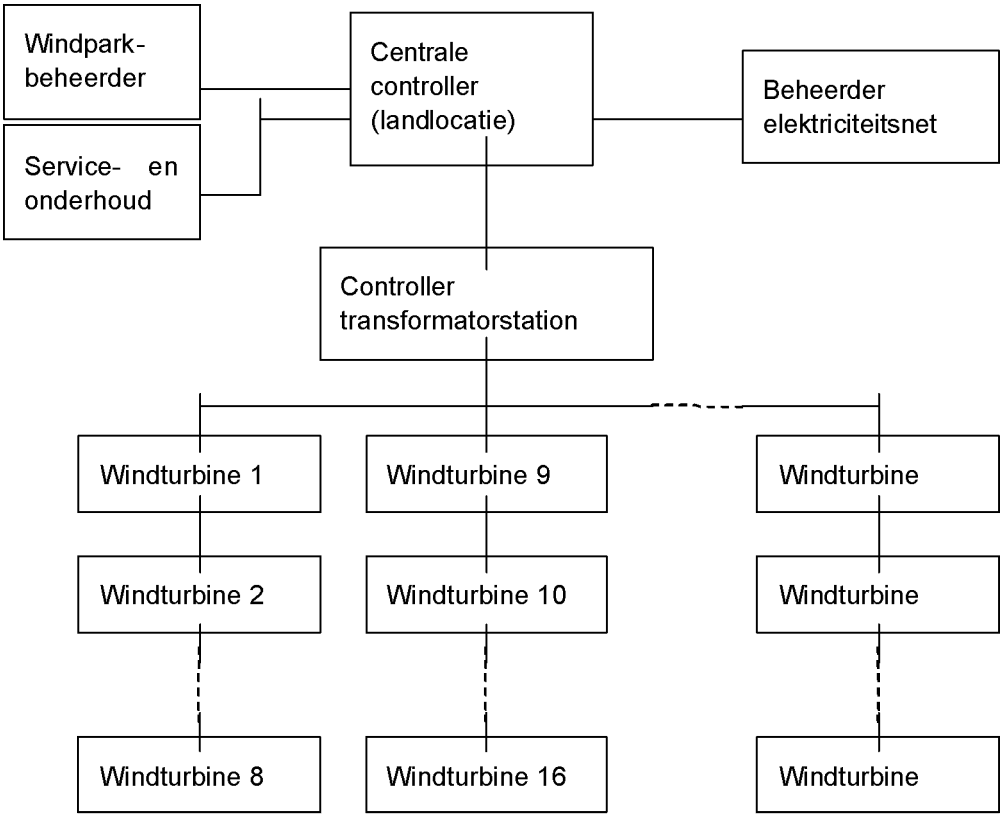
Figuur 2.3.2: Overzicht van de belangrijkste leveranciers en hun marktaandeel



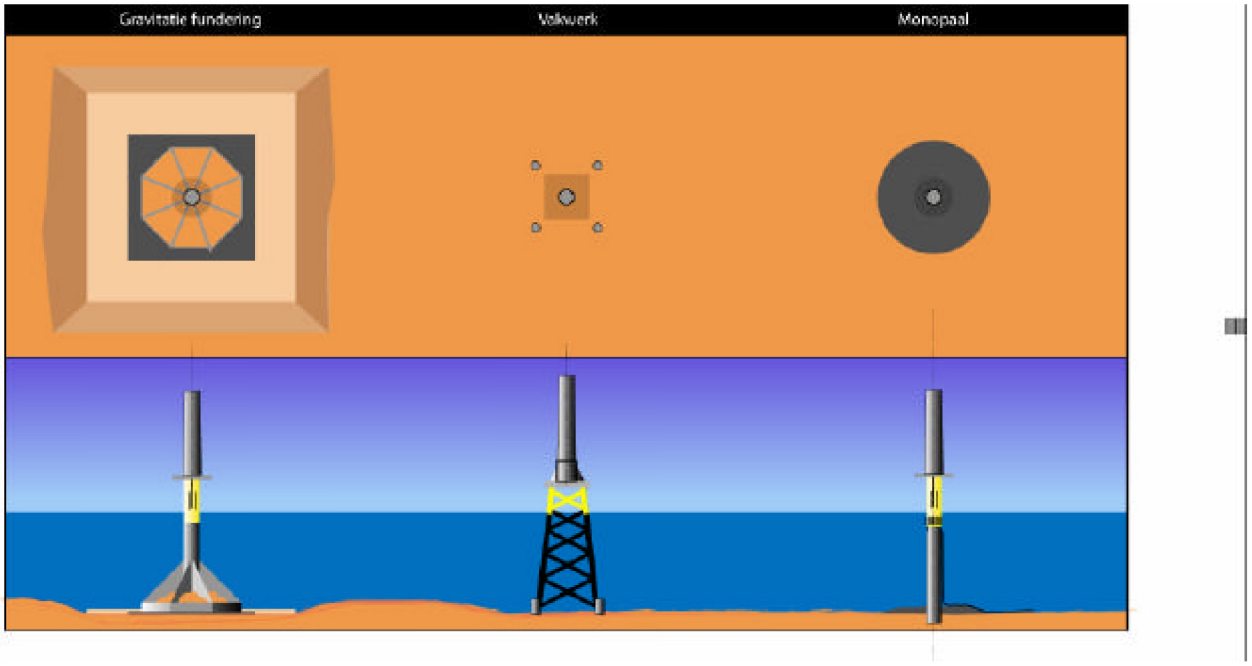
Figuur 2.3.3: De gondelbehuizing, incl. helicopterdek en verblijfkamer



Figuur 2.3.4: Installatie van de rotorbladen



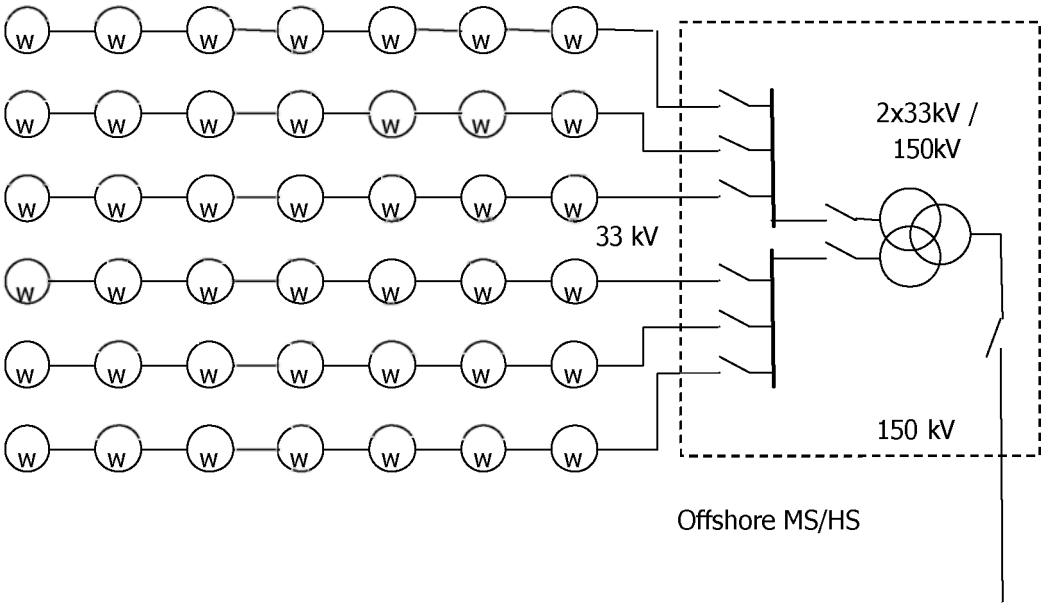
Figuur 2.3.5: Overzicht besturing windturbine



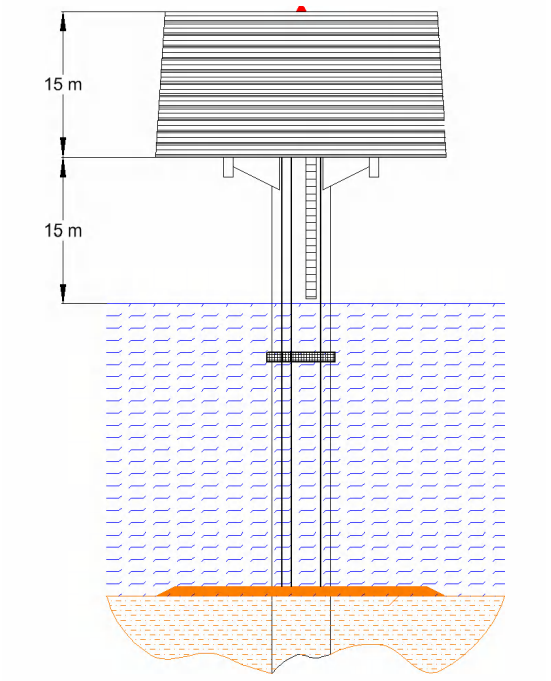
Figuur 2.3.6: Diverse typen funderingen



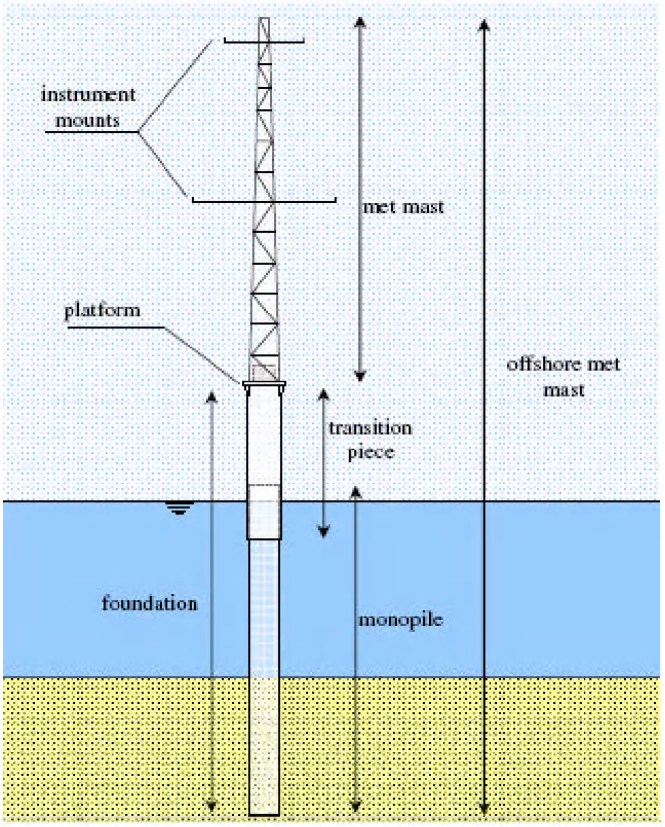
Figuur 2.3.7: Plaatsing van het transportplatform op het transitiestuk



Figuur 2.3.8: Hoofdstroomschema offshore installaties



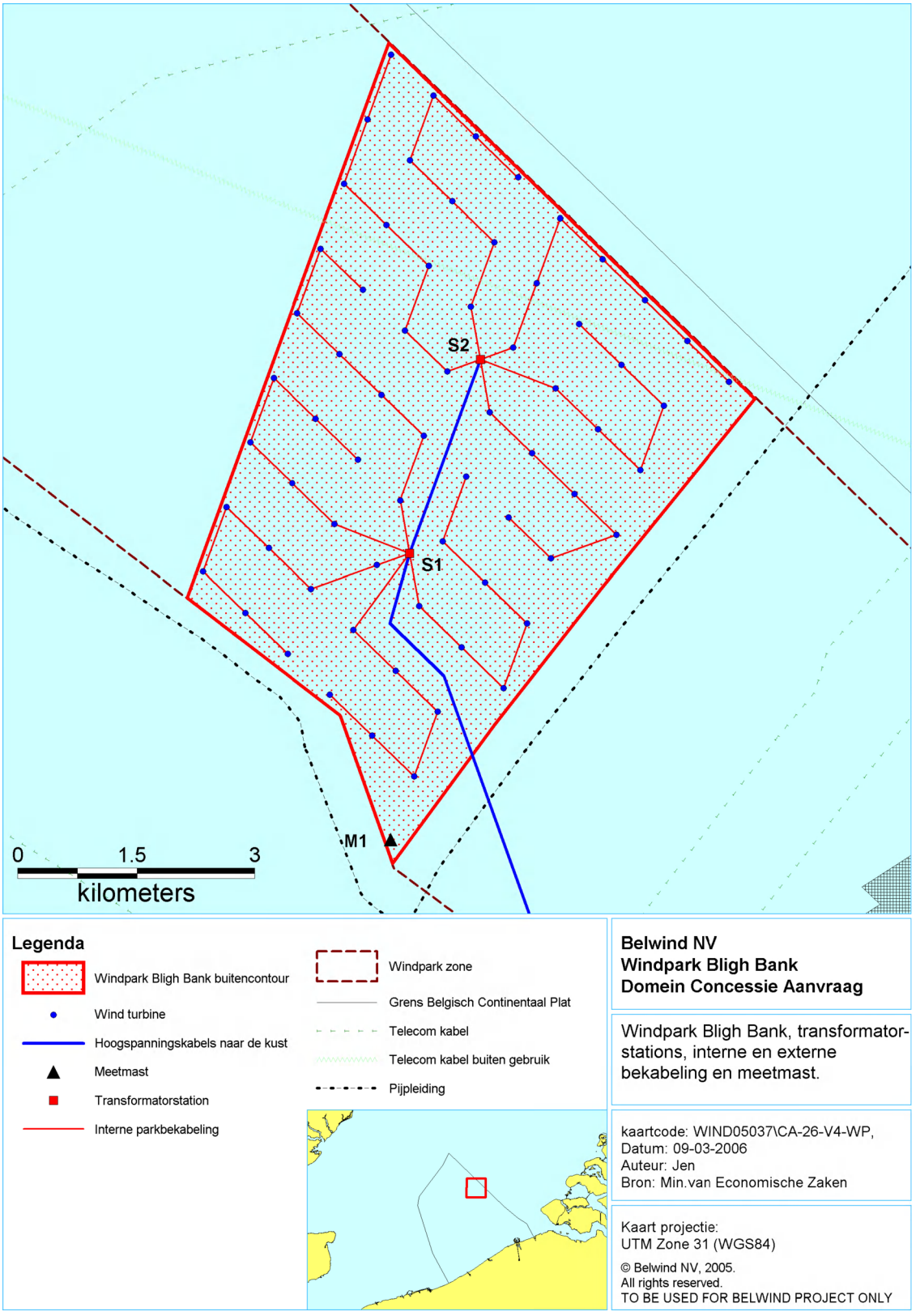
Figuur 2.3.9: Offshore MS/HS transformatorstation



Figuur 2.3.10: Meetmast

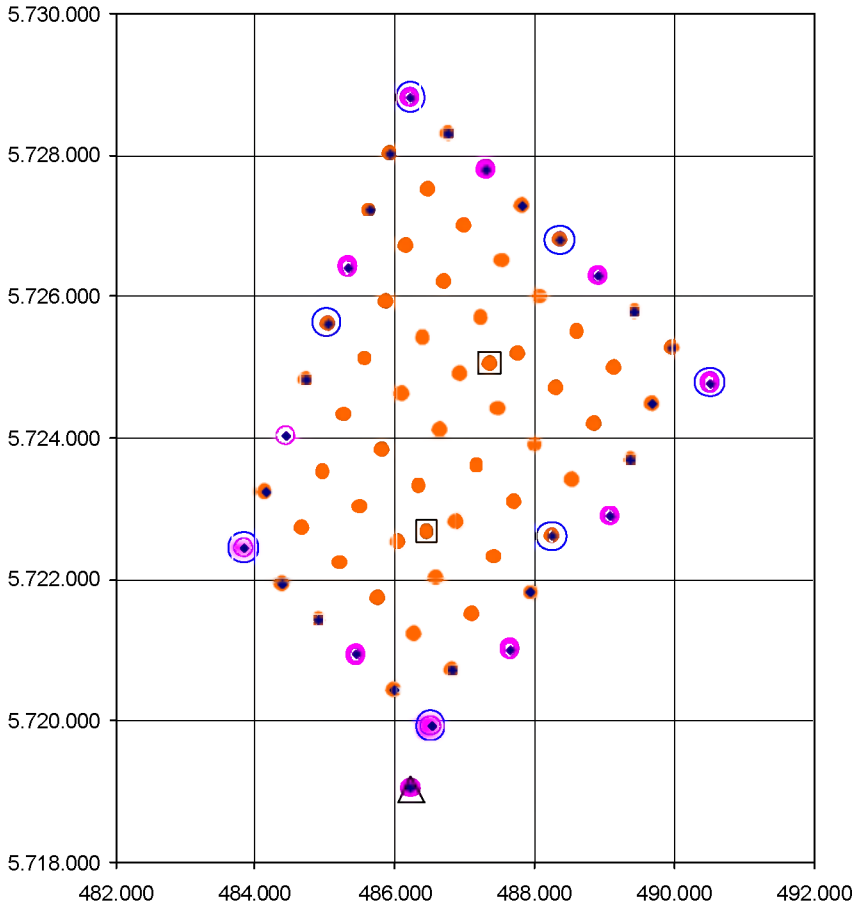


Figuur 2.3.11: Type bekabeling

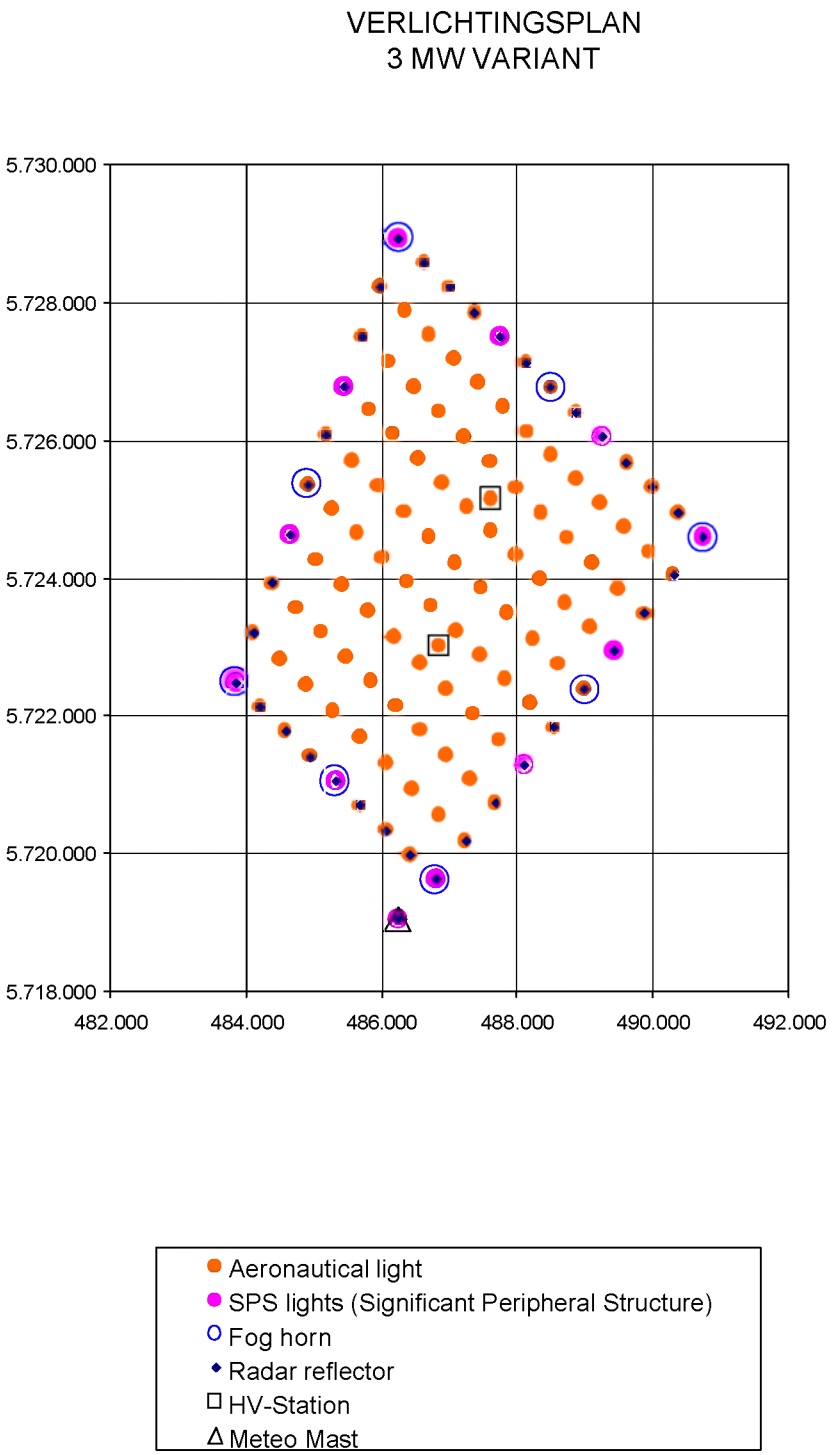


Figuur 2.3.12: Kabels in het windturbinepark

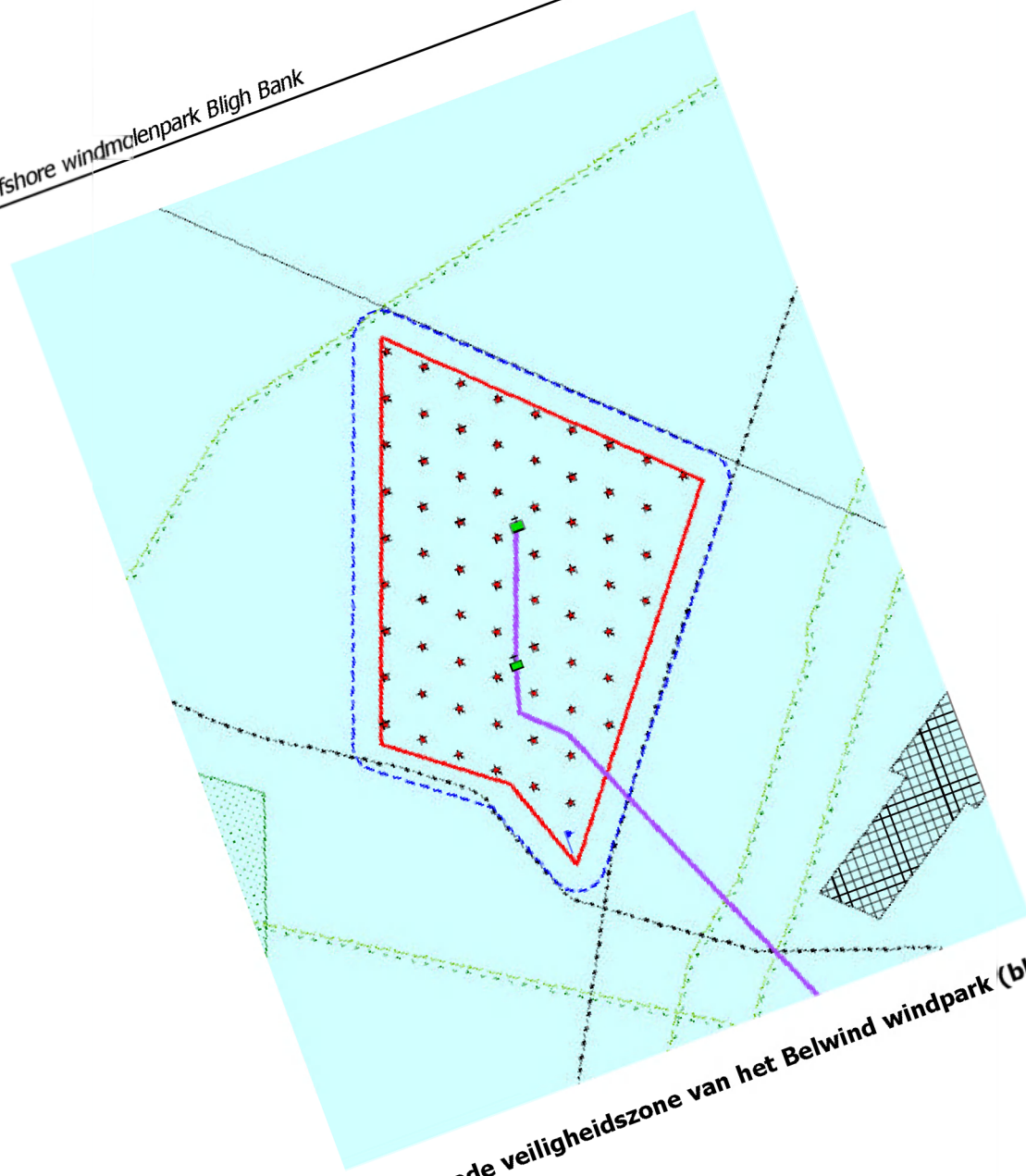
VERLICHTINGSPLAN
5 MW INRICHTINGSPLAN



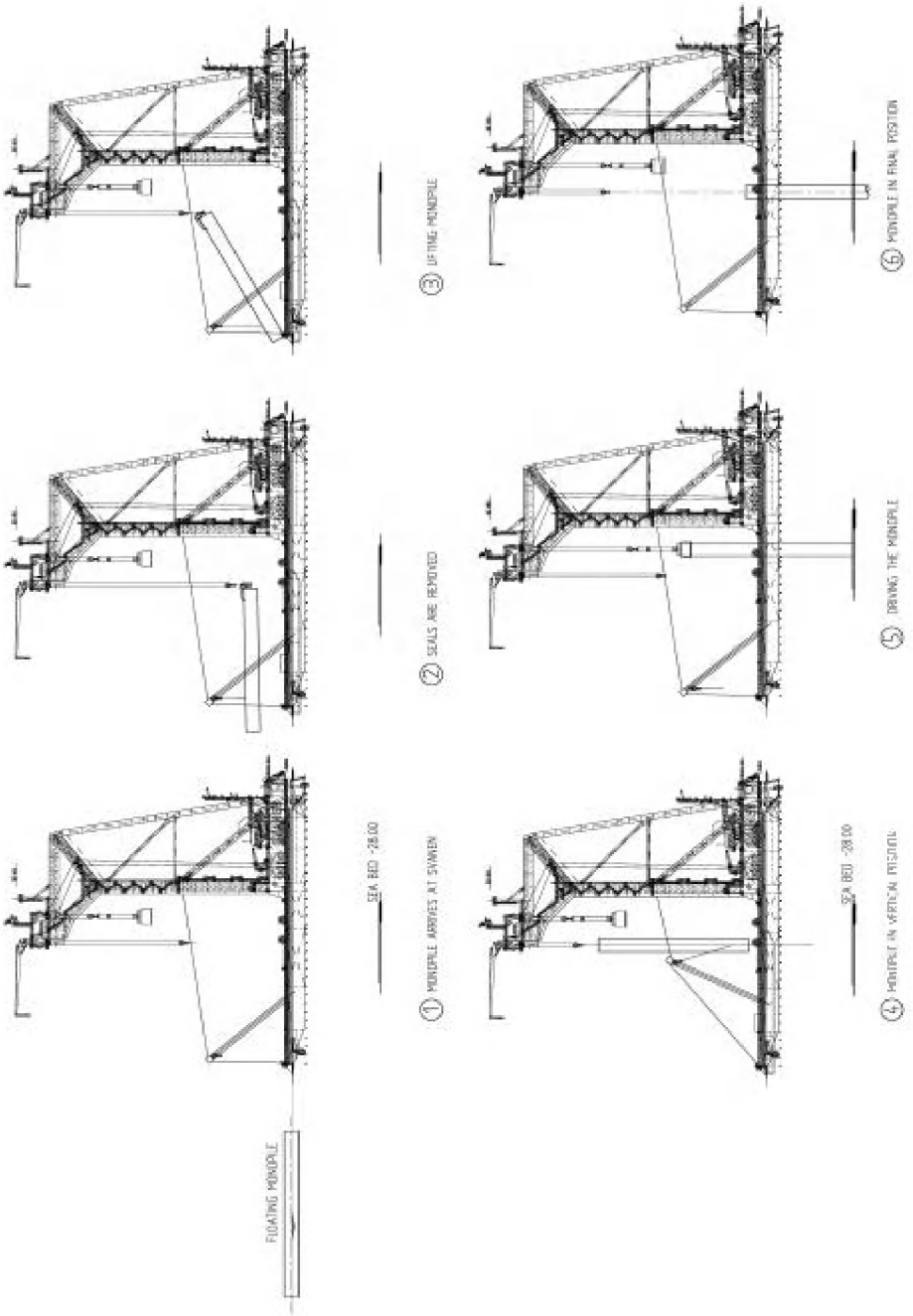
- Aeronautical light
- SPS lights (Significant Peripheral Structure)
- Fog horn
- Radar reflector
- HV-Station
- Meteo Mast



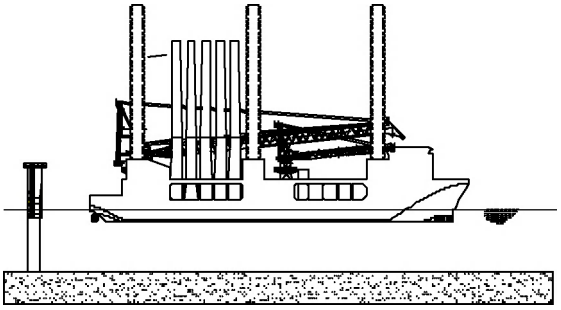
Figuur 2.3.13: Bebakening van het windpark



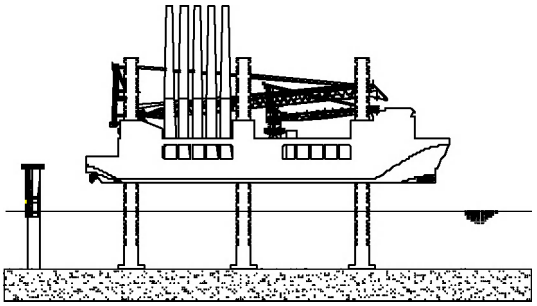
Figuur 2.3.14: 500m brede veiligheidszone van het Belwind windpark (blauwe stippellijn)



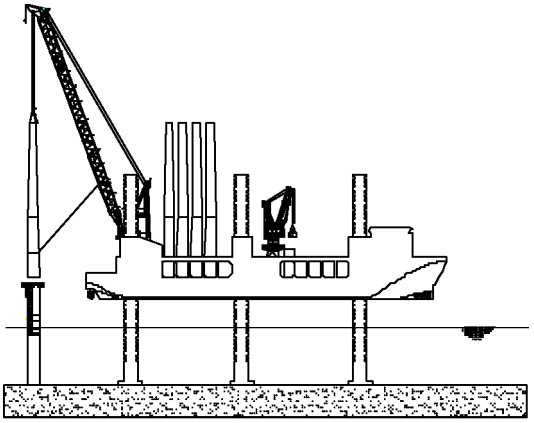
Figuur 2.4.1: Installatie van de monopaalfunderingen



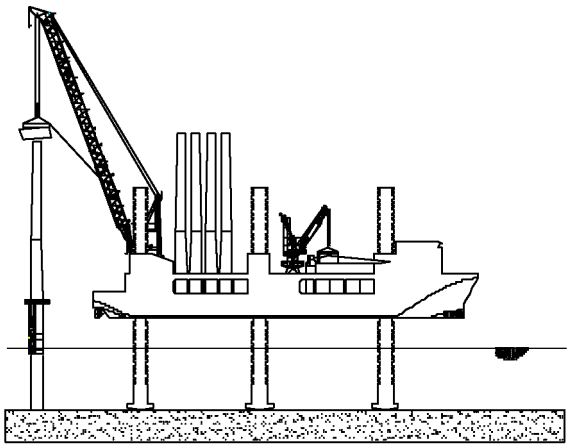
Figuur 2.4.2: Aankomst hefschip op offshore site



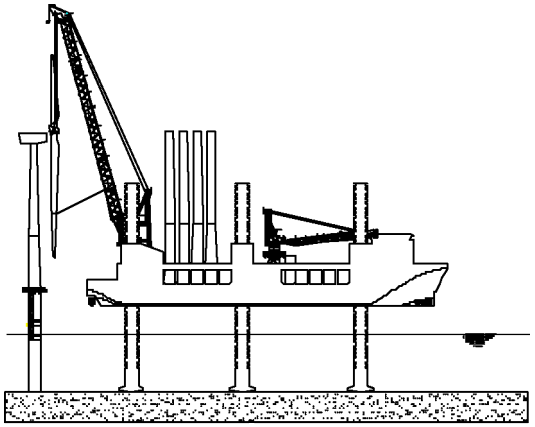
Figuur 2.4.3: Fixeren van het hefschip



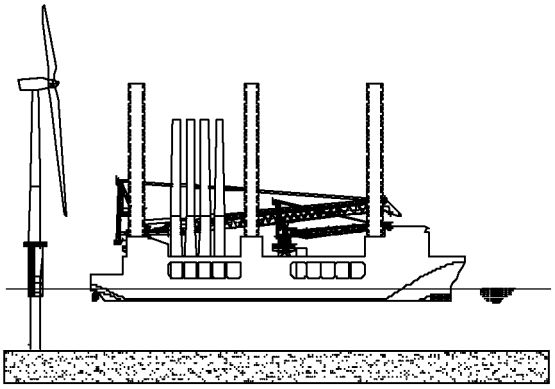
Figuur 2.4.4: Installeren toren segmenten



Figuur 2.4.5: Installeren gondel windturbine



Figuur 2.4.6: Installatie windturbine



Figuur 2.4.7: Turbine installatie gereed



Figuur 2.4.8: Kabellegschip



Figuur 2.4.9: Werktuigen voor het graven van kabelsleuven



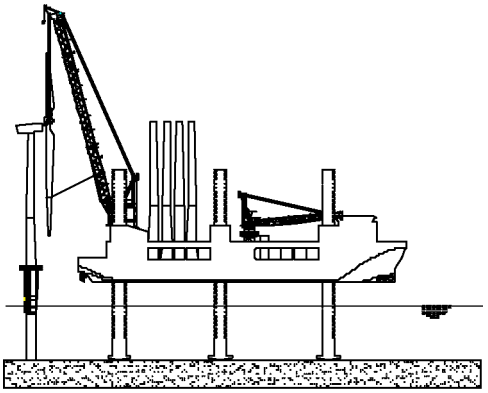
Figuur 2.4.10: Kabelploeg



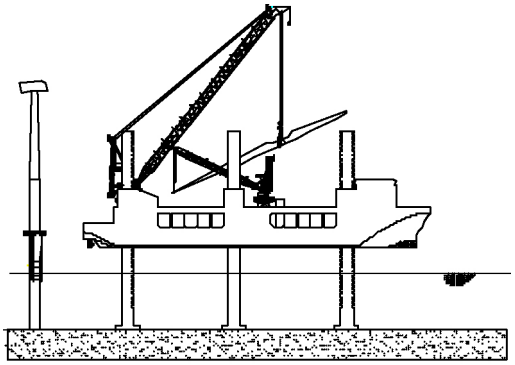
Figuur 2.4.11: Kabeleinde



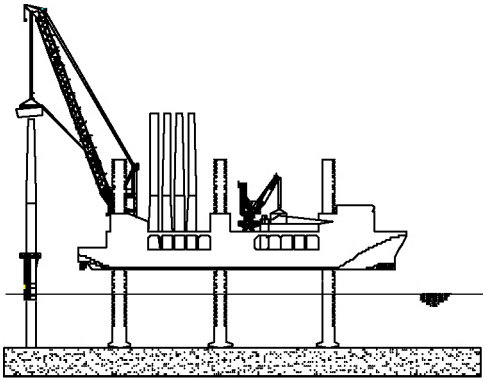
Figuur 2.4.12: Aanleggen kabel



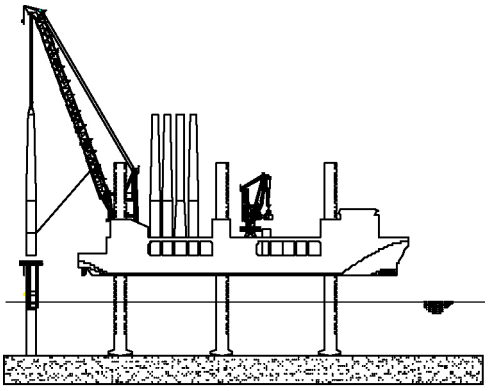
Demonteren rotor



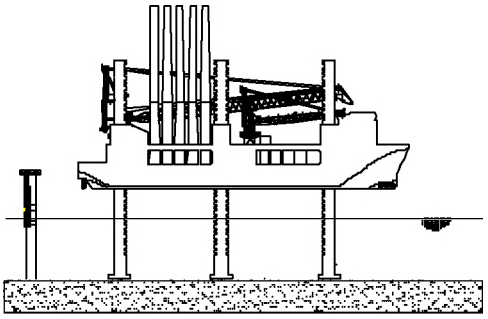
Rotoren aan boord gelegd



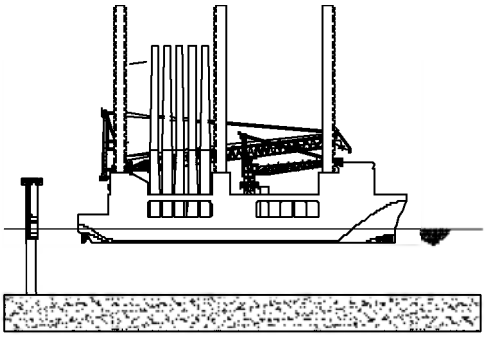
Demonteren gondel



Demonteren mast

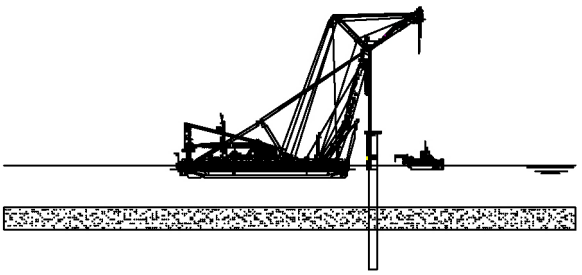


Mast aan boord gelegd

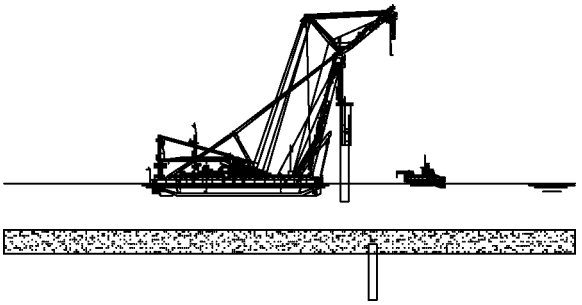


Schip gereed voor vertrek naar land

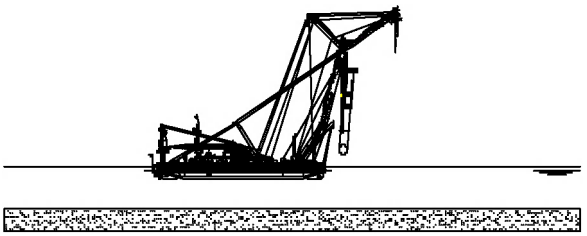
Figuur 2.4.13: Verwijderen van windturbines



De hijshaak wordt aan transitiestuk vastgemaakt



De fundering wordt gesneden op 2 m onder zeebodem



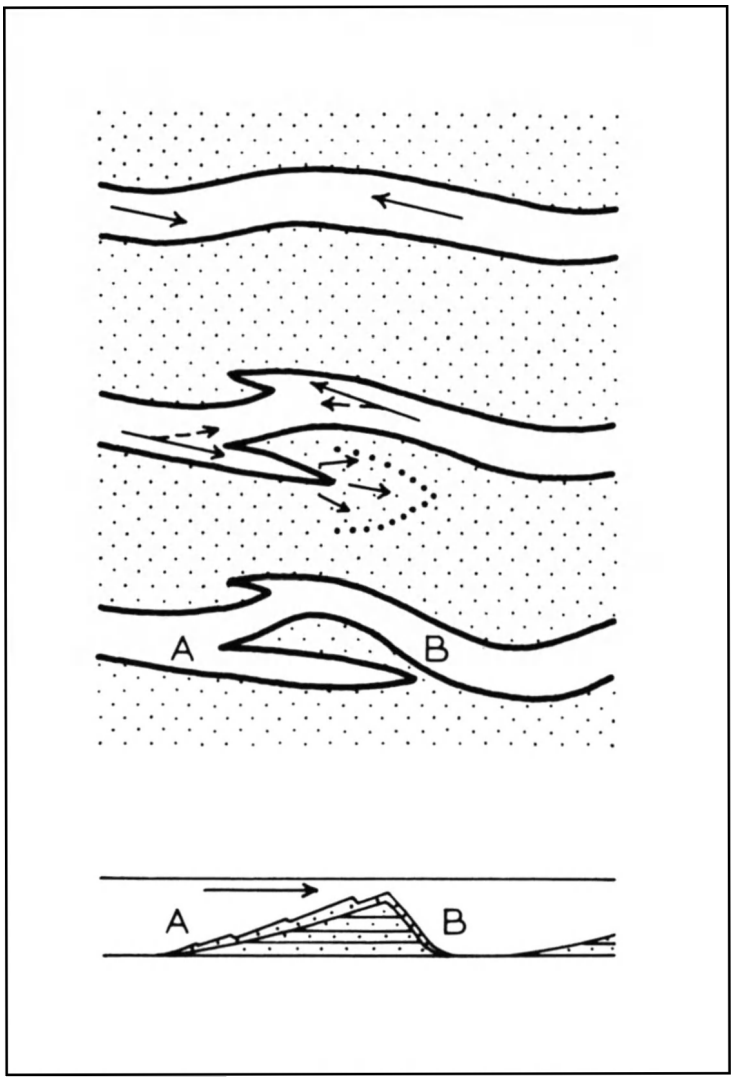
De fundering wordt afgevoerd naar land

Figuur 2.4.14: Verwijderingsfase van de funderingen

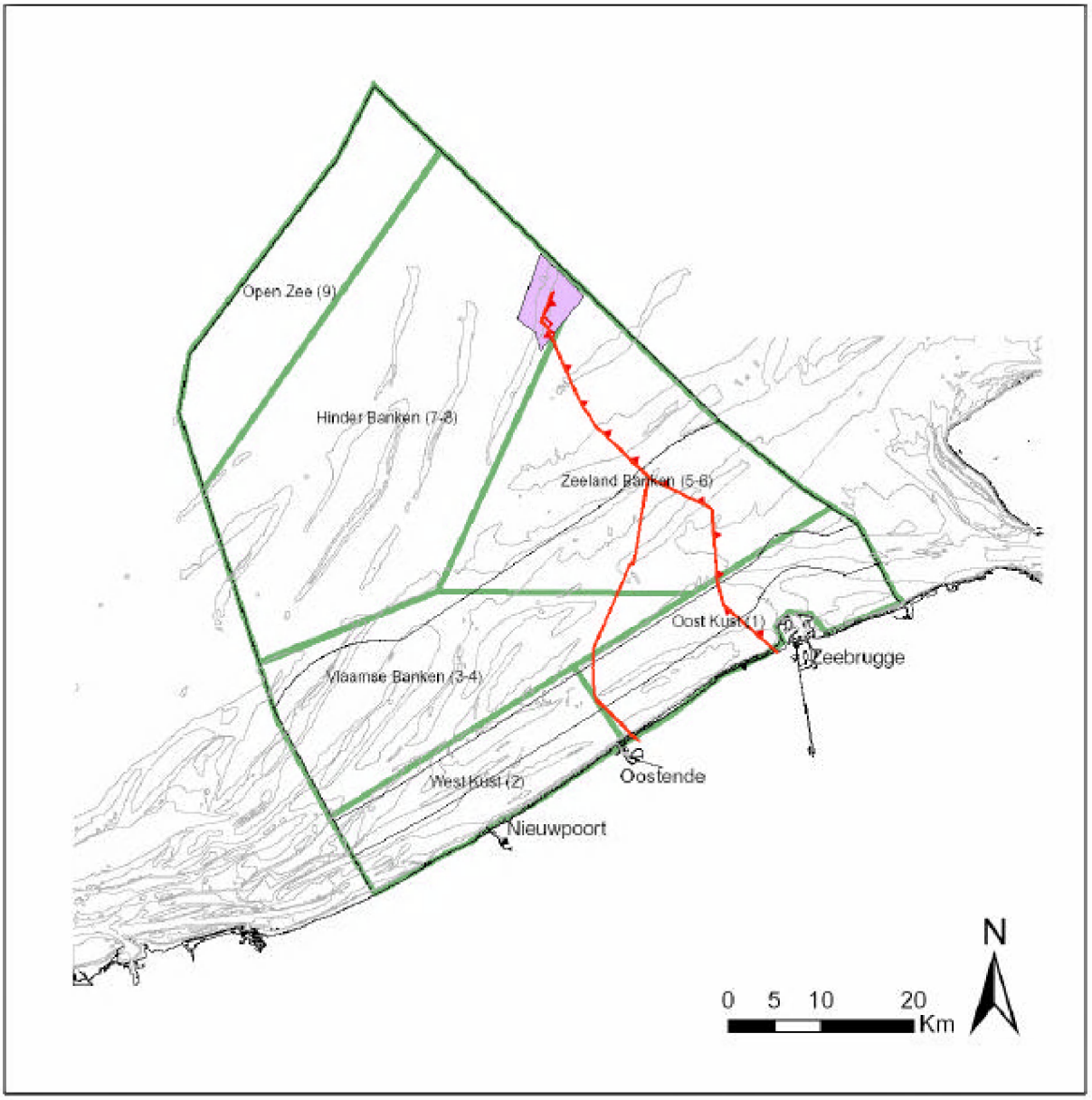
3. ALTERNATIEVEN

4. EFFECTBEOORDELING

4.1. BODEM



Figuur 4.1.1: Ontstaan van een getijdezandbank (Pannekoek *et al.*, 1984)



Biozones Belwind project

MER offshore windmolenpark - Belwind (07/12194/PV)
Projectie: WGS84 - UTM31N
Datum: 2007

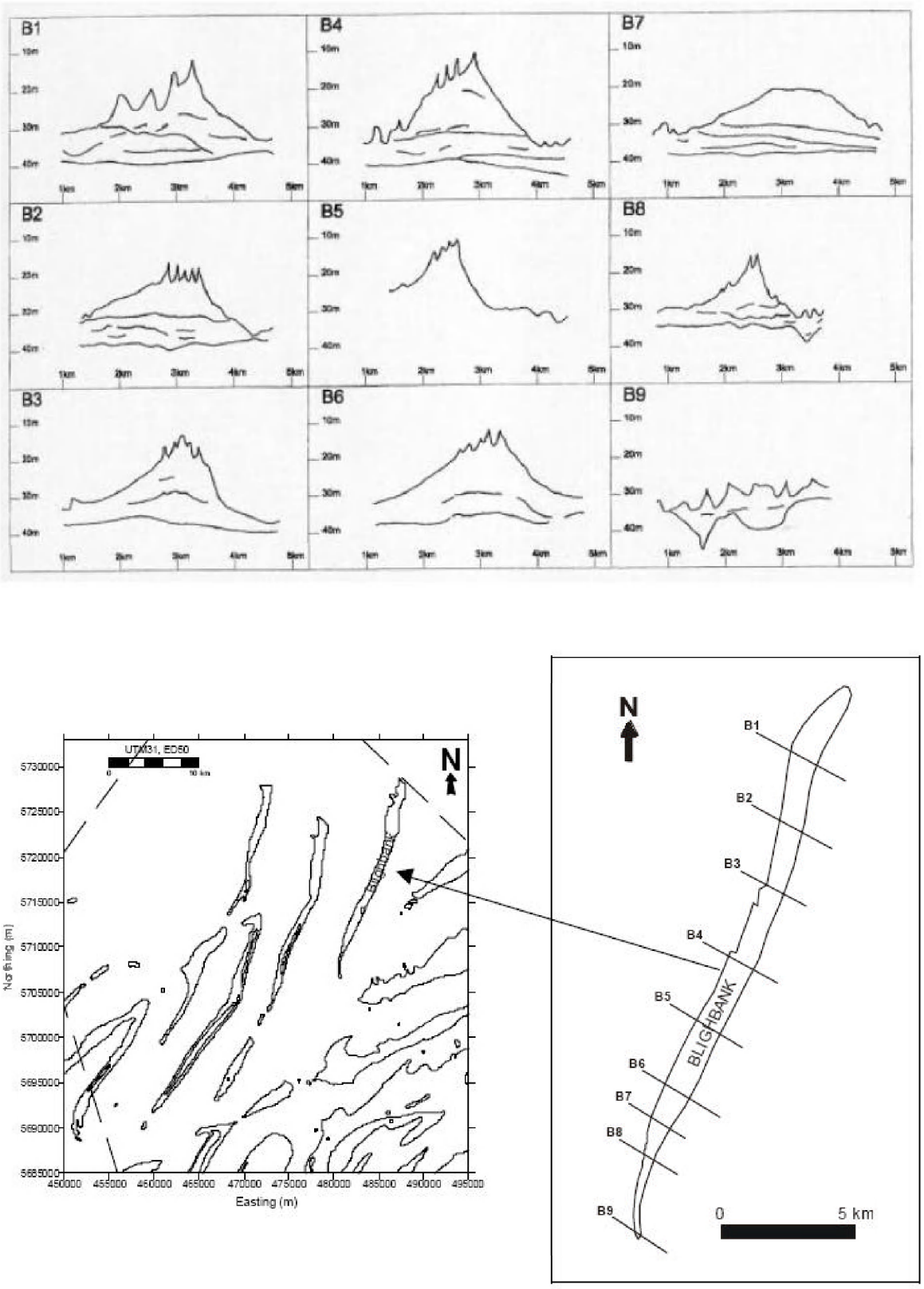
Dit document is auteursrechterlijk beschermd.

ECOLAS

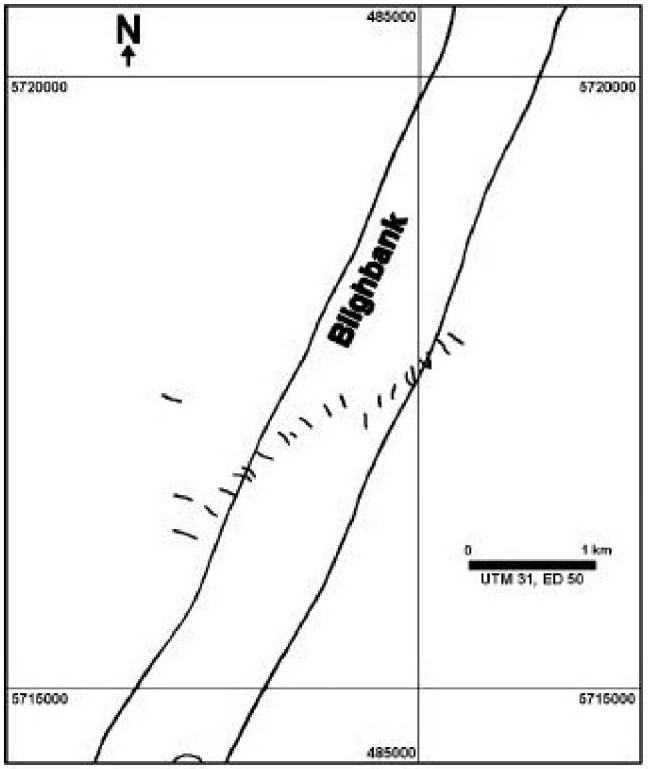
Legende

- Biozones
- Belwind
- Belwind kabeltracé ZB
- Belwind kabeltracé OO

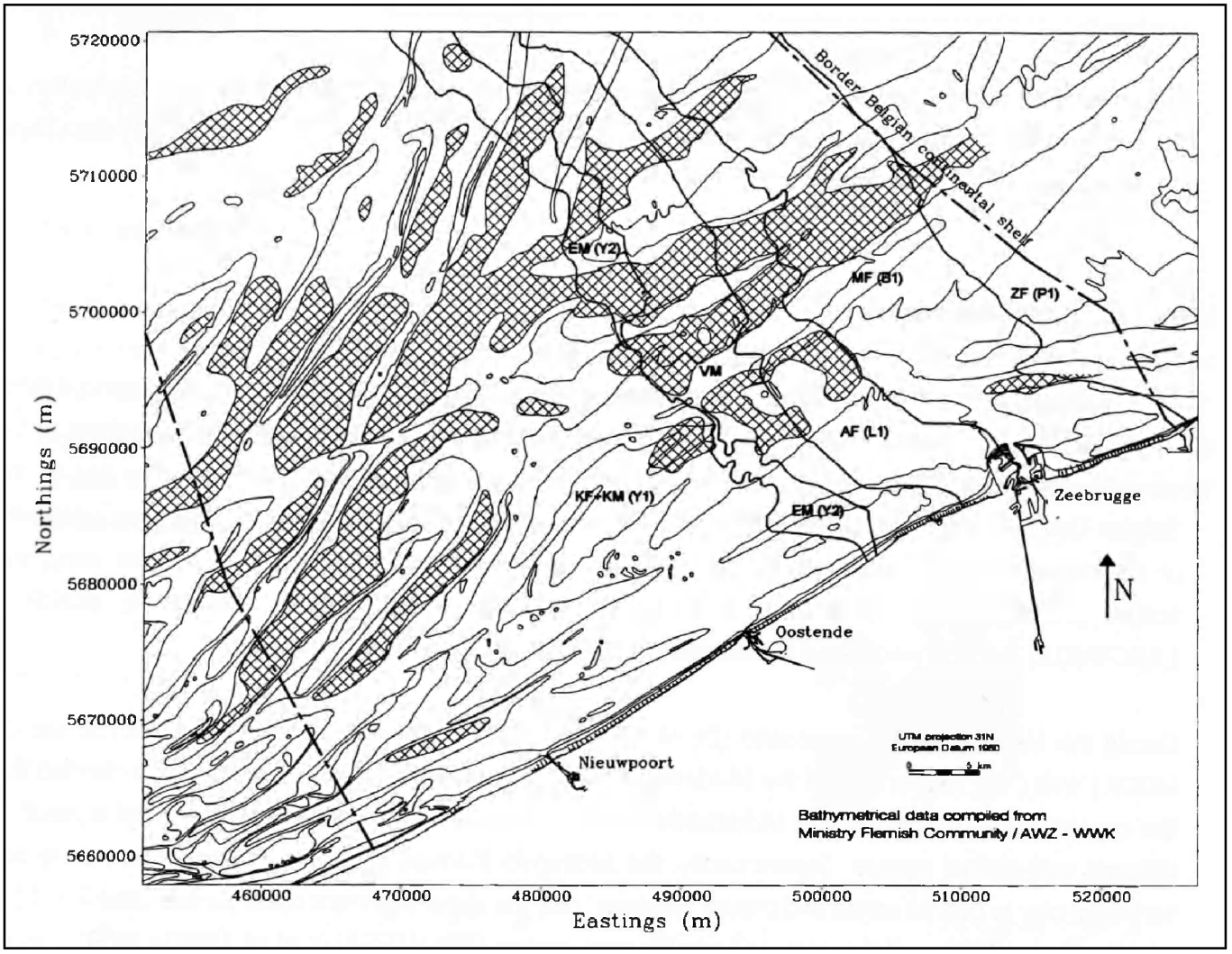
Figuur 4.1.2: Overzichtskaart Vlaamse Banken – Kustbanken – Zeelandbanken



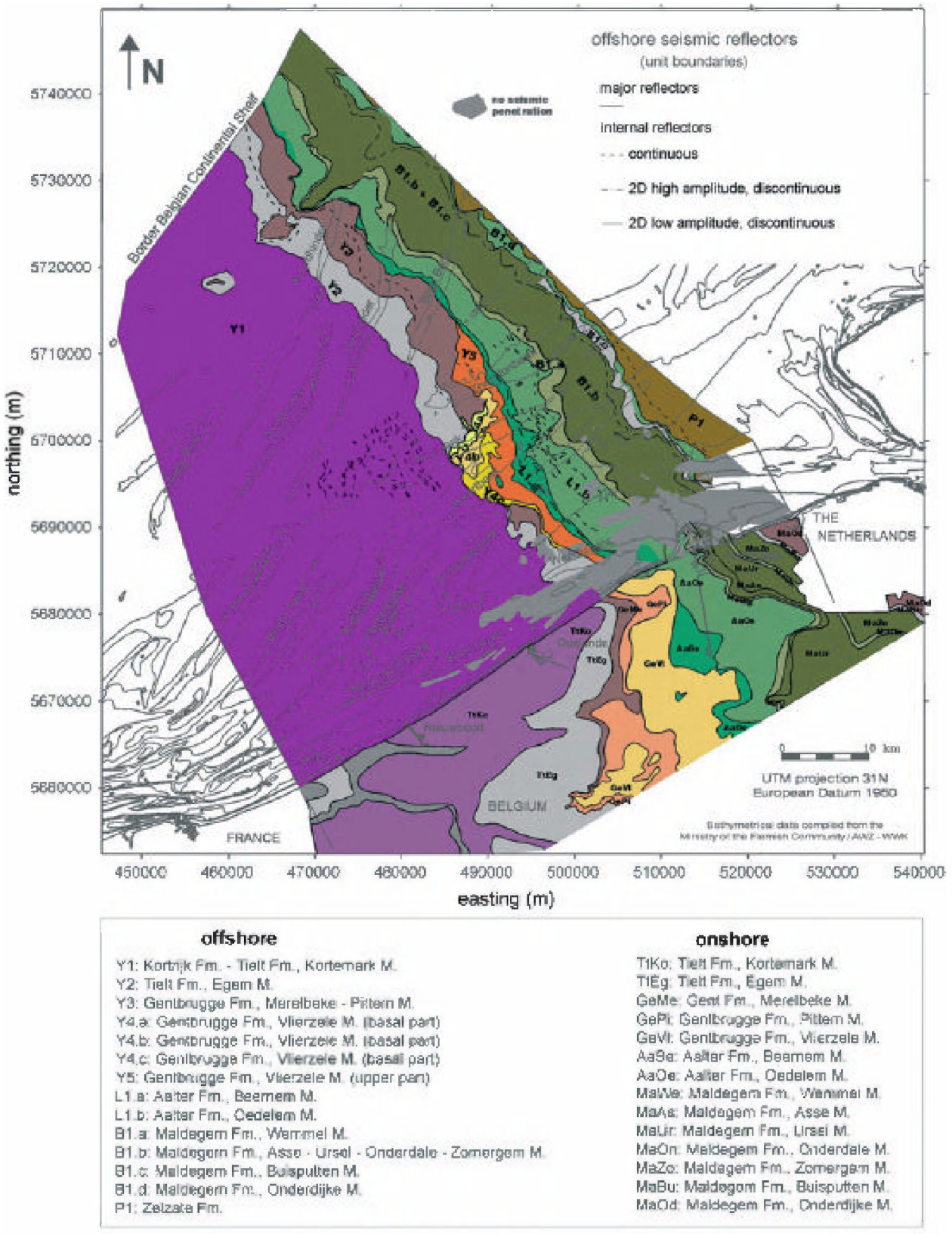
Figuur 4.1.3 Dwarsprofielen doorheen de Bligh Bank (Deleu, 2001)



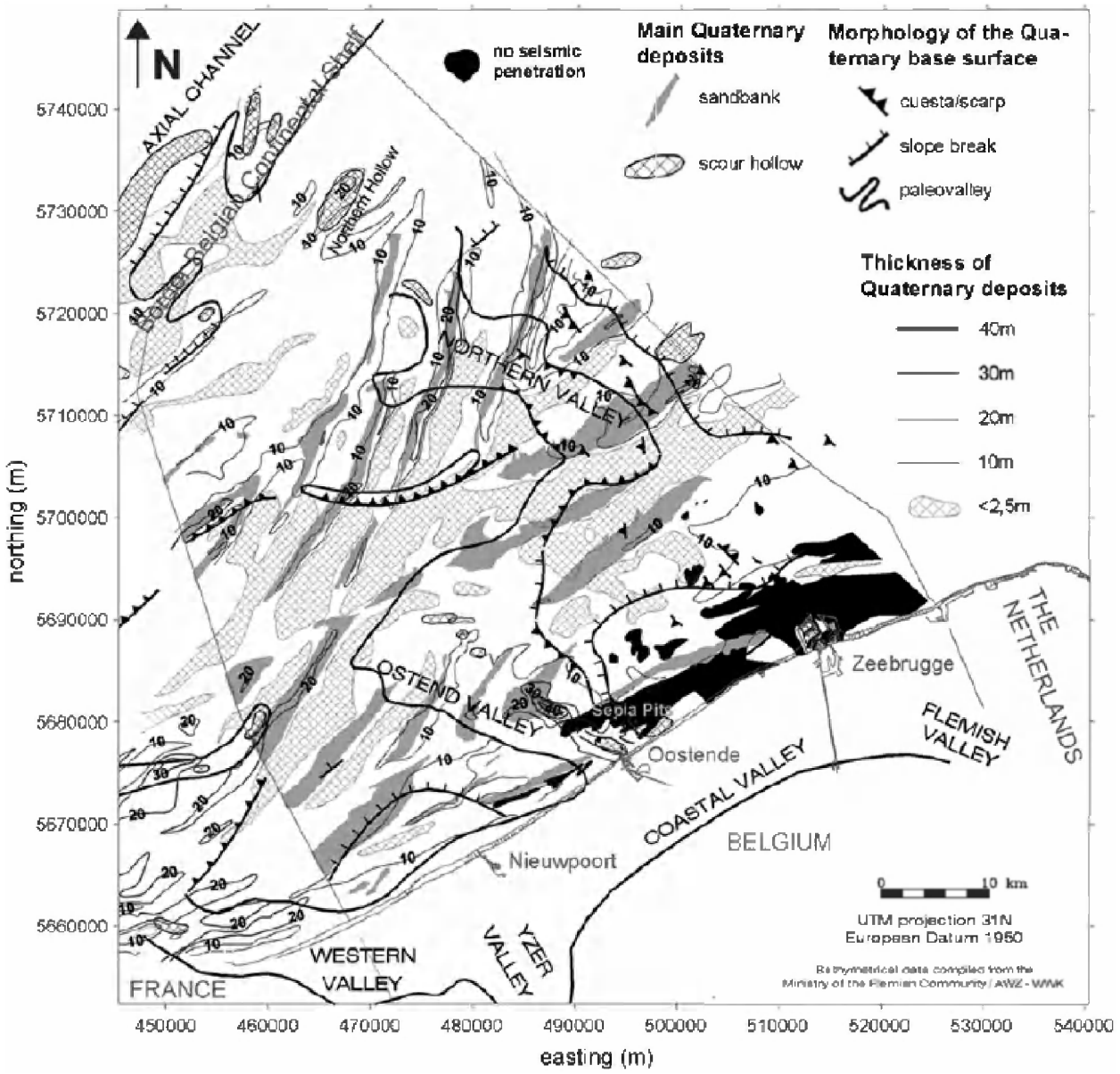
Figuur 4.1.4: Bligh Bank met aanduiding van de kamlijnen van de grote duinen (Deleu, 2001)



Figuur 4.1.5: Afgedekt patroon van de paleogene offshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriet, 1995) – Gearceerde zones zijn bedekt door quartaire afzettingen met een dikte < 2.5 m. ZF : Zelzate Formatie, MF Maldegem Formatie, AF Aalter Formatie, VM Lid van Vlierzele, MPM Lid van Merelbeke en Pittem, EM Lid van Egem, KM Lid van Kortemark, KF Kortrijk Formatie

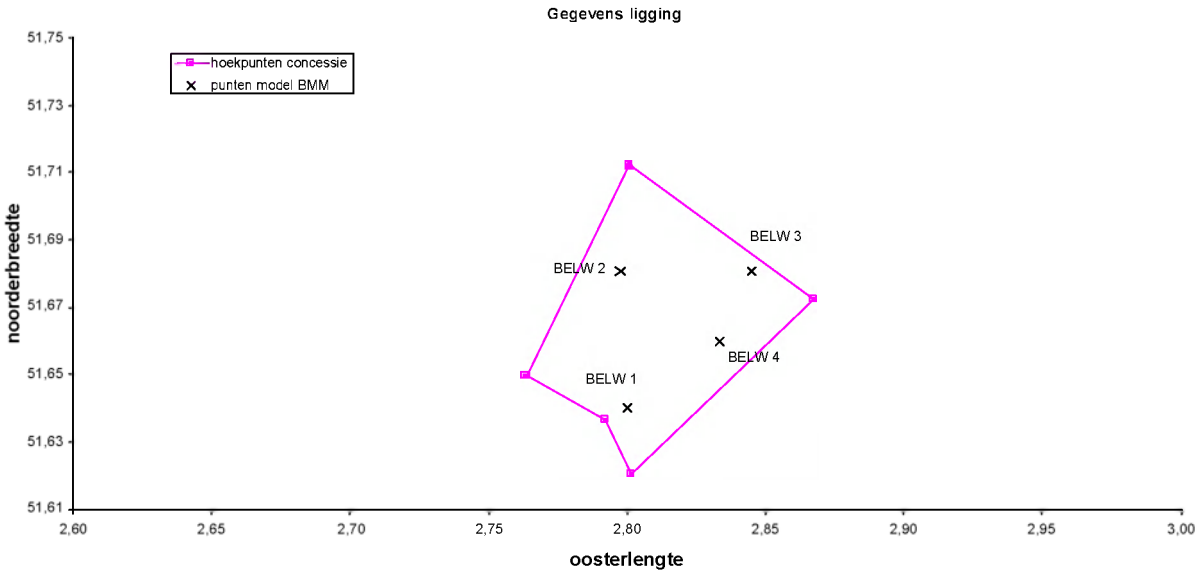


Figuur 4.1.6: Afgedekt patroon van de paleogene offshore en onshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriet, 1995)

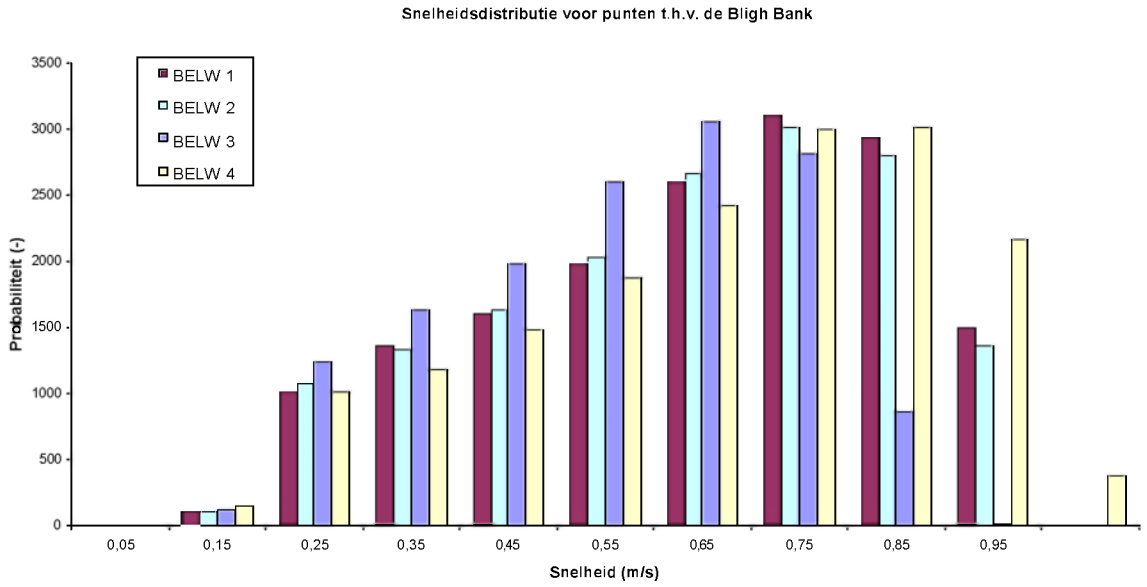


Figuur 4.1.7: Morfologische kenmerken aan de basis van het Quartair Dek (Liu, 1990; Liu *et al.*, 1992)

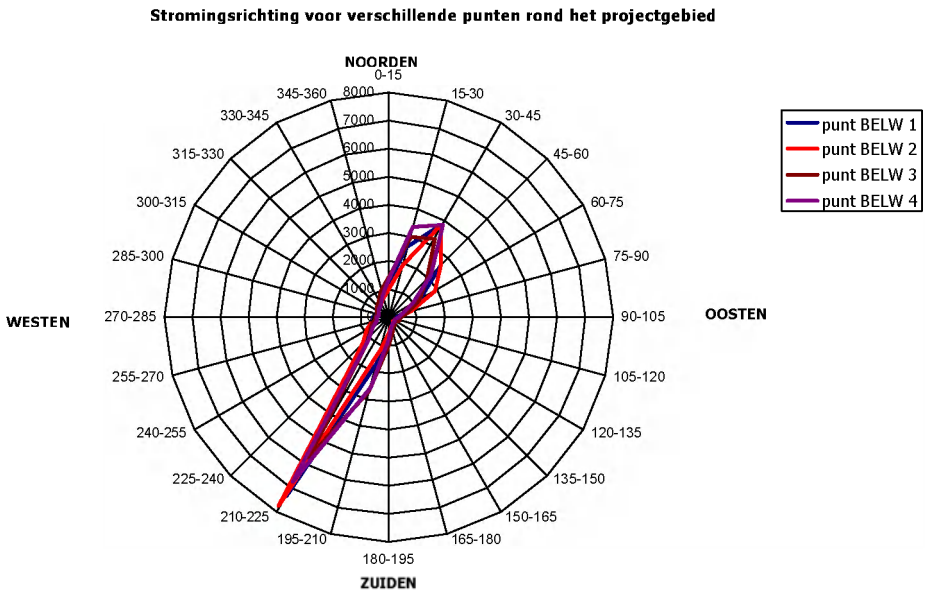
4.2. WATER



Figuur 4.2.1: Ligging van 4 modelpunten (Belw1 tot Belw4) t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a)



Figuur 4.2.2: Frequentiedistributie van stroomsnelheden voor 4 punten (Belw1 tot Belw4) t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a)

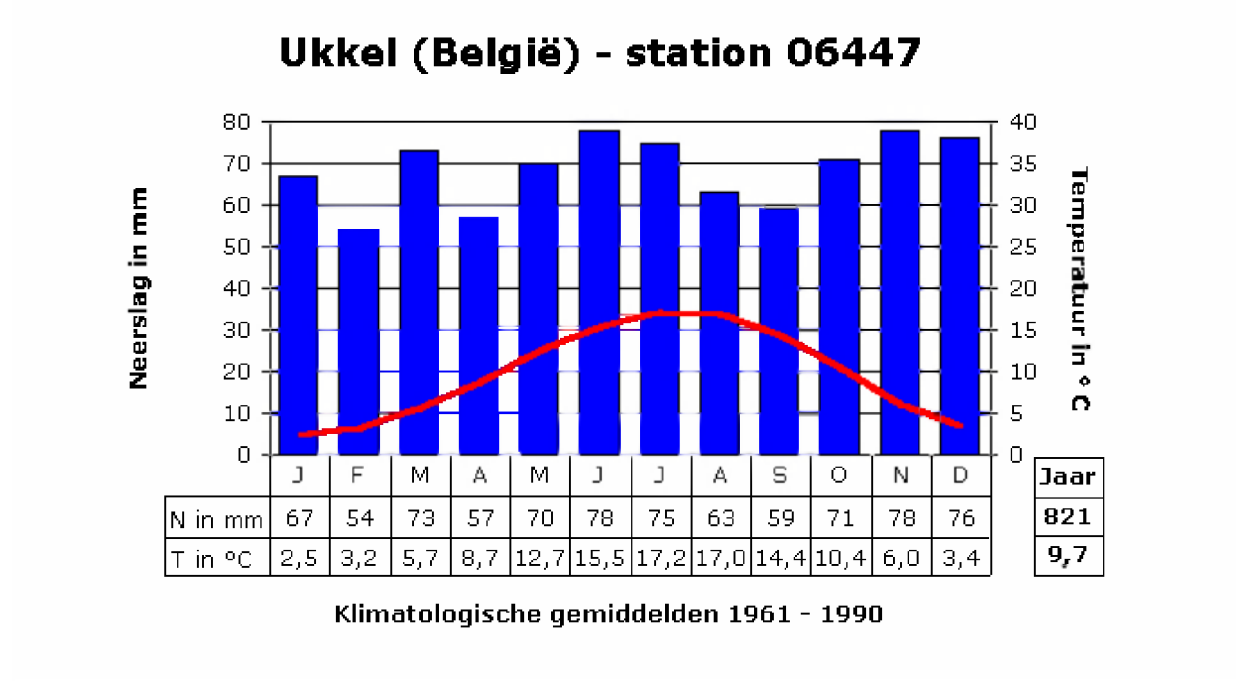


Figuur 4.2.3: Frequentiedistributie van richtingen waaruit de stroming komt t.h.v. de Bligh Bank (BMM, 2007a)

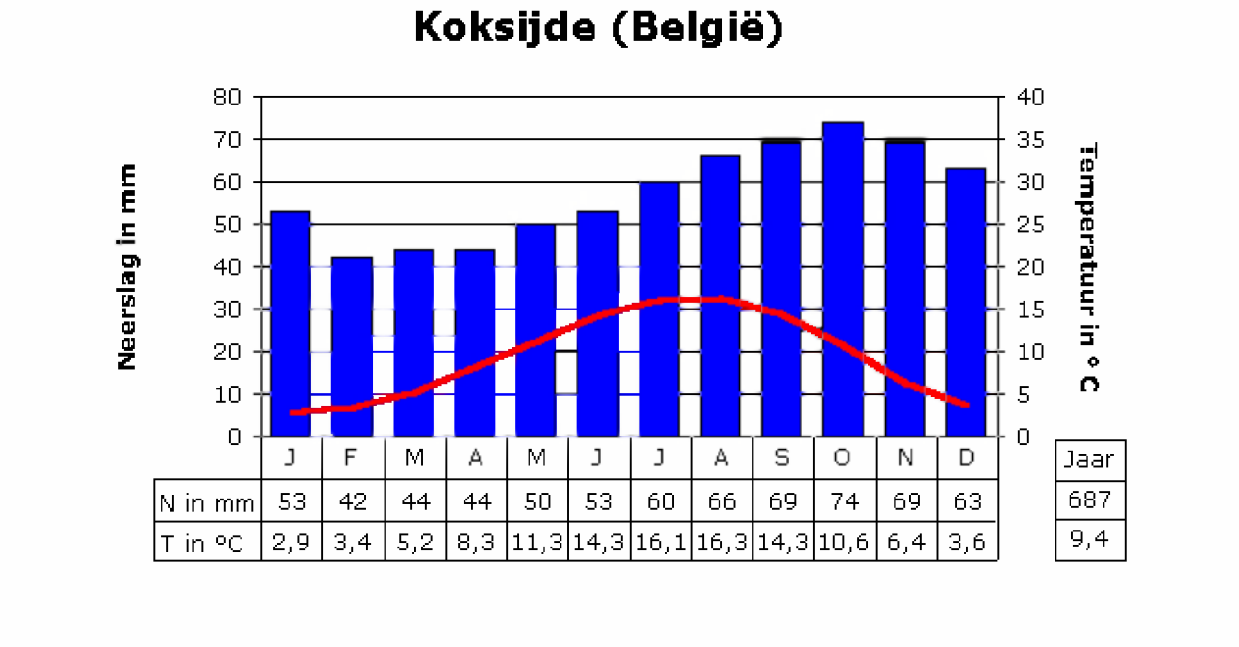
T1/3 (s)		H1/3 (m)																			
		0	**0.5**	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**	**3.5**	**4**	**4.5**	**5**	**5.5**	**6**	**6.5**	**7**	**7.5**	**8**	**8.5**	**9**	**9.5**
		0.5	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**	**3.5**	**4**	**4.5**	**5**	**5.5**	**6**	**6.5**	**7**	**7.5**	**8**	**8.5**	**9**	**9.5**	**10**
0.2	**0.4**	0	0	0	0	0	0.006	0.06	0.374	0.442	0.151	0.036	0.009	0.001	0	0	0	0	0	0	0
0.4	**0.6**	0	0	0	0	0.044	0.723	2.176	3.301	2.888	1.74	1.008	0.493	0.267	0.101	0.037	0.017	0.007	0.004	0.004	0
0.6	**0.8**	0	0	0	0	0.014	0.532	2.503	3.394	3.024	2.123	1.544	1.145	0.723	0.332	0.103	0.031	0.006	0.004	0	0
0.8	**1**	0	0	0	0	0	0.046	1.144	3.26	3.749	2.471	1.681	1.269	0.915	0.503	0.158	0.039	0.003	0	0.001	0.001
1	**1.2**	0	0	0	0	0	0.001	0.167	1.812	3.391	3.137	1.718	1.107	0.777	0.406	0.188	0.024	0.003	0	0	0.001
1.2	**1.4**	0	0	0	0	0	0	0.004	0.422	2.217	3.126	2.23	1.122	0.56	0.374	0.151	0.041	0.006	0	0	0
1.4	**1.6**	0	0	0	0	0	0	0	0.031	0.861	2.386	2.61	1.222	0.549	0.338	0.141	0.034	0.003	0	0	0
1.6	**1.8**	0	0	0	0	0	0	0	0	0.168	1.196	2.15	1.657	0.646	0.279	0.096	0.029	0.007	0.001	0	0
1.8	**2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0.368	1.546	1.704	0.799	0.308	0.088	0.033	0.004	0	0	0
2	**2.2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.088	0.706	1.362	1.017	0.348	0.11	0.024	0.004	0	0	0
2.2	**2.4**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.202	0.951	0.992	0.368	0.108	0.033	0.009	0.001	0	0
2.4	**2.6**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024	0.424	0.891	0.523	0.137	0.033	0.003	0.001	0	0
2.6	**2.8**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0.143	0.559	0.525	0.191	0.031	0.001	0.001	0	0
2.8	**3**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.019	0.285	0.461	0.234	0.056	0.003	0.001	0	0
3	**3.2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.083	0.322	0.23	0.08	0.016	0	0	0
3.2	**3.4**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.02	0.143	0.252	0.091	0.014	0.003	0	0
3.4	**3.6**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0.054	0.168	0.086	0.019	0.001	0	0
3.6	**3.8**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.021	0.108	0.074	0.037	0.009	0	0
3.8	**4**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.036	0.073	0.03	0.007	0.001	0
4	**4.2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.014	0.054	0.021	0.009	0	0
4.2	**4.4**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006	0.029	0.021	0.014	0.001	0
4.4	**4.6**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.017	0.017	0.009	0.003	0
4.6	**4.8**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009	0.011	0.003	0.004	0.003
4.8	**5**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.006	0.001	0.003	0.001
5	**5.2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0
5.2	**5.4**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
5.4	**5.6**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.001	0

Tabel 4.2.1 Frequentiedistributie van significante golfhoogten t.h.v. de Bligh Bank (X)

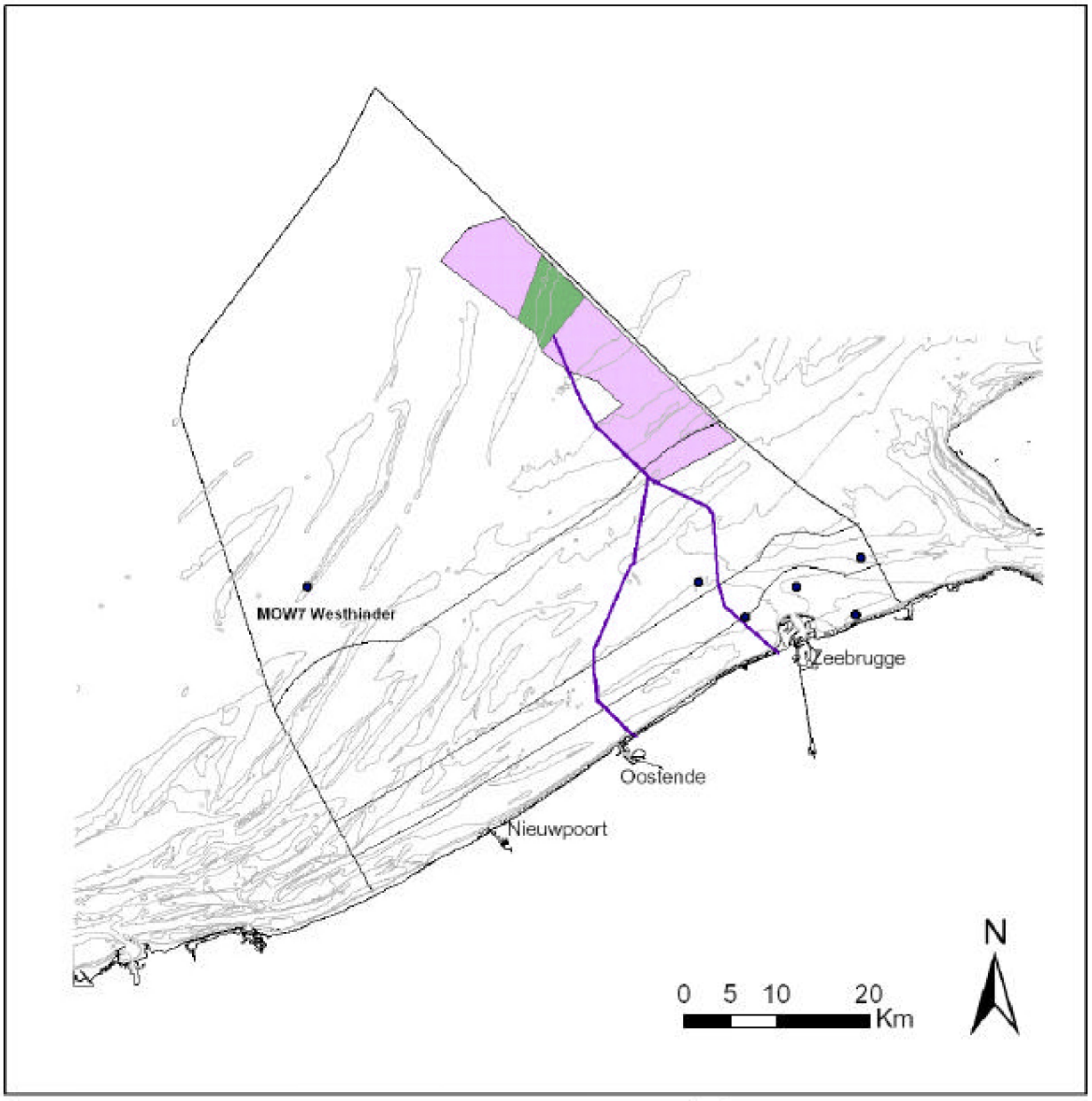
4.3. KLIMATOLOGISCHE FACTOREN



Figuur 4.3.1: Klimatologische gemiddelden in Ukkel (België) voor de periode 1961 – 1990



Figuur 4.3.2: Klimatologische gemiddelden in Koksijde (België) voor de periode 1961 – 1990



Situering meetpalen

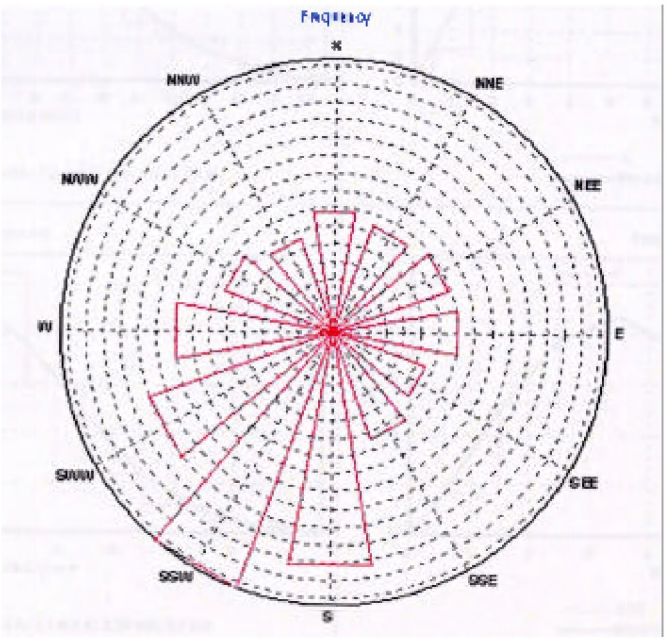
MER offshore windmolenpark - Belwind (07/12194/PV)
Projectie: WGS84 - UTM31N
Datum: 2007

Dit document is auteursrechterlijk beschermd.

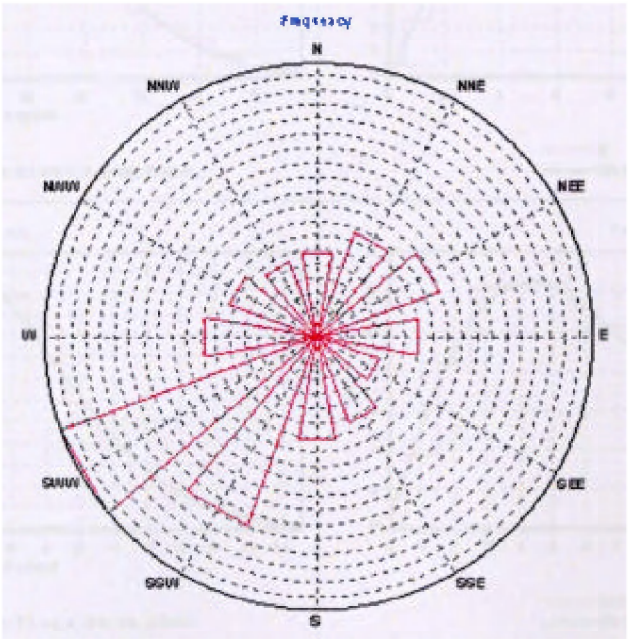
Legende

- Belwind
- Belwind kabeltracés
- Windconcessie zone
- Meetpaal

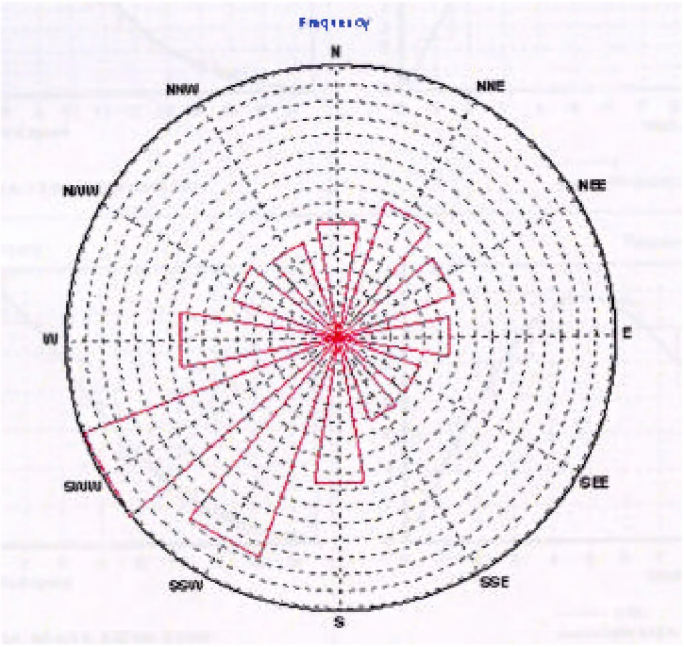
Figuur 4.3.3: Situering van de meetpalen



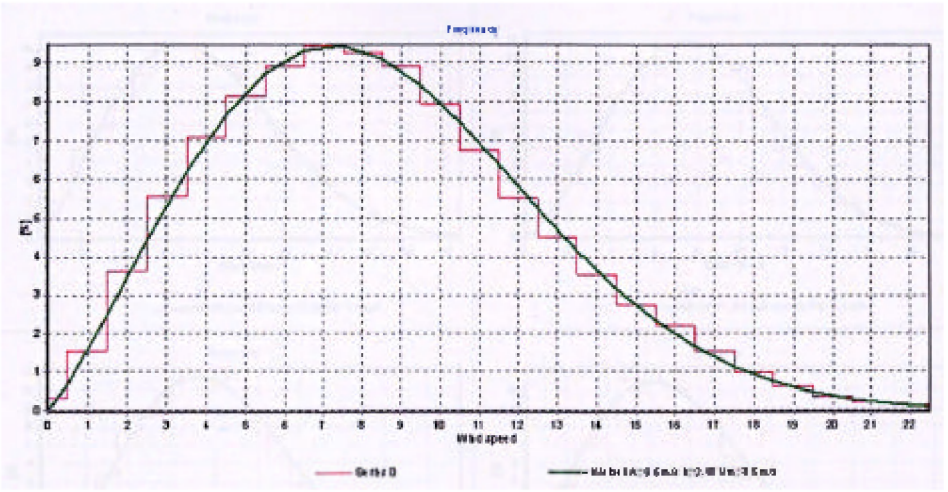
Figuur 4.3.4: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) in het meteostation van Cadzand, voor de periode maart 1991 tot mei 1998 (Bron 3E)



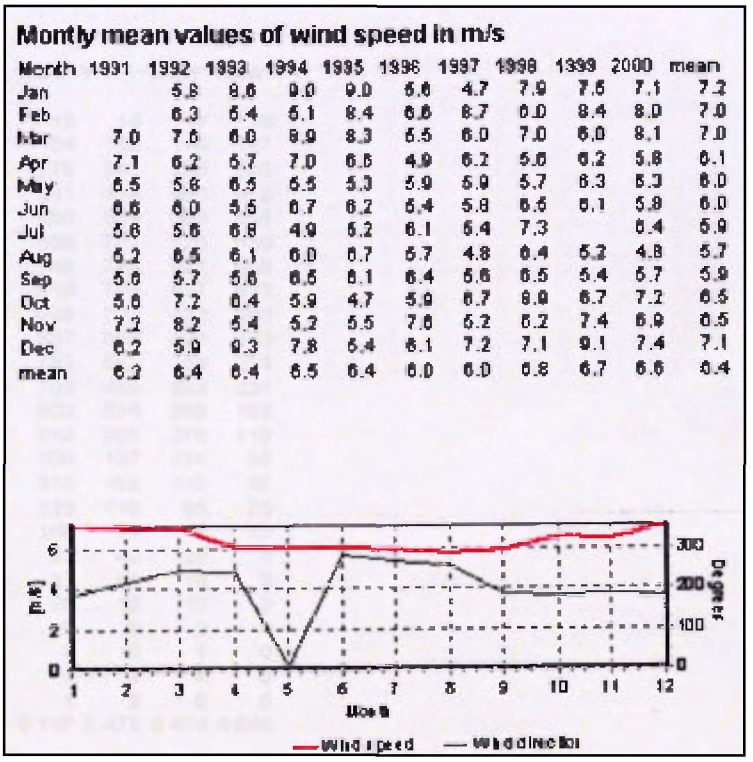
Figuur 4.3.5: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) voor MOW7, Westhinder, op 33 km van de kust, voor de periode maart 1994 tot september 2001 (Bron 3E)



Figuur 4.3.6: Windroos van de Nederlandse observatiepost op de Vlakte van de Raan, 16 km van de kust, voor de periode november 1988-mei 1998 (Bron 3E)



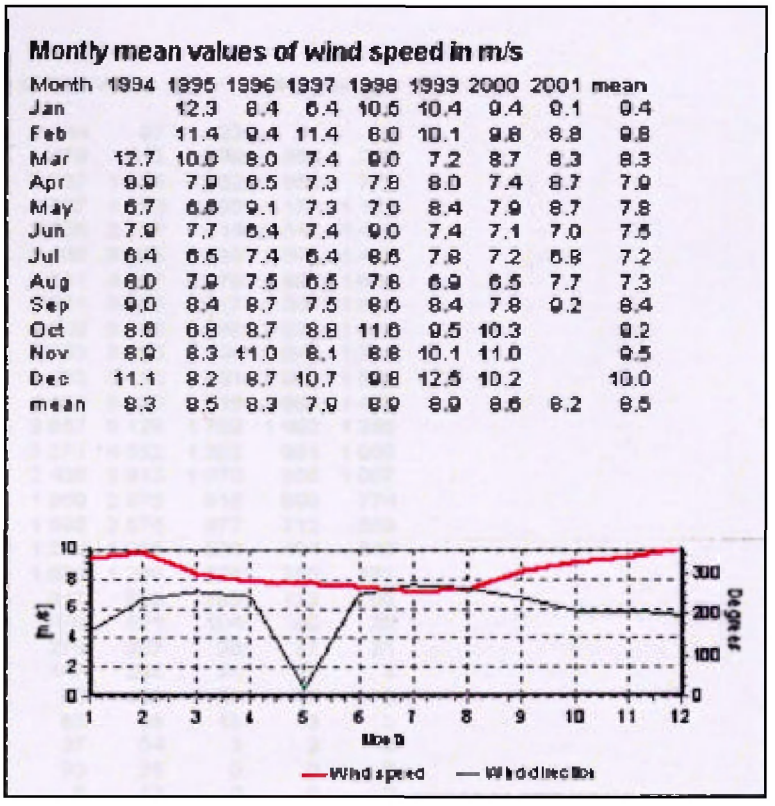
Figuur 4.3.7: Frequentiedistributie van de windsnelheid voor MOW 7 (Bron 3E)



Monthly mean values of wind speed in m/s

Month	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	mean
Jan		5.8	8.6	9.0	9.0	6.6	4.7	7.9	7.5	7.1	7.2
Feb		6.3	6.4	6.1	8.4	6.8	8.7	6.0	8.4	8.0	7.0
Mar	7.0	7.6	6.0	8.9	8.3	6.5	6.0	7.0	6.0	8.1	7.0
Apr	7.1	6.2	5.7	7.0	6.6	4.9	6.2	5.6	6.2	5.8	6.1
May	6.5	5.6	6.5	6.5	5.3	5.9	5.9	5.7	6.3	5.3	6.0
Jun	6.6	6.0	5.5	6.7	6.2	5.4	5.8	6.5	6.1	5.8	6.0
Jul	5.6	5.6	6.8	4.9	5.2	6.1	5.4	7.3		6.4	5.9
Aug	5.2	6.5	6.1	6.0	6.7	5.7	4.8	6.4	5.2	4.8	5.7
Sep	5.6	5.7	5.6	6.5	6.1	6.4	5.6	6.5	5.4	5.7	5.9
Oct	5.6	7.2	6.4	5.9	4.7	5.9	6.7	6.9	6.7	7.2	6.5
Nov	7.2	8.2	5.4	5.2	5.5	7.6	6.2	6.2	7.4	6.9	6.5
Dec	6.2	5.9	9.3	7.8	5.4	6.1	7.2	7.1	9.1	7.4	7.1
mean	6.2	6.4	6.4	6.5	6.4	6.0	6.0	6.8	6.7	6.6	6.4

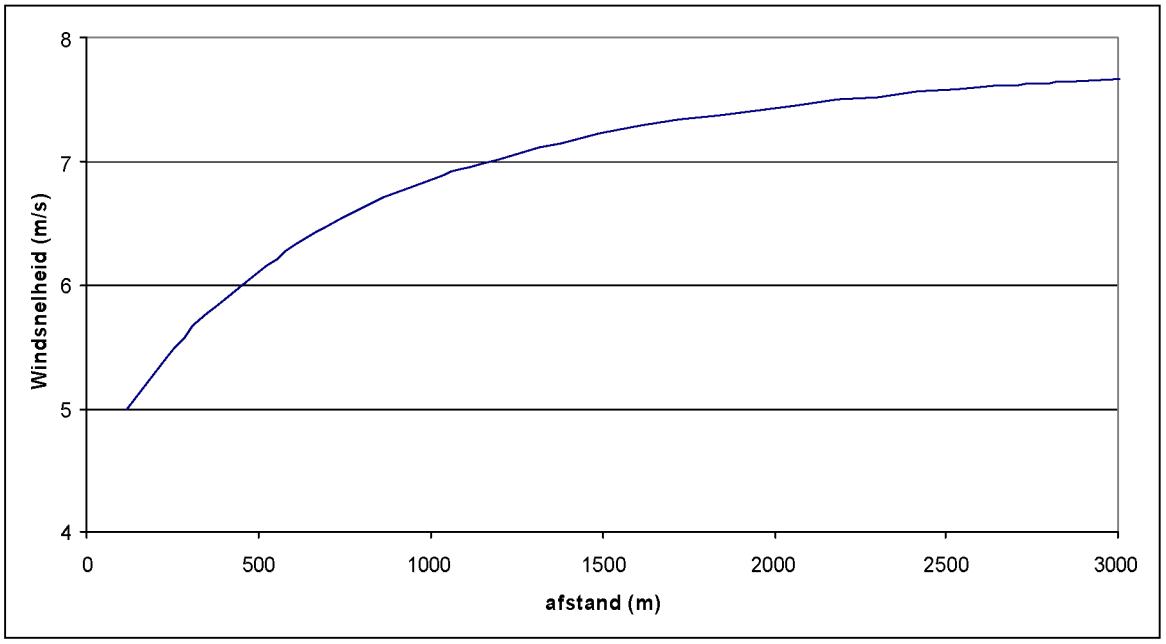
Figuur 4.3.8: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten in het meteostation in Cadzand



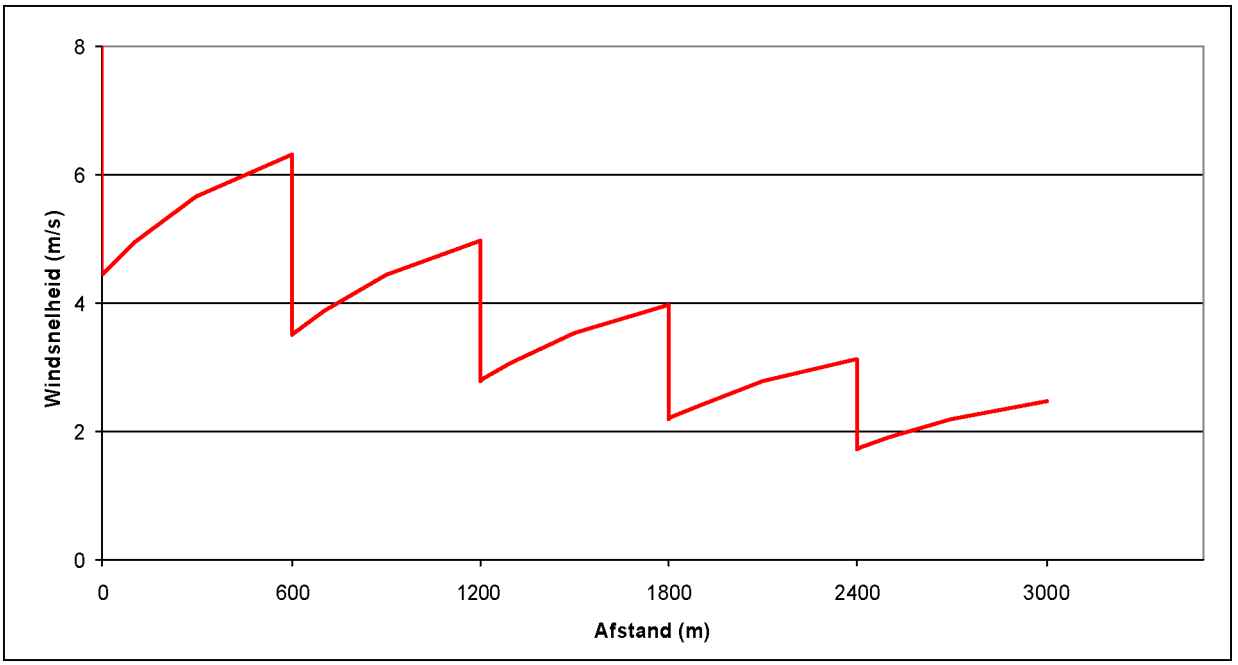
Monthly mean values of wind speed in m/s

Month	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	mean
Jan		12.3	8.4	6.4	10.5	10.4	9.4	9.1	9.4
Feb		11.4	9.4	11.4	8.0	10.1	9.8	8.8	9.8
Mar	12.7	10.0	8.0	7.4	9.0	7.2	8.7	8.3	8.3
Apr	9.9	7.9	6.5	7.3	7.8	8.0	7.4	8.7	7.9
May	6.7	6.8	9.1	7.3	7.0	8.4	7.9	8.7	7.8
Jun	7.9	7.7	6.4	7.4	9.0	7.4	7.1	7.0	7.5
Jul	6.4	6.5	7.4	6.4	8.6	7.8	7.2	6.8	7.2
Aug	8.0	7.9	7.5	6.5	7.8	6.9	6.5	7.7	7.3
Sep	9.0	8.4	8.7	7.5	8.6	8.4	7.8	9.2	8.4
Oct	8.8	6.8	8.7	8.8	11.6	9.5	10.3		9.2
Nov	8.9	8.3	11.0	8.1	8.8	10.1	11.0		9.5
Dec	11.1	8.2	8.7	10.7	9.8	12.5	10.2		10.0
mean	8.3	8.5	8.3	7.9	8.9	8.9	8.6	8.2	8.5

Figuur 4.3.9: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten op Westhinder (MOW7)



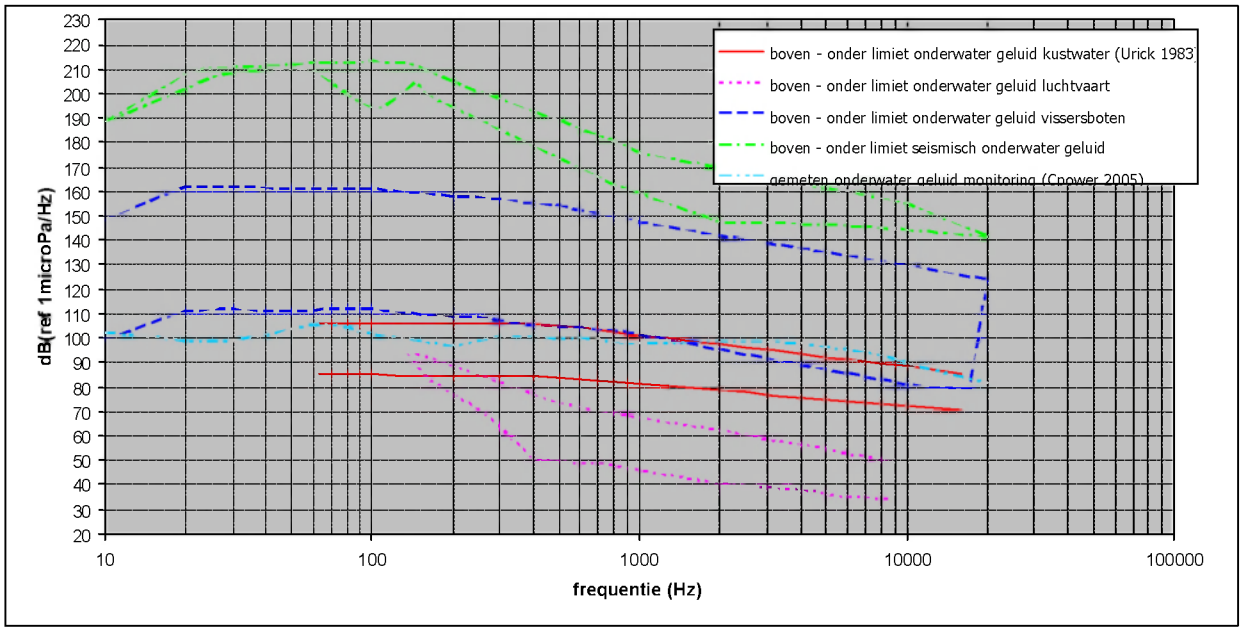
Figuur 4.3.10: Effect van de 5 MW windturbine op de lokale windsnelheid achter de windturbine



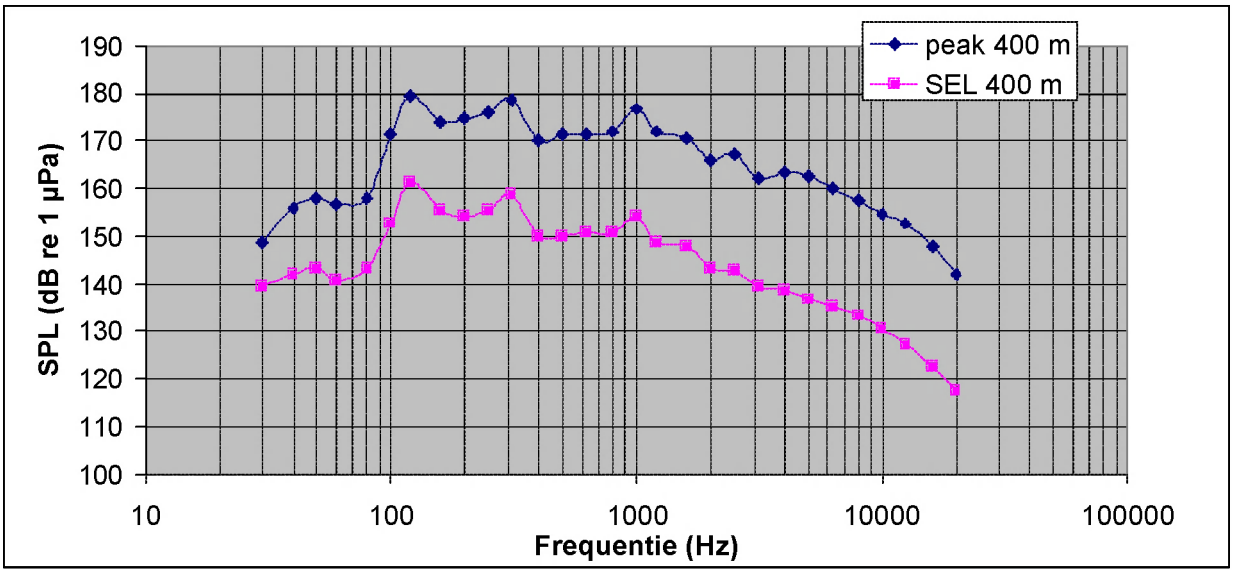
Figuur 4.3.11: Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines)

4.4. ATMOSFEER

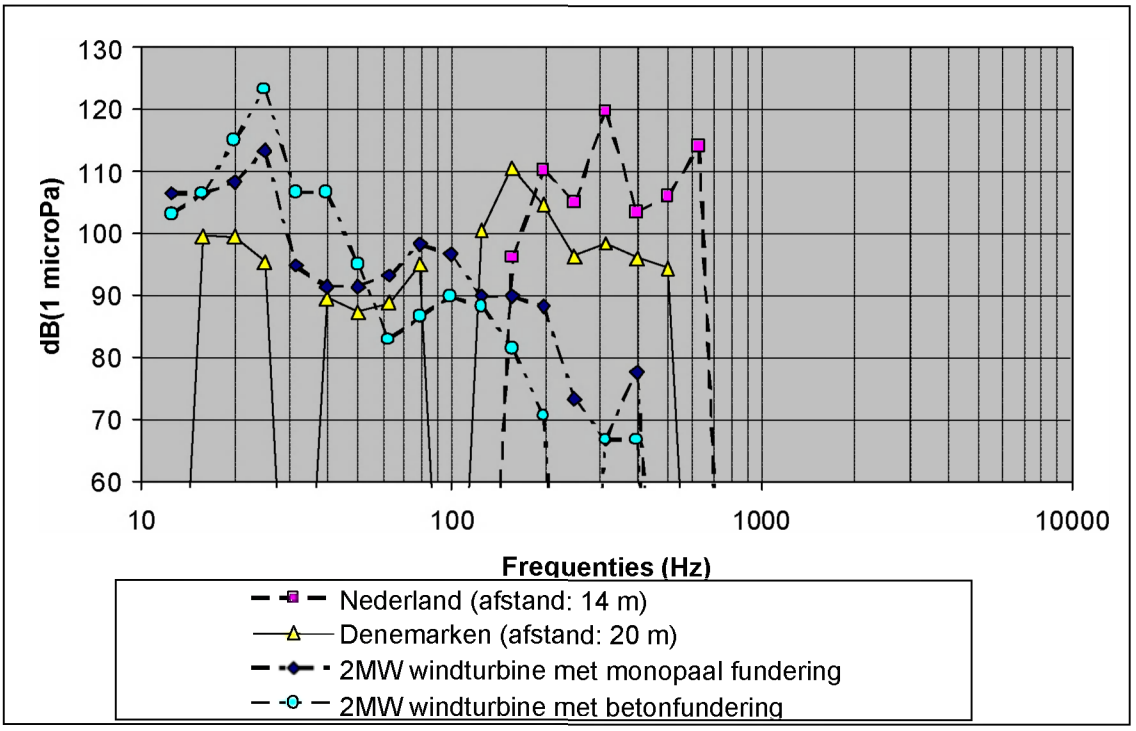
4.5. GELUID EN TRILLINGEN



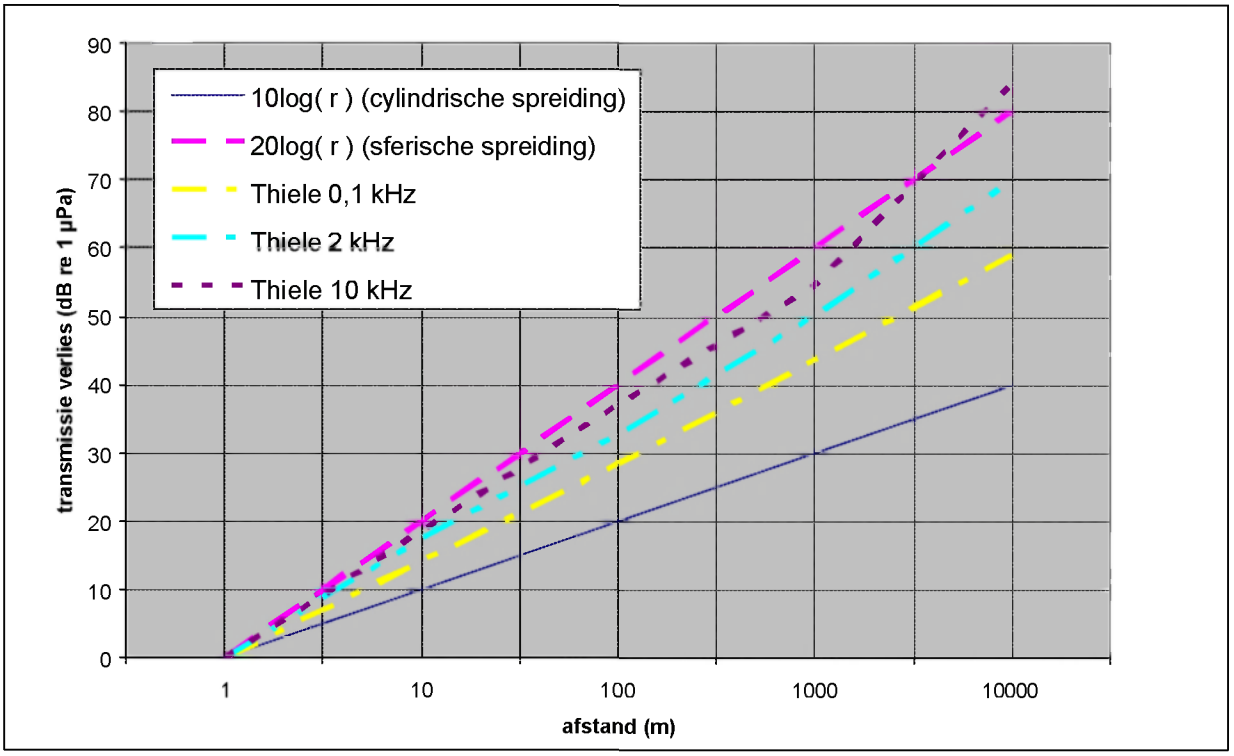
Figuur 4.5.1: Natuurlijke en menselijke geluidsbronnen van het omgevingsgeluid onder water



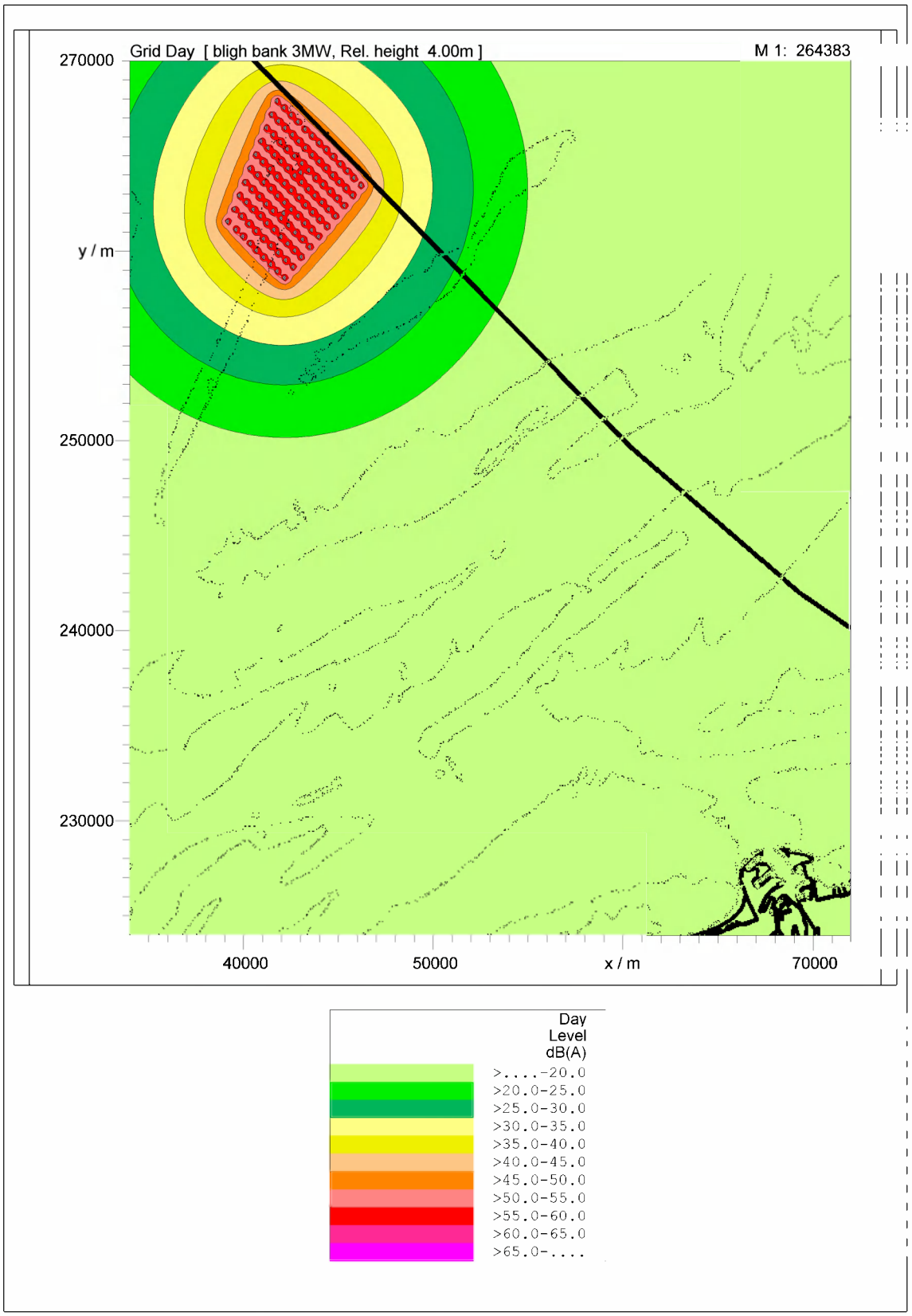
Figuur 4.5.2: Onderwater geluidsniveau opgemeten tijdens heiactiviteit Duitsland



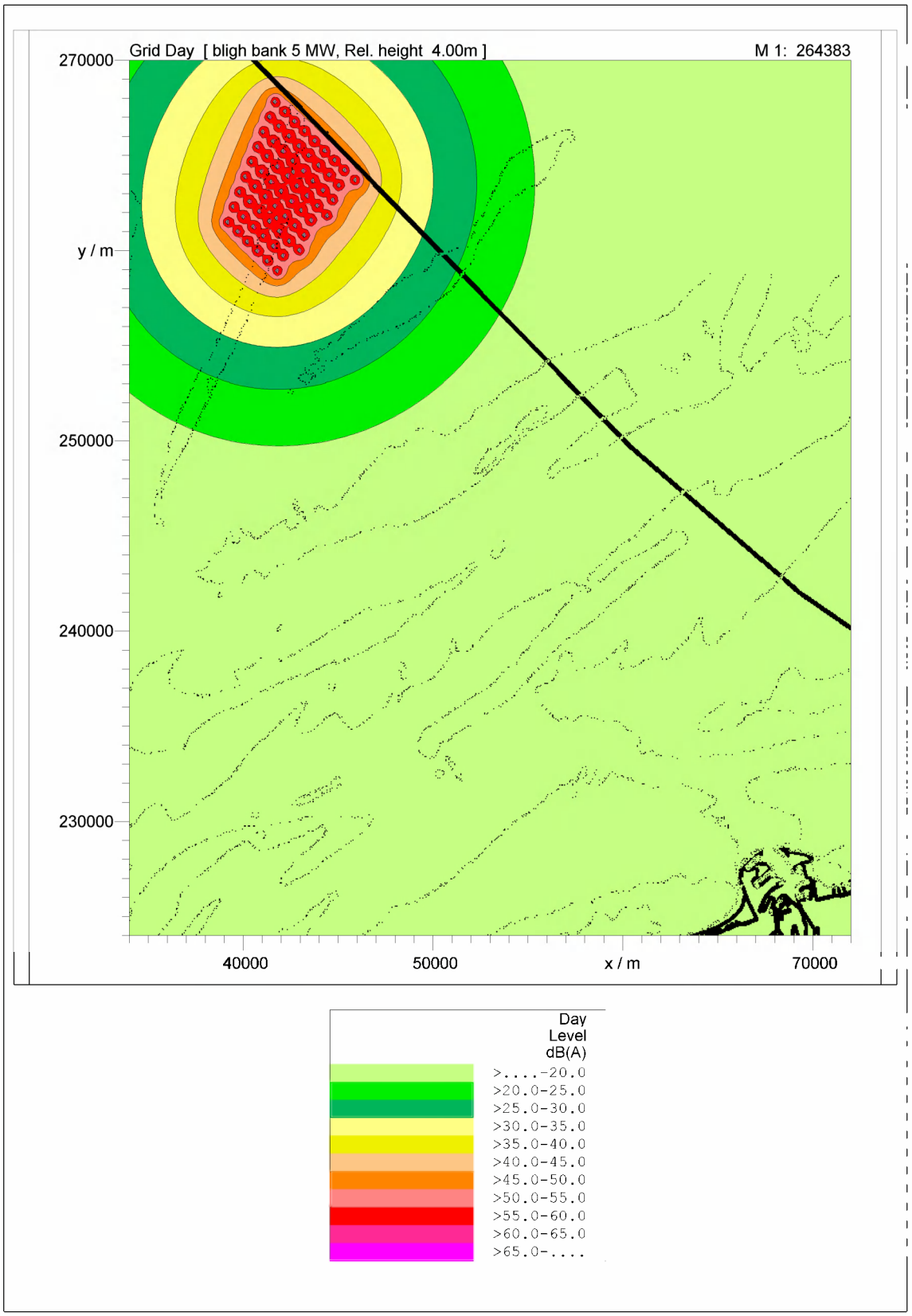
Figuur 4.5.3 : Het specifieke geluid onderwater van twee windturbines op twee verschillende afstanden



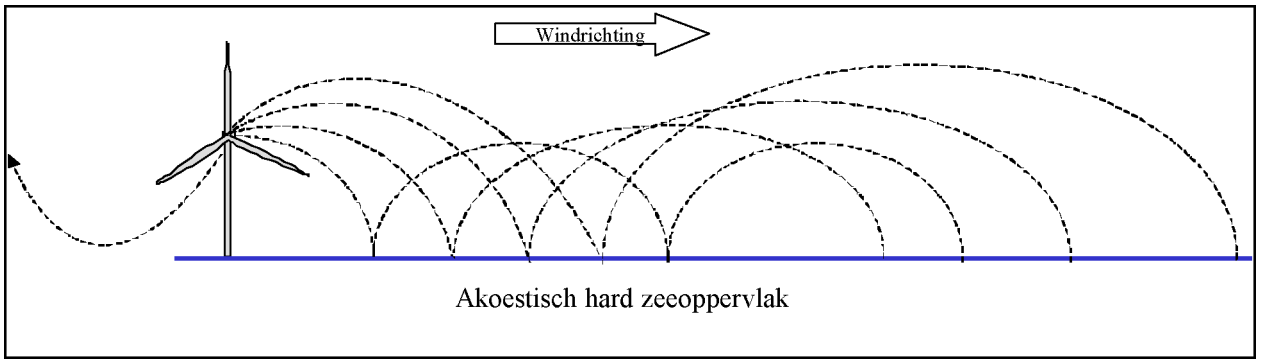
Figuur 4.5.4: Transmissieverlies berekend met 3 verschillende modellen: volgens Thiele, volgens een cilindrische spreiding en volgens een sferische spreiding)



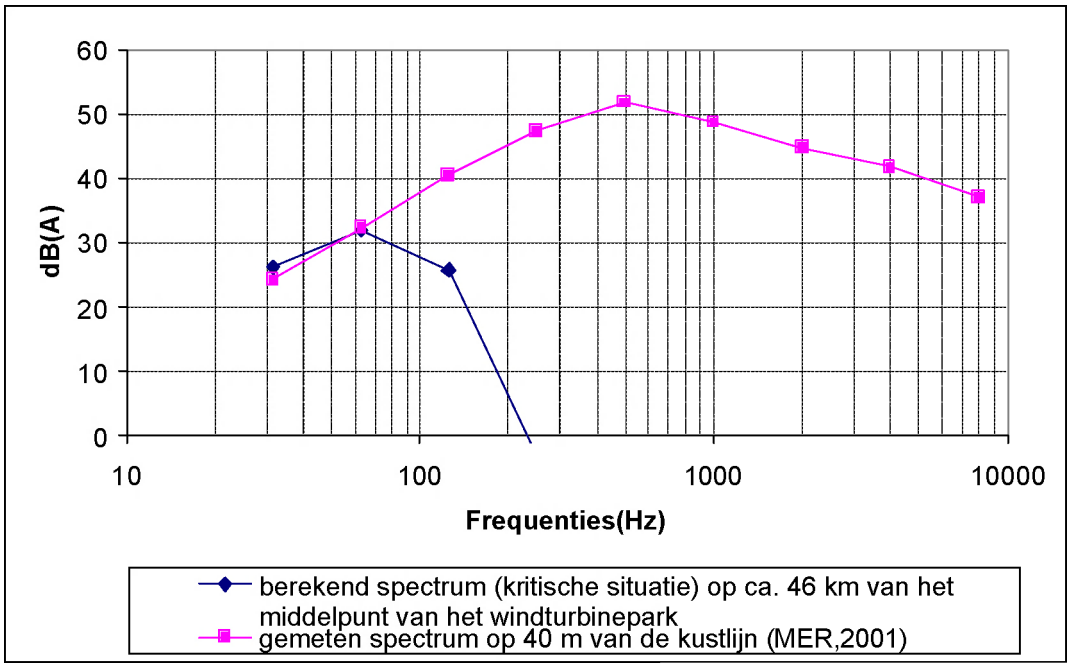
Figuur 4.5.5: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het "Belwind" windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW windturbines boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.



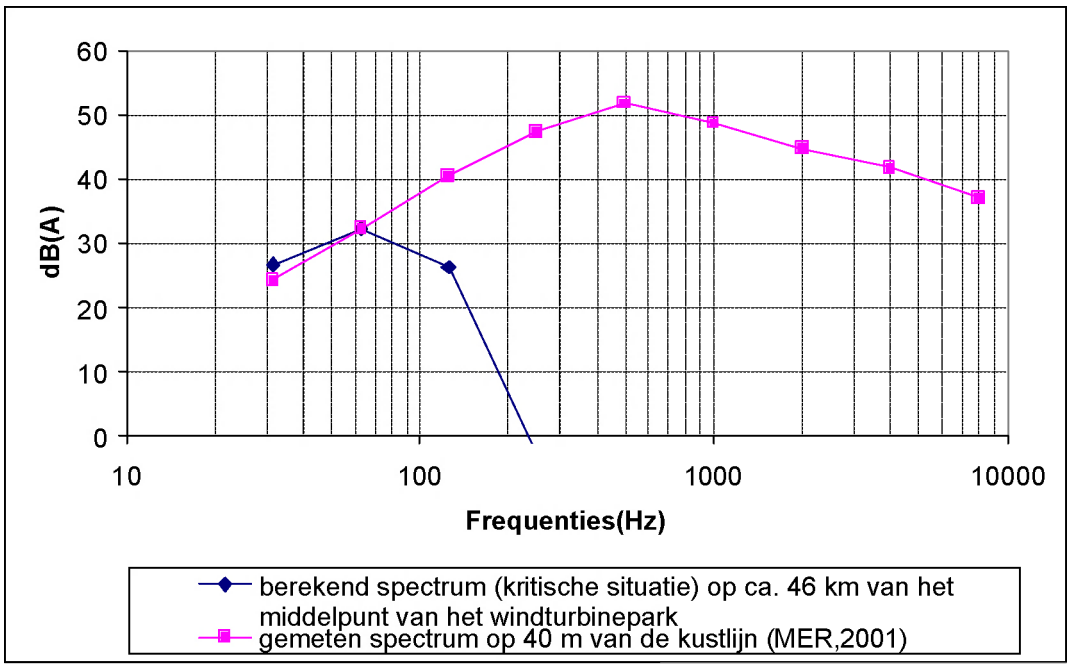
Figuur 4.5.6: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het "Belwind" windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW windturbines boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.



Figuur 4.5.7 : Zone, waarin het geluid propageert, die ontstaat door enerzijds de windgradiënt en anderzijds het akoestisch harde zeeoppervlak

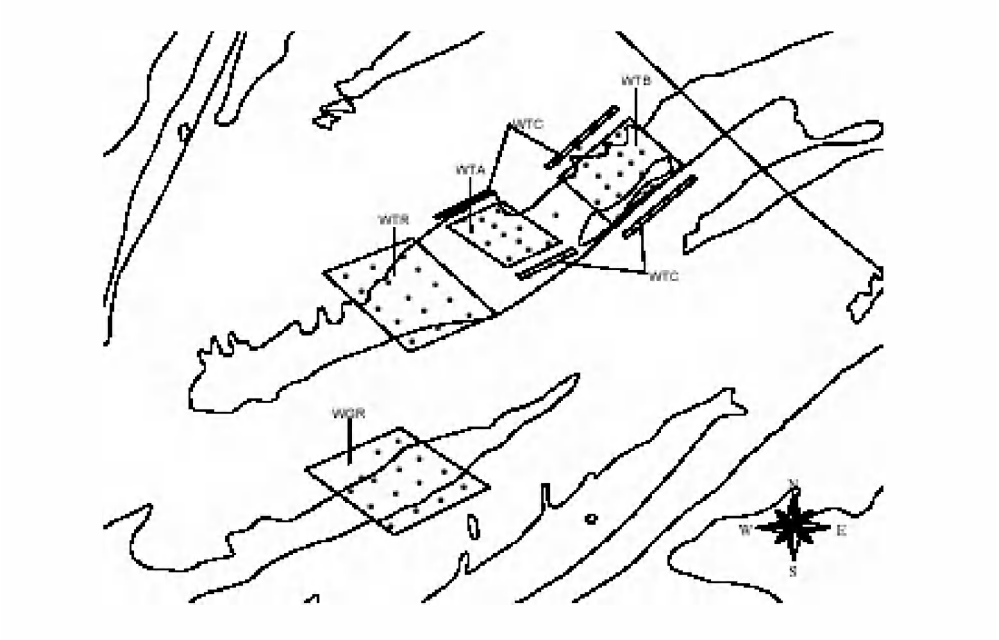


Figuur 4.5.8 : Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid van het windturbinepark met 110 windturbines van 3 MW in de meest kritische situatie ter hoogte van de waarnemer

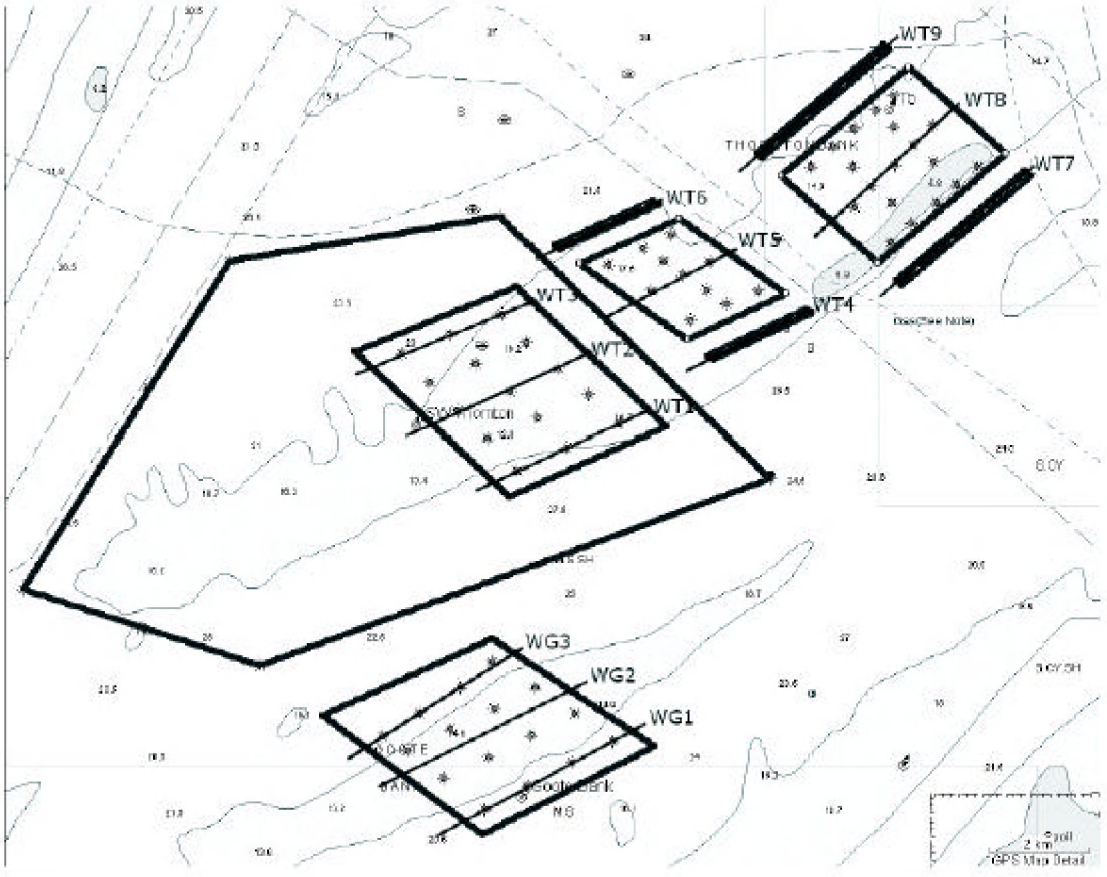


Figuur 4.5.9: Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid van het windturbinepark met 66 windturbines van 5 MW in de meest kritische situatie ter hoogte van de waarnemer

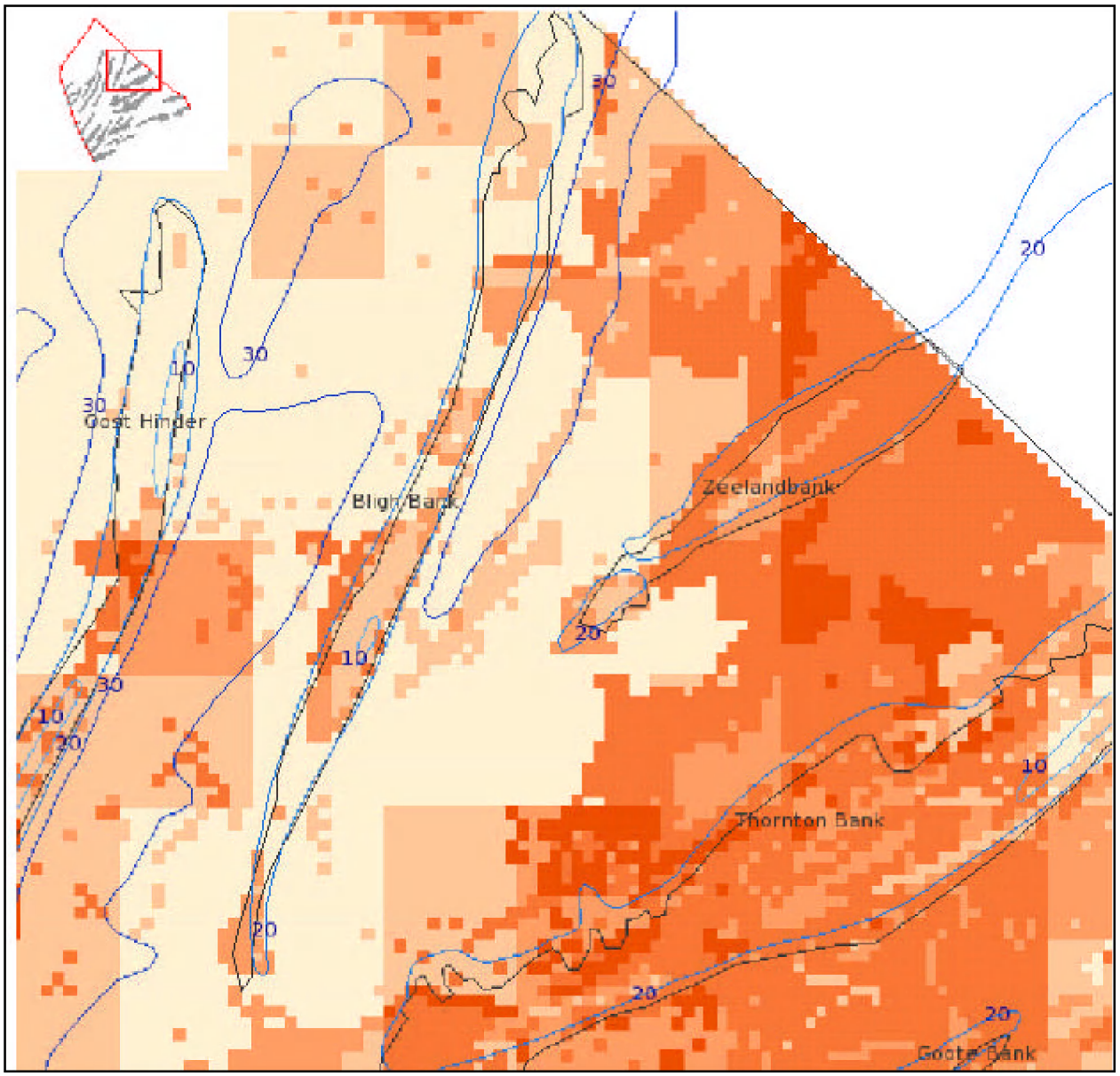
4.6. FAUNA EN FLORA



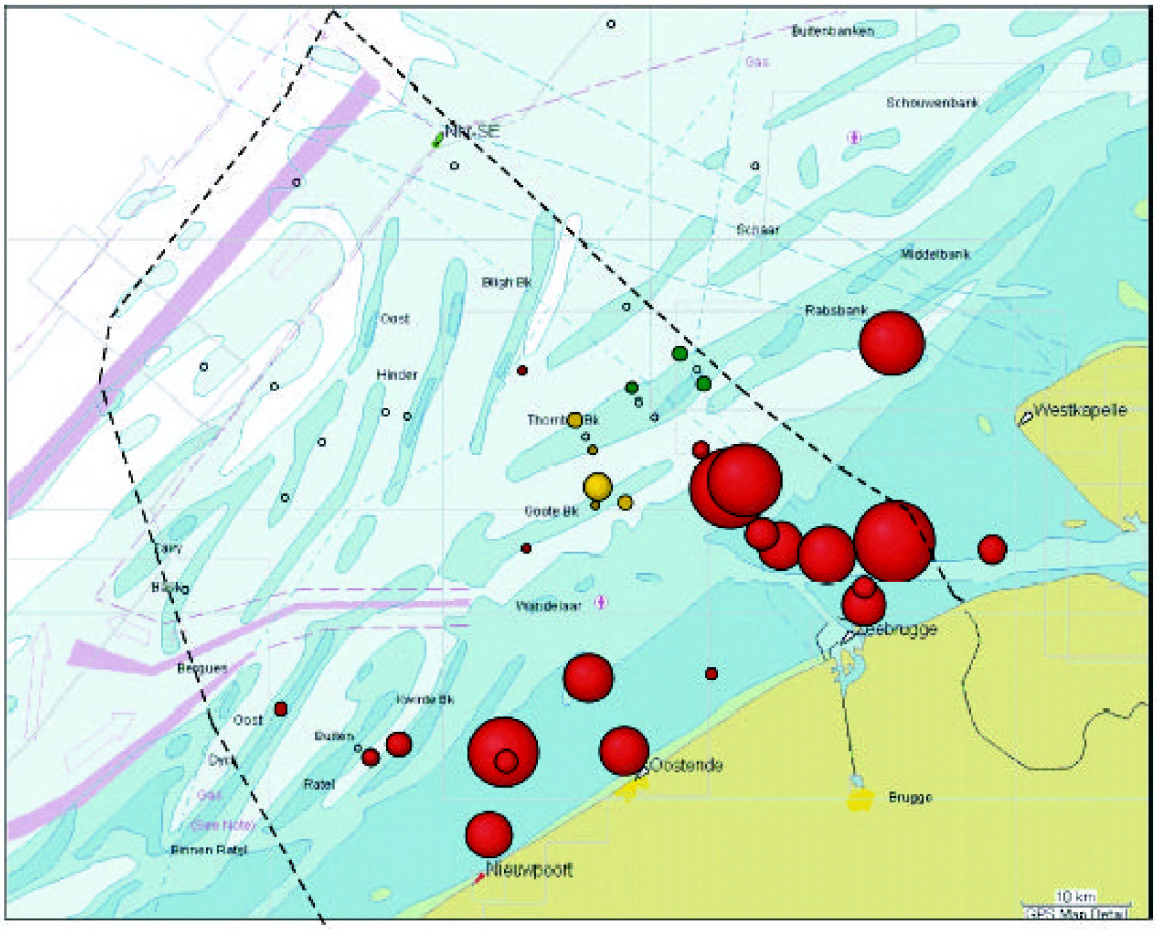
Figuur 4.6.1: Positie van de stations op de Thorntonbank (WTA = westelijk concessiegebied, WTB = oostelijk concessiegebied; WTC = randzones; WTR: referentiegebied) (De Maersschalck *et al.*, 2006).



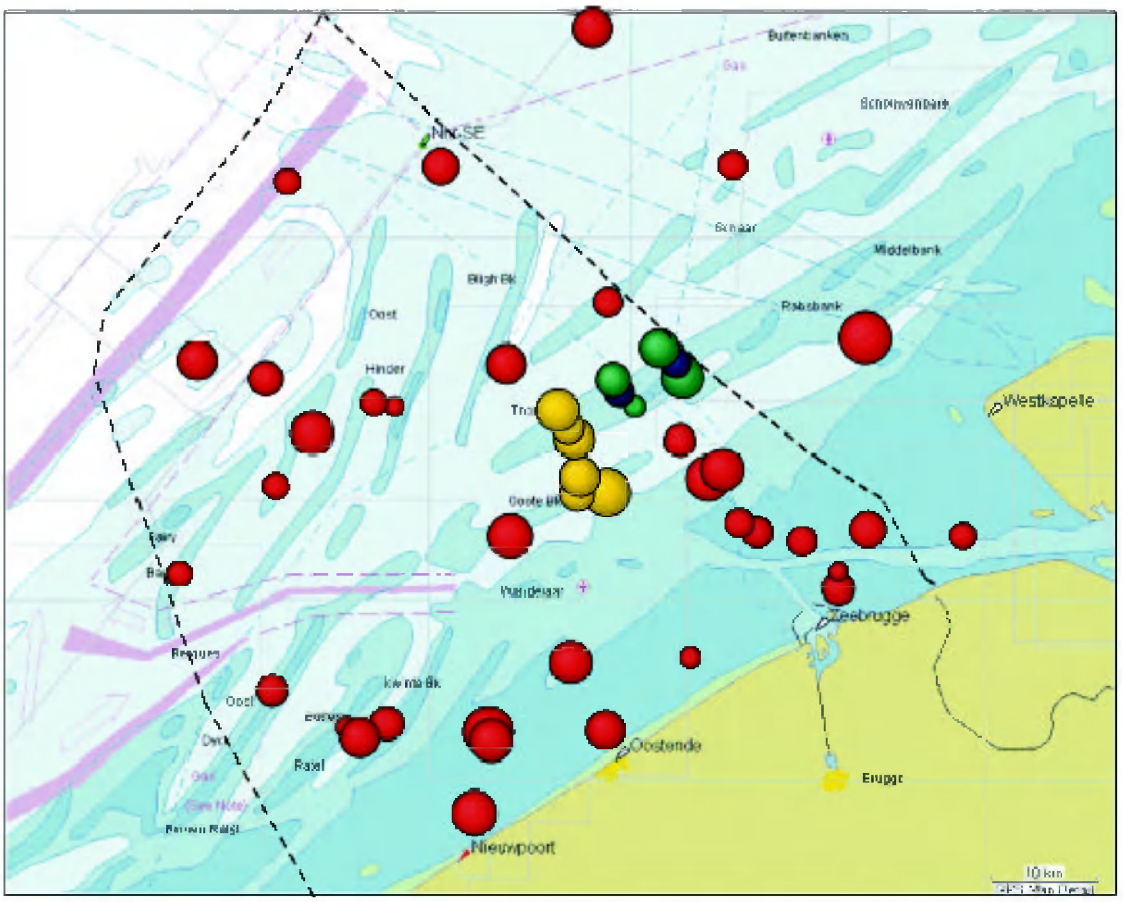
Figuur 4.6.2: Positie van de visslepen in het westelijk (WTA) en oostelijk (WTB) concessiegebied en in de randzones (WTC) op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006).



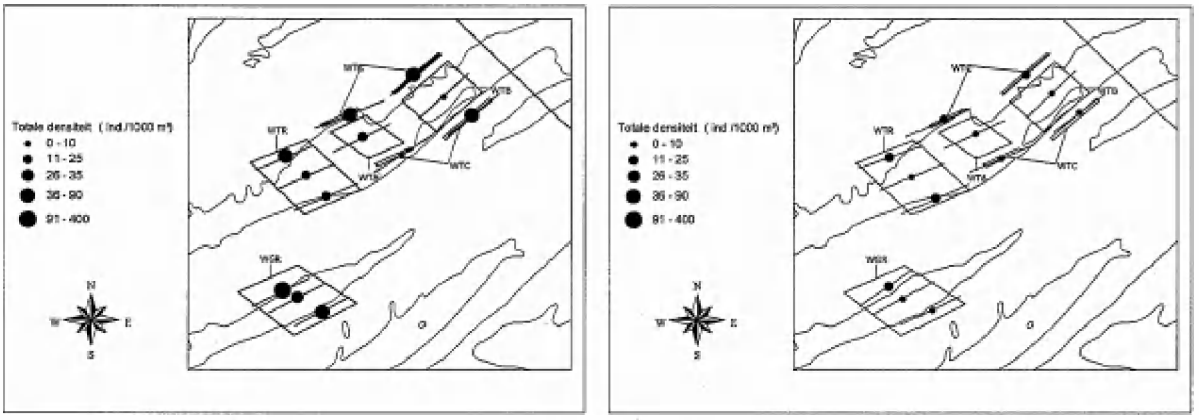
Figuur 4.6.3: Biologische en ecologische waarde Bligh Bank (licht = lage; donker oranje = hoge waarde) (Derous *et al.*, 2007)



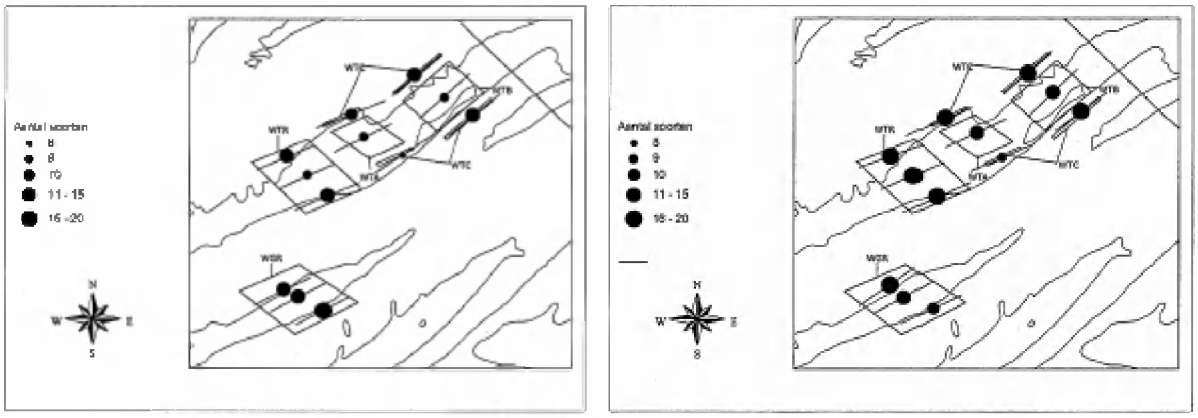
Figuur 4.6.4: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos. Blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden. De grootte van de bollen varieert tussen 2 en 1600 ind/1000m² (De Maersschalck *et al*, 2006).



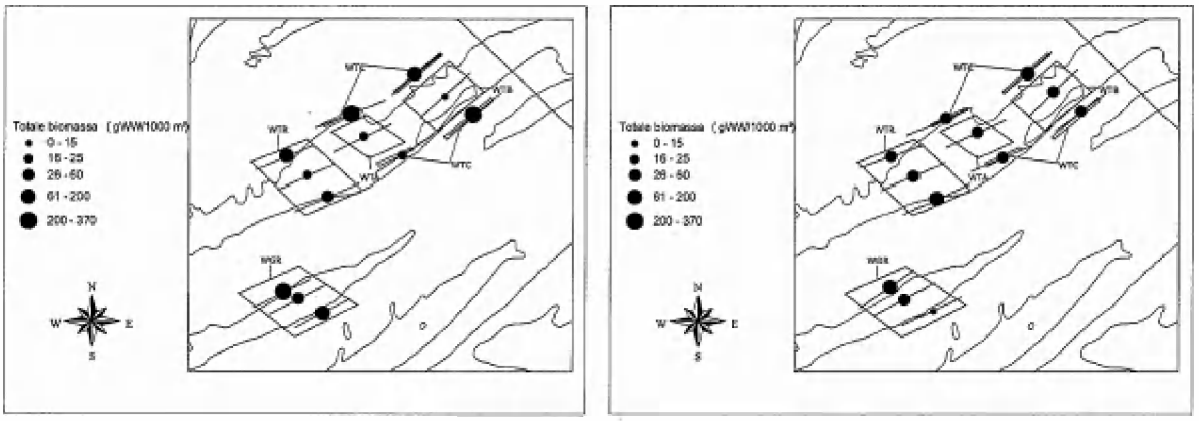
Figuur 4.6.5: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor het epibenthos. Blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden. De grootte van de bollen varieert tussen 8 en 22 soorten per vissleep (De Maersschalck *et al.*, 2006).



De totale densiteit (ind./1000 m²) van het epibenthos per vissleep in het voorjaar (links) en in het najaar (rechts).

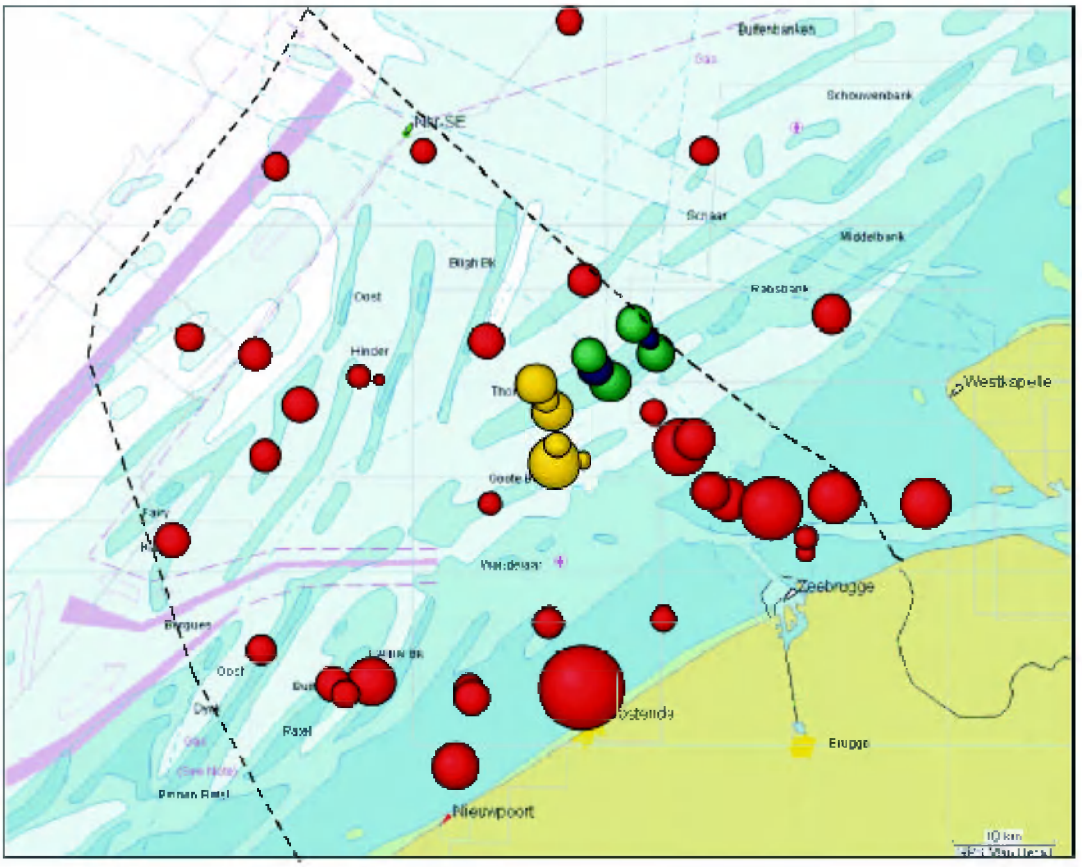


Het aantal soorten van het epibenthos per vissleep in het voorjaar (links) en in het najaar (rechts).

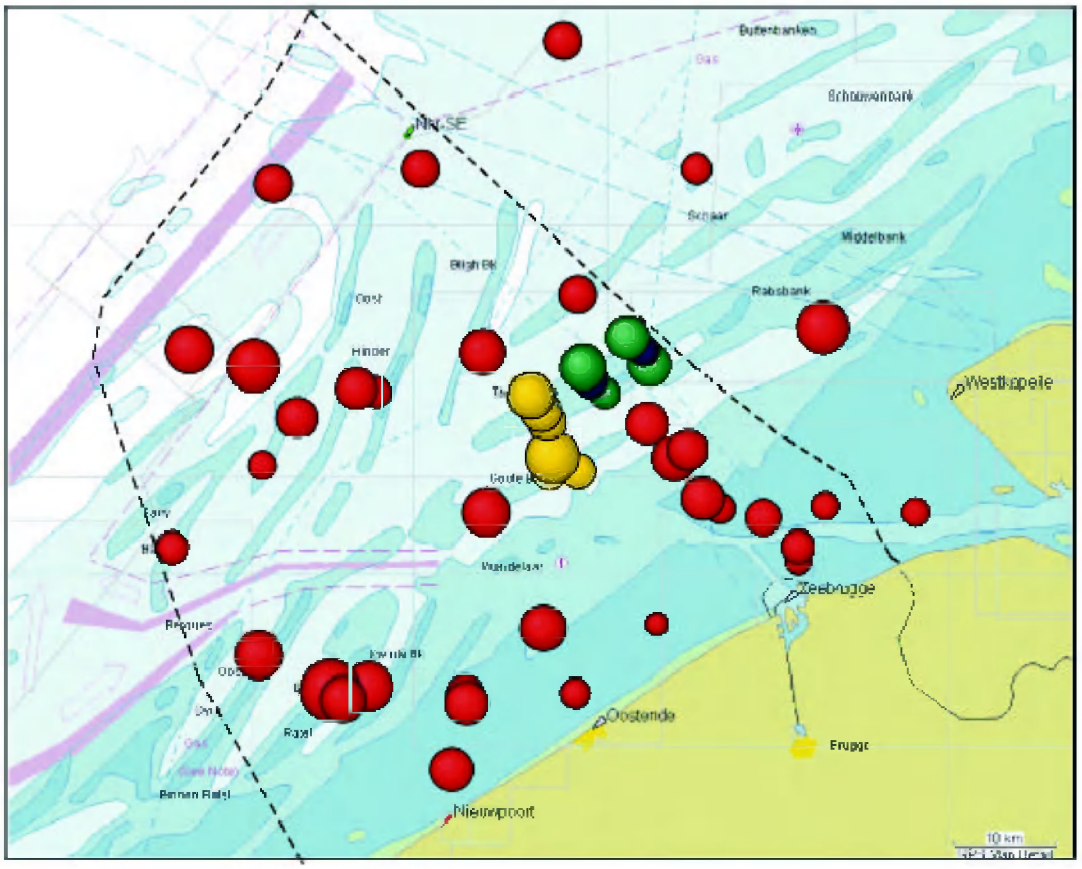


De totale biomassa (g WW/1000 m²) van het epibenthos per vissleep in het voorjaar (links) en in het najaar (rechts).

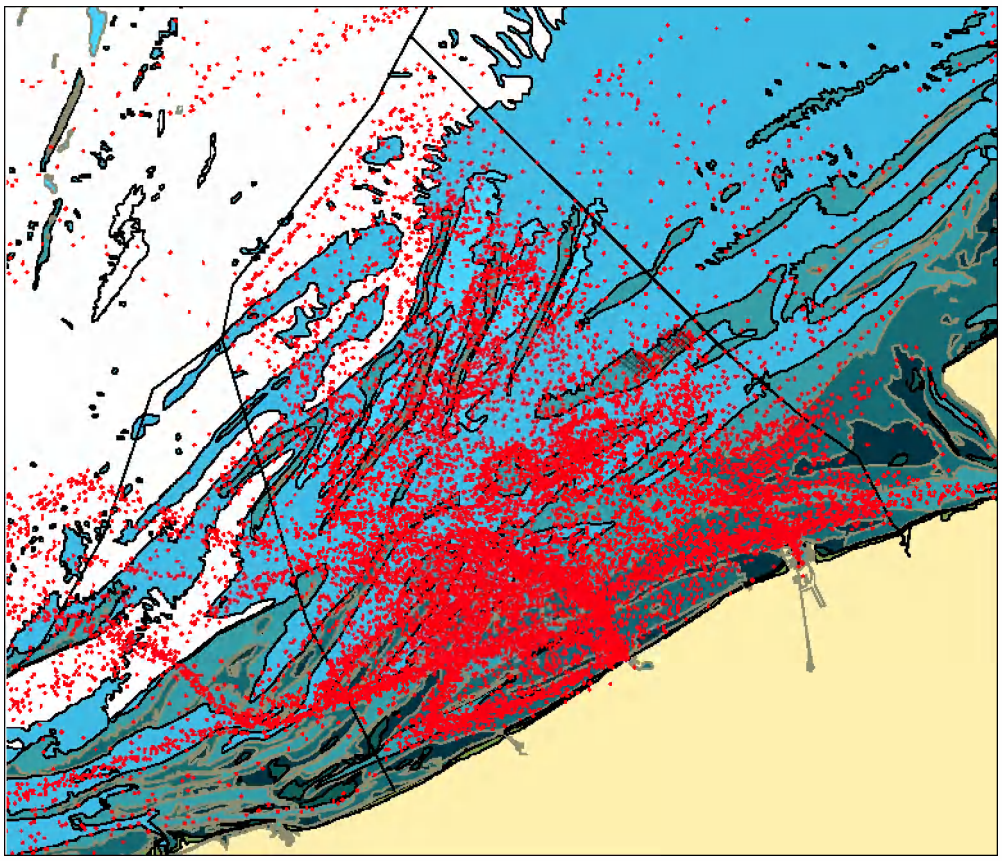
Figuur 4.6.6: Densiteit, soortenrijkdom en biomassa van het epibenthos op de Thorntonbank (De Maersschalck *et al.*, 2006).



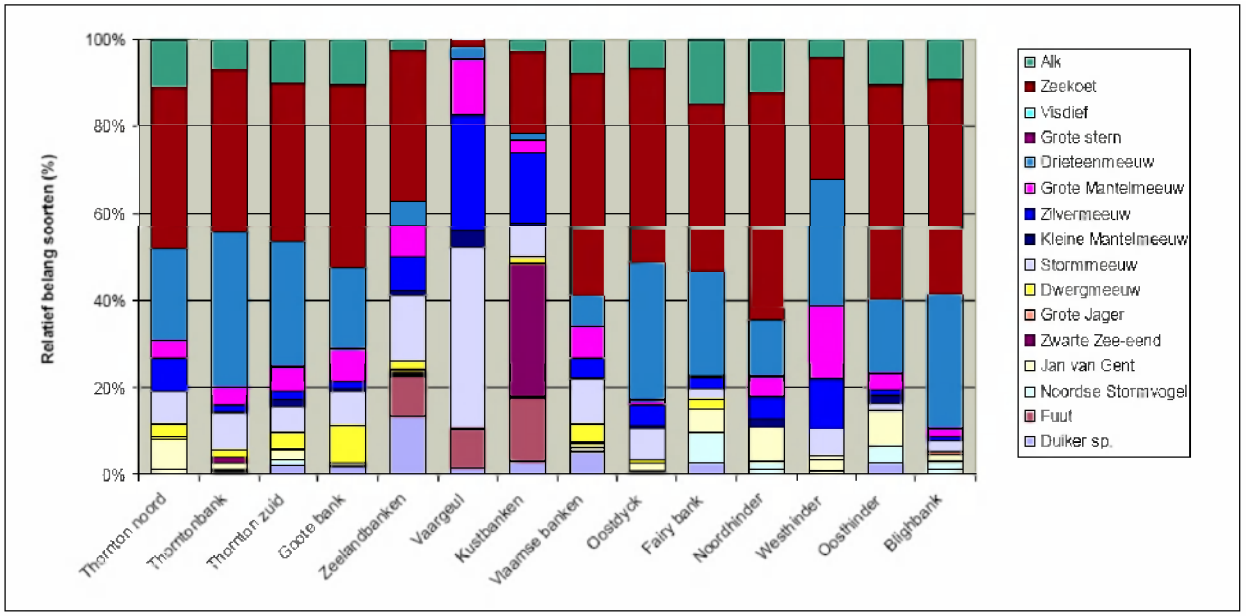
Figuur 4.6.7: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor de demersale visfauna. Blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden. De grootte van de bollen varieert tussen 4 en 184 ind/1000m² (De Maersschalck *et al.*, 2006).



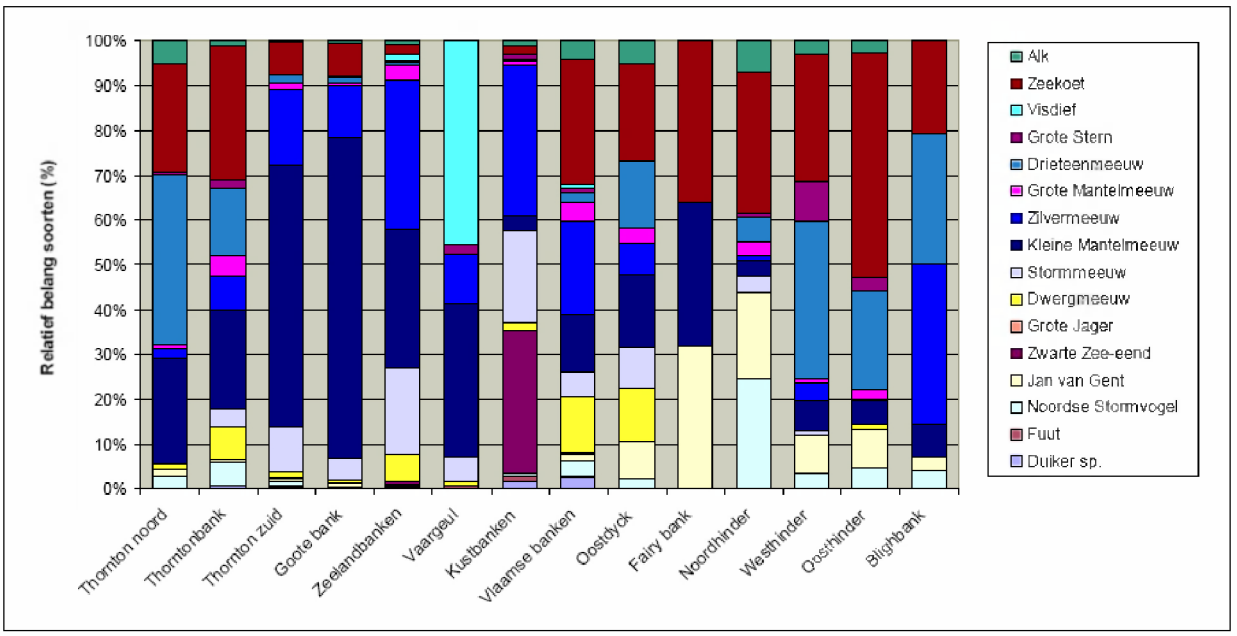
Figuur 4.6.8: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor de demersale visfauna. Blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden. De grootte van de bollen varieert tussen 9 en 24 soorten per vissleep (De Maersschalck *et al.*, 2006).



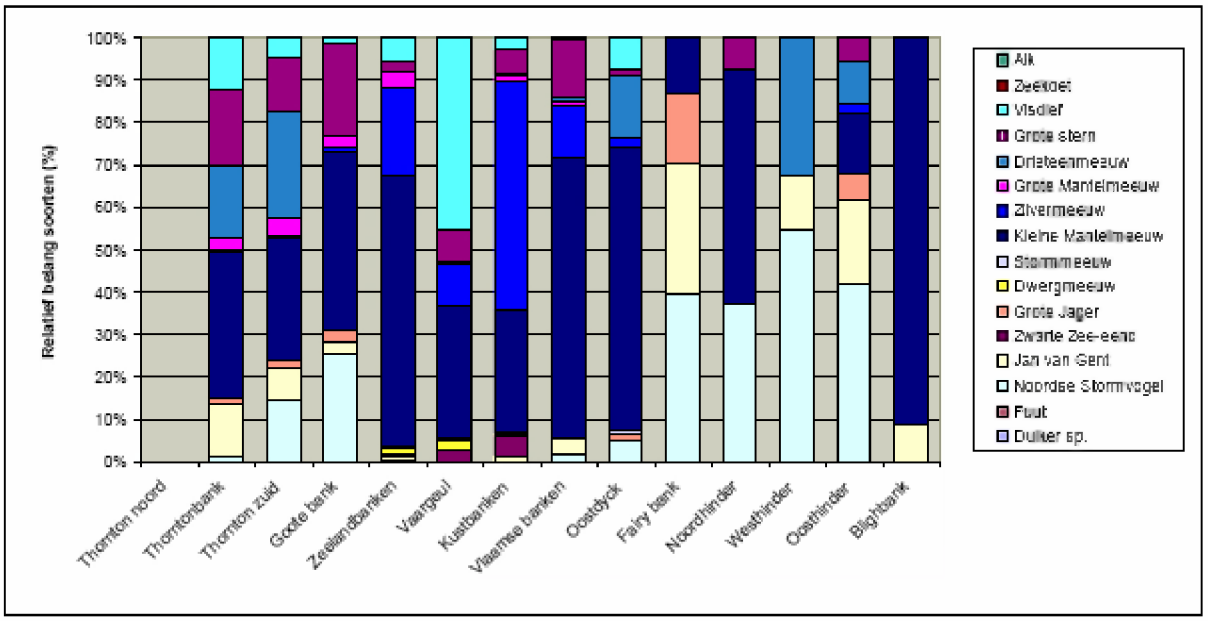
Figuur 4.6.9: Kaart van het BDNZ met aanduiding van de posities waar tellingen werden uitgevoerd door het INBO (Vanermen et al., 2006)



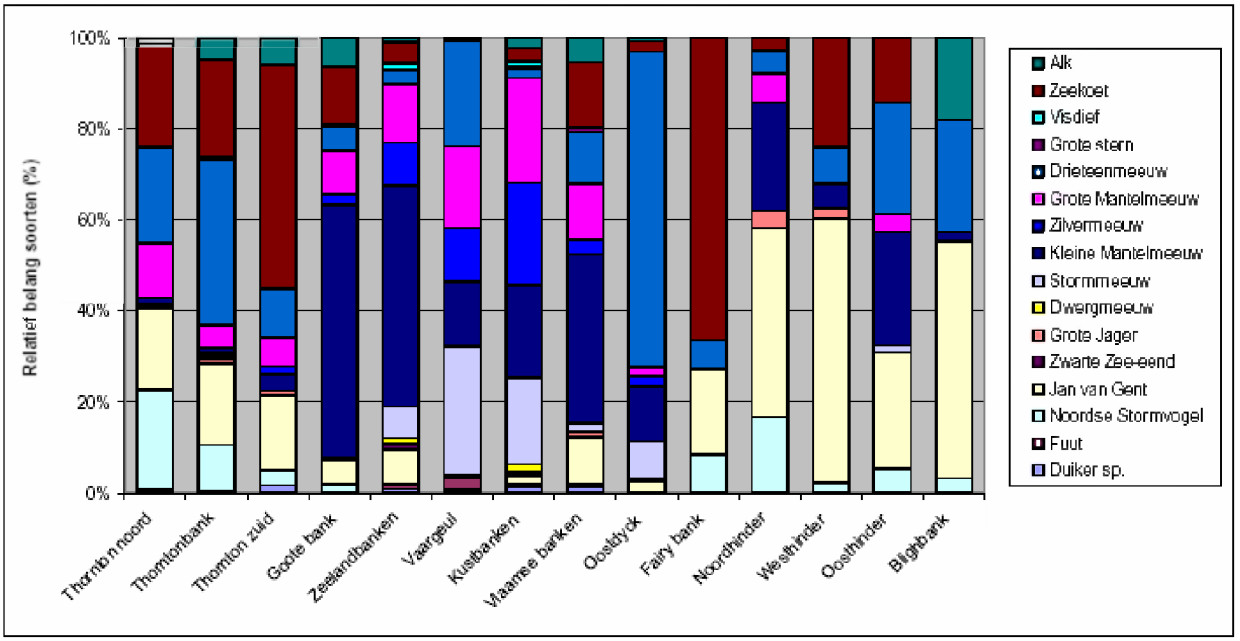
Figuur 4.6.10: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende de winter (Vanermen et al., 2006)



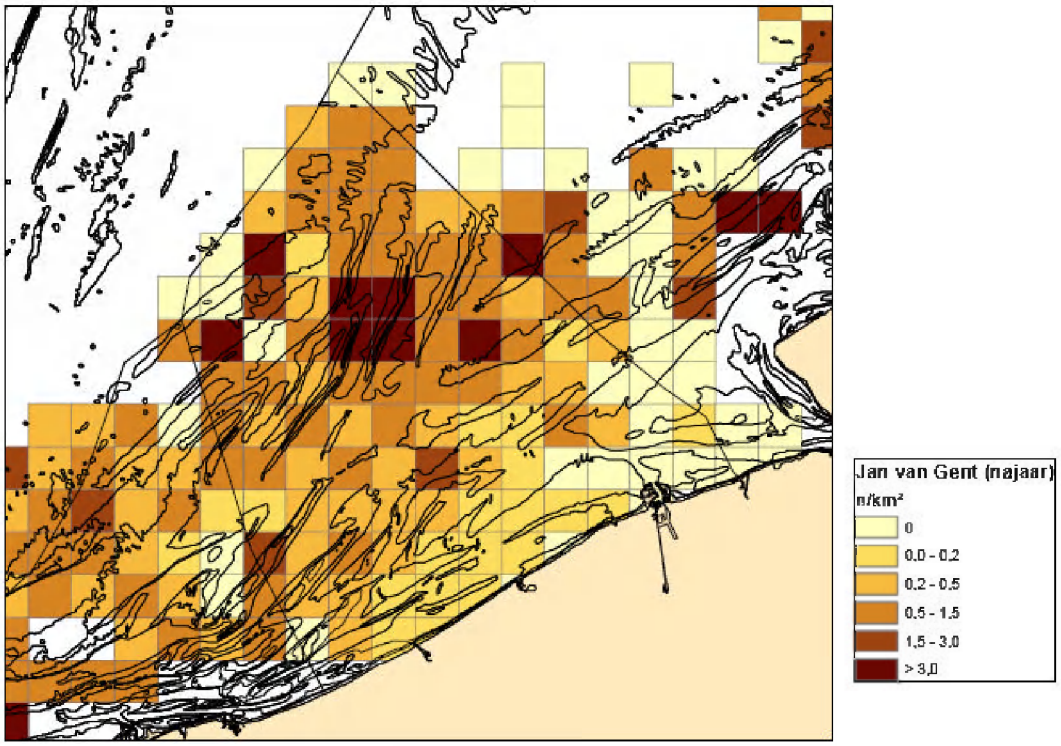
Figuur 4.6.11: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende het voorjaar (Vanermen et al., 2006)



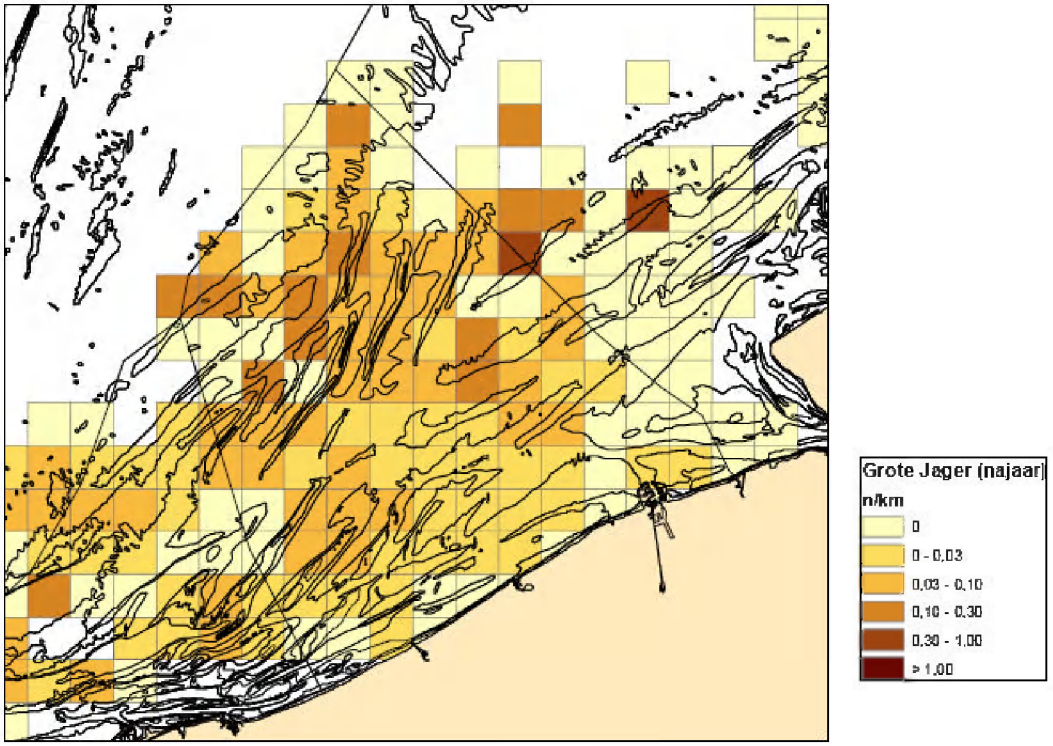
Figuur 4.6.12: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende de zomer (Vanermen et al., 2006)



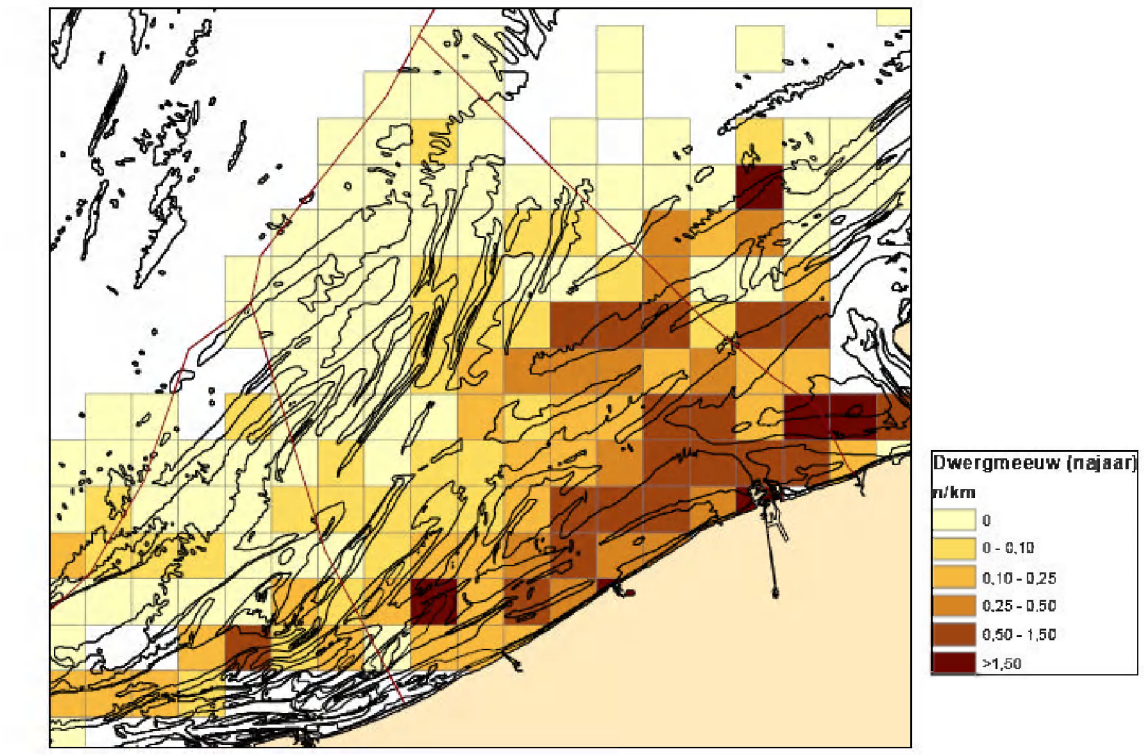
Figuur 4.6.13: Relatief belang van zestien soorten zeevogels in verschillende deelgebieden van het BDNZ gedurende het najaar (Vanermen et al., 2006)



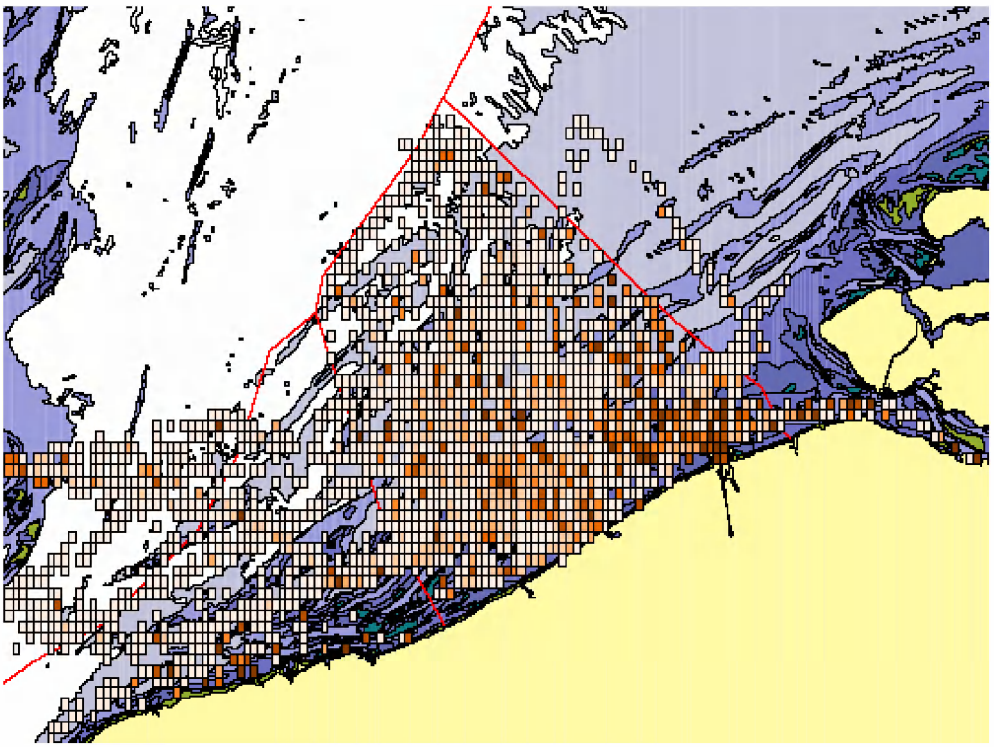
Figuur 4.6.14: Verspreiding van Jan van Gent op het BDNZ tijdens het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens de gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen et al., 2006)



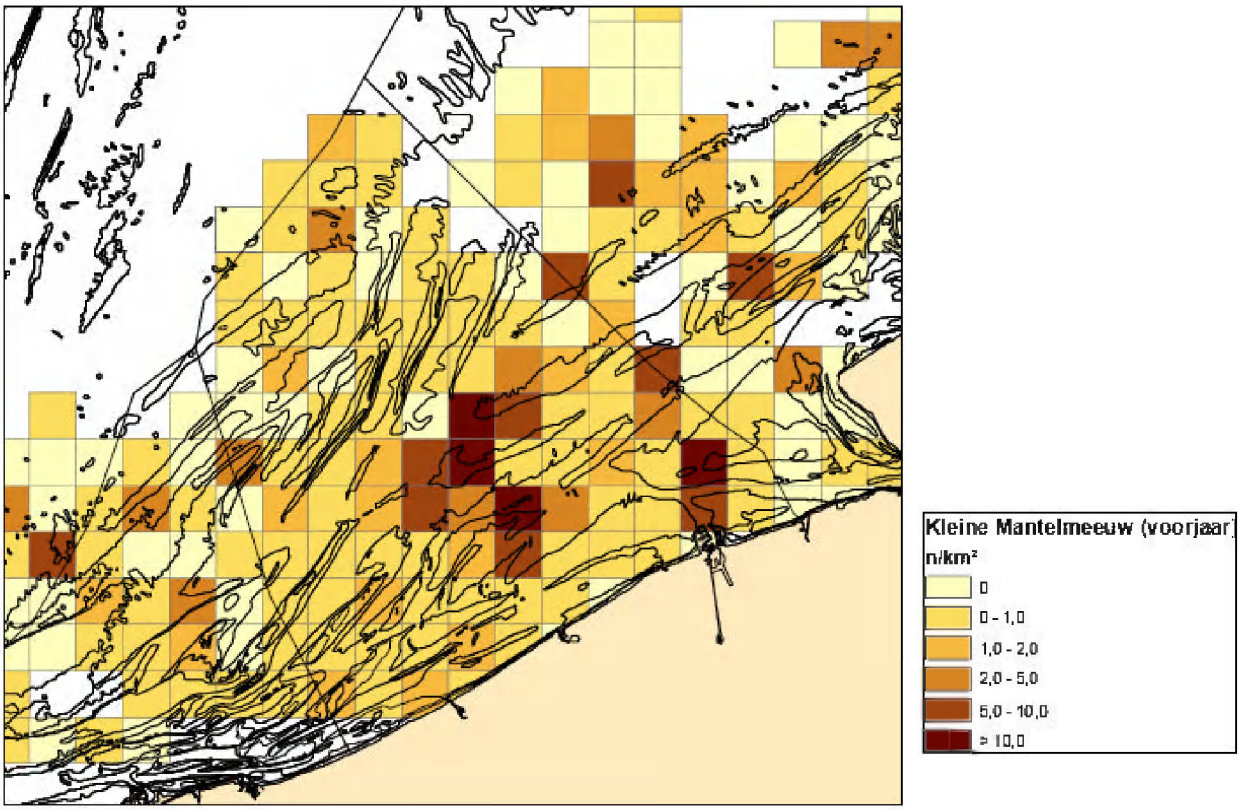
Figuur 4.6.15: Verspreiding van Grote Jager op het BDNZ tijdens het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen et al., 2006)



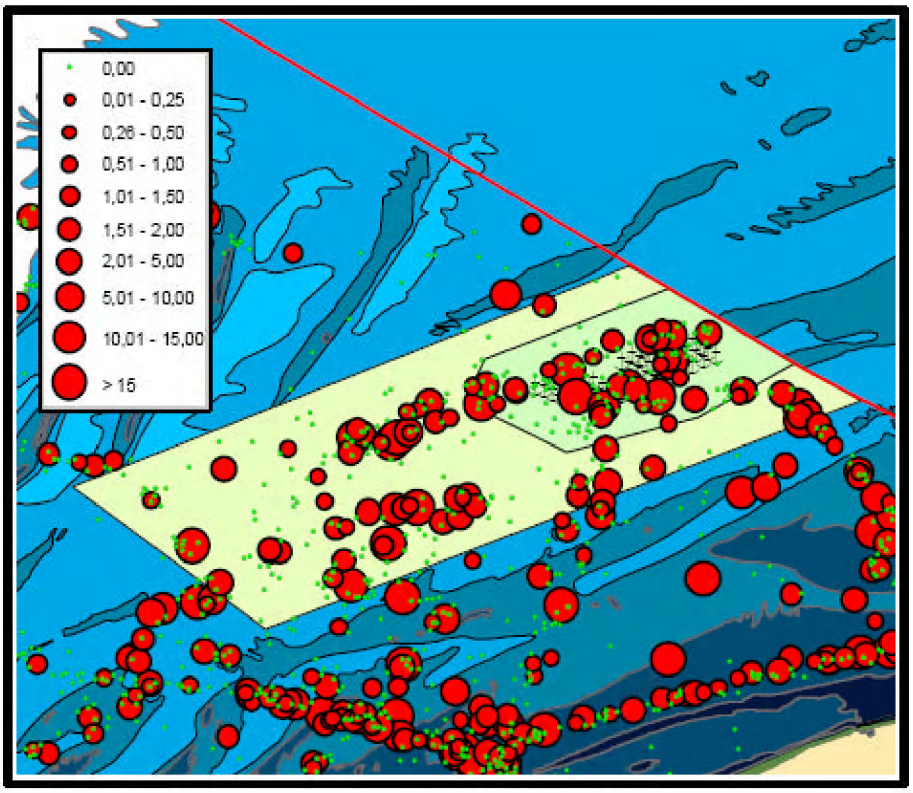
Figuur 4.6.16: Verspreiding van Dwergmeeuw op het BDNZ gedurende het najaar; de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens aantal waargenomen, vogels per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen et al., 2006)



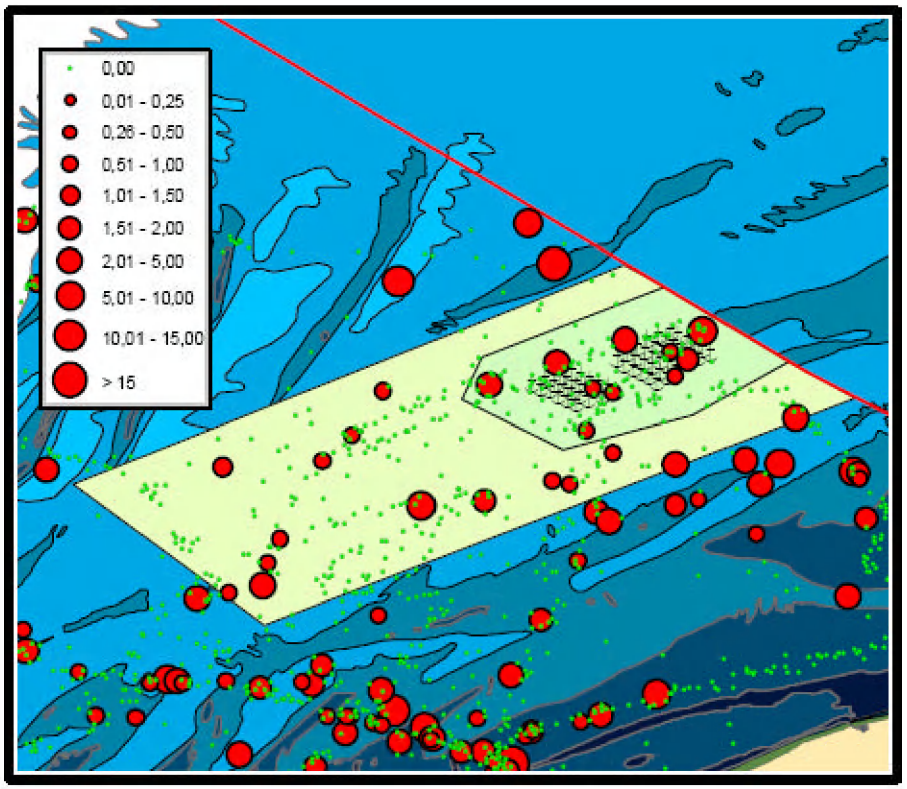
Figuur 4.6.17: Verspreiding van Stormmeeuw in de winter (Stienen & Kuijken, 2003)



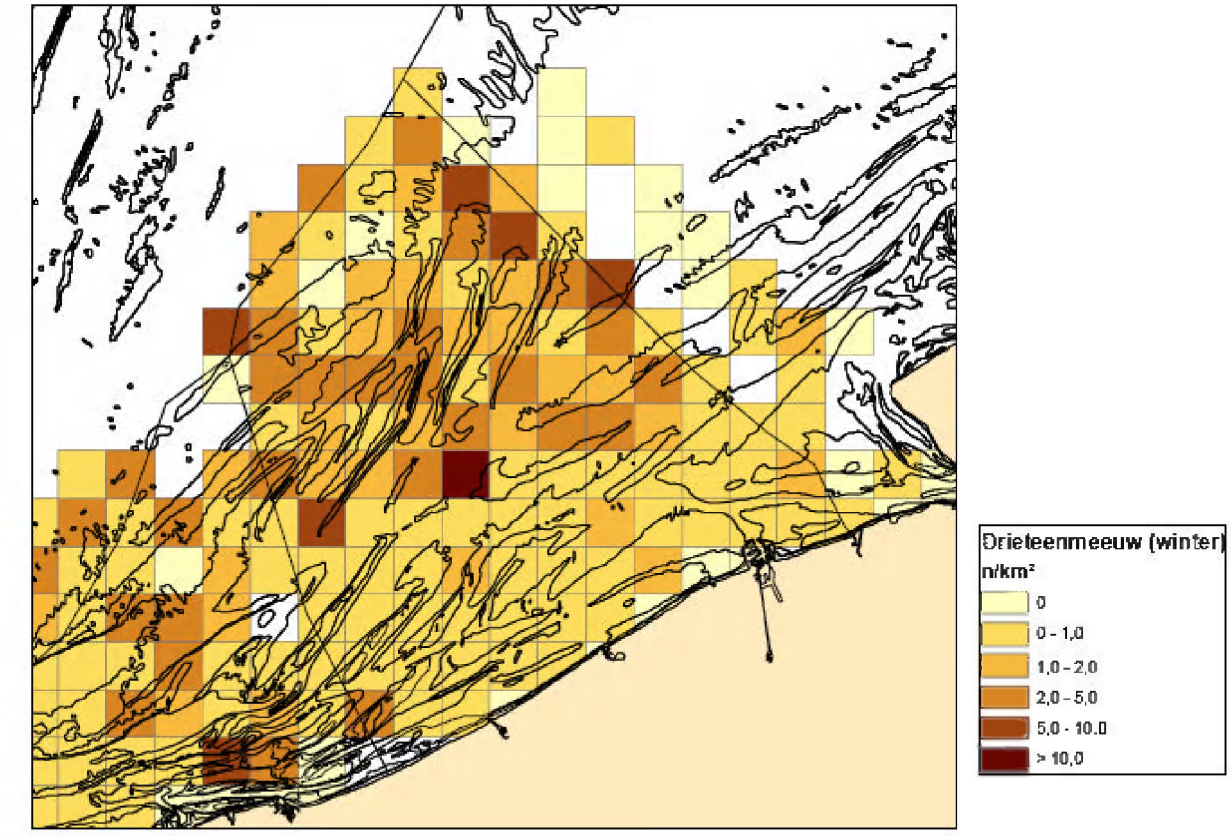
Figuur 4.6.18: Verspreiding van Kleine Mantelmeeuw op het BDNZ gedurende het voorjaar. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens de gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen et al., 2006)



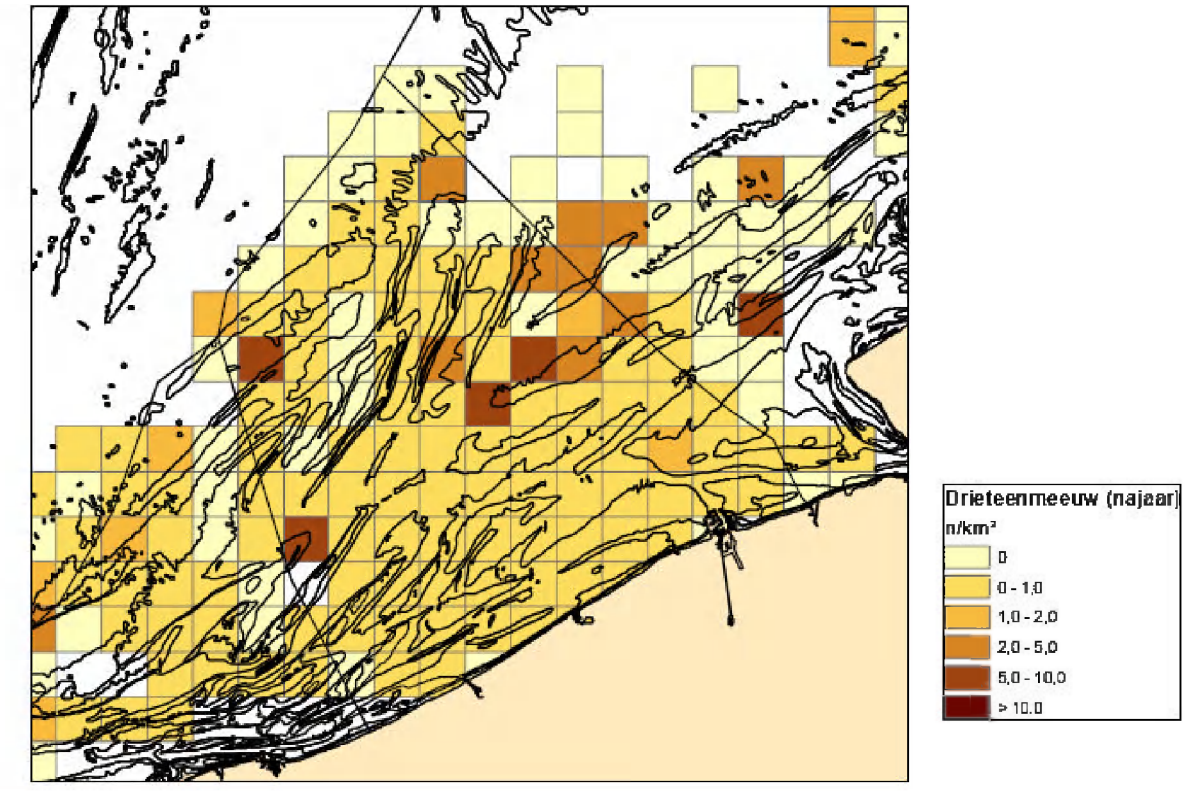
Figuur 4.6.19: Waarnemingen in 2005 van Kleine Mantelmeeuw in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen et al., 2006)



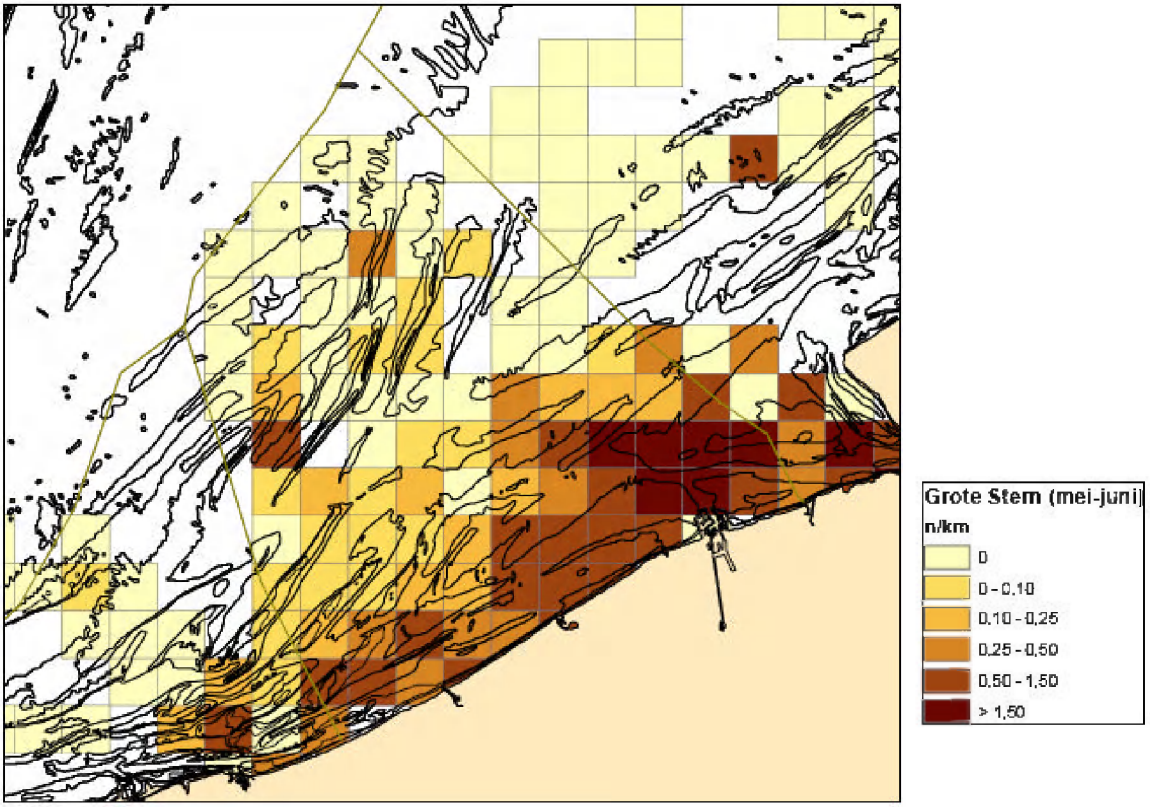
Figuur 4.6.20: Waarnemingen in 2005 van Grote Mantelmeeuw in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen et al., 2006)



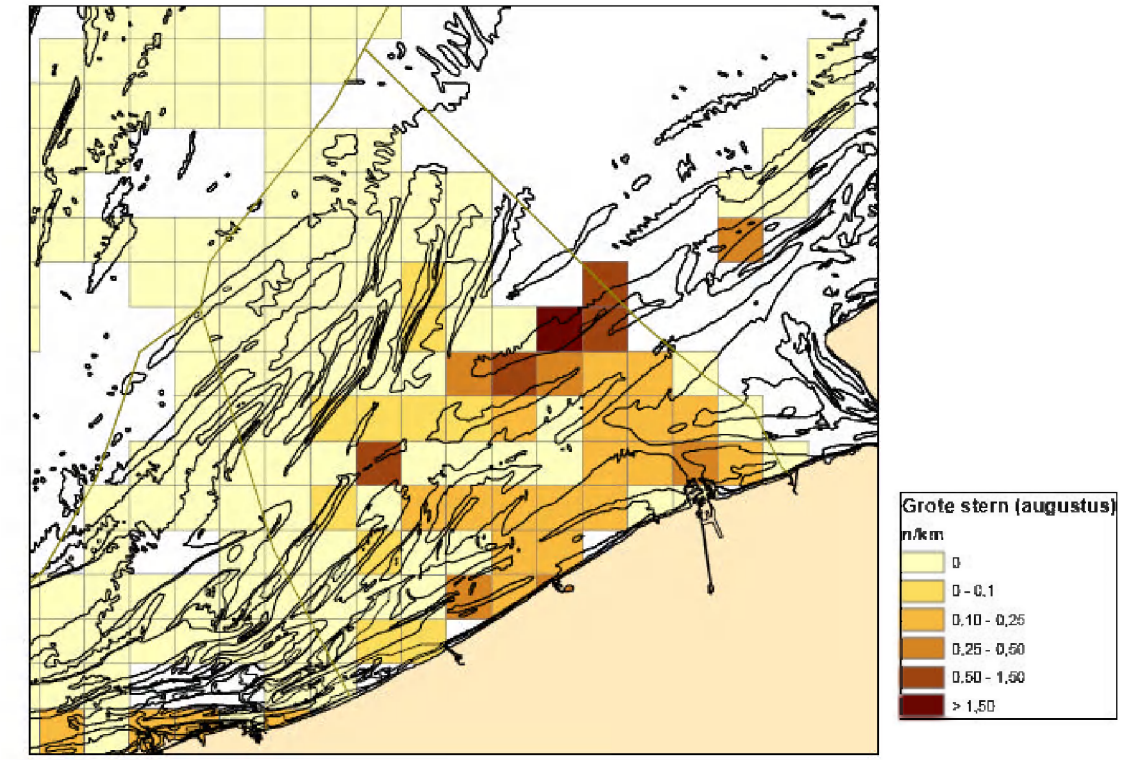
Figuur 4.6.21: Verspreiding van Drieteenmeeuw tijdens de winter. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen et al., 2006)



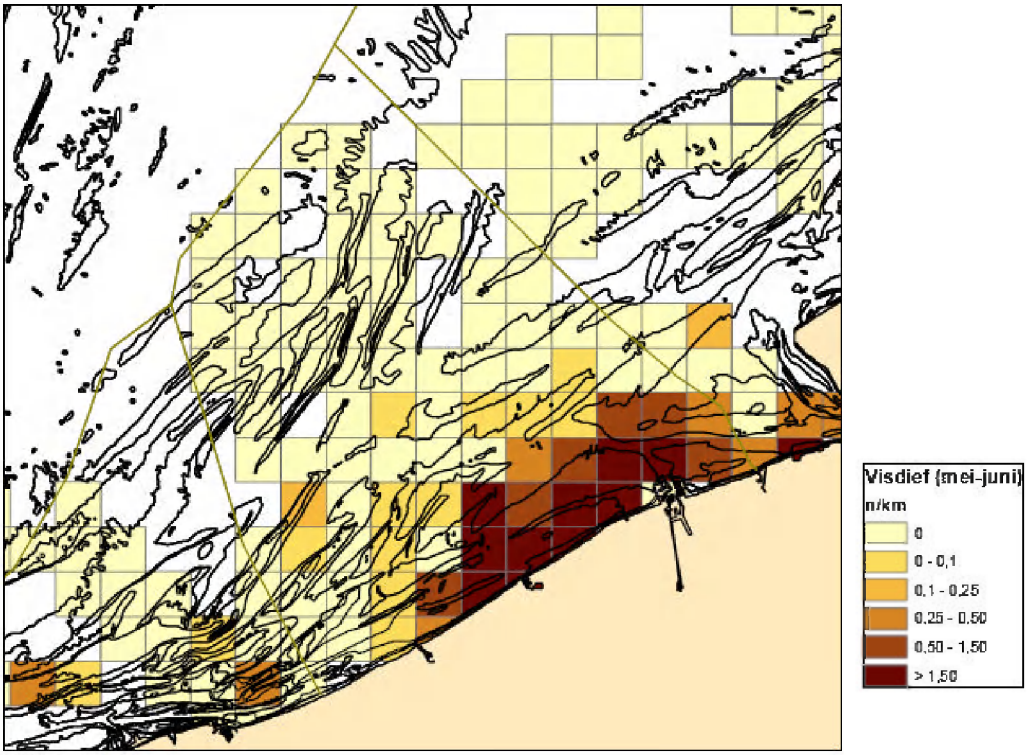
Figuur 4.6.22: Verspreiding van Drieteenmeeuw tijdens het najaar. De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens gemiddelde dichtheid (n/km²) (Vanermen et al., 2006)



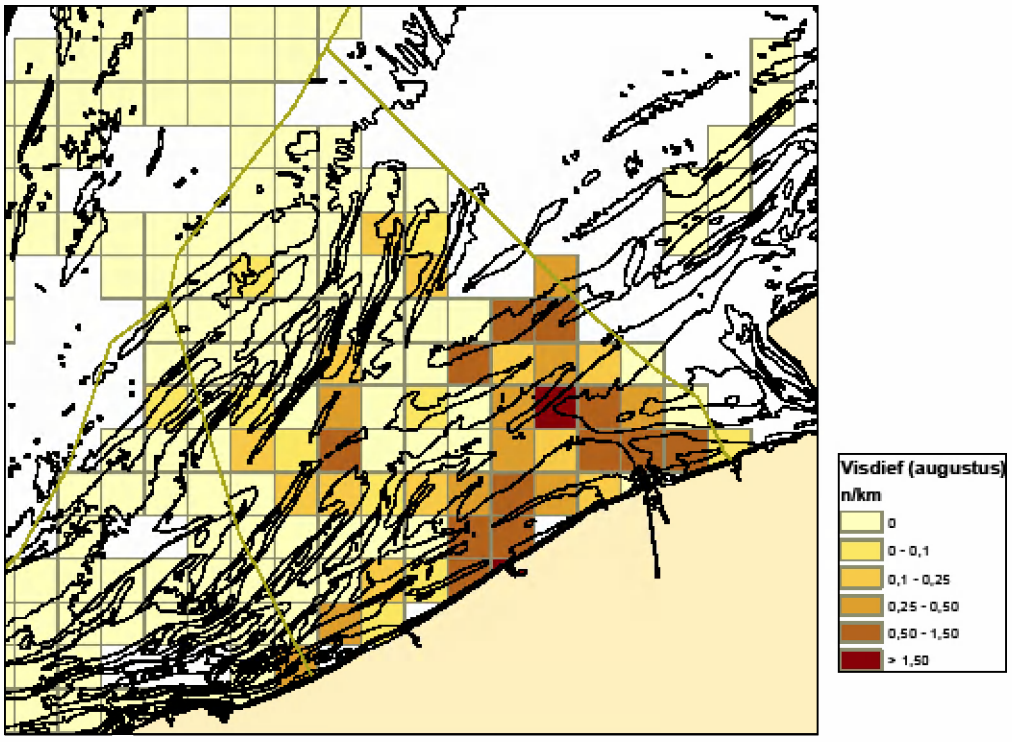
Figuur 4.6.23: Verspreiding van Grote stern op het BDNZ gedurende het broedseizoen (mei-juni); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen et al., 2006)



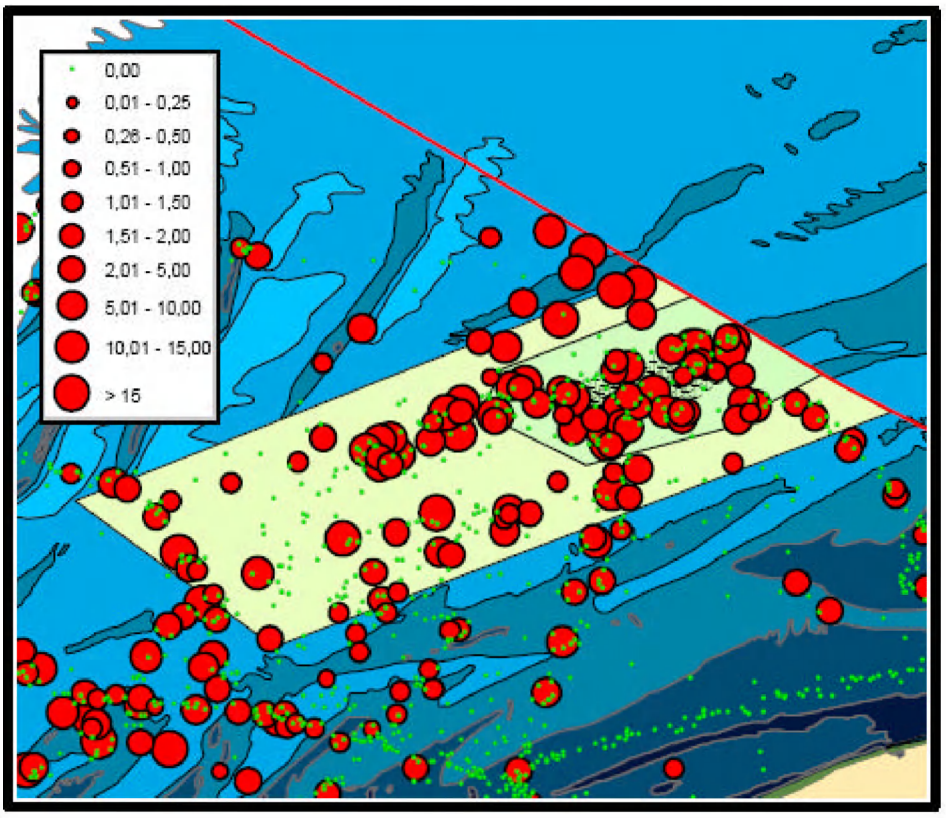
Figuur 4.6.24: Verspreiding van Grote stern op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus). De 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen et al., 2006)



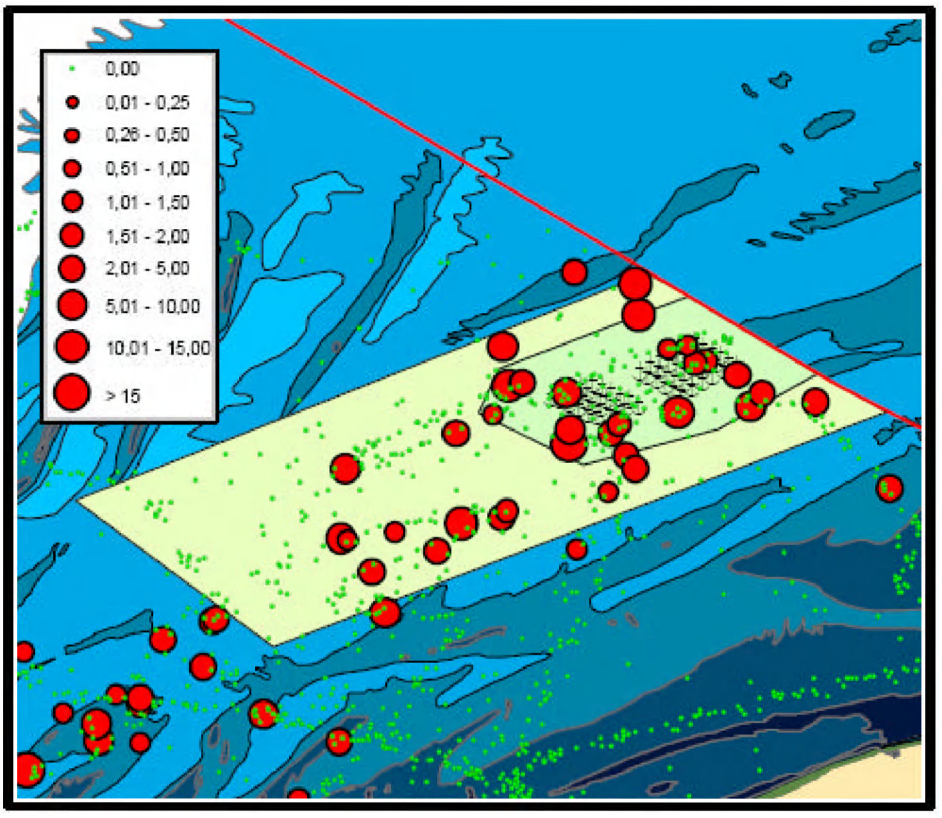
Figuur 4.6.25: Verspreiding van Visdief op het BDNZ gedurende het broedseizoen (mei-juni); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen et al., 2006)



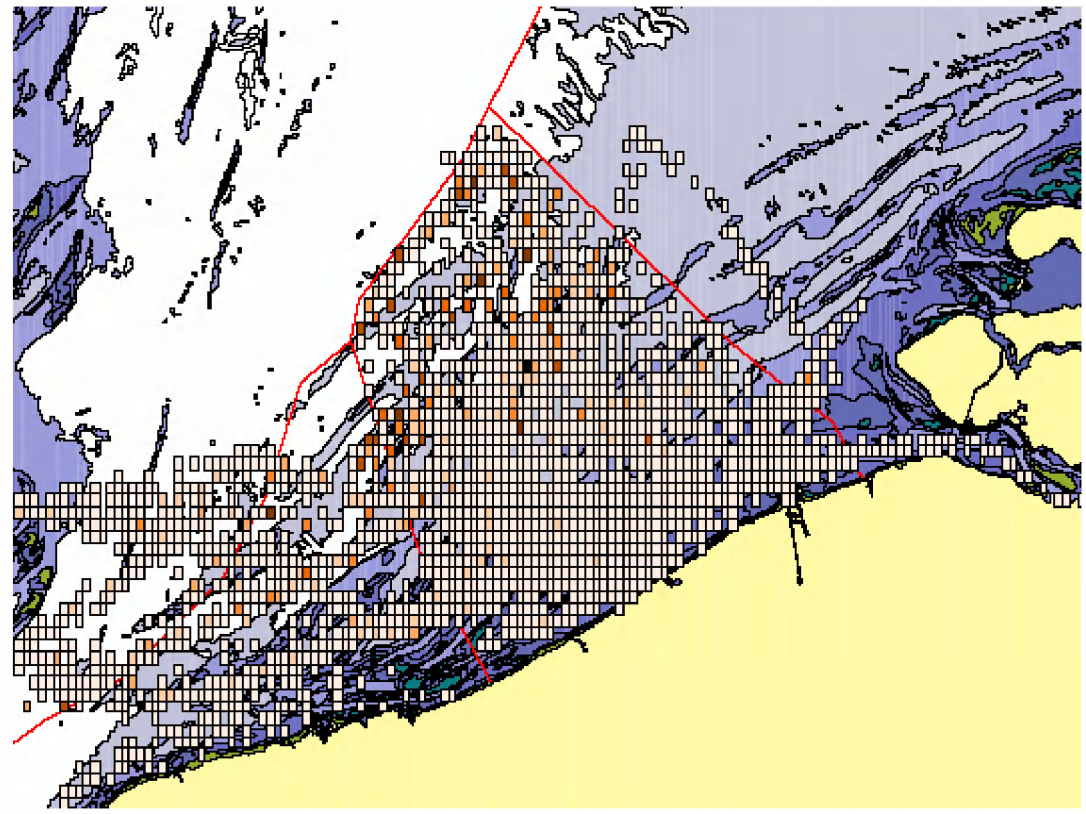
Figuur 4.6.26: Verspreiding van Visdief op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen et al., 2006)



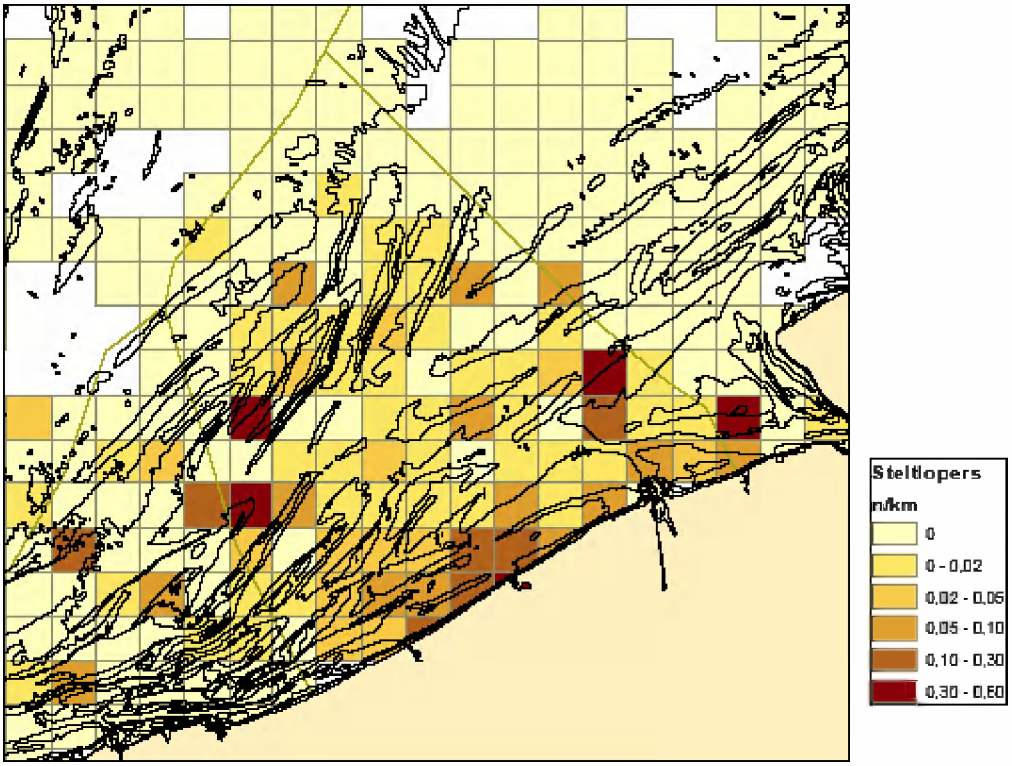
Figuur 4.6.27: Waarnemingen in 2005 van Zeekoet in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen et al., 2006)



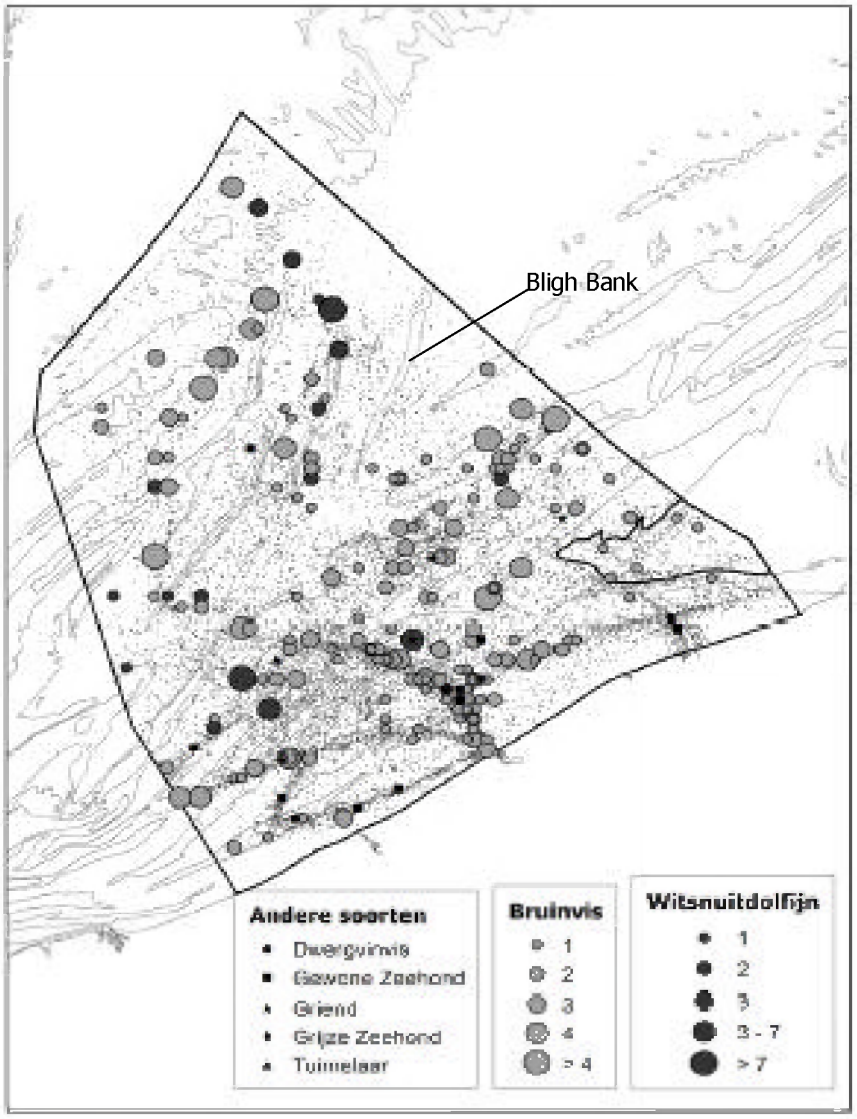
Figuur 4.6.28: Waarnemingen in 2005 van Alk in en rond het windparkgebied van C-power (Vanermen et al., 2006)



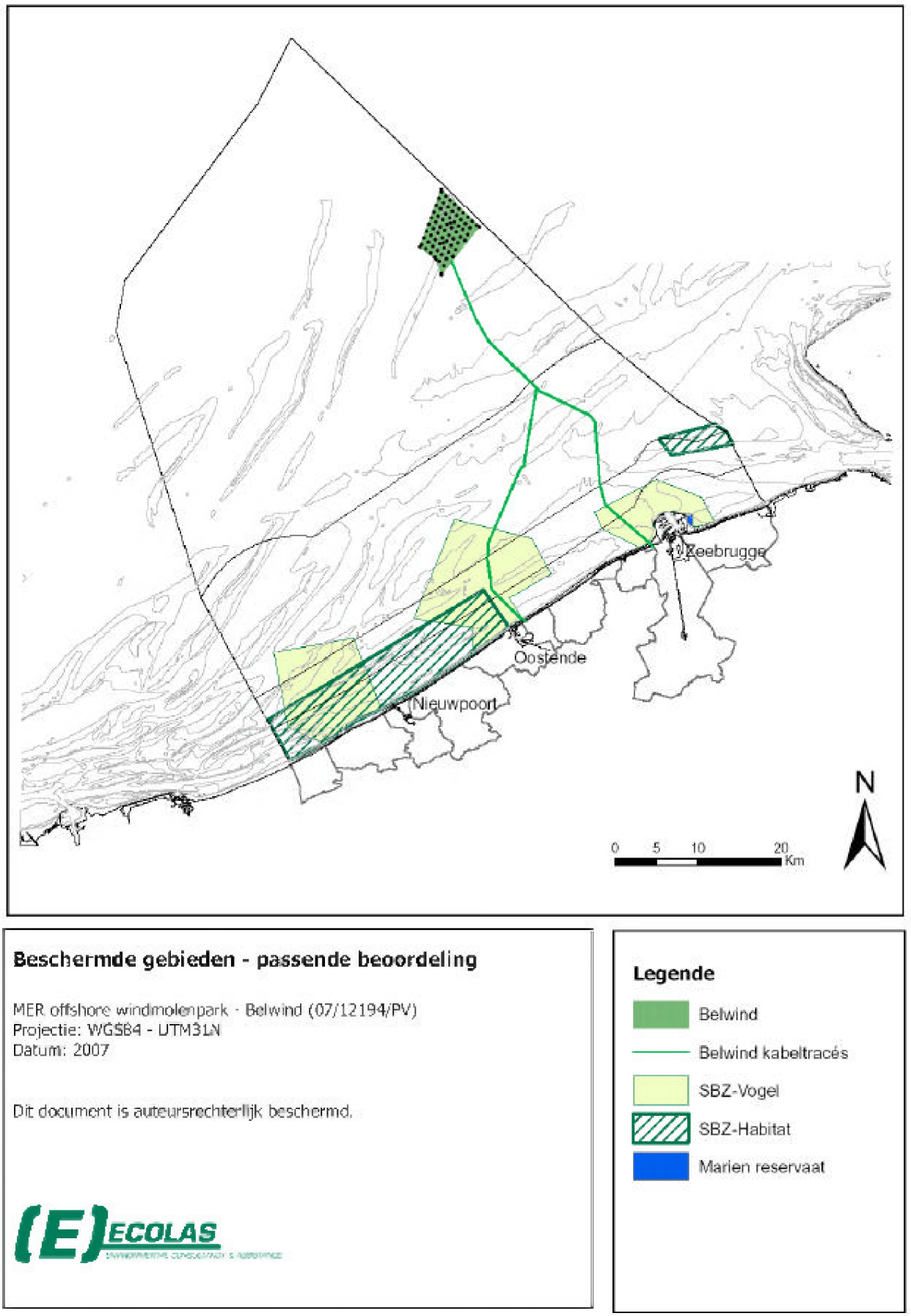
Figuur 4.6.29: Verspreiding van Noordse Stormvogel in de winter (Stienen & Kuijken, 2003)



Figuur 4.6.30: Verspreiding van de groep van steltlopers op het BDNZ gedurende de najaarstrek (augustus); de 6x6km²-hokken zijn ingekleurd volgens het aantal waargenomen individuen per gevaren kilometer (n/km) (Vanermen *et al.*, 2006)

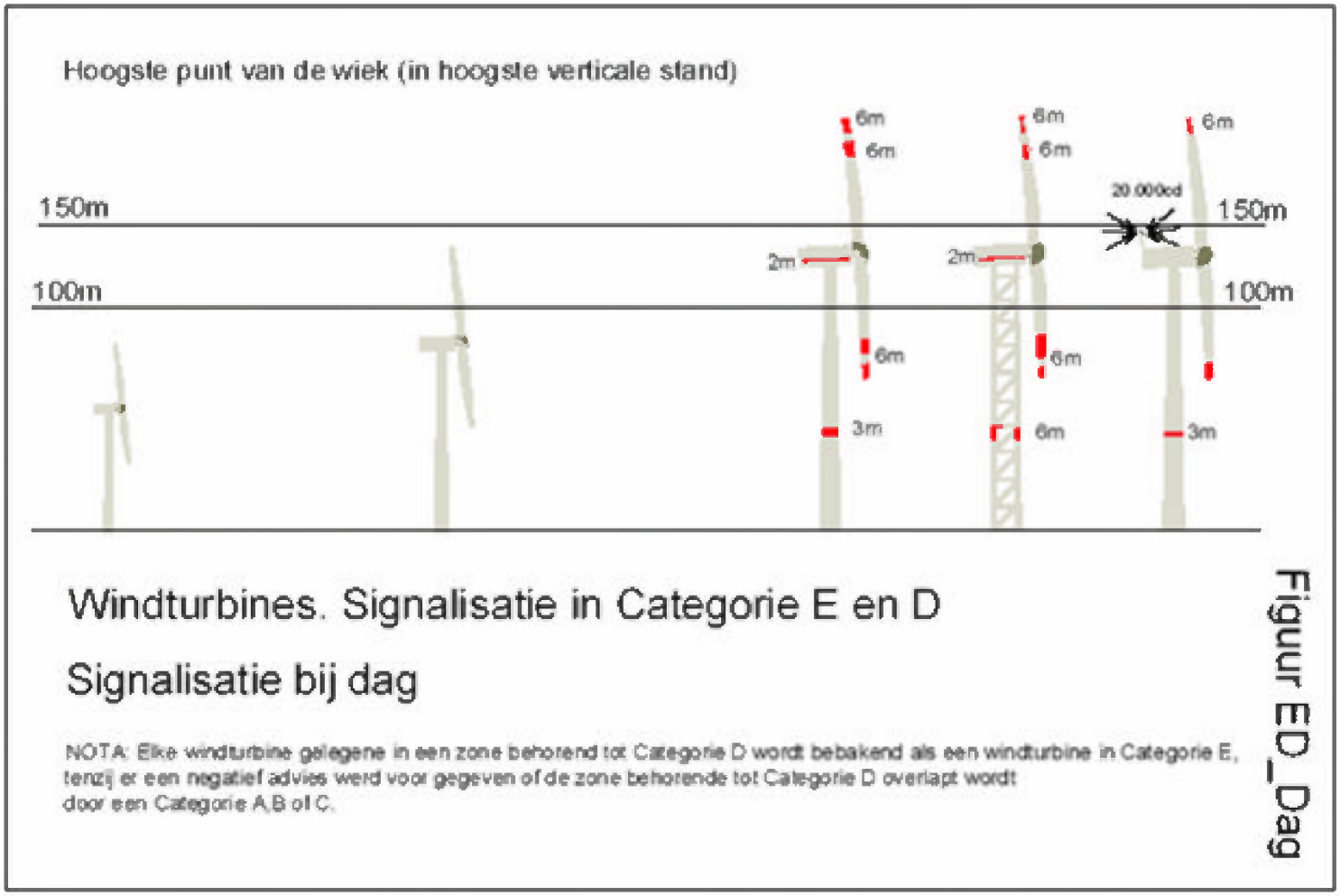


Figuur 4.6.31: Verspreiding en aantallen van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren (naar Courtens *et al.*, 2006)

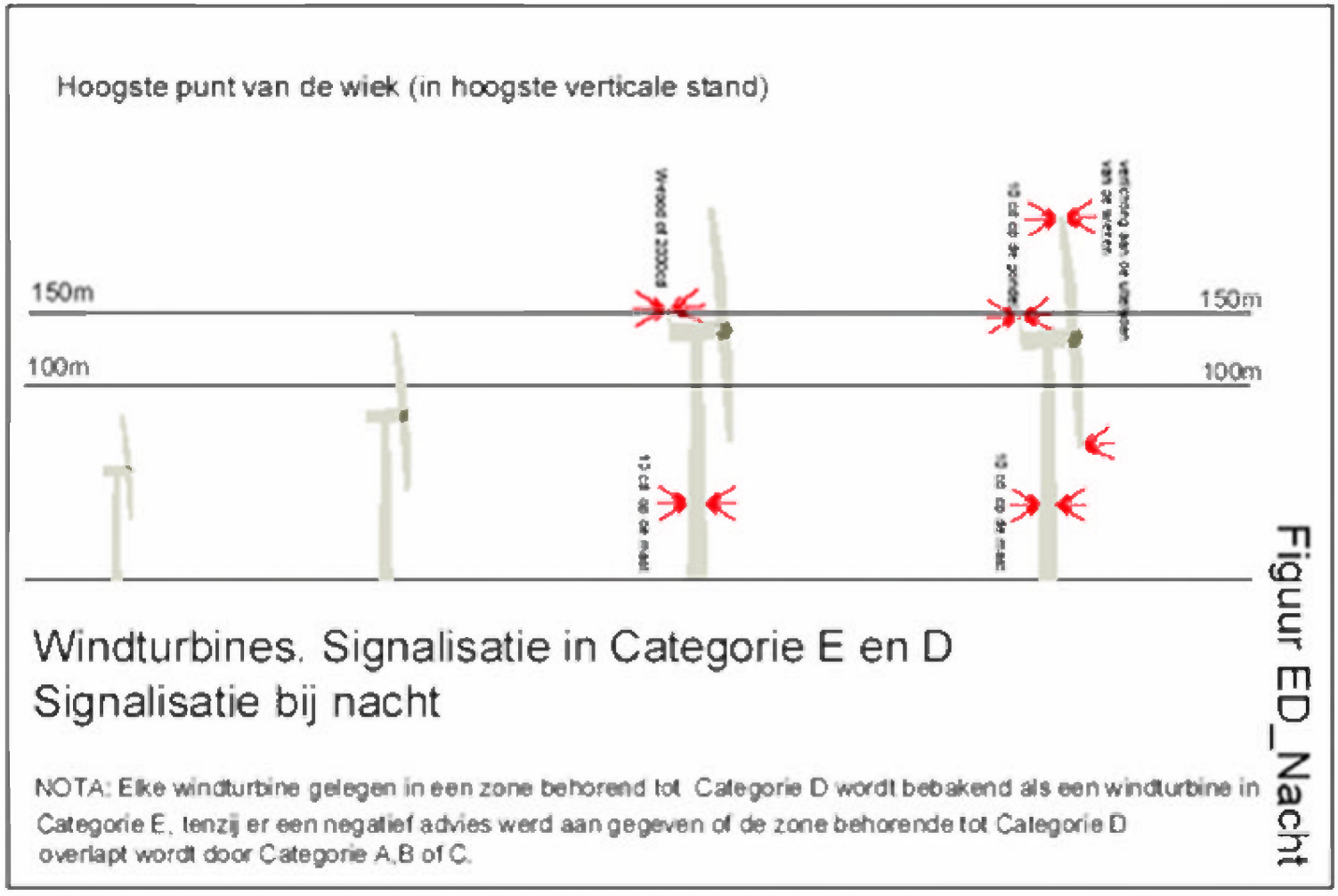


Figuur 4.6.32: Beschermde gebieden relevant voor passende beoordeling

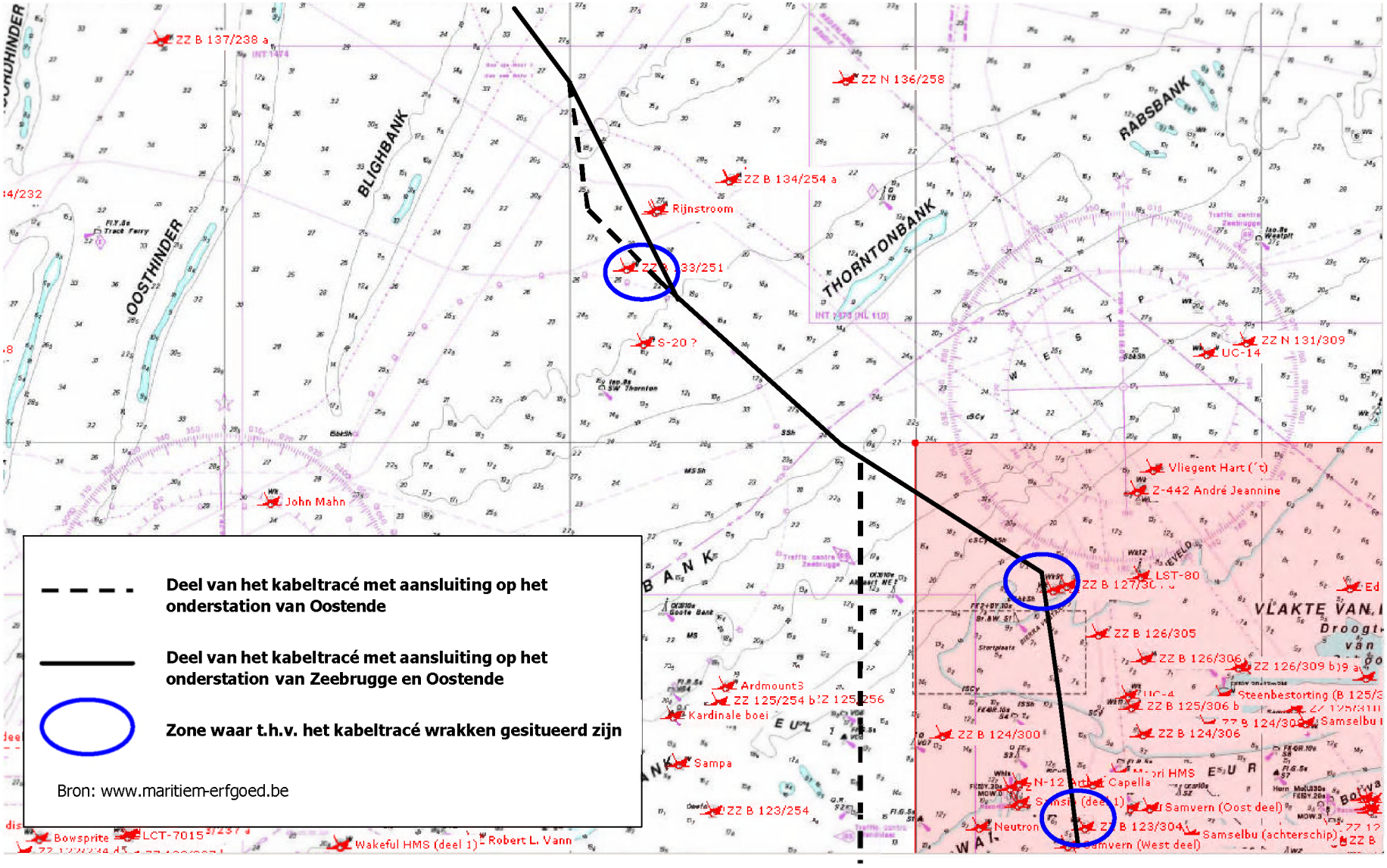
4.7 ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED



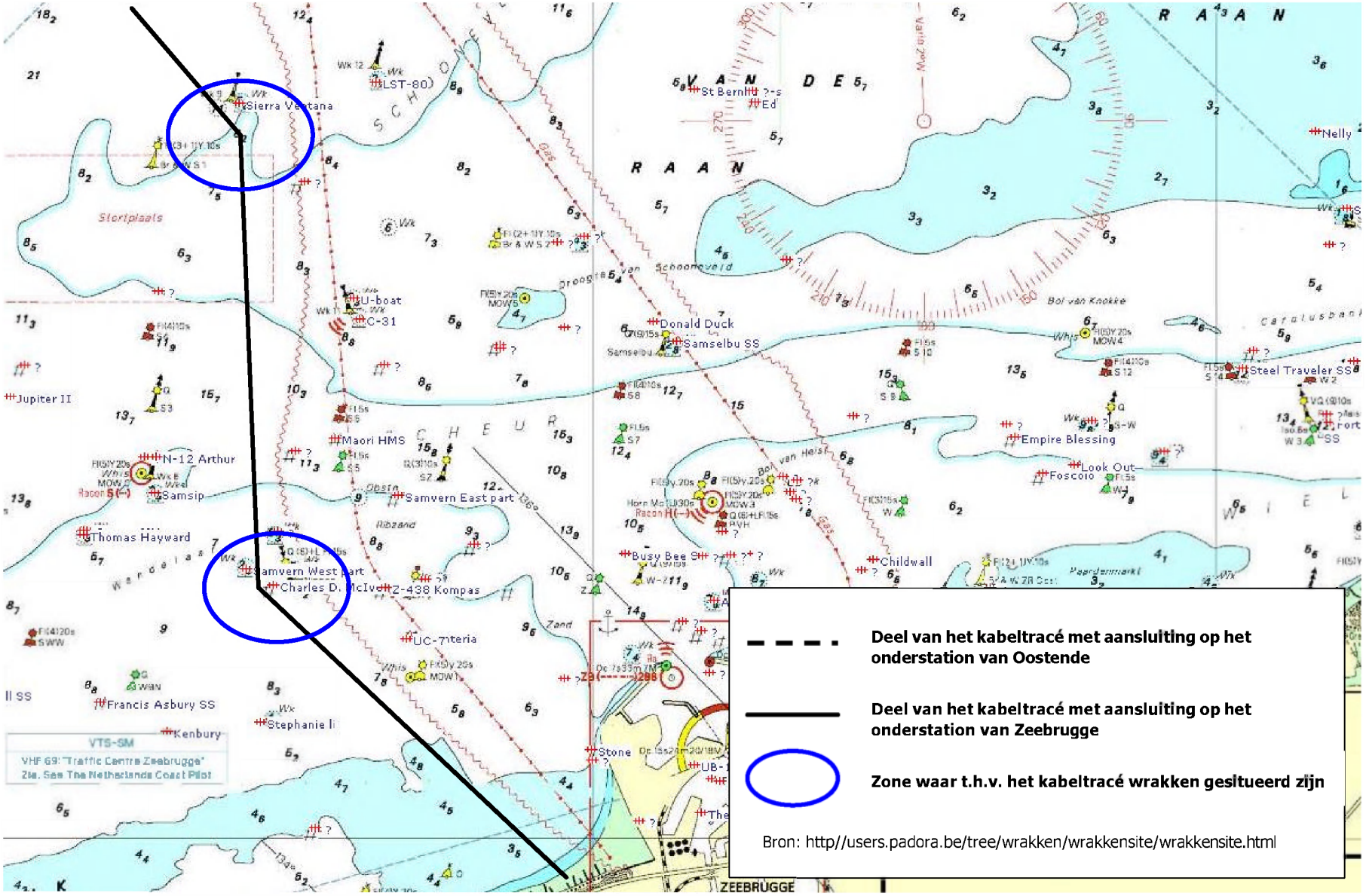
Figuur 4.7.1: Signalisatie windturbines bij dag



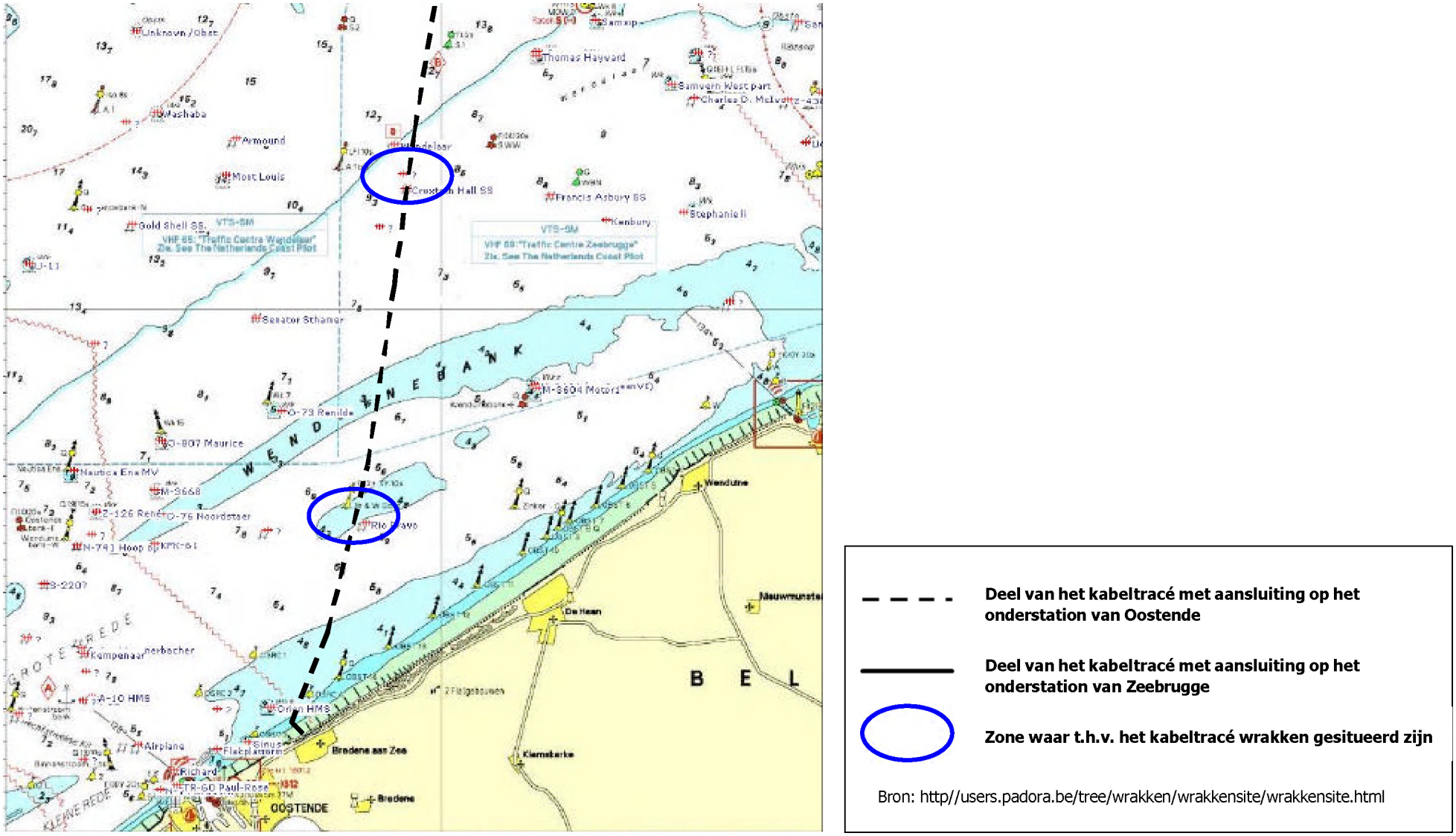
Figuur 4.7.2: Signalisatie windturbines bij nacht



Figuur 4.7.3: Wrakken ter hoogte van de Zeelandbanken

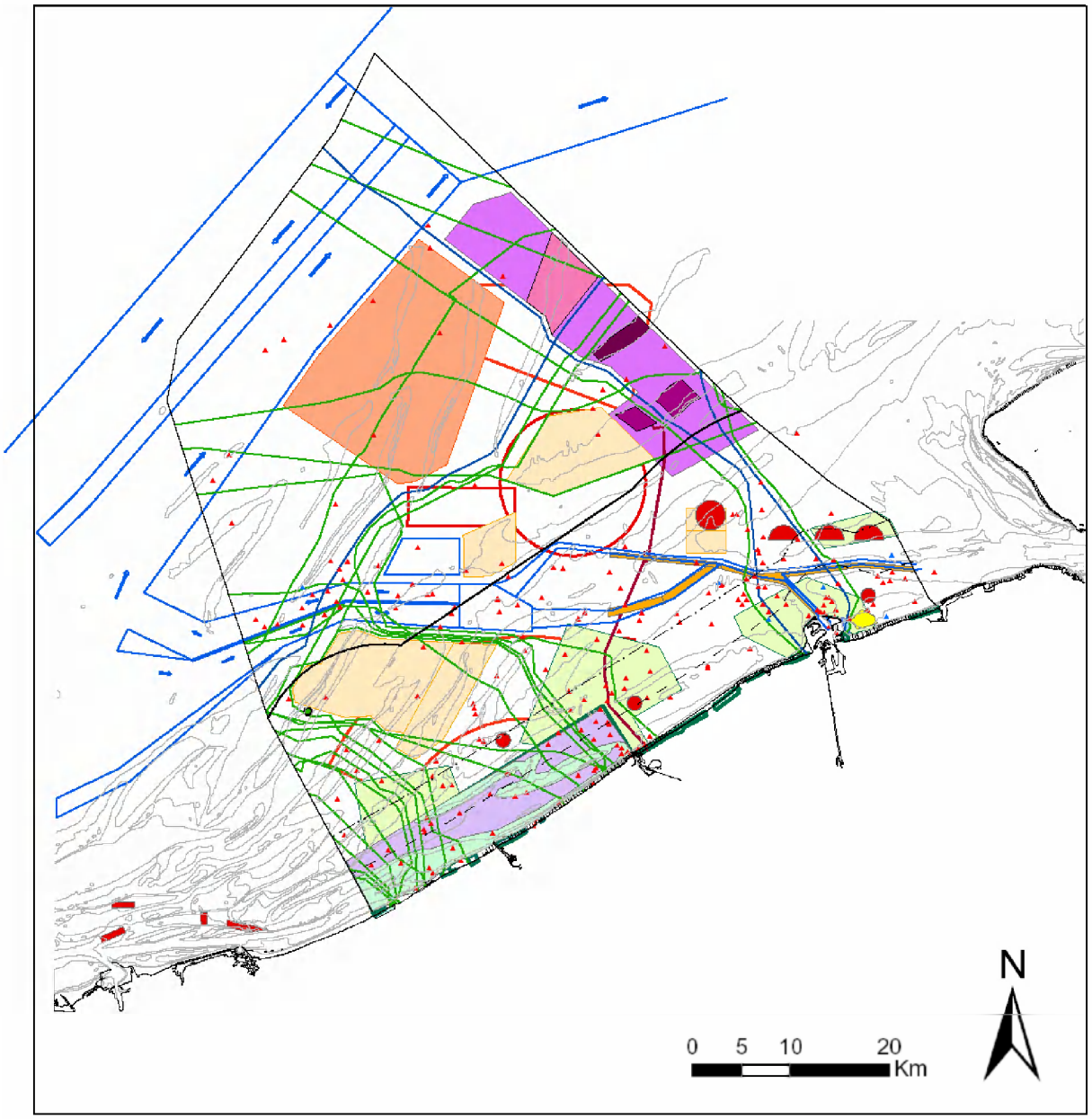


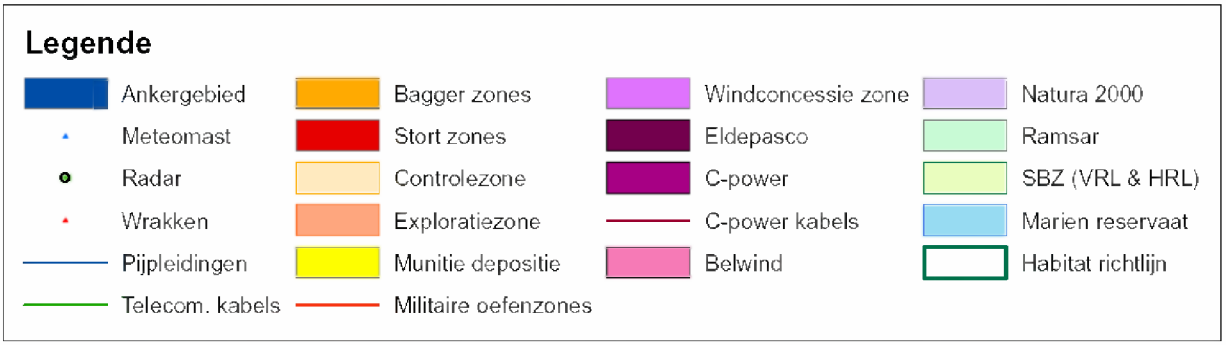
Figuur 4.7.4: Wrakken ter hoogte van de Vlakte van de Raan



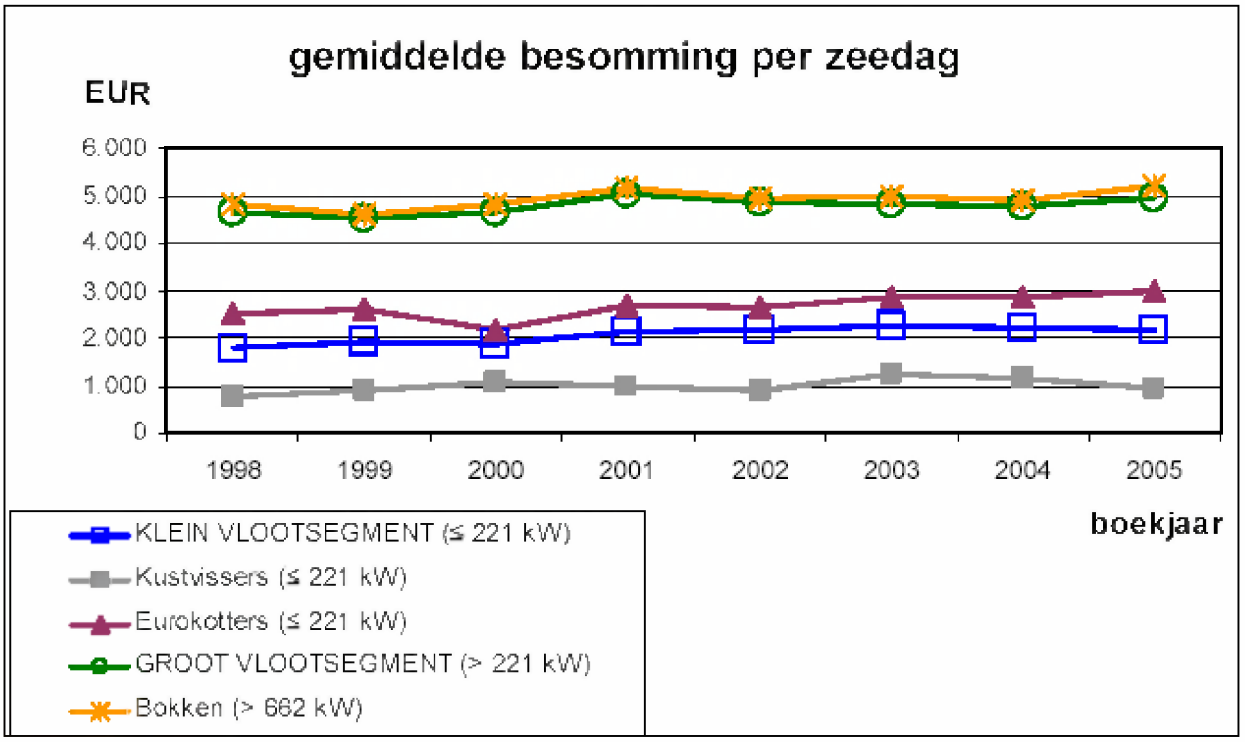
Figuur 4.7.5: Wrakken ter hoogte van de Wenduinebank

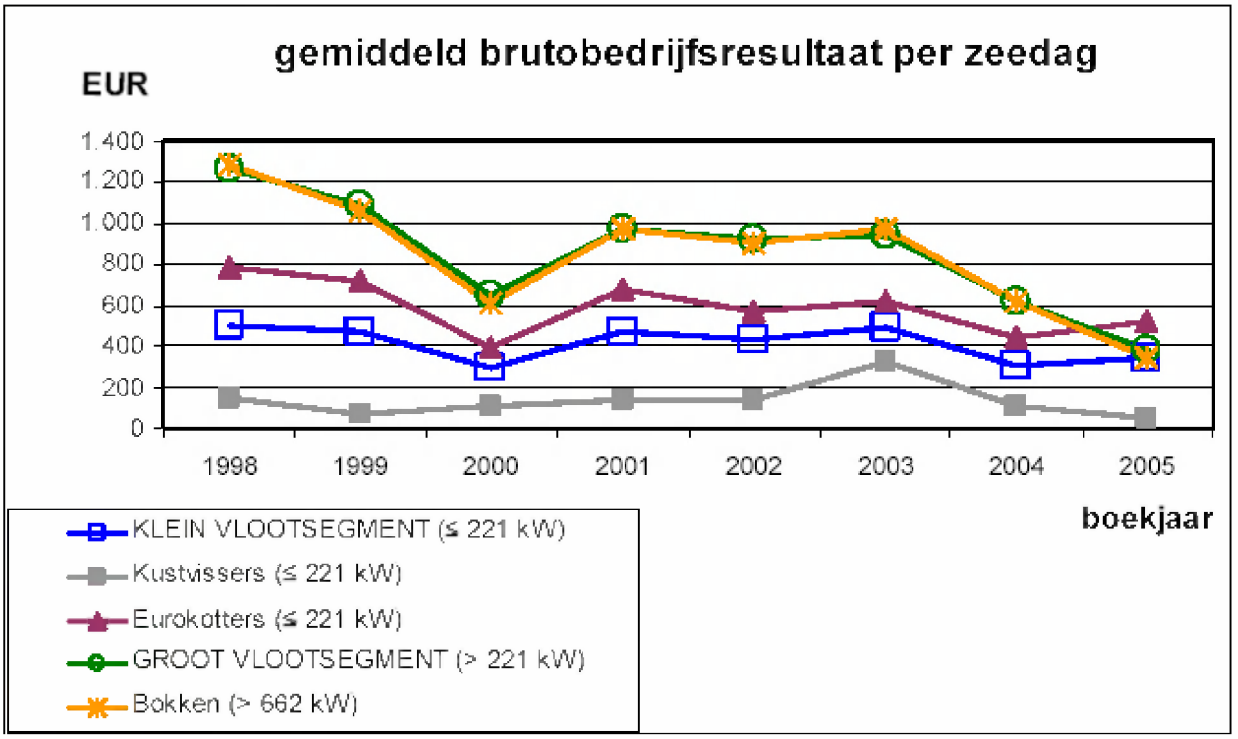
4.8 DE MENS



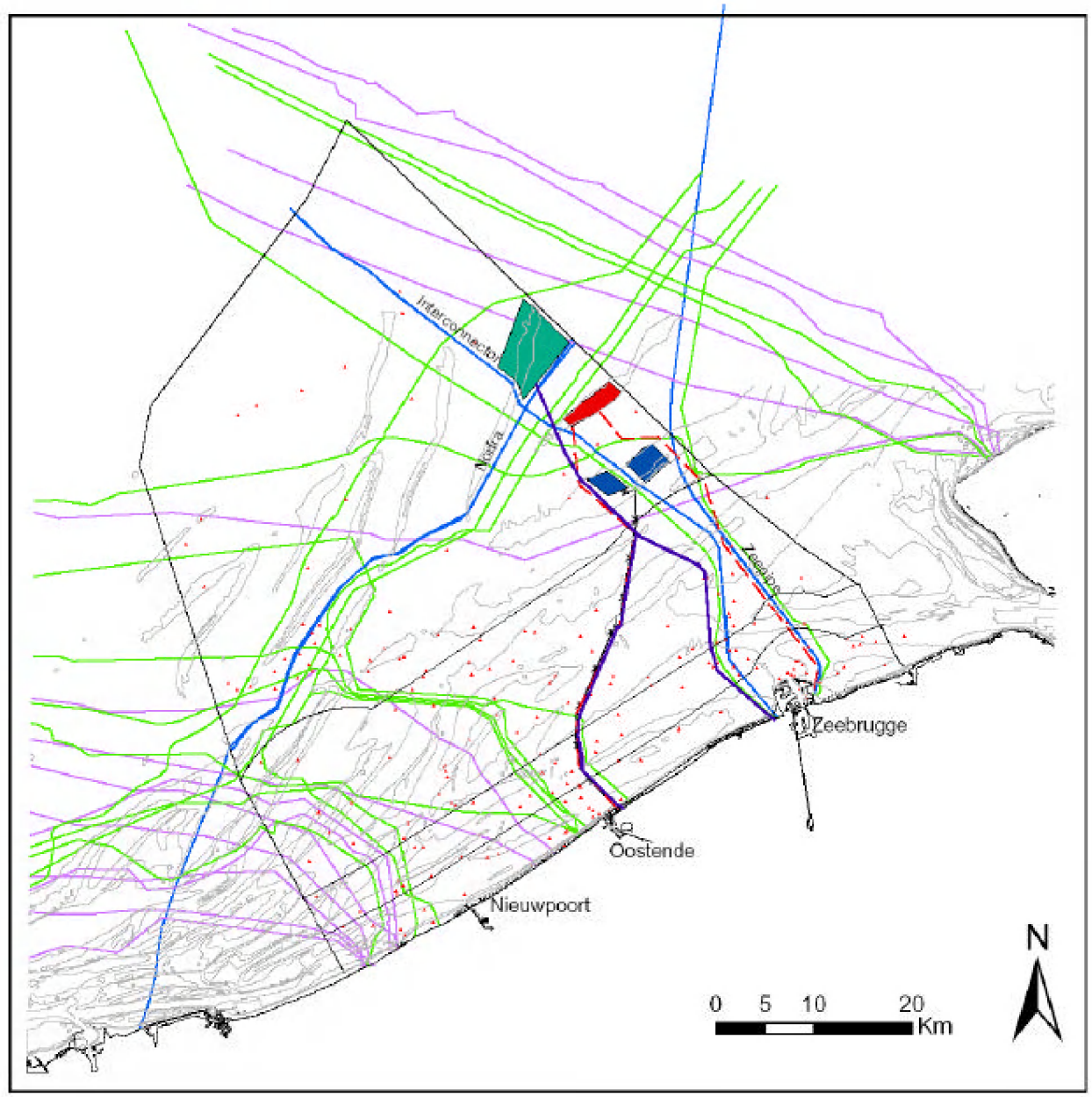


Figuur 4.8.1: Kaart van de verschillende gebruikers van het BDNZ





Figuur 4.8.2: Evolutie besomming en bedrijfsresultaat per zeedag



Pijpleidingen en telecommunicatiekabels

MER offshore windmolenpark - Belwind (07/12194/PV)
Projectie: WGS84 - UTM31N
Datum: 2007

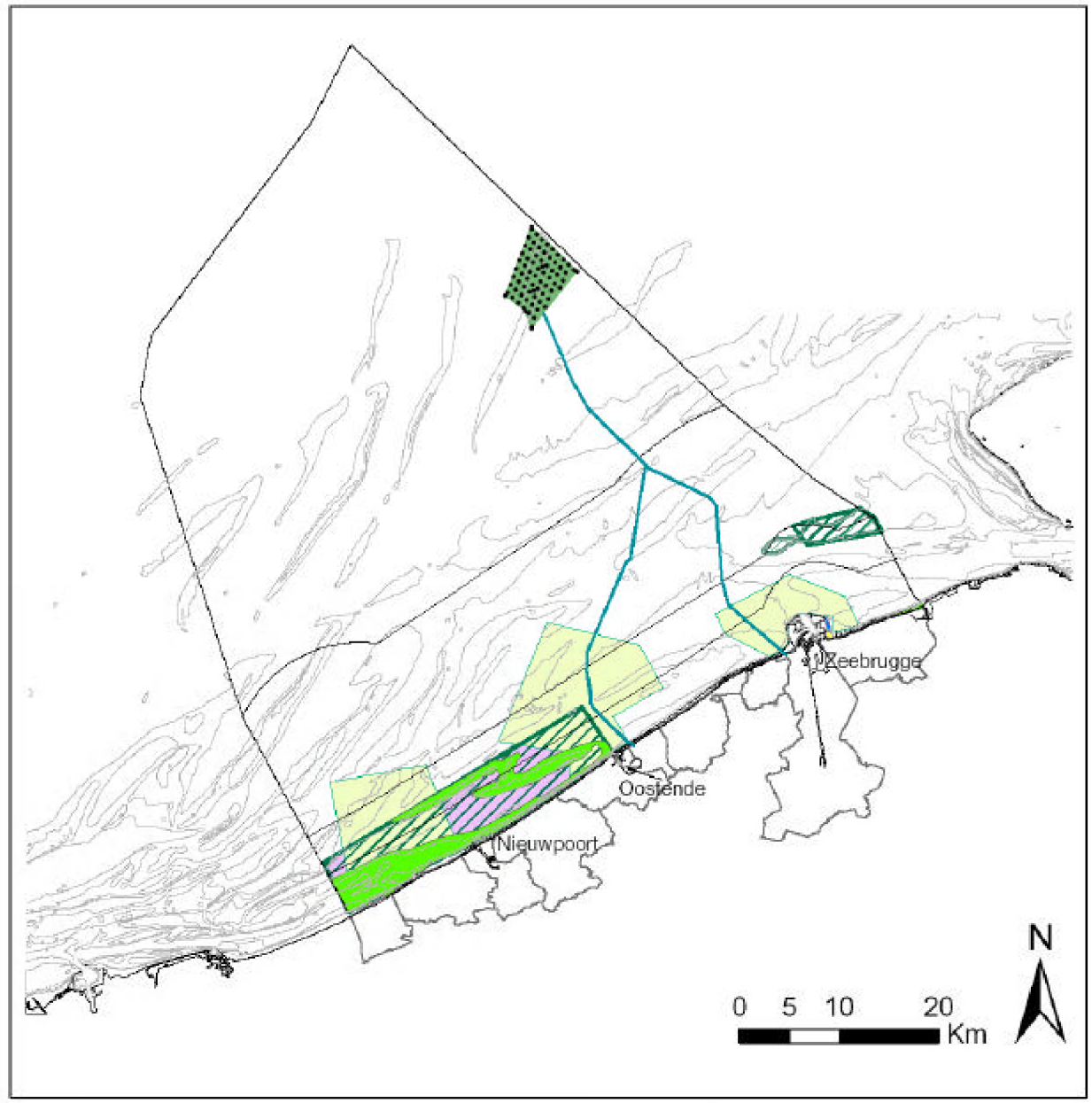
Dit document is auteursrechterlijk beschermd.

ECOLAS

Legende

- Belwind
- Belwind kabeltracés
- Eldepasco
- C-power
- kabels niet in gebruik
- kabels in gebruik
- pijpleidingen

Figuur 4.8.3: Pijpleidingen en telecommunicatiekabels



Natuurgebieden

MER offshore windmolenpark - Belwind (07/12194/PV)
Projectie: WGS84 - UTM31N
Datum: 2007

Dit document is auteursrechterlijk beschermd.

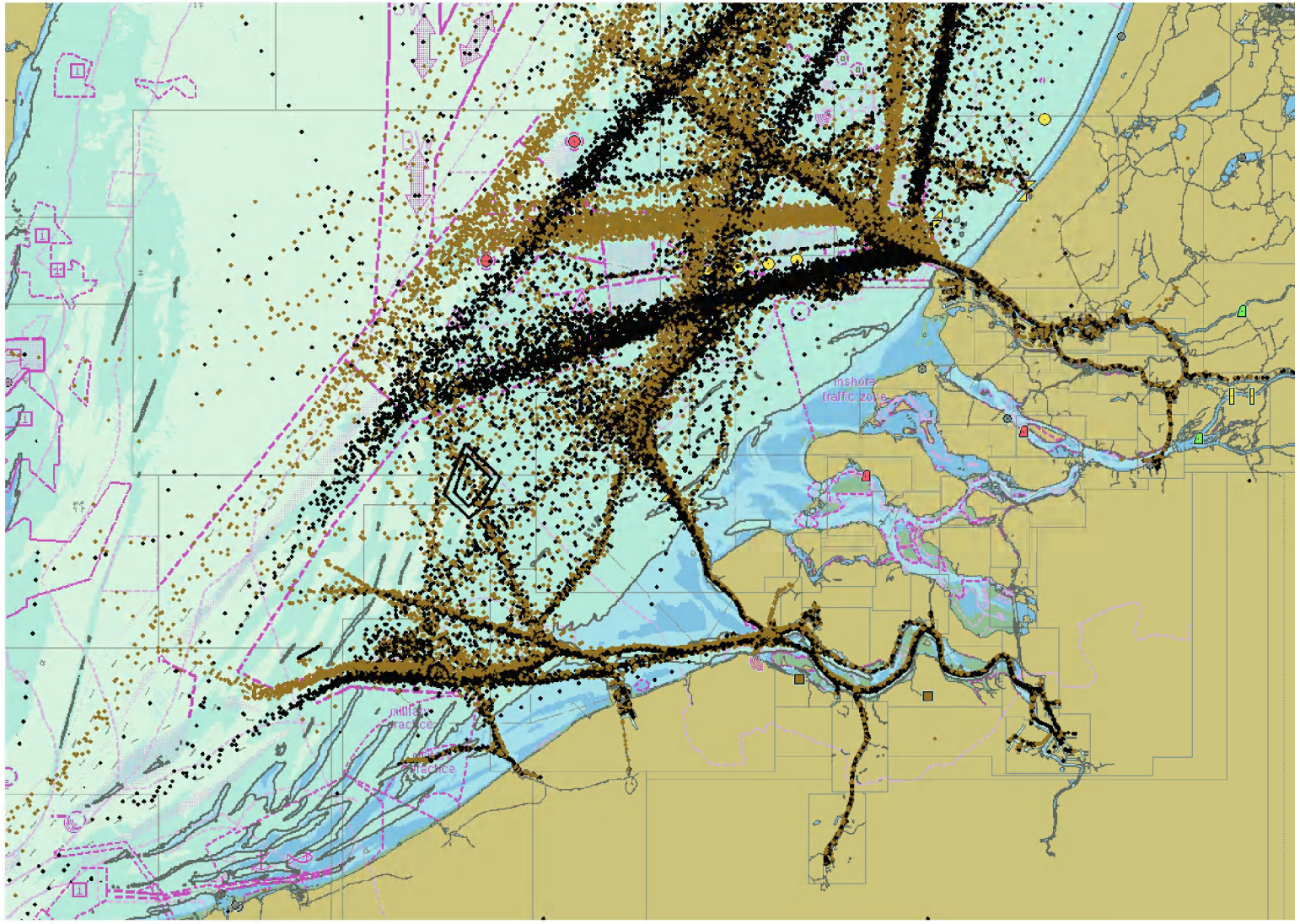
ECOLAS

Legende

- Belwind
- Belwind kabeltracés
- Natura 2000
- Ramsar
- SBZ-Habitat
- SBZ-Vogel
- Strandreservaat
- Marien reservaat

Figuur 4.8.4: Natuurgebieden in de Belgische mariene gebieden

4.9 VEILIGHEID



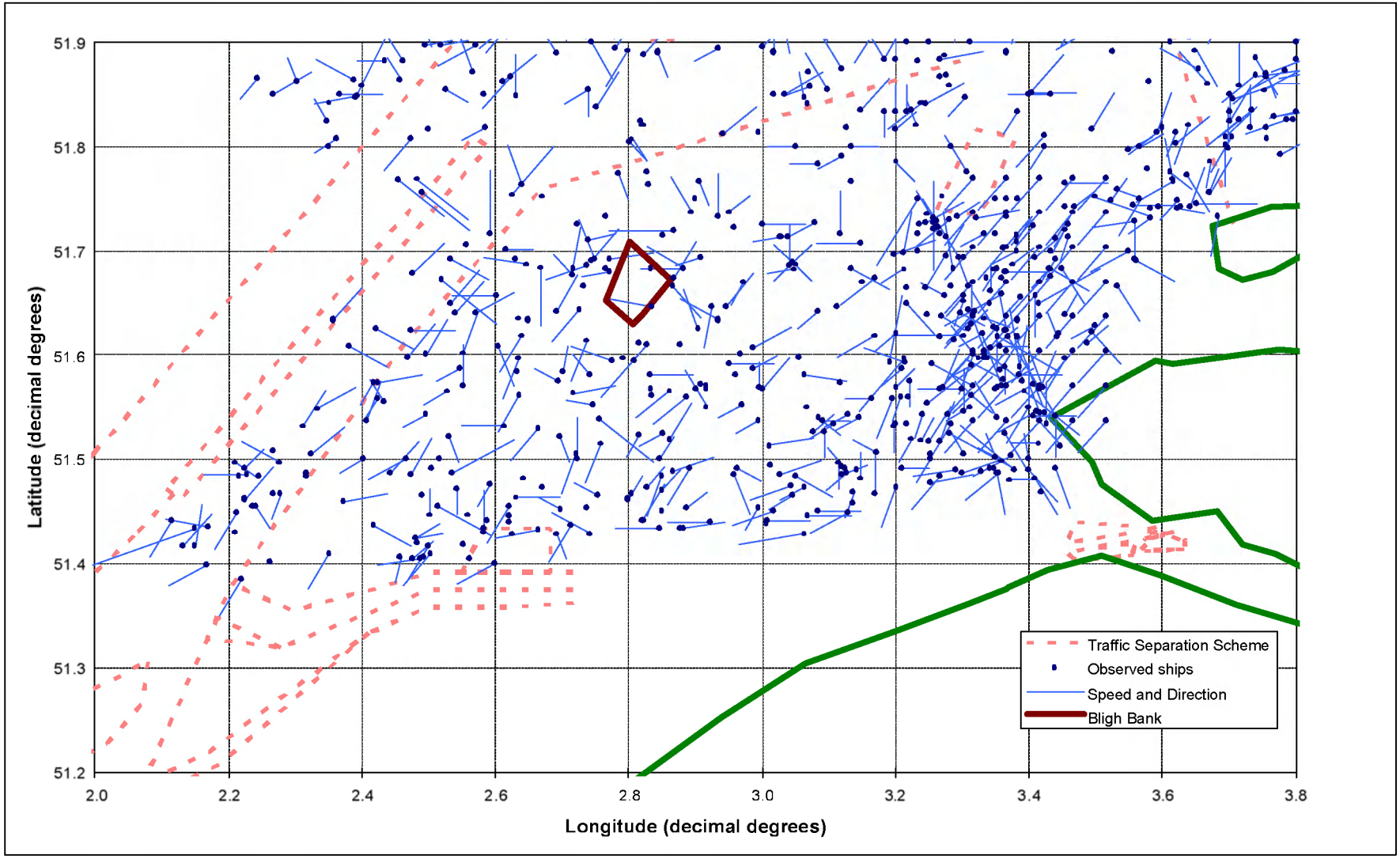
Legende:

stippen: weergave positie (elke 10 minuten) van alle routegebonden schepen in 1 week in 2005

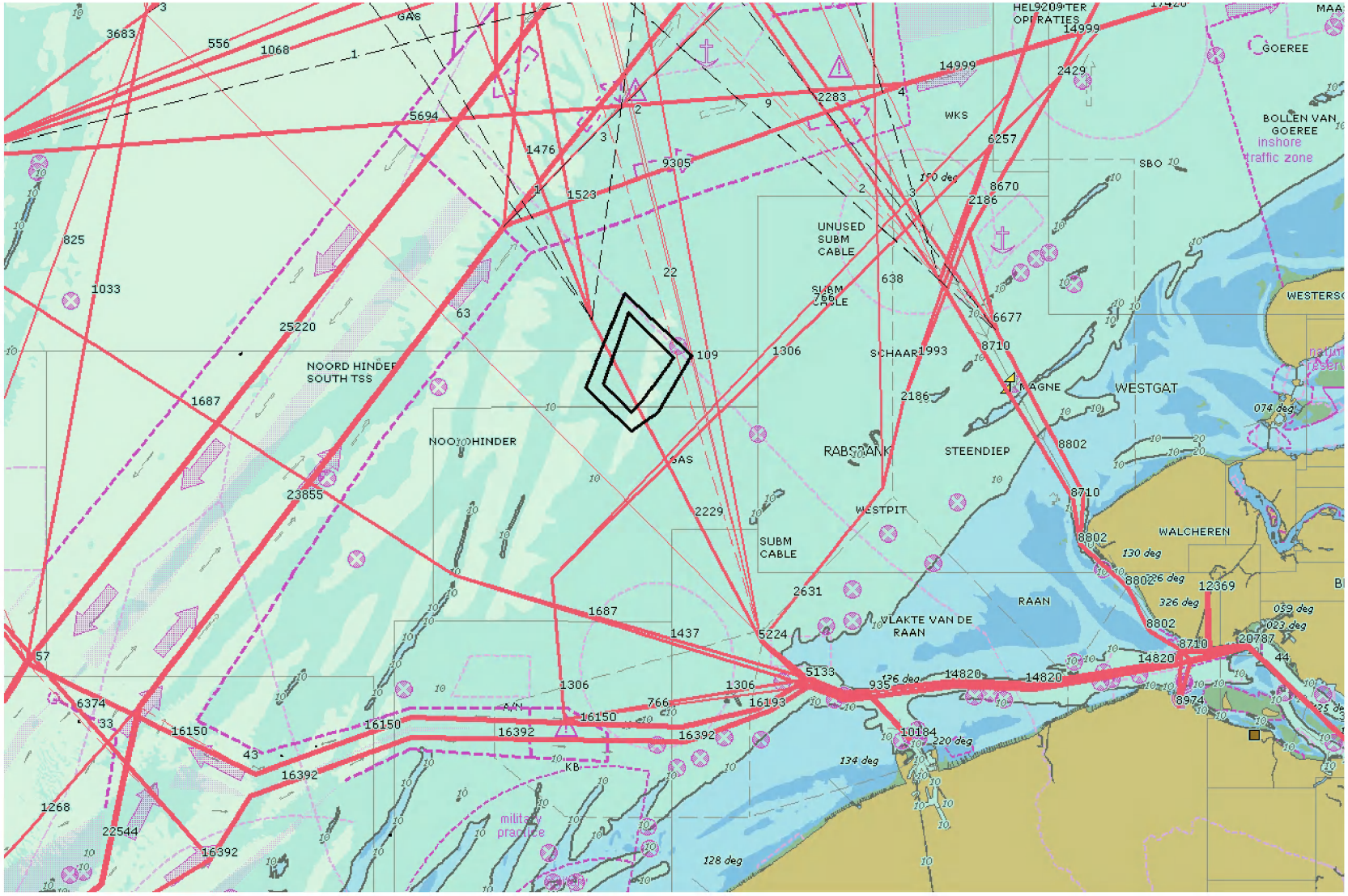
zwarte stip: als het schip vaart met een koers over de grond tussen de 0 en 180 graden (schip dat heen vaart)

bruine stip: als de koers van het schip meer dan 180 graden is (schip dat heen en terug vaart)

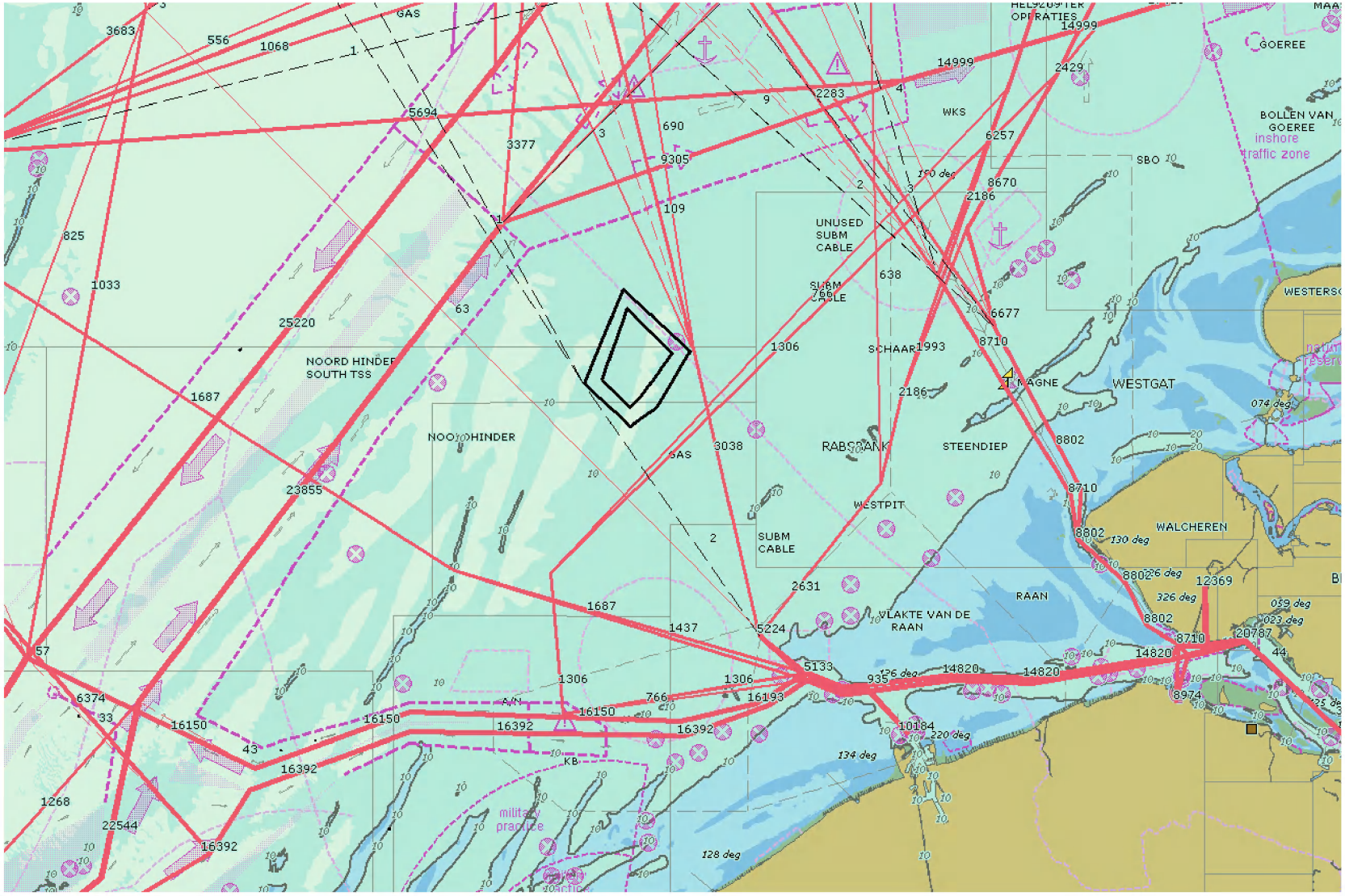
Figuur 4.9.1: AIS-gegevens (routegebonden verkeer) van 1 week in 2005 nabij de locatie van Bligh Bank



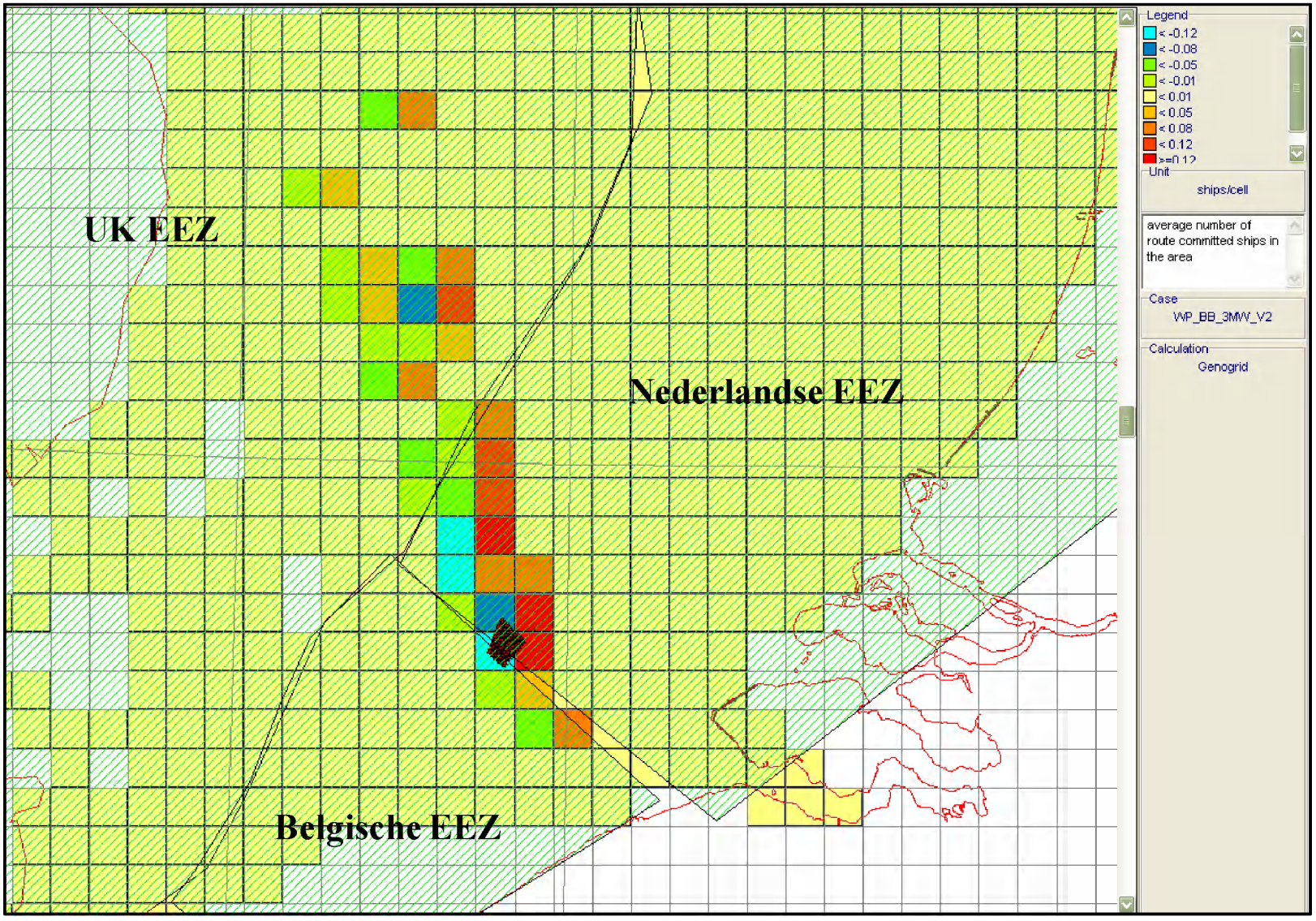
Figuur 4.9.2: Niet-routegebonden verkeer in 1999-2001 op de locatie van Bligh Bank (uit VONOVI)



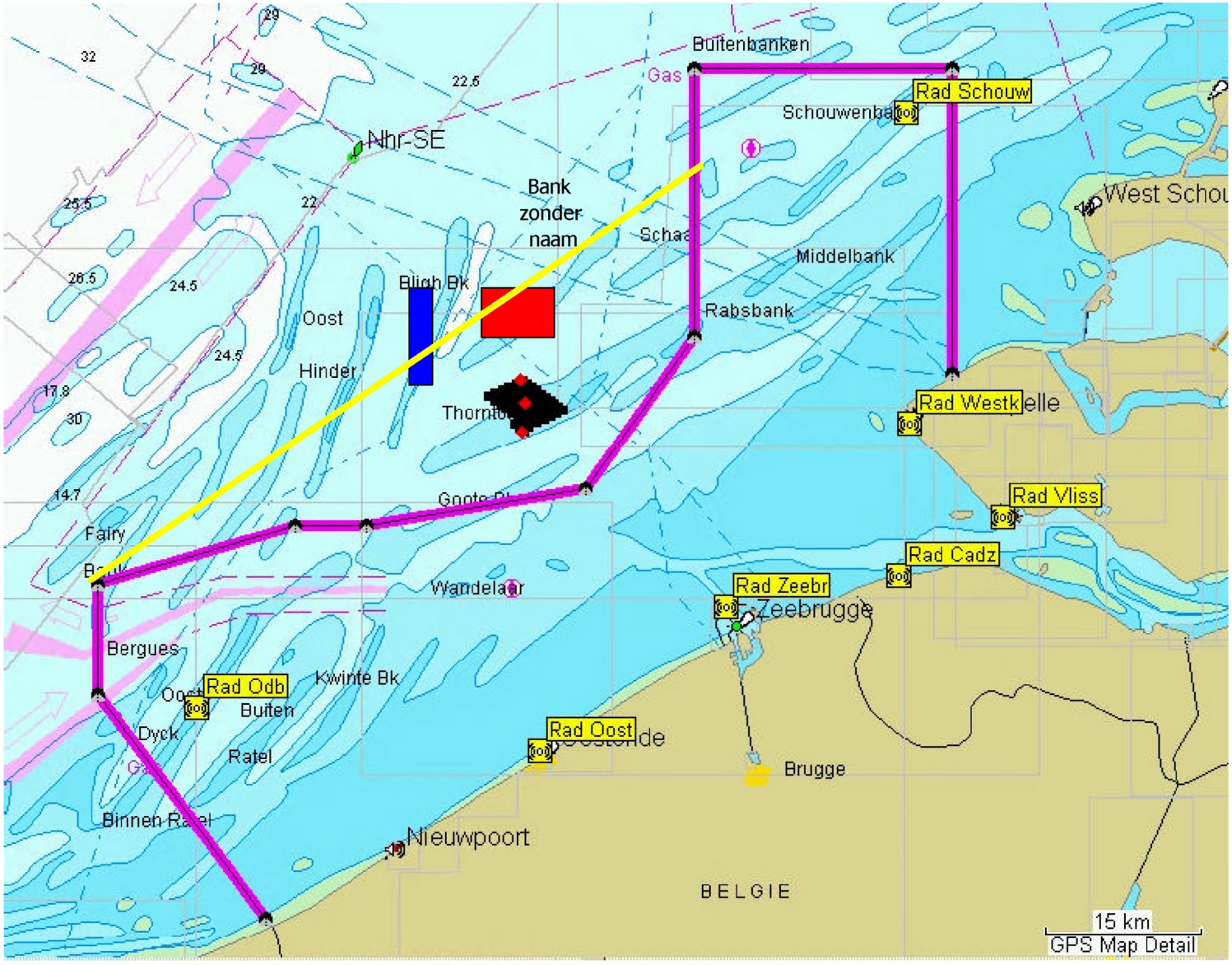
Figuur 4.9.3: Verkeersbeeld (rode lijnen: scheepvaartroutes) bij windparklocatie Bligh Bank in de huidige situatie



Figuur 4.9.4: Verkeersbeeld (rode lijnen: scheepvaartroutes) bij windparklocatie Bligh Bank in de mogelijke toekomstige situatie, vrijgemaakt van scheepvaartverkeer



Figuur 4.9.5: Absolute effect van het windpark Bligh Bank op het gemiddeld aantal aanwezige schepen op de verschillende EEZ's



Legende:

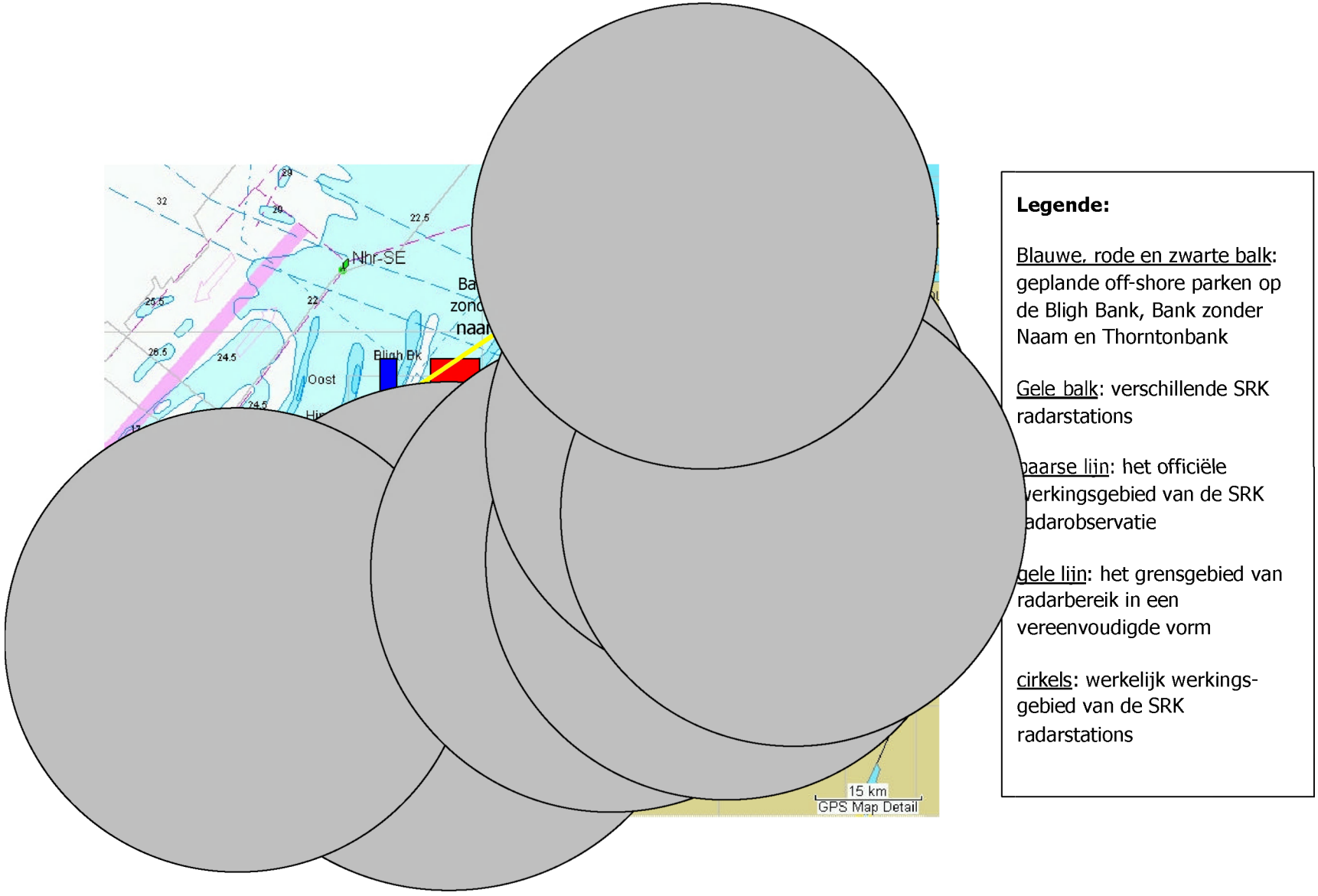
Blauwe, rode en zwarte balk: geplande off-shore parken op de Bligh Bank, Bank zonder Naam en Thorntonbank

Gele balk: verschillende SRK radarstations

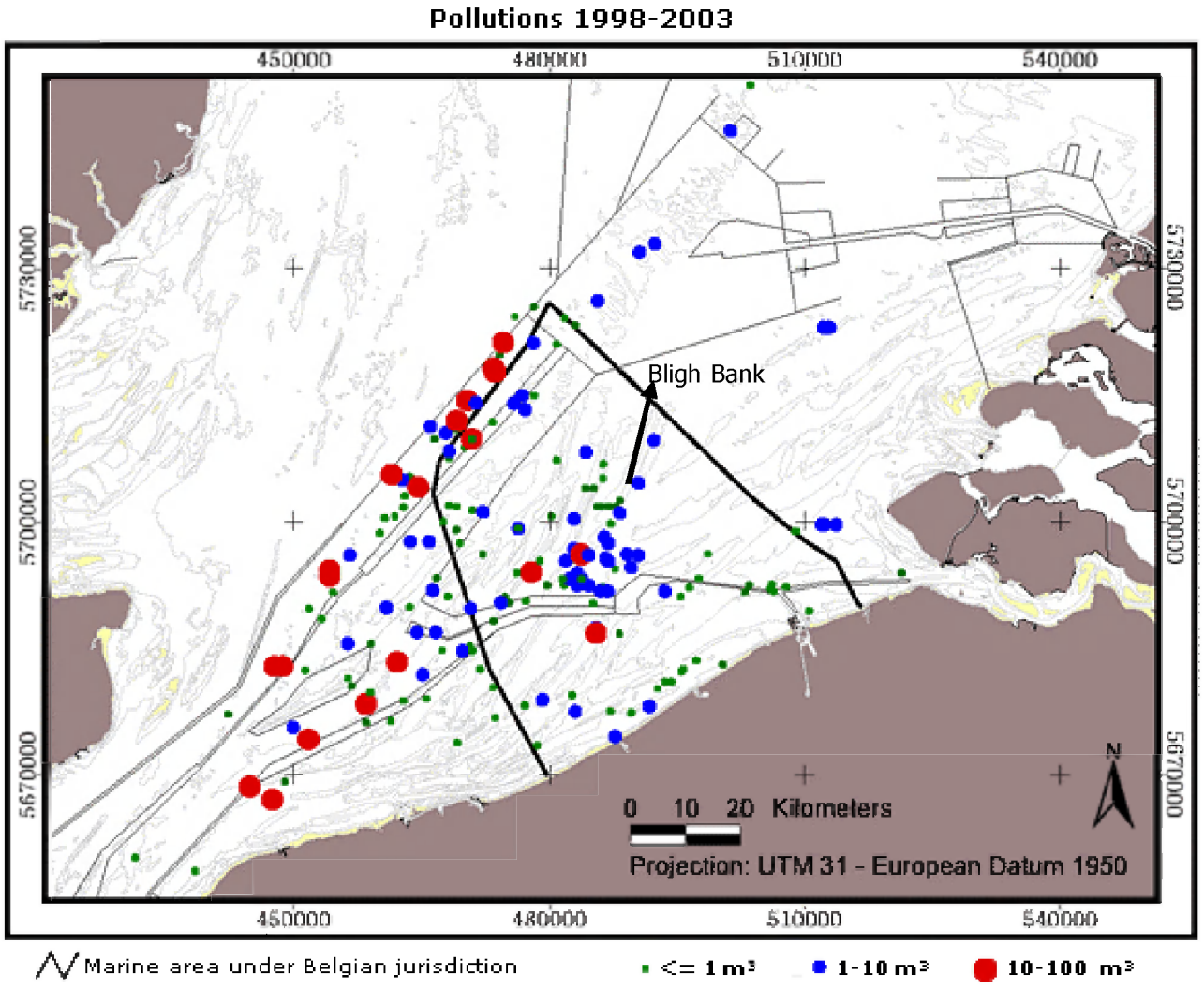
paarse lijn: het officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie

gele lijn: het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm

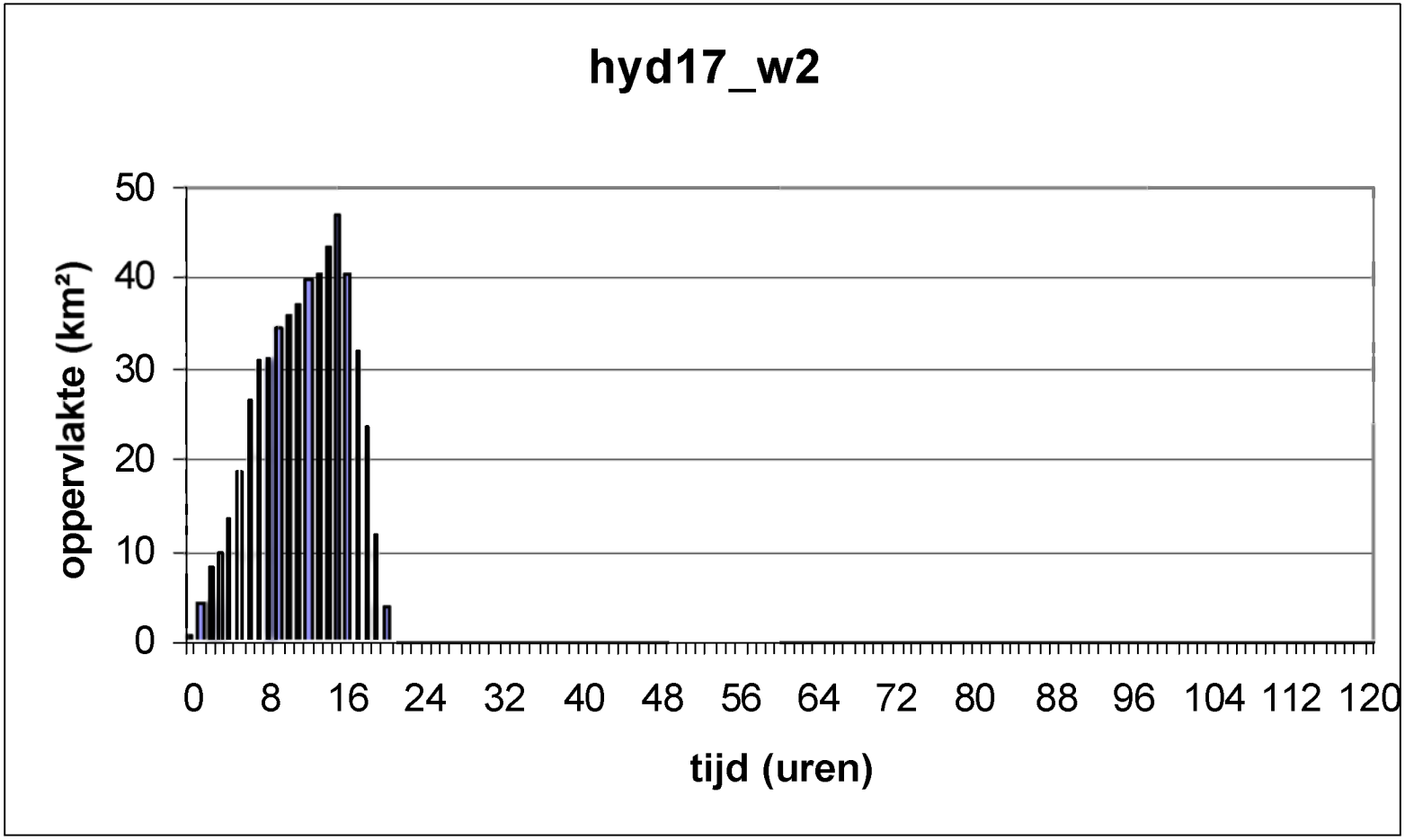
Figuur 4.9.6: Overzicht van de inplanting van de radars van de Schelderadarketen



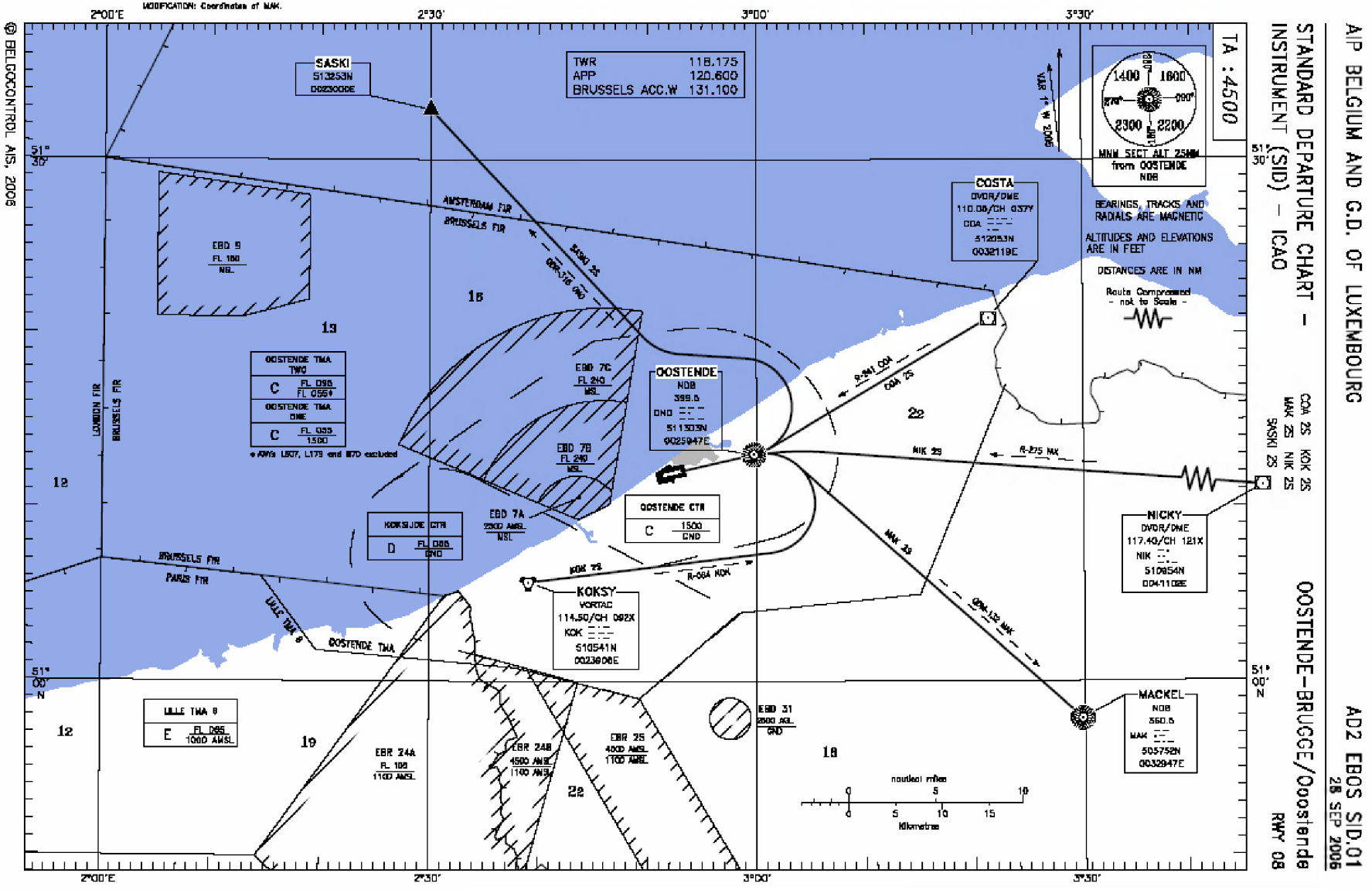
Figuur 4.9.7: Overzicht van het bereik van de radars van de Schelderadarketen



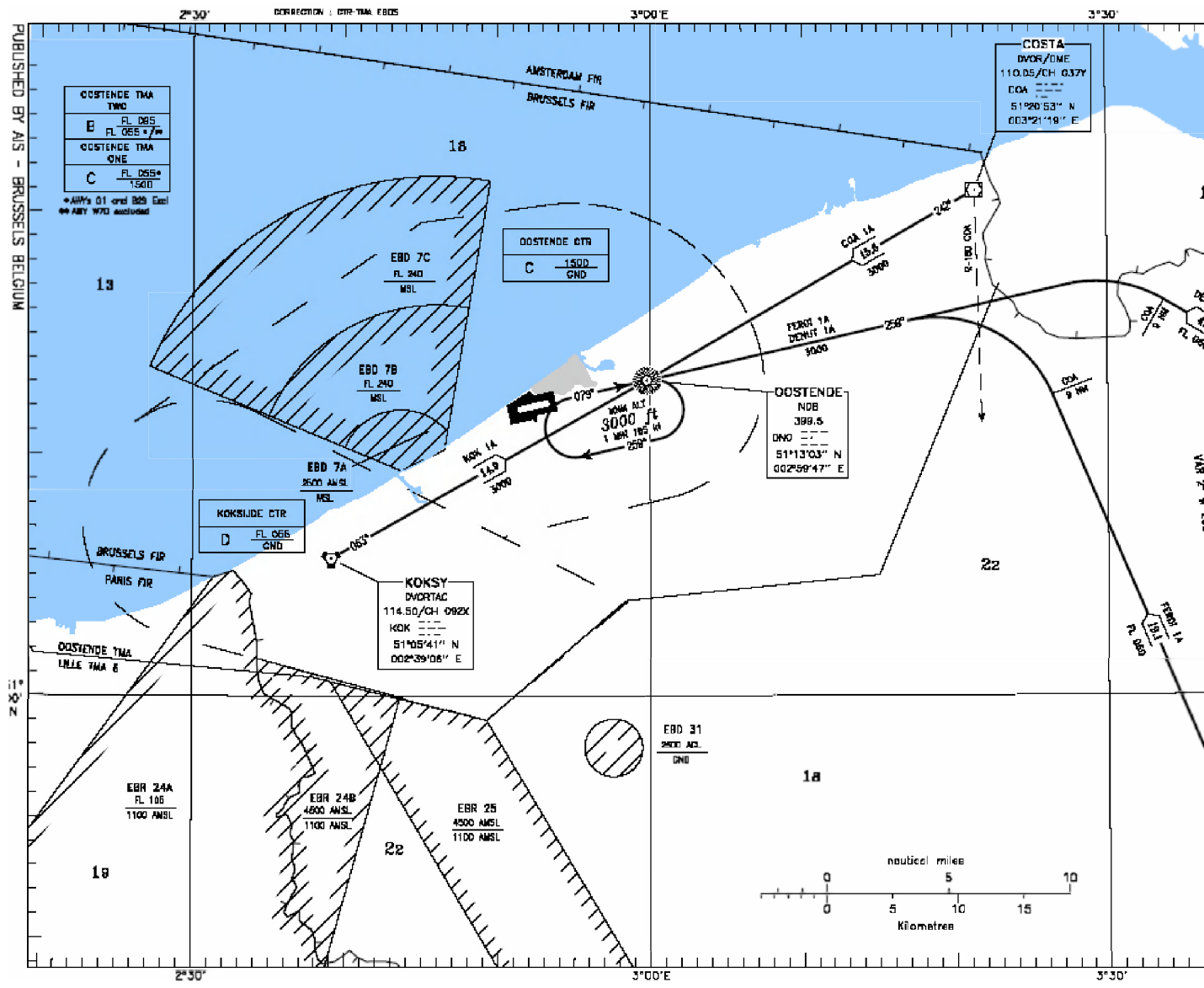
Figuur 4.9.8: Overzicht van geobserveerde olievlekken door het Belgische toezichtsvliegtuig in de Noordzee (1998-2003) (BMM, 2005)



Figuur 4.9.9: Oppervlakte van de olievlek in functie van de tijd voor de simulatie hyd17_w2 (wind aan 17 m/s vanuit NNO bij springtij met 3% frictiecoëfficiënt)

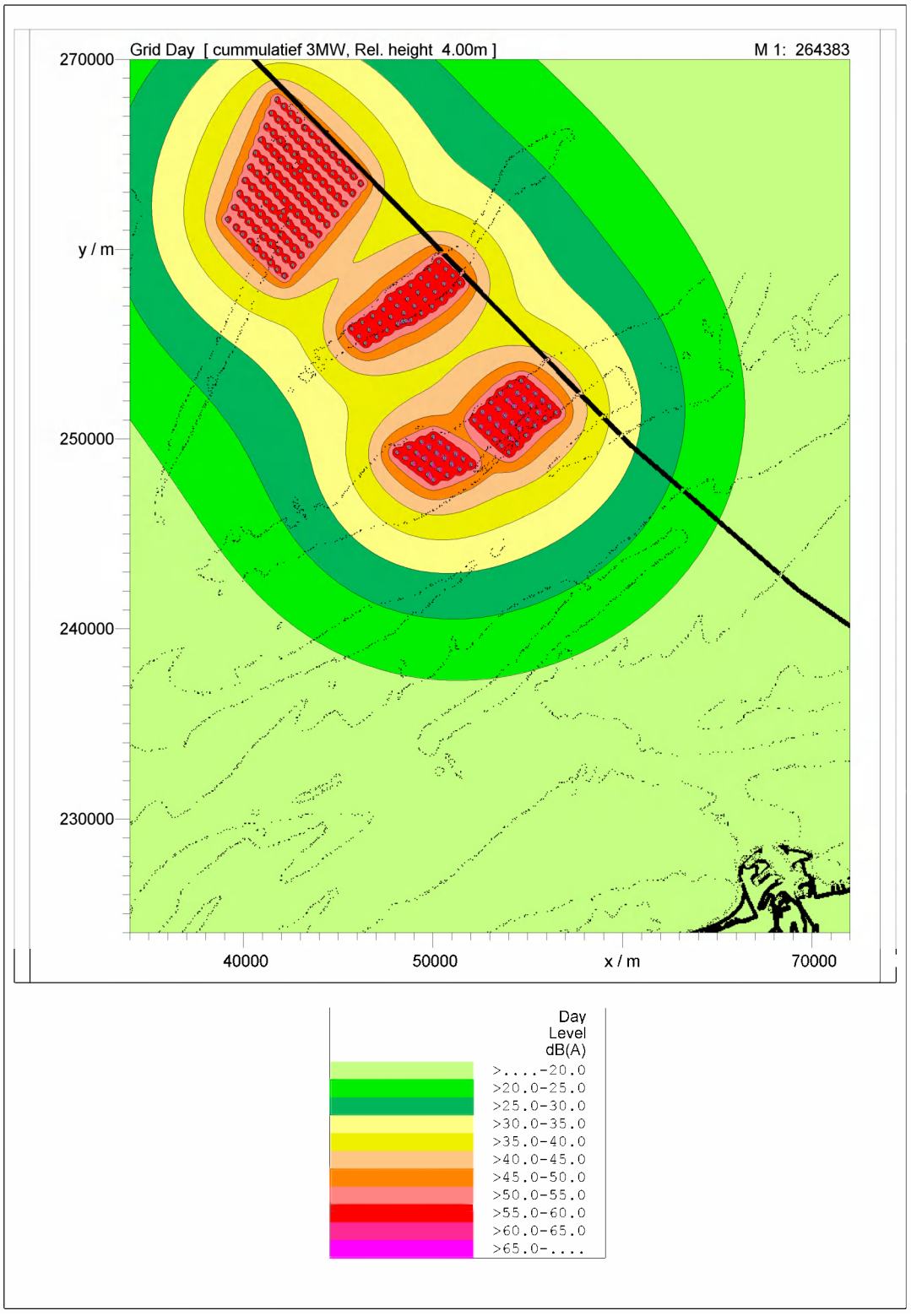


Figuur 4.9.10: Navigatiekaart met scheidingslijnen (Nederland, België) van het beheer voor de luchtvaart (vertrek)

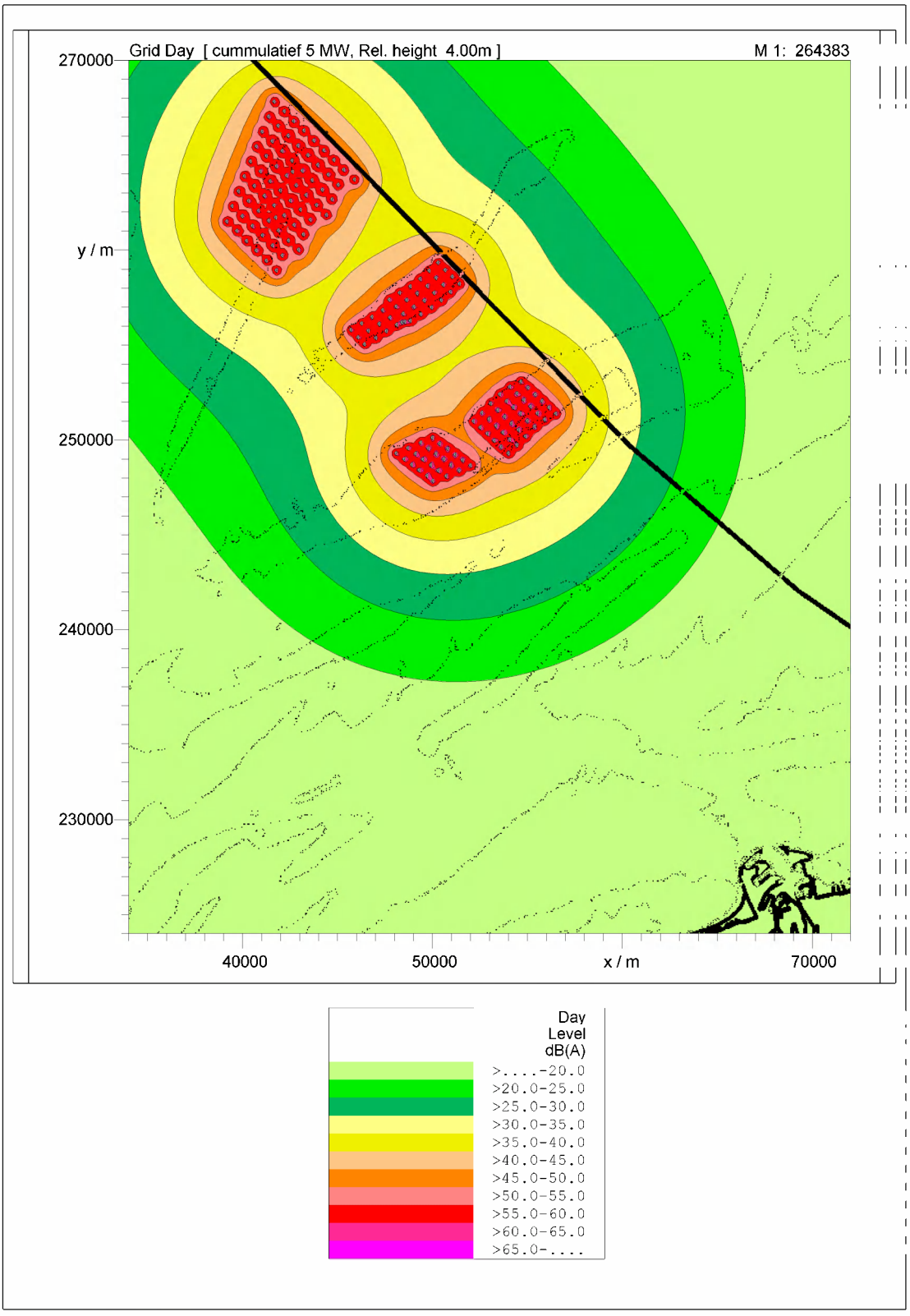


Figuur 4.9.11: Navigatiekaart met scheidingslijnen (Nederland, België) van het beheer voor de luchtvaart (aankomst)

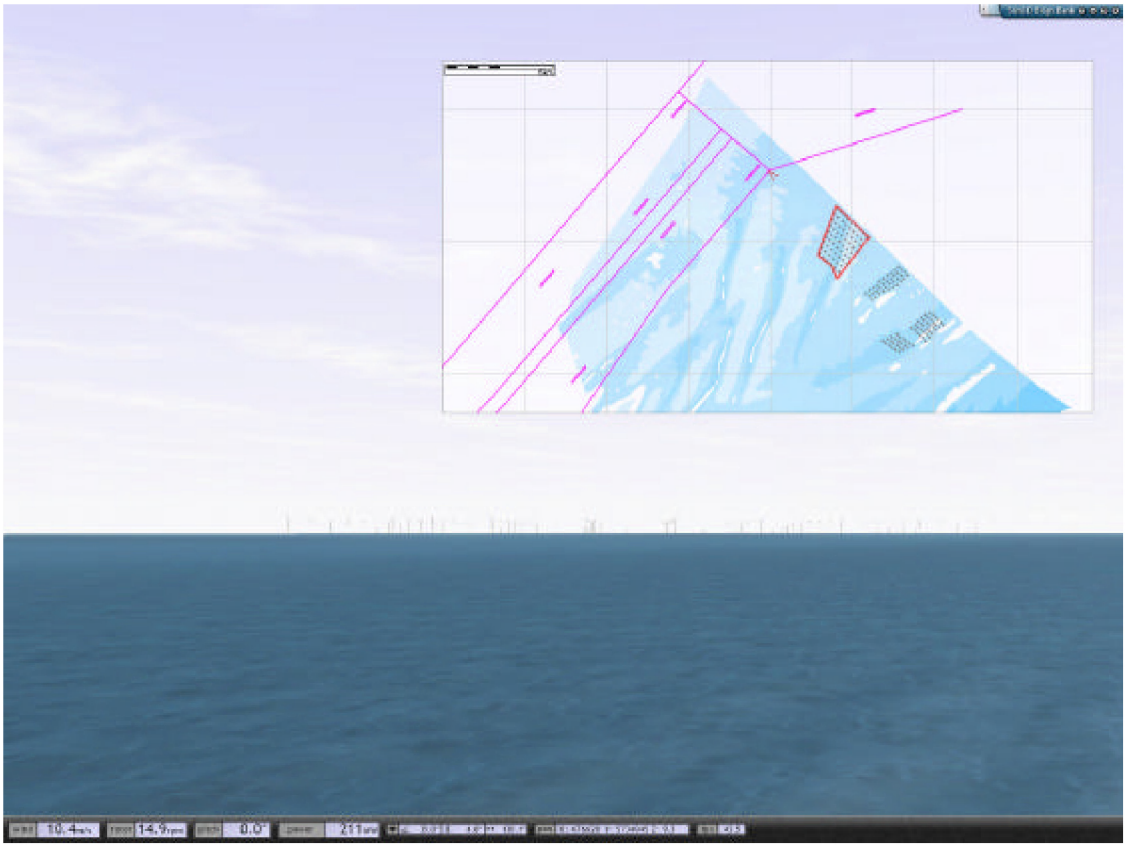
5. CUMULATIEVE EFFECTEN



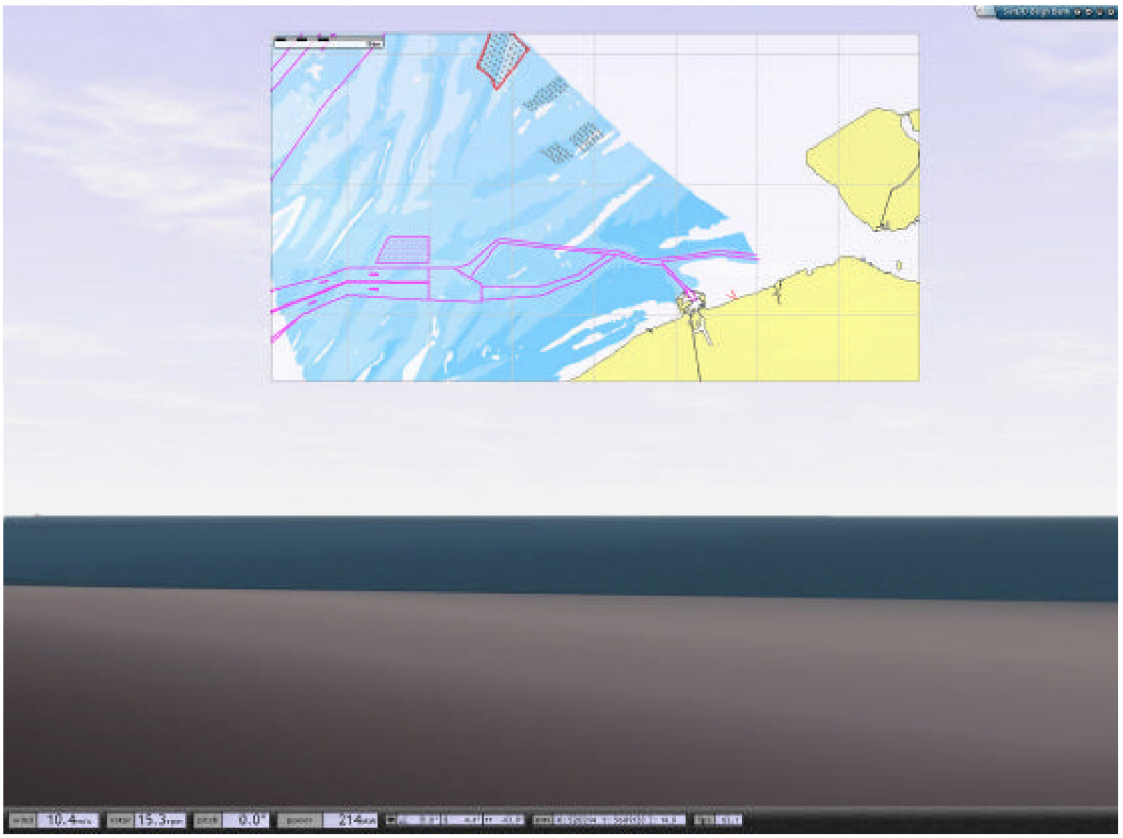
Figuur 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind (110 windturbines van 3 MW) boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.



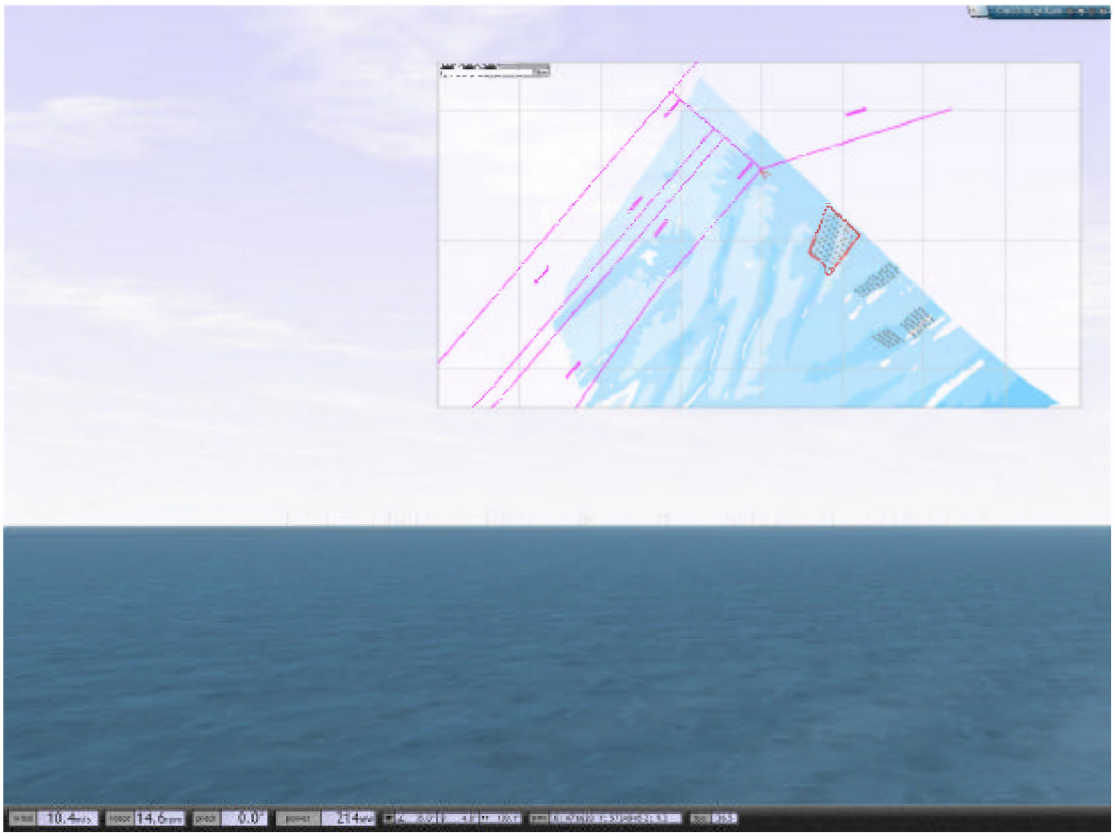
Figuur 5.3.2: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de 3 windturbineparken samen, met name Eldepasco, C-power en Belwind (66 windturbines van 5 MW) boven water berekend met het IMMI overdrachtsmodel.



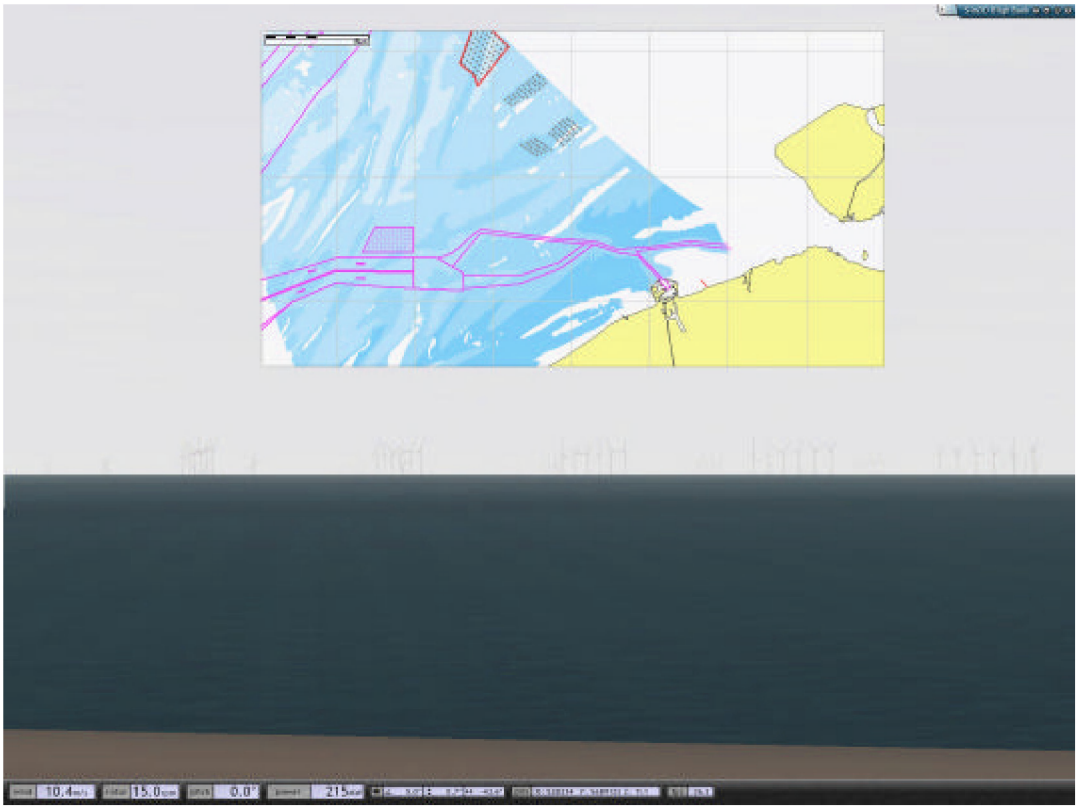
Figuur 5.3.3: Zicht vanaf de vaargeul richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km (beeldhoek 35°)



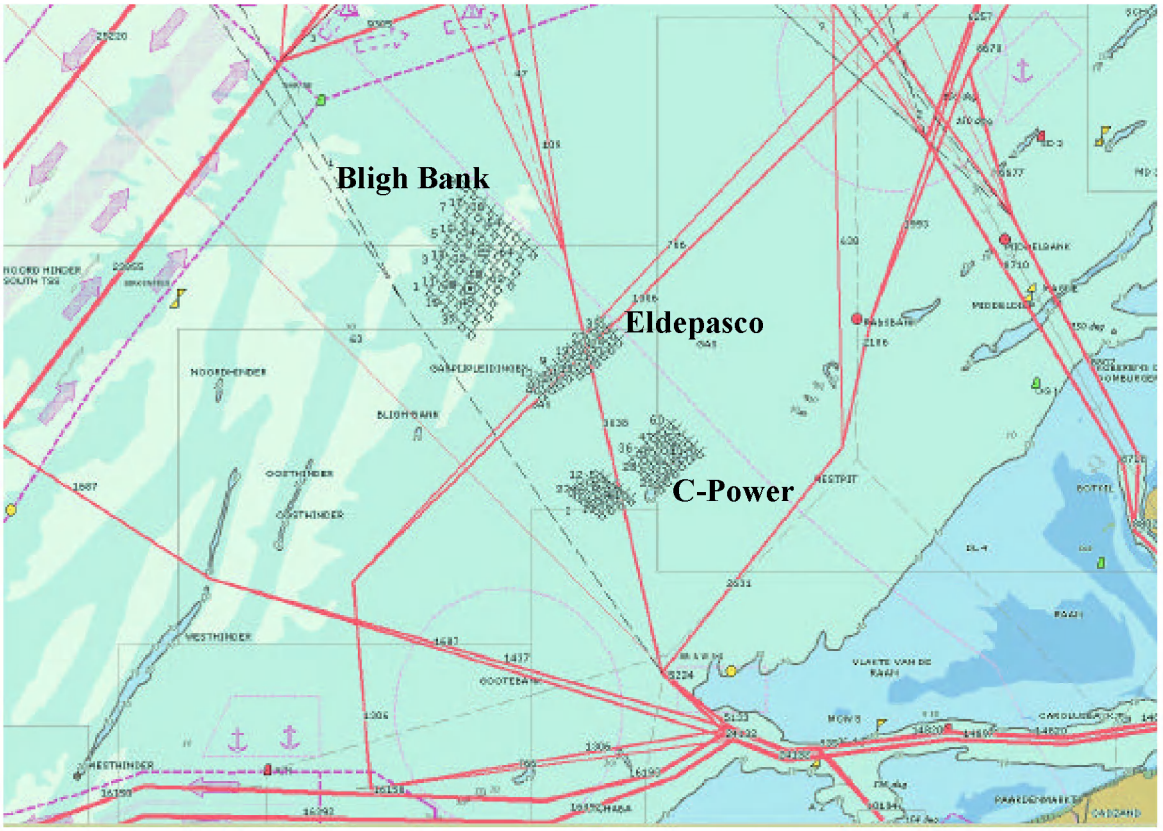
Figuur 5.3.4: Zicht vanaf Knokke richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 40 km (beeldhoek 35°)



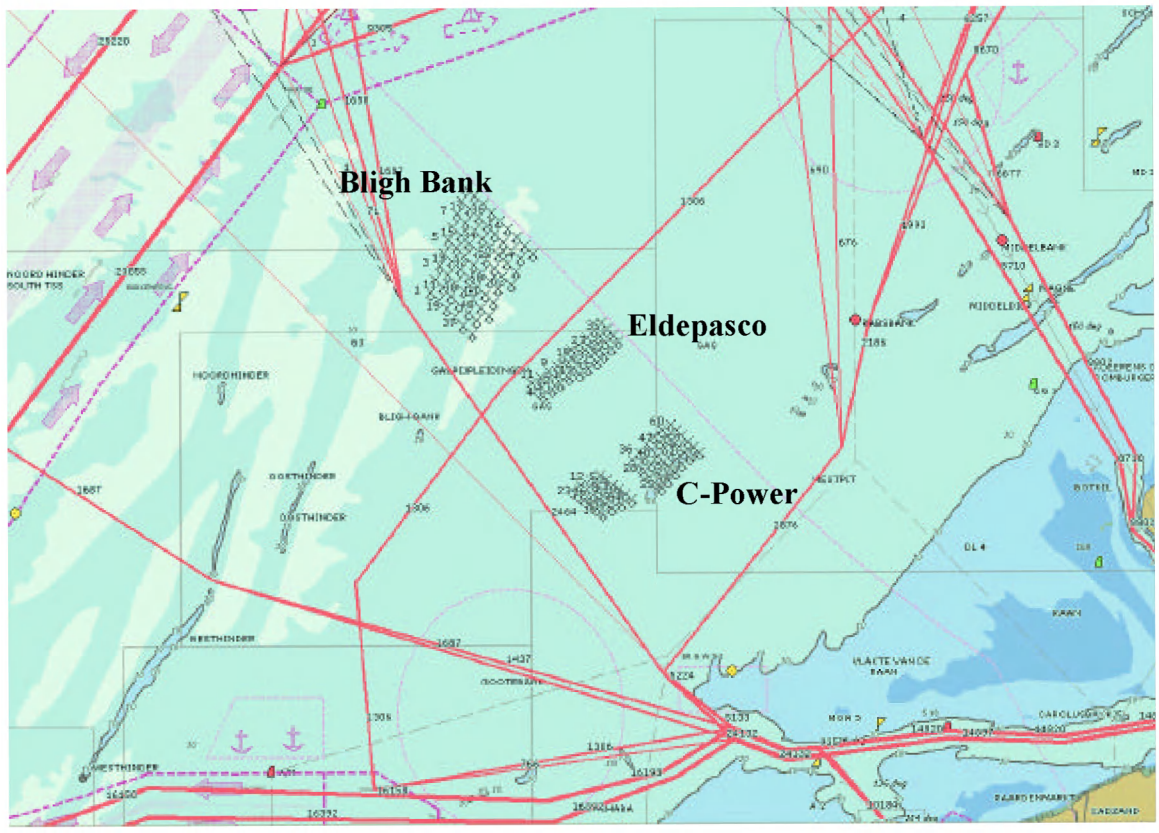
Figuur 5.3.5: Zicht vanaf de vaargeul richting windmolenparken met een zichtbaarheid van 20 km (beeldhoek 35°)



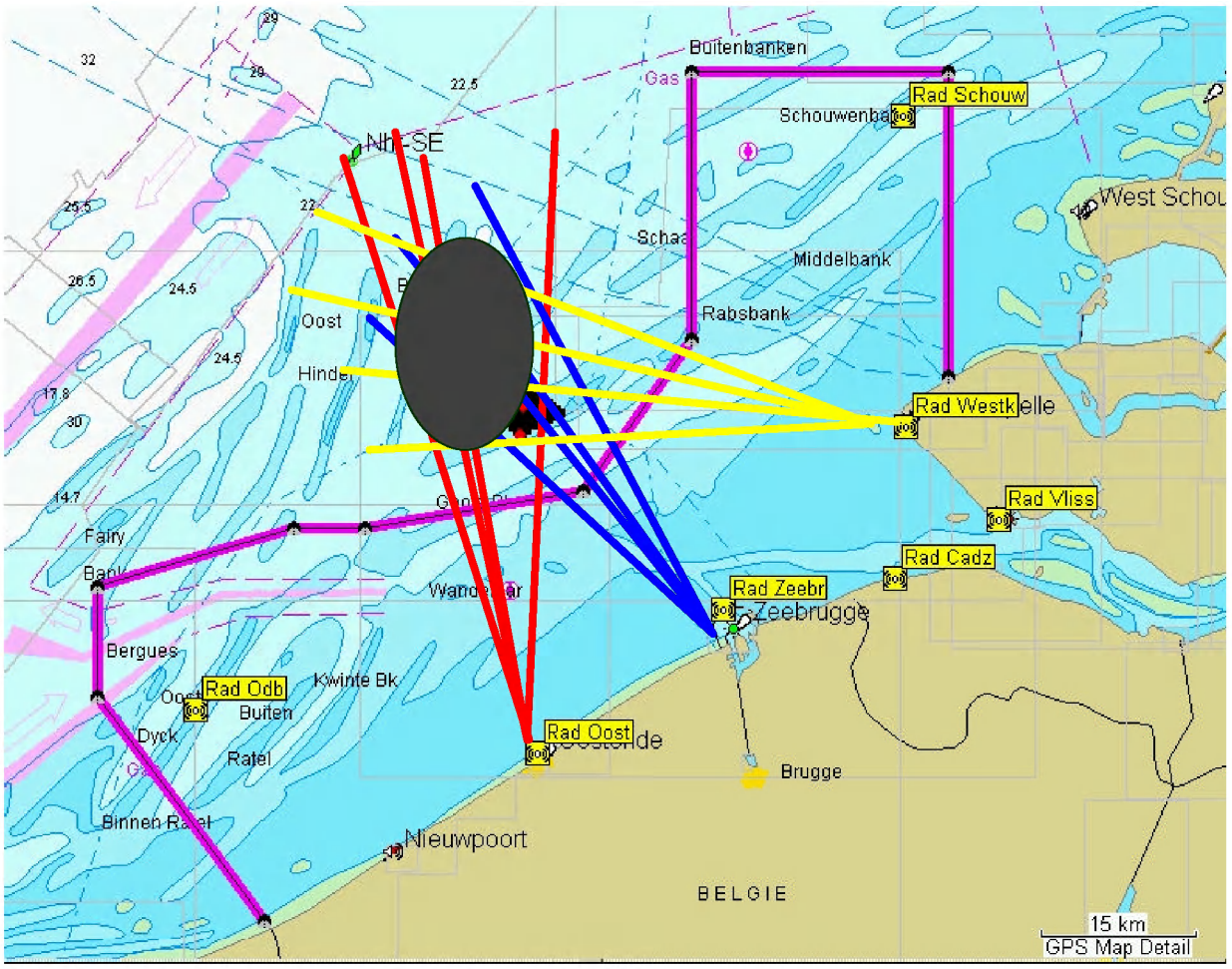
Figuur 5.3.6: Ingezoomd zicht vanaf Knokke met een beeldhoek van 5°



Figuur 5.3.7: Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alleen Bligh Bank is vrijgemaakt

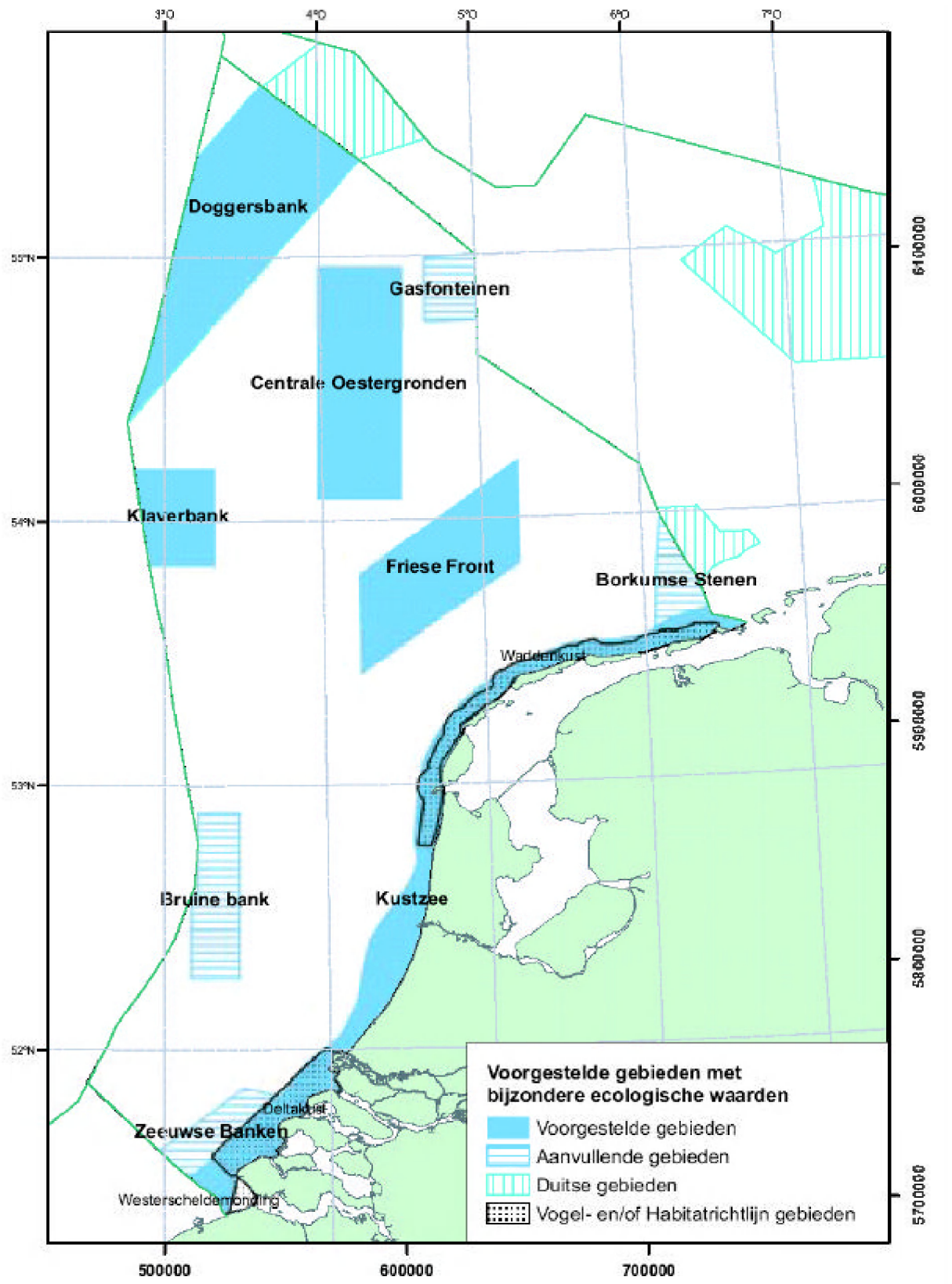


Figuur 5.3.8: Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alle parken zijn vrijgemaakt

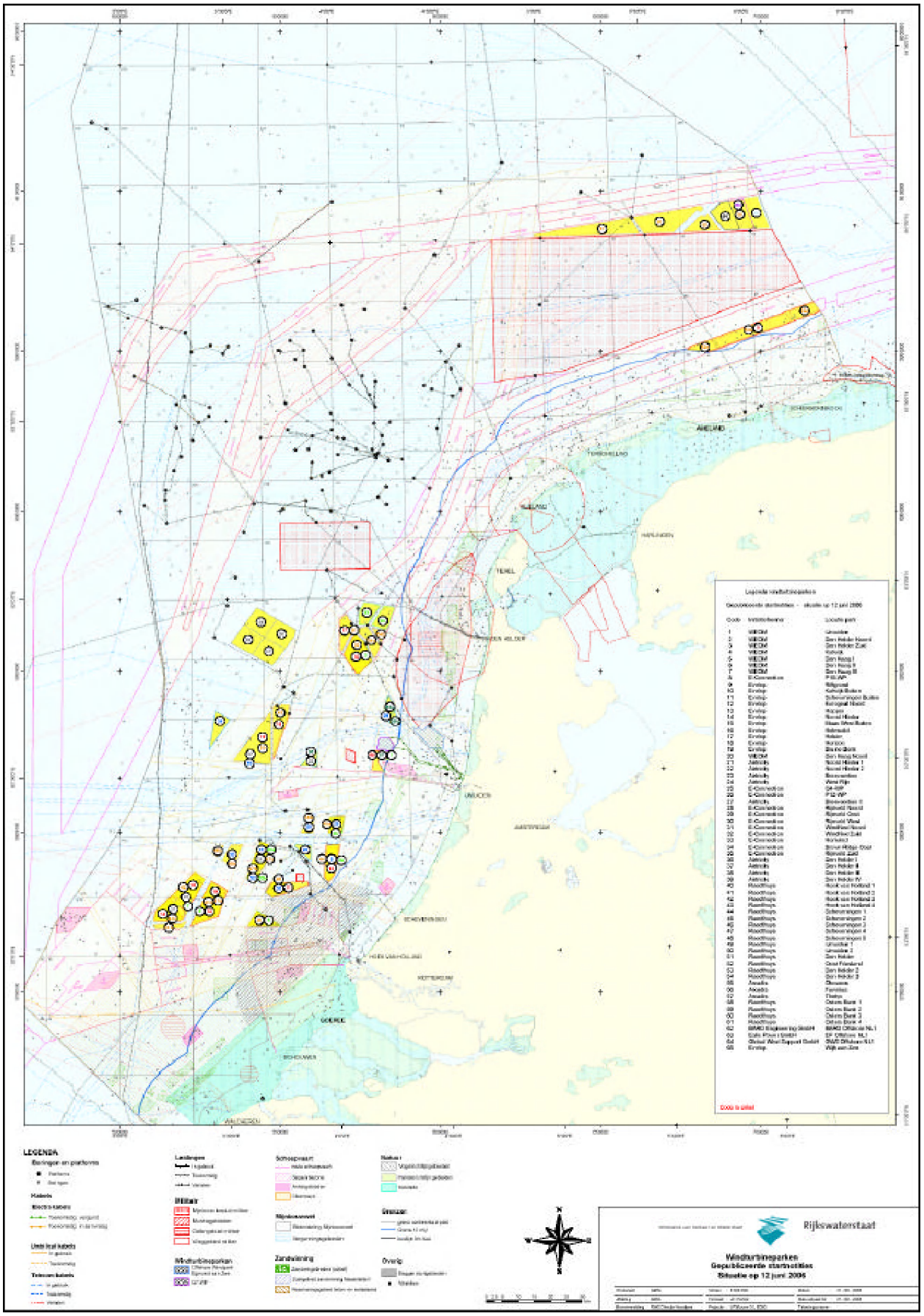


Figuur 5.3.9: Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones

6. GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN



Figuur 6.1.1: Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het NCP (Lindeboom et al., 2005)



Figuur 6.2.1: Gebruikers op het NCP (www.noordzeeloket.nl)

BIJLAGEN

Bijlage 1 : Technische eigenschappen en geluidsspectrum van een 3,6 MW windturbine

BIJLAGE 1:

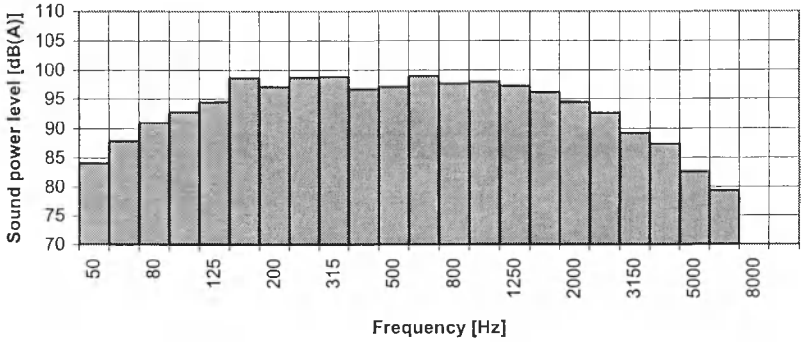
TECHNICAL DATA
Prototype
Enron Wind 3.6

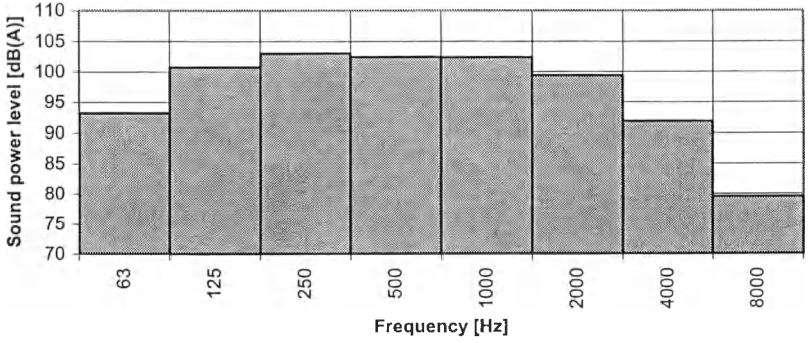
Main Data	Rotor diameter	100 m
	Rated Power	3600 kW
	Hub Height	100m
	Power control	Variable speed pitch control
Design limits	IEC Class	Ia
	Survival windspeed	70m/s
Power curve	Cut in wind speed	3.5 m/s
	Cut out wind speed	25 m/s (30 s average)
	Rated wind speed	12.5 m/s
	Cp_max	>0.41
Rotor	Number of blades	3
	Diameter	100
	Rotor speed range	8.5 - 15.3 rpm
	Rotational direction	clockwise looking downwind
	Maximum Tip speed	80,1m/s
	expected noise level	<109 dB(A)
Drive Train	Type	distributed design
	Gearbox	3 stage planetary/spur
	Output speed range	1000 - 1800 rpm
Generator	Type	4pole, form wound rotor, doubly fed, 3.3 kV AC, 50Hz
	Voltage	3.3 kV
Tower	Type	hybrid system consisting of 70m concrete pedestal and tubular steel part
Colour	blades, nacelle, tower	light grey, RAL 9018

Originator:	20.02.2001	Markus Becker	Markus Becker
	Date	Name	Signature
Approved by:	04.01.2001	Dr. A. Reuter	i.A. Reuter
	Date	Name	Signature

Working Point: 95% of the rated power

Frequency Hz	*Sound power level dB(A)*	*Frequency Hz*	*Sound power level dB(A)*
50	84,1		
63	87,9	63	93,3
80	91,0		
100	92,8		
125	94,5	125	100,7
160	98,6		
200	97,1		
250	98,7	250	103,0
315	98,8		
400	96,7		
500	97,1	500	102,4
630	98,9		
800	97,6		
1000	97,9	1000	102,4
1250	97,2		
1600	96,1		
2000	94,5	2000	99,4
2500	92,5		
3150	89,2		
4000	87,4	4000	91,9
5000	82,6		
6300	79,3		
8000	64,4	8000	79,5
10000	61,4		
Summe:	109,0	Summe:	109,0





© 2002 GE Wind Energy. All rights reserved.

Bijlage 2: Veiligheid: Studie m.b.t. de mogelijke invloed van een windmolenpark op de Bligh Bank op de SRK-radar en de marifone communicatie

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark op de Bligh Bank met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

In opdracht van Ecolas
project Belwind

Prof.dr.ir.J.Catrysse (10/04/2007)

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark op de Bligh Bank met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

1. Inleiding.

In deze studie wordt nagegaan wat de mogelijke invloed is van de inplanting van een windmolenpark op de Bligh Bank (project Belwind), met betrekking tot de normale werking van SRK-radar, de veiligheid op zee en de marifone communicatiesystemen. Deze installaties worden beheerd door de Vlaams-Nederlandse instantie "Schelde Radar Keten" of afgekort als SRK.

Hierbij wordt uitgegaan van de beschikbare informatie omtrent de SRK radarstations, en de stations voor radiocommunicatie. Echter wordt **ENKEL** rekening gehouden met de mogelijke inplanting van dit park op de Bligh Bank en niet met de lopende planning van andere windmolenparken op zee. De mogelijke invloed van de transformator-stations wordt in deze studie niet volledig in rekening gebracht, gezien de juiste inplanting binnenin het windturbinepark voorzien is, en dus de afstand tot de kust meer dan 40 km zal bedragen.

2. Situering en actuele gegevens.

Deze studie omvat de invloed van een inplanting van een windmolenpark op de Bligh Bank. Deze zandbank bevindt zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland en op zowat 38 km van de radarinstallatie van Zeebrugge, ongeveer 15 km ten noordwesten van de Thorntonbank en 6 km ten westen van de Bank zonder Naam. Uit de gegevens verstrekt door oa. SRK blijkt dat er geen belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt in de onmiddellijke omgeving van deze zandbank, alhoewel de zogenaamde West-rond route toch in de buurt ligt. De SRK-havenradar van Zeebrugge kan deze laatste trafiek opvolgen, alhoewel dit niet meer tot het "officiële" observatiedomein van SRK behoort. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt nog noordelijker dan de Bligh Bank, en kan helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK.

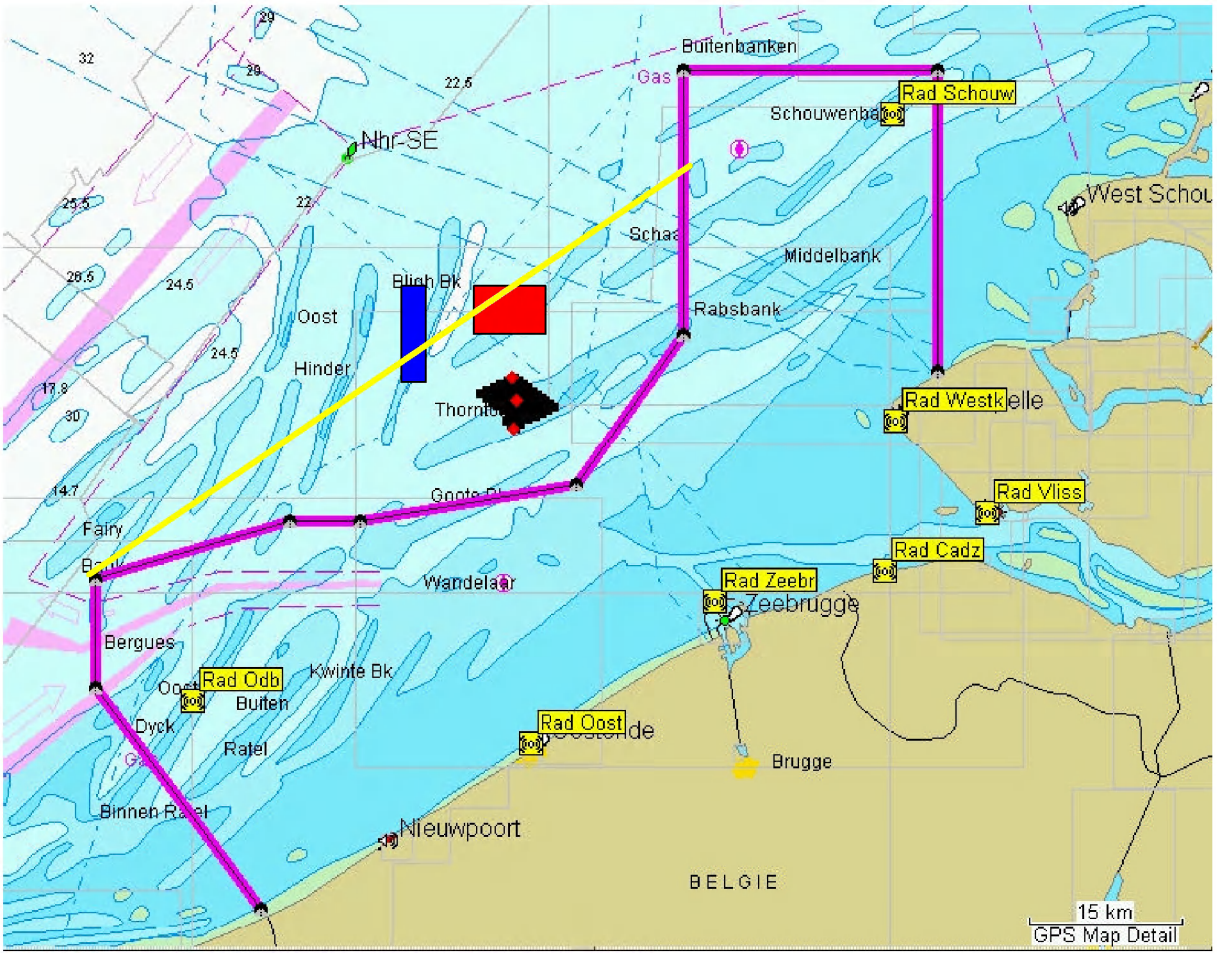
Om een en ander duidelijker voor te stellen in het geheel van de problematiek, wordt op de volgende kaart een overzicht gegeven van:

- officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie
- ligging van de verschillende SRK radarstations
- geplande off-shore parken op de Thorntonbank, Bank zonder Naam en Bligh Bank

Afstand in km tot midden van	**Thorntonbank**	**Bank zonder Naam**	**Bligh Bank**
Oostdijckbank	45,2 km	50,9 km	42,4 km
Oostende	33,9 km	42,5 km	39,6 km
Zeebrugge	25,4 km	33,9 km	38,2 km
Cadzand	39,6 km	43,8 km	50,9 km
Vlissingen	48,1 km	50,9 km	56,6 km
Westkapelle	36,7 km	39,6 km	53,7 km
Schouwenbank	50,9 km	42,5 km	53,7 km

Tabel 1. Afstand van SRK radarstations tot middelpunt off-shore WTparken

Bovenstaande tabel geeft de afstand van de verschillende radarstations van SRK tot het midden van de drie geplande off-shore windturbineparken.

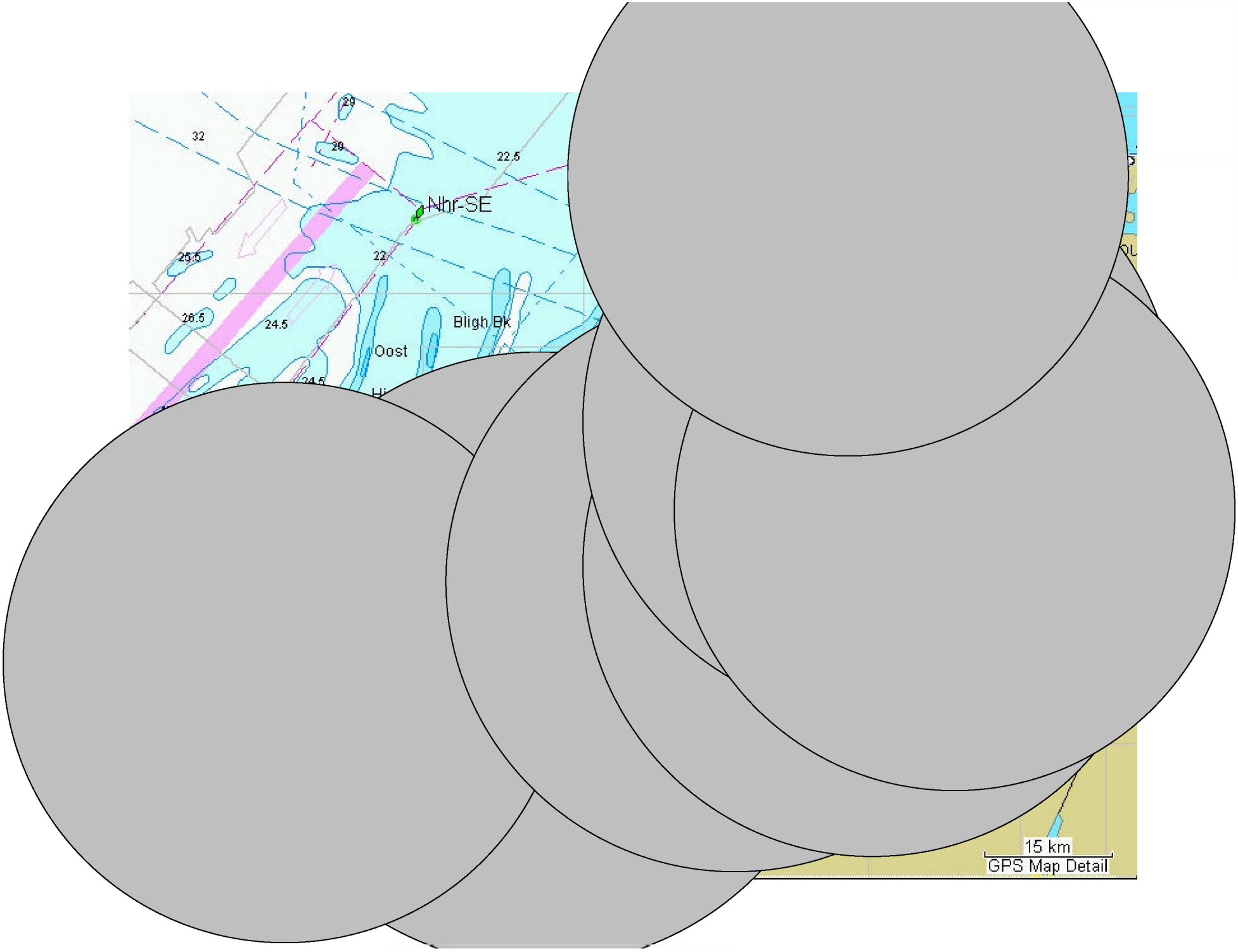


Figuur 1. Ligging van de SRK radarstations en off-shore WTparken

Op figuur 1 zijn de verschillende radarstations van de SRK keten aangegeven, evenals het normale en "officiële" werkingsgebied (paarse lijn). Het is evenwel duidelijk dat het bereik van de verschillende radarstations verder reikt dan het officieel afgebakende gebied.
Voor het gebied dat in deze studie van belang is, wordt het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven door de gele lijn. Door de inplanting van de verschillende radarstations, wordt dit gebied afgedekt door minimaal twee radar-observatieposten.
Het is dus duidelijk dat de mogelijke vaartroutes tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank in de huidige situatie zonder off-shore windturbineparken, op de radarschermen van Zeebrugge en Westkapelle (en gedeeltelijk Oostende) zichtbaar zijn voor wat grotere schepen betreft.

De radar en marifone installaties omvatten:
- SRK radarstations
- Scheepsradar
- VHF radiocommunicatie-stations
- RDF
- AIS

Bij deze studie wordt ervan uitgegaan dat enkel de effecten van de inplanting op de Bligh Bank, in het kader van het project Belwind, worden in aanmerking genomen.
Een afzonderlijke studie omtrent mogelijke cumulatieve effecten van verschillende inplantingen van off-shore windturbine parken wordt afzonderlijk uitgevoerd.


29
32
29
22.5
Nhr-SE
25.5
22
26.5
24.5
Bligh Bk
Oost
24.5
15 km
GPS Map Detail

2.1. Radar en radiocommunicatie.

Voor de gegevens qua inplanting, frekwenties en vermogens wordt verwezen naar tabel 2 voor de radarstations en tabellen 3, 4 en 5 voor de marifone installaties en systemen.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat het normale bereik van de SRK radar voor grote schepen zowat 30 à 35 km bedraagt (en maximaal tot 42 km kan oplopen). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge en Oostende. Alhoewel de Bligh Bank niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van VTS-SM en VTS-VK valt (zie appendix 3), wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door de radarstations van Oostende en Westkapelle.

Voor de andere marifone systemen, dient telkens een analyse van het toepassingsgebied gemaakt te worden. Toch kan op voorhand gesteld worden dat het effectieve bereik van deze installaties op zowat 40 km dient geschat te worden, gegeven de hoogte van de antenne-masten en de kromming van de aarde.

2.1.1. Gegevens van de SRK radarstations

Locatie	Positie UTM (ED50)			Hoogte (m)		Zend-/Ontvang frequentie (MHz)	PRF (Hz) ± 10%	Pulsduur (ns)	Min piekvermogen (kW)	Gevoeligheid ontvanger (dBm)	Tangentiële bundelbreedte		Vertikale bundelbreedte		Gain (dB)	Polarisatie
	Zone	Northing	Easting		ref.						-3 dB	-20 dB	-3 dB	-10 dB		
Nederland																
Westkapelle	31	5708234	530687	44,1	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
Vlissingen	31	5699173	539900	46,0	NAP	8.935	2.300	50	40	-98	0,400°	1,100°	15°	33°	34	vertikaal
Cadzand	31	5693366	529762	30,5	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
België																
Oostende	31	5676454	494817	39,8	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
Zeebrugge	31	5690346	513062	39,2	NAP	9.065	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal

Tabel 2. Gegevens van de SRK radarstations

In bovenstaande tabel zijn de gegevens van de twee off-shore radarstations niet opgenomen, wegens niet relevant voor deze studie, aangezien de afstand tussen radarstation en het WTpark van die aard is, dat ze buiten het actieve observatiegebied van de betreffende radarstations vallen.

Bij de uitbating van de SRK radarketen, dient ervan uitgegaan te worden dat het werkbare gebied telkens door 2 radarposten dient afgedekt te worden, dit in verband met de hoge graad van zekerheid van waarneming, die vereist wordt voor een veilig scheepvaartverkeer.

Zoals hoger reeds aangegeven, biedt de combinatie van het beschikbaar piekvermogen, en de gevoeligheid van de ontvanger, een theoretische reikwijdte van ongeveer 42 km. Hierbij dient echter rekening gehouden te worden met de hoogte van de antennemast, de kromming van de aarde en de grootte van de schepen.
Dit resulteert in een realistisch bereik voor grote containerschepen van maximaal 40 km, en voor de normale scheepvaart een bereik tussen 30 en 35-38 km.
De speling in afstand is functie van de "radardoorsnede" van de schepen. Meestal is er een speciale reflecterende voorziening aan boord, maar dan nog speelt de hoogte van ophanging een rol in verband met de zichtbaarheid achter de horizon, wegens de kromming van de aarde.

2.1.2. Gegevens van de RDF Direction Finders

Locatie	Positie UTM (ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (MHz)	Gevoeligheid ontvanger (µV/m)	Type antenne	diameter (m)	Hoogte (m)
	Zone	Northing	Easting						
Radarcentrale Zeebrugge	31	5690178	512902	14	156.700	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	43,5
				16	156.800				
				64	156.225				
				65	156.275				
				69	156.475				
Nieuwpoort	31	5667058	480651	16	156.800	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	33
				65	156.275				
				69	156.475				
Haamstede	31	5729312	547424	14	156.700	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	50
				16	156.800				
				64	156.225				

Tabel 3. Gegevens van de RDF Direction Finders

Haamstede maakt deel uit van de gemeente Schouwen-Duivenland, waarvan ook West Schouwen deel uit maakt (zie kaart van figuur 1).

Verder dient vermeld te worden dat oa. in Zeebrugge de RDF installatie (op basis van een interferometer) vernieuwd zal worden, en waarbij het huidige type van richtingsgevoelige antennes, vervangen wordt door een Watson-Watt systeem.

De introductie van een Watson-Watt systeem heeft te maken met de beschikbaarheid van dergelijke radio-peilsystemen op de markt, waarbij gebruik gemaakt wordt van andere berekeningsalgoritmes bij de verwerking van de ontvangen signalen.
De nauwkeurigheid van de richtingsbepaling blijft hierbij behouden op 1°.

2.1.3. Gegevens van het DGPS systeem

Locatie	Positie UTM(ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (kHz)	Range		Zend-vermogen (W)	Richting	meet-onzekerheid (σ_2)
	Zone	Northing	Easting			km	n.m.			
Oostende	31	5676572	495283	57	312,0	220	119	80	omnidirectioneel	0,142m op de baken positie

Tabel 4. Gegevens van het DGPS systeem

2.1.4. Gegevens van de marifone radiocommunicatie kanalen

Locatie	Positie UTM (ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (MHz)	TX/ RX	Zender-vermogen (W)	Antenne-vermogen (ERP W)	Gevoeligheid ontvanger (µV)	Richting hoofdas antenne	Gain (dB)	Type antenne	Hoogte (m)
	Zone	Northing	Easting										
België													
Vuurtoren Oostende	31	5676318	495240	16	156,800	TX	27,5	16,0		344°	3	K53192	60
				29L	157,450	TX	21,5	12,0		40°	3	K53192	60
				44	160,800	TX	29,5	28,0		320°	4	K53182	62
				65	160,875	TX	32,0	25,0		320°	3	K53192	60
				67L	156,375	TX	22,0	12,5		344°	3	K53192	30
Radartoren Oostende	31	5676454	494817	16	156,800	RX			0,40	344°	3	K53192	35
				29L	157,450	RX			0,70	344°	3	K53192	35
				44	156,200	RX			1,26	344°	3	K53192	35
				65	156,275	RX			1,28	344°	3	K53192	35
				67L	156,375	RX			0,68	344°	3	K53192	35
Radartoren Zeebruggehaven	31	5688601	514053	4	160,800	TX	30,5	21,0		280°	3	K53192	50
				6	156,300	TX	14,5	2,1		338°	3	K53192	20
				8	156,400	TX	1,0	1,0		338°	3	K53192	20
				9	156,450	TX	11,5	1,75		338°	3	K53192	20
				19	161,550	TX	2,6	1,9		35°	3	K53192	45
				68	156,425	TX	0,3	-		140°	3	K53192	20
				69	156,475	TX	18,0	10,0		333°	3	K53192	25
				71	156,575	TX	1,0	0,1		338°	3	K53192	20
				93H	162,275	TX	34,0	25,0		320°	3	K53192	30
				93H	162,275	RX			0,70	320°	3	K53192	30
Radarcentrale Zeebrugge	31	5690178	512902	4	156,200	RX			1,29	280°	3	K53192	31
				6	156,300	RX			0,71	345°	3	K53192	15
				8	156,400	RX			0,71	345°	3	K53192	15
				9	156,450	RX			0,72	345°	3	K53192	15
				14	156,700	RX			0,70	45°	4	K53182	31
				19	156,950	RX			0,70	45°	4	K53182	31
				68	156,425	RX			0,71	140°	4	K53182	31
				69	156,475	RX			0,87	345°	3	K53192	15
				71	156,575	RX			0,72	345°	3	K53192	15
Nederland													
Vuurtoren Westkapelle	31	5708978	531112	9	156,450	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				29L	157,450	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				64	160,825	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				67	156,375	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				93H	162,275	TX	-	20,0		330°		K52322	40
Radartoren Westkapelle	31	5708234	530687	9	156,450	RX			0,30	330°	8	-	45
				29L	157,450	RX			0,30	330°	8	-	45
				64	156,225	RX			0,30	330°	8	-	45
				67	156,375	RX			0,30	330°	8	-	45
				93H	162,275	RX			0,30	330°	8	-	45
Bachtenreede Vlissingen	31	5699689	539595	14	156,700	TX/RX	-	3,0	0,30	210°	3,3	K52322	45
				67	156,375	TX/RX	-	3,0	0,30	210°	3,3	K52322	45
Radartoren Vlissingen	31	5699173	539900	21	161,650	TX	-	3,0		200°		K53192	40
				29L	157,450	TX	-	8,0		300°		K53182	40
				40L	158,000	TX	-	1,6		200°		K53192	40
				70H	160,125	TX	-	1,0		120°		K52322	40
				70H	161,125	TX	-	1,6		200°		K53192	40
				79	161,575	TX	-	12,0		300°		K53182	40
				93H	162,275	TX	-	1,6		200°		K53192	40
Radarcentrale Vlissingen	31	5699303	540690	3H	160,750	RX			0,30	120°	8	-	35
				6	156,300	RX			0,30	200°	4	-	38
				8	156,400	RX			0,30	200°	4	-	38
				9	156,450	RX			0,30	120°	8	-	35
				21	156,050	RX			0,30	200°	4	-	38
				22H	161,700	RX			0,30	120°	8	-	35
				29L	157,450	RX			0,30	300°	3	-	39
				40L	158,000	RX			0,30	200°	4	-	38
				70H	161,125	RX			0,30	120°	8	-	35
				70H	161,125	RX			0,30	200°	4	-	38
				79	156,975	RX			0,30	300°	3	-	39
				93H	162,275	RX			0,30	200°	4	-	38

Tabel 5. Gegevens van de marifone radiocommunicatie kanalen

Het is hierbij duidelijk dat er twee frekwentiegroepen zijn, die in deze studie dienen in aanmerking genomen te worden voor de vaste installaties: rond 9 GHz voor de radarfrekwenties en tussen 150 en 165 MHz voor de radiocommunicatie kanalen. Ook het AIS systeem gebruikt ditzelfde frekwentiegebied (voorzien is 162 MHz).

2.2. Windturbines.

Op het ogenblik van deze studie is het juiste type van windturbine nog niet bekend. Toch kan ervan uitgegaan worden dat deze ongeveer de volgende kenmerken zal hebben:

- masthoogte:	90 m (5 MW)	70 m (3 MW)
- mastdiameter voet:	6,4 m (5 MW)	5 m (3 MW)
- mastdiameter top:	6,4 m (5 MW)	5 m (3 MW)
- rotordiameter:	126 m (5 MW)	90 m (3 MW)
- gondel:	15 x 6 x 5 m (vermoedelijke afmetingen)	
- wieken:	kunststofmateriaal, met interne bliksemafleider	

Uit voorgaande studies voor SRK blijkt dat voor dergelijke grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Dit komt ondermeer door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaart-omgeving steeds een radiopad beslaan tegen het aardoppervlak. Maar ook dat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere "effectieve radar/radio doorsnede" uitmaken dan de mast zelf. Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen, blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt.
Een samenvattende studie hieromtrent wordt in appendix 1 van dit rapport toegevoegd.

Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windturbinepark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel, voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald (zie verder).

2.3. Effecten van grote reflecterende voorwerpen op radiogolven.

Grotere reflecterende voorwerpen kunnen de volgende effecten veroorzaken:

- dode zones en verzwakking van het signaal achter het voorwerp. Dit vermindert het normaal bereik van de installatie
- meervoudige reflecties, waardoor mogelijke meervoudige (foutieve) echo's ontstaan
- verzadiging van de ontvanger bij sterke reflecties op voorwerpen dichtbij het systeem
- valse echo's door multi-reflecties op andere voorwerpen (door verstrooiing)
- verlenging van de delay-spread van RF-datacommunicatie (met foutieve ontvangst data)

Deze effecten dienen uiteraard gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radio/radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging van de Bligh Bank ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar.

In de volgende paragrafen worden de effecten op de diverse systemen meer in detail besproken. Hierbij wordt meteen rekening gehouden met de ligging van de Bligh Bank, namelijk op een afstand van ongeveer 38 km tegenover Zeebrugge.

3. Effecten op diverse systemen.

3.1. Havenradar.

Uit de voorgaande tabel kan men de volgende "gemiddelde" eigenschappen vooropstellen voor een radar van de SRK keten:
- zendvermogen 40 kW (piek)
- antennewinst 34 dB
- hoogte 40 m
- minimaal detecteerbaar signaal – 104 dBm of - 134 dBW
- frequentie 9 GHz

Het bereik van de SRK radars komt daarbij theoretisch op 43,2 km bij een volledige reflectie van de radarbundel. In de praktijk zal 35 km echter een meer realistische waarde opleveren. Daarenboven dient nog rekening gehouden te worden met de kromming van het aardoppervlak. Bij een hoogte van 40 m voor de radarantenne is de horizonhoogte bereikt bij een afstand van 22,6 km. Indien het reflecterende voorwerp een hoogte heeft boven de zeespiegel van 15 m (wat het geval kan zijn voor grotere schepen), dan bekomt men een afstand van 36,6 km.

De verschillende radarposten van SRK die dienen in aanmerking genomen te worden zijn:
- Oostende, afstand ongeveer 39,6 km
- Zeebrugge, afstand ongeveer 38,2 km
- Cadzand, afstand ongeveer 50,9 km
- Vlissingen, afstand ongeveer 56,6 km
- Westkapelle (NL), afstand ongeveer 53,7 km
- Oostdijckbank (in zee), afstand ongeveer 42,4 km
- Schouwenbank (in zee): afstand ongeveer 53,7 km

Er dient dus opgemerkt te worden dat de Bligh Bank praktisch gezien buiten de reikwijdte ligt van alle actuele en geplande radarposten, met uitzondering van deze van Zeebrugge en Oostende. Met behulp van de radarpost van Zeebrugge kan ook het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route nog voldoende opgevolgd worden.

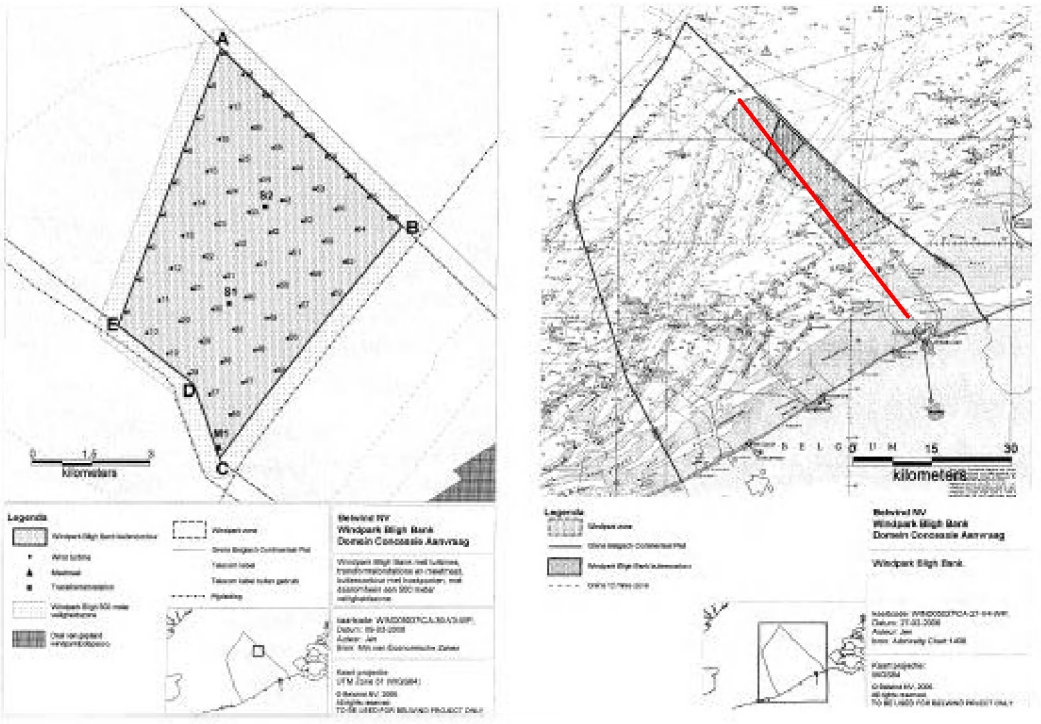
3.1.1. Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale –3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor de radar van Zeebrugge 0.275°. Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 38 km openspreidt tot een breedte van ongeveer 300 m. Een mastbreedte van ongeveer 5 m laat dus toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.
De minimale afstand tussen windturbine en radarantenne, om het diffractiemodel te kunnen toepassen, is 1125 m voor de horizontale bundel en 298 m voor de vertikale bundel.
Dit houdt dus in dat enkel onmiddellijk achter de turbine een zware schaduwzone (dode zone) ontstaat, en dat verder (100m achter de turbine) er een zone van "verzwakt" radarsignaal ontstaat. Wel dient rekening gehouden te worden met een cumulatief effect, wanneer verschillende windturbines op rij achter elkaar geplaatst worden.

3.1.2. Schaduweffect – dode zones

3.1.2.1. SRK radar van Zeebrugge

Omdat de scheepvaartroute Westrond-noord nog voor de Bligh Bank gelegen is ten opzichte van de radarpost van Zeebrugge, zal dit windturbinepark in eerste instantie geen gevolg hebben op de gevoeligheid van waarneming door het radarstation van Zeebrugge. Dit is duidelijk te zien op de figuur van appendix 2.
Voor het gebied onmiddellijk achter de Bligh Bank mag er vanuit gegaan worden, dat de schaduweffecten van het windturbinepark geen invloed meer zullen hebben, gezien de Bligh Bank zelf zowat de limiet van bereikbaarheid voor de radar van Zeebrugge is.
De windturbines hebben in principe een opstelling, die ongeveer opgelijnd is tegenover Zeebrugge. Dit is te zien op de detailfiguur van de inplanting.



Figuur 2. Schets van de schaduwlijnen voor de SRK radar van Zeebrugge

Toch blijft de site relatief “open”, maar dient er rekening gehouden met het feit dat door de cumulatieve werking van de verzwakkingen, de mogelijke schaduwzone gemakkelijk een breedte van 50m kan bereiken.

3.1.2.2. SRK radar van Oostende

Voor het radarstation van Oostende kan dezelfde redenering aangehouden worden, waarbij de Bligh Bank reeds zowat op de limiet ligt van zichtbaarheid voor deze radar. Men kan dus stellen dat het gebied voor de Bligh Bank gelegen geen hinder zal ondervinden, en het gebied achter deze bank quasi onzichtbaar zal worden. Wat overigens nu ook reeds het geval is.

Een ander gedeelte van de Westrond-route "hoofdroute naar Rotterdam" achter de Bligh Bank, ligt buiten het technische bereik van de actuele radarstations van SRK.

De inplanting kan wel aanleiding geven tot de waarneming van vaste reflecties, die dan ook door de radar-operatoren duidelijk kunnen waargenomen en correct geïnterpreteerd worden.

3.1.3. Meervoudige reflecties.

Bij meervoudige reflecties kunnen valse echo's ontstaan, die aanleiding kunnen geven tot een 'virtueel' voorwerp in de lijn van het hoofdobject, maar op een andere positie. Gezien de afstand tussen de Bligh Bank en de radarposten van Zeebrugge en Oostende, dienen meervoudige reflecties tussen windturbines en radarantenne helemaal niet in aanmerking genomen te worden.

3.1.4. Veiligheid

Alhoewel deze studie enkel rekening kan houden met de bestaande toestanden, dient de begeleiding van de veiligheid van het scheepvaartverkeer toch even vermeld te worden, indien een ander windturbinepark op de Thorntonbank en op de Bank zonder Naam zou gerealiseerd worden. Gegevens hieromtrent zijn terug te vinden op de website van het "Mathematisch model van de Noordzee", met inbegrip van het MER en vergunningen voor dit project.
Omwille van de bewaking en de veiligheid van de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, wordt daarin reeds een advies geformuleerd over een bijkomend radarstation voor de SRK-keten, op de Thorntonbank.

Bij realisatie van meerdere windturbineparken, oa. het project op de Thorntonbank en op de Bank zonder Naam, dient aandacht besteed te worden aan een mogelijk radarstation in de dichtbije omgeving van de off-shore windturbineparken. Ten gepaste tijde zal dan aandacht dienen besteed te worden aan mogelijke interacties tussen dit eventueel nieuwe radarstation en beide windturbineparken, in verband met:

- meervoudige reflecties en valse echo's
- schaduweffecten en dode zones naar verdere gebieden
- optimale inplanting van dit eventueel nieuwe station tov. de windturbineparken

Evenwel dient voor de correcte evaluatie van zowel de dode zones, de transparantie tussen de turbines als de meervoudige reflecties een nauwkeurige simulatie gemaakt te worden.

Verder zal in dit verband rekening gehouden worden met de uitkomst van een studie Safety@Sea, die typisch aandacht besteedt aan de veiligheidsaspecten van de scheepvaart bij off-shore windturbineparken. . Momenteel zijn de resultaten van twee deelstudies in verband met off-shore windturbineparken beschikbaar. Als conclusie stelt men dat, wanneer geen scheepvaartverkeer **doorheen** de parken gebeurt, er geen verhoogd veiligheidsrisico naar mogelijke aanvaringen dient in acht genomen te worden.
De twee beschikbare studies worden in appendix 4 en 5 toegevoegd.

3.1.5. Besluit

Algemeen kan gesteld worden dat de invloed van een windturbinepark op de Bligh Bank slechts een zeer minimale invloed kan hebben op een correcte werking van de huidige radaropvolging door SRK, aangezien de inplanting buiten de normale reikwijdte ligt van de radarposten, met uitzondering van deze van Zeebrugge, en gedeeltelijk van Oostende.

Voor de zone gelegen voor de Bligh Bank heeft de inplanting geen invloed.

3.2. Scheepsradar.

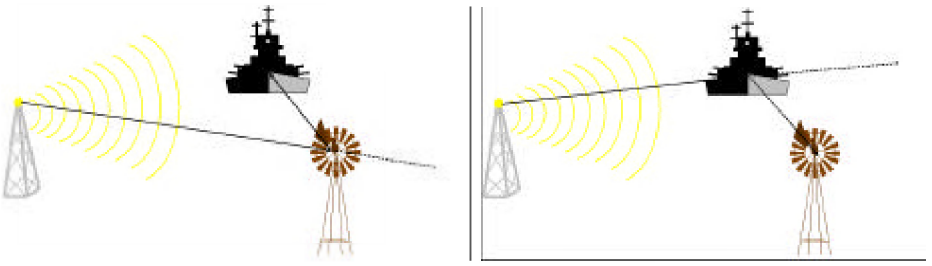
Een scheepsradar heeft een typisch piekvermogen van 10 kW, in een frekwentiegebied rond 10 GHz. Uiteraard zullen de turbines door de boordradar van schepen in de omgeving opgemerkt worden, wat alleen maar de veiligheid van de scheepvaart kan verhogen.
Het effect van dode zones of schaduwing is voor de situatie van de scheepsradar niet meteen van toepassing, gezien de oriëntatie van de vaartroutes tov. de ligging van de Bligh Bank, de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, als de inplanting van de windturbines.
Verder dient hierbij in aanmerking genomen te worden dat de scheepsradar niet gebruikt wordt om voorwerpen achter een windturbinepark waar te nemen, doch wel de eigen vaarrichting correct waar te nemen. Zodat het effect van dode zones en schaduwvorming achter de windturbines feitelijk geen gevolgen heeft.

Het optreden van meervoudige reflecties kan echter wel aanleiding geven tot valse echo's en een verkeerde beeldvorming.

3.2.1. Meervoudige reflecties

Het optreden van mogelijke meervoudige reflecties zal hierbij direct afhankelijk zijn van de volgende parameters:
- bundelbreedte van de scheepsradar-antenne en de bijhorende antennewinst
- radardoorsnede van de windturbinemasten en andere schepen
- effectief (piek)vermogen van de scheepsradar
- minimaal detecteerbaar niveau van de boordontvanger
- afstand tussen schip en windturbines (routes liggen op enkele km van de bank verwijderd)

Hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met twee situaties:
- reflectie windturbine/ander schip en terug naar radarantenne
- reflectie ander schip/windturbine en terug naar radarantenne



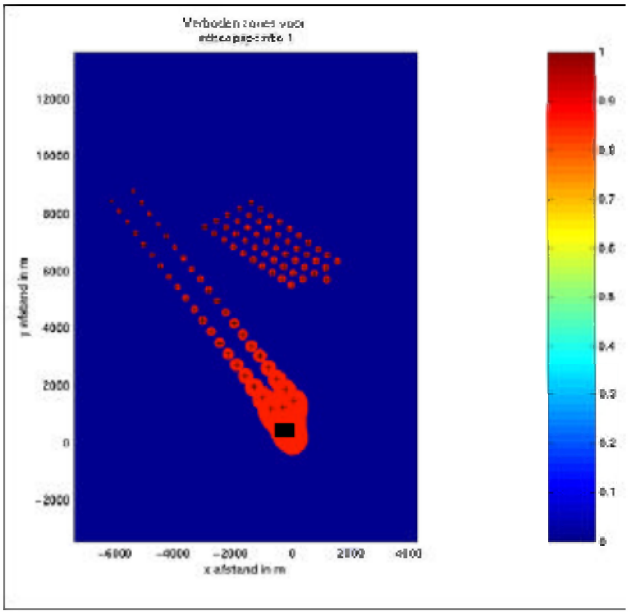
Figuur 3. Schematische voorstelling van meervoudige reflecties

De radarbundel afkomstig van een scheepsradar (hier aangegeven door een antennemast met uitstralende bundel) reflecteert op een windturbine. Het nuttige signaal wordt rechtstreeks gereflecteerd naar de scheepsradar. Meervoudige reflecties kunnen ontstaan omdat een gedeelte van de radarbundel ook naar andere richtingen wordt gediffracteerd. Wanneer aan bepaalde voorwaarden voldaan is, kan een dergelijke afwijkende reflectie op een ander schip terecht komen, reflecteren naar de windturbine en terug naar de scheepsradar (links in figuur). In dit geval wordt een "valse echo" bekomen, die een tweede object zou tonen, weliswaar achter de betreffende windturbine.

Op een analoge manier kan een “valse echo” ontstaan via een weg van scheepsradar naar een schip, afwijkend naar een windturbine en terug (rechts in figuur). In dit geval ontstaat een “valse echo”, die een tweede object zou tonen, achter het betreffende schip.

Voor meer details en berekeningsmethodes omtrent het optreden van meervoudige reflecties, wordt verwezen naar het overzichtsartikel in appendix 1 van deze studie.

De zones waarbinnen meervoudige reflecties kunnen optreden, dienen geschat worden tot op een afstand van ongeveer 1 km van het windturbinepark. Dit blijkt uit een meer generieke studie (zie appendix 1), waarbij het rode gebied de zones aangeven waarbinnen deze meervoudige reflecties kunnen optreden: de scheepsradar bevindt zich in het zwarte vierkant, en de rode zones geven telkens aan waar een tweede voorwerp een “valse echo” KAN creëren door de aanwezigheid van windturbines (beide assen zijn in meter uitgedrukt)



Figuur 4. Voorbeeld van zones met meervoudige reflecties

Er dient hier op gewezen te worden dat door de “korte” afstand tussen schip en windturbines, ook meervoudige reflecties kunnen optreden van turbine naar turbine, en terug.

Normaal zullen meervoudige reflecties hierbij slechts tijdelijk van aard zijn, gezien de voortbeweging van het schip. Dergelijke ‘valse’ echo’s zullen de veiligheid echter niet direct in gevaar brengen, gezien het feit dat de eventuele valse beelden zullen gecreëerd worden in en onmiddellijk achter het windturbinepark, dan wel uit dezelfde richting als een ander schip, en een correcte interpretatie van deze beeldvorming mogelijk is. Zij zullen bovendien nooit optreden tussen het schip en het eerste object dat moet waargenomen worden. Ook hier zal de transformatorcabine een rol spelen.

3.2.2. Besluit

Meervoudige reflecties kunnen optreden binnen bepaalde zones, voor wat de waarnemingen betreft met behulp van de scheepsradar. Deze meervoudige reflecties zijn tijdelijk van aard, gezien de vaart van het schip. Bovendien is de kans van optreden gering, gezien de beperkte zones waarbinnen objecten zich dienen te bevinden om deze “valse echo’s” te genereren.

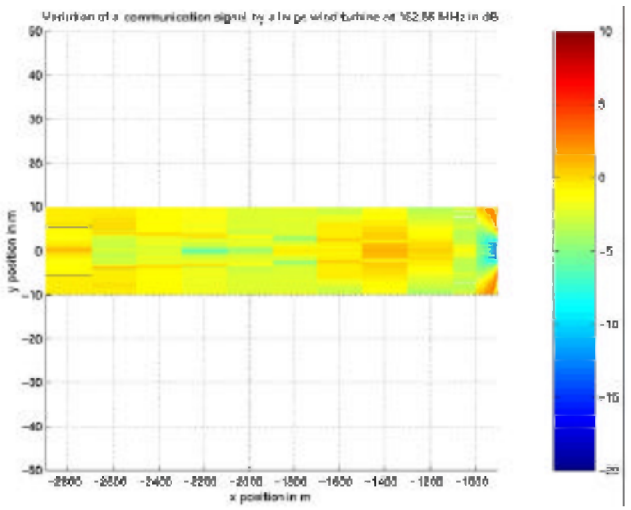
In elk geval zullen deze mogelijke “valse echo’s” geen gevolg hebben op de veiligheid van de scheepvaart.

3.3. VHF marifone communicatiesystemen.

3.3.1. Invloed op de VHF radiocommunicatie

Rekening houdend met de positie van de verschillende radiostations in Oostende, Zeebrugge, Vlissingen en Westkapelle (NL), kan gesteld worden dat er voor het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, een nauwkeurige simulatie van het radiopropagatiepad nodig is in het frekwentiegebied van marifone communicatie rond 150 - 160 MHz. Hierbij dienen de afstand van turbine tot zowel schip als kuststation in rekening gebracht te worden.

Een typische verzwakking door één windturbine voor dit frekwentiegebied, verkregen uit een dergelijke simulatie, wordt gegeven op de volgende figuur. Hierbij dient ook verwezen te worden naar het overzichtsartikel dat toegevoegd is in appendix 1 van deze studie.



Figuur 5. Verzwakking achter een windturbine voor het frekwentiegebied rond 150 MHz

De verzwakking van het VHF signaal is hierbij aangegeven, bij een afstand tussen windturbine en zendantenne van 1 km (1000 m). In de figuur wordt de x-as slechts weergegeven voor een afstand tot de zendantenne van 1100 m (of dus 100 m achter de windturbine – de zendantenne staat op een positie “0”). Het is hierbij duidelijk dat deze verzwakking slechts een paar dB kan bedragen in de directe lijn windturbine-zendantenne (de breedte van de zone is een paar 10-tal m, op de y-as af te lezen), en dat bij een voldoende open structuur van het windturbinepark er dus nagenoeg geen invloed zal waar te nemen zijn.

Het is hierbij duidelijk dat deze verzwakking slechts een paar dB kan bedragen, bij een afstand achter de windturbine van meer dan 100 m.

Ook kan gesteld worden dat een typische Fresnel-clearance zone voor het frekwentiegebied rond 150 MHz een transmissiepad vereist met een vrije breedte van 100 m tot 200 m. Gezien de vrije afstanden tussen de windturbines, zal communicatie doorheen het windturbinepark dus mogelijk zijn voor de verre scheepsroutes.

Verder dient het volgende opgemerkt te worden: alhoewel de radioverbindingen (vermogen en gevoeligheid van de ontvangers), een bereik hebben van zowat 70 km, zal het echte bereik dus beperkt worden door de kromming van de aarde. Zoals bij de havenradars, zal dus een maximaal bereik van ongeveer 40 km een betere realistische inschatting zijn.

Praktisch betekent dit dat voor de scheepvaart die zich voor de Bligh Bank bevindt, er zich geen veranderingen voordoen bij de realisatie van dit windturbinepark. Voor scheepvaart achter de Bligh Bank zal de invloed ook weer beperkt zijn, gezien de afstand tussen de radiostations en dit gebied, waarbij normaal gezien ook nu reeds de radiocontacten beperkt zullen zijn.

3.3.2. Besluit

De inplanting van het off-shore windturbinepark op de Bligh Bank zal geen noemenswaardige invloed hebben op de VHF marifone communicatiesystemen.

3.4. RDF (Radio Direction Finder)

3.4.1. Mechanisme van RDF

Bij een RDF peilsysteem wordt een radiosignaal afkomstig van een schip, door het RDF station gecapteerd. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een speciale (omnidirectionele) antenne, die via een gepaste signaalverwerking een richting kan peilen.
Met behulp van meerdere peilstations kan men uit het snijpunt van de verschillende peilrichtingen, de plaats van het schip bepalen.

Indien er zich in de omgeving van het rechtstreekse transmissiepad een reflecterend voorwerp bevindt, dan kan een tweede golffront de RDF antenne bereiken, en dit vanuit een andere richting en met een andere fase dan het oorspronkelijke rechtstreekse signaal. Een typische peiling duurt 5 seconden, en dus zullen beide signalen zich samen stellen tot een nieuw signaal, dat als resultante uit een andere richting kan komen.

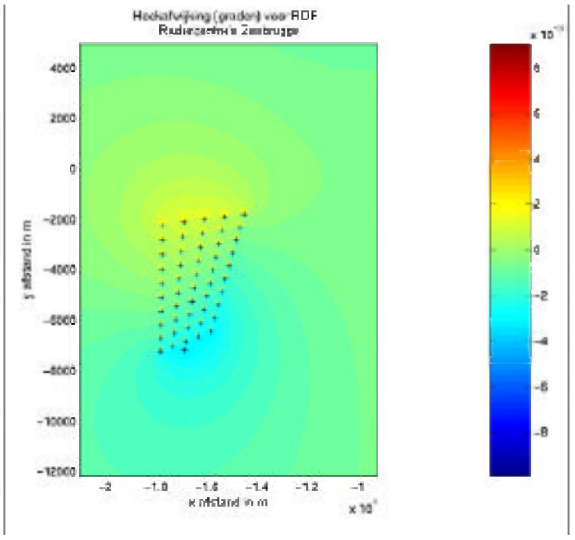
Praktisch dient gesteld te worden dat het storend signaal voldoende amplitude moet hebben om het oorspronkelijke signaal aanzienlijk te verstoren. Dit is direct afhankelijk van de radio-doorsnede van het reflecterende voorwerp, en van de afstand van dit voorwerp tot de RDF antenne. De grootste verstoring zal bovendien voorkomen indien het storend signaal onder een hoek van 90° binnenkomt tov. het rechtstreekse signaal.

Voor meer details omtrent de berekeningswijze, wordt verwezen naar het overzichtsartikel toegevoegd in appendix 1 van deze studie.

Ter illustratie wordt in de onderstaande figuur een voorbeeld gegeven van de kleine hoekverstoringen bij RDF tengevolge van een windturbinepark.

RDF stations bevinden zich in Nieuwpoort, Zeebrugge en Haamstede. En er wordt gepeild vanaf de Westhinder, Steenbank en Vlissingen.

Peilingen vanaf de Westhinder en Vlissingen zullen niet beïnvloed worden, gezien de afstand en ligging van de Bligh Bank tot de RDF stations (alhoewel dit voor het station van Zeebrugge de worst case toestand van een reflectie onder 90° is).



Figuur 6. Voorbeeld van de hoekverstoringen voor de RDF bij een windturbinepark

Bij de peilingen vanuit Zeebrugge naar de Steenbank liggen rechtstreeks en gereflecteerd signaal quasi in lijn. Gegeven de relatief kleine radio-doorsnede van een windturbine en de afstand tussen de Bligh Bank en de RDF stations, is slechts een minimale invloed te verwachten. Een fout van ten hoogste 0,5° kan hierbij vooropgesteld worden.

Ook voor dit geval zou een nauwkeurige berekening/simulatie de bovengrens van de mogelijke foutieve richtingshoek kunnen vastleggen. Maar de maximale grootte van de fout is van die aard dat de veiligheid van het scheepvaartverkeer in het gedrang gebracht wordt.

Verder dient opgemerkt te worden dat het omschakelen van het oudere interferometer-systeem naar een nieuwe Watson-Watt installatie op het mechanisme en grootte van deze fout theoretisch gezien geen invloed heeft.

3.4.2. Besluit

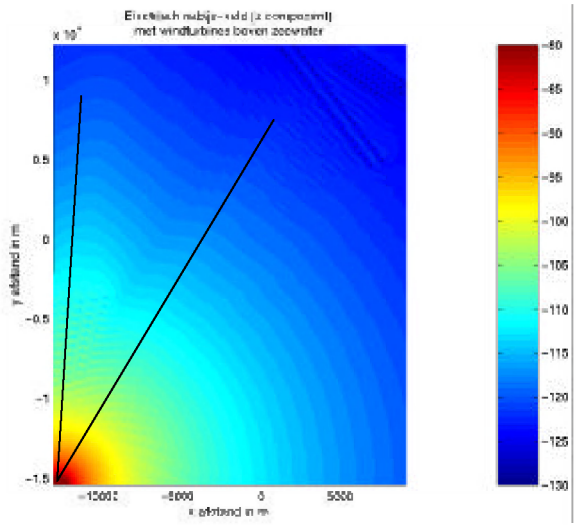
De mogelijke foutmarge die bij het RDF systeem kan optreden valt volledig binnen de eigen foutmarge van het RDF detectiesysteem.

3.5. DGPS zender in Oostende

3.5.1. Bereik van het DGPS systeem bij 312 kHz

De DGPS zender in Oostende werkt op een (zeer lage) frekwentie van 312 kHz (wat dus een golflengte inhoudt van 960,9 m). Dit betekent dat het windturbinepark op de Bligh Bank zich – naar antenne normen – bevindt in de zogenaamde zone van “nabije veld”.

Uit voorgaande studies blijkt dat de invloed van een windturbinepark binnen het nabije veld, slechts zeer minimale invloeden met zich mee brengt. Een voorbeeld is gegeven in de volgende figuur voor een concentratie met 3 turbines. Details omtrent de berekeningsmethodes (met NEC) zijn gegeven in het bijgevoegde artikel in appendix 1.



Figuur 7. Voorbeeld van de kleine verstoringen op het DGPS signaal van een zender met windturbines in het nabije veld van de zendantenne.

3.5.2. Besluit

De inplanting van het off-shore windturbinepark op de Bligh Bank zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.

3.6. AIS (Automatic Information System)

AIS is een systeem van automatische informatie vergaring, dat gebruik maakt van de 'normale' marifone VHF kanalen 87b en 88b (rond 162 MHz) met een digitale vorm van datatransmissie. De transmissiesnelheid van de gegevens is 9600 bps baudrate.
Een dergelijke bitrate laat een delayspread van het gemoduleerde signaal toe van 104,16 µsec, zonder dat een fout bitpatroon zou gegenereerd worden.

Reflecties kunnen een tweede transmissiepad creëren, zodat dezelfde informatie tweemaal ontvangen wordt. Indien het looptijdverschil tussen beide paden te groot wordt, zal het systeem foutieve informatie capteren.

Een delay spread van 100 µsec zou een verschil in transmissieweg van 30 km toestaan.
Voor schepen in de nabijheid van het windturbinepark zal een dergelijk verschil in transmissiepad niet kunnen voorkomen.
Voor schepen op een grotere afstand, waarbij dit verschijnsel toch theoretisch mogelijk zou worden, dient dan rekening gehouden te worden met het bereik van de betreffende zendinstallatie. Zodat ook deze situatie als niet realistisch dient omschreven te worden.

3.6.2. Besluit

De inplanting van het off-shore windturbinepark op de Bligh Bank zal geen invloed hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem.

CONCLUSIES

1. Bij de inplanting van de windturbines binnen het project Belwind op de Bligh Bank, zal de radaropvolging door SRK niet in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor deze Bligh Bank bevindt. Voor het gebied achter de Bligh Bank zullen zich schaduwzones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen. Doch dit gebied situeert zich sowieso op de limiet van bereikbaarheid. Een en ander zal verder afhangen van de realisatie van andere projecten, en de mogelijke inplantingen van windturbineparken.
   Ook dient gesteld te worden dat het type windturbine (5MW of 3MW) geen invloed zal hebben op deze situaties.

2. De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot het windturbinepark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

3. Voor de marifone VHF communicatie kan gesteld worden dat enkel voor de communicatie op de verre Westrond-noord route en de verre routes enig voorbehoud dient gemaakt te worden. In die zin dat zowel de vrije Fresnel-zones tussen de turbines, als het effect van schaduwing en attenuatie door diffractie net achter de turbines enige invloed kunnen hebben. Maar ook hier dient duidelijk gesteld dat voor het gebied voor de Bligh Bank er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand. En dat dit enkel kan in het gebied achter de Bligh Bank. Ook hier is de werkelijke beperking het bereik van de radioinstallaties zelf.

4. Voor de RDF systemen kan met zekerheid gesteld worden dat de invloed eerder minimaal en zelfs marginaal zal zijn, ook voor wat de verre routes betreft, met een maximale fout op de hoekbepaling van 0,5° .

5. Aan de voorwaarden voor de delay-spread voor het AIS systeem wordt voldaan.

6. Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van een off-shore windturbinepark op de Bligh Bank geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet.

7. Wel dient er op gewezen te worden dat de bewaking van het windturbinepark zelf in deze studie niet aan bod gekomen is. Voor deze opdracht dienen er gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om ook de verre kant van het off-shore park adequaat te bewaken. Hierbij dient 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 de mogelijke andere off-shore windturbineparken zou moeten “bedienen”.

Prof.dr.ir.J.Catrysse
Brugge, 10 april 2007

Studie omtrent de mogelijke invloed van windmolenparken op de Noordzee met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

Mogelijke cumulatieve effecten

In opdracht van Ecolas
Met betrekking tot de projecten C-Power, ELDEPASCO en Belwind

Prof.dr.ir.J.Catrysse (20/04/2007)

Studie omtrent de mogelijke invloed van windmolenparken op de Noordzee met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

Mogelijke cumulatieve effecten

1. Inleiding.

In deze studie wordt nagegaan wat de mogelijke invloed is van de inplanting van verschillende windmolenparken op de Noordzee, met betrekking tot de normale werking van SRK-radar, de veiligheid op zee en de marifone communicatiesystemen.

Het betreft inplantingen van off-shore windturbineparken op de Thornton Bank (project C-Power), Bank zonder Naam (project Eldepasco) en op de Bligh Bank (Belwind).

De radarstations en marifone installaties worden beheerd door de Vlaams-Nederlandse instantie "Schelde Radar Keten" of afgekort SRK.

Hierbij wordt uitgegaan van de beschikbare informatie omtrent de SRK radarstations, en de stations voor radiocommunicatie. In deze studie wordt nagegaan wat de mogelijke cumulatieve effecten kunnen zijn met betrekking tot de radarwaarneming en tot de marifone communicatie, wanneer de drie windturbineparken zouden gerealiseerd worden.

2. Situering en actuele gegevens.

Deze studie omvat de invloed van een inplanting van windmolenparken op de Thornton Bank, op de Bank zonder Naam en op de Bligh Bank. Deze zandbanken bevinden zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland. De ligging ervan is duidelijk aangegeven in figuur 1.

Uit de gegevens verstrekt door oa. SRK blijkt dat er belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt in de totale zone tussen de kust en de Thornton Bank, maar ook tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank (de zogenaamde West-rond route). Er vindt geen belangrijk scheepvaartverkeer plaats in de onmiddellijke omgeving van de Bligh Bank, behalve tijdens de constructie, onderhouds- en ontmantelingswerkzaamheden van het windturbinepark.

De verschillende SRK radarstations kunnen de zeevaarttrafiek langs de kuststrook opvolgen, en dit gebied van de Noordzee wordt telkens door minstens 2 radarstations gedekt. Bovendien kan de SRK-havenradar van Zeebrugge de trafiek tussen de Bank zonder Naam en de Thornton Bank opvolgen, alhoewel dit niet meer tot het "officiële" observatiedomein van SRK behoort. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt veel noordelijker dan alle geplande off-shore windturbineparken, en kan momenteel helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK.

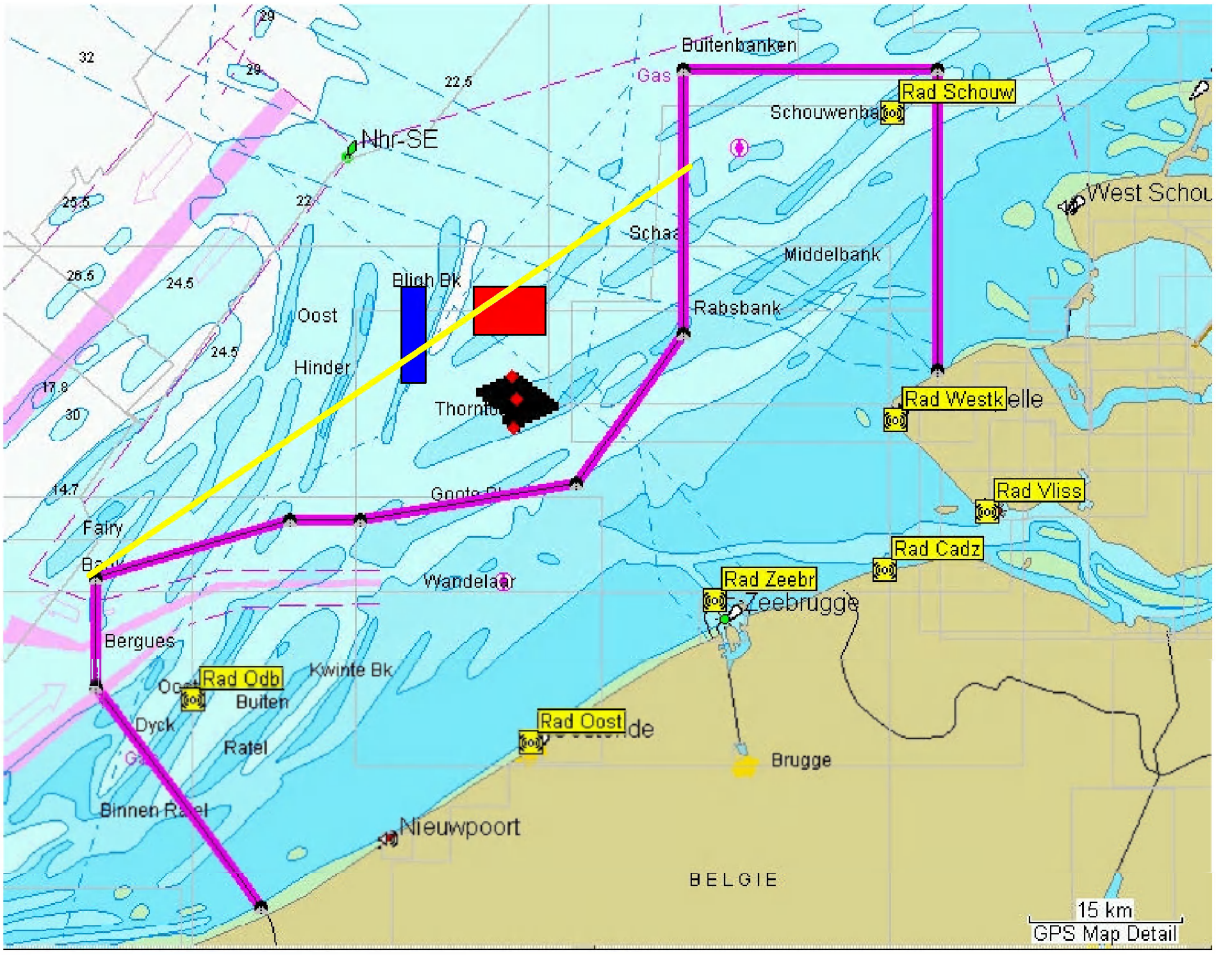
Om een en ander duidelijker voor te stellen in het geheel van de problematiek, wordt op de volgende kaart een overzicht gegeven van:

- officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie
- ligging van de verschillende SRK radarstations
- geplande off-shore parken op de Thorntonbank, Bank zonder Naam en Bligh Bank

Afstand in km tot midden van	**Thorntonbank**	**Bank zonder Naam**	**Bligh Bank**
Oostdijckbank	45,2 km	50,9 km	42,4 km
Oostende	33,9 km	42,5 km	39,6 km
Zeebrugge	25,4 km	33,9 km	38,2 km
Cadzand	39,6 km	43,8 km	50,9 km
Vlissingen	48,1 km	50,9 km	56,6 km
Westkapelle	36,7 km	39,6 km	53,7 km
Schouwenbank	50,9 km	42,5 km	53,7 km

Tabel 1. Afstand van SRK radarstations tot middelpunt off-shore WTparken

Bovenstaande tabel geeft de afstand van de verschillende radarstations van SRK tot het midden van de drie geplande off-shore windturbineparken.



Figuur 1. Ligging van de SRK radarstations en off-shore WTparken

Op figuur 1 zijn de verschillende radarstations van de SRK keten aangegeven, evenals het normale en "officiële" werkingsgebied (paarse lijn). Het is evenwel duidelijk dat het bereik van de verschillende radarstations verder reikt dan het officieel afgebakende gebied.

Voor het gebied dat in deze studie van belang is, wordt het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven door de gele lijn. Door de inplanting van de verschillende radarstations, wordt dit gebied afgedekt door minimaal twee radar-observatieposten. Zie ook de volgende figuur, waarbij het bereik van elk radarstation schematisch wordt aangegeven.

Het is daarbij ook duidelijk dat de mogelijke vaartroutes tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank in de huidige situatie zonder off-shore windturbineparken, op de radarschermen van Zeebrugge en Westkapelle (en gedeeltelijk Oostende) zichtbaar zijn voor wat grotere schepen betreft.

De actuele situatie zonder ingeplante windturbineparken is zo, dat de verschillende banken op de uiterste grens van de radarwaarnemingen liggen.

De radar en marifone installaties omvatten verder:
- SRK radarstations
- Scheepsradar
- VHF radiocommunicatie-stations (Very High Frequency, voor marifonie rond 160 MHz)
- RDF (Radio Direction Finder) en DGPS (Differential Global Positioning System)
- AIS (Automatic Information System)

2.1. Radar en radiocommunicatie.

Voor de gegevens qua inplanting, frekwenties en vermogens wordt verwezen naar tabel 2 voor de radarstations en tabellen 3, 4 en 5 voor de marifone installaties en systemen.

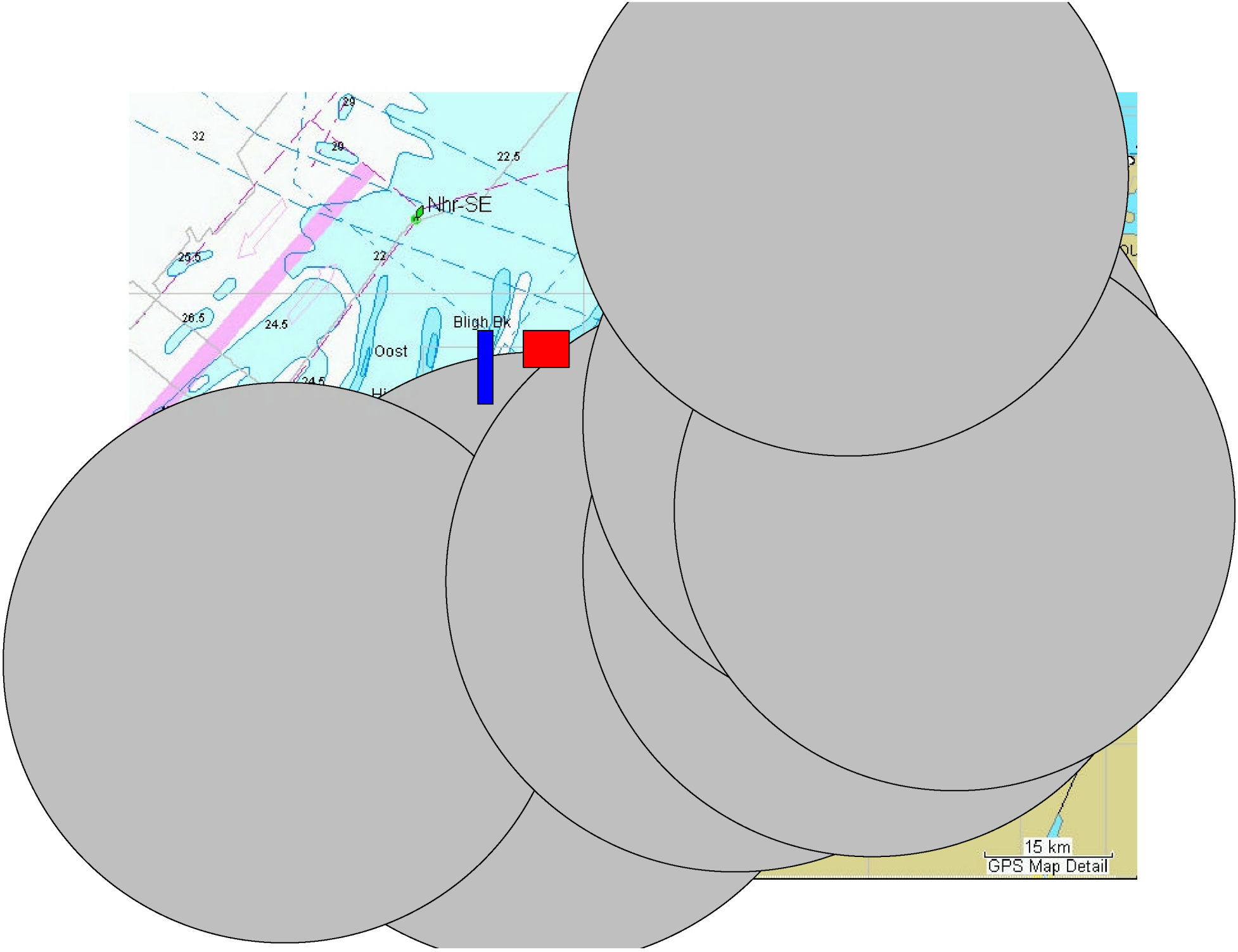
Hierbij dient opgemerkt te worden dat het normale bereik van de SRK radar voor relatief grote schepen zowat 30 à 35 km bedraagt (en maximaal tot 42 km kan oplopen). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge, Oostende en Westkapelle. Alhoewel de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van SRK vallen (zie figuur 1 en appendix 3), wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch nog volledig door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door Oostende en Westkapelle.

Voor de andere marifone systemen, dient telkens een analyse van het toepassingsgebied gemaakt te worden. Toch kan op voorhand gesteld worden dat het effectieve bereik van deze installaties op zowat 40 km dient geschat te worden, gegeven de hoogte van de antenne-masten en de kromming van de aarde.

2.1.1. Gegevens van de SRK radarstations

Locatie	Positie UTM (ED50)			Hoogte (m)		Zend-/Ontvang frequentie (MHz)	PRF (Hz) ±10%	Pulsduur (ns)	Min. piekvermogen (kW)	Gevoeligheid ontvanger (dBm)	Tangentiële bundelbreedte		Vertikale bundelbreedte		Gain (dB)	Polarisatie
	Zone	Northing	Easting		ref.						-3 dB	-20 dB	-3 dB	-10 dB		
Nederland																
Westkapelle	31	5708234	530687	44,1	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
Vlissingen	31	5699173	539900	46,0	NAP	8.935	2.300	50	40	-98	0,400°	1,100°	15°	33°	34	vertikaal
Cadzand	31	5693366	529762	30,5	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
België																
Oostende	31	5676454	494817	39,8	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
Zeebrugge	31	5690346	513062	39,2	NAP	9.065	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal

Tabel 2. Gegevens van de SRK radarstations


29
32
29
22.5
Nhr-SE
25.5
22
26.5
24.5
Bligh Bk
Oost
24.5
15 km
GPS Map Detail

In bovenstaande tabel zijn de gegevens van de twee off-shore radarstations niet opgenomen, wegens niet relevant voor deze studie, aangezien de afstand tussen radarstation en het WTpark van die aard is, dat ze buiten het actieve observatiegebied van de betreffende radarstations vallen. Toch is het radarstation op de Schouwenbank belangrijk, om de scheepvaarttrafiek ten oosten van de windturbineparken te bewaken.

Bij de uitbating van de SRK radarketen, dient ervan uitgegaan te worden dat het werkbare gebied telkens door 2 radarposten dient afgedekt te worden, dit in verband met de hoge graad van zekerheid van waarneming, die vereist wordt voor een veilig scheepvaartverkeer.

Zoals hoger aangegeven, biedt de combinatie van het beschikbaar piekvermogen, en de gevoeligheid van de ontvanger, een theoretische reikwijdte van 42 km. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de hoogte van de antennemast, de kromming van de aarde en de grootte van de schepen. Dit resulteert in een realistisch bereik voor grote containerschepen van maximaal 40 km, en voor de normale scheepvaart een bereik tussen 30 en 35-38 km.
De speling in afstand is functie van de "radardoorsnede" van de schepen. Meestal is er een speciale reflecterende voorziening aan boord, maar dan nog speelt de hoogte van ophanging een rol in verband met de zichtbaarheid achter de horizon, wegens de kromming van de aarde.

2.1.2. Gegevens van de RDF Direction Finders

Locatie	Positie UTM (ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (MHz)	Gevoeligheid ontvanger (µV/m)	Type antenne	diameter (m)	Hoogte (m)
	Zone	Northing	Easting						
Radarcentrale Zeebrugge	31	5690178	512902	14	156.700	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	43,5
				16	156.800				
				64	156.225				
				65	156.275				
				69	156.475				
Nieuwpoort	31	5667058	480651	16	156.800	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	33
				65	156.275				
				69	156.475				
Haamstede	31	5729312	547424	14	156.700	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	50
				16	156.800				
				64	156.225				

Tabel 3. Gegevens van de RDF Direction Finders
Haamstede behoort de gemeente Schouwen-Duivenland, (zie kaart van figuur 1).

Verder dient vermeld te worden dat oa. in Zeebrugge de RDF installatie (op basis van een interferometer) vernieuwd zal worden, en waarbij het huidige type van richtingsgevoelige antennes, vervangen wordt door een Watson-Watt systeem.
De introductie van een Watson-Watt systeem heeft te maken met de beschikbaarheid van dergelijke radio-peilsystemen op de markt, waarbij gebruik gemaakt wordt van andere berekeningsalgoritmes bij de verwerking van de ontvangen signalen.
De nauwkeurigheid van de richtingsbepaling blijft hierbij behouden op 1°.

2.1.3. Gegevens van het DGPS systeem

Locatie	Positie UTM(ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (kHz)	Range		Zend-vermogen (W)	Richting	meet-onzekerheid (σ_2)
	Zone	Northing	Easting			km	n.m.			
Oostende	31	5676572	495283	57	312,0	220	119	80	omnidirectioneel	0,142m op de baken positie

Tabel 4. Gegevens van het DGPS systeem

2.1.4. Gegevens van de marifone radiocommunicatie kanalen

Locatie	Positie UTM (ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (MHz)	TX/ RX	Zender-vermogen (W)	Antenne-vermogen (ERP W)	Gevoeligheid ontvanger (µV)	Richting hoofdas antenne	Gain (dB)	Type antenne	Hoogte (m)
	Zone	Northing	Easting										
België													
Vuurtoren Oostende	31	5676318	495240	16	156,800	TX	27,5	16,0		344°	3	K53192	60
				29L	157,450	TX	21,5	12,0		40°	3	K53192	60
				44	160,800	TX	29,5	28,0		320°	4	K53182	62
				65	160,875	TX	32,0	25,0		320°	3	K53192	60
				67L	156,375	TX	22,0	12,5		344°	3	K53192	30
Radartoren Oostende	31	5676454	494817	16	156,800	RX			0,40	344°	3	K53192	35
				29L	157,450	RX			0,70	344°	3	K53192	35
				44	156,200	RX			1,26	344°	3	K53192	35
				65	156,275	RX			1,28	344°	3	K53192	35
				67L	156,375	RX			0,68	344°	3	K53192	35
Radartoren Zeebruggehaven	31	5688601	514053	4	160,800	TX	30,5	21,0		280°	3	K53192	50
				6	156,300	TX	14,5	2,1		338°	3	K53192	20
				8	156,400	TX	1,0	1,0		338°	3	K53192	20
				9	156,450	TX	11,5	1,75		338°	3	K53192	20
				19	161,550	TX	2,6	1,9		35°	3	K53192	45
				68	156,425	TX	0,3	-		140°	3	K53192	20
				69	156,475	TX	18,0	10,0		333°	3	K53192	25
				71	156,575	TX	1,0	0,1		338°	3	K53192	20
				93H	162,275	TX	34,0	25,0		320°	3	K53192	30
				93H	162,275	RX			0,70	320°	3	K53192	30
Radarcentrale Zeebrugge	31	5690178	512902	4	156,200	RX			1,29	280°	3	K53192	31
				6	156,300	RX			0,71	345°	3	K53192	15
				8	156,400	RX			0,71	345°	3	K53192	15
				9	156,450	RX			0,72	345°	3	K53192	15
				14	156,700	RX			0,70	45°	4	K53182	31
				19	156,950	RX			0,70	45°	4	K53182	31
				68	156,425	RX			0,71	140°	4	K53182	31
				69	156,475	RX			0,87	345°	3	K53192	15
				71	156,575	RX			0,72	345°	3	K53192	15
Nederland													
Vuurtoren Westkapelle	31	5708978	531112	9	156,450	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				29L	157,450	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				64	160,825	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				67	156,375	TX	-	20,0		330°		K52322	40
				93H	162,275	TX	-	20,0		330°		K52322	40
Radartoren Westkapelle	31	5708234	530687	9	156,450	RX			0,30	330°	8	-	45
				29L	157,450	RX			0,30	330°	8	-	45
				64	156,225	RX			0,30	330°	8	-	45
				67	156,375	RX			0,30	330°	8	-	45
				93H	162,275	RX			0,30	330°	8	-	45
Bachtenreede Vlissingen	31	5699689	539595	14	156,700	TX/RX	-	3,0	0,30	210°	3,3	K52322	45
				67	156,375	TX/RX	-	3,0	0,30	210°	3,3	K52322	45
Radartoren Vlissingen	31	5699173	539900	21	161,650	TX	-	3,0		200°		K53192	40
				29L	157,450	TX	-	8,0		300°		K53182	40
				40L	158,000	TX	-	1,6		200°		K53192	40
				70H	160,125	TX	-	1,0		120°		K52322	40
				70H	161,125	TX	-	1,6		200°		K53192	40
				79	161,575	TX	-	12,0		300°		K53182	40
				93H	162,275	TX	-	1,6		200°		K53192	40
Radarcentrale Vlissingen	31	5699303	540690	3H	160,750	RX			0,30	120°	8	-	35
				6	156,300	RX			0,30	200°	4	-	38
				8	156,400	RX			0,30	200°	4	-	38
				9	156,450	RX			0,30	120°	8	-	35
				21	156,050	RX			0,30	200°	4	-	38
				22H	161,700	RX			0,30	120°	8	-	35
				29L	157,450	RX			0,30	300°	3	-	39
				40L	158,000	RX			0,30	200°	4	-	38
				70H	161,125	RX			0,30	120°	8	-	35
				70H	161,125	RX			0,30	200°	4	-	38
				79	156,975	RX			0,30	300°	3	-	39
				93H	162,275	RX			0,30	200°	4	-	38

Tabel 5. Gegevens van de marifone radiocommunicatie kanalen

Het is hierbij duidelijk dat er twee frekwentiegroepen zijn, die in deze studie dienen in aanmerking genomen te worden voor de vaste installaties: rond 9 GHz voor de radarfrekwenties en tussen 150 en 165 MHz voor de radiocommunicatie kanalen. Ook het AIS systeem gebruikt ditzelfde frekwentiegebied (voorzien is 162 MHz).

2.2. Windturbines.

Op het ogenblik van deze studie zijn de juiste types van de windturbines nog niet bekend. Toch kan ervan uitgegaan worden dat deze ongeveer de volgende kenmerken zal hebben:

- masthoogte:	70 m (3 MW)	90 m (5 MW)	120 m (7 MW)
- mastdiameter voet:	5 m (3 MW)	6 m (5 MW)	8 m (7 MW)
- mastdiameter top:	5 m (3 MW)	4 m (5 MW)	6 m (7 MW)
- rotordiameter:	90 m (3 MW)	115 m (5 MW)	140 m (7 MW)
- gondel:	15 x 6 x 5 m (vermoedelijke afmetingen)		
- wieken:	kunststofmateriaal, met interne bliksemafleider		

Uit voorgaande studies voor SRK blijkt dat voor dergelijke grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Dit komt ondermeer door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaart-omgeving steeds een radiopad beslaan tegen het aardoppervlak. Maar ook dat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere "effectieve radar/radio doorsnede" uitmaken dan de mast zelf. Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen, blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt.
Een samenvattende studie hieromtrent wordt in appendix 1 van dit rapport toegevoegd.

Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windturbinepark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel, voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald (zie verder).

2.3. Effecten van grote reflecterende voorwerpen op radiogolven.

Grotere reflecterende voorwerpen kunnen de volgende effecten veroorzaken:

- dode zones en verzwakking van het signaal achter het voorwerp. Dit vermindert het normaal bereik van de installatie
- meervoudige reflecties, waardoor mogelijke meervoudige (foutieve) echo's ontstaan
- verzadiging van de ontvanger bij sterke reflecties op voorwerpen dichtbij het systeem
- valse echo's door multi-reflecties op andere voorwerpen (door verstrooiing)
- verlenging van de delay-spread van RF-datacommunicatie (met foutieve ontvangst data)

Deze effecten dienen uiteraard gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radio/radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging van de Bank zonder Naam ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar.

In de volgende paragrafen worden de effecten op de diverse systemen meer in detail besproken. Hierbij wordt meteen rekening gehouden met de ligging van de verschillende off-shore windturbineparken, tegenover Zeebrugge, Oostende en Westkapelle.

3. Effecten op diverse systemen.

3.4 Havenradar.

Uit de voorgaande tabel kan men de volgende "gemiddelde" eigenschappen vooropstellen voor een radar van de SRK keten:
- zendvermogen 40 kW (piek)
- antennewinst 34 dB
- hoogte 40 m
- minimaal detecteerbaar signaal – 104 dBm of - 134 dBW
- frequentie 9 GHz

Het bereik van de SRK radars komt daarbij theoretisch op 43,2 km bij een volledige reflectie van de radarbundel. In de praktijk zal 35 km echter een meer realistische waarde opleveren. Daarenboven dient nog rekening gehouden te worden met de kromming van het aardoppervlak. Bij een hoogte van 40 m voor de radarantenne is de horizonhoogte bereikt bij een afstand van 22,6 km. Indien het reflecterende voorwerp een hoogte heeft boven de zeespiegel van 15 m (wat het geval kan zijn voor grotere schepen), dan bekomt men een afstand van 36,6 km.

Uit de afzonderlijke studies volgt duidelijk dat de windturbineparken op de Bank zonder Naam en op de Bligh Bank net op de grens ligt qua reikwijdte van alle actuele en geplande radarposten, met uitzondering van deze van Zeebrugge, en gedeeltelijk Oostende en Westkapelle.

Met behulp van de radarpost van Zeebrugge kan ook het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route nog voldoende opgevolgd worden. Evenwel dient in deze studie het effect van een windturbinepark op de Thorntonbank in aanmerking genomen te worden. Hierbij dient verwezen te worden naar de detailstudie "Studie van effecten van een windturbinepark op de Thorntonbank, deel 1 – RF studie" door Prof. Van Lil, 26/11/2002 in opdracht van C-Power.

3.4.1 Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale –3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor de radar van Zeebrugge 0.275°. Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 35 km openspreidt tot een breedte van ongeveer 300 m. Een mastbreedte van ongeveer 5 m laat dus toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.

De minimale afstand tussen windturbine en radarantenne, om het diffractiemodel te kunnen toepassen, is 1125 m voor de horizontale bundel en 298 m voor de vertikale bundel.
Dit houdt dus in dat enkel onmiddellijk achter de turbine een zware schaduwzone (dode zone) ontstaat, en dat verder (100m achter de turbine) er een zone van "verzwakt" radarsignaal ontstaat. Wel dient rekening gehouden te worden met een cumulatief effect, wanneer verschillende windturbines op rij achter elkaar geplaatst worden.

Dit is duidelijk het geval voor het windturbinepark op de Thorntonbank, omdat dit nog voldoende binnen het bereik van de SRK radars ligt. Het effect hiervan is dat een klein schip eventjes van het radarscherm verdwijnt, en een groter schip in twee stukken rond de windturbine zal waargenomen worden.

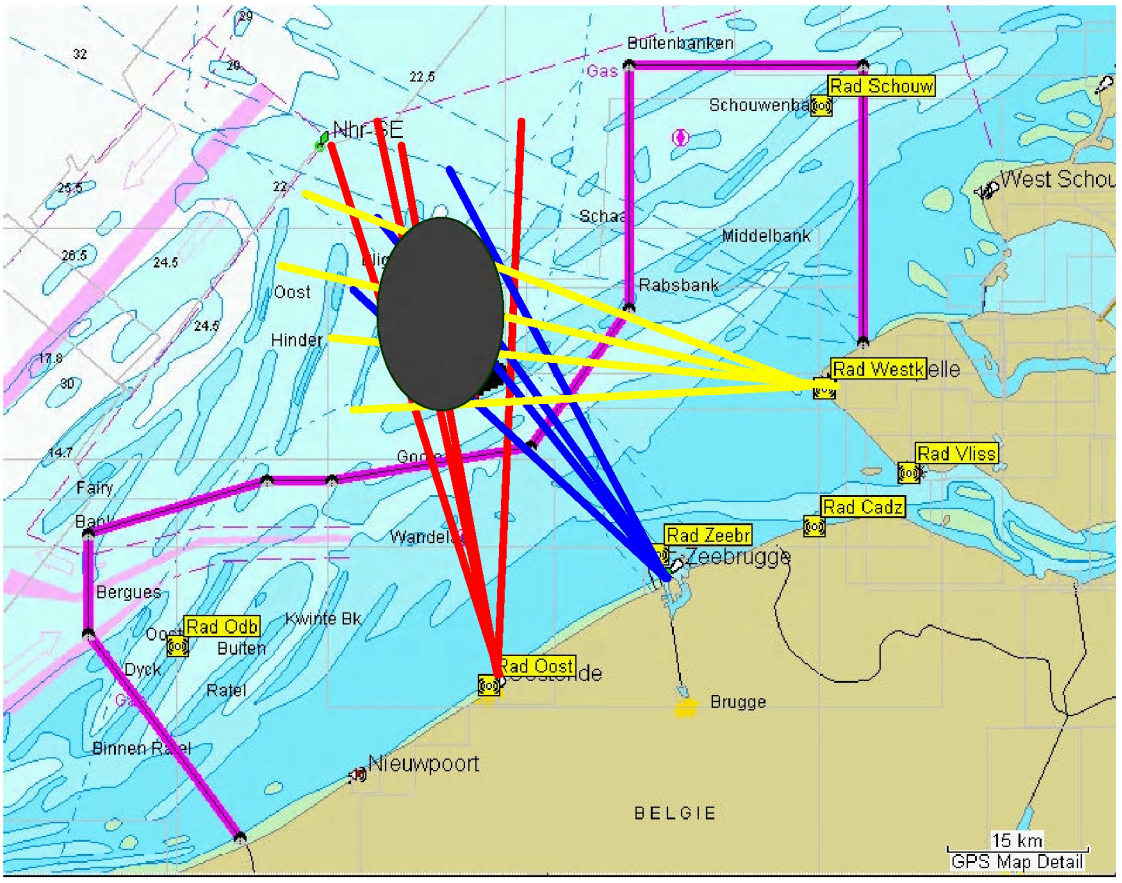
3.4.2 Schaduweffect – dode zones

Omdat de scheepvaartroute Westrond-noord tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank gelegen is, en dus ten opzichte van de radarpost van Zeebrugge voor de Bank zonder Naam gesitueerd is, maar achter de Thorntonbank gelegen is, zal dit laatste windturbinepark een duidelijke invloed hebben op de gevoeligheid van waarneming door het radarstation van Zeebrugge.
Uit de voorgaande figuren is het duidelijk dat ten oosten van de Thorntonbank, de radardekking nog als voldoende kan beschouwd worden, en in principe niet beïnvloed wordt door de verschillende windturbineparken. Immers, de radardekking ten oosten van de Thorntonbank wordt volledig bekomen via de radarstations van Zeebrugge, Cadzand, Vlissingen, Westkapelle en Schouwendijk.

Achter de Thorntonbank en ten westen ervan ontstaan schaduwzones, die dode zones zullen opleveren, gezien de betreffende windturbineparken reeds op de grens van het radarbereik liggen. Elke vermindering aan radarsignaal zal daar een effectieve dode zone opleveren.

Verder dient de vraag gesteld te worden naar de bewaking van de windturbineparken zelf, en de mogelijke scheepvaart in de directe omgeving van deze zones. Zonder op kwade bedoelingen te zinspelen, dient oa. rekening gehouden met de opvolging van scheepvaartverkeer dat voor het onderhoud van deze parken zou ingezet worden. En eventueel de opvolging van kleinere visserschepen, indien visserij in deze zones toegelaten zou worden.

In de volgende figuur wordt elk park beschouwd als één aaneengesloten geheel, zodat op een eenvoudige manier de zones bekomen worden waarin de schaduweffecten zullen optreden.



Figuur 2. Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones

Hierbij dient opgemerkt te worden dat binnen het aangegeven gebied, de zones van schaduw en dode zone slechts als lijnen zullen voorkomen, gezien de structuur van het windturbinepark. Hiervoor wordt verwezen naar de verschillende studies omtrent de effecten van elk windturbinepark afzonderlijk.

Toch dient rekening gehouden te worden met het optredende effect, en zal – niettegenstaande de waarneming vanuit de drie betreffende SRK radarstations telkens een andere richting van deze schaduwlijnen meebrengt – de bewaking van de scheepvaartzone tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank "problematisch" worden. Dit komt door de verzwakking van het radarsignaal achter de Thorntonbank, ten gevolge van het windturbinepark op de Thorntonbank.

Zie hiervoor ook verder in 3.1.4. omtrent veiligheid en bewaking.

3.4.3 Meervoudige reflecties.

Bij meervoudige reflecties kunnen valse echo's ontstaan, die aanleiding kunnen geven tot een 'virtueel' voorwerp in de lijn van het hoofdobject, maar op een andere positie. Gezien de afstand tussen de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank, en de radarposten van Zeebrugge, Oostende en Westkapelle, dienen meervoudige reflecties tussen windturbines en radarantenne helemaal niet in aanmerking genomen te worden.

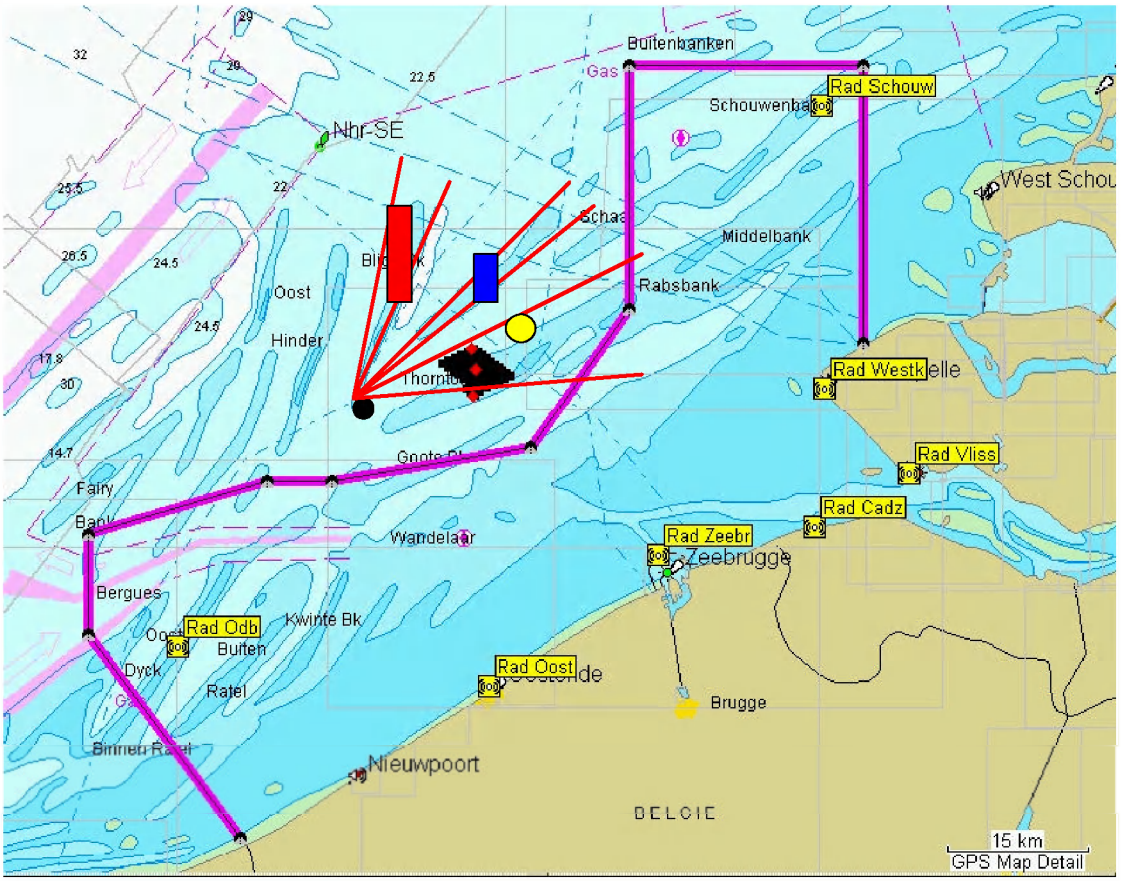
3.4.4 Veiligheid

Omwille van de bewaking en de veiligheid van de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, de bewaking van de windturbineparken zelf, en de opvolging van scheepvaartverkeer (oa. voor onderhoudsdoeleinden) in de onmiddellijke nabijheid van de windturbineparken, wordt hier een advies geformuleerd over een bijkomend radarstation voor de SRK-keten.
Op figuur 2 is duidelijk te zien waar het feitelijke probleemgebied zich voordoet (groene zone op de figuur). Gecombineerd met de bestaande radardekking aan de oostelijke zijde van het totale gebied, is het duidelijk dat het probleem zich acuut stelt vanuit de westelijke zijde van de verschillende parken.

Rekening houdend met de inplanting van de verschillende windturbineparken op de diverse zandbanken, en rekening houdend met een "gemakkelijke" inplanting van een extra radarstation, lijkt in eerste instantie een mogelijke inplanting voor de hand te liggen: namelijk de uiterste westelijke punt van de Bligh Bank. Dit is duidelijk te zien op de volgende figuur. Toch dient aandacht besteed aan andere factoren, zoals onderzeese kabels, pijpleidingen, …

In een vorige studie en rapport werd rond de problematiek van veiligheid op de Westrond-route en de bewaking van het windturbinepark op de Thorntonbank, een voorstel geformuleerd voor een extra radarstation op de Thorntonbank zelf (ongeveer de gele cirkel op figuur 3). Het is hierbij duidelijk dat deze inplanting optimaal de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank kan opvolgen, maar dat er probleemzones zullen ontstaan achter de windturbineparken van de Bank zonder Naam en de Bligh Bank.

De alternatieve inplanting van een extra radarstation op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, in plaats van een oostelijke ligging op de Thorntonbank, biedt zowel een optimale begeleiding van de Westrond-route, als een bewaking tot en met de achterzijde van de windturbineparken.



Figuur 3. Schematische voorstelling omtrent radarobservatie tussen de verschillende windturbineparken, door een extra radarpost op de westelijke punt van de Bligh Bank

Voor een dergelijk bijkomend radarstation dient de vraag gesteld te worden naar mogelijke meervoudige reflecties en valse echo's, gezien de kortere afstand tot de windturbineparken. Hierbij dient ook de vraag gesteld te worden naar het eventueel nodige vermogen van dit extra radarstation. Op een volgende figuur geeft de rode cirkel het bereik van een dergelijke bijkomende radarpost, met een identiek vermogen als de huidige SRK radars.
Het is evenwel duidelijk dat een voldoende bewaking kan gerealiseerd worden met een kleiner bereik, wat ook de kans op foutieve valse echo's zou beperken.

Bovendien kan ook het volgende opgemerkt worden: enkel voor het gebied tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank is een adequate en correcte opvolging van het scheepvaartverkeer vereist. Voor de andere zones is een bewaking nodig, maar een valse echo zal NOOIT een verdachte beweging van een schip maskeren. Er zal steeds een tweede beeld ontstaan, dat echter altijd achter een schip of achter een windturbine zal gelegen zijn.
Zie hiervoor ook verder in detail bij de mogelijke effecten van meervoudige reflecties bij een scheepsradar in de onmiddellijke omgeving van een windturbine.

In elk geval zal een volledige detailstudie pas uitsluitsel kunnen geven omtrent:
- optimale inplanting van een extra radarpost, die meteen de volledige problematiek van opvolging en bewaking kan behandelen. Deze optimale inplanting dient niet alleen rekening te houden met de radarvereisten, maar ook met factoren als stabiliteit van de fundering, stroming, diepte van de zandbank op die plaats, etc. …

- definitie van het nodige bereik, waaruit ook het nodige vermogen van dit extra radarstation zou volgen.

- grondige analyse van de mogelijke inplanting in verband met de ligging van onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. … zodat de betreffende zones voldoende vrij en veilig blijven.

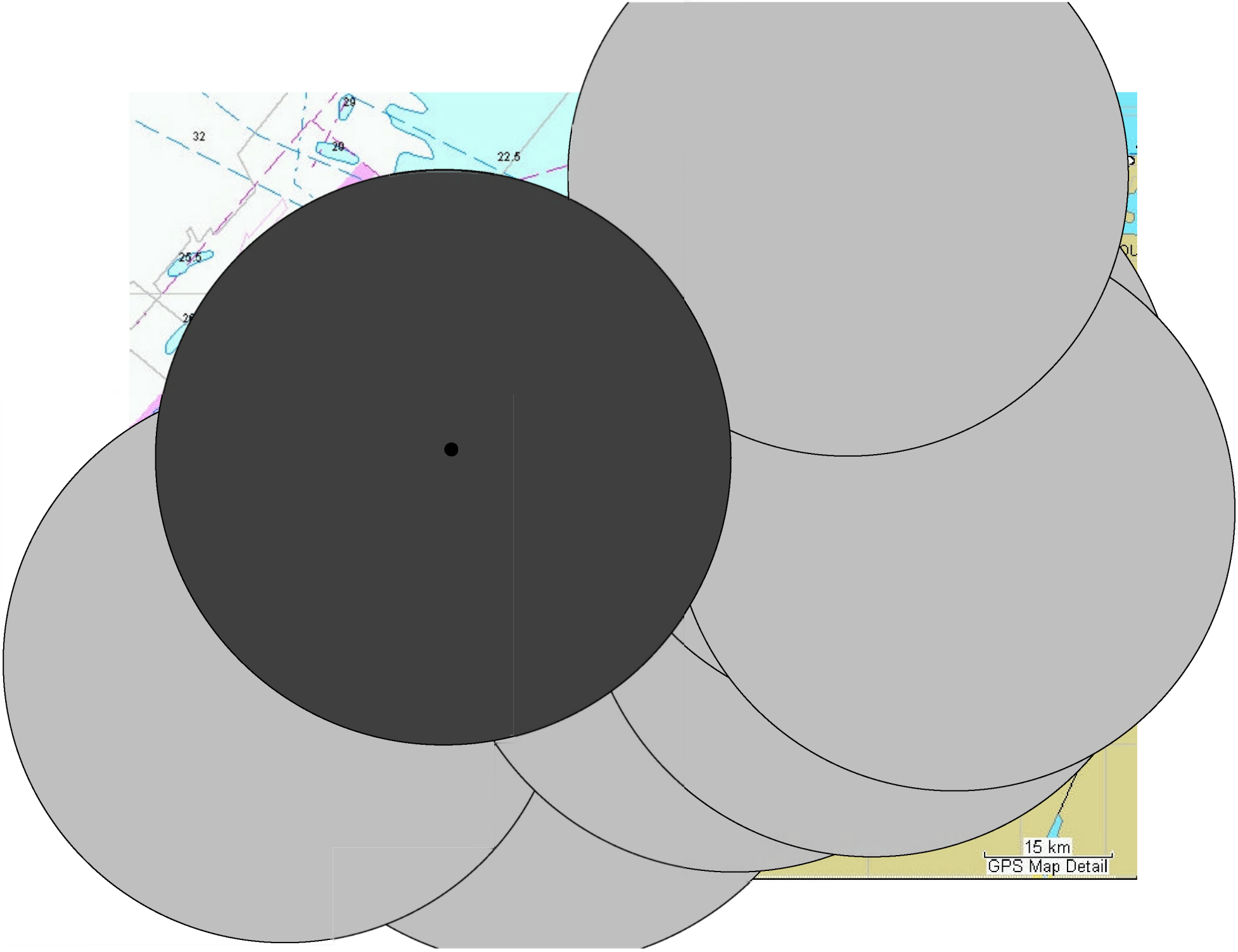
- afhankelijk van de voorgaande keuzes, kan slechts een idee gevormd worden omtrent het optreden van mogelijke meervoudige reflecties.

Het zal duidelijk zijn dat overleg zal nodig zijn tussen ALLE betrokken partijen bij deze projecten.

Verder zal in dit verband rekening gehouden worden met de uitkomst van een studie Safety@Sea, die typisch aandacht besteedt aan de veiligheidsaspecten van de scheepvaart bij off-shore windturbineparken. Momenteel zijn de resultaten van twee deelstudies in verband met off-shore windturbineparken beschikbaar. Als conclusie stelt men dat, wanneer geen scheepvaartverkeer **doorheen** de parken gebeurt, er geen verhoogd veiligheidsrisico naar mogelijke aanvaringen dient in acht genomen te worden.
De twee beschikbare studies worden in appendix 4 en 5 toegevoegd.

3.4.5 Besluit

Algemeen kan gesteld worden dat de invloed van een windturbinepark op de Thorntonbank in de praktijk een zekere invloed zal hebben op een correcte werking van de huidige radaropvolging door SRK, en dit voor het scheepvaartverkeer tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank. Voor de verder afgelegen zones zal de invloed nihil zijn, aangezien de inplanting buiten de normale reikwijdte ligt van de radarposten, met uitzondering van deze van Zeebrugge, en gedeeltelijk van Oostende en Westkapelle, waar de Bank zonder Naam en de Bligh Bank de grens van het bereik uitmaken.
Naar veiligheid en bewaking van de windturbineparken toe, zal het evenwel nodig zijn om een extra radarpost op een optimale plaats tov. de 3 projecten te voorzien. De volgende figuur toont de dekking aan, die door een dergelijke extra radar bekomen wordt (rode cirkel).


32
29
29
22.5
25.5
15 km
GPS Map Detail

3.2 Scheepsradar.

Een scheepsradar heeft een typisch piekvermogen van 10 kW, in een frekwentiegebied rond 10 GHz. Uiteraard zullen de turbines door de boordradar van schepen in de omgeving opgemerkt worden, wat alleen maar de veiligheid van de scheepvaart kan verhogen.
Het effect van dode zones of schaduwing is voor de situatie van de scheepsradar niet meteen van toepassing, gezien de oriëntatie van de vaartroutes tov. de ligging van de Bank zonder Naam, de Bligh Bank en eventueel de Thorntonbank, als de inplanting van de windturbines.
Verder dient hierbij in aanmerking genomen te worden dat de scheepsradar niet gebruikt wordt om voorwerpen achter een windturbinepark waar te nemen, doch wel de eigen vaarrichting correct waar te nemen. Zodat het effect van dode zones en schaduwvorming achter de windturbines feitelijk geen gevolgen heeft.

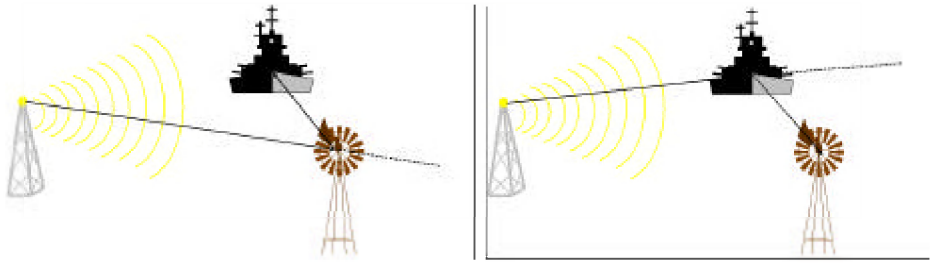
Het optreden van meervoudige reflecties kan echter wel aanleiding geven tot valse echo's en een verkeerde beeldvorming.

De inplanting en aanwezigheid van meerdere windturbineparken, zal gezien de onderlinge afstand tussen de verschillende windturbineparken, geen verdere invloed hebben op de waarnemingen aan boord via de scheepsradar.

3.2.1. Meervoudige reflecties

Het optreden van mogelijke meervoudige reflecties zal hierbij direct afhankelijk zijn van de volgende parameters:
- bundelbreedte van de scheepsradar-antenne en de bijhorende antennewinst
- radardoorsnede van de windturbinemasten en andere schepen
- effectief (piek)vermogen van de scheepsradar
- minimaal detecteerbaar niveau van de boordontvanger
- afstand tussen schip en windturbines (routes liggen op enkele km van de bank verwijderd)

Hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met twee situaties:
- reflectie windturbine/ander schip en terug naar radarantenne (links)
- reflectie ander schip/windturbine en terug naar radarantenne (rechts)



Figuur 3. Schematische voorstelling van meervoudige reflecties

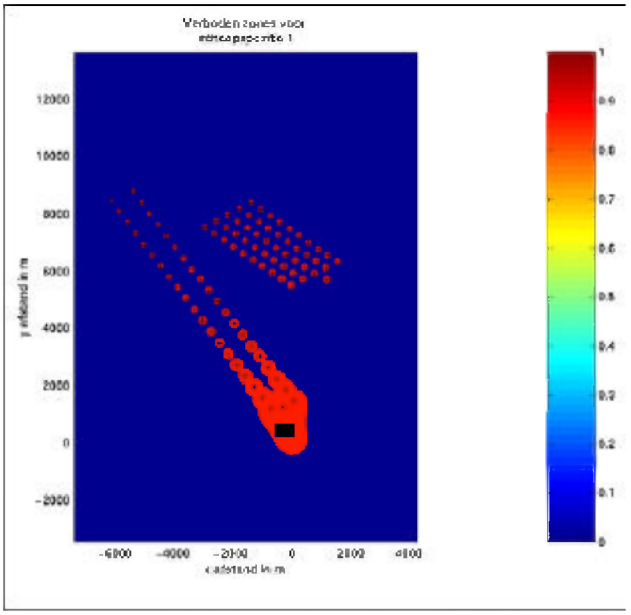
De radarbundel afkomstig van een scheepsradar (hier aangegeven door een antennemast met uitstralende bundel) reflecteert op een windturbine. Het nuttige signaal wordt rechtstreeks gereflecteerd naar de scheepsradar. Meervoudige reflecties kunnen ontstaan omdat een gedeelte van de radarbundel ook naar andere richtingen wordt gediffracteerd. Wanneer aan bepaalde voorwaarden voldaan is, kan een dergelijke afwijkende reflectie op een ander schip terecht komen, reflecteren naar de windturbine en terug naar de scheepsradar (links in figuur).

In dit geval wordt een “valse echo” bekomen, die een tweede object zou tonen, weliswaar achter de betreffende windturbine.

Op een analoge manier kan een “valse echo” ontstaan via een weg van scheepsradar naar een schip, afwijkend naar een windturbine en terug (rechts in figuur). In dit geval ontstaat een “valse echo”, die een tweede object zou tonen, achter het betreffende schip.

Voor meer details en berekeningsmethodes omtrent het optreden van meervoudige reflecties, wordt verwezen naar het overzichtsartikel in appendix 1 van deze studie.

De zones waarbinnen meervoudige reflecties kunnen optreden, dienen geschat worden tot op een afstand van ongeveer 1 km van het windturbinepark. Dit blijkt uit een meer generieke studie (zie appendix 1), waarbij het rode gebied de zones aangeven waarbinnen deze meervoudige reflecties kunnen optreden: de scheepsradar bevindt zich in het zwarte vierkant, en de rode zones geven telkens aan waar een tweede voorwerp een “valse echo” KAN creëren door de aanwezigheid van windturbines (beide assen zijn in meter uitgedrukt)



Figuur 4. Voorbeeld van zones met meervoudige reflecties

Er dient hier op gewezen te worden dat door de “korte” afstand tussen schip en windturbines, ook meervoudige reflecties kunnen optreden van turbine naar turbine, en terug.
Gezien de afstand tussen de verschillende windturbineparken zal een dergelijk verschijnsel zich alleen kunnen voordoen via reflecties op windturbinemasten van eenzelfde windturbinepark, en dient dit niet in aanmerking genomen te worden als mogelijk effect voor windturbines van verschillende parken.

Normaal zullen meervoudige reflecties hierbij slechts tijdelijk van aard zijn, gezien de voortbeweging van het schip. Dergelijke ‘valse’ echo’s zullen de veiligheid echter niet direct in gevaar brengen, gezien het feit dat de eventuele valse beelden zullen gecreëerd worden in en onmiddellijk achter het windturbinepark, dan wel uit dezelfde richting als een ander schip, en een correcte interpretatie van deze beeldvorming mogelijk is. Zij zullen bovendien nooit optreden tussen het schip en het eerste object dat moet waargenomen worden. Ook hier zal de transformatorcabine een rol spelen.

3.2.2. Besluit

Meervoudige reflecties kunnen optreden binnen bepaalde zones, voor wat de waarnemingen betreft met behulp van de scheepsradar. Deze meervoudige reflecties zijn tijdelijk van aard, gezien de vaart van het schip. Bovendien is de kans van optreden gering, gezien de beperkte zones waarbinnen objecten zich dienen te bevinden om deze "valse echo's" te genereren.
In elk geval zullen deze mogelijke "valse echo's" geen gevolg hebben op de veiligheid van de scheepvaart.

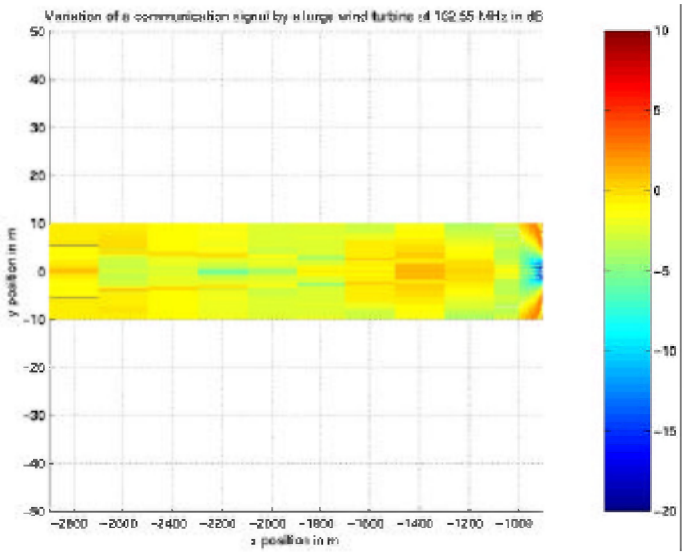
3.3 VHF marifone communicatiesystemen.

3.3.1. Invloed op de VHF radiocommunicatie

Algemeen dient gesteld te worden dat voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor de Thorntonbank bevindt, er zich geen enkele verandering voordoet met de huidige situatie.

Rekening houdend met de positie van de verschillende radiostations in Oostende, Zeebrugge, Vlissingen en Westkapelle (NL), kan gesteld worden dat er voor het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, een nauwkeurige simulatie van het radiopropagatiepad nodig is in het frekwentiegebied van marifone communicatie rond 150 - 160 MHz. Hierbij dienen de afstand van turbine tot zowel schip als kuststation in rekening gebracht te worden.

Een typische verzwakking door één windturbine voor dit frekwentiegebied, verkregen uit een dergelijke simulatie, wordt gegeven op de volgende figuur. Hierbij dient ook verwezen te worden naar het overzichtsartikel dat toegevoegd is in appendix 1 van deze studie.



Figuur 5. Verzwakking achter een windturbine voor het frekwentiegebied rond 150 MHz

De verzwakking van het VHF signaal is hierbij aangegeven, bij een afstand tussen windturbine en zendantenne van 1 km (1000 m). In de figuur wordt de x-as slechts weergegeven voor een afstand tot de zendantenne van 1100 m (of dus 100 m achter de windturbine – de zendantenne staat op een positie "0").

Het is hierbij duidelijk dat deze verzwakking slechts een paar dB kan bedragen in de directe lijn windturbine-zendantenne (de breedte van de zone is een paar 10-tal m, op de y-as af te lezen), en dat bij een voldoende open structuur van het windturbinepark er dus nagenoeg geen invloed zal waar te nemen zijn.

Ook kan gesteld worden dat een typische Fresnel-clearance zone voor het frekwentiegebied rond 150 MHz een transmissiepad vereist met een vrije breedte van 100 m tot 200 m. Gezien de vrije afstanden tussen de windturbines, zal communicatie doorheen het windturbinepark dus mogelijk zijn voor de verre scheepsroutes.

Verder dient het volgende opgemerkt te worden: alhoewel de radioverbindingen (vermogen en gevoeligheid van de ontvangers), een bereik hebben van zowat 70 km, zal het echte bereik dus beperkt worden door de kromming van de aarde. Zoals bij de havenradars, zal dus een maximaal bereik van ongeveer 40 km een betere realistische inschatting zijn.

In de praktijk liggen de windturbineparken op de Bank zonder Naam en op de Bligh Bank, op de grens van het normale radiobereik, gezien de afstand tot de kuststations.
Wanneer radiocontact dient gegarandeerd te worden met oa. scheepvaartverkeer voor onderhoud aan de windturbineparken, zou het aangewezen zijn om een ondersteunend relais-station meer in de nabijheid van de windturbineparken beschikbaar te hebben.

3.3.2. Besluit

De inplanting van de windturbineparken zal voor het marifone radioverkeer weinig verandering brengen in de actuele situatie. Wil men echter met grote werkzekerheid en kwaliteit van communicatie, radiocontact onderhouden met de verschillende windturbineparken, en het eventuele scheepvaartverkeer voor onderhoudswerkzaamheden, dan is het aangewezen om een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie beschikbaar te hebben. Een aangewezen positie hiertoe is meteen de positie van een extra radarstation, zoals hoger aangegeven.

3.4 RDF (Radio Direction Finder)

3.4.1. Mechanisme van RDF

Bij een RDF peilsysteem wordt een radiosignaal afkomstig van een schip, door het RDF station gecapteerd. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een speciale (omnidirectionele) antenne, die via een gepaste signaalverwerking een richting kan peilen.
Met behulp van meerdere peilstations kan men uit het snijpunt van de verschillende peilrichtingen, de plaats van het schip bepalen.

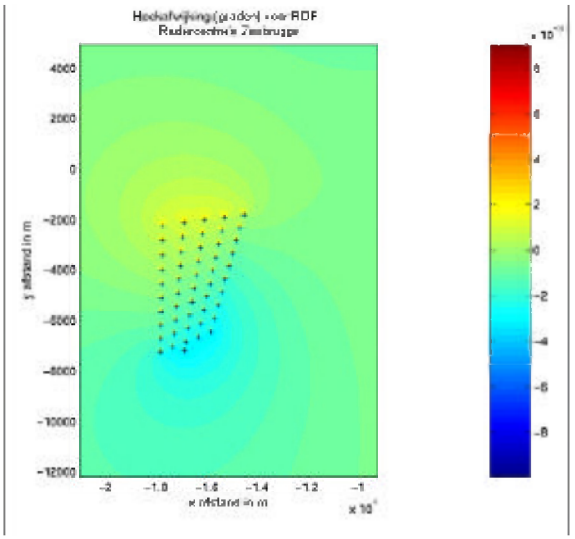
Indien er zich in de omgeving van het rechtstreekse transmissiepad een reflecterend voorwerp bevindt, dan kan een tweede golffront de RDF antenne bereiken, en dit vanuit een andere richting en met een andere fase dan het oorspronkelijke rechtstreekse signaal. Een typische peiling duurt 5 seconden, en dus zullen beide signalen zich samen stellen tot een nieuw signaal, dat als resultante uit een andere richting kan komen (zie artikel in appendix 1).

Praktisch dient gesteld te worden dat het storend signaal voldoende amplitude moet hebben om het oorspronkelijke signaal aanzienlijk te verstoren. Dit is direct afhankelijk van de radio-doorsnede van het reflecterende voorwerp, en van de afstand van dit voorwerp tot de RDF antenne. De grootste verstoring zal bovendien voorkomen indien het storend signaal onder een hoek van 90° binnenkomt tov. het rechtstreekse signaal.

Voor meer details omtrent de berekeningswijze, wordt verwezen naar het overzichtsartikel toegevoegd in appendix 1 van deze studie. Ter illustratie wordt in de onderstaande figuur een voorbeeld gegeven van de kleine hoekverstoringen bij RDF tengevolge van een windturbinepark.

RDF stations bevinden zich in Nieuwpoort, Zeebrugge en Haamstede. En er wordt gepeild vanaf de Westhinder, Steenbank en Vlissingen.

Peilingen vanaf de Westhinder en Vlissingen zullen niet beïnvloed worden, gezien de afstand van de Bank zonder Naam en de Bligh Bank tot de RDF stations (alhoewel dit voor het station van Zeebrugge de worst case toestand van een reflectie onder 90° is).
Zelfs indien door een zogenaamde "multi-path" propagatie, meerdere reflecties zouden aanwezig zijn (vb. één afkomstig van een windturbine op de Bligh Bank, en één op de Bank zonder Naam), dan is het signaalniveau van deze reflecties slechts van die aard dat de maximale fout voldoende klein zal blijven. De afstand van de windturbineparken tot de peilstations speelt hierin uiteraard een belangrijke rol.



Figuur 6. Voorbeeld van de hoekverstoringen voor de RDF bij een windturbinepark

Bij de peilingen vanuit Zeebrugge naar de Steenbank liggen rechtstreeks en gereflecteerd signaal quasi in lijn. Gegeven de relatief kleine radio-doorsnede van een windturbine en de afstand tussen de verschillende windturbineparken en de RDF stations, is ere een minimale invloed te verwachten. Een fout van ten hoogste 0,5° kan hierbij vooropgesteld worden.

Ook voor dit geval zou een nauwkeurige berekening/simulatie de bovengrens van de mogelijke foutieve richtingshoek kunnen vastleggen. Maar de maximale grootte van de fout is van die aard dat de veiligheid van het scheepvaartverkeer niet in het gedrang gebracht wordt.

Verder dient opgemerkt te worden dat het omschakelen van het oudere interferometer-systeem naar een nieuwe Watson-Watt installatie op het mechanisme en grootte van deze fout theoretisch gezien geen invloed heeft.

3.4.2. Besluit

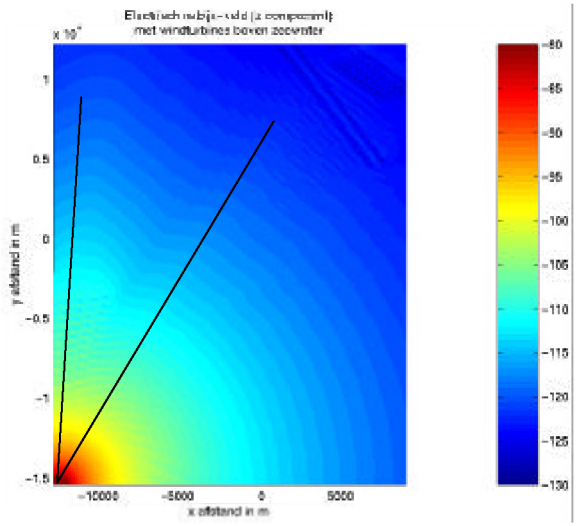
De mogelijke foutmarge ten gevolge van de windturbineparken, die bij het RDF systeem kan optreden valt volledig binnen de eigen foutmarge van het RDF detectiesysteem.

3.5 DGPS zender in Oostende

3.5.1. Bereik van het DGPS systeem bij 312 kHz

De DGPS zender in Oostende werkt op een (zeer lage) frekwentie van 312 kHz (wat dus een golflengte inhoudt van 960,9 m). Dit betekent dat alle windturbineparken zich – naar antenne normen – bevinden in de zogenaamde zone van "nabije veld".

Uit voorgaande studies blijkt dat de invloed van een windturbinepark binnen het nabije veld, slechts zeer minimale invloeden met zich mee brengt. Een voorbeeld is gegeven in de volgende figuur voor een concentratie met 3 turbines. Details omtrent de berekeningsmethodes (met NEC) zijn gegeven in het bijgevoegde artikel in appendix 1.
Gezien de afstand tussen de verschillende windturbineparken, kan gesteld worden dat deze effecten zich afzonderlijk per windturbinepark zullen voordoen en er geen directe beïnvloeding van de windturbineparken onder elkaar zal gebeuren.



Figuur 7. Voorbeeld van de kleine verstoringen op het DGPS signaal van een zender met windturbines in het nabije veld van de zendantenne.

3.5.2. Besluit

De inplanting van de off-shore windturbineparken zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.

3.6 AIS (Automatic Information System)

3.6.1. AIS systeem, en de bijhorende delay spread

AIS is een systeem van automatische informatie vergaring, dat gebruik maakt van de 'normale' marifone VHF kanalen 87b en 88b (rond 162 MHz) met een digitale vorm van datatransmissie. De transmissiesnelheid van de gegevens is 9600 bps baudrate.
Een dergelijke bitrate laat een delayspread van het gemoduleerde signaal toe van 104,16 µsec, zonder dat een fout bitpatroon zou gegenereerd worden.

Reflecties kunnen een tweede transmissiepad creëren, zodat dezelfde informatie tweemaal ontvangen wordt. Indien het looptijdverschil tussen beide paden te groot wordt, zal het systeem foutieve informatie capteren.

Een delay spread van 100 µsec zou een verschil in transmissieweg van 30 km toestaan.
Voor schepen in de nabijheid van het windturbinepark zal een dergelijk verschil in transmissiepad niet kunnen voorkomen.
Voor schepen op een grotere afstand, waarbij dit verschijnsel toch theoretisch mogelijk zou worden, dient dan rekening gehouden te worden met het bereik van de betreffende zendinstallatie. Zodat ook deze situatie als niet realistisch dient omschreven te worden.

Mocht besloten worden om een extra radarstation op het westelijke uiteinde van de Bligh Bank in te planten, samen met een ondersteunend radiostation voor de marifone communicatie, dan zou daar meteen kunnen gebruik van gemaakt worden om ook een extra relaisstation te voorzien om vanop de verder gelegen scheepvaartroutes, de AIS gegevens te ontvangen.

3.6.2. Besluit

De inplanting van de off-shore windturbineparken zal geen invloed hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem.

CONCLUSIES

1. De inplanting van de verschillende windturbineparken, zal de radaropvolging door SRK, zoals die momenteel gebeurt, niet direct in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor de Thorntonbank bevindt.

   Voor een goede opvolging van het scheepvaartverkeer tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, dient rekening gehouden te worden met de mogelijke schaduweffecten, zoals in de detailstudie omtrent het project op de Thorntonbank wordt aangegeven.

   Voor het gebied achter de Bank zonder Naam en achter de Bligh Bank, zullen zich schaduwzones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen. Doch dit gebied situeert zich sowieso op de limiet van bereikbaarheid.

   Voor een goede opvolging van alle scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windturbineparken (oa. voor onderhoudswerkzaamheden), en voor de feitelijke bewaking en beveiliging van de windturbineparken zelf, is het aangewezen om een extra radarstation te voorzien.

   In eerste instantie lijkt een optimale ligging op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, waardoor de waarneming rond de verschillende windturbineparken verzekerd wordt. Dit voorstel van alternatieve inplanting houdt duidelijk rekening met de aanwezigheid van de drie geplande windturbineparken, waar een eerder voorstel enkel rekening hield met een inplanting van een windturbinepark op de Thorntonbank.
   Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de noodzaak van een extra radarstation duidelijk is, maar de exacte locatie ook nog van andere factoren (zoals vrije zones van onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. …) zal afhangen.

   Ook dient gesteld te worden dat het type windturbine (3 MW, 5MW of 7MW) geen invloed zal hebben op deze situaties.

2. De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot elk windturbinepark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

3. Voor de marifone VHF communicatie kan gesteld worden dat enkel voor de communicatie op de Westrond-noord route en de verre routes enig voorbehoud dient gemaakt te worden. In die zin dat zowel de vrije Fresnel-zones tussen de turbines, als het effect van schaduwing en attenuatie door diffractie net achter de turbines enige invloed kunnen hebben.
   Maar ook hier dient duidelijk gesteld dat voor het gebied voor de Thorntonbank, er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand. Voor de verder gelegen zones is de werkelijke beperking het bereik van de radioinstallaties zelf.

Ook hier zou het aangewezen zijn om een extra ondersteunend relaisstation voor marifone communicatie te voorzien (bij voorkeur op dezelfde locatie als het extra radarstation), zodat een optimale radiocommunicatie met de verschillende windturbineparken en het scheepvaartverkeer ernaar toe kan gegarandeerd worden.

4. Voor de RDF systemen kan met zekerheid gesteld worden dat de invloed eerder minimaal en zelfs marginaal zal zijn, ook voor wat de verre routes betreft, met een maximale fout op de hoekbepaling van 0,5° .

5. De inplanting van de off-shore windturbineparken zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.

6. Aan de voorwaarden voor de delay-spread voor het AIS systeem wordt voldaan. Mocht besloten worden om een extra radarstation op het westelijke uiteinde van de Bligh Bank in te planten, samen met een ondersteunend radiostation voor de marifone communicatie, dan zou daar meteen ook kunnen gebruik van gemaakt worden om een extra relaisstation te voorzien om vanop de verder gelegen scheepvaartroutes, de AIS gegevens te ontvangen.

7. Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van de off-shore windturbineparken geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet en gelegen binnen het officieel werkingsgebied van SRK.
   Toch lijkt de inplanting van een extra radarstation, en een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie, aangewezen in verband met de opvolging van het toekomstige scheepvaartverkeer van en naar de betreffende windturbineparken.

8. Wel dient er op gewezen te worden dat de bewaking van het windturbinepark zelf in deze studie niet aan bod gekomen is. Voor deze opdracht dienen er gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om ook de verre kant van de off-shore parken adequaat te bewaken. Hierbij dient dus gedacht te worden aan een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte. Zoals hoger aangegeven lijkt een optimale locatie hiervoor het westelijke uiteinde van de Bligh Bank.

Prof.dr.ir.J.Catrysse
Brugge, 20 april 2007

Studie omtrent de mogelijke invloed van windmolenparken op de Noordzee met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

Mogelijke cumulatieve effecten

Aanvullende nota extra radarstation SRK

In opdracht van Ecolas
Met betrekking tot de projecten C-Power, ELDEPASCO en Belwind

Prof.dr.ir.J.Catrysse (30/04/2007)

Studie omtrent de mogelijke invloed van windmolenparken op de Noordzee met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

Mogelijke cumulatieve effecten: Aanvullende nota extra radarstation SRK

1. Inleiding.

In deze studie wordt nagegaan wat de mogelijke invloed is van de inplanting van verschillende windmolenparken op de Noordzee, met betrekking tot de normale werking van SRK-radar en de veiligheid op zee.

Het betreft inplantingen van off-shore windturbineparken op de Thornton Bank (project C-Power), Bank zonder Naam (project Eldepasco) en op de Bligh Bank (Belwind).

De betreffende radarstations worden beheerd door de Vlaams-Nederlandse instantie "Schelde Radar Keten" of afgekort SRK.

Hierbij wordt uitgegaan van de beschikbare informatie omtrent de SRK radarstations. In deze studie wordt nagegaan wat de mogelijke cumulatieve effecten kunnen zijn met betrekking tot de radarwaarneming, wanneer de drie windturbineparken zouden gerealiseerd worden.

2. Situering en actuele gegevens.

Deze studie omvat de invloed van een inplanting van windmolenparken op de Thornton Bank, op de Bank zonder Naam en op de Bligh Bank. Deze zandbanken bevinden zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland. De ligging ervan is duidelijk aangegeven in figuur 1.

Uit de gegevens verstrekt door oa. SRK blijkt dat er belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt in de totale zone tussen de kust en de Thornton Bank, maar ook tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank (de zogenaamde West-rond route). Er vindt geen belangrijk scheepvaartverkeer plaats in de onmiddellijke omgeving van de Bligh Bank, behalve tijdens de constructie, onderhouds- en ontmantelingswerkzaamheden van het windturbinepark.

De verschillende SRK radarstations kunnen de zeevaarttrafiek langs de kuststrook opvolgen, en dit gebied van de Noordzee wordt telkens door minstens 2 radarstations gedekt. Bovendien kan de SRK-havenradar van Zeebrugge de trafiek tussen de Bank zonder Naam en de Thornton Bank opvolgen, alhoewel dit niet meer tot het "officiële" observatiedomein van SRK behoort. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt veel noordelijker dan alle geplande off-shore windturbineparken, en kan momenteel helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK.

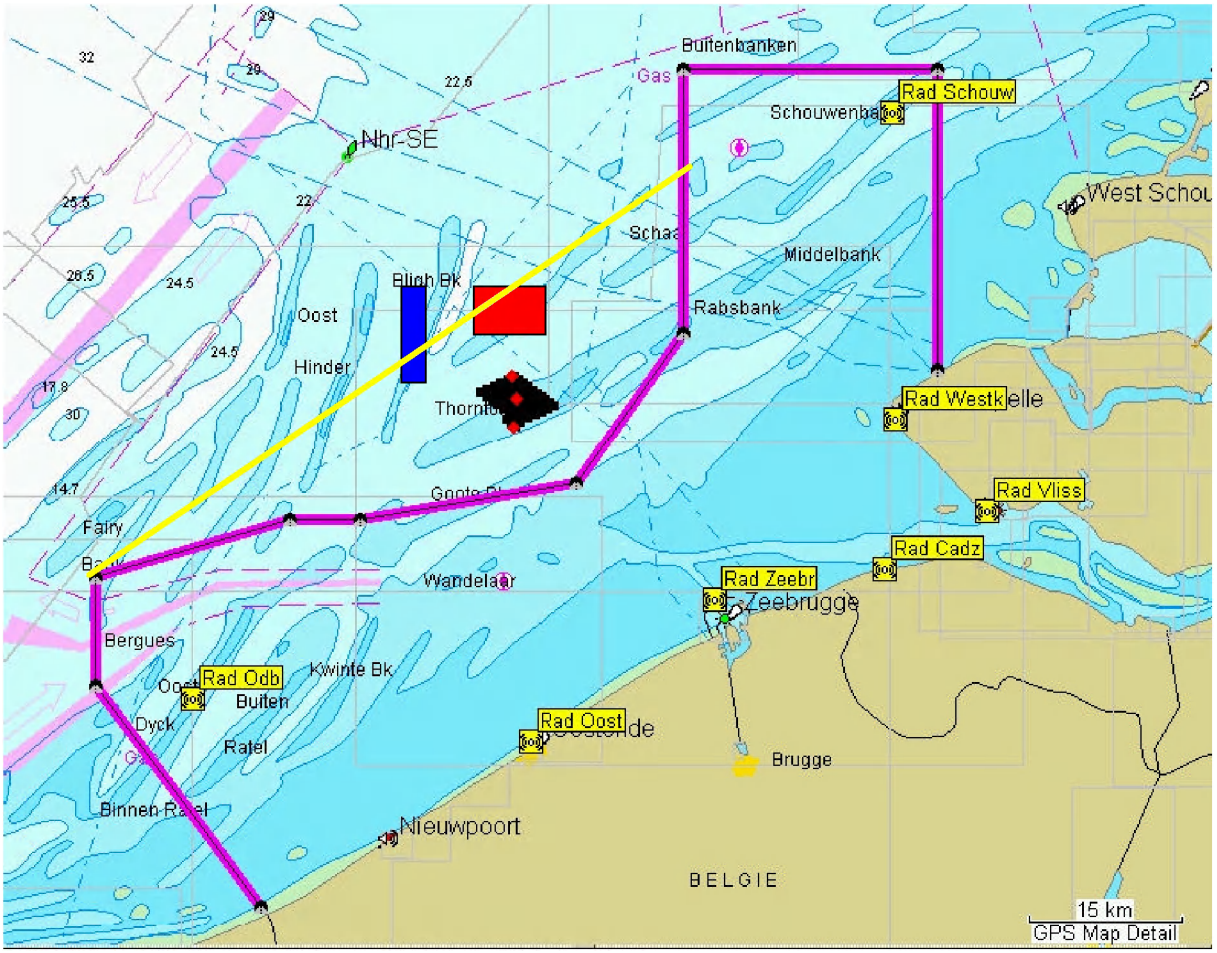
Om een en ander duidelijker voor te stellen in het geheel van de problematiek, wordt op de volgende kaart een overzicht gegeven van:

- officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie
- ligging van de verschillende SRK radarstations
- geplande off-shore parken op de Thorntonbank, Bank zonder Naam en Bligh Bank

Afstand in km tot midden van	Thorntonbank	Bank zonder Naam	Bligh Bank
Oostdijckbank	45,2 km	50,9 km	42,4 km
Oostende	33,9 km	42,5 km	39,6 km
Zeebrugge	25,4 km	33,9 km	38,2 km
Cadzand	39,6 km	43,8 km	50,9 km
Vlissingen	48,1 km	50,9 km	56,6 km
Westkapelle	36,7 km	39,6 km	53,7 km
Schouwenbank	50,9 km	42,5 km	53,7 km

Tabel 1. Afstand van SRK radarstations tot middelpunt off-shore WTparken

Bovenstaande tabel geeft de afstand van de verschillende radarstations van SRK tot het midden van de drie geplande off-shore windturbineparken.



Figuur 1. Ligging van de SRK radarstations en off-shore WTparken

Op figuur 1 zijn de verschillende radarstations van de SRK keten aangegeven, evenals het normale en "officiële" werkingsgebied (paarse lijn). Het is evenwel duidelijk dat het bereik van de verschillende radarstations verder reikt dan het officieel afgebakende gebied.

Voor het gebied dat in deze studie van belang is, wordt het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven door de gele lijn. Door de inplanting van de verschillende radarstations, wordt dit gebied afgedekt door minimaal twee radar-observatieposten. Zie ook de volgende figuur, waarbij het bereik van elk radarstation schematisch wordt aangegeven.

Het is daarbij ook duidelijk dat de mogelijke vaartroutes tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank in de huidige situatie zonder off-shore windturbineparken, op de radarschermen van Zeebrugge en Westkapelle (en gedeeltelijk Oostende) zichtbaar zijn voor wat grotere schepen betreft.

De actuele situatie zonder ingeplante windturbineparken is zo, dat de verschillende banken op de uiterste grens van de radarwaarnemingen liggen.

2.1. Radarstations

Er dient vooraf opgemerkt te worden dat het normale bereik van de SRK radar voor relatief grote schepen zowat 30 à 35 km bedraagt (en maximaal tot 42 km kan oplopen). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge, Oostende en Westkapelle. Alhoewel de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van SRK vallen (zie figuur 1 en appendix 3), wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch nog volledig door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door Oostende en Westkapelle.

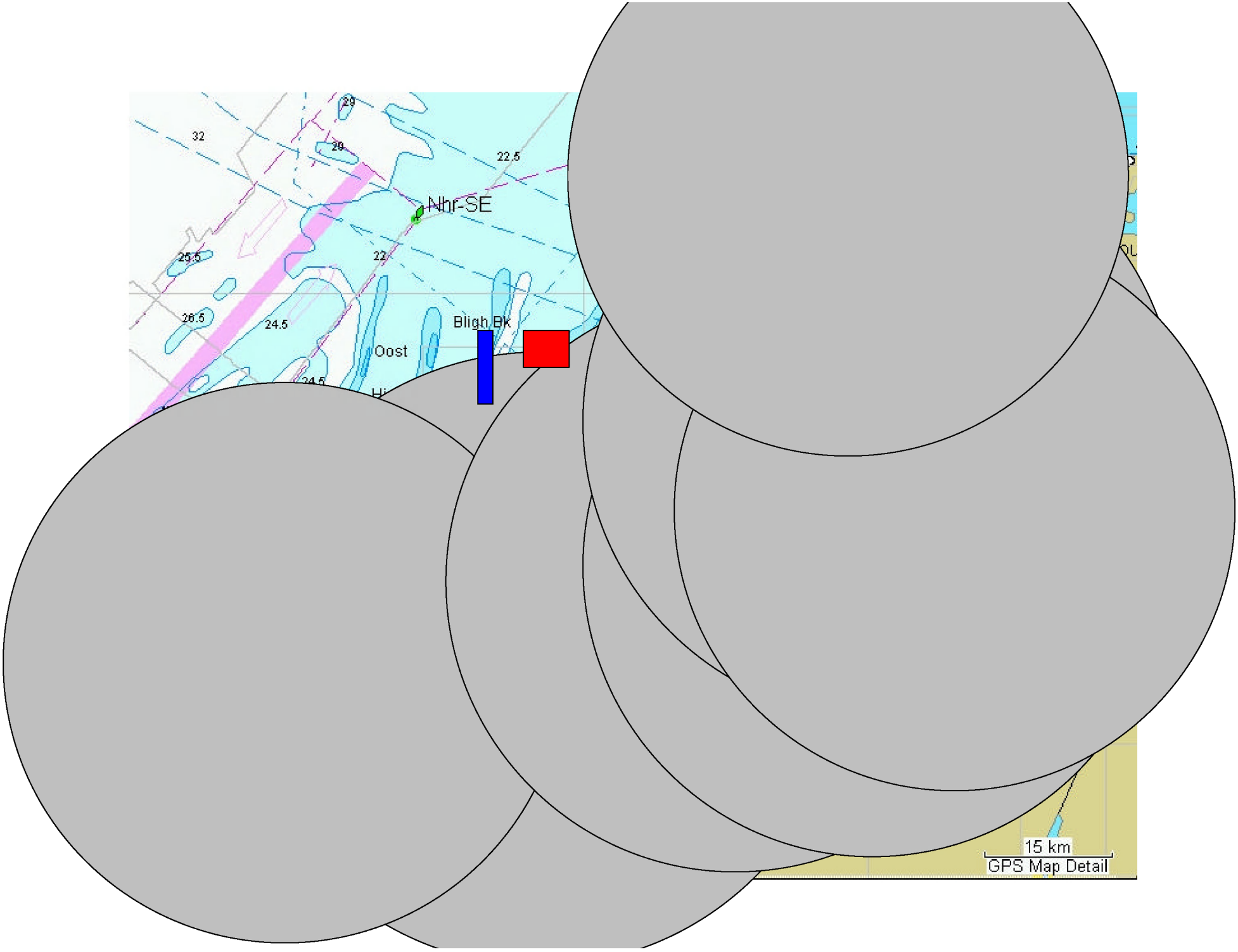
Gegevens van de SRK radarstations

Locatie	Positie UTM (ED50)			Hoogte (m)		Zend-/Ontvang frequentie (MHz)	PRF (Hz) ± 10%	Pulsduur (ns)	Min piekvermogen (kW)	Gevoeligheid ontvanger (dBm)	Tangentiële bundelbreedte		Vertikale bundelbreedte		Gain (dB)	Polarisatie
	Zone	Northing	Easting		ref.						-3 dB	-20 dB	-3 dB	-10 dB		
Nederland																
Westkapelle	31	5708234	530687	44,1	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
Vlissingen	31	5699173	539900	46,0	NAP	8.935	2.300	50	40	-99	0,400°	1,100°	15°	33°	34	vertikaal
Cadzand	31	5693366	529762	30,5	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
België																
Oostende	31	5676454	494817	39,8	NAP	8.935	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal
Zeebrugge	31	5690346	513062	39,2	NAP	9.065	2.000	200	40	-104	0,265°	0,770°	15°	33°	35	vertikaal

Tabel 2. Gegevens van de SRK radarstations

In bovenstaande tabel zijn de gegevens van de twee off-shore radarstations niet opgenomen, wegens niet direct relevant voor deze studie, aangezien de afstand tussen radarstation en het WTpark van die aard is, dat ze buiten het actieve observatiegebied van de betreffende radarstations vallen. Toch is het radarstation op de Schouwenbank belangrijk, om de scheepvaarttrafiek ten oosten van de windturbineparken te bewaken.

Bij de uitbating van de SRK radarketen, dient ervan uitgegaan te worden dat het werkbare gebied telkens door 2 radarposten dient afgedekt te worden, dit in verband met de hoge graad van zekerheid van waarneming, die vereist wordt voor een veilig scheepvaartverkeer.


29
32
29
22.5
Nhr-SE
25.5
22
26.5
24.5
Bligh Bk
Oost
24.5
15 km
GPS Map Detail

Zoals hoger aangegeven, biedt de combinatie van het beschikbaar piekvermogen, en de gevoeligheid van de ontvanger, een theoretische reikwijdte van 42 km. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de hoogte van de antennemast, de kromming van de aarde en de grootte van de schepen. Dit resulteert in een realistisch bereik voor grote containerschepen van maximaal 40 km, en voor de normale scheepvaart een bereik tussen 30 en 35-38 km.

De speling in afstand is functie van de "radardoorsnede" van de schepen. Meestal is er een speciale reflecterende voorziening aan boord, maar dan nog speelt de hoogte van ophanging een rol in verband met de zichtbaarheid achter de horizon, wegens de kromming van de aarde.

2.2. Windturbines.

Op het ogenblik van deze studie zijn de juiste types van de windturbines nog niet bekend. Toch kan ervan uitgegaan worden dat deze ongeveer de volgende kenmerken zullen hebben:

- masthoogte:	70 m (3 MW)	90 m (5 MW)	120 m (7 MW)
- mastdiameter voet:	5 m (3 MW)	6 m (5 MW)	8 m (7 MW)
- mastdiameter top:	5 m (3 MW)	4 m (5 MW)	6 m (7 MW)
- rotordiameter:	90 m (3 MW)	115 m (5 MW)	140 m (7 MW)
- gondel:	15 x 6 x 5 m (vermoedelijke afmetingen)		
- wieken:	kunststofmateriaal, met interne bliksemafleider		

Uit voorgaande studies voor SRK blijkt dat voor dergelijke grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Dit komt ondermeer door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaart-omgeving steeds een radar-transmissiepad beslaan tegen het aardoppervlak. Maar ook dat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere "effectieve radardoorsnede" uitmaken dan de mast zelf. Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen, blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt. Zie ook appendix 1.

Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windturbinepark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel, voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald.

2.3. Effecten van grote reflecterende voorwerpen op radargolven.

Grotere reflecterende voorwerpen kunnen de volgende effecten veroorzaken:

- dode zones en verzwakking van het signaal achter het voorwerp. Dit vermindert het normaal bereik van de installatie
- verzadiging van de ontvanger bij sterke reflecties op voorwerpen dichtbij het systeem
- valse echo's door multi-reflecties op andere voorwerpen (door verstrooiing)

Deze effecten dienen uiteraard gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging van de Bank zonder Naam ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar.

3. Effecten op de vaste radarinstallaties.

Uit de voorgaande tabel kan men de volgende "gemiddelde" eigenschappen vooropstellen voor een radar van de SRK keten:
- zendvermogen 40 kW (piek)
- antennewinst 34 dB
- hoogte 40 m
- minimaal detecteerbaar signaal – 104 dBm of - 134 dBW
- frequentie 9 GHz

Het bereik van de SRK radars komt daarbij theoretisch op 43,2 km bij een volledige reflectie van de radarbundel. In de praktijk zal 35 km echter een meer realistische waarde opleveren. Daarenboven dient nog rekening gehouden te worden met de kromming van het aardoppervlak. Bij een hoogte van 40 m voor de radarantenne is de horizonhoogte bereikt bij een afstand van 22,6 km. Indien het reflecterende voorwerp een hoogte heeft boven de zeespiegel van 15 m (wat zeker het geval kan zijn voor grotere schepen), dan bekomt men een afstand van 36,6 km.

Uit de afzonderlijke studies volgt duidelijk dat de windturbineparken op de Bank zonder Naam en op de Bligh Bank net op de grens ligt qua reikwijdte van alle actuele en geplande radarposten, met uitzondering van deze van Zeebrugge, en gedeeltelijk Oostende en Westkapelle.

Met behulp van de radarpost van Zeebrugge kan ook het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route nog voldoende opgevolgd worden. Evenwel dient in deze studie het effect van een windturbinepark op de Thorntonbank in aanmerking genomen te worden. Hierbij dient verwezen te worden naar de detailstudie "Studie van effecten van een windturbinepark op de Thorntonbank, deel 1 – RF studie" door Prof. Van Lil, 26/11/2002 in opdracht van C-Power.

3.4.1 Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale –3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor de radar van Zeebrugge 0.275°. Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 35 km openspreidt tot een breedte van ongeveer 300 m. Een mastbreedte van ongeveer 5 m laat dus toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.

De minimale afstand tussen windturbine en radarantenne, om het diffractiemodel te kunnen toepassen, is 1125 m voor de horizontale bundel en 298 m voor de vertikale bundel.
Dit houdt dus in dat enkel onmiddellijk achter de turbine een zware schaduwzone (dode zone) ontstaat, en dat verder (100m achter de turbine) er een zone van "verzwakt" radarsignaal ontstaat. Wel dient rekening gehouden te worden met een cumulatief effect, wanneer verschillende windturbines op rij achter elkaar geplaatst worden.

Dit is duidelijk het geval voor het windturbinepark op de Thorntonbank, omdat dit nog voldoende binnen het bereik van de SRK radars ligt. Het effect hiervan is dat een klein schip eventjes van het radarscherm verdwijnt, en een groter schip in twee stukken rond de windturbine zal waargenomen worden.

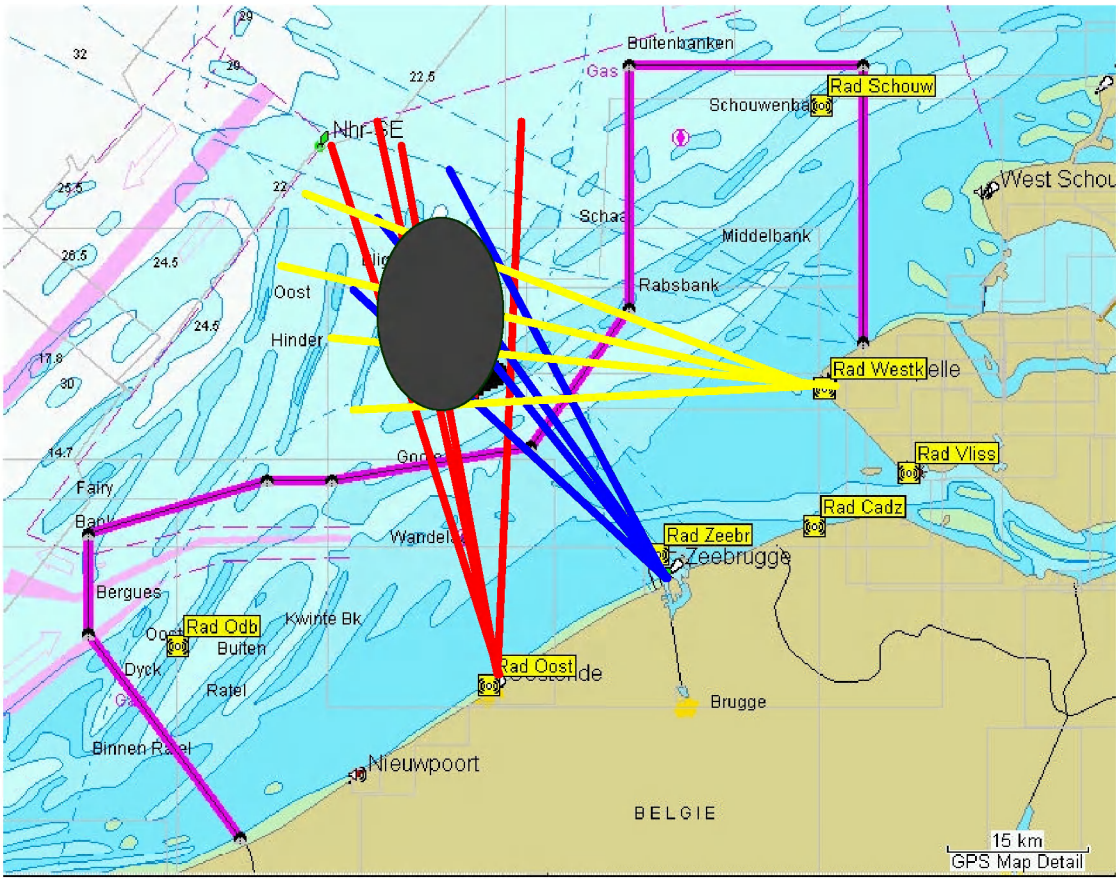
3.4.2 Schaduweffect – dode zones

Omdat de scheepvaartroute Westrond-noord tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank gelegen is, en dus ten opzichte van de radarpost van Zeebrugge voor de Bank zonder Naam gesitueerd is, maar achter de Thorntonbank gelegen is, zal dit laatste windturbinepark een duidelijke invloed hebben op de gevoeligheid van waarneming door het radarstation van Zeebrugge.
Uit de voorgaande figuren is het duidelijk dat ten oosten van de Thorntonbank, de radardekking nog als voldoende kan beschouwd worden, en in principe niet beïnvloed wordt door de verschillende windturbineparken. Immers, de radardekking ten oosten van de Thorntonbank wordt volledig bekomen via de radarstations van Zeebrugge, Cadzand, Vlissingen, Westkapelle en Schouwendijk.

Achter de Thorntonbank en ten westen ervan ontstaan schaduwzones, die dode zones zullen opleveren, gezien de betreffende windturbineparken reeds op de grens van het radarbereik liggen. Elke vermindering aan radarsignaal zal daar een effectieve dode zone opleveren.

Verder dient de vraag gesteld te worden naar de bewaking van de windturbineparken zelf, en de mogelijke scheepvaart in de directe omgeving van deze zones. Zonder op kwade bedoelingen te zinspelen, dient oa. rekening gehouden met de opvolging van scheepvaartverkeer dat voor het onderhoud van deze parken zou ingezet worden. En eventueel de opvolging van kleinere visserschepen, indien visserij in deze zones toegelaten zou worden.

In de volgende figuur wordt elk park beschouwd als één aaneengesloten geheel, zodat op een eenvoudige manier de zones bekomen worden waarin de schaduweffecten zullen optreden.



Figuur 2. Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones

Hierbij dient opgemerkt te worden dat binnen het aangegeven gebied, de zones van schaduw en dode zone slechts als lijnen zullen voorkomen, gezien de structuur van het windturbinepark. Hiervoor wordt verwezen naar de verschillende studies omtrent de effecten van elk windturbinepark afzonderlijk.

Toch dient rekening gehouden te worden met het optredende effect, en zal – niettegenstaande de waarneming vanuit de drie betreffende SRK radarstations telkens een andere richting van deze schaduwlijnen meebrengt – de bewaking van de scheepvaartzone tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank "problematisch" worden. Dit komt door de verzwakking van het radarsignaal achter de Thorntonbank, ten gevolge van het windturbinepark op de Thorntonbank.

Zie hiervoor ook verder in 3.1.4. omtrent veiligheid en bewaking.

3.4.3 Meervoudige reflecties.

Bij meervoudige reflecties kunnen valse echo's ontstaan, die aanleiding kunnen geven tot een 'virtueel' voorwerp in de lijn van het hoofdobject, maar op een andere positie. Gezien de afstand tussen de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank, en de radarposten van Zeebrugge, Oostende en Westkapelle, dienen meervoudige reflecties tussen windturbines en radarantenne helemaal niet in aanmerking genomen te worden.

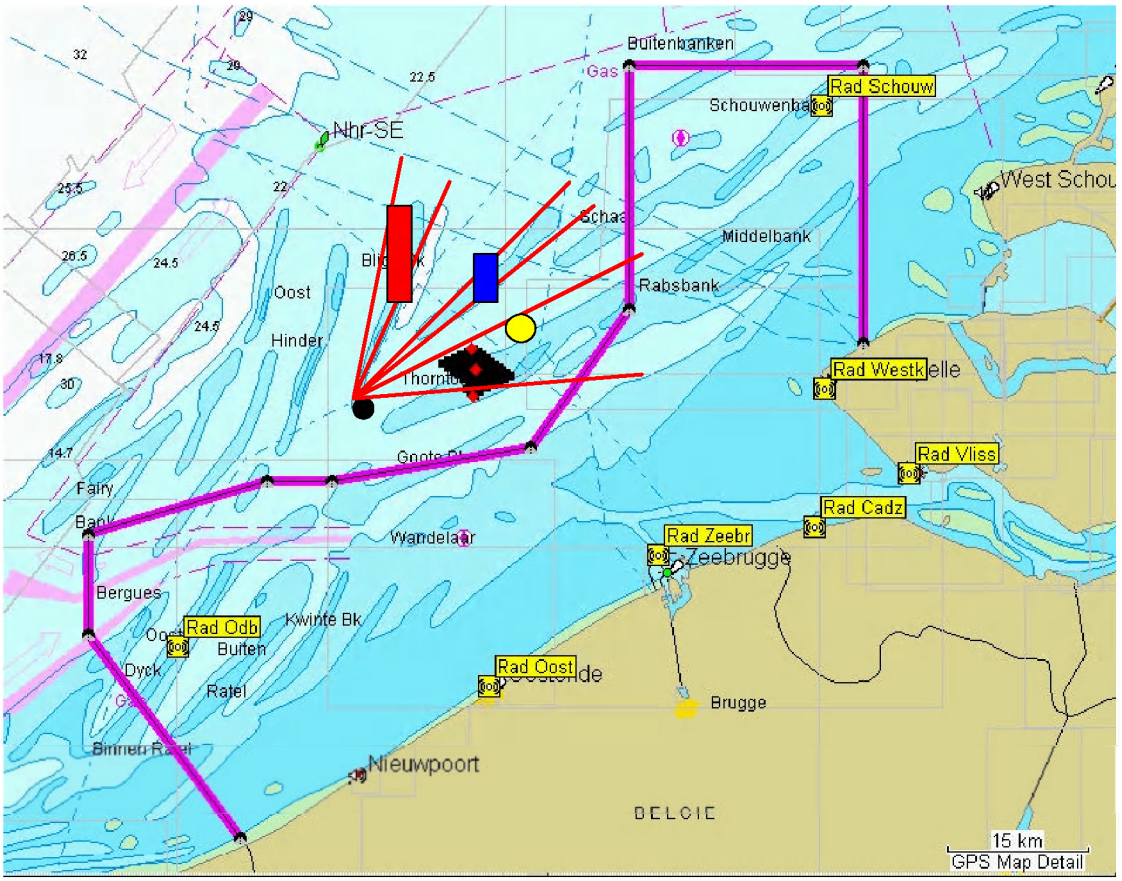
3.4.4 Veiligheid

Omwille van de bewaking en de veiligheid van de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, de bewaking van de windturbineparken zelf, en de opvolging van scheepvaartverkeer (oa. voor onderhoudsdoeleinden) in de onmiddellijke nabijheid van de windturbineparken, wordt hier een advies geformuleerd over een bijkomend radarstation voor de SRK-keten.
Op figuur 2 is duidelijk te zien waar het feitelijke probleemgebied zich voordoet (groene zone op de figuur). Gecombineerd met de bestaande radardekking aan de oostelijke zijde van het totale gebied, is het duidelijk dat het probleem zich acuut stelt vanuit de westelijke zijde van de verschillende parken.

Rekening houdend met de inplanting van de verschillende windturbineparken op de diverse zandbanken, en rekening houdend met een "gemakkelijke" inplanting van een extra radarstation, lijkt in eerste instantie een mogelijke inplanting voor de hand te liggen: namelijk de uiterste westelijke punt van de Bligh Bank. Dit is duidelijk te zien op de volgende figuur. Toch dient aandacht besteed aan andere factoren, zoals onderzeese kabels, pijpleidingen, …

In een vorige studie en rapport werd rond de problematiek van veiligheid op de Westrond-route en de bewaking van het windturbinepark op de Thorntonbank, een voorstel geformuleerd voor een extra radarstation op de Thorntonbank zelf (ongeveer de gele cirkel op figuur 3). Het is hierbij duidelijk dat deze inplanting optimaal de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank kan opvolgen, maar dat er probleemzones zullen ontstaan achter de windturbineparken van de Bank zonder Naam en de Bligh Bank.

De inplanting van een extra radarstation op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, in plaats van een oostelijke ligging op de Thorntonbank, biedt zowel een optimale begeleiding van de Westrond-route, als een bewaking tot en met de achterzijde van de windturbineparken.



Figuur 3. Schematische voorstelling omtrent radarobservatie tussen de verschillende windturbineparken, door een extra radarpost op de westelijke punt van de Bligh Bank

Voor een dergelijk bijkomend radarstation dient de vraag gesteld te worden naar mogelijke meervoudige reflecties en valse echo's, gezien de kortere afstand tot de windturbineparken. Hierbij dient ook de vraag gesteld te worden naar het eventueel nodige vermogen van dit extra radarstation. Op een volgende figuur geeft de rode cirkel het bereik van een dergelijke bijkomende radarpost, met een identiek vermogen als de huidige SRK radars.
Het is evenwel duidelijk dat een voldoende bewaking kan gerealiseerd worden met een kleiner bereik, wat ook de kans op foutieve valse echo's zou beperken.

Bovendien kan ook het volgende opgemerkt worden: enkel voor het gebied tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank is een adequate en correcte opvolging van het scheepvaartverkeer vereist. Voor de andere zones is een bewaking nodig, maar een valse echo zal NOOIT een verdachte beweging van een schip maskeren. Er zal steeds een tweede beeld ontstaan, dat echter altijd achter een schip of achter een windturbine zal gelegen zijn.
Zie hiervoor ook verder in detail bij de mogelijke effecten van meervoudige reflecties bij een scheepsradar in de onmiddellijke omgeving van een windturbine.

In elk geval zal een volledige detailstudie pas uitsluitsel kunnen geven omtrent:

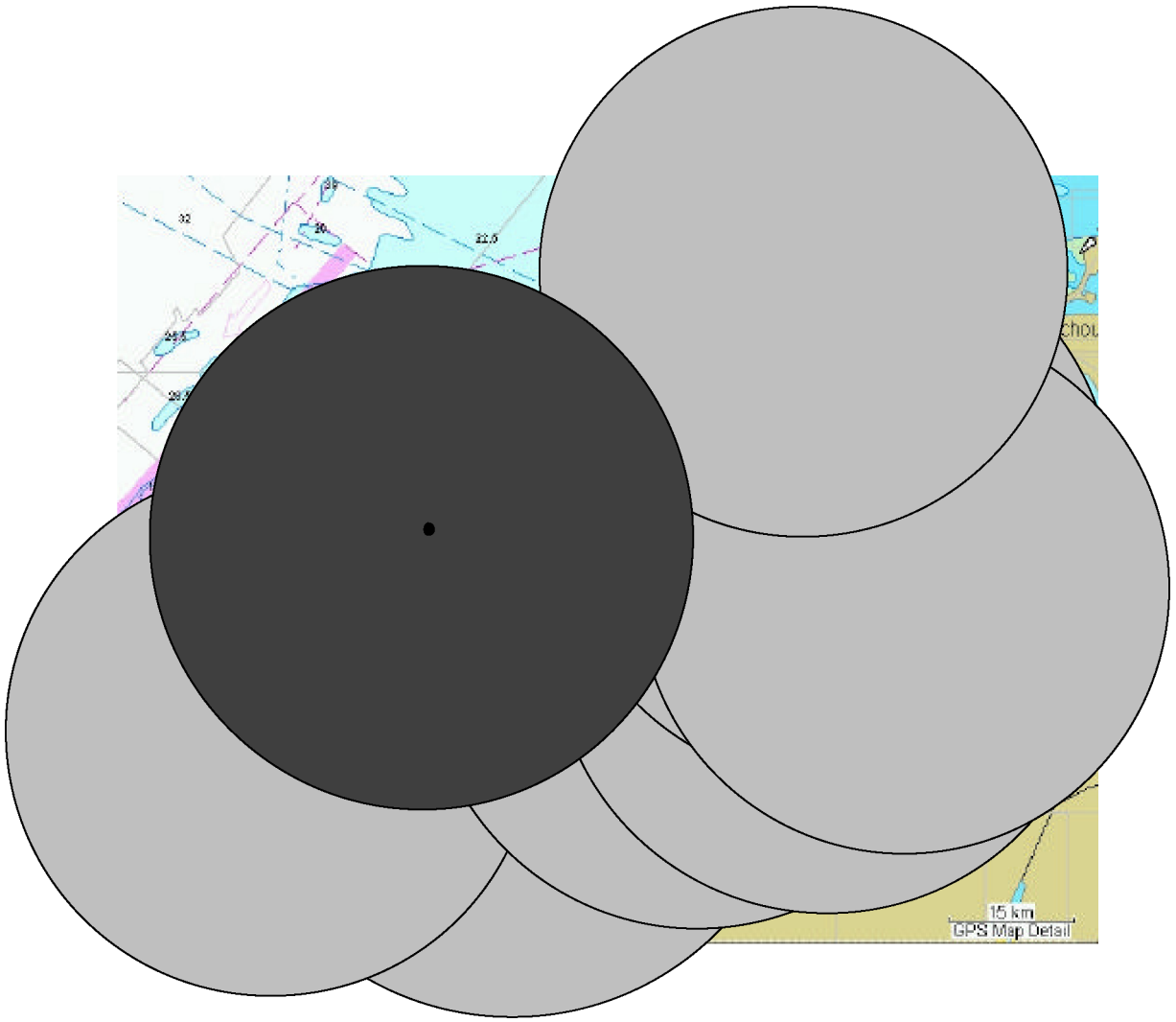
- optimale inplanting van een extra radarpost, die meteen de volledige problematiek van opvolging en bewaking kan behandelen. Deze optimale inplanting dient niet alleen rekening te houden met de radarvereisten, maar ook met factoren als stabiliteit van de fundering, stroming, diepte van de zandbank op die plaats, etc. …

- definitie van het nodige bereik, waaruit ook het nodige vermogen van dit extra radarstation zou volgen.

- grondige analyse van de mogelijke inplanting in verband met de ligging van onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. … zodat de betreffende zones voldoende vrij en veilig blijven.

- afhankelijk van de voorgaande keuzes, kan slechts een idee gevormd worden omtrent het optreden van mogelijke meervoudige reflecties.

Het zal duidelijk zijn dat overleg zal nodig zijn tussen ALLE betrokken partijen bij deze projecten.



Figuur 4. Voorstel inplanting extra radarstation op westelijk uiteinde Bligh Bank
met inschatting van de radardekking van de verschillende radarstations

Algemeen kan gesteld worden dat de invloed van een windturbinepark op de Thorntonbank in de praktijk een zekere invloed zal hebben op een correcte werking van de huidige radaropvolging door SRK, en dit vooral voor het scheepvaartverkeer tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank. Voor de verder afgelegen zones zal de invloed quasi nihil zijn, aangezien de inplanting buiten de normale reikwijdte ligt van de radarposten, met uitzondering van deze van Zeebrugge, en gedeeltelijk van Oostende en Westkapelle, waar de Bank zonder Naam en de Bligh Bank de grens van het bereik uitmaken.

Naar veiligheid en bewaking van de windturbineparken toe, zal het evenwel nodig zijn om een extra radarpost op een optimale plaats tov. de 3 projecten te voorzien. De vorige figuur toont de dekking aan, die door een dergelijke extra radar bekomen wordt (rode cirkel).

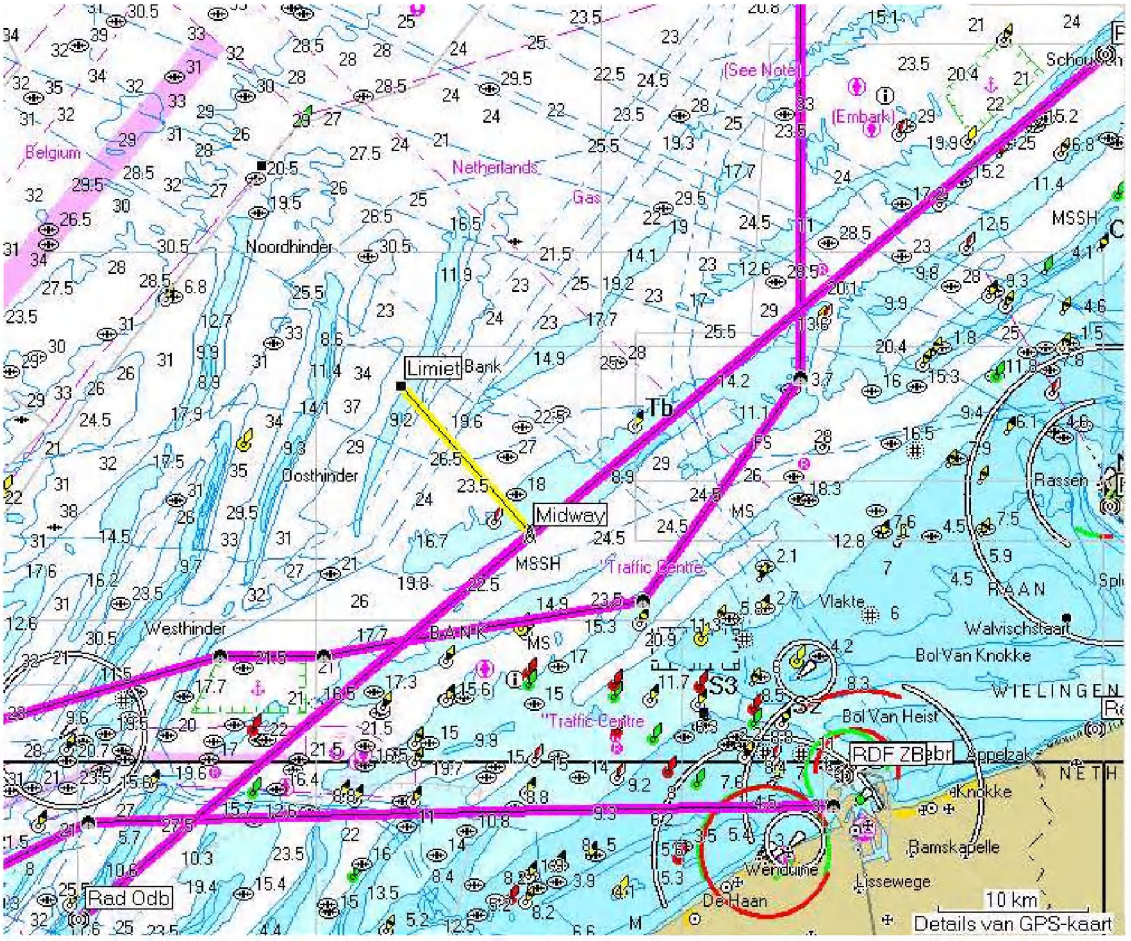
Verder zal in dit verband rekening gehouden worden met de uitkomst van een studie Safety@Sea, die typisch aandacht besteedt aan de veiligheidsaspecten van de scheepvaart bij off-shore windturbineparken. Momenteel zijn de resultaten van twee deelstudies in verband met off-shore windturbineparken beschikbaar. Als conclusie stelt men dat, wanneer geen scheepvaartverkeer **doorheen** de parken gebeurt, er geen verhoogd veiligheidsrisico naar mogelijke aanvaringen dient in acht genomen te worden.

De twee beschikbare studies worden in appendix 4 en 5 toegevoegd.

3.5 Alternatieve inplantingen

Zoals hoger reeds aangehaald, zijn er naast de overwegingen qua "radarzichtbaarheid", nog tal van andere factoren van belang bij een voorstel tot inplanting van een extra radarstation. Hierbij kan reeds a priori aandacht besteed worden aan de vrije zones rond de onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. …
Een gevolg is dat het eerste voorstel om op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank een extra radarstation te voorzien, niet optimaal is naar deze bijkomende vereisten. Op de volgende kaart zijn verschillende kabelroutes en pijpleidingen aangegeven, en blijkt het uiterst westelijke punt van de Bligh Bank niet meteen zonder problemen te zijn.

Zowel vanuit radarstandpunt, als rekening houdend met bijkomende vereisten van vrij te houden zones, lijkt een mogelijke inplanting op de gele lijn van de volgende figuur een goede keuzemogelijkheid.



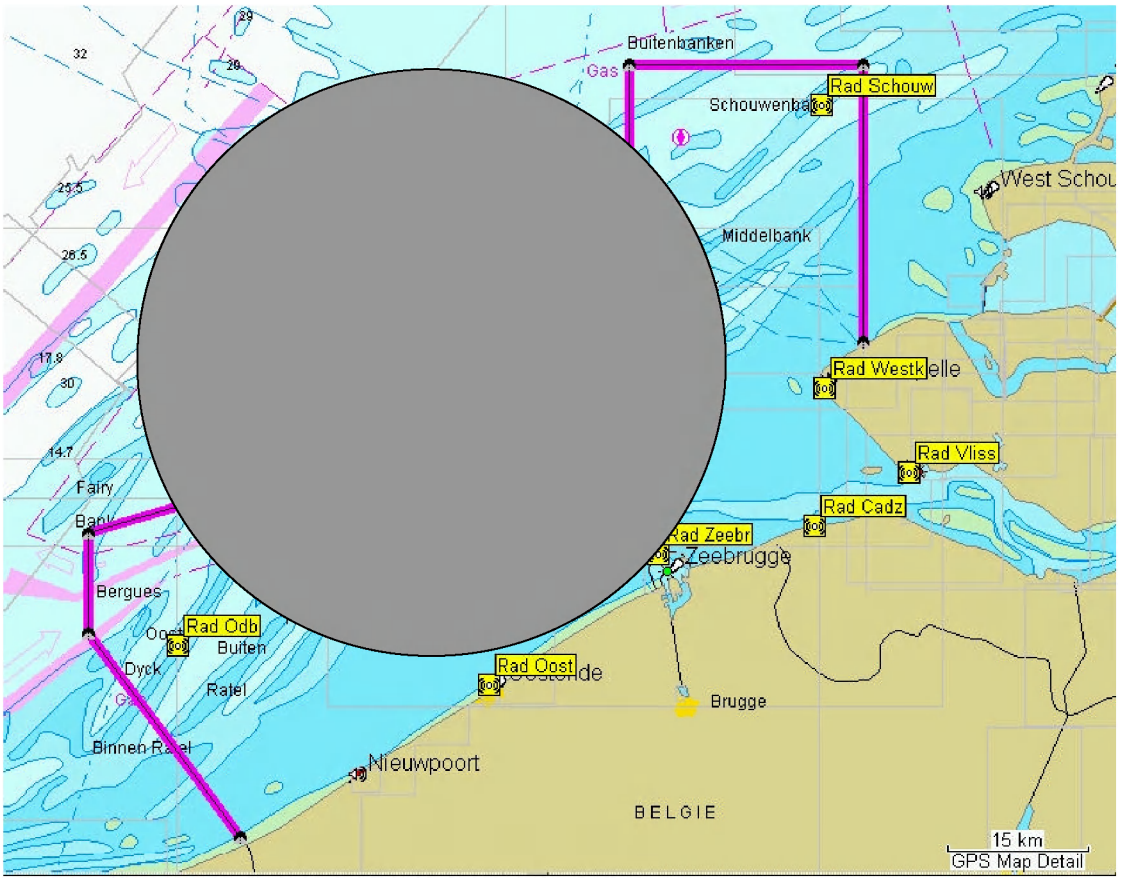
Figuur 5. Mogelijke inplantingszone voor extra radarstation

Hierbij worden nu twee alternatieve inplantingen voorgesteld, namelijk aan de westelijke zijde van de Thorntonbank, en halverwege de Bligh Bank.

3.5.1 Thorntonbank

Een inplanting aan de westelijke kant van de Thorntonbank kan overwogen worden. Deze inplanting zou uiteraard het verkeer op de Westrond-route, tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, optimaal bewaken.

Voor de bewaking van de achtergelegen zones van de windturbineparken op de Bank zonder Naam en de Bligh Bank, worden bij deze inplanting echter (extra) vereisten gesteld aan de uitlijning van de windturbines met betrekking tot dit extra radarstation, zodat de betreffende windturbineparken een voldoende "open" structuur behouden. Enkel op die manier kan eventueel scheepvaartverkeer en bewaking aan de achterzijde van beide windturbineparken efficiënt gegarandeerd worden.

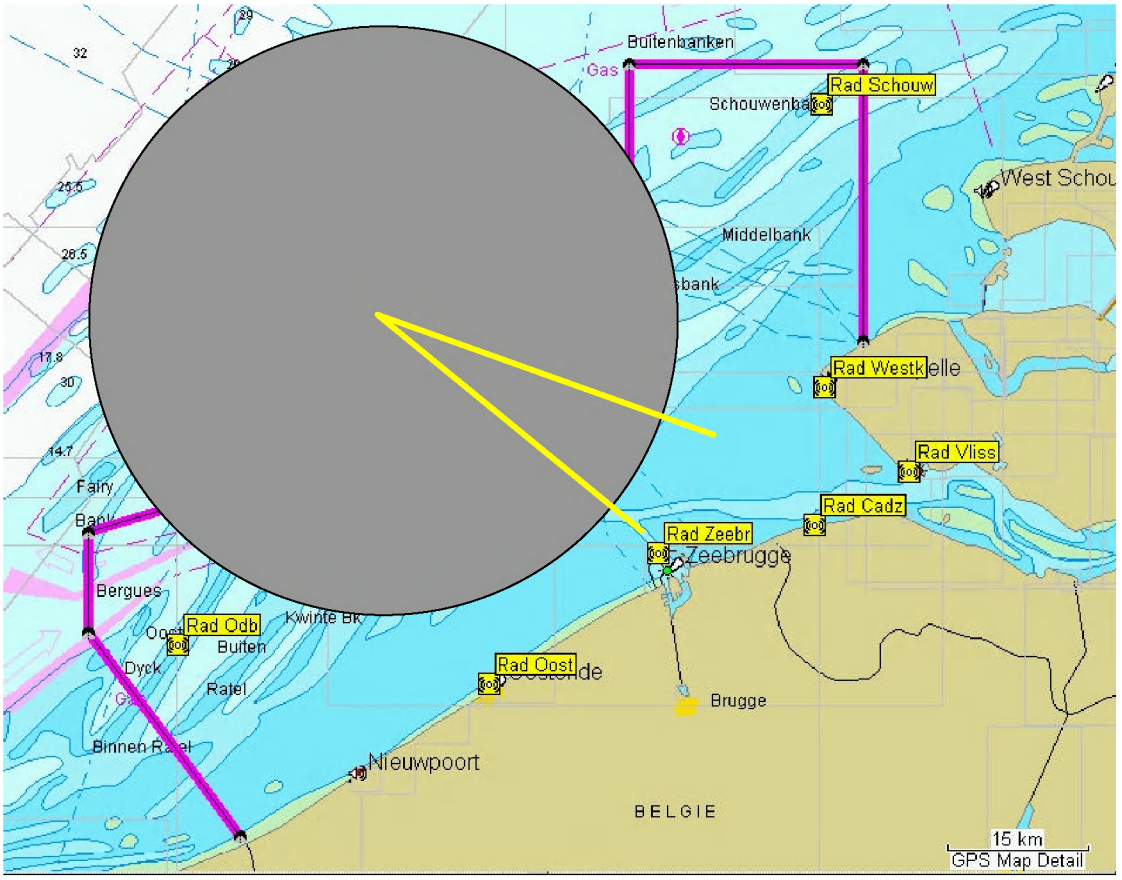


Figuur 6. Alternatieve inplanting op de Thorntonbank, met mogelijke schaduwzones achter de Bank zonder Naam en de Bligh Bank

Bij een gepaste uitlijning van de windturbineparken naar dit nieuwe radarstation toe, biedt deze inplanting een volledig open bewaking voor de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, en voldoende bereik voor de bewaking achter de betreffende windturbineparken.

3.5.2 Bligh Bank

Een tweede mogelijkheid, zonder verdere beperking van vrije zones, is een inplanting halverwege de Bligh Bank, aan de westelijke zijde.
Zoals op de volgende figuur te zien, biedt deze inplanting een nagenoeg "open" bewaking naar zowel de achterliggende gebieden van de Bank zonder Naam en de Bligh Bank zelf, als naar de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank.



Figuur 7. Alternatieve inplanting op de Bligh Bank

Een mogelijke schaduwzone die vanuit deze radar "achter" de Thorntonbank kan ontstaan, speelt hier geen enkele rol, aangezien dit gebied in feite "voor" de Thorntonbank gelegen is voor de huidige SRK radars, en er ook volledig door wordt afgedekt.

Deze mogelijke schaduwzone wordt aangegeven met de gele lijnen in bovenstaande figuur 7.

3.5.3 Bank zonder Naam

Een mogelijke inplanting op de westelijke zijde van de Bank zonder Naam is minder aangewezen, zowel vanuit het standpunt van radardekking, als in verband met de mogelijke vereisten van voldoende vrije zone rond onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. …

CONCLUSIE

De inplanting van de verschillende windturbineparken, zal de radaropvolging door SRK, zoals die momenteel gebeurt, niet direct in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor de Thorntonbank bevindt.

Voor een goede opvolging van het scheepvaartverkeer tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, dient rekening gehouden te worden met de mogelijke schaduweffecten, zoals in de detailstudie omtrent het project op de Thorntonbank wordt aangegeven.

Voor het gebied achter de Bank zonder Naam en achter de Bligh Bank, zullen zich schaduwzones aftekenen. Daar dit gebied zich situeert op de limiet van bereikbaarheid, is voor de bewaking en veiligheid een bijkomende observatiepost hierbij aangewezen.

Voor een goede opvolging van alle scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windturbineparken (oa. voor onderhoudswerkzaamheden), en voor de feitelijke bewaking en beveiliging van de windturbineparken zelf, is het dus aangewezen om een extra radarstation te voorzien op een gepaste locatie.

In eerste instantie lijkt een optimale ligging op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, waardoor de waarneming rond de verschillende windturbineparken verzekerd wordt. Dit voorstel van alternatieve inplanting houdt duidelijk rekening met de aanwezigheid van de drie geplande windturbineparken, waar een eerder voorstel enkel rekening hield met een inplanting van een windturbinepark op de Thorntonbank.
Evenwel zijn er bijkomende restricties rond vrije zones waar onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. … gelegen zijn.
In dit verband is een alternatieve inplanting dichter bij de windturbineparken eerder aangewezen. Twee mogelijkheden dienen zich aan, waarbij ook rekening gehouden wordt met de nodige energievoorziening voor dit extra radarstation. Immers, wanneer dit niet al te ver van een windturbinepark gelegen is, kan via de nodige installaties van dit windturbinepark, ook in de energievoorziening van het radarstation voorzien worden.

Beide voorgestelde alternatieven hebben voordelen en nadelen, in verband met optimale bewaking van de Westrond-route en de bewaking van de achtergelegen zijden van de windturbineparken op de Bank zonder Naam en de Bligh Bank. In een enkel geval zou een gepaste uitlijning van de windturbines tot een optimaal resultaat kunnen leiden.

Als eindconclusie kan dus gesteld worden dat:
- een extra radarstation noodzakelijk is, in verband met veiligheid en bewaking van alle mogelijke scheepvaarttrafiek van, naar en rond de betreffende windturbineparken
- een aantal mogelijke locaties voldoende radardekking bieden
- verder overleg nodig is met alle betrokken partijen, nl. SRK naar de prioritaire eisen die gesteld kunnen worden naar veiligheid en bewaking,
  en de projectontwikkelaars van de verschillende windturbineparken, naar inplanting, realisatie, voorzieningen van energie, en mogelijke uitlijning van sommige windturbines

Prof.dr.ir.J.Catrysse
Brugge, 30 april 2007

Lijst van afkortingen

SRK Schelde Radar Keten, de Vlaams-Nederlandse instantie die instaat voor het beheer van en toezicht op het scheepvaartverkeer in de Noordzee

VHF Very High Frequency en Ultra High Frequency, geven de frekwentiebanden
UHF aan van radio communicatie. Voor de marifone systemen wordt VHF gebruikt tussen 150 MHz en 165 MHz

RF Radio Frequente systemen

RDF Radio Direction Finder, een systeem dat met behulp van richtingsgevoelige antennes en de nodige signaalverwerking, een peilrichting van een zender kan aangeven. Door vanop verschillende plaatsen te peilen, kan men uit het snijpunt van verschillende peilrichtingen, de plaats van een zender bepalen (in casu hier: van het schip)

DGPS Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties

AIS Automatic Information System, een datacommunicatie systeem voor de scheepvaart, waarbij op één van de marifone kanalen, digitale informatie doorgestuurd wordt omtrent de identiteit en de lading van het schip. Voor correcte ontvangst van de gegevens dient de gecodeerde digitale informatie aan bepaalde timing vereisten te voldoen, in casu de "delay spread"

Delay Spread Het verschil in tijd (door verschillende transmissiepaden) van de binnenkomende digitale informatie (pulsen), die al of niet als één of verschillende pulsen (of bits) zullen geïnterpreteerd worden.

dBm Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBm is precies gelijk aan een vermogen van 1 milliWatt.

dBW Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBW is precies gelijk aan een vermogen van 1 Watt (en ook gelijk aan 30 dBm).

- 3 dB Deze waarde geeft aan dat nog slechts de helft van het vermogen beschikbaar is. Bij een radarbundelbreedte, wordt deze waarde gebruikt om de "openingshoek" van de radarbundel aan te geven, waarbij dus de helft van het vermogen beschikbaar is tov. de hoeveelheid vermogen in de directe hoofdrichting van de radarbundel.

Appendix 1: Copie paper COST 273

EUROPEAN COOPERATION
IN THE FIELD OF SCIENTIFIC
AND TECHNICAL RESEARCH

EURO-COST

COST 273 TD(02) 124
Lissabon, Portugal
2002, September 19-20
(WG2)

SOURCE: K.U.Leuven,
Division ESAT-TELEMIC
Belgium

COMPUTATIONS OF THE EFFECTS OF WIND TURBINES ON RF SYSTEMS

E. Van Lil, D. Trappeniers, J. Catrysse, A. Goddyn, M. Van Vooren, A. Van de Capelle

K.U.Leuven
div. ESAT/TELEMIC
Kasteelpark Arenberg, 10
B-3001 Heverlee (Leuven)
BELGIUM

Flemtek
Orchideeënlaan, 4
B-8200 Brugge
BELGIUM

Haecon
Deinsesteenweg, 110
B-9031 Drongen
BELGIUM

Phone: +32-16-321113
Fax: +32-16-321112
Email: Emmanuel.VanLil@ESAT.KULeuven.ac.Be

COMPUTATIONS OF THE EFFECTS OF WIND TURBINES ON RF SYSTEMS

Emmanuel Van Lil[(1)], Dave Trappeniers[(2)], Johan Catrysse[(3)], Alain Goddyn[(4)], Marc Van Vooren[(5)] and Antoine Van de Capelle[(6)]

[(1)] K.U.Leuven, div. ESAT-TELEMIC; Kasteelpark Arenberg, 10; B-3001 Heverlee-Leuven
E-mail: Emmanuel.VanLil@ESAT.KULeuven.ac.Be
[(2)] As (1) above, but E-mail: Dave.Trappeniers@ESAT.KULeuven.ac.Be
[(3)] Flemtek, Orchideeënlaan, 4; B-8200 Brugge; E-mail: Johan.Catrysse@KH.KHBO.Be
[(4)] Haecon, Deinsesteenweg, 110; B-9031 Drongen; E-mail:Alain.Goddyn@Haecon.Be
[(5)] As (4) above, but E-mail:Marc.Van.Vooren@Haecon.Be
[(6)] As (1) above, but E-mail: Antoine.VandeCapelle@ESAT.KULeuven.ac.Be

ABSTRACT

Recently, in Belgium, a large number of wind turbines of large size (2 to 2,5 MWatt power) are being planned both on land (unfortunately sometimes (too) close to airports) as on sand banks close to the shore. The different effects of the wind turbine parks that are being planned offshore, near shore and onshore, specially on navigation systems (radar; I(instrument)L(anding)S(ystem); V(HF)O(mnidirectional)R(anger)/D(istance)M(easuring)E(quipment); R(adio) D(irection) F(inder)) and on navigation aids (D(ifferential)GPS transmitters) as well as on communications systems (both analog and digital), will be investigated in this paper. By using, depending on the wavelength, UTD or moment methods, the effects of the different parts (gondola, blades, tower) can be investigated in detail and recommendations made about how to minimise the adverse effects. Due to lack of space, this paper will focus on maritime applications.

INTRODUCTION

Most of the literature on the effects of wind turbines consists of their effect on TV reception [BBC1, BBC2, MEDE, SEN], since it is noted that ghost images are sometimes very disturbing for movies or even slowly moving images. Other effects have been probably investigated but were not found in literature; hence the purpose of our study. The most important effects noted are on radar systems (both maritime with a frequency around 9 GHz and aeronautical approach radars with a frequency around 2.8 GHz). They will be discussed in a paragraph 1. It is quite obvious that the turbines will cause also some interference with communication systems, specially on aeronautical systems, since they still use AM, due to the higher intelligibility in adverse communication conditions (no capture effects like in FM). Paragraph 2 will be devoted to this effect, as well as the effects on maritime RDF systems. Finally the influence of the turbines on new (maritime) systems, that will in the future complement radar systems like the A(utomatic)I(dentification)S(ystem) [AIS], as well as on a DGPS transmitter will be discussed in paragraph 3.

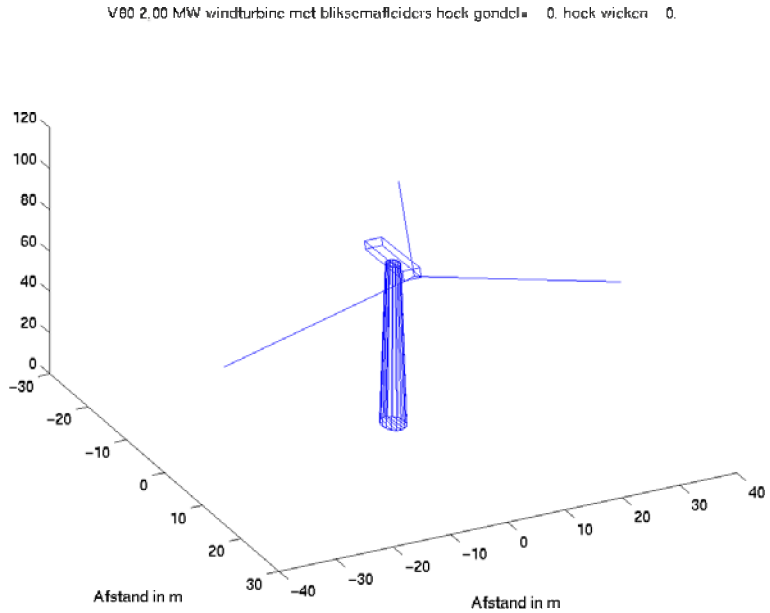


Fig. 1: Electromagnetic model of a generic large wind turbine.

Since data about the materials used is released reluctantly and in fact not yet disclosed, worst case calculations have been made on large generic 3 blade turbines, composed of perfectly electric conducting components, which is a good approximation for the tower and the gondola, but might exaggerate the effects of the blades. An example of such a turbine is shown in Fig. 1. The tower has been simulated by a heptadecagon (polygon with 17 sides) with the EPICS program.

1. Effects on radar systems

They can be essentially subdivided in two kinds of effects: permanent effects (independent of the presence of targets on the screen, even if they are only made apparent by the presence of a target) and temporary effects.

a) Permanent effects

α) The most important factor is the influence of the attenuation of the wind turbine for radar signals Indeed, a pyramid of shadow exists behind the turbine that extends at maritime frequencies (9.035 MHz) to a 100 meters behind the tower. A detail of the variation of the radar cross-section of an infinitesimally small object 1 m above the sea is given in Fig. 2. The radar is right of the figure at location (0,0). One can see that only a small zone just behind the tower experiences heavy shadowing (blue zone, shadowing more than 40 dB). At some places, due to the reflections of the gondola, the signal is even increased (near -2000 m). The influence of the blades is not visible on this plot. Note that the centreline always shows attenuation. A cross-section of this attenuation is shown in Fig. 3.

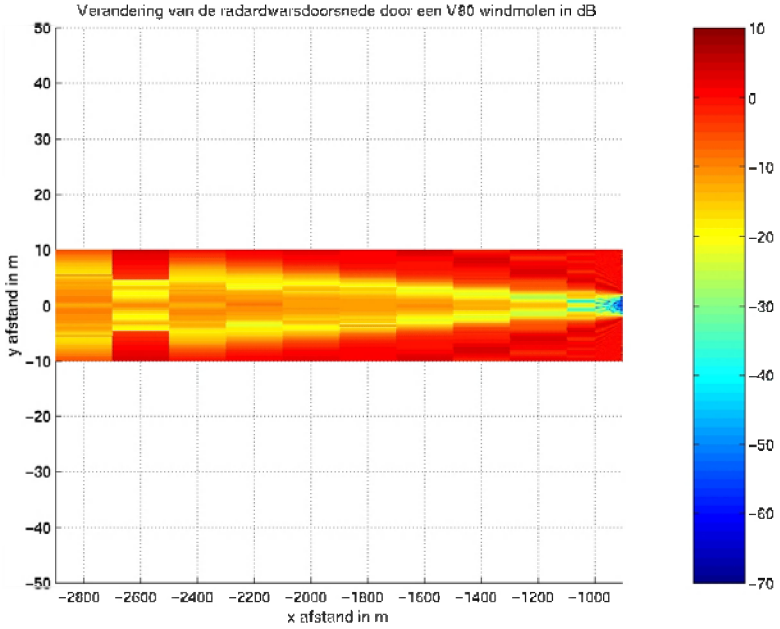


Fig. 2: Variation of the radar cross-section of an object behind a large wind turbine.

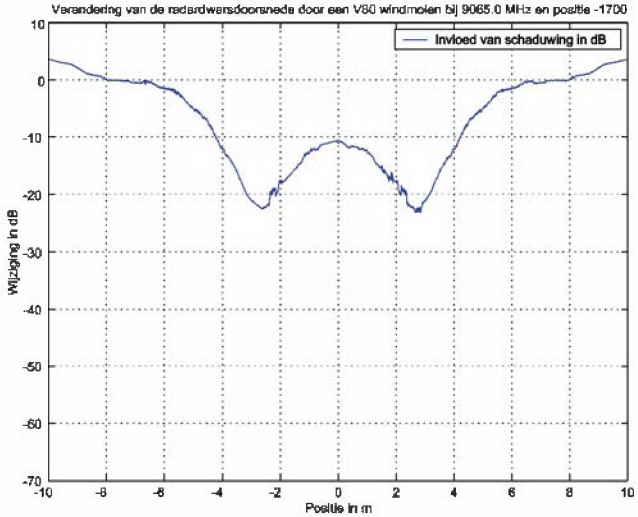


Fig. 3: Variation of the attenuation of a wind turbine at 800 m from the turbine and 1700 m from the radar.

Normally, this effect shows up on a maritime radar screen as a series of dark lines behind the radar, each line corresponding with a wind turbine. A simulated illustration using the radar equation [BART] is given in Fig. 4, where turbines are placed at locations (1000, 200), (1000,400) and (1000,600).

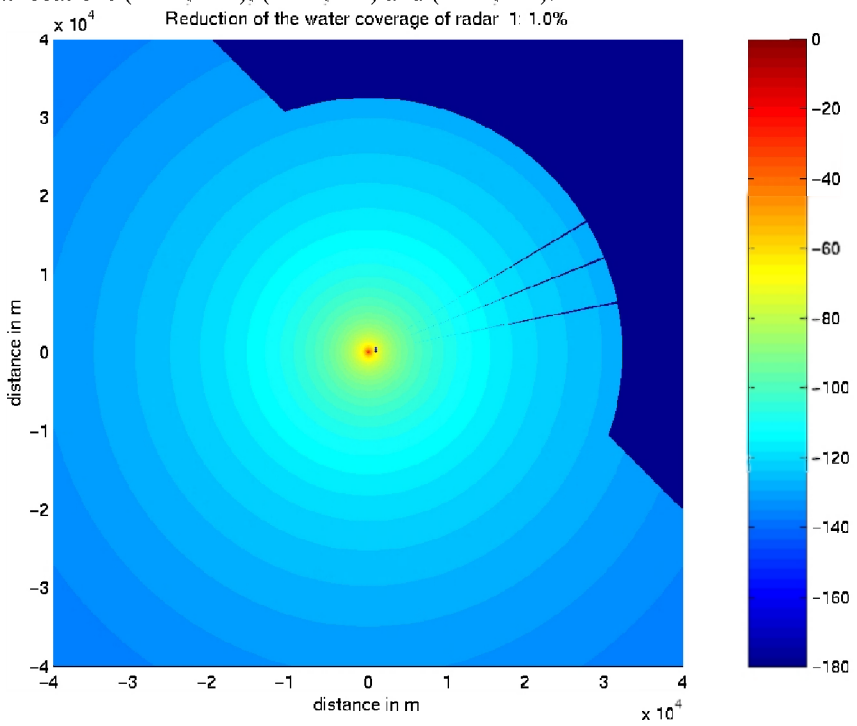


Fig. 4: Intensity of the echo in dBW.

In this figure, the radar is placed on an land (below the line (-20000,40000) (40000,-20000); the rest is sea). The radar has a peak power of 50 kW, an antenna gain of 34 dBi, and a minimal detection level of -128 dBW. Echo's from targets on the sea falling below this level are coloured dark (blue). The different influences can be split up in three parts. By simulation it is easy to take into account only the effect of one of the parts. The part of the gondola floating freely in the air (without blades and tower) is similar to the effects of an overflying airplane. Indeed, at some places, the signal is enhanced, at other decreased (Fig. 5), but only a few dB. In practice this will be even smaller, since the gondola is shadowed by the tower. The effects of the blades only are in general even smaller, but exceptionally not in the case illustrated here (Fig. 6).

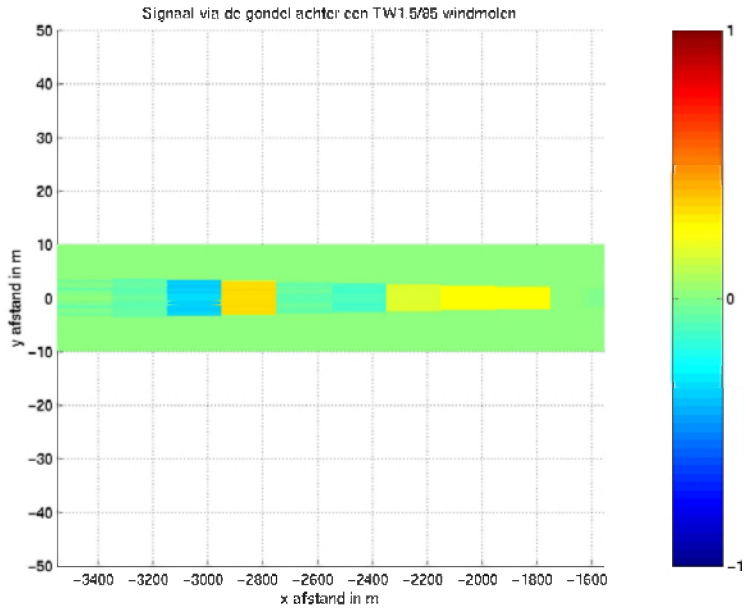


Fig. 5: Variation of the intensity of the echo in dB behind only a floating gondola.

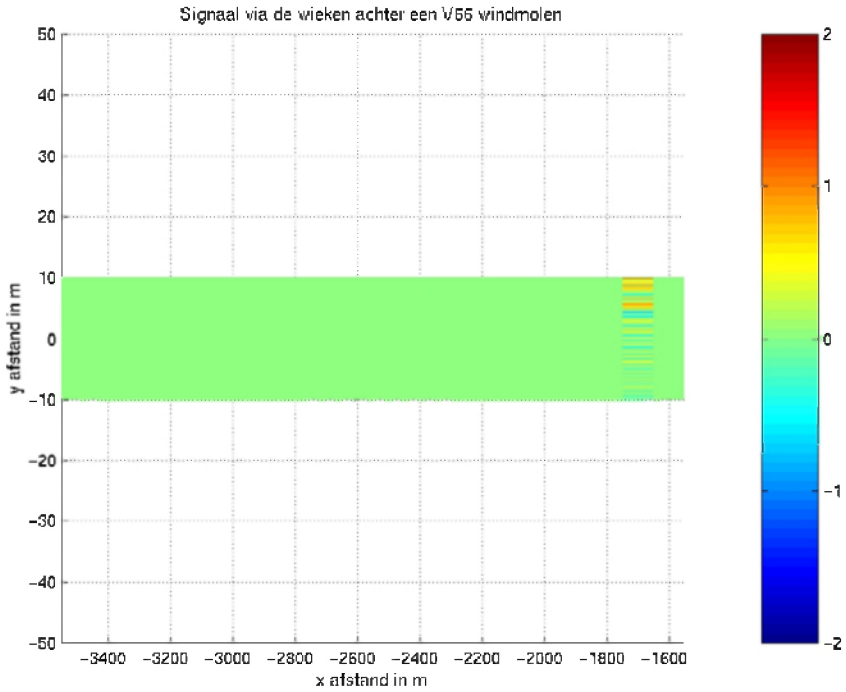


Fig. 6: Variation of the intensity of the echo in dB behind only floating blades turned 40°.

Only when transmitting/receiving along a row of turbines, this can have a significant effect. Therefor, it is in general not recommended to place the wind turbines in line with any existing radar, since the shadowing then becomes very deep. An example of such a problematic case is shown in Fig. 7. In this case, a wind turbine located at (-2354,11654) shadows a second one located at (-2725,13473) (the radar is located at 0,0), so that no diffraction occurs at the right edge of the second turbine, and hence the deep shadowing region extends several hundreds of meters behind this turbine. The effect of the blades can be seen between -2730 and -2725 for the x-co-ordinate and between 13520 and 13540 for the y-co-ordinate (wind coming from the east).

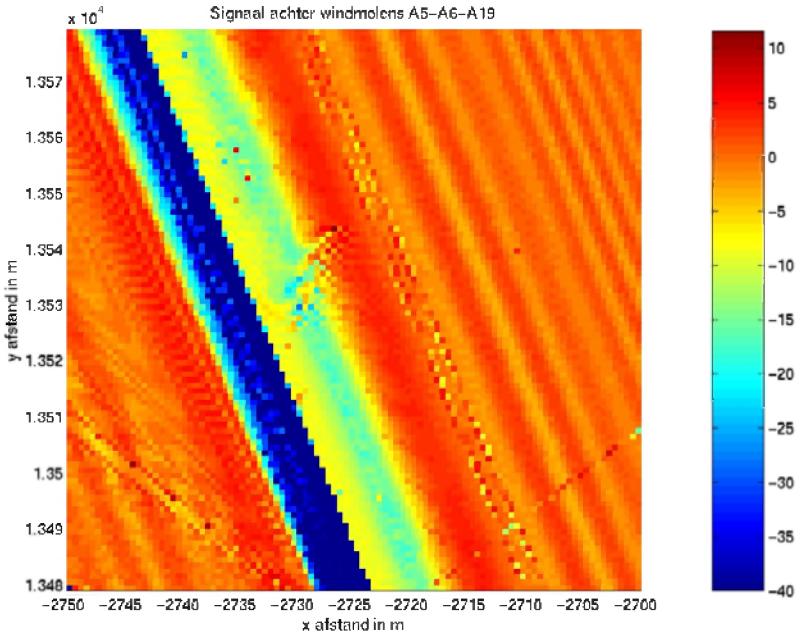


Fig. 7: Variation of the intensity of the echo in dB behind a series of three turbines.

This global picture (without the effect of the blades) can be very well approximated by taking into account only the diffraction around a vertical flat plate. An example to be compared to Fig. 2 is given in . This allowed us to compute large parks of 140 turbines within the allowed time at all frequencies of interest. An example of one 50 element park and one transformer cabin is given in Fig. 9.

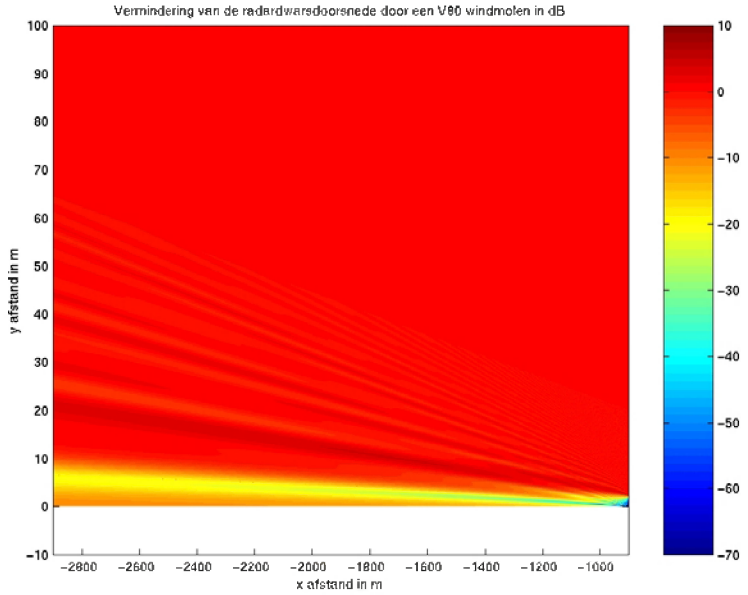


Fig. 8: Approximated computations.

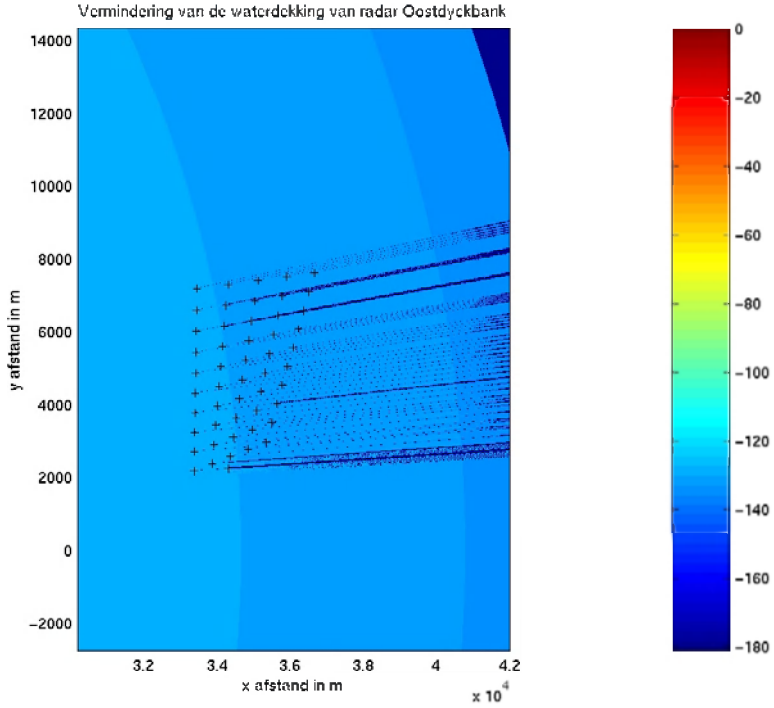


Fig. 9: Global picture for one radar.

β) The second fixed effect is a temporary saturation of the receiver in the neighbourhood of the tower. Since the cross-section is relatively small (around 40 m^2) this effect is normally less than the effects of a large ship or airplane.

b) Temporary effects

Those are essentially the occurrence of false echoes, which can be caused by different phenomena. The wind turbines can generate false images on the radar screen. However, their effect is only noticeable in a small area around them, so that the practical influence of those offshore parks on the working of navigation aids is negligible. We distinguish between two kind of false echoes.

α) The first possibility of generating a false echo, is due to a reflection of the radar wave on a wind turbine. If this reflected wave encounters a nearby large ship, it can be and reflected back towards the radar (Fig. 10).

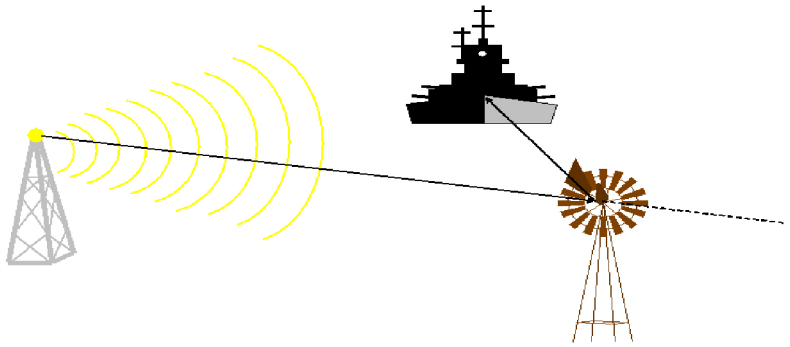


Fig. 10: False echoes via wind turbine.

We shall now show that this kind of echo is generally limited to a radius of a few hundreds of metres around the wind turbine. The formula used to estimate this radius is a modification of the radar equation, namely:

$$R_{2\max} = \sqrt[4]{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_{BW}^2 \sigma_{MS}}{P_0 (4\pi)^5 R_W^4}} \qquad (1)$$

where P_T is the transmitted peak power in the pulse,
G_T is the gain of the radar antenna,
λ the wavelength in free space,
P_0 the minimal detectable power,
R_W the distance from the wind turbine to the radar,
R_{2max} the maximal distance from the wind turbine to the ship that can cause the false echoes,
σ_{BW} the bistatic radar cross section of the wind turbine and σ_{MS} the monostatic radar cross section of the ship.

For a case, where the line radar-wind turbine is parallel with the course of a ship, and for a radar cross-section (both monostatic and bistatic) of 2000 m^2 for the ship and 400 m^2 for the wind turbine of a large type (absolute maximum), and a wind turbine distance of 7147 m from the radar, both the relative proportions of the echoes (thin black line) as well as their absolute value in dBW (thick yellow line) are shown on Fig. 11 (curves "via wind turbine"). We note that the effects are only noticeable in a small area around the wind turbine. For this case, it is approximately a circle of radius 250 m around the wind turbines. The false echo of every wind turbine for this case, where the ship moves towards the radar on a course parallel with the line radar-wind turbine, moves first on a line radar- wind turbine with nearly the same speed as the ship, and slows down until the ship reaches the closest point to the wind turbine on his course. After this point, the false echo moves away from the wind turbine according to the same line radar-wind turbine. By increasing the detection level of the radar, one can reduce the circle around the wind turbine, where those echoes occur, but by decreasing the range and sensitivity of the radar. For smaller ships (like rescue vessels), the effect will also be significantly smaller.

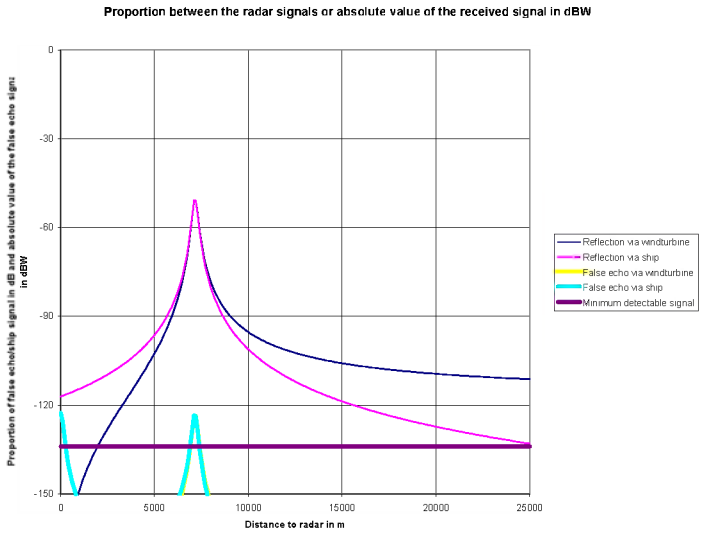


Fig. 11: Positions on the de ship's route where false echoes can occur.

β) The second type of false echoes occur by a wave travelling in the opposite order (by reflection against a ship, a wind turbine, and back via the same ship to the radar; Fig. 12).

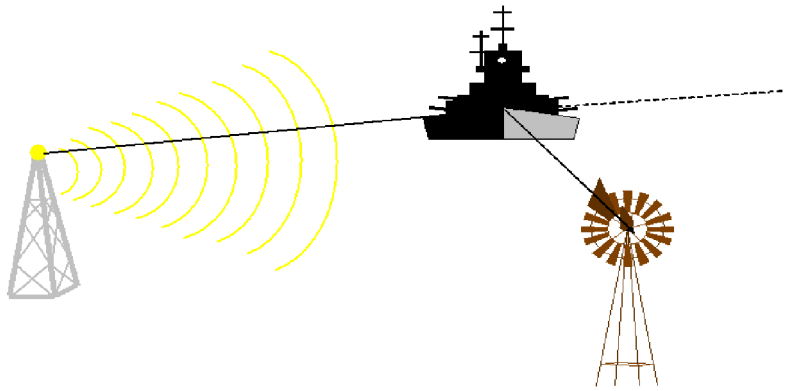


Fig. 12: False echoes via ship.

This type of echoes might be more confusing since they will be noticed on the line ship-radar. If the ship is following the same route as in the first case (parallel to the line radar-wind turbine), we notice that they occur in the neighbourhood of the wind turbine nearly at the same places as in the previous case (see thin purple en and thick blue line on Fig. 11) (curves "via ship"). This type however generates another area of false echoes, close to the radar, where the ship acts as a reflector (circle around the radar). The expression for the maximal distance can be found from:

$$R_{1\max} = \sqrt[4]{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_{BS}^2 \sigma_{MW}}{P_0 (4\pi)^5 R_{WS}^4}} \qquad (2)$$

The definition of the symbols are the same as those, used in formula (1), with as difference that R_{WS} is the distance from the wind turbine to the ship, R_{1max} is the maximal distance from the radar to the ship, that can cause false echoes, σ_{BS} is the bistatic radar cross-section of the ship and σ_{MW} the monostatic radar cross-section of the wind turbine.
A radar operator notices this type of echo as an echo closing in onto the ship at twice its speed, until the ship has passed the wind turbine. At that time, the false echo stays nearly unchanged at the same position. The second place where the ship can generate false echoes of this kind is close to the radar: there a mirror image of the wind turbine(s) is generated, but usually rapidly disappears, depending on the direction and the movement of the ship.

A global picture showing the loci of the places where both kinds of false echoes do occur for a ship's radar is shown in Fig. 13. Note that the circles become smaller and smaller, when the wind turbine is further away from the radar and that the "circles" degenerate into strange shapes when the object is very close to the radar. False echoes really do occur in practice. To prove this, two false echoes due to the ship "Antigoon" have been noticed during one of our visits in the control tower in Zeebrugge on 28/01/2002 (Fig. 14). Even multiple reflections can occur if the reflecting objects are within the loci of each other.
This phenomenon can be avoided or reduced (it is more significant and more annoying for air traffic control radars) by several means like:
1) by giving the mast a polygonal shape (reducing the bistatic radar cross-section in the radar direction),
2) by covering mast and/or gondola with absorbing material (eventually inside a synthetic shell; very expensive)
3) by making the mast in composite material, that does not reflect, but absorbs the radiowaves.

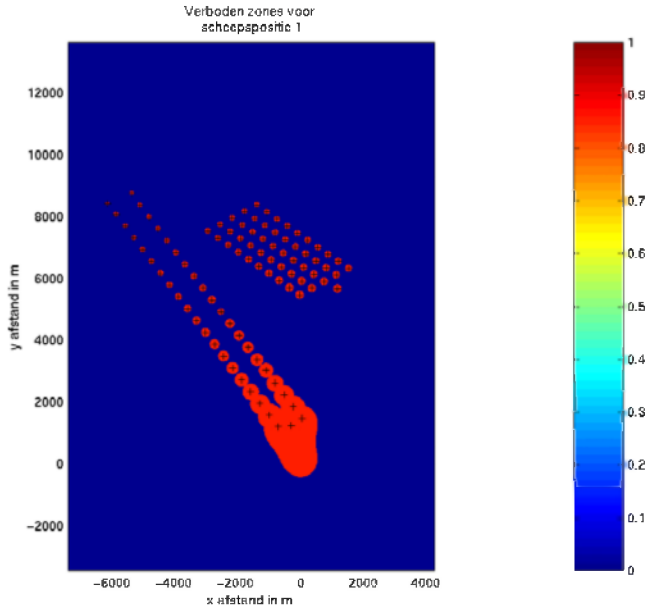


Fig. 13: Loci of false echo positions.

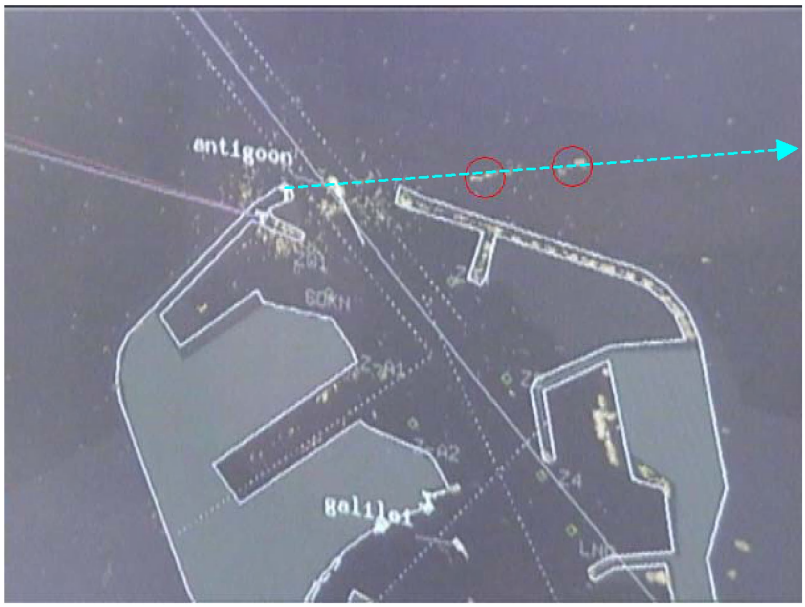


Fig. 14: False echoes on a digital radar screen.

Both kinds of false echoes occur independently of the rotation of the wind turbines, even for air traffic control radars, that normally suppress fixed objects (M(oving)T(arget)I(ndicator)). Note also that the radius is about three times larger in the case of aeronautical radars, since the frequency is three times higher and the power much higher (200 kW), and that hence air traffic controllers do not take this lightly and require this minimal distance from all approach/takeoff airways. What also helps in the maritime case is that the turbines are not placed in deep water but on sand banks and that hence the immediate surroundings are not used for long-haul navigation, but only occasionally for fishing (in this case Ostend) soles or rays.

2. Effects on communication and RDF systems

Since the frequency is much lower, the obstacles will be much smaller in terms of the wavelength, and also will be the effects. The deep shadowing zone now reduces to a few tens of meters behind the turbine (Fig. 15 shows the effect at 165.55MHz).

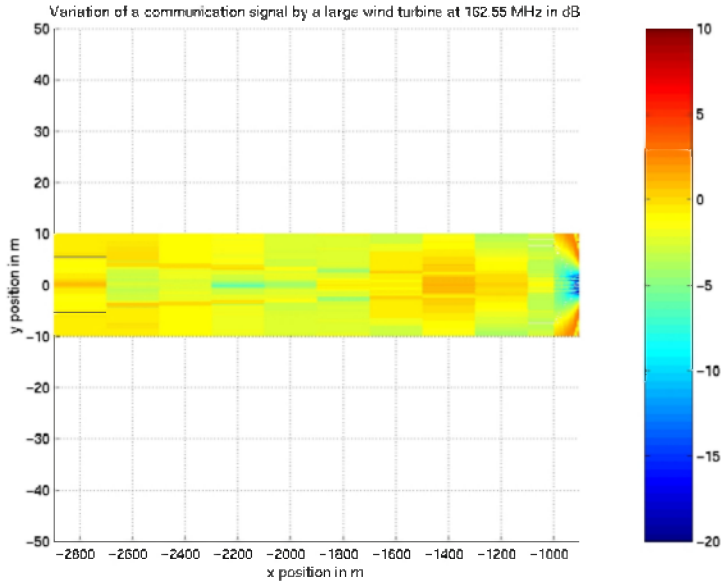


Fig. 15: Attenuation at mariphony frequencies.

Since maritime communications use FM the effects will be nearly inaudible. The effects on the RDF is more interesting to investigate. Indeed, the proportion between the direct and one reflected wave is given by:

$$p = \frac{\sigma_{BW} R_S^2}{4\pi R_W^2 R_{WS}^2}$$

By taking the appropriate direction (Fig. 16) we can find the influence of a whole park on the accuracy of the RDF, depending on the position of the ship which turns out to be very small (less than a tenth of a degree Fig. 17).

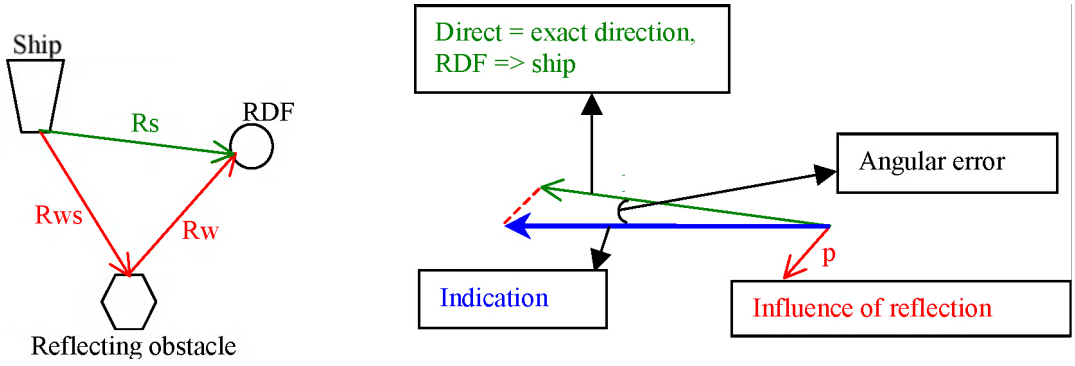


Fig. 16: Vectorial addition of the signals arriving from different directions.

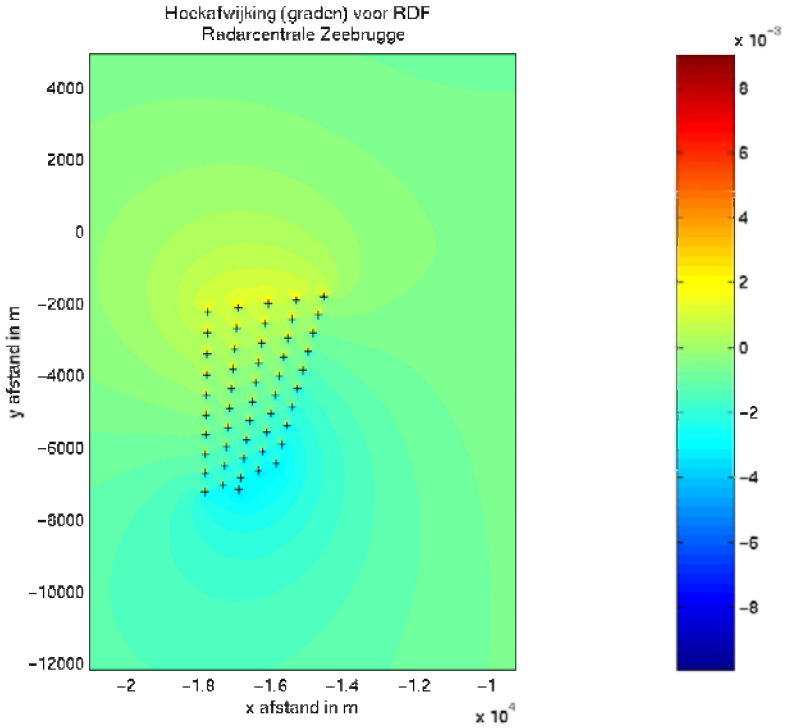


Fig. 17: Global influence of one park on the accuracy of the RDF.

3. Effects on AIS and DGPS systems

Since the ships mostly have (D)GPS on board, it became obvious to use this (very accurate) information to complement the radar systems. The IALA [AIS] has collaborated with ITU [ITU] to develop such a system. Every ship will transmit his position regularly within two dedicated mariphony channels (161.975 & 162.025 MHz) in TDMA mode. The channel delay spread has to be checked to verify the possibility of (slow rate: 9.6 kbps) data transmission. This turned out to be no problem, since the highest delay spread was about 300 nsec (Fig. 18).

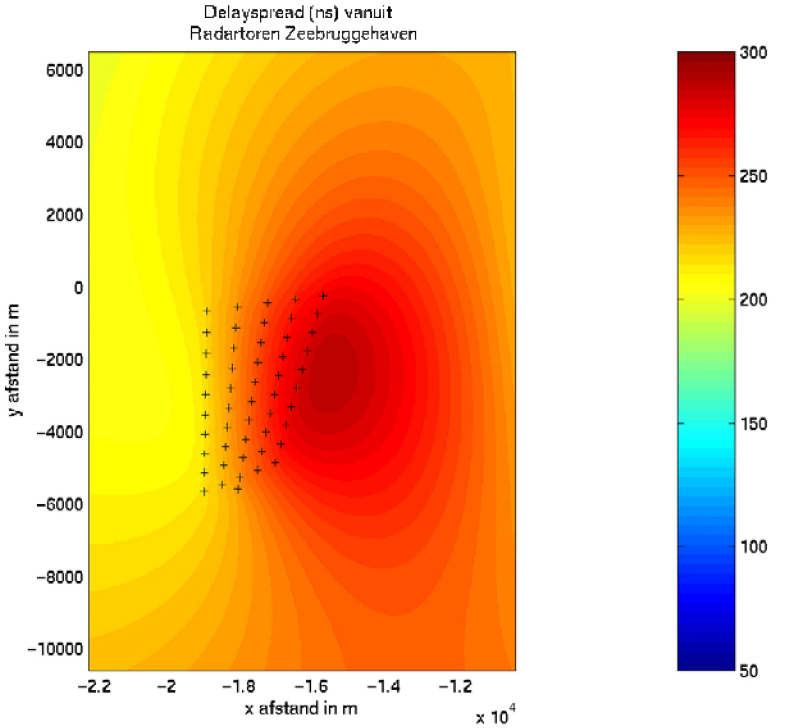


Fig. 18: Delay spreads in the neighbourhood of a turbine park.

For DGPS systems (in this case the transmitter uses a frequency of 312 kHz) we have to use moment methods to compute the near-field of the park. The result is rather unexpected in that sense that the parks form an array increasing the fields behind the park, but only about half a dB, except in the immediate neighbourhood of the turbines themselves (a flat sea water surface with a relative permittivity of 70 and a conductance of 5 S/m was used to generate Fig. 19).

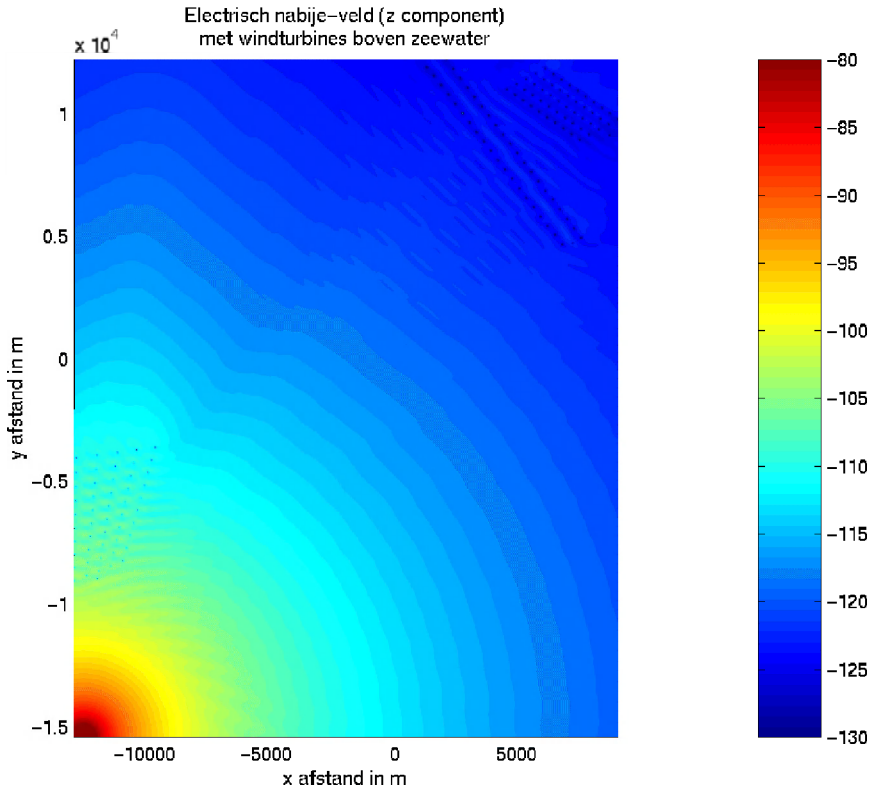


Fig. 19: DGPS vertical near field components in the neighbourhood of 3 turbine parks.

CONCLUSIONS

The adverse effects are usually very limited in space and magnitude, unless the targets or the origin/destination of the communication system, are very close (less than 1 km) from the wind turbines. Even then, some of the effects can be strongly reduced by using absorbing material, but making the installation at that particular site very costly.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are greatly indebted to the directors and personnel of the supranational organisation "Schelderadarketen", more in particular, ir. Johan Raes and ir. Victor Cox, directors, as well as to ir. Wim Smets, who not only funded the largest part of this research, but gave us all information on their radar/communication systems. Also some parks (Totalfina, Tractebel, SPE) provided us funding by granting to us the preliminary study. For the aeronautical part, Belgocontrol (ir. Jan Cottyn, director, ir. Alain Bruggeman (ILS), ir. Manuel De Klerck (Radar) and ir. Luc Lauvrys (communication systems)) as well as WVEM (providing the funding) originated those studies.

REFERENCES

[AIS] IALA, "IALA Guidelines on Universal Shipborne Automatic Identification System", AIS 9, Kiel, 6 april 2001

[BART] D.K. Barton, "Modern Radar System Analysis", Artech House, 1988

[BBC1] J.L. Eaton, R.I. Black and G.H. Taylor, "Interference to television reception from large wind turbines", BBC Research Dept., Eng. Div., March 1983

[BBC2] D.T.Wright, "Effects of Wind Turbines on Television Reception: Field test in Denmark", nov. 1991

[CAA] H.S. Dabs, R.J. Chignell, "The provision of guidelines for the installation of wind turbines near aeronautical radio stations", Civil Aviation Authority Paper 99002, April 1999

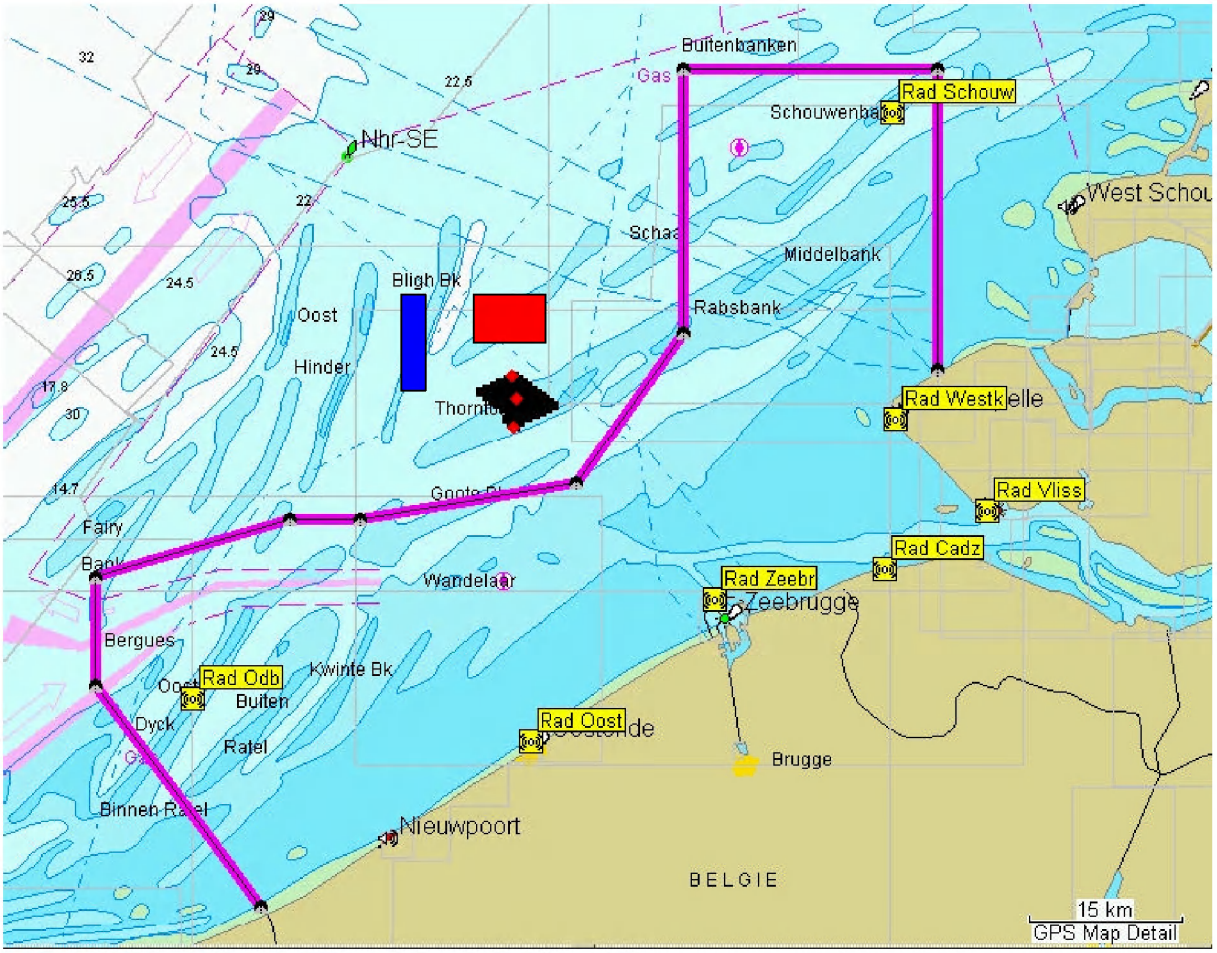
[ITU] Recommendation ITU-R M.1371-1, (1998-2001)

[JULL] E.V. Jull, "Aperture antennas and diffraction theory", Peter Peregrinus Ltd., 1981.

[MEDE] J. Kats and J. Van Rees, "Hinder voor TV ontvangst, een niet te onderschatten aspect van grote windturbines", DNL, Verslag 546 DNL/86, 1986

[SEN] D. Sengupta and T. Senior, "Electromagnetic Interference to Television Reception Caused by Horizontal Axis Wind turbines", IEEE proceedings, Vol. 67, no. 8, August 1979.

Appendix 2: Scheepvaartroute Westrond



Appendix 3: Werkingsgebied SRK-radar en geplande AIS

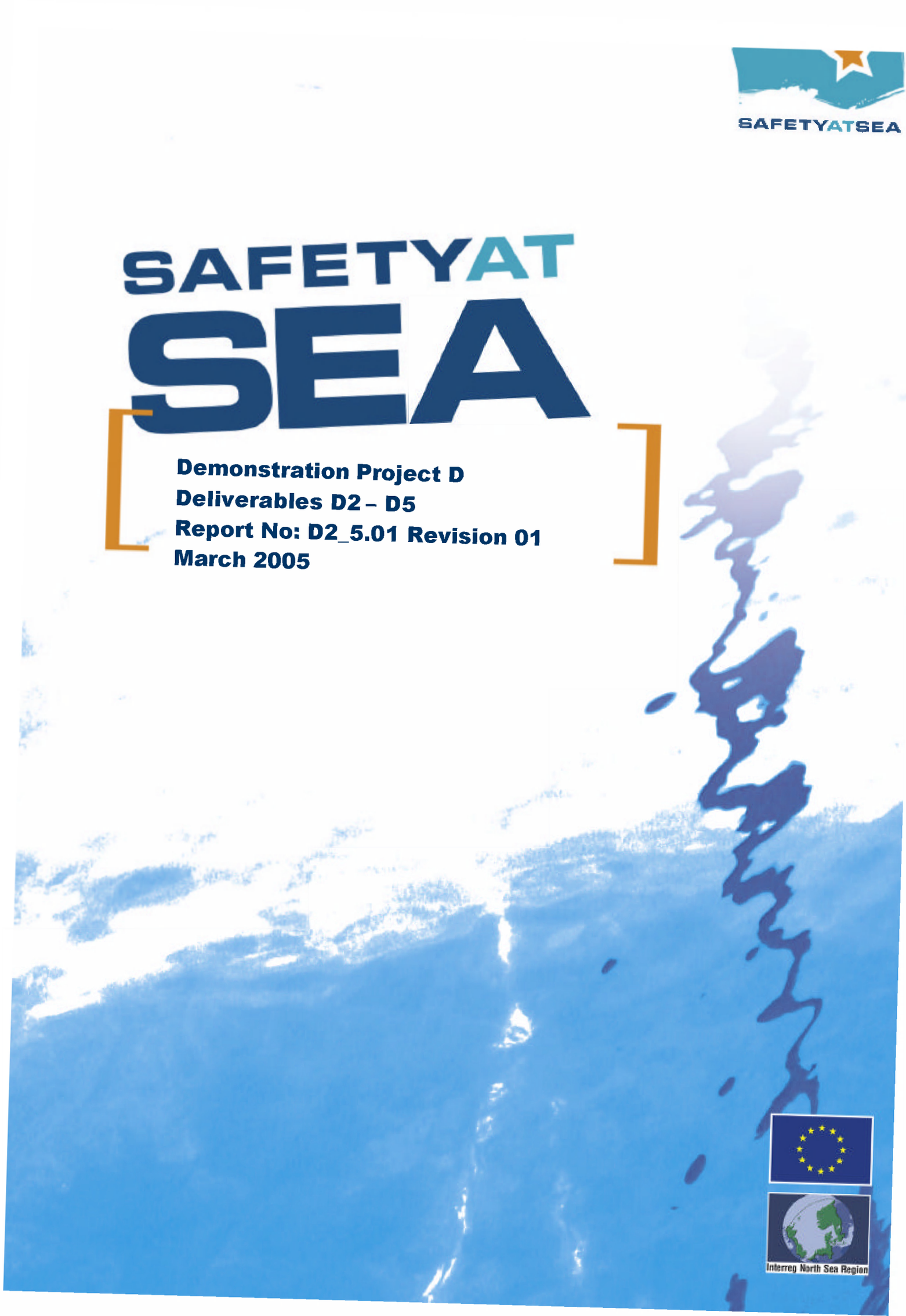


Appendix 4: Copie document D5 Safety@Sea

SAFETYATSEA

SAFETYAT SEA

Demonstration Project D
Deliverables D2 – D5
Report No: D2_5.01 Revision 01
March 2005



Interreg North Sea Region

Contents:

EXECUTIVE SUMMARY 2
1 TERMS OF REFERENCE 3
2 WORK SCHEDULE 4
3 DYNAMIC TRAFFIC SIMULATION 6
4 SELECTION OF DEMO D SITE & TRAFFIC DATA 8
5 DATA CONSOLIDATION 9
6 TRAFFIC MODEL VALIDATION 11
7 DEMO D MODEL APPLICATION 13
8 SCENARIO TESTING 14
9 MODELLING RESULTS 15
10 CONCLUSIONS 17

ANNEX 1 ..... DESCRIPTION OF DYMITRI

Executive Summary

The deliverables outlined in this report are consistent with the Deliverables D2 through to D5 contained within the Demo D work schedule. These are:

- Selection of typical areas and wind farm models as a demonstration tool.
- Retrieval of associated marine traffic data
- Deployment of a benchmarked GIS-based, dynamic navigation risk model
- A validated individual offshore wind farm model QRA.

As part of the work schedule individual wind farm model will be extended as part of Deliverable D6, which covers an evaluation of cumulative and in-combination effects based on multiple hypothetical wind farms in close proximity. The work to date has been completed ahead of schedule, apart from AIS components of Deliverable D3 - retrieving and using AIS base station data. This work will be described and issued as a separate report once AIS data is delivered.

Three scenarios were tested for the Demo D wind farm model:
Existing sea area and no wind farm
With Wind Farm and no route alteration
With Wind Farm and route alteration.

The output of the DYMITRI model is in the form of anticipated collisions per year for individual waterspaces. For the local and wider areas around the wind farm model the results (collision per year) were as follows:

- No Wind Farm = 0.04 & 0.37 collisions/year (inner & outer)
- Wind Farm, (Vessels pass through Wind Farm) = 0.11 & 0.41 collisions/year (inner & outer)
- Wind Farm, relocation of routes = 0.04 & 0.35 collisions/year (inner & outer)

From this is can be concluded:

- For the particular Demo D site and traffic level identified, passage through the wind farm has a collision risk increase of one incident per 14 years,1/(0.11 - 0.04)
- For the particular Demo D site the diversion of traffic around the wind farm does not increase risks in adjacent traffic streams

The above results apply to the individual wind farm model in isolation. Cumulative effects of multiple wind farms for an extended hypothetical sea area comprising multiple wind farms in close proximity will be examined as part of Deliverable D6.

1 Terms of Reference

This draft report provides the deliverables D2 through D5 of Demonstration Project D: Offshore Wind Park Risk Management, which forms part of the Strand 3: Coastal Zone Management work programme within the INTERREG Safety@sea project.

The activities described in this report cover:

- Selection of typical areas and wind farm models as a demonstration tool.
- Retrieval of associated marine traffic data
- Deployment of a benchmarked GIS-based, dynamic navigation risk model
- Development and analysis of a validated offshore wind farm model QRA.

As part of the work schedule individual wind farm model will be extended as part of Deliverable D6, which covers an evaluation of cumulative and in-combination effects based on multiple hypothetical wind farms in close proximity. The work to date has been completed ahead of schedule, apart from components of Deliverable D3 - retrieving and using AIS base station data. This work will be described and issued as a separate report once AIS data is delivered.

2 Work Schedule

The original envisaged schedule of activities for Demo D is shown below, with completed (or partially completed **) areas shaded:

Act. No.	Activity Description	Dead line	Work involving the Partners (Yes/No)		
			UK	Flanders	Denmark
D1	**Organise the work:** Establishing the network of participating partners. Establishing working routines across the partners.	Sept 2004	Yes	Yes	Yes
D2	**Classify typical areas and models:** Select number of individual locations with critical traffic patterns, environmental sensitivities or particular hazards. Select representative offshore wind developments and scenarios of proposed developments, individually and cumulatively. Areas to include UK Strategic Areas and/or planned concession areas in the Belgium part of the North Sea, (to be undertaken in close association with C-Power)	Sept 2004	Yes	Yes	Yes
D3	**Retrieve marine traffic densities for current and future ** scenarios:** Collect AIS and other data via set up of AIS base stations and prioritise AIS data gathering in terms of reliability and level of importance for offshore wind farm risks.	Mar 2005	Yes	Yes	Yes
D4	**Develop full dynamic, GIS -based navigation risk modelling system:** Extend established DYMITRI QRA system already proven in complex dynamic environments such as Hong Kong and Singapore. Incorporate full Rules of the Road. Examine current risk levels with and without wind farms and compare with 3rd party data. Provide Flanders maritime authorities with end user system.	Mar 2005	Yes	Yes	
D5	**Benchmark QRA System:** Partners to use system to examine current risk levels with and without wind farms and compare with 3rd party and maritime authorities' data.	Mar 2005	Yes	Yes	Yes
D6	**Perform Cumulative QRAs:** For selected sites around the UK, Belgium and elsewhere, perform full individual QRA and cumulative QRA based on various AtoN provisions and traffic growth scenarios. To be done in collaboration with C-Power.	Sept 2005	Yes	Yes	
D7	**Evaluate Risk Control Provisions:** Examine current AtoN, radar and AIS provisions (systems and locations) as part of risk control measures. Identify cost-benefits in risk reduction of improved AtoN provisions.	Mar 2006	Yes	Yes	Yes
D8	**Develop strategic planning / approval framework and decision making tool:** Develop trans-national outline framework for planning and approval. Develop rational decision-making tool based on QRA modelling and outputs and use of the QRA tool by maritime authorities.	Sept 2006	Yes	Yes	Yes
D9	**Develop and standardise trans-national procedures and guidelines:** Develop, describe and standardise trans-national measures in respect of procedural, technical and organisational solutions.	Mar. 2007	Yes	Yes	Yes

** AIS base station data is still outstanding and the QRA model may be re-run once this data is available.

The actual work steps undertaken in developing the Demo D model may be summarised as follows:

- Modify dynamic traffic simulator for offshore wind applications
- Selection of demo site and retrieval of traffic information;
- Data Consolidation;
- Traffic Modelling;
- Running upgraded DYMITRI
- Model Validation, and
- Scenario Testing.

These steps are described in the following sections.

3 Dynamic Traffic Simulation

Extensive work was required to construct a full dynamic navigation risk model. The simulation model was based on updates made to the BMT DYMITRI program (**Dy**namic **Mar**ine **Tra**ffic System). A description of DYMITRI is given in the next section and in Annex 1. DYMITRI is currently being used on the world's two largest marine traffic risk assessments. It is also underpinning the UK DTI offshore wind navigation risk methodology, which provides a scope of application to at least 15 wind farms.

The key distinctive and unique characteristic of BMT's DYMITRI is the capability to represent the navigation interaction between vessels and fixed objects within traffic streams. In conventional models vessels move between way points in straight lines changing heading instantaneously at each way point. Speeds between way points are generally constant or, if information is available, correspond to pre-determined speed profiles. Real ships do not behave in this way, in congested waters ships avoid collision by:

- Observing a set of steering rules, designed to avoid collision
- Reducing speed or stopping, and
- Observing defined traffic routes designed to separate traffic streams

Conventional marine traffic models only reproduce the last of these three items. Dymitri incorporates all three.

Basic Principles of Operation

DYMITRI operates in a time stepping mode; traffic is generated in a random or pre-determined manner and is directed along a number of routes defined by a series of gates. Each route has one class of ship or boat moving along it, defined by length range, length/beam ratio, and length standard deviation.

Surveillance Mode (Figure 1)

Each vessel generated within the model is provided with a surveillance domain, if another ship or object enters this domain, a surveillance mode is triggered and the predicted Closest Point of Approach (CPA) is then monitored continuously until the danger is over and the other vessel leaves the domain. If the CPA is predicted to lie within a prescribed collision distance (adjustable according to usual practice in specific waterways), then an avoidance manoeuvre is instigated and an Encounter is deemed to have taken place. In this way the marking of encounters more accurately mimics the surveillance behaviour and actions of mariners during real life navigation.

In Encounter situations vessels are normally expected to adhere to Collision Regulations (ColRegs). These rules define the "stand on" and "give way" vessels in an Encounter and the direction in which the give-way vessel must turn.

A *Nomoto* steering model is adopted to develop the manoeuvring characteristics of each vessel class. Selected parameters define each vessels manoeuvring characteristics and the steering response during the course of the run. Rudder response is determined by the ColRegs (or any user pre-defined give-way) override and rudder angle magnitude is determined with respect to pre-set gain coefficients and the proximity of the other vessel.

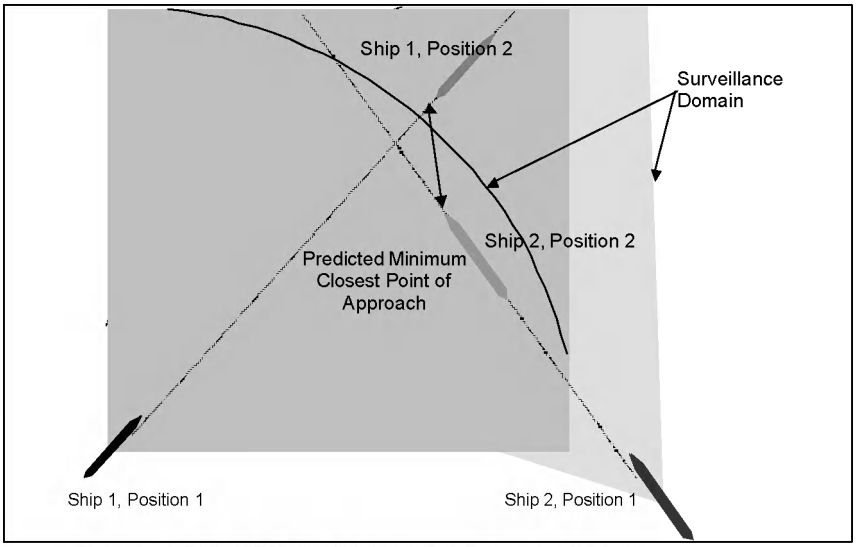


Figure 1 DYMITRI Individual vessel surveillance domains

Model verification and validation is critical. DYMITRI model validation can be based on benchmarking the model against available historic collision data for a much larger sea area or strategic area and identifying site specific relationships between encounters and collisions. The validated traffic data model is then re-focused on the smaller study area within the larger area.

As part of BMT's work in Demo D the *DYMTRI* software was upgraded to allow it to address collision potential against fixed objects, and minor upgrades to the graphic interface.

4 Selection Of Demo D Site & Traffic Data

BMT held a number of meetings with the UK Marine and Coastguard Agency (MCA) to identify possible candidate Demo D sites in UK waters. This area is the subject of the world's fastest growth in offshore wind farm installations. The rationale in selecting a UK site for the Demo D model was driven mainly by the high likelihood of gaining good quality traffic data - currently many UK wind farm developers are already in the process of acquiring good seasonal and non-seasonal radar traffic data which are intended to be used within future navigation risk assessments.

The UK MCA has access to selected UK coastal traffic data sets available in digital formats. It was decided to use the proposed UK Round 2 Warwick Energy wind farm in the Thames Estuary as the UK Demo D site, principally as this development falls within the zone for which MCA radar data is currently available. Relevant traffic data was obtained spanning a month of activity and covering a much larger area within the Thames Estuary. Being able to access data associated with a much larger area around the wind farm is vital in order to support model calibration. The processing of traffic data, modelling and calibration is described in later sections.

5 Data Consolidation

The process of consolidation was split between translation, reconstruction, model pre-processing and dynamic traffic modelling, as shown below:

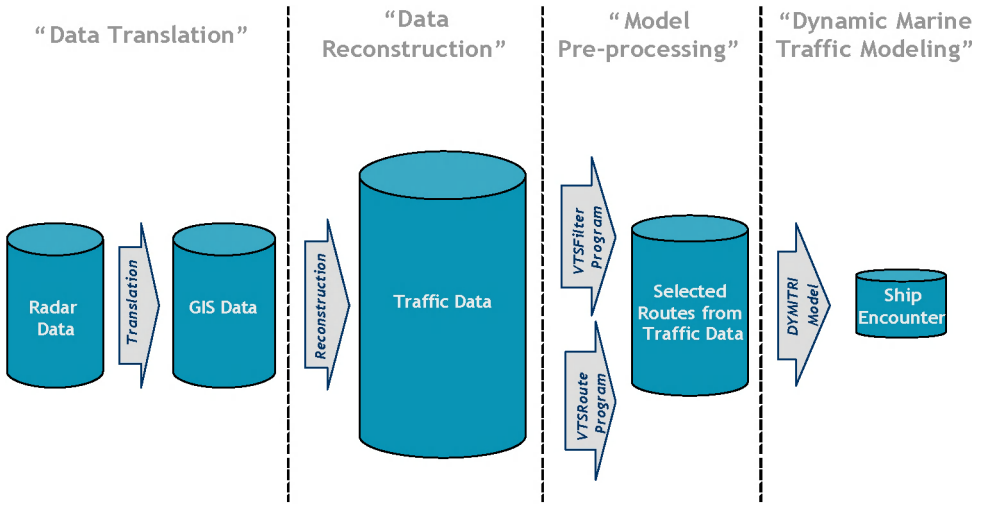


Figure 2 The Process of Data Consolidation

Conversion of radar data to a GIS format is illustrated below:

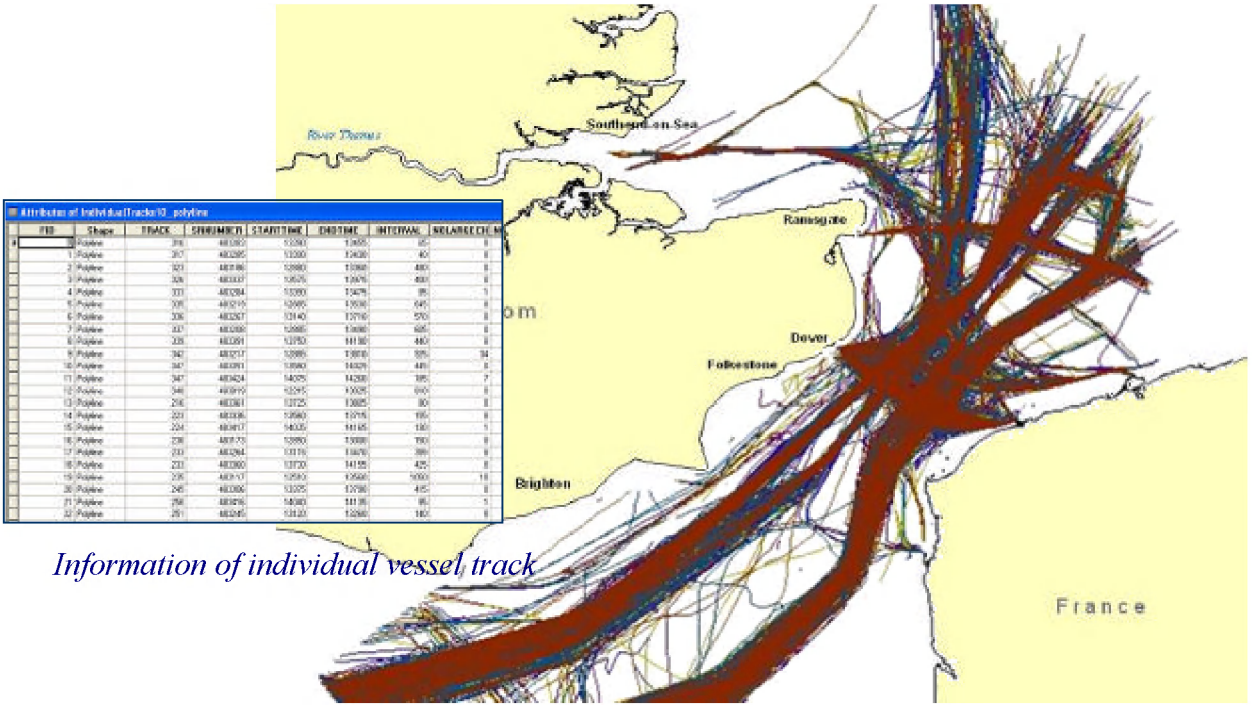


Figure 3 Illustration of GIS Format Data (10 Days)

Familiarity with the GIS format was gained and a roadmap for translating this data into a format suitable for the DYMTRI traffic pre-processors was established. This is shown below.

Radar Data	**300**	**tracks with individual ship information**
	↓	
GIS Data	**300**	**tracks with geographical information**
	↓	
Traffic Data	**320,000**	**waypoint records with their own particular geometry and time**
	↓	
Selected Routes' Data	**130**	**centerline records (>1 track / route)**

As ever, with such work, the key issue was in developing a representative route structure for the traffic. Vessels were grouped along routes and in size bands (with respect to GRT).

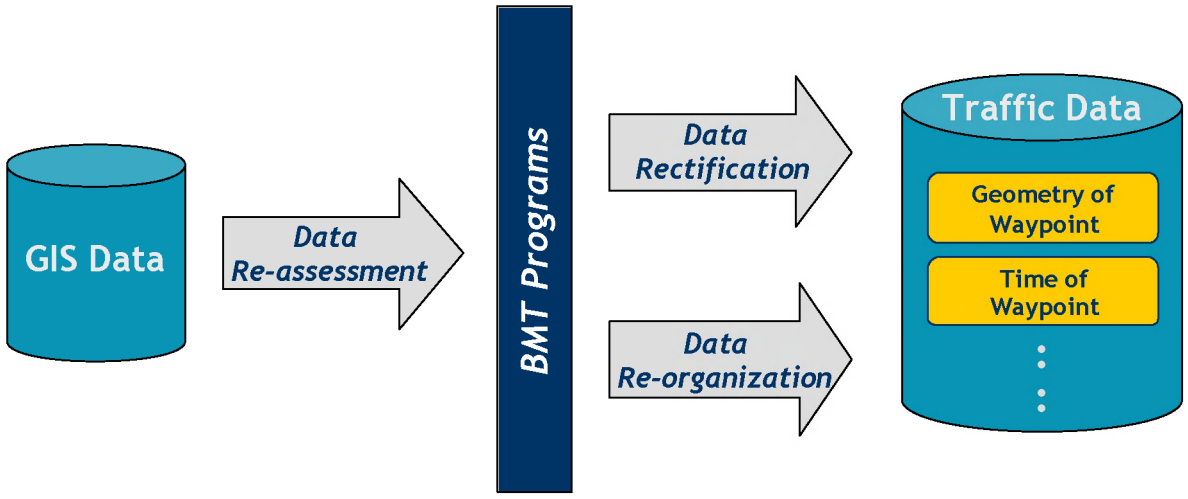


Figure 4 Data Development for DYMTRI input

6 Traffic Model Validation

Having mapped and validated current traffic activity prior to an offshore installation, DYMITRI introduces a wind farm and the corresponding changes in marine risk identified for various re-routing and separation schemes. Future collision and grounding potential can be developed, and the opportunity to introduce risk control measures tested. Individual and cumulative effects can therefore be readily evaluated

Following this the marine traffic was enabled within the *DYMTRI* model, and an initial validation conducted for a large seaspace which included the Demo D area.

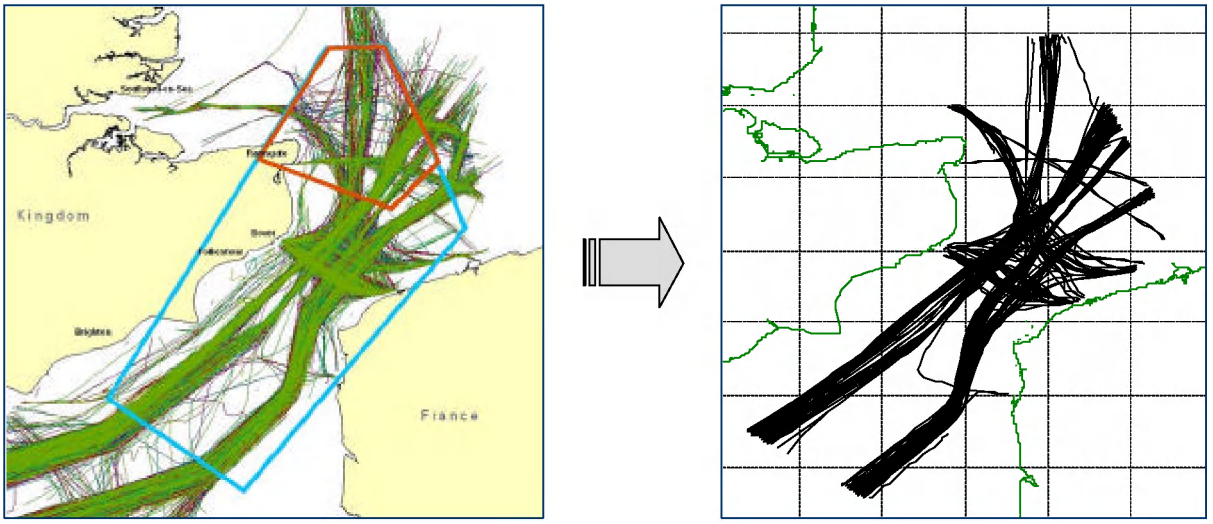


Figure 5 Large Scale Area for Validation (GIS Track Data to Representative DYMITRI routes

A validation between "Active Encounters " (developed by the DYMITRI model) and historic collisions was identified (1 collision = 1 x 10^{-4} Active Encounters). On this basis 1.6 collisions were forecast against a historic 2 collisions in the wider area encompassing the Demo D site. This comparison was considered satisfactory in order to proceed to the next steps.

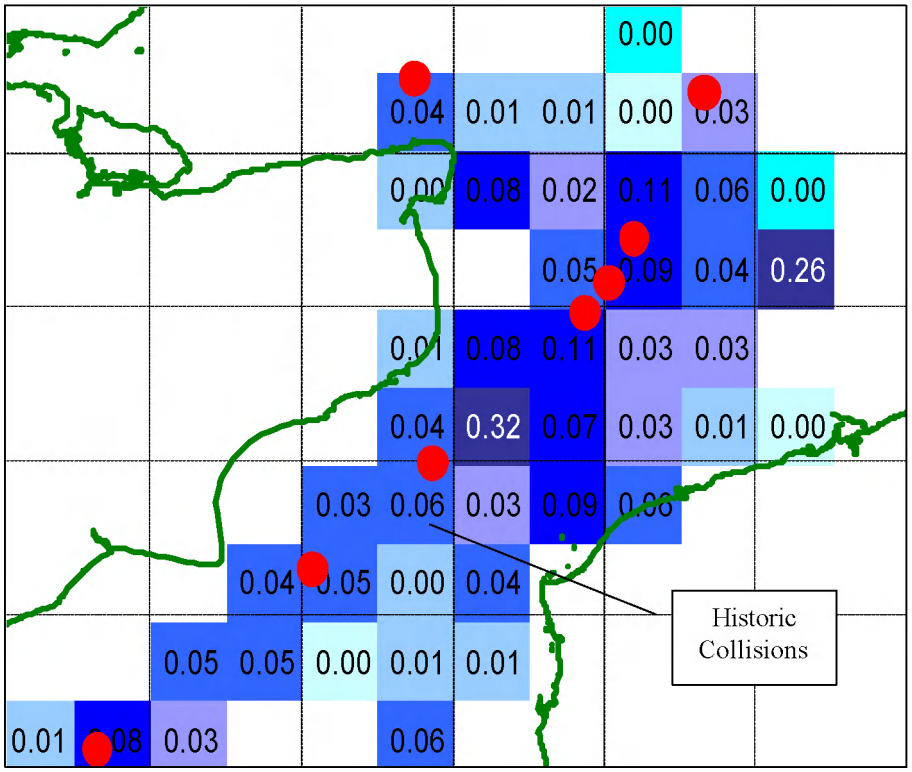


Figure 6 Forecast Collisions / Year & Historic Distribution

7 Demo D Model Application

A proposed wind farm being developed by Warwick Energy was used for the Demo D (UK) assessment and the tracks near the site extracted. Warwick Energy provided the relevant wind farm GIS data to assist BMT in preparing the model.

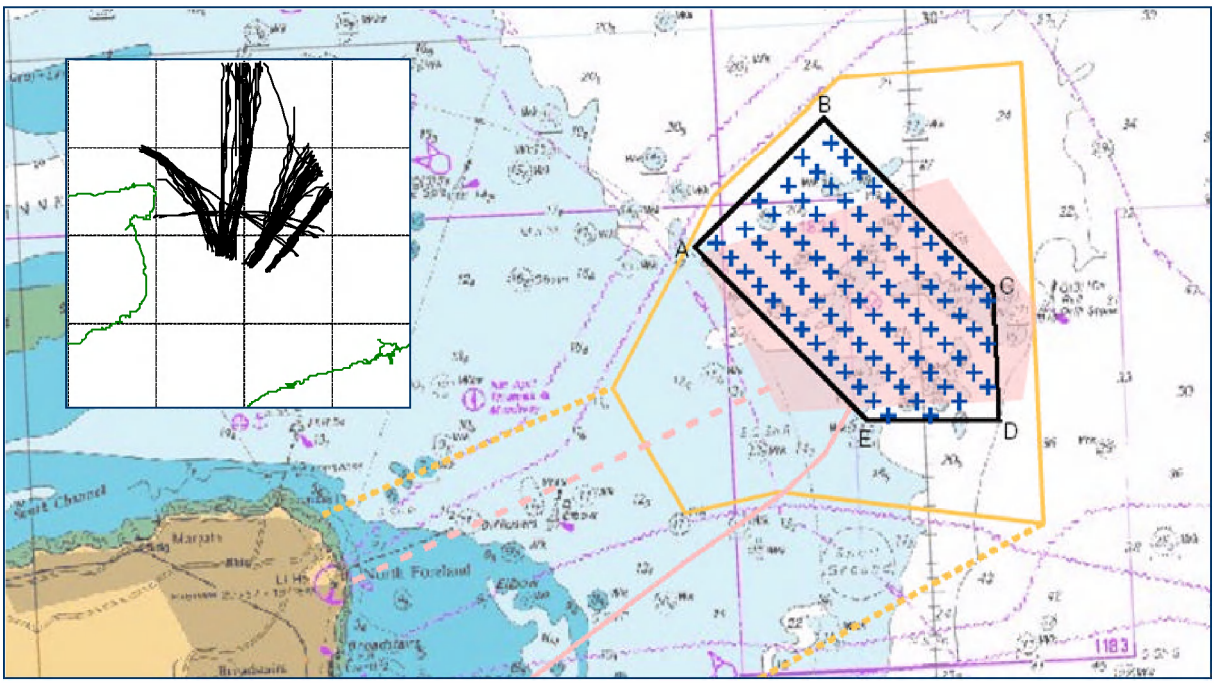


Figure 7 Wind Farm Site & Route

8 Scenario Testing

Three scenarios were tested for the example wind farm model:

Existing sea area with no wind farm
With Wind Farm and no route alteration
With Wind Farm and route alteration.

For item 2 it was necessary to identify the tracks presently routed through wind farm, relocate tracks away from area and re-run the model. This is illustrated in Figure 8.

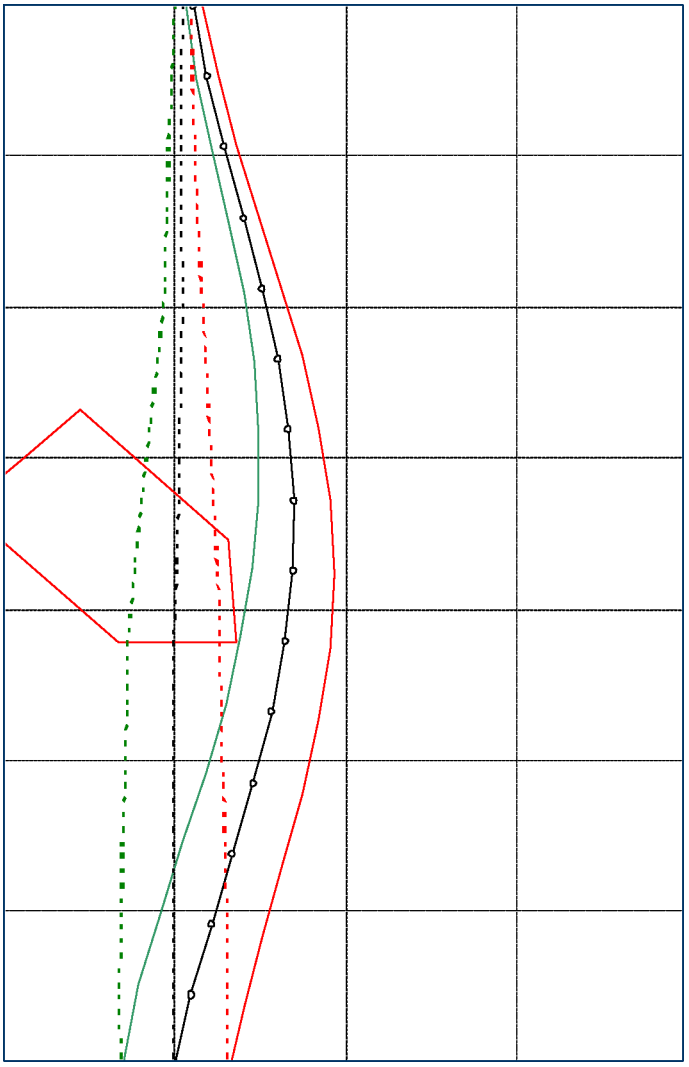


Figure 8 Re-routing of Wind Farm Tracks (centreline, starboard and port boundary).

9 Modelling Results

The output of the DYMITRI model is in the form of anticipated collisions per year for individual waterspaces. This is illustrated in Figure 9, 10 and 11 for the small local waterspace.

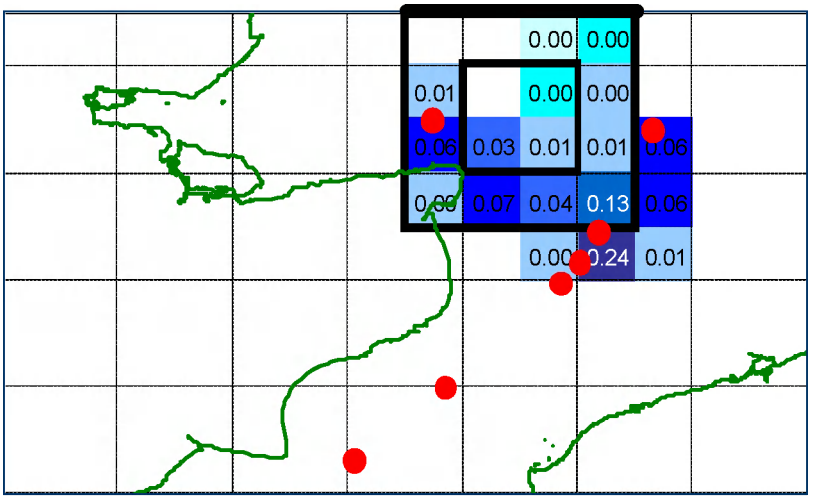


Figure 9 DYMTRI results for local model (Baseline no Wind Farm).

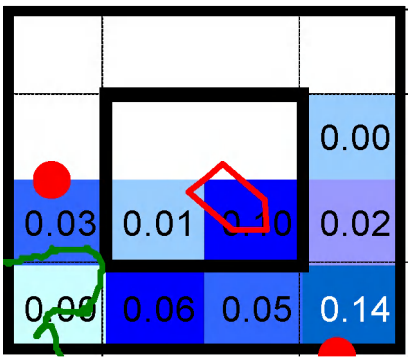


Figure 10 DYMTRI results for local model (Wind Farm with no re-routing).

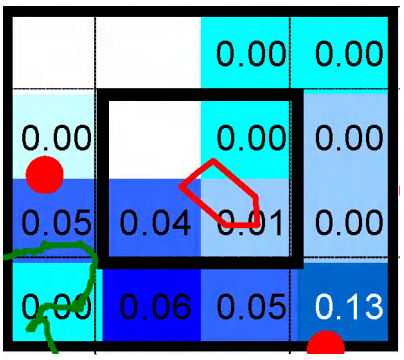


Figure 11 DYMTRI results for local model (Wind Farm re-routing as per Fig 8).

For the inner and outer areas indicated by the bold boxes in Figure 9, 10 and 11 the results (collision per year) were as follows:

- No Wind Farm = 0.04 & 0.37 collisions/year (inner & outer)
- Wind Farm, (Vessels pass through Wind Farm) = 0.11 & 0.41 collisions/year (inner & outer)
- Wind Farm, relocation of routes = 0.04 & 0.35 collisions/year (inner & outer)

From this is can be concluded

- For the Demo D site and traffic level identified, passage through the wind farm has a collision risk increase of one incident per 14 years,1/(0.11 - 0.04)
- The diversion of traffic around the wind farm does not increase risks in adjacent traffic streams.

10 Conclusions

The main deliverables outlined in this report are consistent with the Deliverables D2-D5 inclusive of the Demo D work schedule. These are:

- Selection of typical areas and wind farm models as a demonstration tool.
- Retrieval of associated marine traffic data
- Deployment of a benchmarked GIS-based, dynamic navigation risk model
- A validated offshore wind farm model QRA.

The updated *DYMTRI* model has been modified successfully to assist in the individual risk assessment of wind farms. It is intended that model will be extended as part of Deliverable D6, to evaluate cumulative effects based on multiple, hypothetical wind farms in close proximity. The work has been completed ahead of schedule.

Future AIS data may also be used with the present model, as part of the D3 deliverable.

ANNEX 1 Description of DYMITRI

SIMULATION OF TRAFFIC FLOWS USING DYNAMIC SHIP MODELLING

By Dr. I. W. Dand and Dr. R. D. Colwill,
British Maritime Technology Limited

Abstract: This paper describes the dynamic marine traffic simulation model Dymitri. It has been developed for use in marine risk studies in areas where traffic densities are high, principally in port development studies. After discussing the model, data collection and post processing for estimating risk, matters related to the modelling of decision-making for avoidance manoeuvres are discussed. This is at the heart of the dynamic model and the ways in which avoidance decisions are implemented are outlined by means of examples.

1. INTRODUCTION

The simulation of marine traffic flows is not new. Indeed the operational research aspects of the topic have their origins in the second World War. However, with marine risk assuming an increasingly important role in the design and operation of ports and waterways, the simulation of traffic flows provides a valuable capability for the engineer, port operator or legislative authority seeking to enhance safety and efficiency, in increasingly busy and congested areas.

This paper describes a model which goes a little further than some of its contemporaries in simulating the manoeuvring behaviour of ships within a traffic model. This of itself is of some interest, but, as is often the case, the development of such a model has raised a number of intriguing questions in addition to providing some answers. These questions relate, almost inevitably, to questions of control in encounter situations, and highlight the multiplicity of decisions that mariners must make when in close proximity to other ships.

Some of these matters are explored after an introduction to marine traffic simulation and the "Dymitri" dynamic model, developed by British Maritime Technology (BMT).

2. MARINE TRAFFIC SIMULATION

As far as is known, marine traffic simulation has its roots in Operational Research studies carried out in World War II (Reference 1). Motivation for them was a need to determine the effectiveness of various countermeasures and this was achieved by measuring (and then estimating) the surface density of combatant vessels. The next major motivating force, which probably led to the development of present-day marine traffic studies, occurred some 30 years later after a spate of accidents and sinkings in busy coastal waters in Europe, and congestion in the busy port areas in Japan (References 2 and 3). This led to measures being taken to determine the number of ships in a given area at any one time and the routes they followed. In turn this prompted the development of traffic separation schemes (TSS), navigation information systems and a more focussed and widespread use of Vessel Traffic Services (VTS).

Traffic modelling at this time was largely confined to the use of algebraic, rather than numeric, formulations, but in spite of this, great progress was made. The development of computer processing speeds in the meantime led to the development of more sophisticated traffic models working in the time domain and it was not long before these were providing valuable operational information for busy ports and waterways.

These models used the well-established concepts of encounters and domains, developed in earlier traffic models, and provided the very valuable ability to explore "what if?" scenarios. By this means it was possible to explore the effect of increases in future traffic levels, ship size and speeds, or changes to VTS and port operating procedures. It became clear that the key measure of the success or otherwise of such operational changes lay in changes to the marine risk environment, and it was to the development of a representative and accurate measure of this entity that traffic modelling was directed.

Marine risk, of course, has two main components – frequency and consequence – the overall measure of risk comprising a combination of the two. Marine traffic

modelling provides valuable information on the frequency component which, by the nature of such models, is restricted to the frequency of collision, striking or, in some situations, grounding. Other forms of accident such as fire, explosion or foundering, are not covered. Although traffic models provided among other things, estimates of the frequency of encounter, there was still some ground to be made up before this information could be used directly for the estimation of risk. This involved:

- Determination of the link between frequency of encounter and frequency of collision – a prime requisite to use the models in a quantitative manner, and
- Provision of realistic models of ship behaviour

The former proved elusive, often due to lack of sufficient historical accident data, but for some busy ports a definitive link has been made and this will be discussed further in the later stages of this paper.

The latter point related to the assumption, made in some computational models, that ships moved from waypoint to waypoint in a linear fashion, changing track heading instantly in concert with the changes in track. Furthermore each ship in the population was assumed to maintain a steady speed (or a speed from a fixed speed profile) throughout its run with no attempt being made to avoid other ships. An encounter was usually defined when one ship entered the domain of another in such a way that one or other would have had to change course. This took no account of the manoeuvrability of either ship in an encounter, or whether one or more ships would slow down to avoid collision.

It became clear therefore that time domain marine traffic simulation needed some input from the world of ship manoeuvring simulation. This in conjunction with some simple on-board "intelligence" would, it was reasoned, provide a more realistic, dynamic, traffic simulation model.

3. DYMITRI, A DYNAMIC MARINE TRAFFIC SIMULATION MODEL

The Dymitri model is data-driven so it is of vital importance to collect accurate present and future traffic data at the outset. Without this, the dynamic simulation model cannot run so, before describing the model, the important aspect of data collection is discussed.

3.1 DATA COLLECTION

Collection of the necessary data can be achieved by careful attention to the design of the survey campaign and by mixing various survey techniques to ensure maximum coverage of temporal and spatial data. Vessel movement histories (timing), paths (courses) and types must all be identified to collect a statistically representative sample of activity. The availability of this data from different sources is illustrated in Table 1:

Table 1 Available Survey Data Sources

Data Source	History	Path	Type
Timetabled schedules	✔		✔
Operator vessel arrival/departure records	✔		✔
Capture from radars	✔	✔	✔ (size)
Visual surveys	✔		✔

While each data set provides useful information on vessel activity no one type fully covers all three aspects of history, path and type. In general survey data must be collated, compared and blended to form the necessary datasets for development of the dynamic marine traffic simulation model. These datasets cover the following key areas:

- Route structure;
- Vessel classes and types;
- Speed profiles, and
- Numbers of vessels on each route throughout the day.

The accurate assignment of vessels within their correct routes is the single most important aspect of data collection as it impacts the traffic density and position of vessels with respect to each other developed in the final simulation. The use of radar data is key in this

respect and BMT have deployed a series of video frame grabbing and vessel tracking techniques to capture and isolate the path of vessels as they move across a radar screen. (See Figure 1).

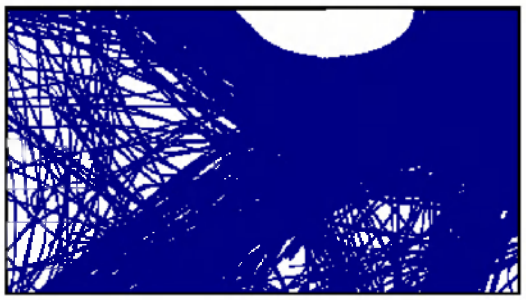


Figure 1 Traffic Routes from Radar

The advent of digital radars which record the position of all vessel movements within their surveillance area, and provide more accurate information on vessel size, greatly assists the development of traffic input data for the simulation model. Route structures featuring vessels with similar class, speed and destination may be extracted rapidly from the digital output with the use of ship type assignment algorithms. Visual surveys, conducted at a series of gates, may then be used to "ground truth" the remotely sensed traffic regime to ensure its accuracy.

The digital radar data set may then be processed to identify the key characteristics identified above, and output developed in a format directly importable by the traffic model. Such automated acquisition, attribution and compilation of data is of particular importance in busy port areas where vessel movements may easily exceed 10,000 individual records per day.

Having outlined the method by which data is collected, we now discuss the dynamic model itself.

3.2 Complexity

Once every ship in a traffic simulation model is given the ability to manoeuvre, the complexity of the modelling significantly increases. It is necessary not only to model the manoeuvring behaviour of the ship with sufficient realism, but also to provide some representation of the way mariners may be expected to behave in an encounter situation. While the former may be reasonably straightforward, the latter is far from easy and it is fair to say that some approximation is needed. Ideally a complete "mariner" model, of the type discussed in earlier MARSIM Conferences should be used, but this was not thought feasible for Dymitri because:

- It is not at all clear whether a sufficiently comprehensive model of this type exists, or, indeed, can ever exist
- In order for Dymitri to perform its function, the mariner model which chooses when and how much to turn, and whether to slow down or speed up, must work extremely rapidly in computational terms. This required a simple model, a need which drove much of the Dymitri development.

3.3 The Model

In essence, therefore, Dymitri is a time-stepping model in which a number of vessels in the play area move along prescribed routes and manoeuvre according to a set of rules. The rules determine when and how to change course and when to slow down or increase speed, thereby providing rudder and engine commands to each active vessel. These are then used by the manoeuvring model to alter course or speed before, during and after an encounter.

Such actions are triggered by computing the Closest Point of Approach (CPA) which is monitored continuously for all active ships. If the CPA drops below a prescribed minimum value, avoiding action is initiated. To avoid ships in the far distance needlessly taking avoiding action with nearby ships because the (distant) CPA is less than the minimum, CPA checks are not initiated unless both ships are within an area whose size is prescribed in the initial input data.

Steering and turning is accomplished by a simple two-term Nomoto model, combined with a linear acceleration/deceleration model. Although the steering model is fairly crude, it is extremely fast in computational terms, a necessary feature when over 1,000 active vessels may be in the play area at any one time. To date it has served its purpose well.

3.4 THE RULES

The Steering Rules from the International Rules for the Prevention of Collisions at Sea (the ColRegs) are involved for many avoidance manoeuvres, although these may be superseded by "local rules" in congested waters. In such cases it will be more appropriate for one vessel to keep out of the way of the other by virtue of the relative sizes of the other and regardless of whether it is the "give-way" vessel or not. For example, a small motor launch or ferry will keep out of the way of a large cruise liner in harbour waters, even if it is, strictly speaking, the stand-on vessel.

Such considerations depend largely on the size and type of each vessel and are represented in Dymitri by a "give-way" or decision matrix, the default option of which is to use the ColRegs.

3.5 BERTHING AND UNBERTHING

Berthing, unberthing and the associated waiting when no berth is available are all modelled as in other traffic simulations. There is no need for any decisions regarding avoidance (other than by passing craft) to be made in this aspect of the simulation so it will not be discussed further.

3.6 FERRY OPERATIONS

Two types of ferry operations are modelled. One is where the route is a long-haul route and ferries may pass in or out of the study area. All ferries in such a model behave according to the decision rules regarding encounters and avoidance manoeuvres. The only difference between them and other vessels is that they operate to a regular schedule which may, in some cases, remain fixed throughout the study period.

The other type of ferry operation relates to a local, perhaps river, operation in which each ferry visits a number of stops along a route which lies entirely within the study area and starts and finishes at the same terminus. Such a feature causes the ferries, by avoiding other traffic, to incur delays, thereby demonstrating the effect of traffic density on such a route. It also has high-lighted another decision-related issue. If a ferry is approaching a stop and has to make an avoidance manoeuvre, how best should such a manoeuvre be approached? It is a situation seen in short cross–harbour routes across the world where solutions are found by slowing down, altering course or delaying departure/arrival. To incorporate such decisions into a model is complex and in Dymitri a simplified approach is adopted. The ferry carries out an avoidance and/or slowing manoeuvre as required. If this brings it within the defined "capture area" of the berth, a berthing routine takes over and the ferry is berthed. No deliberate delays on departure are modelled.

3.7 Manual Operation

The discussion above has concentrated on the automatic operation of the Dymitri model. This is its normal mode of operation and takes full advantage of the speed of the host computer.

However, on some occasions it is of value to be able to "steer" a designated ship "manually" through the traffic and this capability has been incorporated in the model. When using this option, the program speed reduces to a chosen multiple of real time and a rudder bar appears on the screen. The next ship generated on the chosen route is de-coupled from the automatic pilot in the simulation and may be steered from the screen using the rudder bar. Other vessels in the traffic stream behave as before and take avoiding action.

When the steered ship leaves the study area the program reverts to its free-running speed and the run continues.

4. DECISIONS TO BE MADE

4.1 The Problem

In developing a traffic simulation in which each vessel has a degree of on-board "intelligence" it soon becomes clear that there are shiphandling situations for which the correct course of action is by no means apparent. These dilemmas no doubt mirror similar situations in the real world, and seem to occur with the following scenarios:

- An avoidance manoeuvre at or near a required course change

- Multiple encounters and avoidance manoeuvres
- An avoidance manoeuvre near the coast or shore with other ships near at hand

Not only do these dilemmas arise, there are other uncertainties when developing a rule-based dynamic simulation. Among these are:

- What criteria are used by mariners when deciding to initiate an avoidance manoeuvre? Is CPA always the measure and, if so, how small should it be before action is taken?
- What is regarded as a safe margin on the ship's stopping ability?
- Which usually takes priority – change of course or reduction in speed – in an avoidance manoeuvre?
- What are regarded as acceptable levels of traffic density in a busy port?

Not all of these issues have been solved in the software, but some progress has been made. This section discusses what has been done and explores it by means of an example.

4.2 Approach Adopted

4.2.1 Avoidance Near a Required Course Change

The dilemma in this case arises when a vessel has to make an avoidance manoeuvre in an area where it would otherwise need to make a change of course in normal navigation. This might occur where a route has a curve or a course change is required when rounding a piece of land. Should priority be given in all cases to the avoidance manoeuvre, even if it were to result in the ship moving off course, possibly into further danger?

In a real situation, a judgement would presumably be made by weighing up the amount of risk in each of the alternatives. A simpler approach is adopted in the program. Two candidate rudder angles are computed, one for normal navigation, the other for the avoidance manoeuvre. The size of each angle is taken as a measure of the importance of the manoeuvre. In all cases, if that for the avoidance manoeuvre is the largest, it takes precedence and is chosen by the program. If the angle for navigation is the larger, it is subject to two further tests. If the avoidance manoeuvre is over, then clearly the "navigation" angle is used. If it is not, then the angle for navigation only assumes precedence if that for avoidance is sufficiently low, say 2°. In this way, a judgement is made, weighted towards the avoidance manoeuvre, on the assumption that the normal course can be resumed once the more important avoidance manoeuvre is over.

4.2.2 Multiple Encounters

No special arrangements are made for multiple encounters; all ships manoeuvre according to the steering rules in force.
It is assumed that two vessels are approaching one another at 90° on a collision course. This is shown in Figure 2. The vessels are assumed to obey the ColRegs meaning that ship A is the stand-on vessel and ship B the give-way. This simple encounter is discussed first, and then the multiple encounter is introduced. In this, Ship B must still alter course (to starboard), but the situation is complicated by ship C on her starboard side, which she is overtaking. A further complication arises because ship A is also overtaking a vessel on her starboard side (ship D). All four ships start the run in positions which would result in them being at the crossing point simultaneously if no course or speed changes were made.

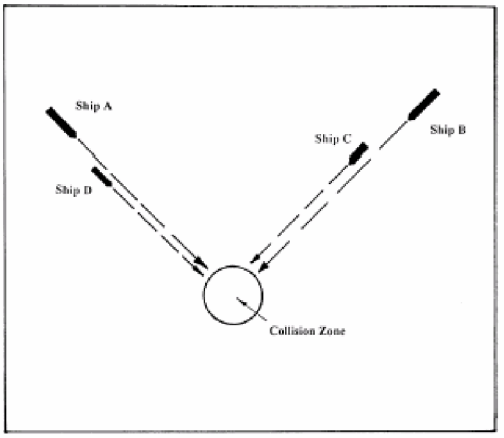


Figure 2 Multiple Encounter Scenario

Both scenarios was set up on Dymitri using the ColRegs steering rules in an attempt to determine how the program would deal with such situations. It was assumed that ships A and B were moving at 20 knots and were of container ship size. Ships C and D were

assumed to be smaller general cargo vessels moving at 15 knots.

The results are shown in Figures 3 to 5. Figure 3 shows the initial case of ships A and B only. Both are on a collision course and ship B is seen to give way and pass under the stern of ship A. This avoidance manoeuvre is in accord with the ColRegs and, as well as a change of heading, it involved a reduction of speed by ship B of some 3.5 knots. It is important to emphasise that this reduction in speed helped considerably towards the success of the avoidance manoeuvre.

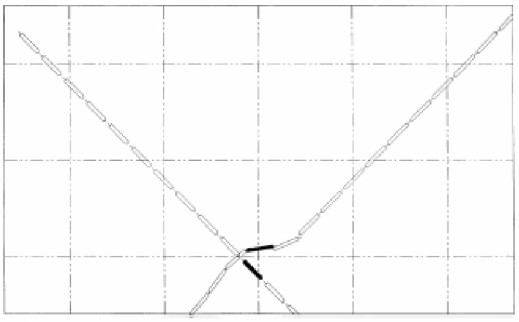


Figure 3 Two Ship Encounter; Minimum CPA 200m

However, the change of course was quite violent and involved hard-over rudder angles. This is because the minimum allowable CPA was set at 200 metres, somewhat more than the half-length of ship A. Reducing this value to, say, 50 metres, produces the track in Figure 4. The avoiding action was considerably deduced, but a near miss, or possibly a glancing collision would have resulted. Slowing down more, or beginning the avoidance manoeuvre earlier, would have helped, but it is apparent that in the simple two ship encounter, the simulation model can produce reasonably realistic representations of real situations.

Tracks from the multiple encounter are shown in Figure 5. This is interesting because ships A and B elected to overtake ships D and C respectively by altering course to starboard at the beginning of the run. There was enough room to do this while the overtaken ships (C and D) maintained speed and heading. Ship B also reduced speed as it approached the collision zone.

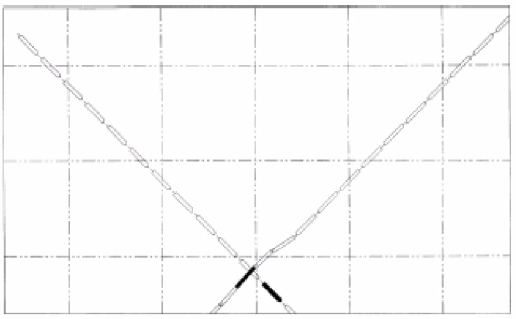


Figure 4 Two Ship Encounter; Minimum CPA 50m

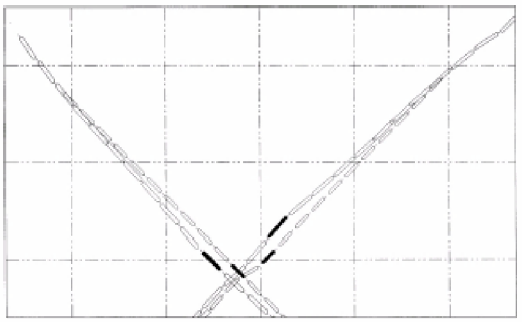


Figure 5 Four Ship Encounter; Minimum CPA 200m

In the event, no collision occurred and no violent avoidance manoeuvre was necessary. The decisions of both ships A and B to alter course to carry out their overtaking manoeuvres (rather than maintaining their original – collision - courses) resulted in the collision probability ceasing to exist.

Had the relative positions of all four vessels been different at the start of the run, a different outcome may have resulted, but the way in which the simulation model resolved this particular multiple encounter situation is interesting, if not instructive.

4.2.3 Coast Proximity

Decisions relating to coast proximity and a nearby encounter are similar to those relating to course changes discussed in Section 4.2.1. It could be argued that the route structure used in the program should take vessels clear of any coastline. While this is true to an extent, giving each vessel some degree of autonomy allows it to move outside the (fictitious) route boundaries when making an avoidance manoeuvre. It could therefore move close to a nearby coast.

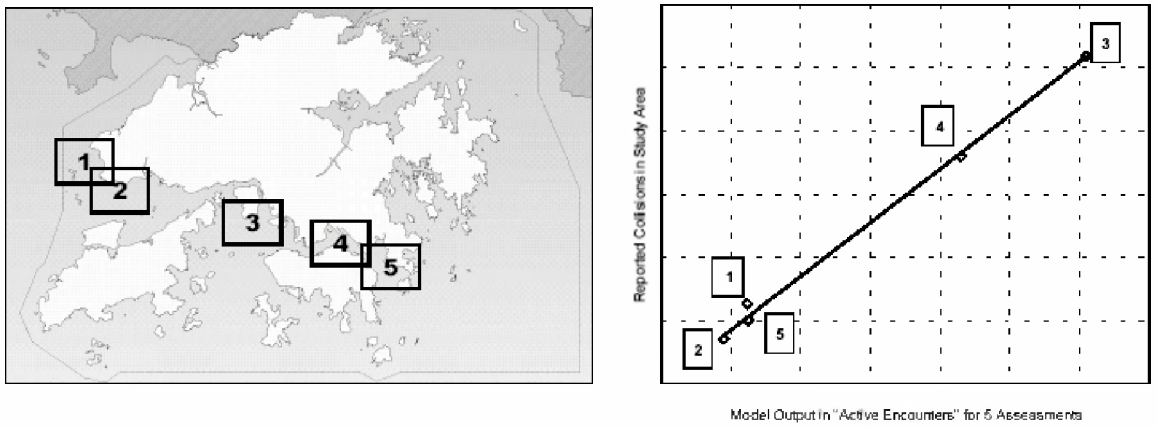


Figure 6 Validation of Model

The decision-making process is therefore the same as that used in the encounter/navigation dilemma, but this time with more weighting placed on the rudder angle used to avoid the coast. At present this decision is not implemented in the model, but it is always possible to use the manual navigation option for a situation of particular importance.

5. MARINE RISK

The key output of the Dymitri model consists of "encounters" which occur when vessels within the model activity take steps (change of course and/or speed) to avoid another vessel. These events are not collision events in themselves but the initiating events for a potential collision. The likelihood of an incident then occurring embraces a wide series of human factors associated with perception of the vessel masters, the decisions taken, bridge team co-ordination, and the interaction of both vessels as a collision is averted, or not. The complexity of modelling these elements has been addressed previously.

The likelihood of an incident actually occurring has been developed for the Dymitri model on the basis of "Active" encounters, where the nature of the encounter (crossing, head-on, or over-taking) is factored in the initial stages. Analysis and "expert group" consensus reported by the US Coastguard [ref. 4], has proposed that different types of encounters should have different relative weightings and the following values have been adopted within the model during recent studies to develop active encounters, from the total number of incidents logged:

- 0.05 for overtaking encounters;
- 0.65 for crossing encounters, and
- 0.30 for head on encounters.

Figure 6 illustrates a comparison of total active encounters and historic incident records for five recent projects addressed within Hong Kong waters. The assembly of the data points on a straight line (with a correlation factor R>0.99) illustrates an excellent correlation between model output of active encounters and historic collision experience over a wide range of traffic levels in the busy waters of Hong Kong.

Model output may be generated in a flexible manner to develop the total number of anticipated collisions for different waterspaces, vessel types and time-periods. However, the search for "acceptability" of differing collision, injury and fatality rates requires a benchmark for assessment. Marine traffic risks may best, for comparative purposes, be expressed in terms of Potential Loss of Life (PLL) where the frequency of incidents and likely number of casualties is developed for any given waterspace with respect to the population at risk, which for most marine collision incidents is the volume of crew and passengers passing through the waterspaces. Both these parameters can be readily developed from the model output and comparison made against specific risk criteria.

While documents such as the IMO Interim Guideline (Reference 5), UK's Port Safety Code (Reference 6), and IALA (Reference 7) all support the use of Quantitative Risk

Assessment techniques, there are no international guidelines on the acceptability of different PLL for marine transport operations. In recent studies comparison has been made against local Hong Kong criteria, (Reference 8) which has appeared well suited to discriminating between risks which are "Acceptable", "Unacceptable", or must be reduced to "As Low As Reasonably Practicable" (ALARP). However, we await the development of an international standard to provide further guidance on this issue.

While other factors not included in the model (i.e. visibility, currents, navigator aptitude and interaction) undoubtedly impact the likelihood of an incident given an initiating event, the fact that good accuracy can be achieved without including these elements suggests strongly that they are of a lower importance than those aspects included in the model.

6. DISCUSSION

It is clear that use of a dynamic traffic simulation model solves some problems of similitude, but raises many others.

Experience gained through using the model in a variety of studies suggests that good predictions of collisions are obtained in the port of Hong Kong, where traffic levels are high. This would suggest that the model provides a sufficiently realistic simulation of the present situation and gives some confidence in its ability to predict the future. It will in future be interesting to apply the model to less congested waterspaces to identify if the existing level of accuracy is maintained.

While apparently of high accuracy for congested waterspaces, where traffic "mass flow" dominates the questions raised in the development of the Dymitri model are nonetheless intriguing. They hark back to human factor issues, raised at many MARSIM conferences in the past when the development of a "pilot" model were being considered (Reference 9 for example). The modelling of how various shiphandling decisions are made is difficult, not least because of human variability and the need for "real world" data. Reference 10 was an early attempt to measure this important matter in which mariner's decision times were studied. It is clear however that simple deterministic decision rules, while useful, can only go so far and an approach using fuzzy logic would be preferable. This in turn would lead to computational problems, a not insignificant consideration if upwards of 10,000 vessels are being dealt with at a given time.

It may therefore be concluded that, although the use of dynamic traffic simulation models, with some elements of autonomy given to each vessel, is in its infancy, it has significant value as a tool for operational research in marine traffic. Further developments are likely to be in the area of decision-making, outlined above, with the inclusion of more realistic manoeuvring models a possibility for some studies.

7. REFERENCES

1. Waddington, C.H.: "OR in World War 2" History of Science Series, Elek Science, London, 1973.
2. Wheatley, J.H.W.: "traffic in the English Channel and Dover Strait –II. Circumstances of Collisions and Strandings" Joint RINA/RIN Conference on Marine Traffic Engineering, London, 1973, p.50.
3. Iijima, Y.: "The Japanese Approach to Marine Traffic Engineering" Mathematical Aspects of Marine Traffic, edited by S. H. Hollingdale, Academic Press, London, 1979 p.85.
4. United States Coast Guard. (1999) Regulatory Assessment Use of Tugs to Protect Against Oil Spills in the Puget Sound Area.
5. International Maritime Organisation (1997) Interim Guideline for the Application of Formal Safety Assessment for the IMO Rule-Making Process, MSC/Circ.829 & MEPC/Circ.335.
6. Department of Environment, Transport and the Regions, UK Government (2000), Port Marine Safety Code.
7. IALA (2000), IALA Guidelines on Risk Management
8. Environmental Protection Department, HKSARG (1997) Technical Memorandum on Environmental Impact Assessment Process

9. Kasai, H and Kobayashi, E: "Manoeuvring Simulation Approach to a Ship's Piloting Expert System" MARSIM '93, Sept/Oct, 1993, St John's, Newfoundland.
10. Curtis, R. G.: "Determination of Mariners' Reaction Times" Journal of Navigation, 1978, Vol. 38, p. 408.

Appendix 5: Copie document D6-D8 Safety@Sea

SAFETYATSEA

SAFETYAT SEA

Demonstration Project D
Deliverables D6 – D8
Report No: D6_8.01 Revision 01
September 2005



Contents:

EXECUTIVE SUMMARY 2
1 TERMS OF REFERENCE 3
2 WORK SCHEDULE 4
3 INTRODUCTION 5
4 COVERAGE OF A MARINE NAVIGATIONAL SAFETY RISK ASSESSMENT 8
5 WORK PRIOR TO A MARINE NAVIGATIONAL SAFETY RISK ASSESSMENT 9
6 SCOPE AND DEPTH OF A MARINE NAVIGATIONAL SAFETY RISK ASSESSMENT 10
7 MARINE NAVIGATIONAL SAFETY GOAL 11
8 MECHANISM FOR ASSESSING TOLERABILITY OF MARINE NAVIGATIONAL SAFETY RISK 12
9 RECOMMENDED PROCESS FOR PRODUCING A MARINE NAVIGATIONAL SAFETY RISK ASSESSMENT SUBMISSION 14
10 RECOMMENDED THROUGH LIFE SAFETY MANAGEMENT 19
11 DECISION MAKING PROCESS FOR MARITIME ADMINISTRATIONS IN ASSESSING SUBMISSIONS 20
12 DECISION MAKING PROCESS FOR MARITIME ADMINISTRATIONS IN RESPONDING TO SUBMISSIONS 21
13 GUIDANCE ANNEXES 22
ANNEX 1 OVERVIEW OF QUANTIFIED RISK ASSESSMENT AND MODELLING 23
14 INTRODUCTION 24
ANNEX 2 EXAMPLE HAZARD INDENTIFICATION CHECKLIST 30
ANNEX 3 EXAMPLE RISK CONTROL CHECKLIST 36

Executive Summary

This document has been produced by BMT Renewables Limited for the Safety@Sea Project.

The deliverables outlined in this report are consistent with Deliverables D6, D7 and D8 contained within the Demo D work schedule. These are:

- D6 Perform Cumulative QRAs
- D7 Evaluate Risk Control Provisions
- D8 Develop strategic planning/approval framework and decision making tool

The document is formatted as D8 and draws on the work done in D6 and D7.

One of the early findings of the Demo D activities is that the risks and risk controls for wind farms are unique to every wind farm. The risk, the aids to navigation improvements to reduce risk. and their cost benefits are unique to each wind farm.

Therefore the cumulative quantified risk assessment was based on an arbitrary sea area with up to five wind farms. This arbitrary area was populated with a comprehensive range of marine features (coastlines, islands, oil installations, ports, channels, etc.) and a wide range of vessels (ocean going, ferries, fishing, recreational, offshore supply, etc.)

Similarly the risk control provisions available were identified from a hazard identification exercise of an arbitrary wind farm within the arbitrary sea area.

This work, plus the earlier work reported in Report No: D2_5.01 Revision 01 March 2005, will from the basis of D9, Develop and Standardise Trans-National Procedures and Guidelines.

D9 will be the final output of Demo D.

1 Terms of Reference

This report provides the deliverables D6, D7 and D8 of Demonstration Project D: Offshore Wind Park Risk Management, which forms part of the Strand 3: Coastal Zone Management work programme within the INTERREG Safety@Sea project.

The activities described in this report cover:

- Cumulative Quantified Risk Assessments.
- Risk Control Provisions
- Strategic Planning/Approval Framework
- Decision Making Tool

The work to date has been completed ahead of schedule, apart from components of Deliverable D3 - retrieving and using AIS base station data. This work will be described and issued as a separate report once AIS data is delivered.

2 Work Schedule

The original envisaged schedule of activities for Demo D is shown below, with completed areas shaded:

- Report No: D2_5.01 Revision 01 March 2005 is shaded in light yellow
- This report is shaded in light green

Act. No.	Activity Description	Dead line	Work involving the Partners (Yes/No)		
			UK	Flanders	Denmark
D1	**Organise the work:** Establishing the network of participating partners. Establishing working routines across the partners.	Sept 2004	Yes	Yes	Yes
D2	**Classify typical areas and models:** Select number of individual locations with critical traffic patterns, environmental sensitivities or particular hazards. Select representative offshore wind developments and scenarios of proposed developments, individually and cumulatively. Areas to include UK Strategic Areas and/or planned concession areas in the Belgium part of the North Sea, (to be undertaken in close association with C-Power)	Sept 2004	Yes	Yes	Yes
D3	**Retrieve marine traffic densities for current and future ** scenarios:** Collect AIS and other data via set up of AIS base stations and prioritise AIS data gathering in terms of reliability and level of importance for offshore wind farm risks.	Mar 2005	Yes	Yes	Yes
D4	**Develop full dynamic, GIS-based navigation risk modelling system:** Extend established DYMITRI QRA system already proven in complex dynamic environments such as Hong Kong and Singapore. Incorporate full Rules of the Road. Examine current risk levels with and without wind farms and compare with 3rd party data. Provide Flanders maritime authorities with end user system.	Mar 2005	Yes	Yes	
D5	**Benchmark QRA System:** Partners to use system to examine current risk levels with and without wind farms and compare with 3rd party and maritime authorities' data.	Mar 2005	Yes	Yes	Yes
D6	**Perform Cumulative QRAs:** For selected sites around the UK, Belgium and elsewhere, perform full individual QRA and cumulative QRA based on various AtoN provisions and traffic growth scenarios. To be done in collaboration with C-Power.	Sept 2005	Yes	Yes	
D7	**Evaluate Risk Control Provisions:** Examine current AtoN, radar and AIS provisions (systems and locations) as part of risk control measures. Identify cost-benefits in risk reduction of improved AtoN provisions.	Mar 2006	Yes	Yes	Yes
D8	**Develop strategic planning / approval framework and decision making tool:** Develop trans-national outline framework for planning and approval. Develop rational decision-making tool based on QRA modelling and outputs and use of the QRA tool by maritime authorities.	Sept 2006	Yes	Yes	Yes
D9	**Develop and standardise trans-national procedures and guidelines:** Develop, describe and standardise trans-national measures in respect of procedural, technical and organisational solutions.	Mar. 2007	Yes	Yes	Yes

3 Introduction

3.1 Development of the Document

This document (and its annexes) has been produced by BMT Renewables Ltd, a subsidiary of British Maritime Technology Ltd (BMT), for the Safety@Sea project to provide:

- a strategic planning/approval framework and decision making tool
- a basis for the future development of standardised trans-national procedures and guidelines.

BMT has developed this framework in association with:

- the Flemish Maritime Administration and C-Power
- various Government and other stakeholders in the EU.

BMT carried out extensive consultation and research to ensure the framework is robust, verified, auditable and accountable in a local, national and international context.

3.2 Risk Control Focus

The framework is focussed on the selection and implementation of Risk Controls. In particular in showing that sufficient Risk Controls are in place for the assessed risk to be judged as:

- broadly acceptable
- or tolerable with further controls in place or actions taken.

3.3 Key Terminology

The key terminology used in this document is:

Methodology	Assessment Methodology The suggested process, as described in this document, Maritime Administrations to assess any applications it may receive from Developers for offshore wind farms.
Guidance	Guidance for Developers A comprehensive range of overviews, guidance and illustrative examples of methods that can be used by developers (or any other interested organisation) to assess the navigational safety risk of offshore wind farms and define suitable risk controls.
Marine Navigational Safety Risk Assessment	The body of information produced comprising: • Formal Safety Assessment supported by • Navigation Risk Assessment comprising ○ General Navigation Safety Risk Assessment and ○ Other Navigation Safety Risk Assessment
Submission	A formal document describing the Marine Navigational Safety Risk Assessment and the Through Life Safety Management. (In other industries this would be called a Safety Case)

General Navigation Risk Assessment	That part of the navigation risk assessment relating to collision, contact, grounding and stranding of vessels. Generally this assessment will be centred on a: • Hazard Log • Area Traffic Assessment and Modelling • Specific Traffic Assessment and Modelling.
Other Navigation Safety Risks	That part of the navigation risk assessment relating to the wider range of marine safety risks but excluding collision, contact, grounding and stranding. Generally this assessment will be centred on a Hazard Log.
Area Traffic Assessment and Modelling	That part of General Navigation Risk Assessment that models/assesses the wide area and assesses the marine environment, the traffic and wind farm development to predict the risk of collision, contact, grounding and stranding.
Specific Traffic Assessment and Modelling	That part of General Navigation Risk Assessment that models/assesses in detail the risk of more specific navigation issues and the proposed risk controls.

Table 1 - Key Terminology

3.4 How the Methodology Was Developed

The Methodology was developed by BMT Renewables Limited based on undertaking a series of "Illustrative Risk Assessments".

The "Illustrative Risk Assessments" were based on:

- defining a marine environment
- adding multiple wind farm developments
- adding marine traffic
- performing a formal safety assessment
- performing specific risk assessments based on Computer Simulation techniques.

3.4.1 Marine Environment

An "Arbitrary" sea area was created to illustrate an example of a wind farm area marine environment and features that either may develop within them of that may be present in future strategic areas.

3.4.2 Wind Farm Developments

Five wind farms were added to illustrate wind farm developments within the illustrative arbitrary area.

3.4.3 Marine Traffic

A simulated current and future marine traffic environment was created.

3.4.4 Formal Safety Assessment

An example IMO Style FSA, based on Steps 1 to 3 of the IMO FSA process, was undertaken to:

- create an “Illustrative” Hazard Log
- create an “Illustrative” Risk Control Log
- use the lessons learned to develop the Methodology and Guidance.

3.4.5 Risk Assessment

For the development of this methodology computer based simulation modelling was undertaken to: create an “Illustrative” navigation risk assessment based on:

- Area Traffic Modelling using BMT’s DYMITRI marine traffic system[1]
- Specific Traffic Modelling using BMT’s Rembrandt simulation system[2]

1 DYMITRI - Dynamic Marine Traffic Simulation Manoeuvring Model

2 Rembrandt – Real time Manoeuvring simulator model

4 Coverage of a Marine Navigational Safety Risk Assessment

4.1 Coverage - Risk Areas

Marine Navigational Safety Risk Assessment covers the marine navigational safety risks for all navigation and operations taking place in and around developments. This results in the need for:

- a Formal Safety Assessment

supported by

- a Navigation Risk Assessment

4.2 Coverage – Physical Areas

The key physical risk areas to be covered by the methodology are:

- the risks associated with a development
- the cumulative risks associated with the development and the other Wind Farm developments in the Strategic Wind Farm Area
- the in-combination effects on the risk of the development with other economic developments over the operational life of the Wind Farm.

5 Work Prior to a Marine Navigational Safety Risk Assessment

5.1 Feasibility of Navigation

Prior to undertaking a Marine Navigational Safety Risk Assessment it is necessary to show that navigation in and around the wind farm is feasible for the traffic expected in the wind farm areas.

5.2 Economic Impact of Navigation

It is also necessary to demonstrate that the economic impact of any re-routing or blocking of navigation routes for certain vessel types are broadly acceptable.

6 Scope and Depth of a Marine Navigational Safety Risk Assessment

6.1 Proportionality

The scope and depth of the assessment, together with the tools and techniques necessary to carry this out, should be proportionate to:

- the scale of the development
- the magnitude of the risks.

6.2 Judging Proportionality – Role of the Developer

In order to judge proportionality, the following work is recommended, prior to developing a full assessment to:

- do a Preliminary Hazard Analysis
- define an appropriate programme of work
- define the tools and techniques to be used
- inform the relevant Maritime Administration and seek guidance
- be prepared to change scope, depth, tools and techniques resulting from assessed risk as the full assessment progresses.

6.3 Judging Proportionality – Role of Maritime Administrations

In order to judge proportionality the appropriate Maritime Administration should:

- give guidance if asked
- be prepared in principle to accept a change in scope, depth, tools and techniques resulting from the assessed risk.

6.4 Examples of Proportionality

6.4.1 High Risk or Large Scale Development

A development in an area where the potential risks are high, or a large scale development, would probably require a submission based on:

- a Formal Safety Assessment leading to
  - a comprehensive Hazard Log
  - a comprehensive Risk Control Log.
- a detailed and quantified Navigation Risk Assessment based on
  - Area Traffic Assessment
  - Specific Traffic Assessment

6.4.2 Low Risk or Small Scale Development

A development in an area where the potential risks are lower, or a small scale development, might only require a submission based on:

- a Formal Safety Assessment leading to:
  - a Hazard List and a Risk Control List
- a Navigation Risk Assessment based on:
  - Expert Judgement
  - Specific Traffic Assessment.

7 Marine Navigational Safety Goal

7.1 Background

The Maritime Administrations and the EU are committed to the development of offshore wind farms as part of their commitments to generating electricity from renewable energy sources.

These wind farms should co-exist safely with other users of the sea with the minimum increase to the baseline level of risk during construction, operation and decommissioning.

7.2 National and International Navigation Safety Goals

National Governments, the EU or international bodies such as the International Maritime Organisation have not set any specific target for navigational safety in national or international waters.

7.3 Navigational Safety Goals Around Wind Farms

Similarly no specific target has been set for the allowable change to navigation safety caused by the widespread development of wind farms.

The granting of consents, together with the risk mitigation taken, will provide over time a baseline for comparing the navigational safety risk of a proposed project with that of a consented project.

7.4 Proposed Navigation Safety Goal

Due to the lack of specified goals it is therefore prudent to consider the overarching principles of:

- reducing risk to that which is “As Low As Reasonably Practical”
- that “Relevant Good Practice Risk Controls are in Place”.

8 Mechanism for Assessing Tolerability of Marine Navigational Safety Risk

8.1 Tolerability of Individual Risks

8.1.1 Risk

For each risk identified the risk shall be assessed against a risk criticality matrix:

- There shall be no unacceptable risks
- There may be broadly acceptable risks
- All risks in between shall be subject to an assessment of rule compliance and proposed risk controls. Further Risk Control Options must be considered to the point where further risk control is grossly disproportionate (i.e. the ALARP principle) and an ALARP justification and declaration made.

Note: The risk criticality matrix bands are being investigated in the Harmonised Risk Management deliverable being produced by Strand 1 and are yet to be substantiated.

8.1.2 Evidence

For each risk identified the quality of the evidence supporting the risk assessment shall be assessed against an Evidence Matrix:

- There shall be no broadly acceptable risks where Evidence supporting the Risk Assessment is not available to a sufficient starndard.

8.1.3 Risk Controls

For each risk identified the proposed risk controls shall be listed.

8.2 Tolerability of Societal Concerns

8.2.1 Measure of Societal Concerns

It is unlikely that that reducing all individual risks identified to ALARP will be sufficient to give confidence that societal concerns are broadly acceptable. This is because many of the risks are interrelated in both cause and consequence and also the affected stakeholders may have different perspectives of perceived risks.

Therefore, as a minimum, for:

- an aggregate of all entries in the risk register
- and for the main risk of collision, contact, grounding and stranding

an overall assessment of societal risk will need to be made.

The level of Risk can be reported in the form of an FN curve.

8.2.2 Societal Tolerability

The Base Case, with the current traffic, existing marine environment without the wind farm, is assumed to be tolerable.

The Base Case with Wind Farm, with the current traffic, existing marine environment and with the wind farm, is not assumed to be tolerable. The change in Risk compared with the base case needs to be assessed and judged against ALARP criteria.

The Future Case, with the future traffic, future marine environment without the wind farm, is assumed to be tolerable.

The Future Case with Wind Farm, with the future traffic, future marine environment and with the wind farm, is not assumed to be tolerable. The change in Risk compared with the future case needs to be assessed and judged against ALARP criteria.

Note: The societal tolerability criteria are being investigated in the Harmonised Risk Management deliverable being produced by Strand 1 and are yet to be substantiated.

These values of change and their tolerability are likely to be contentious, and dependent on a number of variables used in the assessment of a wind farm. These will include the size of the waterspace, its bathymetry and hence the sea room available for manoeuvring, and the variations in the marine operations taking place in the water space. The larger the space the lower the ratio of the wind farm to base case risk leading to differing perceptions of tolerability.

9 Recommended Process for Producing a Marine Navigational Safety Risk Assessment Submission

The recommended process for producing a Submission is to:

- produce a formal “Submission” based on Formal Safety Assessment
- select appropriate assessment techniques
- produce a high integrity risk assessment based on proving feasibility as well as assessing risk
- present the submission in agreed sections
- undertake the Navigation Risk Assessments in accordance with a common process
- progressively develop the “Submission” as the project develops

9.1 Key Features of a Formal Submission

The key features of the Formal Submission are:

- Risk Assessment (supported by modelling)
- creating a Hazard Log
- defining the Risk Controls in a Risk Control Log required to achieve level of risk that is broadly acceptable (or tolerable with controls or actions)
- and preparing in the submission that a Claim, based on a Reasoned Argument, for a positive consent decision.

1	Produce a Submission based on Formal Safety Assessment
2	Define a Scope and Depth of the Submission proportionate to the scale of the development and the magnitude of the risks
3	Estimate "Base Case" level of Risk
4	Predict "Future Case" Level of Risk
5	Create a Hazard Log
6	Define Risk Controls and create a Risk Control Log
7	Predict "Base Case with Wind Farm" level of Risk
8	Predict "Future Case with Wind Farm" Level of Risk
9	Submission

Figure 1 - Key Features of a Formal Submission

9.2 Selection of Appropriate Risk Assessment Techniques

There are a wide range of Risk Assessment techniques available and the selection of the techniques should be:

- proportionate to the scale of the development and the magnitude of the risk
- acceptable to the appropriate Maritime Administration.

Techniques include:

- no action
- expert judgement
- qualitative assessment
- quantitative calculations
- computer simulations
- trials
- analysis of the real world situation.

The techniques selected will need to be justified in the Submission.

9.3 Integrity of Risk Assessment

It is important that Risk Assessment should be of high integrity and not just a quoted risk number. Risk Assessment should be used to:

- prove that the activities (i.e. navigation, search and rescue and emergency response) are feasible
- produce a numerical value of the change in risk associated with the activity caused by the development
- assess the sensitivity of the risk to changes
- identify, evaluate and decide on appropriate risk controls.

In addition the discipline of risk assessment is to be used to identify issues that need to be considered:

- in the Hazard Log
- in the selection of Risk Control Options.

9.4 Main Sections of the Submission

The main sections of the submission are:

1	Summary
2	Risk Claim supported by a Reasoned Argument and Evidence
3	Description of the Marine Environment
4	Description of the Wind Farm and how it changes the Marine Environment
5	Analysis of Marine Traffic
6	Hazard Log
7	Navigation Risk Assessment
8	Risk Control Log
9	Cost Benefit Analysis
10	Major Hazards Summary
11	Statement of Limitations
12	Through Life Safety Management

Figure 2 - Main Sections of the Submission

9.5 Overview of the Navigation Risk Assessment Process

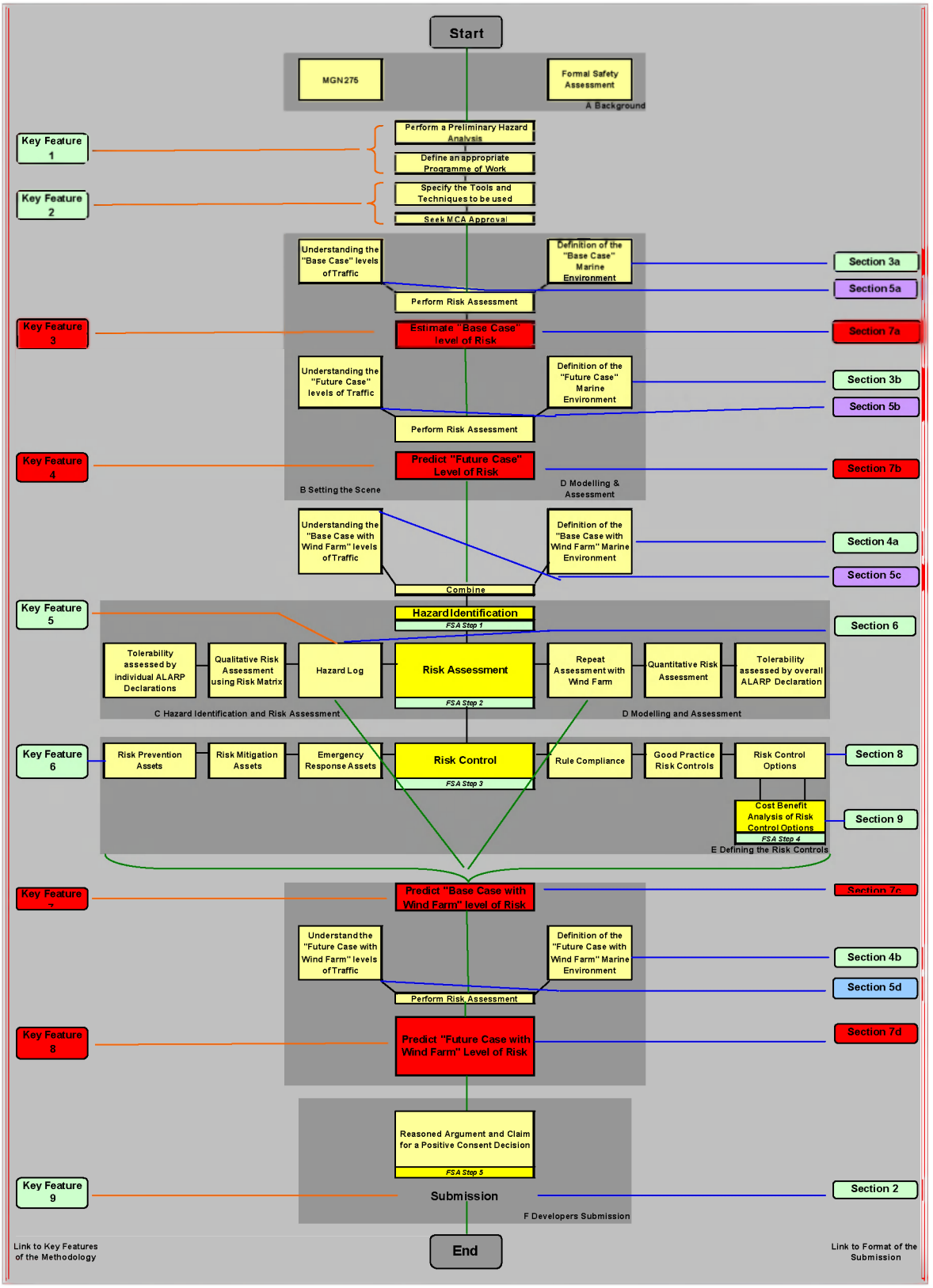


Figure 3 - Overview of the Navigation Risk Assessment Process

9.6 Progressive Development of the Submission

It is recommended that the submission is developed in stages as the scope and depth of each stage is dependent on the findings of the previous stage. The suggested stages are:

- Stage 1 Determine feasibility of navigation and the economic impact on navigation
- Stage 2 Obtain appropriate Maritime Administration approval for approach to be taken based on:
  - Preliminary Hazard Analysis
  - Define an appropriate Programme of Work
  - Specify the Tools and Techniques to be used
- Stage 3 Traffic
  - Understanding the Base Case Levels of Traffic
  - Predict the Future Levels of Traffic
- Stage 4 Navigation Risk Assessment
  - Area Traffic Assessment
  - Specific Traffic Assessment
- Stage 5 Formal Safety Assessment comprising
  - Hazard Identification
  - Risk Assessment
  - Hazard Log
  - Risk Control Log
- Stage 6 Other Assessments (if required)
  - Search and Rescue Assessment
  - Emergency Response Assessment
- Stage 6 Final Assessments and Submission Preparation.

10 Recommended Through Life Safety Management

The implication of the proposed navigational safety goal is that safety will have to be managed through life. Through life safety management will include:

- having a Safety Policy
- implementing and keeping up to date the Marine Navigational Safety Risk Assessment
- running a Safety Management System including
    - keeping current a Safety and Operations Plan (Marine Safety Plan)
    - having an Emergency Plan
- maintaining a Safety Culture including
    - having a process for Through Life Review.

10.1 Safety Policy

This shall include:

- Commitment of follow the BWEA Guidelines for Health and Safety in the Wind Energy Industry
- Commitment to install turbines designed to comply, as a minimum, with MGN 275 Annex 4 requirements[3]

10.2 Marine Navigation Risk Assessment

This shall include:

- setting in place the risk mitigations and controls (including the provision of assets) listed in the Risk Control Log
- if required by proportionality to undertaking a full scale Search and Rescue and Emergency Response assessment
- maintaining systems to monitor achieved levels of risk including records of concerns, near misses and accidents
- periodically updating Risk Assessments and updating the resulting risk mitigations and controls (including the provision of assets)

10.3 Safety Management System

This shall include:

- operate in accordance with a Safety and Operations Plan (Marine Safety Plan)
    - including operating and practicing the Active Safety Management System described in Annex 4 of MGN 275
- set up and periodically exercising an Emergency Plan.

10.4 Safety Culture

Take positive action to create a safety culture including:

- defining board level responsibilities
- measurement and feedback of the level of compliance

undertake periodic risk reviews and implementing the findings to keep the risk levels within the goals.

3 Note: These are UK requirements. No harmonised EU requirements have been identified

11 Decision Making Process for Maritime Administrations in Assessing Submissions

11.1 Introduction

This section gives an indication of the process that will be followed in assessing submissions.

11.2 Principle of the Process

The principle behind process is to seek in a submission:

- a claim that if the planned risk controls are implemented and maintained the proposed wind farm will achieve the sought for level of marine navigational safety
- sufficient information for government departments, their agencies and other stakeholders to have confidence in the claim
- a declaration that the risk controls will be implemented.

11.3 Assessment of Information Supplied in the Submission

Government departments will assess if the submission includes information showing:

1) that the marine navigational safety requirements have been correctly identified
    - based on Formal Safety Assessment

2) that the submission makes a claim against the safety requirements
    - that the rules have been complied with
    - that as a minimum standard or relevant good practice risk controls will be put in place
    - that the risks are broadly acceptable or
        - tolerable with Modifications
        - tolerable with Additional Controls
        - tolerable with Monitoring
    - that further risk control is grossly disproportionate

3) that this claim is backed up by a reasoned argument

4) that the reasoned argument is built on the use of evidence and appropriate risk assessment tools and techniques

5) that the evidence is quality checked

6) that techniques selected are verified

7) that the results from applying the techniques are validated
    - such as calibration against known data.

11.4 Assessment of the Limitations of the Information Supplied in the Submission

Maritime Administrations will assess if the submission includes information showing:

1) that the nature, assumptions and limitations of the submission are set out and understood

2) that “absence of evidence of risk” is not taken as “evidence of absence of risk”.

12 Decision Making Process for Maritime Administrations in Responding to Submissions

12.1 Background to the Response Process

In defining the response process the broadly stated principles of good regulation of:

- the targeting of action: focussing on the most serious risks or where the hazards need greater controls
- consistency: adopting a similar approach in similar circumstances to achieve similar ends
- proportionality: requiring action that is commensurate to the risks
- transparency: being open on how decisions were arrived at and what their implications are
- accountability: making clear, for all to see, who are accountable when things go wrong.

12.2 Ultimate Responsibility for Consent

The aim is to involve stakeholders at all stages with the aim of achieving consensus. However, Maritime Administrations may have to make recommendations where consensus is not possible, for example because different stakeholders hold opposite views based on deep-rooted beliefs.

12.3 Scope of the Opinion

The scope of the opinion given will be on the impact on Marine Navigational Safety Risks of:

- the development itself
- the development in-combination with other planned developments
- the development in combinations with other planned developments and its effect on other future developments.

12.4 Opinion Options

The type of opinion given will fall into the following categories:

- “No Objection”
- “No Objection” with conditions
- “Pending” with a request for more information or analysis
- “Objection” with reasons.

13 Guidance Annexes

The guidance is given in the following overview, guidance and illustrative example Annexes:

ANNEX 1	Overview of Quantified Risk Assessment
ANNEX 2	Example Hazard Identification Checklist
ANNEX 3	Example Risk Control Checklist

ANNEX 1 Overview of Quantified Risk Assessment and Modelling

14 Introduction

In their assessments and submissions developers may be expected to undertake supporting modelling.

This Annex gives an overview of:

- the purpose of the modelling in an assessment and submission
- the types of modelling sought for in an assessment and submission
- the hierarchy of modelling in an assessment and submission
- the concept of a scenario to control the scope and depth of the modelling.

14.1 Purpose of Modelling in Risk Assessment

The purpose of modelling is to:

- Prove Feasibility
  - demonstrate that the navigation activities (or search and rescue and emergency response activities) are feasible, with the wind farm structures in place, during the phase of development, for the vessel types and with the conditions
- Quantify Risk
  - produce a numerical value of the change in risk caused by the development to the associated with the activity and how this risk varies across vessel types
- Assess Sensitivity
  - Determine the sensitivity of the risk to the conditions and the risk factors
- Decide on Risk Controls
  - identify, evaluate and decide on appropriate risk controls.

14.2 Purpose of Modelling in Hazard Log Closure

In addition the discipline of modelling is to be used to identify issues that need to be considered:

- to close the Hazard Log
- to develop the Risk Control Log.

14.3 Types of Modelling

Depending on proportionality judgement leading to the scope and depth of the submission the following types of modelling may be needed:

- in support of Navigation Risk Assessment
  - Area Traffic Modelling or Assessment
  - Specific Traffic Modelling or Assessment

14.4 Concept of the Scenario to Control the Scope and Depth of the Modelling

The various hazards identifications will generate a large number of Situations that require further investigation.

The concept of the scenario is to set up a model, that while it is not necessarily an exact representation an exact situations being assessed is sufficiently:

- widely defined to cover a range of situations in a single scenario

- applicable to generate reasonable estimations of feasibility, risk, sensitivity and the effect of controls.

14.5 Hierarchy of Modelling in support of Navigation Risk Assessment

The concept of the methodology is of a hierarchy of modelling (or other appropriate assessment) which starts at the area level and the results used to define more specific issues to be investigated. For example process followed to support the Navigation Risk Assessment is likely to be:

1a	Area Traffic Modelling/Assessment of the Strategic Area	
leading to where necessary		
1b	Area Traffic Modelling/Assessment of the Wind Farm Area	
leading to where necessary		
2a	Specific Traffic Modelling/Assessment in and around the Wind Farm Area	
leading to where necessary		
2b	Specific Traffic Simulation in and around the Wind Farm Area	
leading to where necessary		
3	Specific Traffic Bridge Control Simulation in and around the Wind Farm Area	
4	Site Specific Trials	

Table 2 - Hierarchy of Modelling and Trials in support of Navigation Risk Assessment

14.5.1 Definition 1 – Area Traffic Modelling

Area Traffic Modelling assesses the marine environment, the traffic and the wind farm development to predict the risk of collision, contact, grounding and stranding now and in the future. It is likely to need to be statistical in nature, based on modelling/assessment the vessel traffic and the behaviour of vessels with relation to steering rules, speed changes, the route they wish to follow, etc., and model the multiple interrelationships with a large number of vessels, of different types, navigating in the same environment over a long time and involved in a variety of operations which will each interact.

14.5.2 Definition 2 - Specific Traffic Modelling

Specific Traffic Modelling assesses in detail the risk of more specific navigation issues, and proposed risk controls, that require a high quality representation in a model of:

- the manoeuvring capabilities of the vessels
- ability to comply with the Regulations
- stopping distances and turning circles
- rapid changes in the mariners' domain size

- details of the bathymetry and the ability, by driving the ship in real time in conjunction with other vessels in encounter situations, to assess the feasibility and level of risk (including the risk grounding or collision in restricted water navigable channels).

Some of the parameters worked out in this way (for example surveillance domain for a specific condition) may then be used in the definition of "rules" in the Area Traffic Modelling/Assessment.

14.5.3 Definition 3 - Specific Traffic Bridge Control Simulation

For critical risks or significant investment decisions on risk control options it may be necessary to extend modelling to simulation using full bridge simulators.

14.5.4 Definition 4 – Site Specific Trials

There may be situations where the state of the art modelling tools are incapable of being validated for certain specific traffic assessments and trials are required. Radar effects seem to be, at the time of preparation of this methodology, seemed to be an example of this.

14.6 Overview of Requirements for Area Traffic Modelling

Area Traffic Assessment is required when there is uncertainty over the effect of the Wind Farm on the ability of vessels to navigate in the waters adjacent to the Wind Farm without suffering an increase in risk of transit, and in particular the risk of contact, collision, grounding and stranding.

It is therefore likely to be required to all but the most minor offshore wind farm developments or Wind Farms where there is not, or cannot be, navigation activity.

The fundamental requirements of Area Traffic Assessment include:

- that it assesses all traffic in both the strategic wind farm area and the wind farm area
- that it assesses the movement of vessels through the water in a way that is representative of vessel navigation
- that it assesses the real world behaviour of the vessels to the Collision Regulations including
  - the effect of reduced visibility on compliance with the Collision Regulations coupled with the expected effects on radar blanking
  - a representative rate of human error in applying the Collision Regulations
  - a representative rate of deliberate non compliance with the Collision Regulations
  - the taking of pre-emptive action to prevent the Collision Regulations coming into force
  - any known established deviations[4] from the Collision Regulations
- that it assesses the effect of manoeuvring in restricted waterways (defined from bathymetric data developed from Electronic Navigation Charts) including action by vessels to avoid shallow water
- that it is used to calculate
  - as a minimum the frequency and density of interaction between vessels, and vessels and shallow water, to gain statistically significant information to assess the effect of the fundamental Risk Control Options of location, alignment, size and layout
  - the probability of collision, contact, and grounding
  - for specific vessel types the risk and tolerability of the risk, and to link with Search and Rescue resource and response planning and Emergency Response planning.

4 The identification of and assessment of any established deviations should not be interpreted that those deviations have regulatory approval.

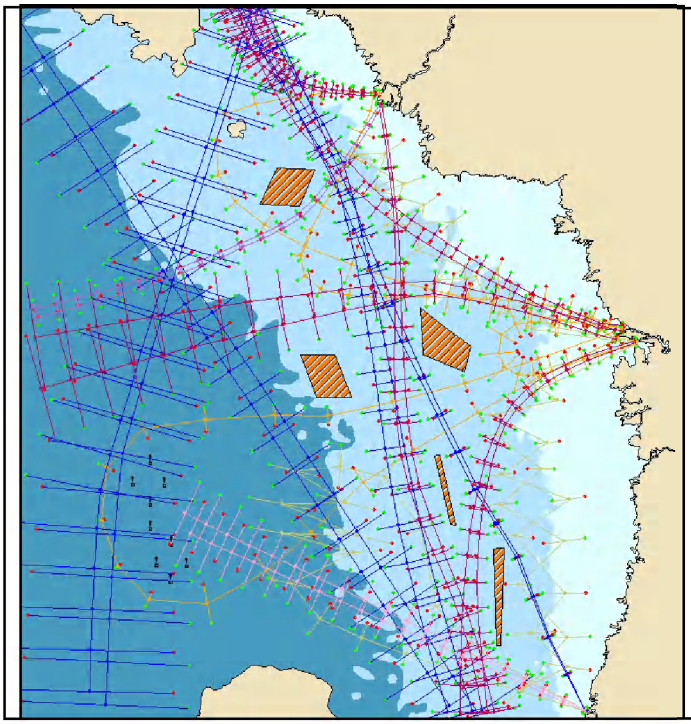
14.7 Overview of Requirements for Specific Navigation Modelling

Specific Traffic Assessment is required to answer detailed questions about the feasibility and risk associated with navigation activities in or around a Wind Farm. Typically such assessment will be performed in response to:

- areas of "High Risk" identified by the Area Traffic Assessment
- the need for an "ALARP declaration" in the Hazard Log
- the need to evaluate the effectiveness of a Risk Control in the Risk Control Log
- the need to evaluate the policy on exclusion or safety zones
- the ability for Emergency Response vessels (e.g. Tugs) to operate to rescue a Vessel requiring assistance in and around a wind farm.

14.8 Example Output from an Area Traffic QRA

This example is based on investigating the cumulative effect of 5 wind farms in a strategic wind farm area.



Following relocation of routes the model has been run for the Base Case with Wind Farm. In the results presented below it has been (conservatively) assumed that all vessels are completely "blind sited" by the Wind Farm with respect to other vessels travelling on crossing courses either side of the Wind Farm. This is a conservative assumption that would, in normal events, undergo sensitivity testing. It is anticipated this testing would encompass consideration of the Study Area visibility, separate vessel remote sensing capabilities (such as AIS) and the usual use and reliance on radar.

Figure 4 - Area Traffic QRA – Route Structures with Wind Farms

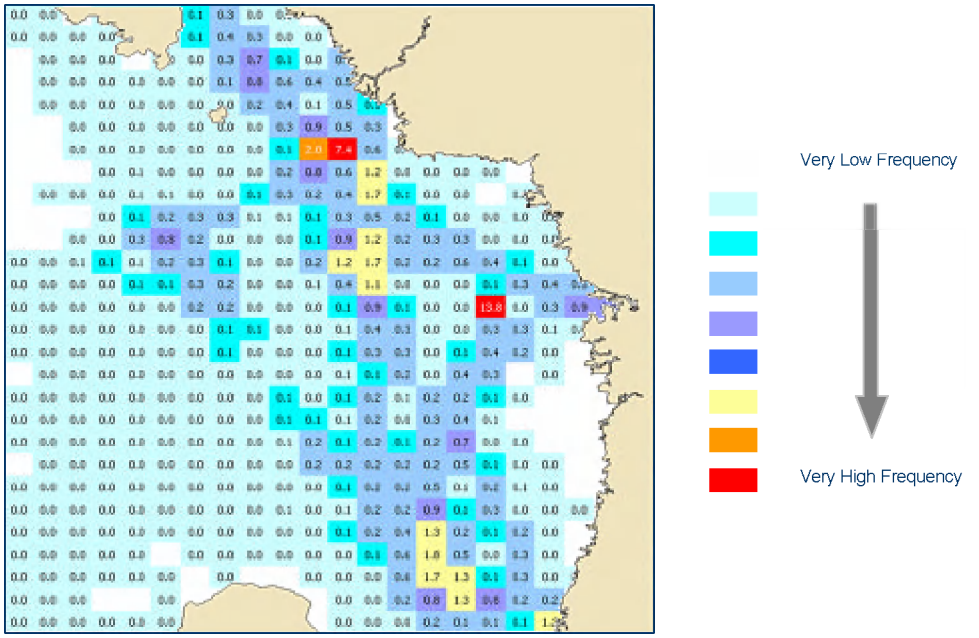


Figure 5 - Area Traffic QRA – Base Case Risk with Wind Farms

14.9 Example Output from an Specific Traffic QRA

This example is based on investigating navigating a channel between two halves of a wind farm.

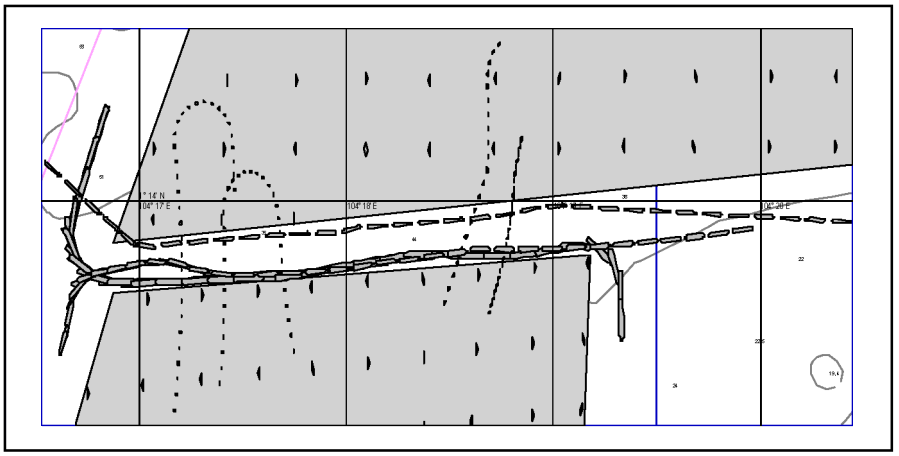


Figure 6 - Specific Traffic Assessment - Track Plots

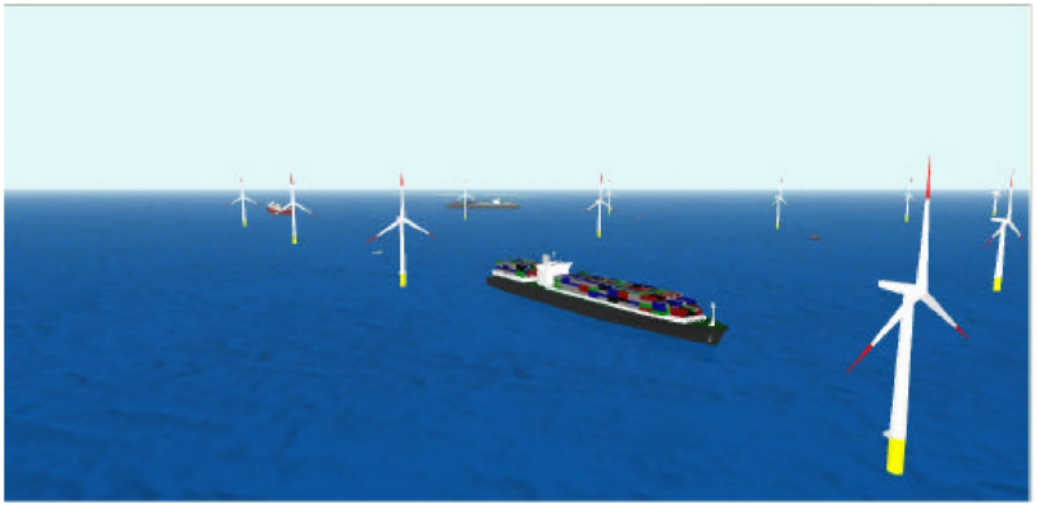


Figure 7 - Specific Traffic Assessment – Illustration of 3-D "Helicopter" View

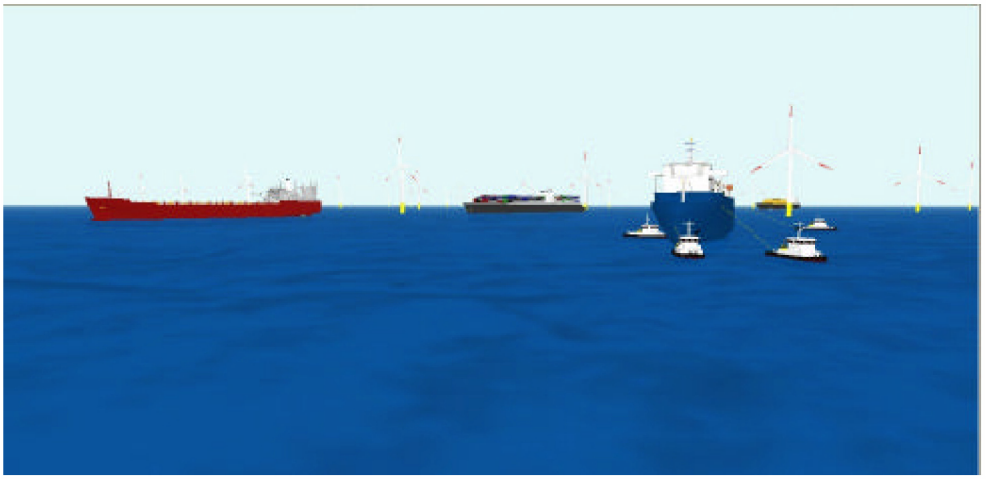


Figure 8 - Specific Traffic Assessmen – Illustration of 3-D "Bridge" View

ANNEX 2 Example Hazard Indentification Checklist

Ref				Description Hazard and Accident Sequence
1				**General Navigation Safety**
1	**2**			**Collision**
1	2	01	a	Vessel navigating near a wind farm collides with another vessel that is navigating near a wind farm
1	2	01	b	Vessel navigating near a wind farm collides with another vessel navigating around a wind farm.
1	2	01	c	Vessel navigating around a wind farm collides with another vessel that is navigating around a wind farm.
1	2	01	d	Vessel navigating around a wind farm collides with another vessel that is navigating through a wind farm.
1	2	01	e	Vessel navigating through a wind farm collides with another vessel that is navigating through a wind farm.
1	2	02	a	Fishing vessel collides with another navigating vessel navigating near, around or through a wind farm
1	2	02	b	Presence of fishing vessels causes collision between other navigating vessels.
1	2	03	a	Recreational vessel collides with another navigating vessel navigating near, around or through a wind farm
1	2	03	b	Presence of recreational vessels causes collision between other navigating vessels.
1	2	04	a	Anchored vessel collides with another navigating vessel navigating near, around or through a wind farm
1	2	04	b	Presence of anchored vessels causes collision between other navigating vessels.
1	2	05	a	Vessel engaged in operations collides with another navigating vessel navigating near, around or through a wind farm
1	2	05	b	Presence of vessels engaged in operations causes collision between other navigating vessels.
1	2	06	a	Vessels engaged in servicing a wind turbine (e.g. a mother and daughter vessel arrangement) collide with each other
1	2	06	b	Vessels engaged in servicing a wind turbine (e.g. a mother and daughter vessel arrangement) collide with another navigating vessel navigating near, around or through a wind farm
1	2	06	c	Presence of vessels engaged in servicing a wind turbine (e.g. a mother and daughter vessel arrangement) causes collision with other navigating vessels
1	2	07	a	Vessel engaged in a special event collides with another navigating vessel navigating near, around or through a wind farm
1	2	07	b	Presence of vessels engaged in a special event causes collision between other vessels.
1	**3**			**Contact**
1	3	01	a	Vessel under control makes contact with a wind turbine
1	3	01	b	Vessel servicing a wind turbine makes contact with a wind turbine tower. (Special case of 3.01a)
1	3	01	c	Vessel not under command makes contact with a wind turbine
1	3	01	d	Drifting vessel makes contact with a wind turbine tower.
1	3	02	a	Vessel under control makes contact with an offshore sub-station
1	3	02	b	Vessel not under command makes contact with an offshore sub-station
1	3	02	c	Drifting vessel makes contact with an offshore sub-station.
1	3	03	a	Vessel under control makes contact with an offshore service base
1	3	03	b	Vessel not under command makes contact with an offshore service base
1	3	03	c	Drifting vessel makes contact with an offshore service base
1	3	04	a	Vessel under control makes contact with an offshore accommodation platform
1	3	04	b	Vessel not under command makes contact with an offshore accommodation platform
1	3	04	c	Drifting vessel makes contact with an offshore accommodation platform
1	3	05	a	Vessel under control makes contact with a wind turbine blade.
1	3	05	b	Vessel servicing a wind turbine makes contact with a wind turbine blade. (Special case of 3.02a)
1	3	06	a	Vessel not under command makes contact with a wind turbine blade
1	3	06	b	Drifting vessel makes contact with a wind turbine blade (Special case of above)
1	3	07	a	Vessel under control makes contact with a fixed structure associated with a wind farm (e.g. transformer platform)

Ref				Description Hazard and Accident Sequence
1	3	07	b	Vessel servicing a wind farm makes contact with a fixed structure associated with a wind farm
1	3	07	a	Vessel not under command makes contact with a fixed structure associated with a wind farm
1	3	07	b	Drifting vessel makes contact with a fixed structure associated with a wind farm (Special case of above)
1	**8**			**Grounding and Stranding**
1	8	01	a	Vessel under control grounds or becomes stranded on a foundation structure and/or anti scour material.
1	8	01	b	Vessel servicing a wind turbine grounds on a foundation structure and/or anti scour material. (Special case of the above)
1	8	02		Vessel under control grounds or becomes stranded on a fallen over wind turbine
1	8	03	a	Vessel not under command grounds or becomes stranded on a foundation structure and/or anti scour material
1	8	03	b	Drifting vessel grounds or becomes stranded on a foundation structure and/or anti scour material (Special case of the above)
1	8	04		Due to restricted manoeuvring a vessel navigating near a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	05		Due to restricted manoeuvring a vessel navigating around a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	06		Due to restricted manoeuvring a vessel navigating through a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	07	a	Due to naturally shifting sand banks a vessel navigating near a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	07	b	Due to naturally shifting sand banks a vessel navigating around a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	07	c	Due to naturally shifting sand banks a vessel navigating through a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	08	a	Due to the effect of scour a vessel navigating near a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	08	b	Due to the effect of scour a vessel navigating around a wind farm grounds or becomes stranded.
1	8	08	c	Due to the effect of scour a vessel navigating through a wind farm grounds or becomes stranded.
2				**Other Navigation Safety**
2	**1**			**Foundering and Capsizing**
2	1	01	a	Subsea obstacle snags fishing equipment pulling vessel over and causing it to founder or capsize.
2	1	01	b	Subsea cable snags fishing equipment pulling vessel over and causing it to founder or capsize.
2	1	01	c	Subsea fallen over turbine snags fishing equipment pulling vessel over and causing it to founder or capsize
2	1	02	a	Subsea obstacle snags anchor pulling vessel over and causing it to founder or capsize.
2	1	02	b	Subsea cable snags anchor pulling vessel over and causing it to founder or capsize.
2	1	02	c	Subsea fallen over turbine snags anchor pulling vessel over and causing it to founder or capsize.
2	**4**			**Fire**
2	4	01		Wind turbine fire requires emergency rescue of servicing staff
2	4	02		Wind turbine fire requires repair of burnt out turbine (and therefore deployment of support vessels) which may affect routing of vessels and the establishment of a wider safety zone
2	4	03		Release of fire suppression (real or spurious triggers) releases inert gases into the air intakes of supporting helicopters
2	4	04		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause a fire on a vessel (or vice versa) other than a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding*

Ref				Description Hazard and Accident Sequence
2	**5**			**Explosion**
2	5	01		Leaking gas (e.g. from an underground gas field or from batteries) builds up in tower and explodes resulting in abandoned remains of a wind turbine and increased risk of contact
2	5	02		*No other reasonably foreseeable cause of a wind turbine explosion has been identified other than by terrorism which is excluded from Formal Safety Assessment.*
2	5	03		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause an explosion on a vessel other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**6**			**Loss of Hull Integrity**
2	6	01		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause a loss of hull integrity on a vessel (or vice versa) other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**7**			**Flooding**
2	7	01		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause flooding on a vessel (or vice versa) other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**10**			**Machinery Related Accidents**
2	10	01		Wind turbine machinery accident requires emergency rescue of servicing staff.
2	10	02		Blade failure results in the blade (or parts of the blade) hitting a navigating vessel or a person on the vessel
2	10	03		Ice on blade comes off hitting a navigating vessel or a person on the vessel
2	10	04		Dropped object from a maintenance or installation operation hits a navigating vessel or a person on the vessel
2	10	05		Blade failure results in a floating blade entering the seaways
2	10	06		Turbine control failure results in a failure of turbine navigation aids (e.g. lighting) resulting in non detection of wind farm and increase risk of powered contact
2	10	07		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause a machinery related accident on a vessel (or vice versa) other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**11**			**Payload Related Accidents**
2	11	01		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause a machinery related accident on a vessel other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**12**			**Hazardous Substance Accident**
2	12	01		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause a machinery related accident on a vessel other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**13**			**Accidents to personnel**
2	13	01		Accidents caused by Transfer to/from servicing vessel (or helicopter) to a wind turbine
2	13	02		Accidents caused by Transfer between servicing vessels
2	13	03		Accidents within the turbine requiring rescue of personnel.
2	13	04		Toxic fume build up in the turbine from electrical fluids or batteries (or asphyxiation from fire suppression) requiring rescue of personnel.
2	13	05		Person in water (unaided, in floatation device, life raft or life boat) requires rescue
2	13	06		Bad weather (or other event) preventing egress from a wind turbine resulting in marooning and requiring rescue.
2	**14**			**Accidents to the General Public**
2	14	01		Wind farm causes vessel with hazardous substance on board to be routed closer to areas of habitation.
2	14	02		*No reasonably foreseeable accident has been identified where a wind farm can cause an accident to the general public other than as a consequence of a collision, contact, grounding or a stranding.*
2	**16**			**Electrocution**
2	16	01		Vessel hits turbine structure sufficiently hard to pierce J tube and breach cable insulation
2	16	02		Anchoring vessel drags up export cable and shorts cable to the anchor

Ref				Description Hazard and Accident Sequence
2	16	03		Servicing (or SAR) helicopter operations case an electric discharge between the helicopter and the wind turbine
3				**Aviation Safety**
3	**17**			**Aviation Accidents**
3	17	01		Helicopter flying to a turbine, sub-station, service base or accommodation base hits blades or tower and crashes
3	17	02		Helicopter flying to a nearby installation or in transit hits blades or tower and crashes
4				**Other Safety**
4	**20**			**High Probability Events**
4	20	01		Contact between a service vessel and a wind turbine when transferring personnel
4	20	02		Injury of service personnel when transferring to/from a wind turbine
4	20	03		Man overboard of service personnel when transferring to/from a wind turbine
4	20	04		Navigation in exclusion and/or safety zones
4	**21**			**High Severity Outcomes**
4	21	01		A major incident with a large Cruise Vessel or Passenger Ferry leading to a major search and rescue event
4	21	02		Emergency response operations following a major incident with a large oil tanker leading to large scale pollution
4	21	03		Emergency response operations following a major incident with a Liquefied Gas Tanker close to a major centre of population resulting in a large scale explosion risk
4	**22**			**Low Confidence/High Uncertainty**
4	22	01		No risks have been identified where there is significant uncertainty in the assessment, the probability or of the outcome
5				**Search and Rescue**
5	**30**			**Overall**
5	30	01		Presence of the wind farm increases the risk of an accident (e.g. collision, contact, stranding or grounding) and also inhibits search and rescue.
5	**31**			**External to Internal**
5	31	01		Person or vessel requiring search and rescue drifts into a wind farm and the presence of wind farm inhibits search and rescue.
5	**32**			**Internal to Internal**
5	32	01		Activities within a wind farm both generate an increased need for search and rescue and the presence of the wind farm inhibits search and rescue.
5	**33**			**Internal to External**
5	33	01		Activities within a wind farm generate an increased need for search and rescue in the areas surrounding the wind farm
5	**34**			**External to External**
5	35	01		Person or vessel requiring search and rescue drifts through a wind farm and the presence of wind farm inhibits search and rescue during the transit stage.
5	**35**			**Worst Case**
5	35	01		Search and Rescue operations following a major incident with a large Cruise Vessel or Passenger Ferry
6				**Emergency Response**
6	**30**			**Overall**
6	30	01		Presence of wind farm increases need for emergency response from Foundering, Capsizing, Collision, Grounding or Stranding.
6	30	02		Presence of wind farm inhibits ability to provide emergency response.
6	**31**			**External to Internal**
6	31	01		Pollution outside wind farm drifts into wind farm and presence of wind farm inhibits clean up
6	**32**			**Internal to Internal**
6	32	01		Activities within a wind farm both generate an increased risk of pollution and the presence of the wind farm inhibits clean up.
6	**33**			**Internal to External**
6	33	01		Activities within a wind farm generate an increased risk of pollution in the areas surrounding the wind farm.
6	**34**			**External to External**
6	34	01		Pollution from outside a wind farm drifts through a wind farm and the presence of wind farm inhibits clean up during the transit stage.

Ref				Description Hazard and Accident Sequence
6	34	02		Routing of vessels (or post collision, contact or grounded vessel) results in hazardous cargoes closer to areas of population
6	**35**			**Worst Case**
6	35	01		Emergency response operations following a major incident with a large oil tanker
6	35	02		Emergency response operations following a major incident with a Liquefied Gas Tanker close to a major centre of population

ANNEX 3 Example Risk Control Checklist

DESCRIPTION			RISK CONTROL TYPE				RISK CONTROL EFFECT		
C1			Asset	Rule	Good Practice	Option	Prevention	Mitigation	Emergency Response
1		*All*							
2		**Vessel Assets**							
	1	Emergency Response - Requisitioned Vessels	√						√
	2	Search and Rescue – Inshore	√						√
	3	Search and Rescue - Lifeboats	√						√
	4	Search and Rescue Requisitioned Vessels	√						√
	5	Tugs	√						√
	6	GLA Tenders	√						√
	7	Wind Farm Support Vessels	√						√
3		**Aviation Assets**							
	1	Search and Rescue - Helicopter	√						√
	2	Oil Spill Dispersant - Aircraft	√						
4		**Wind Farm Assets**							
	1	AIS Base Station on wind farm	√						
	2	VTS Radar on wind farm	√						
	3	Marks and Lights	√				√		
	4	Sound Signals	√				√		
	5	CCTV	√						
5		**Wind Farm Control Room Assets**							
	1	AIS monitoring	√				√		
6		**Coast State Shore-based Assets**							
	1	Marine Radar, Navigation and Communications Systems	√				√		
	2	Marine Rescue Coordination Centres	√						√
	3	Vessel Traffic Service	√				√		
	4	Shore Radar	√				√		
	5	Lighthouses	√				√		
7		**Coast State Marine Assets**							
	1	Buoys	√				√		
	2	Marks and Lights	√				√		
	3	External Assets	√						
	4	GPS and Galileo	√				√		
8		**Other Assets**							
	1	Pilot Services	√				√		
	2	Charts	√				√		
1		**Consent**							
	1	Deny consent to the wind farm				√	√		
2		**Configuration and Design**							

DESCRIPTION			RISK CONTROL TYPE				RISK CONTROL EFFECT		
C1			Asset	Rule	Good Practice	Option	Prevention	Mitigation	Emergency Response
	1	Optimise location, alignment, size and layout			√		√		
	2	Minimum safe (air) clearances [MGN 275 (M) Annex 1 Para 2]		√			√		
3		**Site Designation**							
	1	Designation of the site as an area to be avoided (ATBA) [MGN 275 (M)]				√	√		
	2	Safety zones of appropriate configuration, extent and application to specified vessels [MGN 275 (M)]				√	√		
	3	Marine traffic exclusion zone.				√	√		
4		**Routeing and Routing Management**							
	1	Implementation of routeing measures within or near the development [MGN 275 (M)]				√	√		
	2a	Manage traffic through VTS from Wind Farm Control Centre				√	√		
	2b	Manage traffic through VTS from MCA Control Centre				√	√		
	3a	Alert traffic via AIS tracking in Wind Farm Control Centre			√				
	3b	Alert traffic via AIS tracking in MCA Control Centre			√				
	4a	Continuous watch by multi-channel VHF, including Digital Selective Calling (DSC) from Wind Farm Control Centre [MGN 275 (M)]			√		√		
	4b	Continuous watch by multi-channel VHF, including Digital Selective Calling (DSC) from MCA control centre [MGN 275 (M)]			√		√		
	5a	Monitoring by radar, AIS and/or closed circuit television (CCTV) from Wind Farm Control Centre				√	√		
		[MGN 275 (M)]							
	5b	Monitoring by radar, AIS and/or closed circuit television (CCTV) from MCA Control Centre [MGN 275 (M)]				√	√		
	6	Remote radar (and AIS) sensing by pilot for remote pilotage							
	7	Appropriate means to notify and provide evidence of the infringement of ATBA's, safety zones or exclusion zones [MGN 275 (M)]				√	√		

DESCRIPTION			RISK CONTROL TYPE				RISK CONTROL EFFECT		
C1			Asset	Rule	Good Practice	Option	Prevention	Mitigation	Emergency Response
	8	Speed limits to control wash			√		√		
5		**Marking**							
	1	External Marking of Offshore Wind Farms		√			√		
		[GLA Requirements. Based on IALA Recommendation O-117 On The Marking of Offshore Wind Farms Edition 2]							
	2	Internal Marking of Offshore Wind Farms		√			√		
	3	Marking of Individual Structures		√			√		
		[MGN 275 Annex 4 Section 1.1]							
	4	Marking of Groups of Structures (Wind Farm)		√			√		
	5	Other navigational aids				√	√		
6		**Communication and Training**							
	1	Promulgation of information and warnings through notices to mariners and other appropriate media. [MGN 275 (M)]			√		√		
	2	Marking on Navigation Charts		√			√		
	3	Adding wind farm navigation training to mariner training syllabuses				√			
7		**Removing need for Navigation**							
	1	Turbine integrity reducing need for maintenance.				√	√		
	2	Strength of foundation design.				√	√		
8		**Safety Management**							
	1	Operator's Safety Management System			√			√	
	2	Operators Safety and Operations Plan			√			√	
	3	Operators Emergency Plan			√			√	
	4	Local and National Emergency Plans			√			√	
	5	Contingency plan if GPS switched off/failed							
9		**Regulatory**							
	1	Application of the principles of the Port Marine Safety Code to wind farms				√			
	2	Mandatory switching on of AIS in and around wind farms				√			
	3	Mandatory fishing boat tracking systems switched on in and around wind farms				√			
	4	Mandatory leisure craft "AIS" switched on in and around wind farms				√			

DESCRIPTION			RISK CONTROL TYPE				RISK CONTROL EFFECT		
C1			Asset	Rule	Good Practice	Option	Prevention	Mitigation	Emergency Response
10		**Search and Rescue**							
	1	SAR response planning.			√			√	
	2	SAR asset provision planning.			√			√	
	3	Turbine mast design (e.g. including safe refuge).		√				√	
		Standards and procedures for wind turbine generator shutdown [MGN 275 (M) Annex 2]		√			√		
11		**Emergency Planning**							
	1	Salvage response planning.			√			√	
	2	Salvage asset provision planning.			√			√	
	3	Oil Spill response planning			√			√	
	4	Oil Spill asset provision planning			√			√	

Bijlage 3: Veiligheid: Studie m.b.t. de effecten van een windmolenpark op de Bligh bank op de veiligheid van de scheepvaart



VEILIGHEIDSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "Bligh Bank"

Concept rapport

Rapport Nr. : 21607.620/3
Datum : 1 mei 2007

Paraaf Management

M A R I N
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 47 99 11
F +31 317 47 99 99

E mscn@marin.nl
I www.marin.nl

VEILIGHEIDSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "Bligh Bank"

MARIN opdrachtnr. : 21607.620

Opdrachtgever : Belwind NV
Leuvensesteenweg 555/15
1930 ZAVENTEM
België

Auteur : Y. Koldenhof
C. van der Tak

INHOUDSOPGAVE

Pag.

1 INLEIDING 7

2 DOELSTELLING 7

3 WERKWIJZE 8
3.1 SAMSON 8
3.2 Effect van het windpark 10
3.3 Modelinvoer en uitgangspunten 11
3.3.1 Verkeer 11
3.3.2 Gebruikte modellen 15
3.4 Gevolgschade 16
3.4.1 Schade aan windturbine en schip 16
3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel 19
3.5 Effecten voor de scheepvaart 19
3.6 Cumulatieve effect 21

4 RESULTATEN 22
4.1 Locatie en inrichtingsvarianten 22
4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties 24
4.3 Gevolgschade 26
4.3.1 Schade aan het schip 26
4.3.2 Schade aan de windturbines 26
4.3.3 Milieuschade 26
4.3.4 Persoonlijk letstel 28
4.4 Effecten voor de scheepvaart 30
4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico 33
4.6 Het cumulatieve effect 34

5 MAATREGELEN 37
5.1 Gebruik van AIS 37
5.2 Inzet van De Waker 37
5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie 38

6 SAMENVATTING EN CONCLUSIES 40

REFERENTIES 43

APPENDIX A1: 44
Resultaten windpark Bligh Bank; Basis variant met 66 windturbines van 5 MW (+ 2 High Voltage Stations) 44

APPENDIX A2: 52
Resultaten windpark Bligh Bank; variant met 110 windturbines van 3.0 MW (+ 2 High Voltage Stations) 52

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabellen:

Tabel 3-1 Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip. 18
Tabel 4-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations) 25
Tabel 4-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)....25
Tabel 4-3 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km^2 voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)....25
Tabel 4-4 Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie 27
Tabel 4-5 Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom in de EEZ....27
Tabel 4-6 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh....27
Tabel 4-7 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km^2 28
Tabel 4-8 Scoretabel voor de effecten van het windpark Bligh Bank voor de scheepvaart. 30
Tabel 4-9 Overzicht van het effect van het windpark Bligh Bank op de scheepvaart in de Belgische en Nederlandse EEZ 31
Tabel 4-10 Het extra risico tijdens de bouw en ontmanteling als % van het totaal aantal incidenten in de Belgische EEZ....33
Tabel 4-11 Cumulatieve effect voor Bligh Bank met C-power en Eldepasco 34
Tabel 5-1 Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker. .38
Tabel 6-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten....40
Tabel 6-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten....40

Tabel A1-1 Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine (incl. High Voltage Station)....46
Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor Bligh Bank, 5 MW basisvariant (incl High Voltage Station). 47
Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen. 47
Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark....47
Tabel A1-5 Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines....48
Tabel A1-6 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine....49
Tabel A1-7 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine....49
Tabel A1-8 Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine. 49
Tabel A1-9 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 50
Tabel A1-10 Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt....50
Tabel A1-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines 51
Tabel A1-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines 51
Tabel A1-13 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor de drie windparken in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines....51

Tabel A2-1 Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine 54
Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor Bligh Bank, 3.0MW variant (incl High Voltage Station). 55
Tabel A2-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen. 55

Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark.....55
Tabel A2-5 Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.....56
Tabel A2-6 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....57
Tabel A2-7 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....57
Tabel A2-8 Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine. 57
Tabel A2-9 Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine. 58
Tabel A2-10 Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.....58
Tabel A2-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines 59
Tabel A2-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines 59
Tabel A2-13 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor de drie windparken in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines.....59

Figuren:

Figuur 3-1 Systeemdiagram SAMSON 9
Figuur 3-2 AIS-gegevens van 1 week in 2005 nabij de locatie van Bligh Bank. 12
Figuur 3-3 Niet-routegebonden verkeer op de locatie van Bligh Bank (uit VONOVI 1999-2001) 14
Figuur 3-4 Figuren van de verschillende bezwijkvormen. 16
Figuur 4-1 Verkeersbeeld bij windparklocatie Bligh Bank in de huidige situatie 23
Figuur 4-2 De windparklocatie Bligh Bank vrijgemaakt van scheepvaartverkeer. 23
Figuur 4-3 Absolute effect van het windpark Bligh Bank op het gemiddeld aantal aanwezige schepen op de verschillende EEZ's 32
Figuur 4-4 Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alleen Bligh Bank is vrijgemaakt 35
Figuur 4-5 Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alle parken zijn vrijgemaakt 36

Figuur A1-1 Windpark Bligh Bank, basis variant met 72 windturbines van 3 MW 44
Figuur A1-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer) 48
Figuur A2-1 Windpark Bligh Bank, variant met 110 windturbines van 3.0 MW 52
Figuur A2-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer) 56

Afkortingen:

AIS	Automatic Identification System
BCP	Belgisch Continentaal Plat
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EEZ	Exclusieve Economische Zone
GT	Gross Tonnage
SAMSON	Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea
VONOVI	Verkeersonderzoek Noordzee Visuele Identificatie

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor het offshore windpark “Bligh Bank” die het MARIN in opdracht van Belwind Offshore Energy heeft uitgevoerd. Hierbij worden de effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het windpark gekwantificeerd. De berekeningen worden uitgevoerd voor twee inrichtingsvarianten.

De opbouw van dit rapport is als volgt:
Hoofdstuk 2 bevat de doelstelling van deze studie.
In hoofdstuk 3 is geschetst hoe de veiligheidsstudie is opgezet, welke informatie nodig is en waar deze informatie vandaan komt. Dit hoofdstuk is voor iedere veiligheidsstudie voor de milieueffectrapportage van een windpark gelijk gehouden. Dit hoofdstuk bevat geen windparkspecifieke gegevens.
De resultaten van de veiligheidsstudie voor het windpark Bligh Bank worden gegeven in hoofdstuk 4.
In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen.
In hoofdstuk 6 wordt de conclusie geformuleerd en de gunstigste inrichtingsvariant genoemd.
Alle kansen in dit rapport worden met veel cijfers gegeven, niet omdat de betrouwbaarheid zo hoog is, maar om de onderlinge verschillen tussen de windturbines te kunnen tonen.

2 DOELSTELLING

Het bepalen van de effecten voor de scheepvaart voor twee inrichtingsvarianten van het windpark Bligh Bank. De effecten worden als volgt gekwantificeerd:

- De kans op een aanvaring/aandrijving van een windmolen per jaar.
- De milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een windmolen.
- Persoonlijk letsel in termen van het verwachte aantal doden als gevolg van een aanvaring met een windmolen.

Het schatten van de effecten voor de scheepvaart door het windpark, buiten de locatie van het park.

3 WERKWIJZE

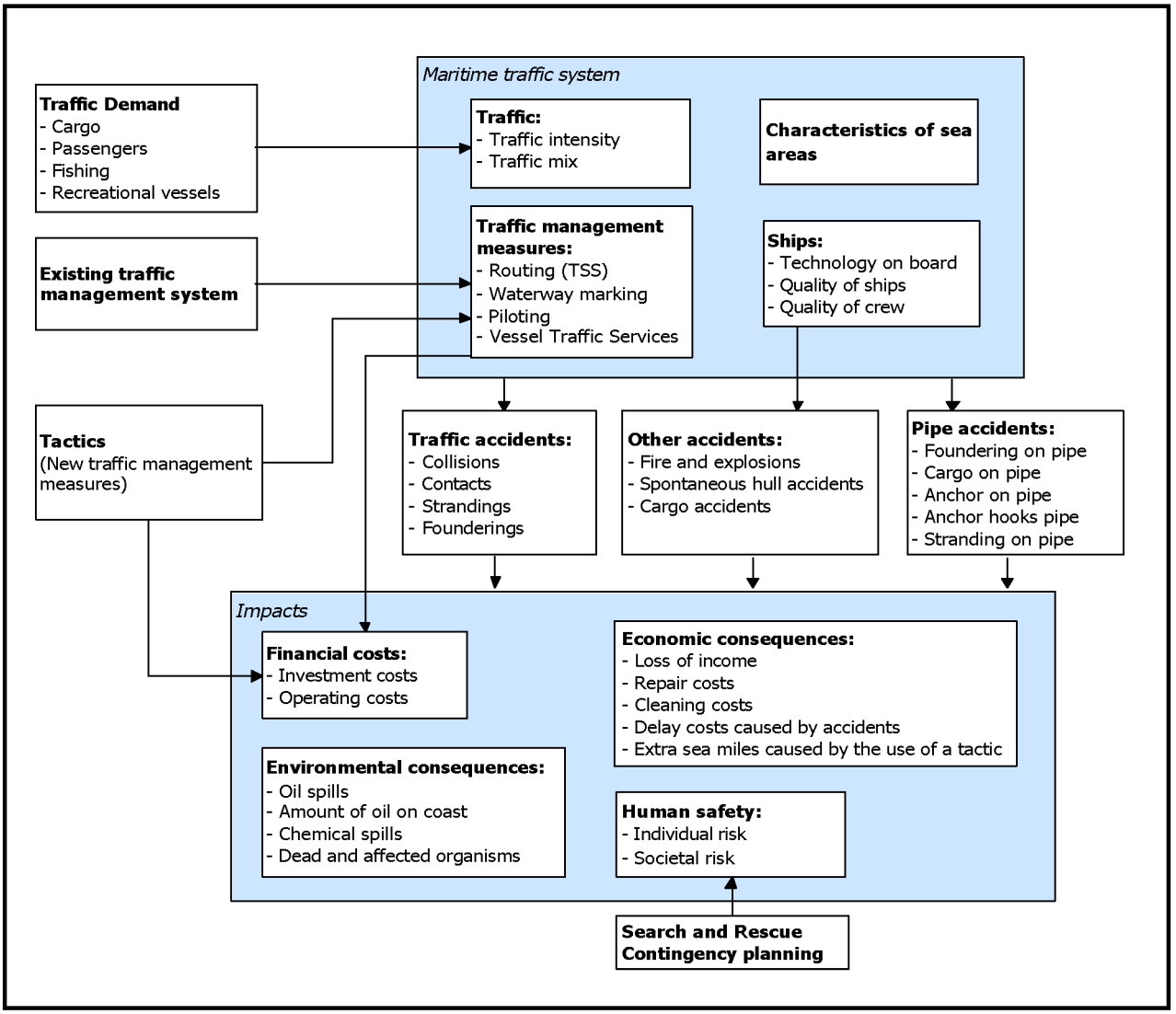
3.1 SAMSON

Het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea) is ontwikkeld voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart. De effecten die met het model bepaald kunnen worden bestaan uit:

- Aantal ongevallen per jaar, onderverdeeld naar aard van de ongevallen en betrokken schepen en objecten.
- Omgevaren afstand en gerelateerde kosten
- Emissie van milieugevaarlijke stoffen
- Consequenties van ongevallen, zoals het uitstromen van lading- of bunkerolie of persoonlijk letstel.

Het model is ontwikkeld voor Directoraat-Generaal Goederenvervoer (nu Directoraat-Generaal Transport en Luchtvaart) en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van alle type ongevallen op zee te schatten. Een algemene beschrijving van het model kan worden gevonden in [1]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [2], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen.

In Figuur 3-1 wordt het systeemdiagram weergegeven van het SAMSON-model, vrijwel alle blokken in dit diagram zijn beschikbaar binnen het model. Het grote blok “Maritime traffic system” (rechts boven) bevat vier sub-blokken. Deze vier sub-blokken beschrijven het verkeersbeeld; het aantal scheepsbewegingen, de scheepskenmerken (lengte enz.) en de lay-out van het zeegebied. De ongevalskansmodellen voor een aanvaring, stranding, brand/explosie etc. worden gebruikt om de ongevalsfrequentie te voorspellen gebaseerd op het verkeersbeeld. Het grote blok “Impacts” bevat de sub-blokken waarmee de consequenties bepaald worden van de ongevallen.



Figuur 3-1 Systeemdiagram SAMSON

3.2 Effect van het windpark

De aanleg van het windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door het toekomstige windpark, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windpark op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip **hinder** ondervindt van het windpark. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen toeneemt.
Er treden echter ook nieuwe typen ongevallen op, namelijk **aanvaringen** en **aandrijvingen** met een windturbine van het windpark. In SAMSON worden dit soort ongevallen aangeduid met respectievelijk ***rammings*** en ***drifting contacts***;

- Een **ramming** (aanvaring) is het gevolg van een navigatiefout, wanneer de navigator van een schip, dat op ramkoers ligt met een windturbine van het windpark, niet of te laat reageert. Een navigatiefout kan verschillende oorzaken hebben, zoals; onwetendheid, het niet zien van het windpark, het niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet kunnen reageren etc. De snelheid bij de aanvaring is hoog.
- Een **drifting** (aandrijving) treedt op wanneer een schip door een machinestoring niet meer manoeuvreerbaar is. In eerste instantie zal men proberen voor anker te gaan, maar indien dit niet mogelijk is, is het schip overgeleverd aan wind, golven en stroom. Een driftend schip kan vervolgens tegen een windturbine van het windpark komen zonder dat men dit aan boord kan voorkomen. De aanvaring is dwarsscheeps en de snelheid gering.

Deze ongevallen komen voort uit het scheepvaartverkeer rondom het windpark en **behoeven niet noodzakelijkerwijs** tot de groep schepen beperkt te blijven die door het gebied van het windpark voeren toen dat er nog niet was.

Om de effecten van het windpark op de scheepvaart te kunnen berekenen moet de nieuwe afwikkeling van het scheepvaartverkeer voor de situatie met het windpark in SAMSON gemodelleerd worden. De scheepvaart moet het windpark op minimaal 500 m passeren. Door de grootte van het windpark wordt de verkeersafwikkeling duidelijk beïnvloed door het windpark. Voor iedere locatie van het windpark is daarom een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt, waarin het veranderde vaarpatroon is ingebracht. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen van SAMSON toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het windpark voor de scheepvaart. Op basis van de nieuwe verkeersdatabase wordt een complete **risicoanalyse** uitgevoerd. Dit houdt in dat het *veranderde* risico voor de scheepvaart wordt bepaald ten gevolge van de veranderingen in de verkeersafwikkeling rond het windpark. Daarboven wordt het door het windpark geïntroduceerde nieuwe risico, namelijk de kans op een aanvaring met het windpark bepaald.

3.3 Modelinvoer en uitgangspunten

De volgende uitgangspunten, zijnde aannames, modelinput en parameters worden voor de berekeningen gehanteerd.

3.3.1 Verkeer

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een verkeersdatabase. Een verkeersdatabase bevat links, linkintensiteiten en linkkarakteristieken. Een link is de rechte verbinding tussen twee punten. De linkintensiteit beschrijft het aantal schepen dat per jaar over die link vaart, onderverdeeld naar scheepstype en scheepsgrootte. De linkkarakteristiek beschrijft hoe breed de link is en de laterale verdeling hoe het verkeer over die link verdeeld is. Het verkeer op zee wordt onderverdeeld in twee groepen, namelijk het "routegebonden" en het "niet-routegebonden" verkeer. Het routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de koopvaardijschepen, die op weg zijn van haven A naar haven B. Het niet-routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de schepen die een missie ergens op zee hebben, zoals visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart. In SAMSON zijn deze scheepsgroepen op een verschillende manier gemodelleerd.

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingsstelsels in de Nederlandse Economische Exclusieve Zone beweegt het grootste deel van deze schepen zich over een netwerk van links (met een bepaalde breedte), vergelijkbaar met het wegennetwerk op het land. In de praktijk kunnen er schepen buiten deze links varen aangezien men overal mag varen, zolang men de regels in acht neemt. Dit aandeel is echter zeer klein aangezien de links met elkaar alle kortste verbindingen tussen havens omvatten. De intensiteiten (aantal schepen dat per jaar passeert) op de scheepvaartroutes worden bepaald door alle scheepsreizen van een jaar die geheel of gedeeltelijk over de Noordzee hebben plaatsgevonden toe te wijzen aan deze links.

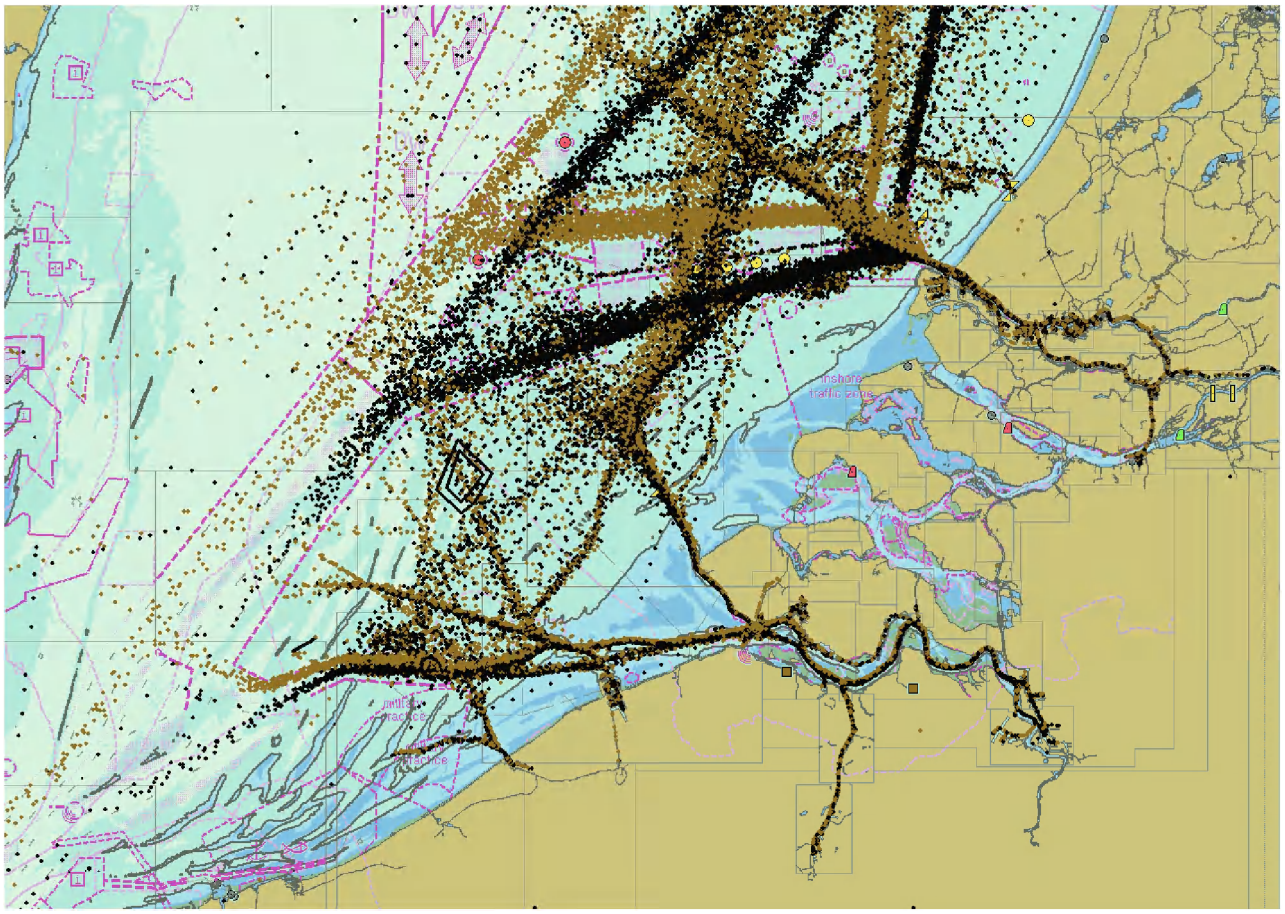
Sinds de invoering van de AIS (Automatic Identification System) is het mogelijk een schip langer en nauwkeurig te volgen wanneer ze langs de kust vaart. Een aantal malen per minuut wordt de positie, koers en snelheid van het schip in een AIS-bericht verzonden en ontvangen door ontvangststations langs de Nederlandse kust en op offshore platforms. Al deze ontvangen berichten worden door de kustwacht verzameld en gebruikt om haar taken beter te kunnen uitvoeren. Archivering van deze AIS-data is uitermate geschikt voor het verkrijgen van inzicht in wat er op de Noordzee afspeelt. De verkeersafwikkeling kan in detail worden nagespeeld en in modellen worden ondergebracht.

Vanaf maart 2005 stuurt de Nederlandse Kustwacht wekelijks de AIS data naar MARIN. Voor 2005 is zo 250 GB aan AIS-data verzameld met alle scheepsbewegingen nabij de Nederlandse kust bevatten. Om de gegevens te kunnen gebruiken is een tool ontwikkeld waarmee de AIS-gegevens worden teruggelezen en weergegeven worden op een ECDIS-achtergrond. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 3-2. In deze figuur is de positie van alle routegebonden schepen in een week in 2005 weergegeven. De positie is weergegeven elke 10 minuten. De positie is met een zwarte stip weergegeven als het schip vaart met een koers over de grond tussen de 0 en 180 graden. Als de koers van het schip meer dan 180 graden is, is de positie weergegeven met een bruine stip. Uit deze figuur blijkt dat het een belangrijk deel van het Belgische continentaal plat ook gedekt wordt door de Nederlandse AIS ontvangststations. Hierdoor konden de AIS-gegevens van 2005 en 2006 gebruikt worden om het verkeer rond de

locatie van het windpark in kaart te brengen en de benodigde verkeersdatabase aan te maken.

Eerst is er een verkeersdatabase gemaakt van de huidige situatie (zonder windpark). Vervolgens is een aangepaste database gemaakt waarbij de locatie van het windpark Bligh Bank is vrijgemaakt van routegebonden verkeer. De aanvaar-/aandrijf kansen voor de turbines worden alleen bepaald voor de aangepaste verkeersdatabase, de database waarbij de locatie voor het windpark is vrijgemaakt.

Tenslotte is er een verkeersdatabase aangemaakt waarbij ook de locaties van twee andere mogelijke windpark locaties is vrijgemaakt (C-power en Eldepasco). Deze verkeersdatabase wordt alleen gebruikt om het cumulatieve effect van de drie parken te bepalen (zie 3.6)

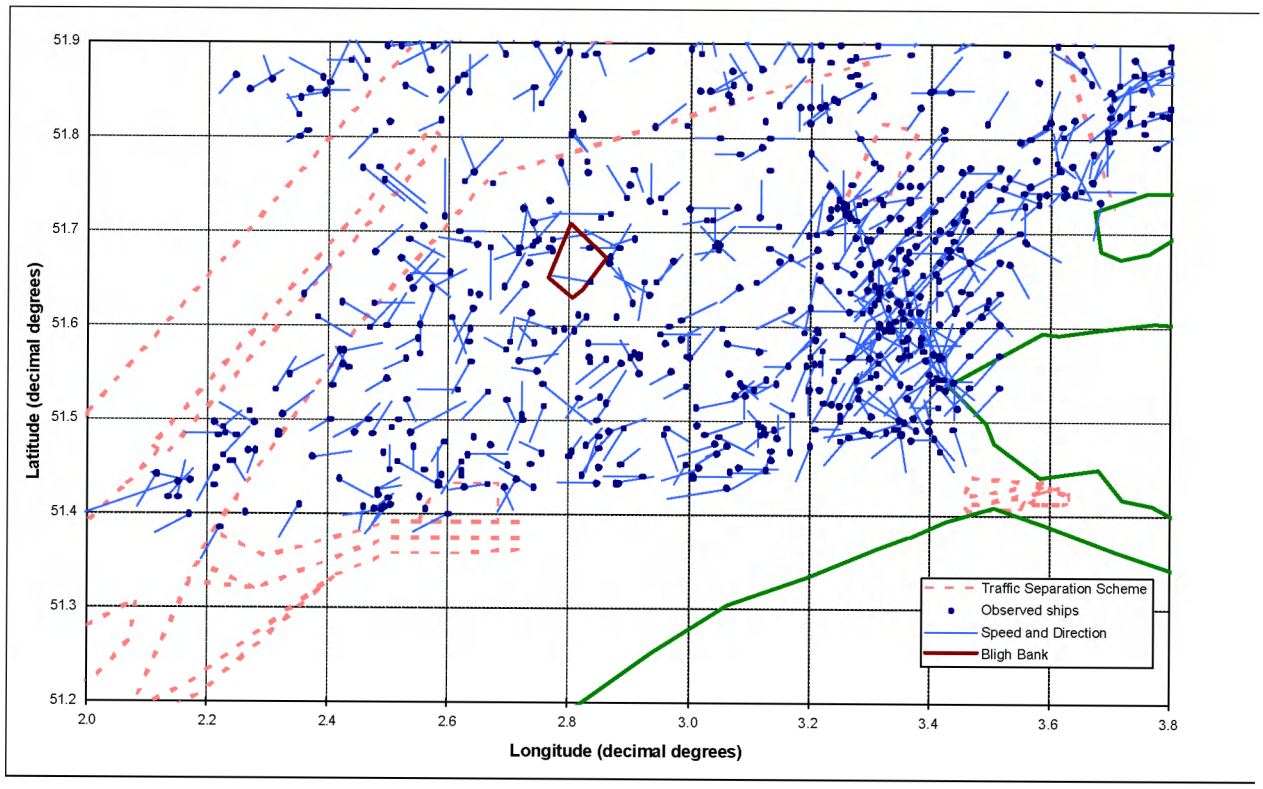


Figuur 3-2 AIS-gegevens van 1 week in 2005 nabij de locatie van Bligh Bank.

In 2005 is een studie (RAMA) uitgevoerd naar het risico van scheepvaart op het BCP [7]. Het bovenliggend patroon (Figuur 3-2) komt hier grotendeels overeen met deze RAMA studie, behalve dat de het concessiegebied op de Bligh bank juist ten oosten blijft van de ferrie route. De RAMA studie was gebaseerd op informatie verkregen uit IVS-SRK en van ferryoperators. Deze informatie bevatte niet de precieze routes buiten de verkeersscheidingsstelsels. Pas sinds 2005 is gebruik van AIS door SOLAS schepen boven 300GT (alle routegebonden schepen) verplicht geworden. De AIS zendt de positie van het schip een aantal keren per minuut uit. De nauwkeurigheid is bij een goede instelling zeer groot (binnen 100 meter) en bij een verkeerde instelling een paar

honderd meter. De AIS-berichten zijn opgevangen door de kuststations en er is dus geen twijfel over de juistheid van de routes in Figuur 3-2. Deze figuur toont weliswaar maar een week waarnemingen, maar de periode van maart tot en met december 2005 levert hetzelfde patroon op wanneer naar het aantal en de locatie van de doorsnijdingen van het gebied wordt gekeken. Overigens is het voor het aanvaringsrisico niet bepalend, hoe de schepen nu precies varen, maar hoe de schepen in de toekomst bij aanwezigheid van het windpark zullen gaan varen. Het bepalen van de toekomstige routes is de eerste stap die uitgevoerd wordt bij de methode van de risicoberekening die door MARIN wordt toegepast.

Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Niet-routegebonden schepen zijn (nog) niet verplicht een AIS-transponder aan boord te hebben, dus voor deze groep schepen zijn geen AIS-gegevens bekend.
Ook is het gedrag van dit verkeer op zee duidelijk anders is. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen op zee en vervolgens meestal weer terug naar de vertrekhaven A. Het gedrag op zee is meestal onvoorspelbaar. Vissers varen bovendien nog vaak heen en weer in een visgebied. Dit is de reden waarom dit verkeer door middel van dichtheden in SAMSON is gemodelleerd. De gemiddelde dichtheid in 8 bij 8 km gridcellen komt uit het Verkeers Onderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONOVI).
Tijdens een VONOVI-vlucht wordt een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai vaart ziet, wordt de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later worden andere scheepskenmerken toegevoegd en worden alle waarnemingen verwerkt. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheden (alleen voor het niet-routegebonden verkeer) op basis van de VONOVI-vluchten van 1999 -2001 waarbij ook raaien op het BCP zijn afgevlogen. Dit zijn de meets recente gegevens voor het niet–routegebonden verkeer. Het overgrote deel van de *niet-routegebonden* scheepvaart bestaat uit vissers.



Figuur 3-3 ***Niet-routegebonden verkeer op de locatie van Bligh Bank (uit VONOVI 1999-2001)***

3.3.2 Gebruikte modellen

Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen.Om het effect van het windpark te kwantificeren op de locatie van het wind park wordt het aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar bepaald, hiervoor worden de volgende modellen gebruikt:

- Contact met een vast object (windturbine)
    - als gevolg van een navigatie fout (ramming)
    - als gevolg van een motorstoring (drifting)

Om het effect van het windpark voor de scheepvaart buiten de windparklocatie te schatten, wordt het risiconiveau met en zonder het windpark vergeleken. Om het “algemene” risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- Schip-schip aanvaringen
- Contact met een platform
    - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
    - als gevolg van een motorstoring (drifting)

3.4 Gevolgschade

Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de aanvaring/aandrijving.

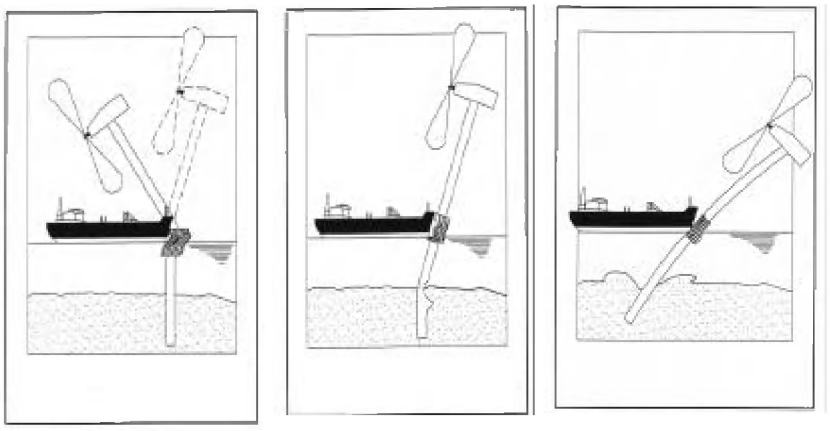
Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, scheepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de energie welke maximaal aanwezig is in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met elkaar of een object komen. Uitgangspunt is dat de volledige energie gedissipeerd wordt in de botsing. De aanwezige energie in varende of driftende schepen is voor deze studie ook bepaald en gepresenteerd per scheepstype met de daarbij behorende kansen van optreden.

3.4.1 Schade aan windturbine en schip.

Voor de meeste scheepstypen is geen sprake van volledige dissipatie van de energie na een botsing vanwege de beperkte energieopname van het aangevaren object. Het bezwijkgedrag van de windturbines is onderzocht [3]. Hieruit bleek dat voor bijna alle scheepstypen de windturbine statisch gezien bezwijkt en daarbij slechts een fractie van de energie dissipeert. Voor de verdere analyse van de gevolgschade worden de volgende twee bezwijkvormen onderscheiden:

- **Knikken**; de windturbine bezwijkt door te knikken op het punt van impact, gevolgd door plastische vervorming, waarbij de mast blijft vast zitten. Ten slotte valt de turbine naar het schip toe of juist van het schip af. In het geval dat de turbine richting het schip valt kan de rotor met de gondel op het dek terechtkomen.

- **Scharnieren;** de windturbine bezwijkt door het ontstaan van een plastisch scharnier bij de “bevestiging” op de bodem van de zee. De windturbine kan als gevolg van het ontstaan van dit scharnier afbreken of wordt in zijn geheel (inclusief bodem) omver geduwd. Het feitelijke scharnierpunt wordt dan verdeeld over de lengte in de bodem en is geen punt meer maar een deel van de mastfundering in de bodem die plastisch buigt en deels meegeeft.



Figuur 3-4 Figuren van de verschillende bezwijkvormen.

Welke van deze beide bezwijkvormen optreedt, is alleen op basis van een dynamische berekening vast te stellen. Experts hebben op basis van hun onderzoek de frequentie van voorkomen geschat voor de verschillende bezwijkvormen. Daar waar de effecten nog niet zijn in te schatten heeft men voor een conservatief standpunt gekozen. Zo kan de mast met gondel van het schip af of op het schip vallen. Wat in werkelijkheid gebeurt, hangt van veel constructiewaarden en omgevingsfactoren af. Voor de nu uitgevoerde berekeningen wordt aangenomen dat de mast met gondel altijd op het schip valt ingeval van knikken.

In Tabel 3-1 wordt een overzicht gegeven van verschillende bezwijkvormen als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een windturbine per scheepsgrootte. Ook wordt in de tabel aangegeven wat de verwachte schade aan het schip zal zijn. Dit is de gevolgschadetabel die ook in de veiligheidsstudie voor het Near Shore Windpark in Nederland is opgesteld op basis van berekeningen [3]. Deze gevolgschadematrix is algemeen toepasbaar voor een monopaal windturbine. Voor andere type funderingen kunnen de kansen anders liggen, omdat het gaat om de verhouding tussen knikken of schanieren. Voor de gravitatie fundering blijven de aanvaar- en aandrijfkansen vrijwel gelijk. Bij de vakwerk fundering zal de aanvaarkans vanwege de afmetingen meer toenemen dan de aandrijfkans, omdat bij de aanvaarkans de scheepsbreedte plus de breedte van de windturbine maatgevend is en bij een aandrijving de scheepslengte plus de breedte van de windturbine.
Gezien de worst case benadering bij aandrijvingen, welke het grootste deel van het risico oplevert, zijn de geleverde kansen op uitstromingen ook goed te gebruiken voor de andere funderingen. Echter de uitkomsten zijn duidelijk worst case voor de monopaal en minder worst case voor het vakwerk, aangezien bij een vakwerk de kans op een gat groter zal zijn dan bij een aanvaringsvriendelijke ronde monopaal. Bij de gravitatie fundering is het ook mogelijk dat een dieper stekend schip de opstaande randen van de fundering raakt en hierdoor lek raakt.

Het bovenste deel van Tabel 3-1 geldt wanneer de turbine knikt. Kleine schepen hebben niet genoeg massa om de turbine te doen knikken. Pas vanaf een scheepsgrootte van 1000 GT kan dit optreden (kans 10%) en bij schampen treedt dit pas op bij 1600 GT. Bij aandrijven is de energie onvoldoende om de turbine te doen knikken.

Bij de frontale en de frontale/laterale (schampen) aanvaringen zal wel ernstige schade ontstaan aan de boeg van het schip, maar geen ernstige schade (“Geen” in Tabel 3-1) optreden in het ladinggedeelte van het schip. De constructie van het schip voor het aanvaringsschot (voorpiekschot) is zeer stijf waardoor de schade beperkt zal blijven tot het deel van het schip voor het aanvaringsschot waar lek raken geen uitstroom tot gevolg heeft omdat er geen lading of brandstof in dit deel van het schip aanwezig is. Bij het schampen zal het zeer stijve en uitwaaierende voordek van het schip de energie zonder veel schade opvangen. Wel kan er schade ontstaan aan het dek, in het geval de mast en/of gondel op het dek valt.
Bij aandrijving van een windturbine wordt geen milieuschade verwacht omdat de windturbine zodanig is opgebouwd dat er geen uitsteeksels zijn die de huid van het tegen de windturbine drijvende schip beschadigen.
Persoonlijk letsel en milieuschade is voor een aanvaring/aandrijving alleen te verwachten wanneer de gondel met mast op het schip valt (“Gosmos” in Tabel 3-1).
Wel komt er een zeer geringe hoeveelheid olie in het water van de windturbine zelf wanneer deze omvalt of bezwijkt. De verontreiniging bestaat uit 250 liter minerale olie

(qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met de SAMSON-categorie ladingolie) en maximaal 100 liter dieselolie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met SAMSON-categorie bunkerolie).

Bezwijk-vormen	Scheepsgrootte	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenschips (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
			Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip
Knikken	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos[1]	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
Scharnieren	<500	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	500-1000	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	1000-1600	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Huid	100%	Nee	Geen
	1600-10000	90%	Ja	Geen	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Nee	Geen
	10000-30000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	30000-60000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	60000-100000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	>100000	90%	Ja	Geen	91%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen

Tabel 3-1 ***Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.***

[1] GosMos = Gondel Op Schip en Mast Op Schip na plastische vervorming

3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel

Voor de windturbines zijn de frequenties van de verschillende schadevormen bepaald, waaruit de mogelijk optredende milieuschade in termen van persoonlijk letsel en milieuschade is bepaald. Hierbij is uitgegaan van een aantal worst case benaderingen.

Uitgaande van het aantal aanvaringen/aandrijvingen zijn de volgende rekenslagen per scheepstype en grootte gemaakt.

- Aantal aanvaringen/aandrijvingen wordt vermenigvuldigd met de bijbehorende kans op een bepaalde bezwijkvorm.
- Vermenigvuldiging met de kans voor die bezwijkvorm dat de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in de Tabel 3-1). Aangezien niet bekend is wat de kans is dat de mast op het schip valt, dan wel van het schip af valt wordt hier met een factor 1 gerekend, dus met het worst case scenario dat de mast altijd op het schip valt.
- Vermenigvuldiging met het beschadigingsgedeelte van het dek. Hierin zitten twee worst case benaderingen, namelijk;
    - De mast valt geheel op het schip. Bij het schampen zal echter de mast vaak schuin over het dek kantelen en hierbij slechts geringe schade aanrichten.
    - Het oppervlak van de mast inclusief het volledige rotorblad wordt genomen, dus alsof de windturbine al draaiend intact op het dek valt.
- Vermenigvuldiging met de kans dat iemand zich bevindt op het beschadigde gedeelte. De kans dat een persoon zich ergens aan dek bevindt wordt op 10% geschat. In werkelijkheid is deze kans veel kleiner, aangezien vrijwel alleen bij vissersschepen bemanning aan dek te vinden is, maar deze groep zit vrijwel niet in de groep schepen die de mast doet knikken. Deze 10% bevat ook de mensen die indirect worden getroffen door het doorwerken van de dekschade tot de ruimtes daaronder waarin personen aanwezig zijn.
- Vermenigvuldiging met het aantal personen aan boord, immers de kans is voor ieder persoon afzonderlijk bepaald.

Het persoonlijk letsel doordat mensen vallen door de klap zelf is niet gemodelleerd, ook niet voor de kleine schepen die frontaal tegen de bescherming van de mast varen waarbij het schip (recreatievaartuig) volledig vernield wordt. Voor deze categorie schepen zijn de kansmodellen ook onbetrouwbaar. Bovendien zullen deze schepen vrijwel altijd schampen.

3.5 Effecten voor de scheepvaart

Het gebied van het windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een "verboden" gebied voor alle scheepvaart (met uitzondering reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark (vergelijk Figuur 4-1 en Figuur 4-2). Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windpark. Het kan zijn dat op sommige locaties de verkeersintensiteit toeneemt en op andere juist af. De verschuiving van de verkeersintensiteit heeft effect op de "algemene" veiligheid van de scheepvaart.

In de POLSSS (POLicy for Sea Shipping Safety) studie [2] voor het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten voor de scheepvaart van maatregelen. De aanwezigheid van het windpark heeft invloed op de verkeersafwikkeling en heeft daardoor effect op de

veiligheid voor de scheepvaart. Vanuit de POLSSS-scorekaart is de windpark-scorekaart afgeleid door een aantal (voor het windpark) nauwelijks ter zake doende items te verwijderen.

Scorekaart
De resultaten voor de situatie met een windpark worden steeds vergeleken met de nulsituatie voor het windpark, zijnde de situatie zonder windparken.

Voor ieder item van de scorekaart wordt het totaal resultaat voor de Belgische Exclusieve Economische Zone (EEZ) gegeven voor de situatie met het windpark. Van ieder item wordt ook het **effect van het windpark** bepaald, dus het resultaat van de situatie met het windpark minus de situatie zonder windpark. Om een idee te vormen van wat het *effect van het windpark* betekent, wordt de procentuele verandering van de situatie met het windpark ten opzichte van de autonome situatie gegeven.

De scorekaart bevat de volgende items:

Algemeen:
Per scheepstype wordt het gemiddeld aantal aanwezige schepen in de EEZ gegeven. Omdat de mogelijkheid bestaat dat schepen moeten “omvaren” door de aanwezigheid van het windpark, betekent dit dat het schip “langer” op zee is en dus het gemiddeld aantal aanwezige schepen toeneemt.

Veiligheid:
- Het aantal schepen (routegebonden en niet-routegebonden) dat per jaar betrokken is bij een aanvaring tussen schepen.
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een navigatiefout
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften)
- Het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt
- Het verwachte aantal incidenten per jaar dat er door externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen
- Het totaal aantal ongevallen per jaar

Economisch effect:
Door de aanwezigheid van het windpark kan het zijn dat schepen moeten “omvaren”, dit brengt extra kosten met zich mee. Als economisch effect van het windpark worden de totale kosten voor alle afgelegde zeemijlen per jaar gegeven.

3.6 Cumulatieve effect

Naast het windpark beschreven in dit rapport wordt wellicht een aantal andere windparken gebouwd in de Belgische EEZ. Het cumulatieve effect van deze windparken op de verkeersveiligheid wordt naast de bijdrage van het onderhavige park inzichtelijk gemaakt.

Bij het bepalen van de cumulatieve effecten op de scheepvaartveiligheid van een aantal windparken samen wordt uitgegaan van de actuele inrichtingsplannen. Uitgaande van deze inrichtingsvarianten is een verkeersdatabase gemaakt waarbij zowel het gebied voor Bligh Bank als voor de beide andere windpark locaties is vrijgehouden voor het routegebonden verkeer.

Er wordt aangenomen dat de beide andere parken gevuld worden met 5 MW turbines. De windturbines hebben bij beide windparken een ashoogte van 90 m. Het windpark van C-Power bestaat uit 60 windturbines op de locatie Thorntonbank. Het windpark van Eldepasco bestaat uit 36 windturbines op de Bank zonder naam.

Het effect van een windpark op de scheepvaartveiligheid wordt vooral bepaald door:

- Aanvaringen en aandrijvingen met een windturbine van het windpark.
- De kans op uitstroom van lading of bunkerolie.
- Verhoogde kans op aanvaringen tussen schepen onderling door een grotere concentratie van de scheepvaart op de scheepvaartroutes langs de windparken.
- De mogelijke omweg ten gevolge van de aanwezigheid van de windparken, welke leidt tot economische verliezen en een verhoogde kans op een ongeval door de langere route.

Berekening van het risico voor een windpark van een ander initiatief
Van beide windparken, die meegenomen worden in een scenario van het cumulatieve effect, worden de coördinaten gebruikt die zijn verkregen van Belwind Offshore Energy.

4 RESULTATEN

De resultaten van de verschillende varianten worden gegeven in verschillende tabellen in de Appendix.
Voor iedere inrichtingsvariant is eenzelfde set tabellen gegeven. In de tekst in dit hoofdstuk wordt alleen verwezen naar de tabellen voor de eerste inrichtingsvariant. Iedere variant begint met een figuur met de lay-out met de nummering van de windturbines. De routegebonden schepen worden in de tabellen verkort weergegeven met “R-schepen” en de niet-routegebonden schepen worden aangeduid met “N-schepen”.

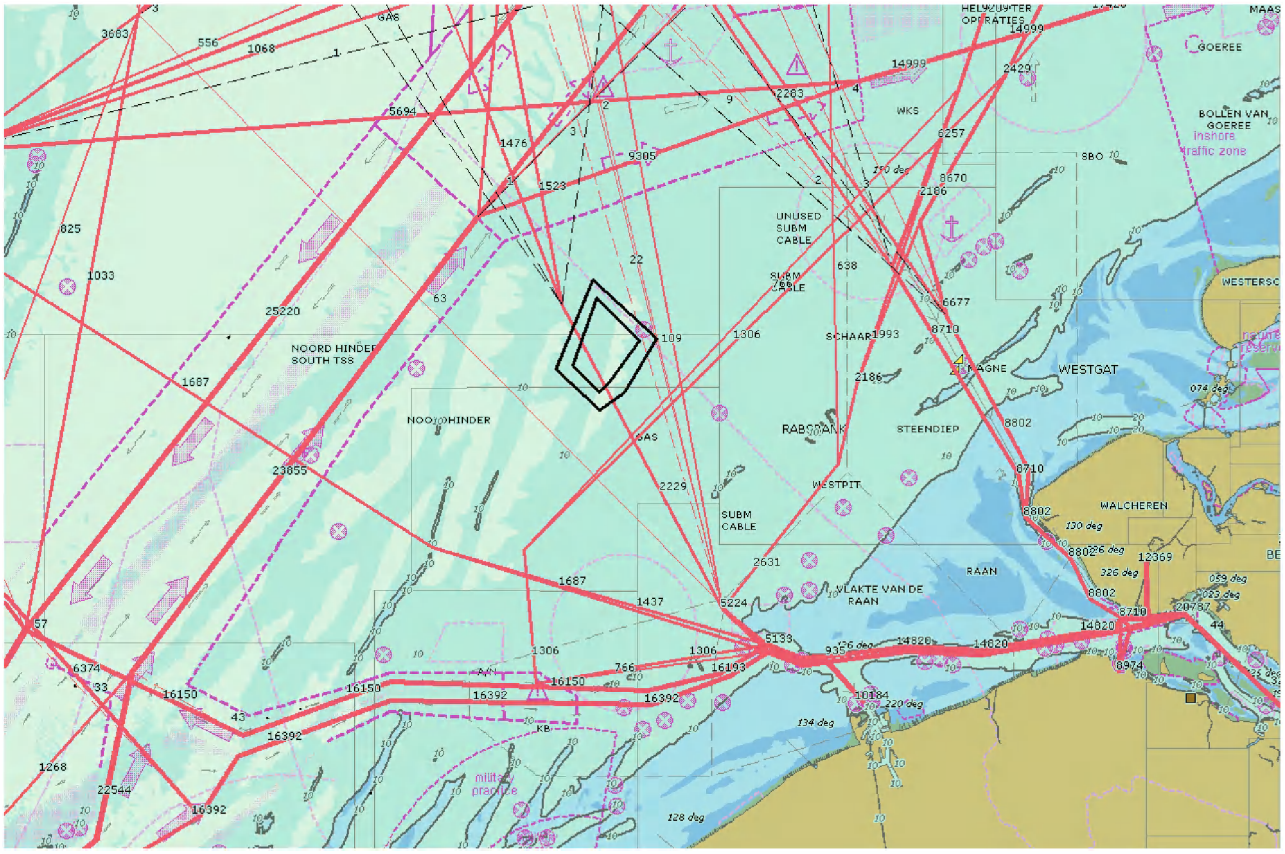
4.1 Locatie en inrichtingsvarianten

Voor Bligh Bank is het effect op de scheepvaart voor twee inrichtingsvarianten onderzocht, namelijk:

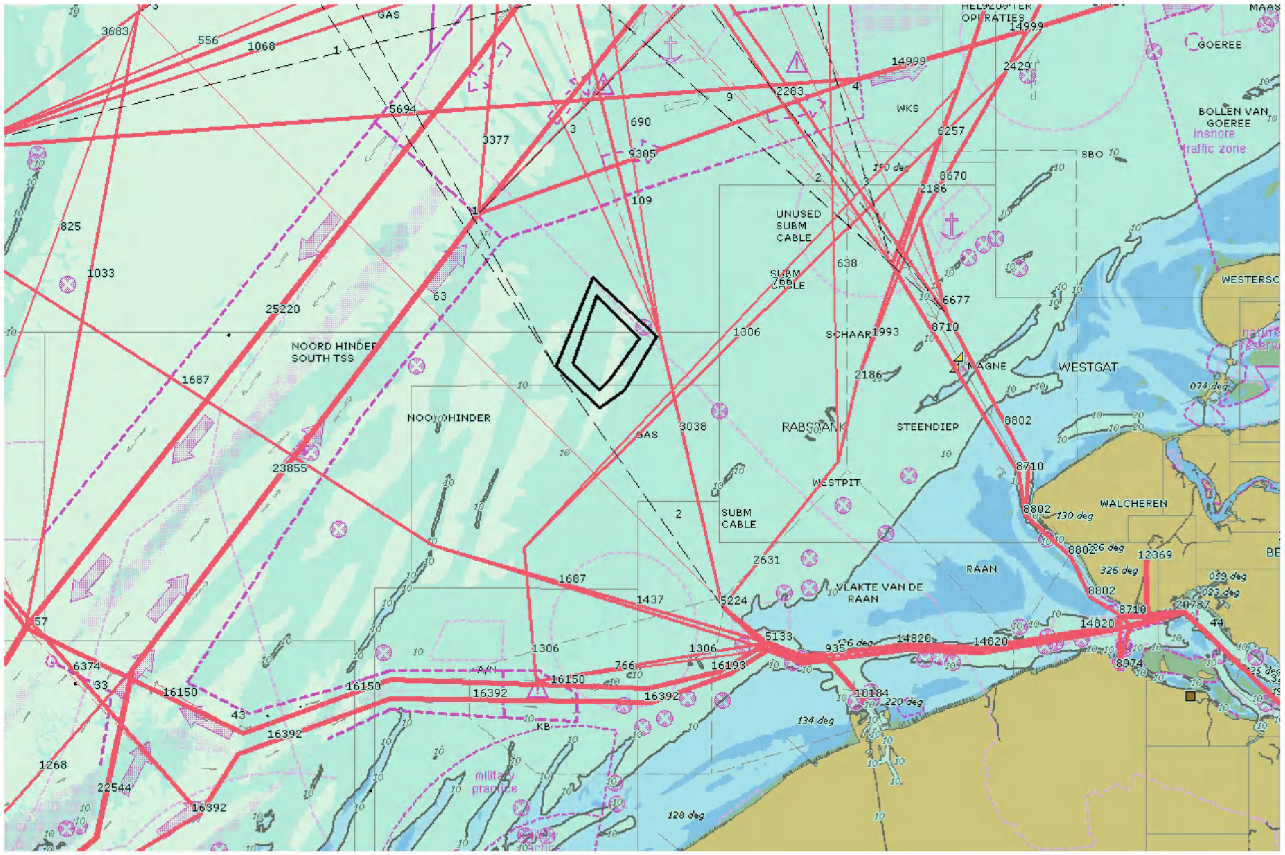
- De basis variant met 66 turbines van 5 MW;
- De alternatieve variant met 110 turbines van 3 MW.

In Figuur 4-1 is de windparklocatie Bligh Bank weergegeven met de verkeersdatabase voor 2004, waarbij de locatie nog niet vrijgemaakt is. In Figuur 4-2 wordt de verkeersdatabase getoond waarbij de windparklocatie Bligh Bank vrijgemaakt is.

In Figuur 4-1 en Figuur 4-2 zijn twee gebieden getekend. Het binnenste gebied is getrokken over de buitenste turbines van de 3 MW-variant. Het buitenste gebied is zodanig samengesteld dat de scheepvaartroutes buiten dit gebied moeten blijven, waardoor deze schepen op de centerlijn de windturbines op minimaal 1 nm (nautische mijl of 1.852 km) passeren.



Figuur 4-1 *Verkeersbeeld bij windparklocatie Bligh Bank in de huidige situatie*



Figuur 4-2 *De windparklocatie Bligh Bank vrijgemaakt van scheepvaartverkeer.*

4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties

Door de aanwezigheid van het windpark is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt voor 2004 waarbij de windparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (zie Figuur 4-2). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

In Appendix A (Tabel A1-1) staan de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine. In Tabel A1-2 in Appendix A staat het totaal verwachte aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar voor het gehele windpark inclusief de twee High Voltage Stations. Uit Tabel A1-1 volgt dat de windturbines aan de noordoostkant van het park de hoogste aanvaarkans hebben.

De kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine per jaar is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten. Tabel 4-1 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar gesommeerd over alle windturbines (en high voltage stations) in het windpark Bligh Bank. De basis variant met de 5 MW turbines geeft het kleinste risico, aangezien deze variant minder turbines bevat.
In Tabel 4-2 wordt de aanvaar/aandrijfkans gegeven per verwachte energieopbrengst van de variant in MWh (voor beide windparken). Op basis van deze tabel is er een voorkeur voor de 5 MW turbines, waarvoor het risico per MWh op 53% ligt van het risico bij gebruik van de 3 MW turbines.
Ten slotte worden in Tabel 4-3 de aanvaar/aandrijffrequenties per km^2 gegeven, waarbij de oppervlakte is bepaald door het gebied opgespannen door de buitenste windturbines.

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Basis: 5 MW	30.53	1282400	66	0.004386	0.008198	0.025793	0.002938	0.041315
Variant: 3 MW	32.79	1129600	110	0.008423	0.013265	0.042689	0.004885	0.069262

Tabel 4-1 ***Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)***

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / MWh		Totaal per jaar / MWh
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Basis: 5 MW	30.53	1282400	66	3.42E-09	6.39E-09	2.01E-08	2.29E-09	3.22E-08
Variant: 3 MW	32.79	1129600	110	7.46E-09	1.17E-08	3.78E-08	4.32E-09	6.13E-08

Tabel 4-2 ***Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)***

Inrichtingsvariant	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / km^2		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / km^2		Totaal per jaar / km^2
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Basis: 5 MW	30.53	1282400	66	0.000144	0.000269	0.000845	0.000096	0.001353
Variant: 3 MW	32.79	1129600	110	0.000257	0.000405	0.001302	0.000149	0.002112

Tabel 4-3 ***Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km^2 voor de beschouwde inrichtingsvarianten (inclusief High Voltage Stations)***

4.3 Gevolgschade

4.3.1 Schade aan het schip

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 frequentie van ieder type schade aan het schip is gegeven in Tabel A1-3 in de Appendix. De frequenties worden gegeven voor zeven verschillende scheepstypen. Het onderscheid in deze scheepstypen is gemaakt omdat deze belangrijk zijn bij de consequentieberekening. Zo leveren alleen olietankers een uitstroom van ladingolie en zijn ferry's maatgevend voor het externe risico. De groep container met RoRo schepen geeft de grootste kans op schade.
De onderlinge vergelijking vindt plaats in 4.3.3 bij de behandeling van de bunker en olie-uitstroom.

4.3.2 Schade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier typen 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 windpark gesommeerd is gegeven in Tabel A1-4 in de Appendix. In ruim 25% van de gevallen leidt de aanvaring/aandrijving niet tot schade van de windturbine omdat het veroorzakende schip klein is.

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 zijn gegeven in Tabel A1-5. Uit Tabel A1-5 volgt dat de aanvaringen/aandrijvingen in de lagere energieniveau's voornamelijk veroorzaakt worden door niet-routegebonden verkeer en in de hogere energie niveaus vooral door aanvaringen door routegebonden schepen. Figuur A1-2 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties. De grafiek moet als volgt worden afgelezen. Elk punt op een lijn geeft de frequentie per jaar (x-as) dat de kinetische energie hoger zal zijn dan een bepaalde waarde (y-as).

4.3.3 Milieuschade

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden, bunkerolie en ladingolie. In Tabel A1-6 wordt de frequentie voor de uitstroom van bunkerolie gegeven voor verschillende uitstroom volumeklassen. In Tabel A1-7 wordt de frequentie van uitstroom van ladingolie gegeven. In Tabel A1-8 worden beide oliesoorten naast elkaar gezet.

De totale kans op een uitstroom van olie en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar is voor de twee varianten in Tabel 4-4 gegeven. Op basis van de frequenties (bijvoorbeeld 0.001353 + 0.000529 voor basisvariant 5 MW) is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald. Deze bedraagt voor de basisvariant 5 MW 531 jaar (= 1/(0.001353 + 0.000529)).
De gemiddelde uitstroom van afgerond 3.4 m^3 ladingolie voor de basisvariant van 5 MW in Tabel 4-4 dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van afgerond 3.4 m^3 ieder jaar geeft een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 6426 m^3 eens in de 1890 jaar. In de Appendix is daarom de verdeling van de uitstroom over de verschillende volumeklassen gegeven.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent, is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alleen aanvaringen tussen schepen) voor de gehele Belgische Exclusieve Economische Zone (EEZ) toegevoegd. In Tabel 4-5 zijn de waarden van Tabel 4-4 als percentage van het totaal in de Belgische EEZ gegeven. Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ toegenomen met 5.9% (=(0.001353 + 0.000529) / (0.023553 + 0.008280) in %) voor de basisvariant 5 MW. Voor de 3 MW is de kans op een uitstroom in de EEZ met 9.8% (= (0.002240+0.000867) / (0.023553+0.008280)) toegenomen. Dit zijn redelijk hoge percentages omdat de uitstroomkans wordt afgezet tegen de kans op een uitstroom in de Belgische EEZ en deze vanwege de verkeersafwikkeling door de verkeersscheidingsstelsels en de afmetingen van de EEZ relatief klein is. Daarom zijn ook de uitstroomfrequenties per MWh bepaald in Tabel 4-5. Deze zijn beter te vergelijken met resultaten van risicoberekeningen voor andere parken. De kans op een aanvaring/aandrijving van het windpark per MWh is over het algemeen kleiner dan voor de meeste windparken in de Nederlandse EEZ die MARIN heeft bepaald.
De kans op een uitstroom omgerekend naar de frequentie per km^2 wordt gegeven in Tabel 4-7.

Variant **Bligh Bank**	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de .... Jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Eens in de ... jaar
Basis: 5 MW	0.001353	739	0.766	0.000529	1891	3.446	531
Variant: 3 MW	0.002240	446	1.266	0.000867	1153	5.637	322
Belgische EEZ[2]	0.023553	42	6.1	0.008280	121	164.2	31

Tabel 4-4 Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie

Variant **Bligh Bank**	Bunkerolie		Ladingolie	
	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3
Basis: 5 MW	5.74%	12.52%	6.39%	2.10%
Variant: 3 MW	9.51%	20.69%	10.47%	3.43%
Belgische EEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tabel 4-5 Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom in de EEZ

Variant **Bligh Bank**	Energie-opbrengst [MWh]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3 per MWh	Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3 per MWh
Basis: 5 MW	1282400	1.06E-09	5.97E-07	4.13E-10	2.69E-06
Variant: 3 MW	1129600	1.98E-09	1.12E-06	7.68E-10	4.99E-06

Tabel 4-6 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh

[2] Alleen uitstroom van (bunker)olie als gevolg van aanvaringen tussen schepen onderling.

Variant **Bligh Bank**	Oppervlakte [km^2]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per km^2	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3 per km^2	Frequentie per km^2	Gemiddelde uitstroom per jaar in m3 per km^2
Basis: 5 MW	30.53	0.000044	0.025090	0.000017	0.112873
Variant: 3 MW	32.79	0.000068	0.038609	0.000026	0.171912

Tabel 4-7 De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km^2

De uitstroom vertoont hetzelfde beeld als het aanvaar/aandrijfrisico. Per MWh is de milieuschade bij 5 MW turbines kleiner dan bij de 3 MW variant. Het gebruik van de 5 MW turbines is dan ook veel gunstiger en wordt nog gunstiger wanneer naar het economisch gebruik van de oppervlakte wordt gekeken.

Naast de uitstroom van olie is ook de uitstroom van chemicaliën een 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 A1-9 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico. De uitstroom van chemicaliën geeft hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

4.3.4 Persoonlijk letstel

Persoonlijk letstel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. In Tabel A1-10 is een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast. Ook wordt een indicatie gegeven van het groepsrisico. Bij het groepsrisico is de kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers gegeven. 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 detailtabellen in Appendix A.

Beoordeling van het risico

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee, maar voor het afschatten van de externe veiligheid is aansluiting gezocht bij de risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, zoals beschreven in [6].

Voor een windpark liggen alle contouren voor het individuele risico op het water zodat altijd aan de (eventuele) norm voor het individueel risico wordt voldaan.

In [6] 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 de basis 5 MW inrichtingsvariant is de kans op meer dan 10 doden (zie Tabel A1-10) gelijk aan 1/25704 per jaar. Het windpark heeft een lengte van

ongeveer 10 km (lengte van twee aangrenzende zijden van het windpark), dus per km vaarweg is de kans van $3.9\ 10^{-6}$. 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 de 5 MW is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets groter, namelijk 17.3 dodelijke slachtoffers tegenover 12.5 voor de 3 MW turbines. Dit verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de 5 MW turbine groter is en dus een groter oppervlakte beslaat wanneer de turbine op het dek valt.

4.4 Effecten voor de scheepvaart

Tabel 4-8 geeft het effect van het windpark op de scheepvaartongevallen buiten het windpark, door de verandering van de vaarroutes. De tabel toont dat het effect verwaarloosbaar is. De tabel toont vooral negatieve effecten, dus een lager risico. Dit komt omdat door het windpark minder zeemijlen in de Belgische EEZ worden afgelegd. Omdat schepen het park aan de oostkant zullen passeren (zie Figuur 4-1 en Figuur 4-2) bevinden deze schepen zich eerder buiten de Belgische EEZ. Het is daarom niet correct om het effect op incidenten die gerelateerd zijn aan nautische mijlen, zoals zinken, gat in scheepshuid en brand/explosie, mee te nemen. Ter indicatie is de kans op deze incidenten voor routegebonden schepen overgenomen uit een eerdere studie [8].

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor hele Belgische EEZ na aanpassing van het verkeer bij Bligh Bank	Effect windpark t.o.v. autonome situatie	Relatieve effect van het windpark t.o.v. autonome situatie.
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's	Aantal	0.147	0.000	0.00%
Chemicaliën tankers	Aantal	3.219	0.000	0.00%
Olietankers	Aantal	1.448	-0.002	-0.14%
Gas tankers	Aantal	1.152	-0.002	-0.17%
Bulkers	Aantal	2.565	0.000	0.00%
Unitised	Aantal	5.173	-0.131	-2.47%
General Dry Cargo	Aantal	10.650	-0.004	-0.04%
Passenger schepen + conv. ferries	Aantal	1.314	-0.043	-3.17%
High Speed Ferries	Aantal	0.003	0.000	0.00%
Overig	Aantal	1.110	-0.002	-0.18%
Totaal routegebonden	Aantal	26.781	-0.184	-0.68%
Totaal niet routebonden	Aantal	14.626	0.000	0.00%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	1.307	-0.0012	-0.09%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	0.829	0.000043	0.01%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	0.251	-0.000099	-0.04%
Zinken	aantal/jaar	0.059		
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	0.110		
Brand/explosie	aantal/jaar	0.188		
Totaal		2.744		
Economische effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / year	259.18	-1.71	-0.66%

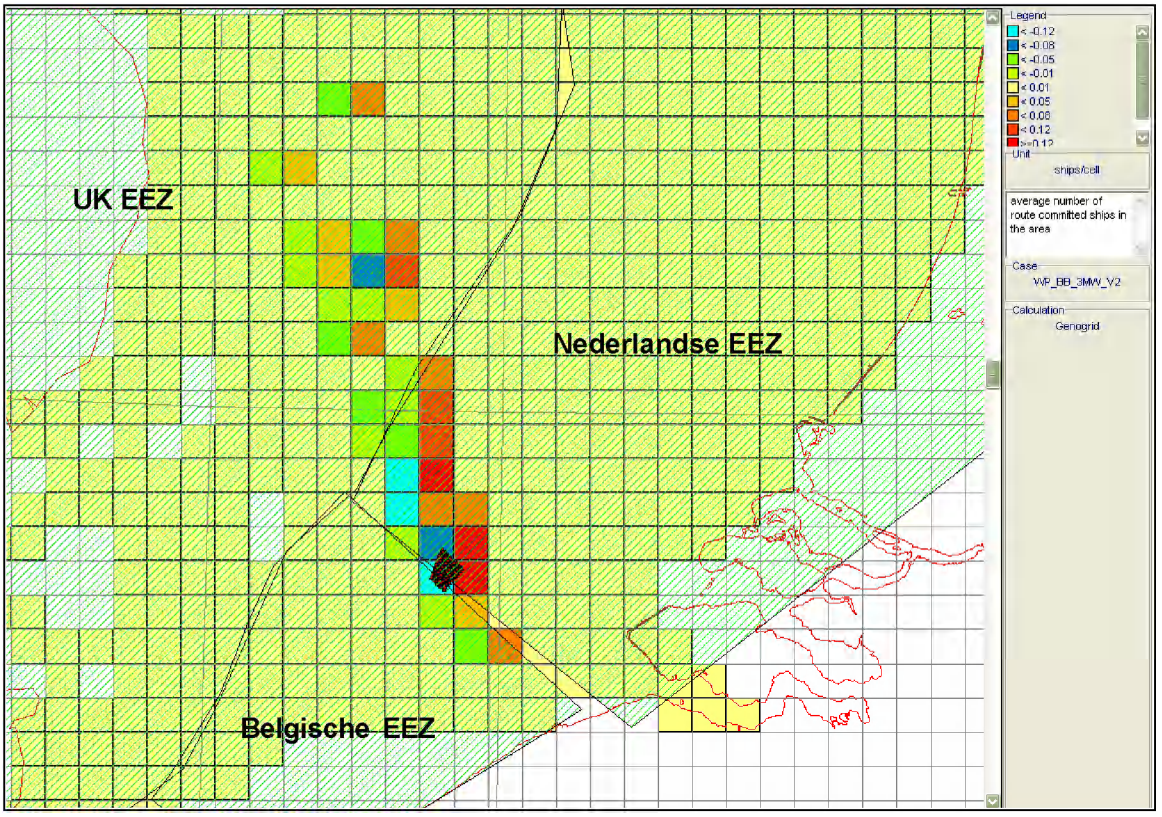
Tabel 4-8 Scoretabel voor de effecten van het windpark Bligh Bank voor de scheepvaart.

In Tabel 4-9 is een overzicht gegeven van het effect van het windpark op de scheepvaart op in de Belgische EEZ en de Nederlandse EEZ, aangezien het windpark tegen de grens met Nederland ligt is het effect hier het grootst. In de Tabel is het gemiddeld aantal aanwezige schepen voor de beide EEZ's gegeven na aanpassing van het verkeer bij Bligh Bank. Ook is het totaal aantal aanwezige schepen in beide EEZ's gegeven. Per EEZ is het absolute en relatieve effect van het windpark gegeven ten opzichte van de betreffende EEZ. Ook zijn het aantal schepen gegeven dat gemiddeld per jaar betrokken is bij een ongeval en de kosten van de afgelegde zeemijlen.

Het aantal aanwezige schepen in de Belgische EEZ zal door de aanwezigheid van Bligh Bank met 0.62% afnemen, daarentegen zal het aantal aanwezige schepen in de Nederlandse EEZ toenemen met zo'n 0.2%. Deze verschuiving van de Belgische EEZ naar de Nederlandse EEZ is ook zichtbaar bij het aantal schepen betrokken bij een ongeval en de kosten voor de afgelegde zeemijlen.
In totaal zal het aantal aanwezige schepen door de aanwezigheid van Bligh Bank toenemen met 0.06% in beide EEZ's samen.
Ook zal een gering effect waarneembaar zijn in de EEZ van de UK. In Figuur 4-3 is het absolute verschil weergegeven van het gemiddeld aantal aanwezige routegebonden schepen per gridcel (Aantallen met Bligh Bank – aantallen zonder Bligh Bank)

	Gemiddeld aantal aanwezige routegebonden schepen	Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	Kosten van afgelegde zeemijlen
Resultaat voor het B-EEZ na aanpassing van het verkeer voor Bligh Bank	29.930	1.757	259.190
Effect van het wind park op het B-EEZ t.o.v. de autonome situatie	-0.188	-0.005	-1.710
Relatieve effect voor het B-EEZ van het windpark t.o.v. de autonome situatie	-0.62%	-0.26%	-0.66%
Resultaat voor het N-EEZ na aanpassing van het verkeer voor Bligh Bank	156.110	10.552	1195.659
Effect van het wind park op het N-EEZ t.o.v. de autonome situatie	0.305	0.024	2.396
Relatieve effect voor het N-EEZ van het windpark t.o.v. de autonome situatie	0.20%	0.23%	0.20%
Resultaat voor het B-EEZ en het N-EEZ na aanpassing van het verkeer voor Bligh Bank	186.040	12.309	1454.848
Effect van het wind park in op het B-EEZ en N-EEZ t.o.v. de autonome situatie	0.117	0.019	0.685
Relatieve effect voor het B-EEZ en N-EEZ van het windpark t.o.v. de autonome situatie	0.06%	0.16%	0.05%

Tabel 4-9 Overzicht van het effect van het windpark Bligh Bank op de scheepvaart in de Belgische en Nederlandse EEZ



Figuur 4-3 ***Absolute effect van het windpark Bligh Bank op het gemiddeld aantal aanwezige schepen op de verschillende EEZ's.***

4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

De aanlegfase van een windpark duurt twee jaar. In de periode van een half jaar varen dan dagelijks enkele schepen (maximaal vijf) van en naar het windpark. 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. In een druk gebied is het aandeel van bijvoorbeeld 5 bewegingen op 100 vertrekkende schepen per dag kleiner dan voor een kleinere haven waar bijvoorbeeld 25 schepen per dag vertrekken. Het relatieve effect op de scheepvaartveiligheid is dus bij een druk gebied kleiner dan bijeen rustiger gebied, maar aan de andere kant is het absolute effect op de verkeersveiligheid bij het drukkere gebied weer groter. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

Het extra aantal vaaruren tijdens de bouw en bij de ontmanteling zijn bepaald en weergegeven in Tabel 4-10. De werkzaamheden vinden verdeeld over twee jaar plaats, de in de tabel gegeven toenames geven de toenames per jaar. Het verhoogde risico geldt dus voor een periode van twee jaar tijdens de bouw en twee jaar tijdens de ontmanteling. De maximale verhoogde kans op een aanvaring tussen twee schepen bedraagt 2.9% voor de bouw van het 3 MW windpark, dit betekent een extra kans van 0.029*1.307/2 = 0.019 per jaar.
De toename van het risico, dus de kans op milieuschade is maximaal bij de bouw van de 3 MW en ontmanteling is met maximaal 2.9% veel kleiner dan het extra risico op milieuschade van 9.8% (uit 4.3.3) per jaar door een aanvaring/aandrijving met een windturbine.

Bouwfase		3 MW	5 MW
tijdens bouw	vaaruren over twee jaar	10,580	7,380
	toename gemiddeld aanwezige schepen	0.60	0.42
	toename als % aantal schepen in de BEEZ	1.5%	1.0%
	toename aantal aanvaringen tussen schepen in de BEEZ	2.9%	2.0%
	toename andere type ongevallen	1.5%	1.0%
tijdens ontmanteling	vaaruren over twee jaar	5,705	4,309
	toename gemiddeld aanwezige schepen	0.33	0.25
	toename als % aantal schepen in de BEEZ	0.8%	0.6%
	toename aantal aanvaringen tussen schepen in de BEEZ	1.6%	1.2%
	toename andere type ongevallen	0.8%	0.6%

Tabel 4-10 ***Het extra risico tijdens de bouw en ontmanteling als % van het totaal aantal incidenten in de Belgische EEZ***

4.6 Het cumulatieve effect

Het cumulatieve effect is bepaald volgens de aanpak beschreven in 3.6. Het cumulatieve effect is bepaald voor de twee inrichtingsvarianten van Bligh Bank gecombineerd met de effecten van de beide andere initiatieven op in de Belgische EEZ, zijnde C-power en Eldepasco.

De inrichtingen van de beide andere parken en de basis inrichtingsvariant van Bligh Bank zijn weergegeven in Figuur 4-4 met de verkeersdatabase waarbij Bligh Bank is vrijgemaakt. In Figuur 4-5 zijn de parken weergegeven met de verkeersdatabase waarbij de drie locaties van de windparken zijn vrijgemaakt.

De resultaten van het cumulatieve effect voor de basis variant van het Bligh Bank worden weergegeven in drie tabellen (Tabel A1-11, Tabel A1-12 en Tabel A1-13). De tabellen voor de andere inrichtingsvariant van Bligh Bank worden gegeven in Appendix A2.

In de drie tabellen voor iedere variant wordt voor ieder windpark het aantal windturbines, het totale vermogen en de kans op een aanvaring, aandrijving en de kans op een uitstroom per jaar gegeven. In Tabel A1-12 worden de resultaten van Tabel A1-11 cumulatief weergegeven dus steeds is aan het eigen windpark een nieuw windpark toegevoegd. Tabel A1-13 geeft hetzelfde weer als Tabel A1-12, maar dan in de vorm van een optreden van de gebeurtenis eens in de zoveel jaar.
Tabel A1-12 geeft, wanneer de drie parken gebouwd zijn, een kans op een aanvaring of aandrijving van 0.114 dus eens in de 8.8 jaar (zie Tabel A1-13) en een kans op een uitstroom van lading of bunkerolie van 0.0044, dus eens in de 227 jaar.
De totalen voor de drie windparken met samen 810 MW geïnstalleerd vermogen zijn verzameld in Tabel 4-11.

Cumulatief 810 MW		Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
Variant voor Bligh Bank	Andere parken	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
5 MW (basis)	5 MW	0.016883	0.024538	0.064078	0.008388	0.113887	0.004401
3 MW	5 MW	0.017538	0.029604	0.081605	0.010335	0.139083	0.005653

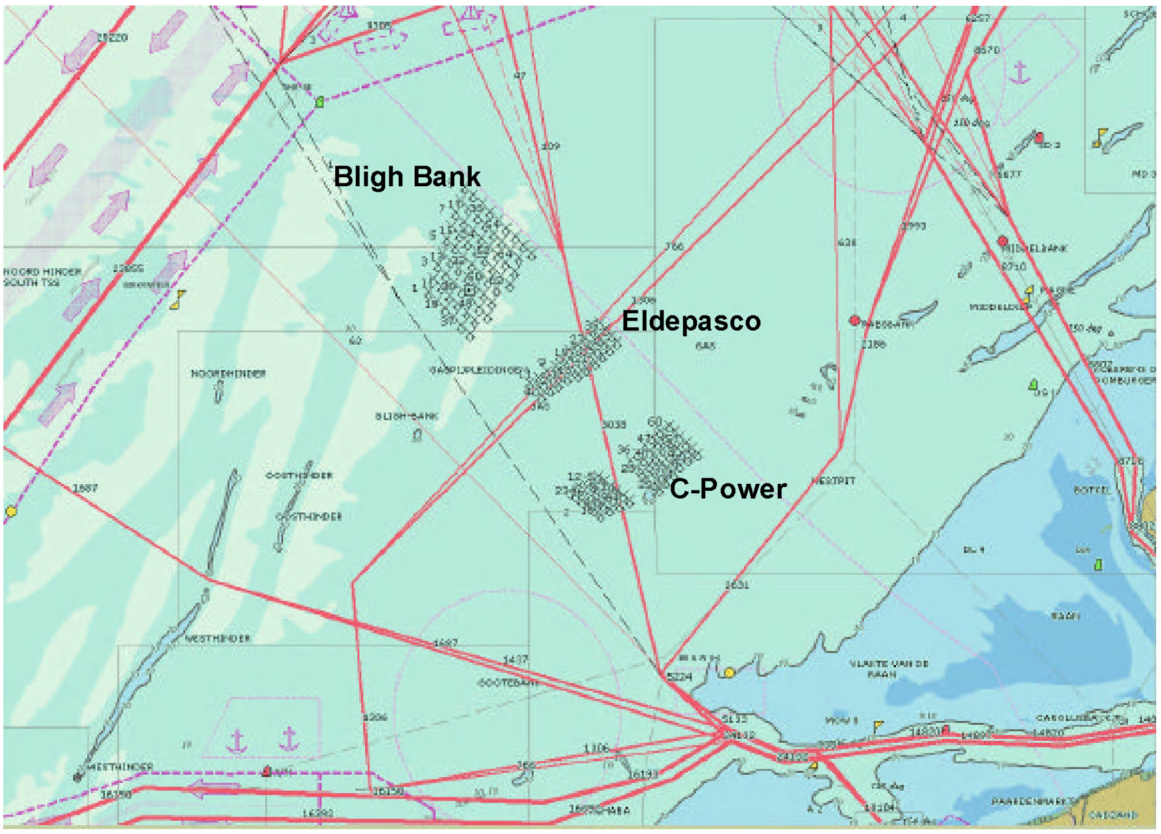
Tabel 4-11 Cumulatieve effect voor Bligh Bank met C-power en Eldepasco

De uitstroomkansen voor 1000 MW worden vergeleken met de uitstroomkansen in de hele Belgische EEZ, zijnde een gemiddelde van eens in de 42 jaar voor bunkerolie en eens in de 121 jaar voor ladingolie, dus samen een uitstroomkans van (1/42+1/121)=0.032 per jaar (eens in de 31 jaar). De cumulatieve uitstroomkans voor olie voor de 3 MW basisvariant in combinatie met de twee andere windparken, dus 810 MW geïnstalleerd vermogen bedraagt 0.0044 (zie Tabel 4-11) per jaar, dus eens in de 227 jaar. Dit is een toename van 14%.

Door andere maatregelen, zoals de inzet van een krachtige sleepboot kan een aanzienlijk deel van het aantal aandrijvingen worden voorkomen. In hoofdstuk 5.2 wordt het effect van de Nederlandse sleepboot de Waker uitgerekend.

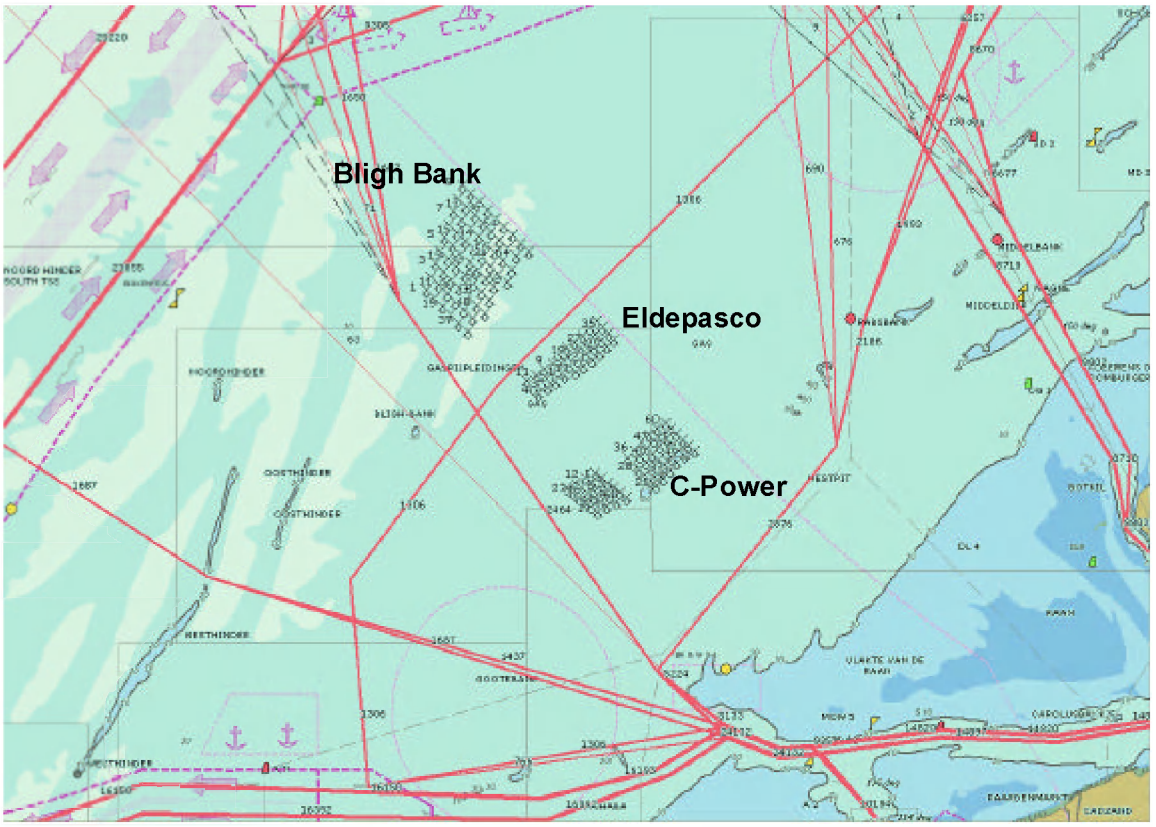
Wanneer er, door de energie die de windparken opleveren, minder transport van olie (voor gebruik als alternatieve energiebron) over zee hoeft plaats te vinden, dan leidt de bouw van windparken ook tot een lagere kans op een olie-uitstroom. Dit is als volgt gekwantificeerd. Uitgaande van 810 MW geïnstalleerd vermogen en 34%[3] rendement is de totale energie opbrengst geschat op 0.34*365*24*810 MW /1000 = 2413 GWh per jaar. Het olie equivalent van 2413 GWh is 0.21 miljoen ton olie. De belangrijkste aanvoerhaven voor olie in de regio is Rotterdam. In Rotterdam wordt ongeveer 100 miljoen ton olie aangevoerd. De olietankers op weg naar Rotterdam varen langs Bligh Bank. Wanneer de olie op weg naar/van Rotterdam 70% is van het totale transport aan ladingolie in de Belgische EEZ, dan is de vermindering van het dietransport in de Belgische EEZ 0.15%, dus 0.15% minder kans op een olie-uitstroom door een ander incident. Dit weegt niet op tegen de hierboven genoemde toename van 14% voor de drie windparken zonder sleepboot.

Verder is de kans op een uitstroom een worst case benadering. Daar het percentage olietankers met een dubbele huid steeds groter wordt, is de kans op een uitstroom van ladingolie kleiner dan gemodelleerd, zoals in 5.3 wordt uitgelegd.



Figuur 4-4 ***Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alleen Bligh Bank is vrijgemaakt***

3 Het rendement voor de verschillende initiatiefnemers varieert van 28% tot 50%. Voor de berekening is gekozen een rendement van 34%.



Figuur 4-5 ***Bligh Bank (basis variant), Eldepasco en C-power met de verkeersdatabase waarbij alle parken zijn vrijgemaakt***

Kwalitatief

Voor de scheepvaartveiligheid betekent een aaneenschakeling van windparken dat het totale risico over het algemeen minder is dan de som van de risico's van de individuele parken, waarmee nu gerekend is. Dit komt omdat over het algemeen schepen door een ander park eerder verder weg van het eigen park zullen worden geleid dan dichterbij.

Ook het risico voor Bligh Bank zal door de aanwezigheid van de beide andere parken toenemen (zie Figuur 4-4 en Figuur 4-5). Door de aanwezigheid van het park Eldepasco zullen schepen van en naar Rotterdam dichter langs het windpark Bligh Bank varen, waardoor het risico op een aanvaring toeneemt. De kans op een aandrijving neemt relatief veel minder toe omdat veel van de aandrijvingen ontstaan uit machine problemen van de schepen die op de druk bevaren hoofdroutes varen die (onveranderd) verder weg van het park lopen.
Het aanvaar/aandrijfrisico voor de turbines van Bigh Bank zal in het cumulatieve scenario groot zijn aan de zuid west kant van het park in plaats van de noordoost kant in het scenario zonder de beide andere parken. Toch zal het gehele aanvaar/aandrijf kans niveau van het windpark niet veel toenemen.
Dus over het algemeen kan gesteld worden dat door de aanwezigheid van de beide andere parken het totale risico voor de drie parken niet veel zal afwijken van de som van het risico van de individuele parken.

5 MAATREGELEN

5.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 hebben alle schepen boven 300 GT (ongeveer 55 m) een AIS-transponder (Automatic Identification System), die de positie van het schip continu uitzendt. In de buurt varende schepen kunnen deze signalen ontvangen en hiermee is de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend.
AIS, mits geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, biedt dan ook extra mogelijkheden om het kruisende schip vroegtijdig te zien. Te meer daar AIS niet verstoord wordt door het windpark. De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS wordt geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, de veiligheid op zee zal bevorderen. De verwachting is dat daardoor de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%. Deze reductie volgt uit het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten.

Het is de verwachting dat in de toekomst steeds meer kleinere schepen, waaronder vissers, met een AIS-transponder gaan varen, waardoor het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot wordt.

Door AIS zal de kans op een aandrijving niet veranderen. Een hele kleine (eerder theoretische) reductie wordt verwacht doordat een te hulp geroepen sleepboot de positie van de drifter beter kent en ook doordat men met de AIS-data sneller in staat is de dichtstbijzijnde sleepboot naar de drifter te sturen.

5.2 Inzet van De Waker

Zoals uit de berekeningen volgt, geeft aandrijven het grootste risico. 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. Met deze processen is in de berekening rekening gehouden.
Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een sleepboot. Dit kan alleen wanneer de sleepboot bij harde wind voldoende trekkracht heeft om de drifter op sleep te nemen. België heeft niet een dergelijke sleepboot operationeel. De Waker is een sterke sleepboot die door de Nederlandse overheid gecharterd wordt. Dit schip wordt naar een drifter wordt gestuurd zodra er een melding binnenkomt bij de Nederlandse Kustwacht en kan dus een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt sterk af van de positie van De Waker op het moment van de melding. De thuishaven van de Waker is Den Helder, maar bij windkracht vanaf 5 Beaufort ligt de Waker op wacht in het Texel verkeersscheidingsstelsel.
De plaats van De Waker bij het verkeersscheidingsstelsel is echter gebaseerd op het huidige gevaar van een drifter met het oog op de offshore olie- en gasplatforms.

Het windpark Bligh Bank wordt niet alleen bedreigd door aandrijvingen van dicht langs het windpark varende schepen, maar vooral door drifters, vanuit de druk bevaren hoofdroutes die op iets grotere afstand van het windpark liggen. Wanneer de storingsduur lang is, kan toch het windpark bereikt worden. Doordat de tijdsduur tussen het begin van de storing en het bereiken van het windpark een groot aantal uren

bedraagt, kan De Waker zelfs vanuit de redelijk ver weg gelegen positie toch op tijd aanwezig zijn om de aandrijving te voorkomen. Deze drifters komen vanuit de hoofdverkeersstromen in de Nederlandse EEZ en wat dat betreft is het zeker niet ondenkbaar dat De Waker wordt ingezet. Vanzelfsprekend zal een sleepboot als De Waker nog meer aandrijvingen kunnen voorkomen wanneer deze ergens in de Belgische EEZ op wacht ligt.

Om een inschatting te maken van het effect van de aanwezigheid van De Waker op de aanvaarfrequenties van het windpark, is een korte aanvullende berekening gemaakt waarbij de inzet van De Waker vanuit Den Helder (bij 0-4 Bft) of het verkeersscheidingsstelsel (vanaf 5 Bft) is meegenomen. De Waker reduceert alleen het aantal aandrijvingen. In Tabel 5-1 zijn de aandrijffrequenties met en zonder De Waker naast elkaar gezet.

	aandrijffrequentie		Procentuele verandering als gevolg van de aanwezigheid waker
	Zonder de Waker	**Met** de Waker	
Basis 5 MW	0.028732	0.015569	-45.81%
Variant 3MW	0.047572	0.025816	-45.73%

Tabel 5-1 Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker.

De Waker reduceert het aantal aandrijvingen met ruim 45%. Deze 45% loopt op tot 70% voor een windpark vlakbij de positie van De Waker bij een windkracht vanaf 5 Beaufort.

5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie

Voor het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Near Shore Windpark en algemeen geldig is voor een monopaalconstructie [3]. Bij het opstellen van deze matrix is een “worst case” benadering toegepast. Wanneer nu de kans op een olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zou vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken dan verdient deze schadematrix verdere aandacht.

De volgende kanttekeningen kunnen bij deze modellering worden gemaakt:

- De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan optreden nadat een schip groter dan 1000 GT tegen een windturbine aandrijft en er een gat in de scheepshuid wordt aangenomen. In de praktijk zal de windturbine niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip.

- Het gebruik van een monopaal zonder uitsteeksels (een aanvaringsvriendelijke monopaal) zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een tripod of een monopaal met een platform met andere attributen.

- Bij het bepalen van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers. De praktijk, autonome ontwikkeling, is dat deze enkelwandige

olietankers uitgefaseerd worden en worden vervangen door dubbelwandige tankers. De kans dat er een gat in een ladingtank zal ontstaan bij een aandrijving van een windturbine is bij een dubbelwandige tanker kleiner. Dit betoog gaat niet op voor de kans op een uitstroom van bunkerolie omdat de meeste andere schepen niet dubbelwandig zijn uitgevoerd en de brandstoftank dus meestal enkelwandig is uitgevoerd. Dit betekent dat vooral de kans en hoeveelheid uitstroom van ladingolie minder zal zijn dan met het huidige model wordt berekend. De frequentie voor de uitstroom van bunkerolie zal niet veel afnemen.

In studies voor Duitse en Deense windparken wordt door de Germanischer Lloyd AG aangenomen dat iedere aandrijving en aanvaring leidt tot een gat in de scheepshuid met daaruit mogelijk een uitstroom. Det Norkske Veritas veronderstelt alleen een mogelijke uitstroom na een aandrijving, maar laat niet iedere aandrijving tot een uitstroom leiden. Dit lijkt op de aanname zoals in de NSW-schadematrix (Tabel 3-1) is verwerkt, waarin iedere aandrijving van een schip boven 1000 GT tot een gat leidt, maar of dit vervolgens ook tot een uitstroom leidt hangt af van waar het schip wordt geraakt, of het een lading of ballasttank betreft en of het schip geladen is.

Door de technische universiteit Hamburg-Harburg zijn er ook berekeningen uitgevoerd waarbij is aangetoond dat er geen gat zal ontstaan in de ladingtank bij een dubbelwandig schip.

Conclusie

Gezien de ontbrekende praktijkgevallen blijft een conservatieve benadering van de olie-uitstroom gewenst. Wel mag geconcludeerd worden dat de uitstroom van ladingolie door de invoering van de dubbelwandige tankers bij aandrijvingen van windturbines beduidend minder kan zijn dan met de huidige worst case NSW-schadematrix wordt berekend.

6 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Aangezien er geen normen bestaan waaraan moet worden voldaan, kunnen geen harde conclusies worden getrokken. Om deze reden worden de resultaten nogmaals benoemd en worden de uitstroomfrequenties gerelateerd aan de kans op een uitstroom tengevolge van een aanvaring in de Belgische EEZ (=0.032 is eens in de 31 jaar).

Resultaten

De veiligheidsstudie heeft tot de volgende resultaten geleid:

- Schade aan het schip
  Bij een aanvaring is de schade aan het schip groot, maar blijft deze beperkt tot de voorzijde van het schip, waardoor de kans op een uitstroom van lading zeer klein is. De kans op een aanvaring/aandrijving wordt eens in de 24 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 14 jaar voor de 3 MW variant. Zie Tabel 6-1 voor een uitsplitsing van de incidenten.

Inrichtingsvariant **Bligh Bank**	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Basis: 5 MW	30.53	1282400	66	0.004386	0.008198	0.025793	0.002938	0.041315
Variant: 3 MW	32.79	1129600	110	0.008423	0.013265	0.042689	0.004885	0.069262

Tabel 6-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant **Bligh Bank**	Opper-vlakte [km^2]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / MWh		Totaal per jaar / MWh
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Basis: 5 MW	30.53	1282400	66	3.42E-09	6.39E-09	2.01E-08	2.29E-09	3.22E-08
Variant: 3 MW	32.79	1129600	110	7.46E-09	1.17E-08	3.78E-08	4.32E-09	6.13E-08

Tabel 6-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten

- Schade aan de windturbines
  In ruim 25% van de aanvaringen/aandrijvingen is de schade zo gering dat de windturbine geen blijvende schade oploopt.

- Milieuschade
  Bij een aandrijving kan een ladingtank of bunkertank lek raken. Een uitstroom van lading of bunkerolie wordt eens in de 531 jaar verwacht voor de 5 MW basis en eens in de 322 jaar voor de 3 MW variant.

- Persoonlijk letsel
  De kans op persoonlijk letsel is uitermate gering. Via een sterke worst case benadering is bepaald dat ruimschoots aan de oriënterende waarde (echte norm bestaat niet) voor het externe risico (individueel en groepsrisico) wordt voldaan.

- Effecten voor scheepvaart
  Het windpark heeft twee effecten op de veiligheid van het scheepvaartverkeer, namelijk:
  - Indirect doordat de schepen anders en/of meer geconcentreerd op bepaalde routes gaan varen;
  - Direct doordat de windturbines objecten zijn waar een schip tegen aan kan varen of driften;

  Het indirecte effect is verwaarloosbaar vergeleken met het directe effect. Het aantal incidenten verandert nauwelijks. Bovendien worden incidenten verplaatst van de Belgische EEZ naar de Nederlandse EEZ.
  Het directe effect is veel groter. De kans op een uitstroom van olie na een incident neemt met in de EEZ toe met 5.9% voor de 5 MW basis en met 9.8% voor de 3 MW variant. Deze percentages zijn ten opzichte van de kans op een uitstroom van olie na een aanvaring in de Belgische EEZ.

- Effecten van werkverkeer op risico's
  Het werkverkeer bij de bouw en ontmanteling van het windpark geeft een risicoverhoging. Tijdens de bouw neemt het aanvaringsrisico toe met 2.0% voor de 5 MW basis en 2.9% voor de 3 MW variant.
  Tijdens de ontmanteling neemt het aanvaringsrisico toe met 1.6% voor de 5 MW basis en 1.2% voor de 3 MW variant.

- Cumulatieve effecten
  Voor de drie windparken, Bligh Bank, C-power en Eldepasco, samen 810 aan geïnstalleerd vermogen, wordt voor de 5 MW basis eens in de 8.8 jaar een aanvaring of aandrijving met een windturbine van een van de drie parken verwacht, waarbij dit naar verwachting eens in de 227 jaar zal leiden tot een uitstroom van lading of bunkerolie. Voor de 3 MW variant is dit eens in de 7.2 jaar een incident en eens in de 177 jaar een uitstroom van lading of bunkerolie.

Conclusies

- Tabel 6-1 is het meest illustratief voor de keuze van de variant. De basisvariant met de 5 MW turbines is het meest gunstig. Om een zo hoog mogelijk rendement per oppervlakte te behalen is een inrichting met zoveel mogelijk 5 MW turbines het meest aantrekkelijk. Bij de keuze van zoveel mogelijk 5 MW turbines in Bligh Bank of een andere locatie moet de absolute veiligheid of de veiligheid per MWh voor Bligh Bank vergeleken worden met die van andere locaties (met behulp van Tabel 6-2). Wel kan geconcludeerd worden dat een groter vermogen per windturbine altijd gunstig is.

- De berekende risico's zijn voor Bligh Bank over het algemeen lager dan die berekend voor de Nederlandse windparken. Dit zal blijken wanneer de Nederlandse veiligheidsstudies openbaar gemaakt worden.

- 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 lager zijn dan voorspeld.

Mitigerende maatregelen

- Een krachtige sleepboot kan drifters op sleep nemen voordat het windpark wordt bereikt. Het effect wordt groter naarmate de sleepboot krachtiger is en dichter bij het windpark ligt. Zelfs De Waker, de Nederlandse sleepboot die voor dit doel bij Den Helder gepositioneerd is, is in staat om 45% van de drifters nog op tijd op te vangen. Dit zijn vooral de drifters uit de hoofdverkeersstromen die lange tijd driften.

REFERENTIES

[1] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996

[2] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong
POLSSS - Policy for Sea Shipping Safety, Executive Summary
RAND Europe and MARIN, December 1998

[3] J. Barentse
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie Jacobs Comprimo Nederland, juli 2000

[4] C. van der Tak
Effecten van ruimteclaims in de Noordzee op de scheepvaart
MARIN, nr 16498.620/2, november 2001

[5] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee
MARIN, juli 2004

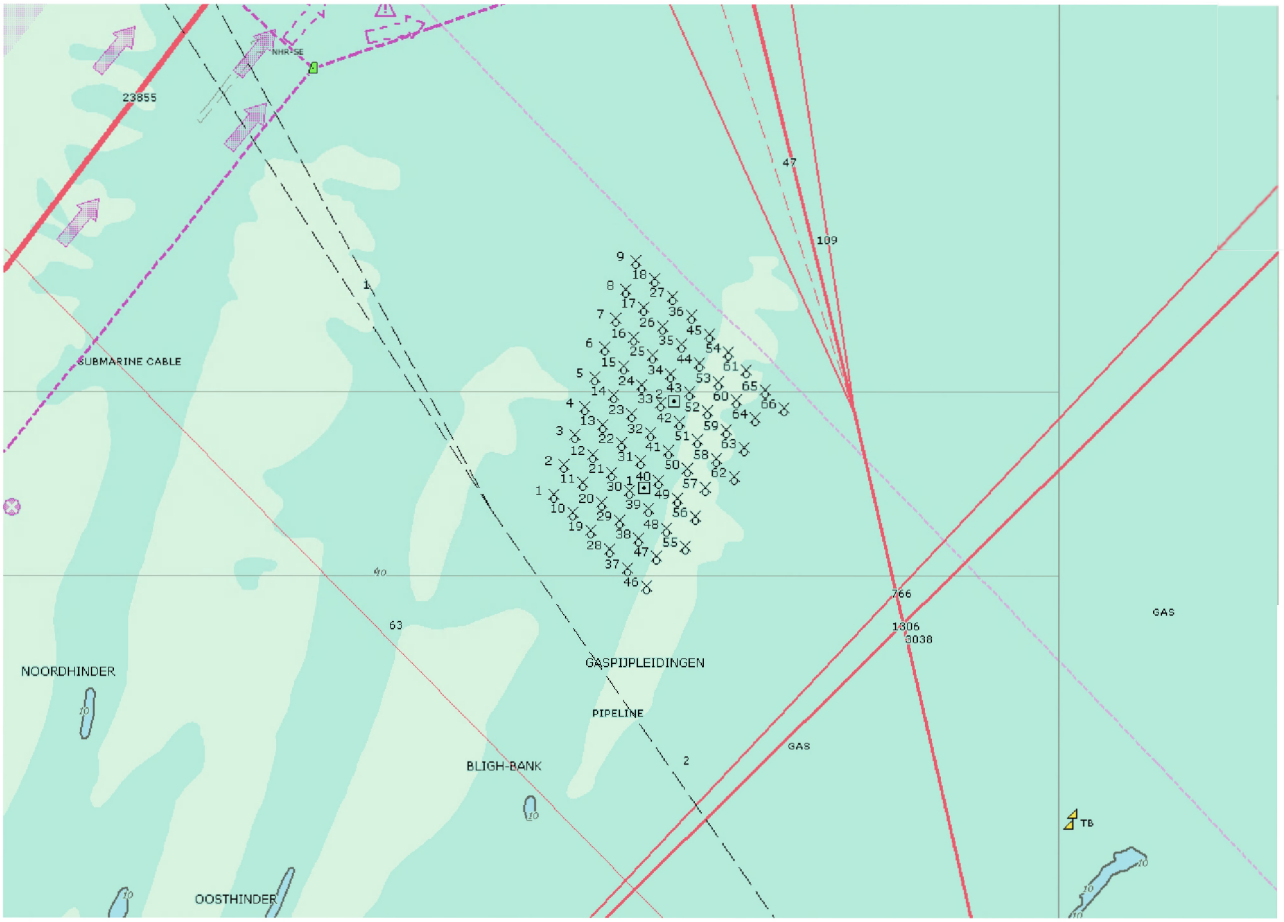
[6] Kamerstuk 24611; vergaderjaar 1995-1996
Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen

[7] D. Le Roy, A. Volckaert, S. Vermoote, B. de Wachter, F. Maes, J. Coene, J.B. Calewaert.
Risk Analysis of Marine Activities in the Belgian part of the North Sea (RAMA)
SPSDII, April 2006

[8] C. van der Tak, C.C. Glansdorp
Formal Safety Assessment for the North Sea
Europees project EMBARC, MARIN, april 2005

APPENDIX A1:

Resultaten windpark Bligh Bank; Basis variant met 66 windturbines van 5 MW(+ 2 High Voltage Stations)



Figuur A1-1 Windpark Bligh Bank, basis variant met 66 windturbines van 5 MW

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de … jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
01.BB_5.0MW	5139.1	246.0	0.000002	0.000230	0.000361	0.000044	0.000637	1571
02.BB_5.0MW	5139.5	246.3	0.000002	0.000230	0.000365	0.000044	0.000641	1560
03.BB_5.0MW	5140.0	246.5	0.000002	0.000230	0.000372	0.000043	0.000647	1545
04.BB_5.0MW	5140.4	246.7	0.000002	0.000229	0.000375	0.000043	0.000649	1540
05.BB_5.0MW	5140.8	247.0	0.000003	0.000227	0.000382	0.000043	0.000656	1524
06.BB_5.0MW	5141.3	247.3	0.000005	0.000225	0.000392	0.000044	0.000666	1501
07.BB_5.0MW	5141.7	247.5	0.000008	0.000223	0.000399	0.000044	0.000674	1483
08.BB_5.0MW	5142.1	247.8	0.000014	0.000222	0.000413	0.000044	0.000694	1440
09.BB_5.0MW	5142.5	248.1	0.000028	0.000221	0.000429	0.000045	0.000723	1383
10.BB_5.0MW	5138.8	246.4	0.000003	0.000230	0.000355	0.000044	0.000632	1581
11.BB_5.0MW	5139.3	246.7	0.000002	0.000073	0.000358	0.000040	0.000474	2112
12.BB_5.0MW	5139.7	247.0	0.000003	0.000073	0.000365	0.000040	0.000481	2081
13.BB_5.0MW	5140.1	247.2	0.000003	0.000073	0.000368	0.000042	0.000486	2059
14.BB_5.0MW	5140.5	247.5	0.000005	0.000072	0.000376	0.000042	0.000495	2019
15.BB_5.0MW	5141.0	247.8	0.000007	0.000071	0.000384	0.000042	0.000505	1979
16.BB_5.0MW	5141.4	248.0	0.000012	0.000070	0.000395	0.000042	0.000520	1924
17.BB_5.0MW	5141.8	248.2	0.000022	0.000070	0.000405	0.000042	0.000539	1854
18.BB_5.0MW	5142.3	248.5	0.000044	0.000222	0.000423	0.000045	0.000734	1362
19.BB_5.0MW	5138.6	246.9	0.000004	0.000230	0.000350	0.000044	0.000627	1594
20.BB_5.0MW	5139.0	247.2	0.000003	0.000059	0.000356	0.000042	0.000460	2173
21.BB_5.0MW	5139.4	247.5	0.000004	0.000019	0.000357	0.000039	0.000420	2382
22.BB_5.0MW	5139.8	247.7	0.000005	0.000020	0.000364	0.000039	0.000428	2338
23.BB_5.0MW	5140.3	247.9	0.000007	0.000020	0.000369	0.000040	0.000436	2293
24.BB_5.0MW	5140.7	248.2	0.000011	0.000020	0.000381	0.000040	0.000452	2210
25.BB_5.0MW	5141.1	248.5	0.000019	0.000020	0.000387	0.000040	0.000467	2143
26.BB_5.0MW	5141.6	248.7	0.000034	0.000058	0.000401	0.000042	0.000535	1868
27.BB_5.0MW	5142.0	249.0	0.000073	0.000223	0.000418	0.000045	0.000759	1317
28.BB_5.0MW	5138.3	247.4	0.000005	0.000231	0.000347	0.000045	0.000627	1594
29.BB_5.0MW	5138.7	247.6	0.000005	0.000060	0.000353	0.000042	0.000460	2176
30.BB_5.0MW	5139.1	247.9	0.000005	0.000014	0.000356	0.000039	0.000414	2416
31.BB_5.0MW	5139.6	248.2	0.000007	0.000008	0.000362	0.000038	0.000414	2413
32.BB_5.0MW	5140.0	248.4	0.000011	0.000008	0.000368	0.000038	0.000425	2353
33.BB_5.0MW	5140.4	248.7	0.000016	0.000009	0.000376	0.000038	0.000439	2278
34.BB_5.0MW	5140.9	249.0	0.000026	0.000017	0.000382	0.000039	0.000465	2150
35.BB_5.0MW	5141.3	249.2	0.000054	0.000062	0.000398	0.000043	0.000556	1797
36.BB_5.0MW	5141.7	249.4	0.000129	0.000226	0.000414	0.000046	0.000814	1228
37.BB_5.0MW	5138.0	247.9	0.000008	0.000230	0.000348	0.000046	0.000632	1582
38.BB_5.0MW	5138.4	248.1	0.000007	0.000061	0.000353	0.000043	0.000464	2153
39.BB_5.0MW	5138.9	248.4	0.000008	0.000019	0.000353	0.000040	0.000420	2379
40.BB_5.0MW	5139.3	248.6	0.000012	0.000015	0.000359	0.000039	0.000424	2359
41.BB_5.0MW	5139.7	248.9	0.000016	0.000011	0.000366	0.000039	0.000432	2314
42.BB_5.0MW	5140.2	249.1	0.000020	0.000008	0.000373	0.000038	0.000441	2270
43.BB_5.0MW	5140.6	249.4	0.000037	0.000020	0.000378	0.000041	0.000476	2101
44.BB_5.0MW	5141.0	249.7	0.000079	0.000068	0.000395	0.000043	0.000585	1710
45.BB_5.0MW	5141.5	249.9	0.000199	0.000231	0.000414	0.000047	0.000890	1123
46.BB_5.0MW	5137.7	248.3	0.000013	0.000230	0.000350	0.000047	0.000639	1564
47.BB_5.0MW	5138.2	248.6	0.000012	0.000126	0.000352	0.000045	0.000535	1869
48.BB_5.0MW	5138.6	248.8	0.000014	0.000072	0.000355	0.000043	0.000484	2066
49.BB_5.0MW	5139.0	249.1	0.000019	0.000053	0.000358	0.000043	0.000473	2116
50.BB_5.0MW	5139.5	249.3	0.000028	0.000039	0.000366	0.000042	0.000475	2107
51.BB_5.0MW	5139.9	249.6	0.000038	0.000028	0.000373	0.000041	0.000480	2082
52.BB_5.0MW	5140.3	249.9	0.000050	0.000023	0.000381	0.000041	0.000495	2020
53.BB_5.0MW	5140.8	250.1	0.000110	0.000074	0.000394	0.000044	0.000622	1608
54.BB_5.0MW	5141.2	250.4	0.000307	0.000244	0.000416	0.000048	0.001015	985
55.BB_5.0MW	5138.3	249.3	0.000023	0.000242	0.000353	0.000047	0.000664	1506
56.BB_5.0MW	5138.8	249.6	0.000031	0.000170	0.000359	0.000046	0.000606	1649
57.BB_5.0MW	5139.2	249.8	0.000049	0.000123	0.000370	0.000045	0.000587	1703
58.BB_5.0MW	5139.6	250.1	0.000073	0.000088	0.000377	0.000045	0.000583	1715
59.BB_5.0MW	5140.1	250.3	0.000095	0.000063	0.000385	0.000044	0.000588	1702
60.BB_5.0MW	5140.5	250.6	0.000149	0.000084	0.000397	0.000045	0.000676	1480

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de … jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
61.BB_5.0MW	5140.9	250.8	0.000427	0.000275	0.000421	0.000050	0.001172	853
62.BB_5.0MW	5139.4	250.5	0.000153	0.000291	0.000383	0.000049	0.000876	1142
63.BB_5.0MW	5139.8	250.8	0.000215	0.000209	0.000395	0.000049	0.000868	1152
64.BB_5.0MW	5140.2	251.1	0.000253	0.000145	0.000405	0.000048	0.000851	1175
65.BB_5.0MW	5140.6	251.3	0.000580	0.000311	0.000430	0.000052	0.001373	728
66.BB_5.0MW	5140.4	251.8	0.000750	0.000330	0.000441	0.000054	0.001575	635
HV1.BB_5.0MW	5139.2	248.2	0.000008	0.000009	0.000358	0.000038	0.000414	2417
HV2.BB_5.0MW	5140.5	249.0	0.000023	0.000010	0.000379	0.000039	0.000452	2214
Totaal per jaar			0.004392	0.008198	0.025794	0.002938	0.041322	24
Dit is eens in .. jaar			228	122	39	340	24	

Tabel A1-1 Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine (incl. High Voltage Station)

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
Routegebonden	0.004386	228	0.025793	39	0.030179	33
Niet-routegebonden	0.008198	122	0.002938	340	0.011136	90
Totaal	0.012584	79	0.028731	35	0.041315	24

Tabel A1-2 ***Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor Bligh Bank, 5 MW basisvariant (incl High Voltage Station).***

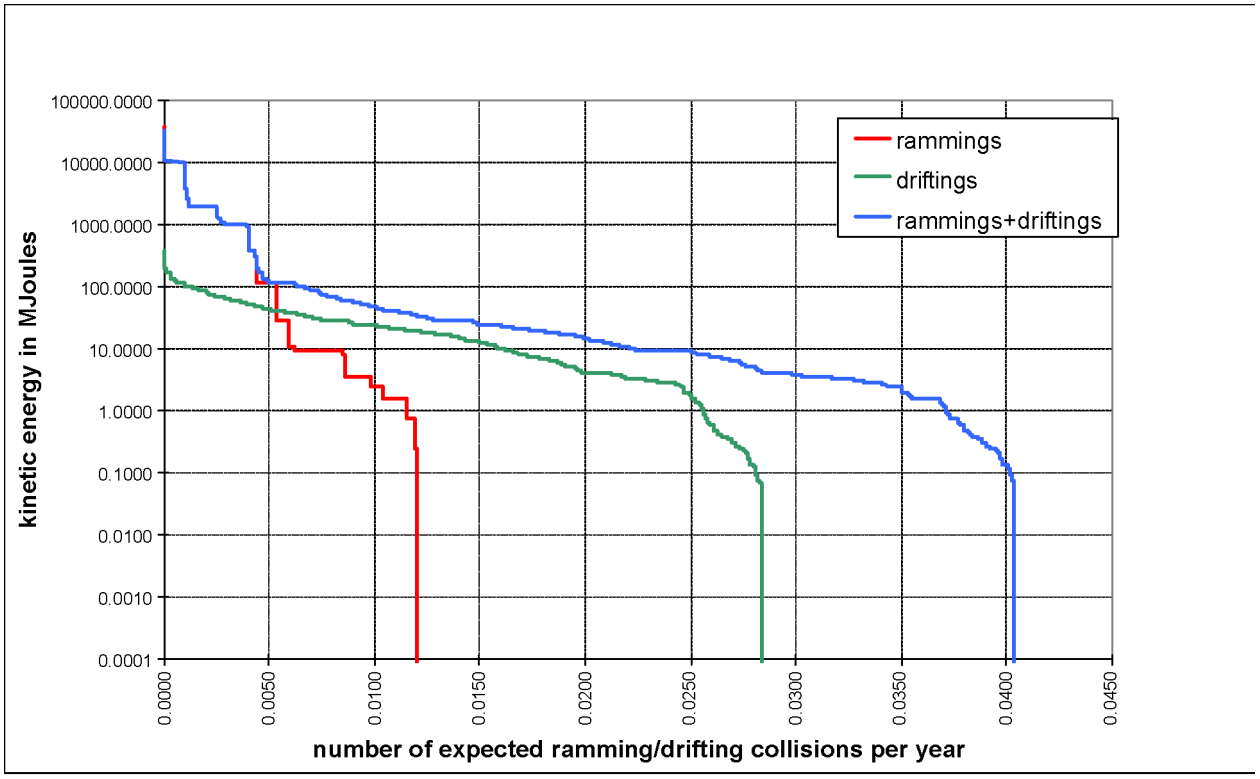
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos[4]	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000015	0.002409	0.000142	0.002566
Chemicaliën tanker	0.000028	0.003160	0.000277	0.003465
Gastanker	0.000011	0.000759	0.000095	0.000865
Container+ RoRo	0.000365	0.009876	0.003436	0.013677
Ferry	0.000001	0.000168	0.000042	0.000211
Overige R-schepen	0.000002	0.008928	0.000465	0.009395
N-schepen	0.000051	0.000032	0.011053	0.011136
Totaal	0.000472	0.025332	0.015511	0.041315

Tabel A1-3 ***Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.***

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	0.000657	0.000000	0.006485	0.001359	0.002905	0.001359	0.010047	0.011406	88
Scheef	0.000000	0.000063	0.000001	0.000067	0.009993	0.000033	0.009994	0.000163	0.010157	98
Omvallen	0.000395	0.000090	0.003575	0.000786	0.014442	0.000000	0.018412	0.000875	0.019288	52
GosMos[1]	0.000044	0.000010	0.000378	0.000041	0.000000	0.000000	0.000422	0.000051	0.000473	2115
Totaal	0.000439	0.000820	0.003954	0.007378	0.025794	0.002938	0.030187	0.011136	0.041323	24

Tabel A1-4 ***Schade aan het totale windpark.***

[4] Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A1-2 ***Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)***

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	2.5%	2.5%	0.6%	7.0%	7.6%	0.6%	9.5%	10.1%
1-3	0.0%	4.2%	4.2%	6.2%	0.1%	6.4%	6.2%	4.3%	10.5%
3-5	0.0%	3.0%	3.0%	8.3%	0.0%	8.3%	8.3%	3.0%	11.3%
5-10	0.0%	5.8%	5.8%	8.4%	0.0%	8.4%	8.4%	5.8%	14.2%
10-15	0.0%	0.8%	0.8%	5.0%	0.0%	5.0%	5.0%	0.8%	5.8%
15-50	0.0%	1.2%	1.3%	23.6%	0.0%	23.6%	23.6%	1.2%	24.8%
50-100	0.0%	0.2%	0.2%	7.4%	0.0%	7.4%	7.4%	0.2%	7.6%
100-200	0.0%	2.2%	2.3%	2.6%	0.0%	2.6%	2.7%	2.2%	4.9%
>200	10.6%	0.0%	10.6%	0.2%	0.0%	0.2%	10.8%	0.0%	10.8%
Totaal	10.6%	19.8%	30.5%	62.4%	7.1%	69.5%	73.0%	27.0%	100.0%

Tabel A1-5 ***Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.***

Uitstroom van bunkerolie in m^3	Windpark Bligh Bank; basis inrichtingvariant 5 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
0.01-20	0.000004	258982	0.000
20-150	0.000329	3040	0.027
150-750	0.000731	1368	0.289
750-3000	0.000277	3614	0.403
3000-10000	0.000013	77234	0.047
Totaal	0.001353	739	0.766

Tabel A1-6 ***Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.***

Uitstroom van ladingolie in m^3	Windpark Bligh Bank; basis inrichtingvariant 5 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000029	34120	0.015
750-3000	0.000105	9546	0.255
3000-10000	0.000316	3165	1.913
10000-30000	0.000077	13004	1.201
30000-100000	0.000002	512649	0.061
Totaal	0.000529	1891	3.446

Tabel A1-7 ***Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.***

Windpark Bligh Bank; basis inrichtingvariant 5 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.001353	739	0.766	0.000529	1891	3.446	531

Tabel A1-8 ***Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.***

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000007
Hoog ecologisch risico	0.000001
Gemiddeld ecologische risico	0.000036
Gering ecologisch risico	0.000035
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000169
Totaal	0.000248
Eens in de … jaar	4038

Tabel A1-9 ***Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.***

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de …jaar	Directe doden		Groepsrisico
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de … jaar meer dan 10 doden
Olietanker	0.000002	0.000014	66225	1.07	0.000016	
Chemicaliën tanker	0.000003	0.000025	36179	1.27	0.000035	36179
Gastanker	0.000001	0.000009	95147	1.30	0.000014	95147
Container + RoRo	0.000038	0.000327	2739	22.03	0.008043	
Ferry	0.000000	0.000001	1324503	44.25	0.000033	1324503
Overige R-schepen	0.000000	0.000002	458716	0.92	0.000002	
N-schepen	0.000010	0.000041		0.00	0.000010	
Totaal	0.000053	0.000419	2118	17.27	0.008153	25704

Tabel A1-10 ***Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.***

nr	Windpark	Aantal tur-bines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
1	Bligh Bank 5.0 MW	66	330	0.006078	0.008198	0.027812	0.002938	0.045026	0.001990
2	C-power (5 MW)	60	300	0.005619	0.009493	0.022679	0.003488	0.041278	0.001503
3	Eldepasco (5 MW)	36	180	0.005186	0.006846	0.013588	0.001962	0.027582	0.000908

Tabel A1-11 ***Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines***

Windpark	Aantal tur-bines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Bligh Bank 5 MW	66	330	0.006078	0.008198	0.027812	0.002938	0.045026	0.001990
Bligh Bank + C-power	126	630	0.011697	0.017691	0.050491	0.006426	0.086305	0.003493
Bligh Bank + C-power + Eldepasco	162	810	0.016883	0.024538	0.064078	0.008388	0.113887	0.004401

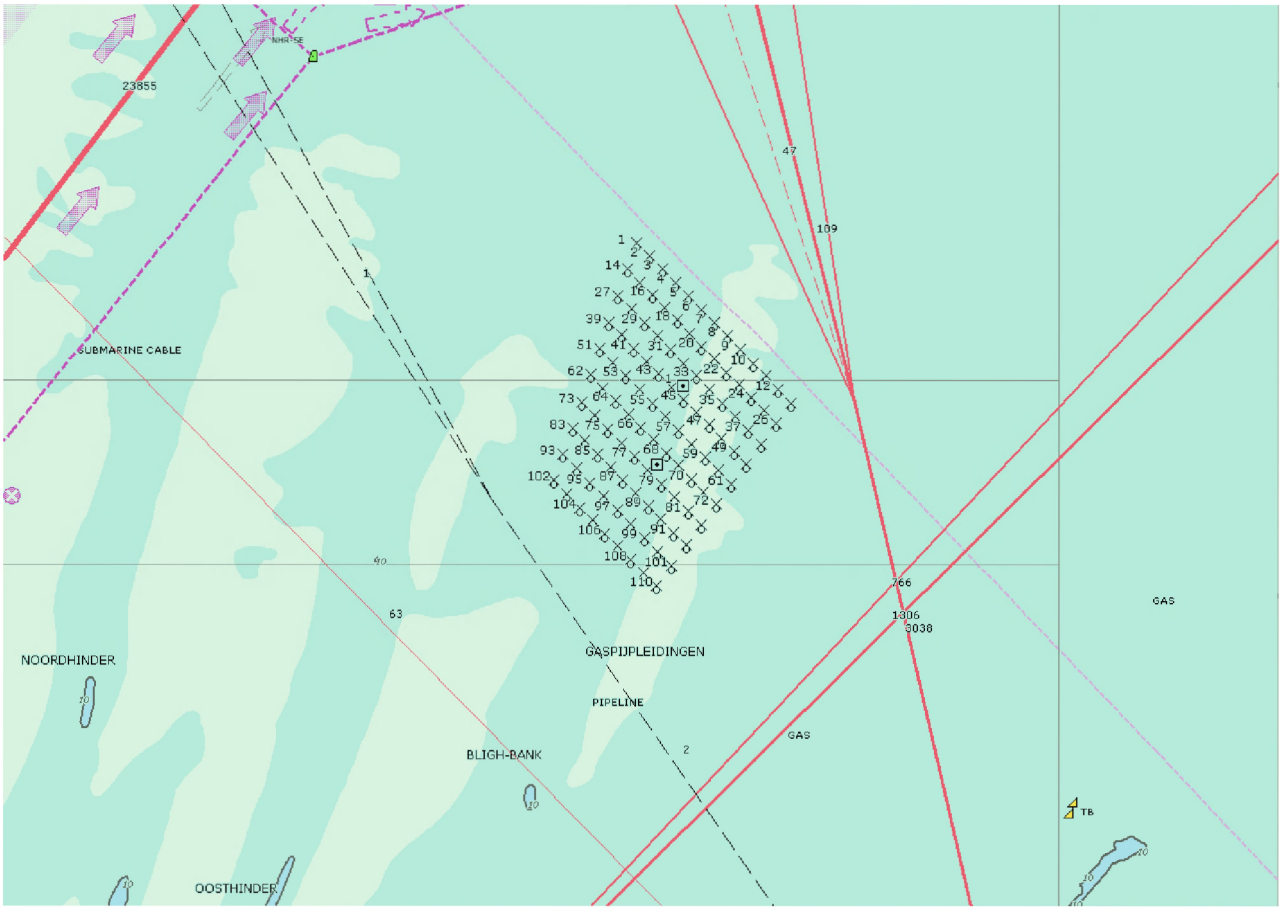
Tabel A1-12 ***Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines***

Windpark	Aantal tur-bines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Bligh Bank 5 MW	66	330	164.5	122.0	36.0	340.4	22.2	502.6
Bligh Bank + C-power	126	630	85.5	56.5	19.8	155.6	11.6	286.3
Bligh Bank + C-power + Eldepasco	162	810	59.2	40.8	15.6	119.2	8.8	227.2

Tabel A1-13 ***Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor de drie windparken in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines***

APPENDIX A2:

Resultaten windpark Bligh Bank; variant met 110 windturbines van 3.0 MW (+ 2 High Voltage Stations)



Figuur A2-1 Windpark Bligh Bank, variant met 110 windturbines van 3.0 MW

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in … de jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
01.BB_3.0MW	5142.6	248.1	0.000030	0.000221	0.000432	0.000044	0.000727	1375
02.BB_3.0MW	5142.4	248.4	0.000042	0.000217	0.000428	0.000045	0.000732	1365
03.BB_3.0MW	5142.2	248.7	0.000060	0.000222	0.000423	0.000045	0.000750	1333
04.BB_3.0MW	5142.0	249.0	0.000086	0.000221	0.000419	0.000045	0.000772	1295
05.BB_3.0MW	5141.8	249.4	0.000123	0.000220	0.000417	0.000046	0.000806	1241
06.BB_3.0MW	5141.6	249.7	0.000169	0.000224	0.000415	0.000046	0.000855	1170
07.BB_3.0MW	5141.4	250.0	0.000223	0.000229	0.000416	0.000047	0.000916	1092
08.BB_3.0MW	5141.3	250.3	0.000304	0.000241	0.000417	0.000048	0.001011	990
09.BB_3.0MW	5141.1	250.7	0.000380	0.000257	0.000421	0.000049	0.001107	904
10.BB_3.0MW	5140.9	251.0	0.000480	0.000280	0.000425	0.000050	0.001235	809
11.BB_3.0MW	5140.7	251.3	0.000594	0.000311	0.000431	0.000052	0.001388	720
12.BB_3.0MW	5140.5	251.7	0.000708	0.000320	0.000440	0.000052	0.001521	658
13.BB_3.0MW	5140.3	252.0	0.000830	0.000334	0.000444	0.000054	0.001662	602
14.BB_3.0MW	5142.2	247.8	0.000017	0.000219	0.000419	0.000044	0.000699	1431
15.BB_3.0MW	5142.0	248.1	0.000022	0.000101	0.000414	0.000043	0.000581	1723
16.BB_3.0MW	5141.9	248.5	0.000029	0.000066	0.000407	0.000042	0.000545	1836
17.BB_3.0MW	5141.7	248.8	0.000040	0.000067	0.000403	0.000042	0.000552	1812
18.BB_3.0MW	5141.5	249.1	0.000053	0.000068	0.000400	0.000043	0.000564	1774
19.BB_3.0MW	5141.3	249.4	0.000069	0.000072	0.000399	0.000044	0.000584	1713
20.BB_3.0MW	5141.1	249.7	0.000090	0.000075	0.000397	0.000044	0.000606	1651
21.BB_3.0MW	5140.9	250.0	0.000112	0.000081	0.000397	0.000044	0.000634	1576
22.BB_3.0MW	5140.7	250.3	0.000141	0.000089	0.000397	0.000045	0.000672	1487
23.BB_3.0MW	5140.5	250.6	0.000170	0.000096	0.000400	0.000046	0.000712	1404
24.BB_3.0MW	5140.4	250.9	0.000207	0.000102	0.000401	0.000047	0.000757	1321
25.BB_3.0MW	5140.2	251.3	0.000295	0.000149	0.000410	0.000049	0.000903	1108
26.BB_3.0MW	5140.0	251.6	0.000594	0.000332	0.000424	0.000053	0.001403	713
27.BB_3.0MW	5141.8	247.6	0.000009	0.000223	0.000404	0.000044	0.000680	1471
28.BB_3.0MW	5141.6	247.9	0.000013	0.000098	0.000400	0.000042	0.000553	1809
29.BB_3.0MW	5141.4	248.2	0.000017	0.000042	0.000396	0.000041	0.000496	2018
30.BB_3.0MW	5141.3	248.6	0.000022	0.000020	0.000391	0.000040	0.000473	2115
31.BB_3.0MW	5141.1	248.9	0.000029	0.000023	0.000387	0.000040	0.000480	2085
32.BB_3.0MW	5140.9	249.3	0.000038	0.000024	0.000385	0.000041	0.000488	2051
33.BB_3.0MW	5140.7	249.6	0.000047	0.000027	0.000383	0.000041	0.000499	2005
34.BB_3.0MW	5140.5	249.9	0.000059	0.000030	0.000383	0.000042	0.000514	1947
35.BB_3.0MW	5140.3	250.2	0.000071	0.000032	0.000384	0.000042	0.000530	1888
36.BB_3.0MW	5140.1	250.6	0.000109	0.000059	0.000387	0.000044	0.000599	1670
37.BB_3.0MW	5139.9	250.9	0.000198	0.000138	0.000393	0.000048	0.000777	1287
38.BB_3.0MW	5139.7	251.2	0.000379	0.000318	0.000402	0.000051	0.001151	869
39.BB_3.0MW	5141.5	247.4	0.000006	0.000224	0.000399	0.000044	0.000673	1485
40.BB_3.0MW	5141.3	247.7	0.000008	0.000103	0.000393	0.000043	0.000546	1830
41.BB_3.0MW	5141.1	248.0	0.000010	0.000045	0.000390	0.000041	0.000487	2053
42.BB_3.0MW	5140.9	248.3	0.000014	0.000019	0.000385	0.000040	0.000458	2183
43.BB_3.0MW	5140.7	248.7	0.000017	0.000011	0.000381	0.000039	0.000448	2235
44.BB_3.0MW	5140.5	249.0	0.000020	0.000008	0.000379	0.000038	0.000445	2246
45.BB_3.0MW	5140.3	249.3	0.000024	0.000010	0.000376	0.000039	0.000449	2227
46.BB_3.0MW	5140.1	249.6	0.000031	0.000013	0.000376	0.000040	0.000459	2179
47.BB_3.0MW	5139.9	249.9	0.000048	0.000027	0.000377	0.000042	0.000494	2024
48.BB_3.0MW	5139.8	250.2	0.000077	0.000060	0.000381	0.000044	0.000562	1780
49.BB_3.0MW	5139.6	250.5	0.000128	0.000137	0.000385	0.000047	0.000697	1436
50.BB_3.0MW	5139.4	250.8	0.000225	0.000304	0.000391	0.000051	0.000972	1029
51.BB_3.0MW	5141.1	247.2	0.000004	0.000226	0.000388	0.000044	0.000661	1512
52.BB_3.0MW	5140.9	247.5	0.000005	0.000099	0.000383	0.000042	0.000530	1887
53.BB_3.0MW	5140.7	247.8	0.000007	0.000042	0.000380	0.000041	0.000470	2127
54.BB_3.0MW	5140.5	248.1	0.000009	0.000017	0.000375	0.000039	0.000440	2271
55.BB_3.0MW	5140.3	248.5	0.000012	0.000009	0.000372	0.000038	0.000432	2317
56.BB_3.0MW	5140.1	248.8	0.000014	0.000005	0.000369	0.000037	0.000426	2349
57.BB_3.0MW	5139.9	249.1	0.000020	0.000010	0.000368	0.000039	0.000436	2295
58.BB_3.0MW	5139.7	249.4	0.000030	0.000023	0.000369	0.000041	0.000463	2159
59.BB_3.0MW	5139.5	249.8	0.000047	0.000052	0.000371	0.000043	0.000513	1949
60.BB_3.0MW	5139.3	250.1	0.000074	0.000123	0.000375	0.000046	0.000617	1620
61.BB_3.0MW	5139.1	250.5	0.000122	0.000290	0.000379	0.000050	0.000841	1190

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in … de jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
62.BB_3.0MW	5140.7	246.9	0.000003	0.000228	0.000380	0.000043	0.000654	1529
63.BB_3.0MW	5140.5	247.2	0.000004	0.000104	0.000374	0.000043	0.000524	1908
64.BB_3.0MW	5140.3	247.5	0.000005	0.000046	0.000374	0.000041	0.000465	2151
65.BB_3.0MW	5140.1	247.9	0.000006	0.000019	0.000367	0.000039	0.000431	2323
66.BB_3.0MW	5139.9	248.2	0.000008	0.000010	0.000366	0.000038	0.000422	2369
67.BB_3.0MW	5139.7	248.5	0.000010	0.000006	0.000362	0.000038	0.000415	2407
68.BB_3.0MW	5139.5	248.8	0.000014	0.000010	0.000364	0.000038	0.000426	2345
69.BB_3.0MW	5139.3	249.1	0.000020	0.000024	0.000362	0.000041	0.000447	2237
70.BB_3.0MW	5139.2	249.4	0.000029	0.000053	0.000362	0.000043	0.000488	2049
71.BB_3.0MW	5139.0	249.7	0.000042	0.000119	0.000365	0.000045	0.000572	1750
72.BB_3.0MW	5138.8	250.1	0.000062	0.000270	0.000367	0.000049	0.000747	1339
73.BB_3.0MW	5140.3	246.7	0.000002	0.000229	0.000372	0.000043	0.000647	1545
74.BB_3.0MW	5140.1	247.0	0.000003	0.000100	0.000370	0.000041	0.000513	1948
75.BB_3.0MW	5139.9	247.3	0.000004	0.000041	0.000366	0.000040	0.000452	2215
76.BB_3.0MW	5139.7	247.7	0.000005	0.000016	0.000361	0.000039	0.000420	2380
77.BB_3.0MW	5139.5	248.0	0.000006	0.000008	0.000361	0.000038	0.000413	2423
78.BB_3.0MW	5139.3	248.4	0.000009	0.000007	0.000359	0.000038	0.000413	2423
79.BB_3.0MW	5139.1	248.7	0.000012	0.000018	0.000356	0.000040	0.000425	2352
80.BB_3.0MW	5138.9	249.0	0.000017	0.000045	0.000356	0.000043	0.000461	2172
81.BB_3.0MW	5138.7	249.4	0.000024	0.000106	0.000355	0.000045	0.000530	1888
82.BB_3.0MW	5138.5	249.7	0.000036	0.000253	0.000357	0.000048	0.000694	1442
83.BB_3.0MW	5139.9	246.4	0.000002	0.000230	0.000371	0.000043	0.000646	1548
84.BB_3.0MW	5139.7	246.7	0.000002	0.000041	0.000368	0.000039	0.000450	2224
85.BB_3.0MW	5139.5	247.1	0.000003	0.000015	0.000361	0.000039	0.000418	2393
86.BB_3.0MW	5139.3	247.4	0.000004	0.000006	0.000359	0.000038	0.000407	2459
87.BB_3.0MW	5139.1	247.7	0.000005	0.000006	0.000355	0.000038	0.000403	2480
88.BB_3.0MW	5138.9	248.1	0.000006	0.000014	0.000353	0.000039	0.000412	2424
89.BB_3.0MW	5138.8	248.4	0.000008	0.000038	0.000352	0.000041	0.000440	2274
90.BB_3.0MW	5138.6	248.7	0.000012	0.000097	0.000350	0.000044	0.000503	1988
91.BB_3.0MW	5138.4	249.0	0.000017	0.000233	0.000352	0.000047	0.000649	1541
92.BB_3.0MW	5138.2	249.3	0.000025	0.000240	0.000354	0.000047	0.000666	1501
93.BB_3.0MW	5139.5	246.2	0.000002	0.000105	0.000365	0.000042	0.000514	1947
94.BB_3.0MW	5139.3	246.6	0.000002	0.000046	0.000363	0.000039	0.000450	2220
95.BB_3.0MW	5139.1	246.9	0.000003	0.000017	0.000354	0.000037	0.000411	2435
96.BB_3.0MW	5138.9	247.2	0.000003	0.000017	0.000351	0.000039	0.000411	2433
97.BB_3.0MW	5138.7	247.6	0.000005	0.000018	0.000349	0.000040	0.000411	2435
98.BB_3.0MW	5138.5	247.9	0.000006	0.000019	0.000348	0.000040	0.000413	2421
99.BB_3.0MW	5138.3	248.2	0.000009	0.000041	0.000350	0.000042	0.000442	2263
100.BB_3.0MW	5138.1	248.6	0.000013	0.000100	0.000351	0.000045	0.000508	1969
101.BB_3.0MW	5137.9	249.0	0.000020	0.000231	0.000353	0.000047	0.000650	1538
102.BB_3.0MW	5139.1	246.0	0.000002	0.000230	0.000361	0.000044	0.000637	1569
103.BB_3.0MW	5138.9	246.3	0.000003	0.000099	0.000357	0.000041	0.000500	2000
104.BB_3.0MW	5138.7	246.6	0.000003	0.000070	0.000351	0.000040	0.000464	2157
105.BB_3.0MW	5138.5	247.0	0.000004	0.000069	0.000351	0.000040	0.000464	2154
106.BB_3.0MW	5138.4	247.3	0.000005	0.000070	0.000350	0.000043	0.000467	2142
107.BB_3.0MW	5138.2	247.6	0.000006	0.000070	0.000352	0.000043	0.000471	2125
108.BB_3.0MW	5138.0	247.9	0.000008	0.000070	0.000354	0.000043	0.000476	2103
109.BB_3.0MW	5137.8	248.2	0.000012	0.000093	0.000351	0.000044	0.000500	1999
110.BB_3.0MW	5137.6	248.5	0.000018	0.000226	0.000350	0.000048	0.000641	1560
HV1.BB_3.0MW	5140.6	249.3	0.000069	0.000672	0.000446	0.000074	0.001261	793
HV2.BB_3.0MW	5139.4	248.6	0.000017	0.000663	0.000417	0.000074	0.001172	853
Totaal per jaar			0.008425	0.013265	0.042687	0.004885	0.069261	14
Dit is eens in .. jaar			119	75	23	205	14	

Tabel A2-1 Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de … jaar	Aantal per jaar	Eens in de … jaar	Aantal per jaar	Eens in de … jaar
Routegebonden	0.008423	119	0.042689	23	0.051112	20
Niet-routegebonden	0.013265	75	0.004885	205	0.018150	55
Totaal	0.021688	46	0.047574	21	0.069262	14

Tabel A2-2 ***Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor Bligh Bank, 3.0MW variant (incl High Voltage Station).***

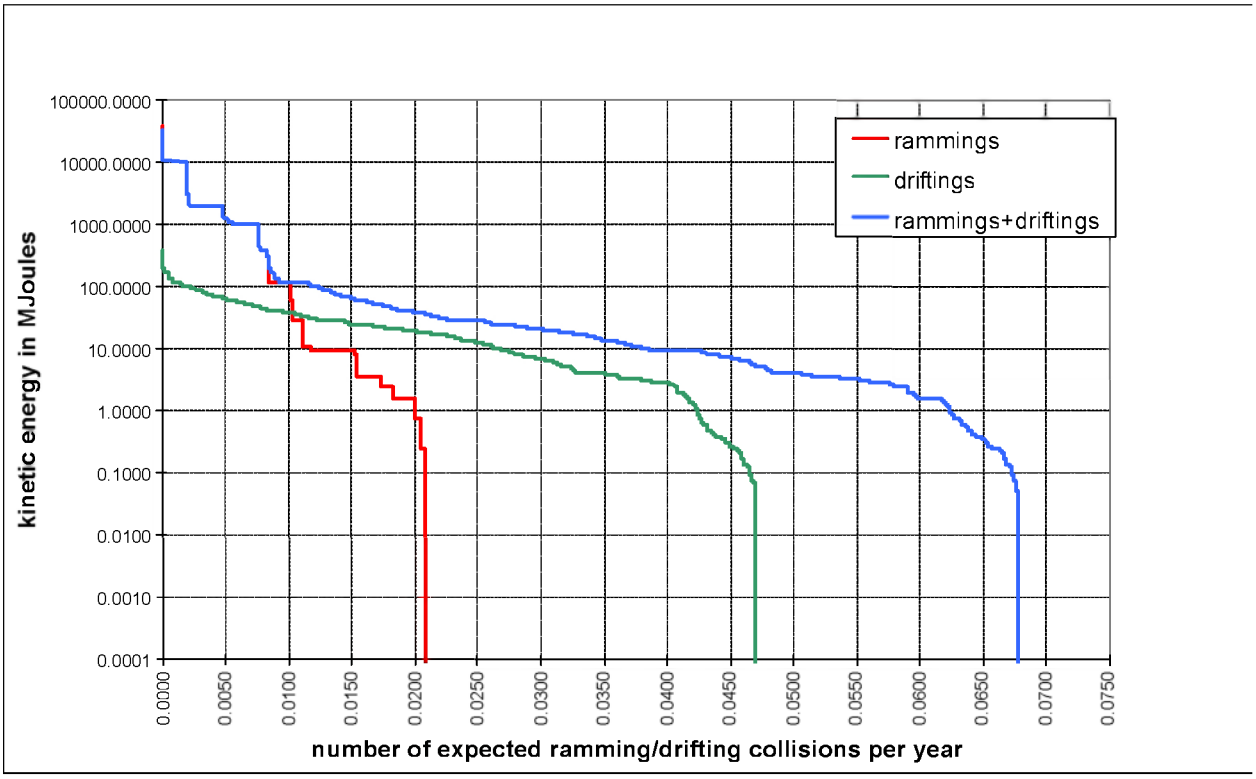
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos[5]	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000030	0.003951	0.000275	0.004256
Chemicaliën tanker	0.000054	0.005234	0.000540	0.005828
Gastanker	0.000021	0.001259	0.000186	0.001466
Container+ RoRo	0.000700	0.016461	0.006573	0.023734
Ferry	0.000001	0.000276	0.000073	0.000350
Overige R-schepen	0.000005	0.014690	0.000783	0.015478
N-schepen	0.000096	0.000055	0.017999	0.018150
Totaal	0.000906	0.041926	0.026430	0.069262

Tabel A2-3 ***Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.***

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	0.001034	0.000000	0.010255	0.002250	0.004829	0.002250	0.016117	0.018367	54
Scheef	0.000000	0.000106	0.000002	0.000129	0.016523	0.000056	0.016525	0.000290	0.016815	59
Omvallen	0.000758	0.000169	0.006855	0.001477	0.023914	0.000000	0.031527	0.001647	0.033174	30
GosMos[1]	0.000084	0.000018	0.000726	0.000078	0.000000	0.000000	0.000810	0.000096	0.000906	1104
Totaal	0.000843	0.001327	0.007583	0.011939	0.042687	0.004885	0.051112	0.018150	0.069262	14

Tabel A2-4 ***Schade aan het totale windpark.***

[5] Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A2-2 ***Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)***

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	2.4%	2.4%	0.6%	6.9%	7.5%	0.6%	9.4%	10.0%
1-3	0.0%	3.8%	3.8%	6.2%	0.1%	6.3%	6.2%	3.9%	10.1%
3-5	0.0%	2.8%	2.8%	8.2%	0.0%	8.2%	8.2%	2.8%	11.0%
5-10	0.0%	5.4%	5.4%	8.3%	0.0%	8.3%	8.3%	5.4%	13.7%
10-15	0.0%	0.8%	0.8%	5.0%	0.0%	5.0%	5.0%	0.8%	5.8%
15-50	0.0%	1.3%	1.3%	23.3%	0.0%	23.3%	23.4%	1.3%	24.6%
50-100	0.0%	0.2%	0.2%	7.3%	0.0%	7.3%	7.3%	0.2%	7.5%
100-200	0.1%	2.5%	2.5%	2.6%	0.0%	2.6%	2.6%	2.5%	5.1%
>200	12.1%	0.0%	12.1%	0.2%	0.0%	0.2%	12.3%	0.0%	12.3%
Totaal	12.2%	19.2%	31.3%	61.6%	7.1%	68.7%	73.8%	26.2%	100.0%

Tabel A2-5 ***Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.***

Uitstroom van bunkerolie in m^3	Windpark Bligh Bank; 3.0 MW variant		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
0.01-20	0.000006	156688	0.000
20-150	0.000544	1839	0.045
150-750	0.001211	826	0.479
750-3000	0.000457	2187	0.666
3000-10000	0.000021	47342	0.076
Totaal	0.002240	446	1.266

Tabel A2-6 ***Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.***

Uitstroom van ladingolie in m^3	Windpark Bligh Bank; 3.0 MW variant		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000048	20664	0.024
750-3000	0.000173	5786	0.421
3000-10000	0.000518	1932	3.131
10000-30000	0.000125	7971	1.960
30000-100000	0.000003	314285	0.100
Totaal	0.000867	1153	5.637

Tabel A2-7 ***Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.***

Windpark Bligh Bank; 3.0 MW variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m^3	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.002240	446	1.266	0.000867	1153	5.637	322

Tabel A2-8 ***Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.***

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000014
Hoog ecologisch risico	0.000002
Gemiddeld ecologische risico	0.000058
Gering ecologisch risico	0.000063
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000273
Totaal	0.000411
Eens in de … jaar	2434

Tabel A2-9 ***Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.***

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de …jaar	Directe doden		Groepsrisico
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de … jaar meer dan 10 doden
Olietanker	0.000003	0.000027	33835	0.78	0.000023	
Chemicaliën tanker	0.000006	0.000048	18544	0.92	0.000050	18544
Gastanker	0.000002	0.000018	48733	0.94	0.000019	48733
Container + RoRo	0.000073	0.000627	1429	15.92	0.011139	
Ferry	0.000000	0.000001	709220	31.97	0.000045	709220
Overige R-schepen	0.000001	0.000004	211864	0.71	0.000003	
N-schepen	0.000018	0.000078		0.00	0.000013	
Totaal	0.000102	0.000804	1104	12.47	0.011293	13183

Tabel A2-10 ***Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.***

nr	Windpark	Aantal tur-bines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
1	Bligh Bank 3.0 MW	110	330	0.006733	0.013265	0.045339	0.004885	0.070222	0.003242
2	C-power (5MW)	60	300	0.005619	0.009493	0.022679	0.003488	0.041278	0.001503
3	Eldepasco (5MW)	36	180	0.005186	0.006846	0.013588	0.001962	0.027582	0.000908

Tabel A2-11 ***Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines***

Windpark	Aantal tur-bines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Bligh Bank 3.0 MW	110	330	0.006733	0.013265	0.045339	0.004885	0.070222	0.003242
Bligh Bank + C-power	170	630	0.012352	0.022758	0.068018	0.008373	0.111500	0.004745
Bligh Bank + C-power + Eldepasco	206	810	0.017538	0.029604	0.081605	0.010335	0.139083	0.005653

Tabel A2-12 ***Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de drie windparken; andere parken ingericht met 5 MW turbines***

Windpark	Aantal tur-bines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
Bligh Bank 3.0 MW	110	330	148.5	75.4	22.1	204.7	14.2	308.5
Bligh Bank + C-power	170	630	81.0	43.9	14.7	119.4	9.0	210.7
Bligh Bank + C-power + Eldepasco	206	810	57.0	33.8	12.3	96.8	7.2	176.9

Tabel A2-13 ***Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor de drie windparken in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines***