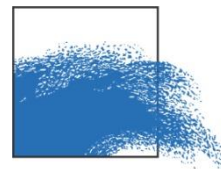


KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

OPERATIONELE DIRECTIE NATUURLIJK MILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



Milieueffectenbeoordeling van het NORTHWESTER 2 offshore windpark ten noordwesten van de Bligh Bank

November 2015



BMM

100 Gulledelle

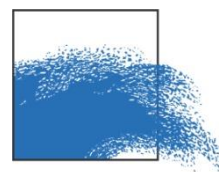
B-1200 Brussel

België

KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

OPERATIONELE DIRECTIE NATUURLIJK MILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



Milieueffectenbeoordeling van het NORTHWESTER 2 offshore windpark ten noordwesten van de Bligh Bank

Onderzoek van de aanvraag van de NV NORTHWESTER 2 voor een vergunning en machtiging voor de aanleg en de exploitatie van een windpark in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België

Deze MEB werd opgesteld door:

Bob Rumes, Mia Devolder, Robin Brabant, Ilse De Mesel, Steven Degraer, Jan Haelters, Francis Kerckhof, Alain Norro, Dries Van den Eynde, Laurence Vigin en Brigitte Lauwaert.

November 2015



BMM

100 Gulledelle

B-1200 Brussel

België

Inhoudstafel

1. INLEIDING	1
1.1 Aanvraag en procedureverloop	1
1.2 Technische beschrijving van het NORTHWESTER 2 project	4
2. STATUUT EN STRUCTUUR VAN DE AANVRAGER	13
2.1 Naam en vennootschapsvorm	13
2.2 Maatschappelijke Zetel	13
3. METHODOLOGIE	15
4. JURIDISCHE ACHTERGROND	17
4.1 Wetgeving Natuur en Marien Milieu	17
4.2 Wetgeving Energie en elektriciteit	22
4.3 Erfgoed	25
4.5 Besluit	25
5. KLIMAAT EN ATMOSFEER	27
5.1 Inleiding	27
5.2 Te verwachten effecten van het windpark	28
5.5 Besluit	30
5.6 Monitoring windpark	30
6. HYDRODYNAMICA EN SEDIMENTOLOGIE	31
6.1 Inleiding	32
6.2 Te verwachten effecten	32
6.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten	38
6.4 Besluit	38
6.5 Monitoring	40
7. GELUID EN SEISMISCH ONDERZOEK	47
7.1 Inleiding	47
7.2 Te verwachten effecten	49
7.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten	52
7.4 Besluit	53
7.5. Monitoring	55
8. RISICO EN VEILIGHEID	59
8.1 Inleiding	60

8.2 Te verwachten effecten.....	63
8.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	73
8.4 Besluit	73
8.5 Monitoring	78
9. SCHADELIJKE STOFFEN.....	79
9.1 Inleiding.....	79
9.2 Te verwachten effecten.....	79
9.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	81
9.4 Besluit	81
9.5 Monitoring	82
10. BENTHOS EN VISGEMEENSCHAPPEN.....	83
10.1 Inleiding.....	84
10.2 Te verwachten effecten.....	86
10.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	90
10.4 Besluit	91
10.5 Monitoring windpark	92
11. ZEEZOOGDIEREN.....	97
11.1 Inleiding.....	97
11.2 Te verwachten effecten.....	98
11.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	103
11.4 Besluit	105
11.5 Monitoring windpark	108
12. (ZEE)VOGELS EN VLEERMUIZEN	113
12.1 Inleiding.....	113
12.2 Te verwachten effecten.....	115
12.3. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	121
12.4. Besluit	122
12.5. Monitoring en middelen	124
13. ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN WARMTE DISSIPATIE	127
13.1 Inleiding.....	127
13.2 Te verwachten effecten van het windpark.....	128
13.3. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	131
13.4 Besluit	131
13.5 Monitoring	132

14. INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN	133
14.1 Inleiding.....	133
14.2 Te verwachten effecten.....	135
14.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	140
14.4 Besluit	140
14.5 Monitoring	141
15. ZEEZICHT	143
15.1 Inleiding.....	143
15.2 Te verwachten effecten.....	144
15.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	148
15.4 Besluit	148
15.5 Monitoring	149
16. CULTUREEL ERFGOED	151
16.1 Inleiding.....	151
16.2 Te verwachten effecten.....	151
16.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	152
16.4 Besluit	153
16.5 Monitoring windpark	154
17. MONITORING EN COÖRDINATIE	155
17.1 Algemene visie	155
17.2 Voorgesteld programma	157
17.3 Voorgestelde planning	158
17.4 Locatie van de monitoringswerkzaamheden	160
17.5 Schatting van het budget.....	160
18. BESLUIT	163
18.1 Aanvaardbaarheid windpark en kabels.....	163
18.2 Aanbevelingen.....	163
18.3 Monitoring windpark	164
19. REFERENTIES	165

Lijst van afkortingen

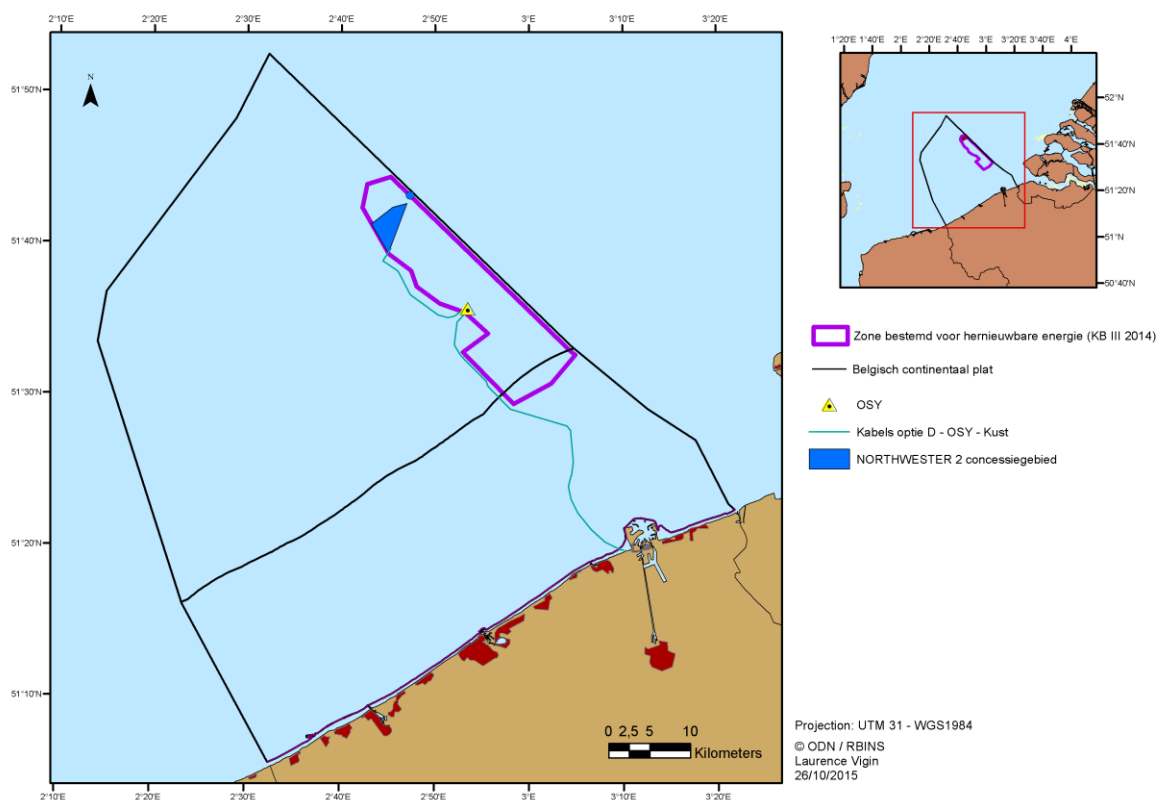
AC	Wisselstroom
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
ADD	Akoestisch alarmeringstoestel/ Acoustic Deterrent Device
AHD	Akoestisch afschrikmiddel / Acoustic Harassment Device
AIS	Automatic Identification System
BACI	Before-After-Control-Impac
BDNZ	Belgisch Deel van de Noordzee
BE	Beschrijvend Element
BMM	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee en Schelde-estuarium
BEQI	Benthic Ecosystem Quality Index
bv.	Bijvoorbeeld
CRM	collision risk model
dB	Decibel
DC	Gelijkstroom
d.m.v.	door middel van
DNA	Desoxyribonucleïnezuur
EMV	Elektromagnetische velden
ETV	Emergency Towing Vessel
EU	Europese Unie
FOD	Federale Overheidsdienst
GBF	Gravity Based Foundation
GES	Goede milieutoestand / Good Environmental Status
GOSA	Gevezelde Open Steen Asfalt
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattuur
HWS	Hoogwaterstand
HNS	Hazardous Noxious Substances
HVDC	High Voltage Direct Current
Hz	Hertz
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
ICAO	International Civil Aviation Organization
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
IR	Infrarood
ISHD	Instandhoudingsdoelstellingen
K	Kelvin
KB	Koninklijk Besluit
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
kV	Kilovolt
LCA	Life Cycle Analysis

m	Meter
m ³	Kubieke meter
MEB	Milieueffectenbeoordeling
MER	Milieueffectenrapport
MRP	Mariene Ruimtelijke Planning
MSDS	Material Safety Data Sheet
MSFD	Marine Strategy Framework Directive
MW	Mega Watt
NEC	National Emission Ceilings (nationale emissieplafonds)
nv	Naamloze vennootschap
o.a.	onder andere
OBS	Optical backscatter point sensor
OHVS	Offshore High Voltage Station
OSPAR	Verdrag inzake de bescherming van het mariene milieu van de noordoostelijke Atlantische Ocean (1992)
OSY	Offshore Switch Yard
OTS	Offshore transformatorstation
OWEZ	Windpark Egmond aan Zee
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PAM	passieve akoestische monitoring
PTS	Permanent Threshold Shift
SAC	Special Area of Conservation
SBZ-V	Speciale Beschermingszone voor vogels
SF6	Zwavelhexafluoride
SPA	Special Protection Area
SPL	Sound Pressure Level
SPM	Suspended Particulate Matter
T	Tesla
TAT	Transatlantic
t.o.v.	ten opzichte van
TTS	Temporary Threshold Shift
μPa	micropascal
VK	Verenigd Koninkrijk
WEC	Wave Energy Converter
WZW	West Zuid West
XLPE	Cross-linked polyethylene

1. Inleiding

1.1 Aanvraag en procedureverloop

De nv NORTHWESTER 2 diende op 6 juli 2015 bij de Staatssecretaris bevoegd voor de bescherming van het mariene milieu een aanvraag in tot het verkrijgen van een machtiging voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van het NORTHWESTER 2 windpark, inclusief kabels, in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. De aanvraag omvatte een milieu-effectenrapport (MER) dat simultaan werd betekend aan de Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM). De aanvraag heeft betrekking op een offshore windpark in een zone gelegen ten noordwesten van de Bligh Bank, elektriciteitskabels vertrekkende van dit offshore windpark lopende naar het geplande alpha platform van de netbeheerder ELIA ('verbindingskabels'), rechtstreeks naar land ('exportkabels') of via een tussenaansluiting op de OSY (Offshore Switch Yard) (Figuur 1.1). Krachtens de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België dienen de activiteiten waarvoor de aanvraag werd ingediend het voorwerp uit te maken van een milieu-effectenbeoordeling door de bevoegde overheid. Het huidige document geeft de resultaten weer van deze milieu-effectenbeoordeling.

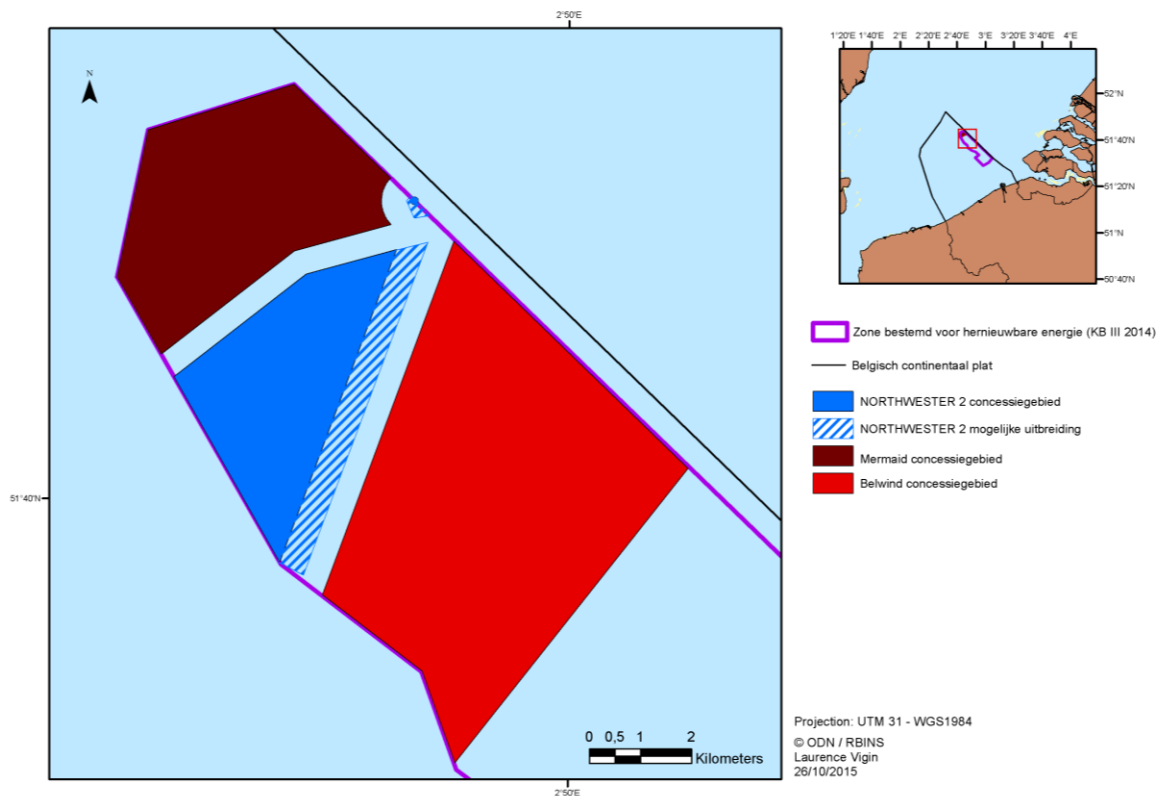


Figuur 1.1 NORTHWESTER 2 concessiegebied en tracé van de kabels binnen het Belgisch deel van de Noordzee (met aanduiding van de locatie van de OSY).

Bij ministerieel besluit van 20 juli 2012 werd aan de THV Mermaid een domeinconcessie toegekend. Deze domeinconcessie werd door middel van een gemeenschappelijk schrijven van 8 oktober 2012 gedeeltelijk overgedragen aan NV NORTHWESTER 2 (Figuur 1.2). De modaliteiten tot uitvoering

van de gedeeltelijke overdracht werden vastgesteld bij ministerieel besluit van 12 mei 2015. De aangevraagde vergunning en machtiging zijn vereist krachtens de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en zijn een voorwaarde voor de geldigheid van de domeinconcessie. De concessiezone bevindt zich ten noordwesten van de Bligh Bank en beslaat het zuidelijk deel van de oorspronkelijke domeinconcessie van Mermaid, ten zuiden van de TAT-14 telecomkabel en één locatie ten noorden van deze TAT-14 telecomkabel. De oppervlakte van het concessiegebied bedraagt 11,72 km² en kan potentieel uitgebreid worden tot 15,16 km² (Figuur 1.2).

Om een globale inschatting te maken van de milieueffecten in het oorspronkelijke gebied van de domeinconcessie werd in het MER (IMDC, 2014a) rekening gehouden met de concessiegebieden van zowel Mermaid als NORTHWESTER 2. Voor deze MEB wordt enkel rekening gehouden met de huidige aanvraag gelegen in het NORTHWESTER 2 concessiegebied, tenzij daar waar de cumulatieve effecten worden onderzocht..



Figuur 1.2 Concessiegebieden van Belwind, Mermaid en Northwest 2

Het geïnstalleerd vermogen voor het NORTHWESTER 2 windpark varieert tussen 210 MW en 296 MW. Het windpark zou een jaarlijkse opbrengst van ca. 850 tot 1.100 GWh genereren, wat overeenkomt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 243.000 tot 314.000 doorsnee gezinnen. De kortste afstand van het park tot de Belgische kust bedraagt 46 km.

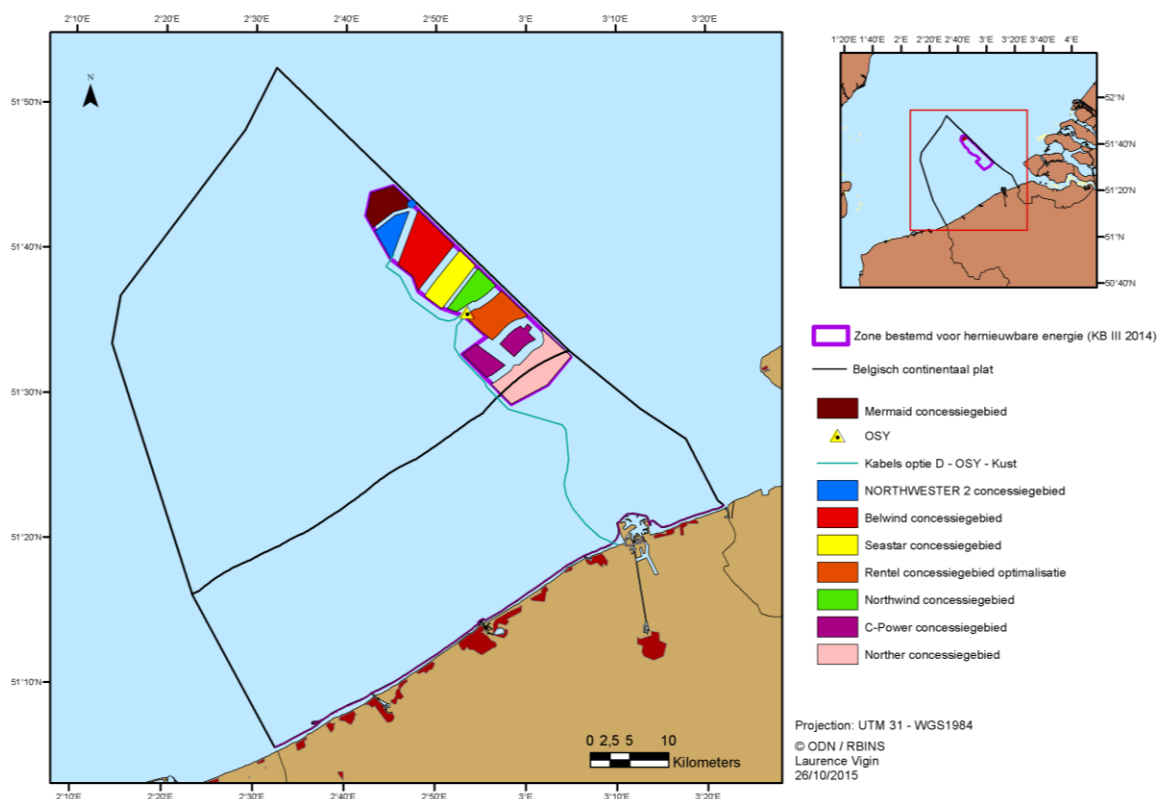
Het projectgebied ligt in de zone afgebakend voor de inplanting van offshore windmolenparken door het koninklijk besluit van 20 maart 2014 houdende vaststelling van het marien ruimtelijk plan.

Momenteel zijn er zeven gebieden waarvoor een domeinconcessie werd afgeleverd (Figuur 1.3):

1. het C-Power project op de Thorntonbank (windpark operationeel sinds 2008);
2. de Belwind concessie op de Bligh Bank die recent werd opgesplitst in het Belwind project (1 operationeel sinds 2010) en het Nobelwind project ;
3. het Northwind project op de Lodewijkbank (operationeel sinds zomer 2014);
4. het Norther project gelegen in het uiterste zuiden van de zone voor windenergie;
5. het Seastar project gelegen in de zone tussen de Lodewijkbank en de Bligh Bank;
6. het Rentel project gelegen in de zone tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank;
7. de meest noordelijke concessie die werd opgesplitst in het voorliggend Northwester 2 project en het Mermaid project.

In het MER (IMDC, 2014a) werd er verwacht dat de projecten Seastar, Rentel, Mermaid en NORTHWESTER 2 zouden aansluiten op het geplande Alpha platform van de netbeheerder ELIA, gelegen op de Lodewijkbank (Opties A en B in het MER, respectievelijk met vier tot zes verbindingskabels of één exportkabel). Voor NORTHWESTER 2 werd ook een fall-back scenario beschreven waarbij het windpark rechtstreeks met land verbonden is (Optie C in het MER) en een bijkomende optie waarbij het windpark via een tussenaansluiting op het OSY schakelstation met land verbonden is (Optie D uit het addendum).

De cumulatieve effecten van het NORTHWESTER 2 windpark en de andere, reeds vergunde, windparken worden in deze MEB, voor zover mogelijk is aan de hand van de beschikbare informatie samen geëvalueerd.



Figuur 1.3 Overzicht van de domeinconcessies voor offshore windparken in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ).

1.2 Technische beschrijving van het NORTHWESTER 2 project

1.2.1 Configuratie windpark

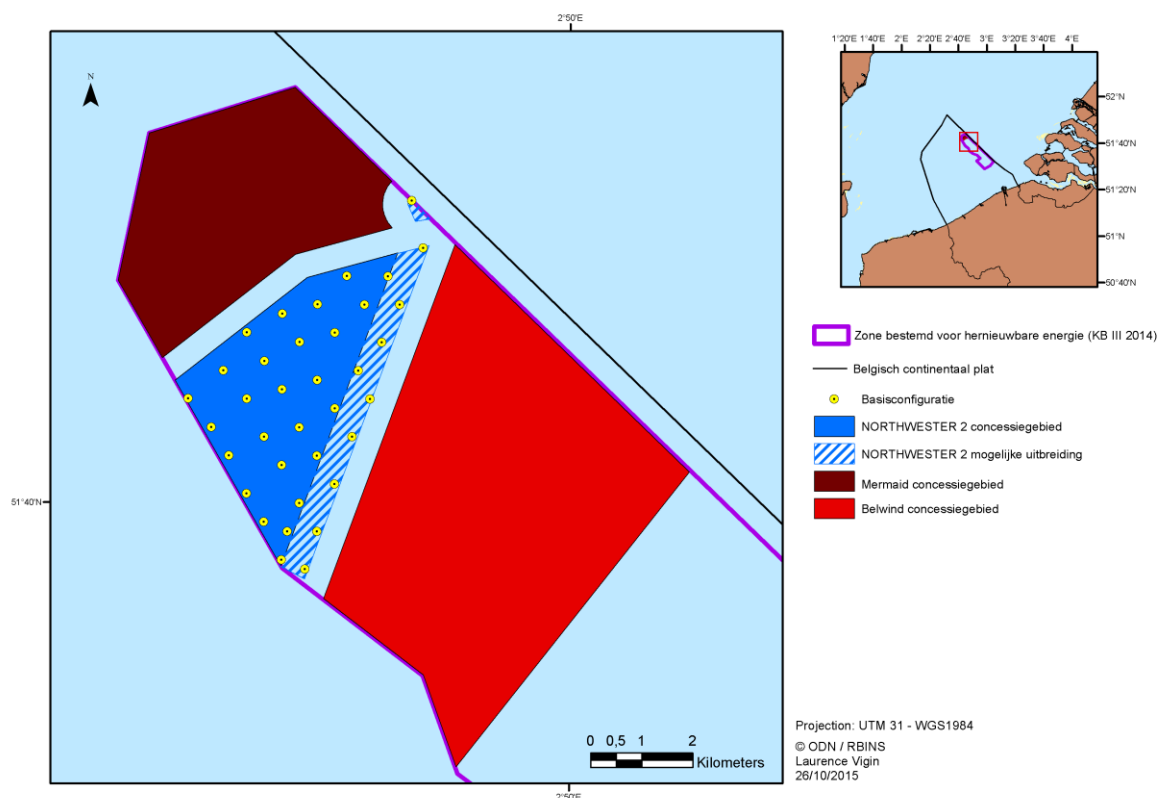
De technische gegevens van de belangrijkste onderdelen van het windpark worden gegeven in tabel 1.1. Voor het opstellen van deze MEB werd gebruik gemaakt van de gegevens uit deze tabel die werd opgesteld met alle beschikbare up-to-date informatie, zijnde: de aanvraag, het MER (IMDC, 2014a), het addendum aan deze MER (IMDC, 2015) en bijkomende informatie bekomen door rechtstreeks contact met de aanvrager.

Tabel 1.1 Overzicht technische kenmerken van het NORTHWESTER 2 windpark

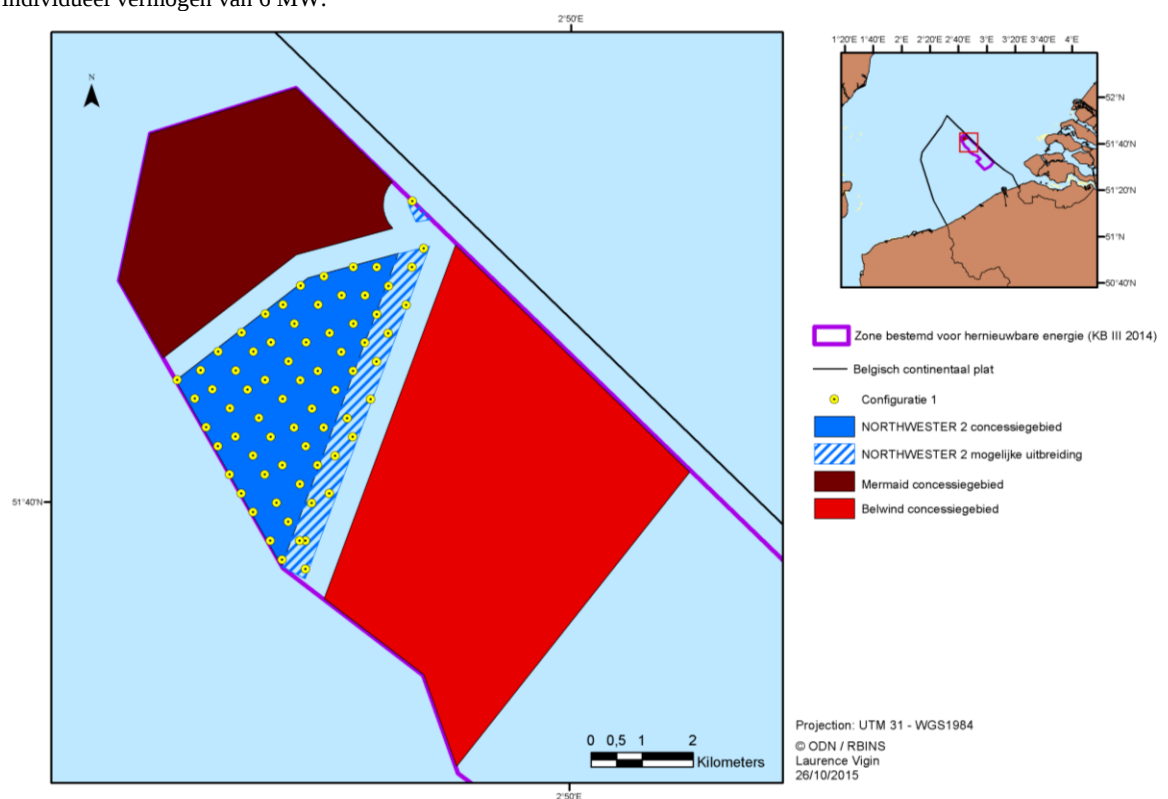
Onderwerp	Omschrijving
Locatie	
Situering	Gelegen op ca. 46 km van de kust; Gelegen ten noordwesten van de Blighbank en tussen de domeinconcessie van Belwind op de Blighbank en de domeinconcessie van Mermaid langs de grens met Nederland.
Oppervlakte concessie	Totale oppervlakte bedraagt ca. 11,72 km ² met een eventuele uitbreiding tot 15,16 km ² .
Parkinrichting	Inplanting : basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties; Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -24,2 tot -40 m TAW (in NORTHWESTER 2 is -x m TAW = -(x+0.48 m) m LAT); Te respecteren afstanden tot de Interconnector gasleiding (500 m), de TAT 14 telecommunicatiekabel (250 m) en de te respecteren bufferzone van 500 m voor naburige windparken.
Windturbines	
Inplanting	Basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties
Type-Vermogen-Rotordiameter	Ca. 3 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de verschillende omhullende scenario's wordt gewerkt met typevoorbeelden: Basisconfiguratie : 53-30 WTG's, rotordiameter 120-155 m, individueel vermogen 4-7 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 212-210 MW. Typevoorbeeld Alstom Haliade 6 MW, 35 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 210 MW; Configuratie 1 : 70-56 WTG's, rotordiameter 110-130 m, individueel vermogen 3-5 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 210-280 MW. Typevoorbeeld Vestas V112 MW, 70 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 231 MW; Configuratie 2 : 59-37 WTG's, rotordiameter 150-180 m, individueel vermogen 5-8 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 295-296 MW. Typevoorbeeld Vestas V164 8 MW, 37 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 296 MW; Configuratie 3 : 27-22 WTG's, rotordiameter 165-190 m, individueel vermogen 8-10 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 216-220 MW. Typevoorbeeld SeaTitan 10 MW, 22 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 220 MW.
Aantal	Basisconfiguratie: 35 turbines; Configuratie 1: 70 turbines; Configuratie 2: 37 turbines; Configuratie 3: 22 turbines.
Productie	Ca. 850 tot 1.100 GWh/jaar

Fundering windturbines	
Ofwel monopiles	De monopile is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt, of via de suction bucket techniek geplaatst wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht, die zowel statisch als dynamisch kan zijn. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1.
Ofwel jacket	De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten. De palen worden ofwel geheid ofwel via de suction bucket techniek aangebracht. Er wordt in het MER uitgegaan van een worst-case scenario waarbij voor alle funderingen een dynamische erosiebescherming wordt aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3.
Ofwel gravitaire fundering	Een gravitaire fundering bestaat uit een holle betonnen kegel, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem. Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 2 en 3.
Windmeetmast	
Aantal	Mogelijk geïntegreerde meteomast voorzien op het OHVS.
Fundering hoogspanningsstations	
Type	Gelijkaardig aan de fundering van de turbines.

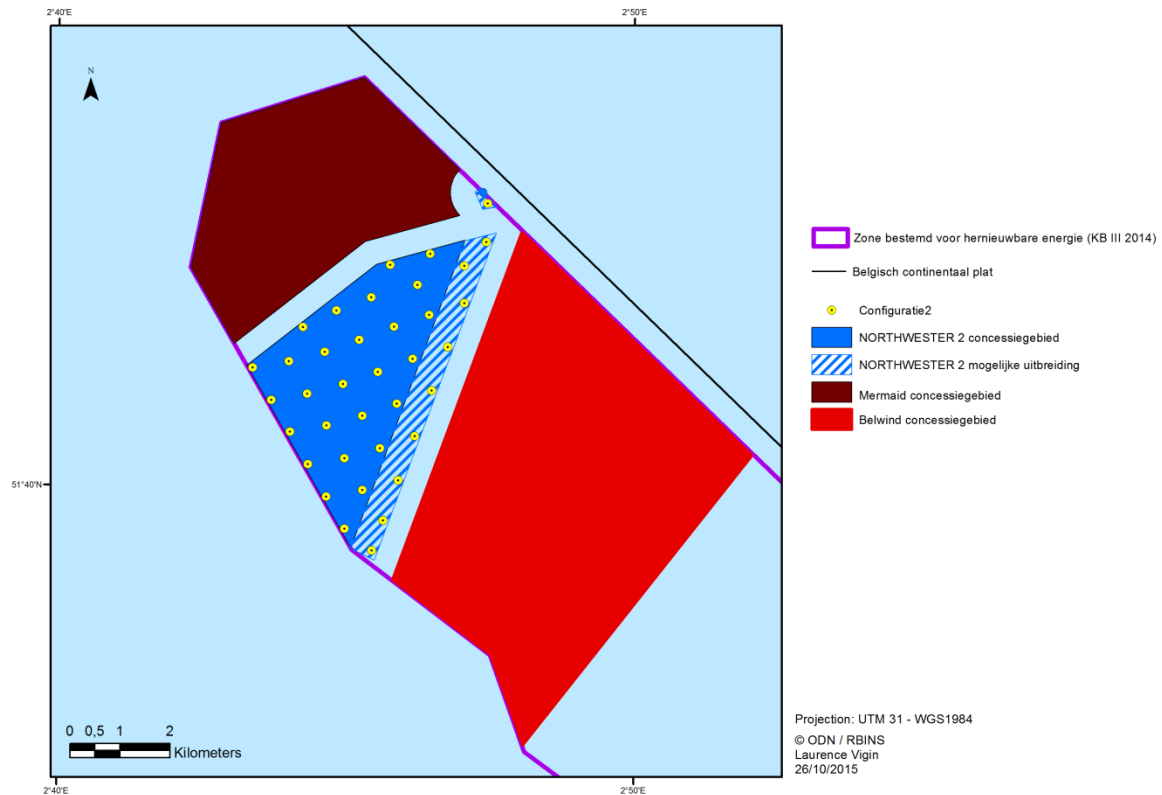
In het MER werd de milieu-impact van een type fundering besproken voor de situatie waarbij alle turbines binnen de configuratie met dezelfde fundering worden uitgevoerd. In werkelijkheid voorziet de aanvrager dat - in functie van lokale bodemgesteldheid, windpotentieel of inpassing binnen de elektrische kabelinfrastructuur - ook een combinatie van funderingstechnieken mogelijk blijft binnen het windpark. Een overzicht van de voorgestelde configuraties wordt gegeven in Figuur 1.4. t.e.m. 1.7.



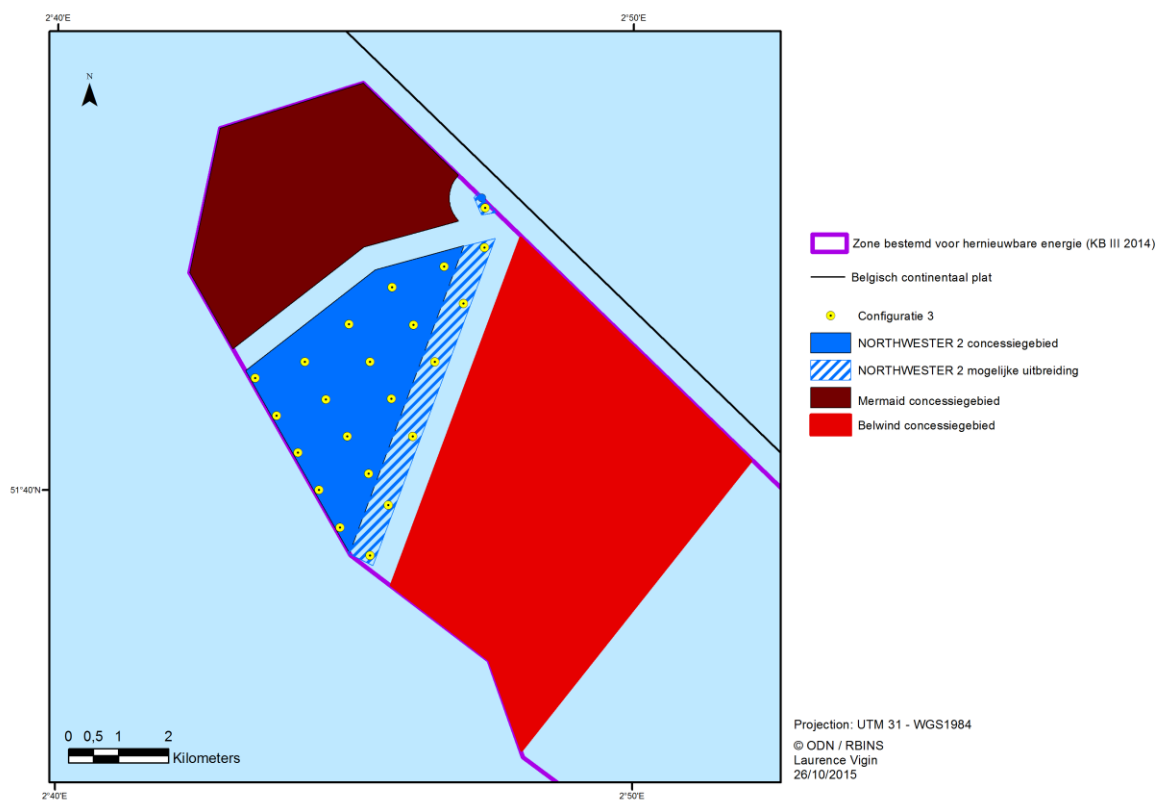
Figuur 1.4. Schematisch overzicht van de basisconfiguratie – Typevoorbeeld Alstom Haliade: 35 windturbines met een individueel vermogen van 6 MW.



Figuur 1.5. Schematisch overzicht van configuratie 1 – Typevoorbeeld Vestas V112: 70 windturbines met een individueel vermogen van 3.3 MW.



Figuur 1.6. Schematisch overzicht van configuratie 2 - Typevoorbeeld Vestas V164 : 37 windturbines met een individueelvermogen van 8 MW.



Figuur 1.7. Schematisch overzicht van configuratie 3 – Typevoorbeeld Sea Titan: 22 windturbines met een individueel vermogen van 10 MW.

1.2.2 Configuratie kabels windpark

1.2.2.1 Bekabeling in het park (parkkabels, infield cables)

De windturbines worden in lijnstrengen (4 of 8 strings) met elkaar verbonden en aangesloten op een OHVS binnen het concessiegebied of rechtstreeks op het offshore aansluitingspunt buiten het concessiegebied. Per lijn wordt een 33 of 66 kV parkkabel voorzien om de aansluiting met het transformatorstation te realiseren. De totale lengte van de parkkabels bedraagt maximaal 39 km voor 33kV parkkabels (37 km bij 66 kV parkkabels) bij de configuratie met het grootste aantal turbines.

Bij de bekabeling zal de inerte kunststof XLPE (cross linked polyethyleen) aangewend worden. De telecommunicatiekabels, voor onder andere de afstandbediening en –bewaking van het windpark, worden in de zogenaamde ‘holle ruimtes’ van deze energiekabels geïntegreerd.

1.2.2.2 Aansluiting naar land of offshore netaansluiting

Voor de aansluiting van het windpark op het transmissienet worden 4 opties overwogen, namelijk 2 opties voor de aansluiting op het offshore aansluitingspunt van ELIA, één fall-back scenario met een eigen exportkabel naar de kust en een gecombineerde optie.

Optie A : Bekabeling tussen de turbines en het offshore aansluitingspunt buiten het concessiegebied (verbindingskabels)

De windturbines worden in groepen (4 x 66 kV of 8 x 33 kV strings) van telkens ca. 60 of 30 MW verbonden op respectievelijk een 66 of 33 kV parkkabel. Deze parkkabels worden via 4 parallelle verbindingskabels van 66 kV rechtstreeks aangesloten op het offshore netaansluitingspunt van ELIA buiten het concessiegebied. Deze verbindingskabels worden via een hoogspanningspost aangesloten op een transformator op het offshore aansluitingspunt.

Optie B : Bekabeling tussen de turbines en een OHVS binnen het concessiegebied en het offshore aansluitingspunt buiten het concessiegebied (verbindingskabels)

In deze optie worden de parkkabels eerst aangesloten op een OHVS in de eigen concessie en door middel van één of twee verbindingskabels aangesloten op het offshore netaansluitingspunt van ELIA dat buiten het concessiegebied gelegen is. De verbindingskabels zijn in deze optie ongeveer 12-15 km lang.

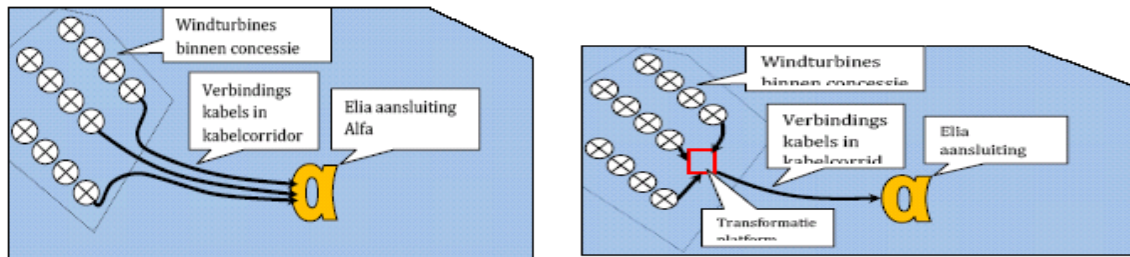
Optie C : Fall-back scenario met bekabeling tussen OHVS en land (exportkabels)

In dit scenario is de aansluiting op een OHVS binnen het eigen concessiegebied voorzien, waarna het OHVS rechtstreeks met land verbonden wordt door middel van één of twee exportkabels op 150-220 kV.

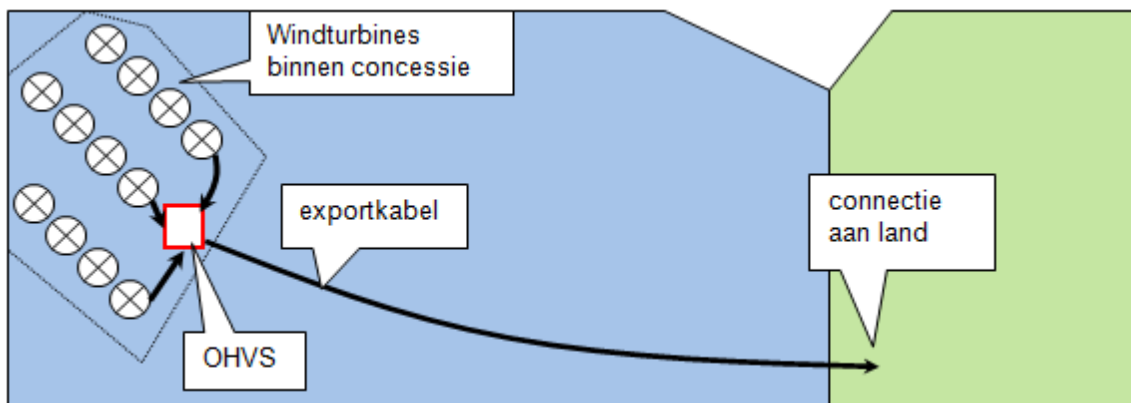
Bij deze aansluiting volgt de elektrische bekabeling vanuit het offshore transformatieplatform binnen de concessie, de kabelcorridor tot aan Alpha, zoals hierboven reeds beschreven. Verder lopen, bij

ontstentenis van dit offshore transformatorstation Alpha, de export kabels rechtstreeks door naar de aanlandingslocatie in Zeebrugge, voor aansluiting op het onshore Stevin station. Het tracé dat hierbij wordt gevolgd valt nagenoeg samen met de kabelcorridor zoals voorzien binnen het BOG project.

Een schematisch overzicht van de mogelijke kabelconfiguraties in respectievelijk opties A, B en C wordt gegeven in figuur 1.8 en 1.9:



Figuur 1.8. Kabelverbinding per cluster naar Alpha locatie – optie A (links) en kabelverbindingen via OHVS naar Alpha locatie – optie B (rechts) (IMDC, 2014a)



Figuur 1.9. Alternatief met rechtstreekse aansluiting via een exportkabel van het windpark naar de kust – optie C (IMDC, 2014a)

Optie D : combinatie van opties B en C (verbindingskabels, exportkabels)

Ook in deze optie wordt een eigen OHVS voorzien wordt dat door middel van een verbindingskabel aangesloten wordt op de OSY (Offshore Switch Yard) van waaruit één 220 kV exportkabel vertrekt naar het aansluitingspunt op het elektriciteitsnet op land. De OSY zou gelegen zijn in het westen van het Rentel concessiegebied (zie ook Figuur 1.1).

Teneinde maximaal te voldoen aan de wettelijke voorgeschreven veiligheidsafstanden voor elektriciteitskabels (KB kabels 12/03/2012) enerzijds en maximaal de nabijgelegen zandwinningszone 1A en het referentiegebied voor monitoring te vrijwaren anderzijds is het BOG-tracé ter hoogte van de westelijke passage langsheen de C-Power en Norther-concessie lichtjes gewijzigd. De kabelcorridor (voorzien voor 3 exportkabels op onderlinge tussenafstand van 100 m met een extra bufferstrook van 25 m aan weerszijden) ligt parallel op 250 m van de westelijke rand van de afgebakende zone voor windparken. Deze lokale aanpassing in het kabeltrace zorgt ervoor dat

- De minimale veiligheidsafstand van 250 m rond een actieve elektriciteitskabel wordt gevrijwaard.

- Het voorgestelde kabeltracé vanaf de Alpha-locatie naar de kust volledig binnen de zone afgebakend binnen het MRP (KB van 20-03-2014 – Afd.7 Art.8 §7) als bestemd voor het leggen en exploiteren van pijpleidingen en kabels ligt
- De betreffende elektrische kabels zo dicht mogelijk tegen de rand van het overlappende zandwinningsgebied 1A (MRP KB van 20-03-2014 – Afd.6 Art.11 §1) en het referentiegebied voor monitoring van impact op het milieu van zandwinning en windparken (MRP KB van 20-03-2014 – Afd.6 Art.11 §3) ligt.
- De elektrische exportkabels ruim voldoende ver van het militaire oefengebied “Explosiezone voor oorlogsmunitie” liggen.

Optie D is ook degene die werd weerhouden in de Masterplannen Aanlanding (ondertekend) en Kabels (in voorbereiding) gezamenlijk opgesteld door de vergunninghouders van Norther, Rentel, Seastar, Mermaid en NORTHWESTER 2.

Tabel 1.2 Samenvattend overzicht technische kenmerken van de elektrische infrastructuur van het NORTHWESTER 2 project. (IMDC, 2014a)

Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windpark en verbindingskabels naar offshore netaansluiting	De windturbines worden in groepen (4 x 66kV of 8 x 33kV) van telkens ca. 60 MW of 30 MW verbonden op resp. een 66 of 33 kV parkkabel en aangesloten op een OHVS of rechtstreeks op het offshore netaansluitingspunt van ELIA buiten het concessiegebied via 4 verbindingskabels van 66 kV (optie A); Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS)	Aantal: maximum 1 (optie B en C), afhankelijk van de parkkabelconfiguratie bekabeling en de externe aansluiting op het nabijgelegen offshore netaansluitingspunt; Step-up transformatoren 33 of 66 kV → 150 of 220 kV
Kabels vanaf OHVS naar land of naar offshore netaansluiting	Optie B, C en D : 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV kabel; afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen 1 of 2 x 150 kV of 1 of 2 x 220 kV. Bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid (departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven- en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties; Aansluitingspunt optie B : het offshore netaansluitingspunt van Elia (BOG) ter hoogte van de Lodewijkbank (concessiegebied bij Rentel of Seastar) Aansluitingspunt optie C : aan de kust in hoogspanningsstation hoogspanningsstation STEVIN in Zeebrugge. Het hier gedefinieerde kabeltracé valt hierbij volledig binnen de afspraken die werden vastgelegd in het MOU Masterplan.
Exploitatie	
Besturing en bewaking windpark	SCADA-systeem vanuit een controlekamer op het land
Frequentie gepland onderhoud	Alle werkbare dagen (golfhoogte onder 1,5 m)
Logistiek – toegang naar windpark	Toegang met behulp van onderhoudsschepen of helikopters

Kruisingen met telecommunicatiekabels en gaspijpleidingen

Binnen het concessiegebied wordt bij het aanleggen van de parkkabels de TAT 14(I) telecommunicatiekabel 1 keer gekruist.

Buiten de domeinconcessie worden verschillende telecommunicatiekabels en pijpleidingen gekruist afhankelijk van de gekozen optie.

Opties A en B

De verbindingkabels lopen principieel in een kabelcorridor van 300 m breed (maximaal 4 x 50 m tussenafstand en buffer aan buitenzijde 2 x 25 m) tussen de grens van het concessiegebied naar het nabijgelegen netaansluitingspunt.

Bij de hier vooropgestelde Alpha-locatie op de nabijgelegen Lodewijkbank wordt achtereenvolgens een kruising met de Interconnector en Franpipe-gasleidingen, de niet-operationele Rioja 3 telecommunicatiekabel en tenslotte de operationele SEA-ME WE3 SEG10.4 telecommunicatiekabel voorzien.

De kruising met zowel de Interconnector als de Norfra/Franpipe aardgasleiding is – in nauw overleg met de betrokken eigenaar – maximaal loodrecht op de lokale gasleiding voorzien in een kabelcorridor van 300 m breed waarin 1-6 verbindingkabels maximaal gebundeld worden (tussenafstand = 50 m).

Ook de respectievelijk kruisingen met de actieve telecommunicatiekabels TAT14 en SEAMEWE3 SEG10.4 wordt maximaal loodrecht op de bestaande ligging ingetekend in een kabelcorridor van 300 m breed waarin 1-6 verbindingkabels maximaal gebundeld worden (tussenafstand = 50 m).

Optie C

De exportkabels kruisen achtereenvolgens de Interconnector en Franpipe-gasleidingen, de niet-operationele Rioja 3 telecommunicatiekabel, de operationele SEA-ME WE3 SEG10.4 telecommunicatiekabel, de Concerto 1 South telecommunicatiekabel, de niet-actieve Rembrandt 2 telecommunicatie kabel en de exportkabels van C-Power

Optie D

Vanaf het OHVS tot aan de OSY worden achtereenvolgens volgende pijpleidingen en telecommunicatiekabels gekruist :

- Interconnector (pijpleiding)
- Franpipe (pijpleiding)
- Rioja 3 (inactieve telecommunicatiekabel)
- SEA-ME-WE3 SEG 10.4 (actieve telecommunicatiekabel)
- Interconnector (pijpleiding)

Van het OSY tot aan de kust komen volgende kruisingen achtereenvolgens voor :

- Interconnector (pijpleiding)
- Concerto 1 South (actieve telecommunicatiekabel)
- Rembrandt 2 (inactieve telecommunicatiekabel)
- C-Power A en B (exportkabels)

Samengevat kunnen volgende kruisingen geïdentificeerd worden in het actueel voorliggende

NORTHWESTER 2 project, waarbij de Alpha-locatie is voorzien op de nabijgelegen Lodewijk Bank:

Tabel 1.3.. Overzicht van de verschillende kruisingen bij het NORTHWESTER 2 project.

	NORTHWESTER 2 parkkabels	Verbindingsbekabeling - kruising
TAT14-telecomkabel	2 x 250 m veiligheidsafstand	nvt
UK-Netherlands 11 telecomkabel	2 x 50 m veiligheidsafstand OF lokaal weghalen	nvt
Interconnector	Veiligheidsafstand 2 x 500 m	Kruising + Veiligheidsafstand 2x 500 m
Franpipe/Norfra	nvt	Kruising
Concerto 1 South	nvt	Kruising
Rembrandt 2	nvt	Kruising
C-Power A en B	nvt	Kruising + Veiligheidsafstand 2 x 50 m
SEA-ME-WE3 SEG 10.4	nvt	Kruising

2. Statuut en structuur van de aanvrager

2.1 Naam en vennootschapsvorm

De aanvrager is de naamloze vennootschap NORTHWESTER 2.

NV NORTHWESTER 2 werd opgericht naar Belgisch recht.

De aandeelhouders zijn TTR Energy NV, InControl NV, Wagram Invest NV en Etn. Frz. Colruyt NV.

- De Naamloze Vennootschap TTR Energy, met zetel te 1180 Ukkel, Alsebergsesteenweg 993
- De Naamloze Vennootschap InControl, met zetel te Luxemburg, 5365 Munsbach, Rue Gabriel Lippman 9
- De Naamloze Vennootschap Wagram Invest, met zetel te 1310 La Hulpe, Avenue du Parc 61
- De Naamloze Vennootschap Etn. Frz. Colruyt, met zetel te 1500 Halle, Edingensesteenweg 196

2.2 Maatschappelijke Zetel

De maatschappelijke zetel van de vennootschap bevindt zich te 4400 Flémalle, Rue de l'Expansion 3.

3. Methodologie

Na ontvangst van het milieueffectenrapport van het project onderzoeken de verschillende experts van de BMM en de Operationele Directie Natuurlijk Milieu de onderwerpen met betrekking tot hun expertise. Hierbij wordt gelet op de vermelde gegevens en referenties. Indien nodig worden bijkomende gegevens gevraagd, worden bijkomende studies uitgevoerd en wordt bijkomende literatuur geconsulteerd om alle relevante aspecten van de verwachte milieu-impact te onderzoeken en evalueren. Voor de disciplines die dit vereisen, worden modellen gebruikt om bepaalde voorspellingen te kunnen doen.

Al deze informatie wordt door de experts verwerkt om tot een gefundeerde beoordeling te komen van het project voor wat betreft zijn discipline. De beoordeling houdt ook rekening met het cumulatief aanwezig zijn van andere activiteiten in de zone.

Op basis van zijn beoordeling bepaalt de expert of het project aanvaardbaar is voor zijn discipline. Zo niet meldt hij de eventuele milderende maatregelen of compensaties in milieuvoordelen die kunnen genomen worden om de activiteit aanvaardbaar te maken. Indien besloten wordt dat de activiteit aanvaardbaar is, gaat de expert na of er aanbevelingen kunnen gedaan worden of bepaalde voorwaarden dienen opgelegd te worden voor het uitvoeren van de activiteit. De expert stelt indien nodig ook het monitoringsplan op voor de discipline van zijn expertise.

Op basis van de beoordelingen van alle experts wordt een algemeen besluit genomen over de aanvaardbaarheid van het project in zijn geheel (over alle disciplines). Eventuele mitigerende maatregelen worden voorgesteld. De aanbevelingen en voorstellen voor voorwaarden waaraan moet voldaan worden door de vergunninghouder, het cumulatieve aspect en de monitoring worden eveneens voor het geheel van het project onderzocht. De voorwaarden en aanbevelingen worden per discipline voorgesteld in de desbetreffende hoofdstukken. Indien bij de monitoring van de activiteit een significant negatieve impact vastgesteld wordt op het mariene milieu, kunnen bijkomende mitigerende maatregelen gesteld worden door de Minister.

De milieueffectenbeoordeling wordt als document bij het advies gevoegd dat de BMM aan de Minister bevoegd voor het mariene milieu verstrekt. De Minister zal, mede op basis van dit advies, de vergunning al dan niet toekennen.

Voor het goede verloop van de activiteiten en om de hoogst mogelijke graad van milieubescherming te verzekeren, is het van belang dat al de windparken in de bij KB van 28 maart 2014 tot vaststelling van het Marien Ruimtelijk Plan afgebakende zone onderworpen worden aan dezelfde regels. In het bijzonder is het van belang dat de monitoring van het milieu en de controle van de activiteit gecoördineerd en optimaal kunnen gebeuren. Hiertoe dienen, *mutatis mutandis*, de algemene, niet project- of sitespecifieke bepalingen van de machtigingen en vergunningen dezelfde te zijn voor alle parken. Bijgevolg is de BMM van oordeel dat de algemene bepalingen van de vergunningen van C-Power, Belwind, Northwind, Norther, Rentel, Seastar en Mermaid de artikelen van de besluiten en de niet-specifieke gebruiksvoorwaarden - opgenomen moeten worden, in voorkomend geval, in de aan NORTHWESTER 2 te verlenen machtiging/vergunning.

De uitgevoerde milieueffectenbeoordeling focust op de voorziene activiteit in het betrokken concessiegebied en langsheen de voorgestelde kabeltrajecten en op de meest recente elementen in kennis over de effecten op het milieu in de verschillende disciplines. De in het verleden gemaakte beoordelingen, voorwaarden, aanbevelingen en monitoringsprogramma's worden getoetst aan de

nieuwe beschikbare informatie en waar nodig geactualiseerd. Er wordt tevens rekening gehouden met mogelijke cumulatieve effecten.

Eventuele standpunten, opmerkingen en bezwaren ontvangen tijdens de consultatieprocedure worden in een apart document besproken. Indien relevant worden ze meegenomen in deze milieueffectenbeoordeling.

4. Juridische achtergrond

Voor een volledig overzicht van de van toepassing zijnde nationale en internationale wetgeving wordt verwezen naar het MER (IMDC, 2014a), aangevuld met het addendum van 22 juni 2015 (IMDC, 2015). Enkel de recentste nationale en internationale wetgeving en deze die van specifiek belang is voor deze MEB wordt hier ter verduidelijking meegegeven.

4.1 Wetgeving Natuur en Marien Milieu

4.1.1 Wet ter bescherming van het mariene milieu (MMM wet)

De wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België (hierna “MMM wet”) stelt dat bepaalde activiteiten aan een door de Minister afgeleverde vergunning onderworpen worden. Aan deze vergunningsplichtige activiteiten wordt tevens een verplichting tot milieueffectenbeoordeling gekoppeld. Deze wet werd gewijzigd door de wet van 17 september 2005, de wet van 21 april 2007 en de wet van 20 juli 2012.

Artikel 4 van deze wet zegt dat de gebruikers van de zeegebieden en de overheid bij het uitvoeren van hun activiteiten in de zeegebieden rekening zullen houden met het beginsel van preventief handelen, het voorzorgsbeginsel, het beginsel van duurzaam beheer, het beginsel dat de vervuiler betaalt en het herstelbeginsel.

- **Het beginsel van preventief handelen** impliceert dat moet worden opgetreden om milieuschade te voorkomen, veeleer dan de schade achteraf te moeten herstellen.
- **Het voorzorgsbeginsel** betekent dat preventieve maatregelen moeten worden getroffen, indien er redelijke gronden tot bezorgdheid bestaan voor verontreiniging van de zeegebieden, zelfs in de gevallen dat er geen overtuigend bewijs is van een oorzakelijk verband tussen het inbrengen van stoffen, energie en materialen in de zeegebieden en de schadelijke gevolgen.
- **Het beginsel van duurzaam beheer** in de zeegebieden impliceert dat de natuurlijke rijkdommen in voldoende mate beschikbaar worden gehouden voor toekomstige generaties en dat de effecten van het menselijk handelen de draagkracht van het milieu in de zeegebieden niet overschrijdt. Hiertoe zullen de ecosystemen en de ecologische processen noodzakelijk voor het goed functioneren van het mariene milieu worden beschermd, de biologische diversiteit ervan worden behouden en het natuurbehoud worden gestimuleerd.
- **Het beginsel dat de vervuiler betaalt** betekent dat de kosten voor maatregelen ter voorkoming, vermindering en bestrijding van verontreiniging en voor het herstellen van schade voor rekening zijn van de vervuiler.
- **Het herstelbeginsel** impliceert dat bij schade of milieuverstoring in de zeegebieden het mariene milieu in de mate van het mogelijke wordt hersteld in zijn oorspronkelijke toestand.

De uitvoeringsbesluiten van de MMM wet worden uitgewerkt in het KB van 7 september 2003 houdende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en het KB van 9 september 2003 met betrekking tot de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België beide gewijzigd bij KB van 26 december 2013.

4.1.2 Kaderrichtlijn mariene strategie (Marine Strategy Framework Directive)

De Kaderrichtlijn mariene strategie (MSFD) bepaalt het kader waarin EU lidstaten de nodige maatregelen moeten nemen om een goede milieutoestand (GES) te houden of te bereiken tegen ten laatste 2020. De richtlijn reikt de lidstaten een reeks milieukennissen en antropogene drukken aan die objectief gemeten moeten worden. Dankzij die metingen kunnen er ‘kwaliteitsindicatoren’ voor het ecosysteem uitgewerkt worden. Die indicatoren zijn gebaseerd op een aantal parameters. Voor elke parameter bepalen de lidstaten streefwaarden die door de Europese Commissie worden goedgekeurd. Deze kaderrichtlijn werd omgezet in de Belgische wetgeving met het KB van 23 juni 2010 betreffende de mariene strategie voor de Belgische zeegebieden (BS van 13/07/2010). De richtlijn deelt het ecosysteem op in elf ‘beschrijvende elementen’ die onderling samenhangen. Voor elk van deze beschrijvende elementen (BE) werden specifieke doelstellingen voor een goede milieutoestand vastgelegd. Om de doelstelling te halen, werden evaluatiecriteria en bijhorende indicatoren vastgelegd (Belgische staat, 2012). Wanneer al deze doelstellingen worden gehaald, moet dat ervoor zorgen dat het hele ecosysteem optimaal functioneert.

Voor dit dossier zijn vooral de ‘beschrijvende elementen’ BE1, BE2, BE4, BE6, BE7, BE8 en BE11 met hun evaluatiecriteria van toepassing (de indicatoren kunnen teruggevonden worden in Belgische staat, 2012):

BE1: De biologische diversiteit wordt behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.

BE2: Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.

BE4: Alle elementen van de mariene voedselketens, voor zover deze bekend zijn, komen voor in normale dichtheden en diversiteit en op niveaus die de dichtheid van de soorten op lange termijn en het behoud van hun volledige voortplantingsvermogen garanderen.

BE6: Integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast.

BE7: Permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen berokkent de mariene ecosystemen geen schade.

BE8: Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden.

BE11: De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent.

Tegen juli 2012 werd van de lidstaten verwacht dat ze een beschrijving en beoordeling maakten van de huidige milieutoestand, met inbegrip van de milieu impact van menselijke activiteiten en een socio-economische analyse. Bovendien dienden zij ook de GES te bepalen die ze willen verwezenlijken en milieudoelen met de bijhorende indicatoren vast te leggen. Voor België wordt dit beschreven in Belgische Staat (2012). Het monitoringsprogramma dient voor de voortgaande beoordeling van de milieutoestand van de Belgische mariene wateren op basis van de in bijlage III van de richtlijn opgenomen indicatieve lijst van elementen en op basis van de in bijlage V opgenomen lijst, en in het licht van de in artikel 10 vastgestelde milieudoelen. Het Belgische monitoringsprogramma werd op 26 september 2014 aan de Europese Commissie bezorgd en is vanaf 1 januari 2015 operationeel.

4.1.3 Habitat- en Vogelrichtlijngebieden in België, Nederland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk

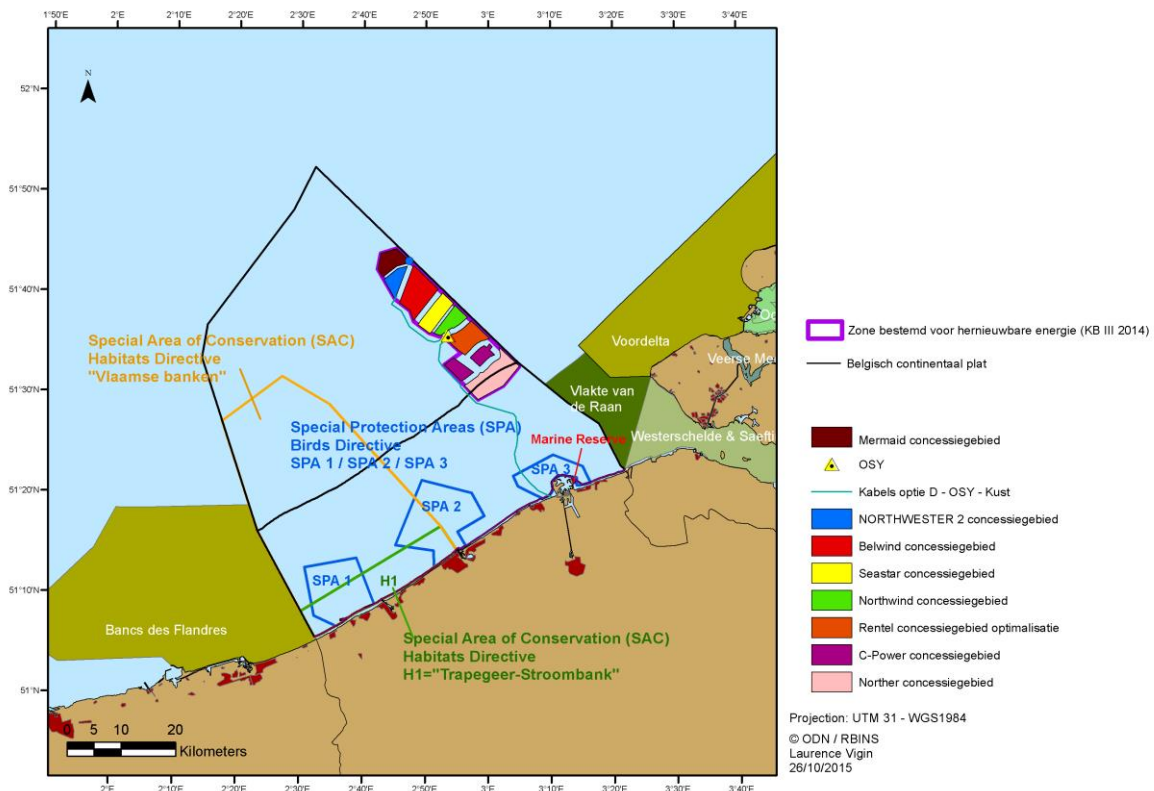
België

België voerde de Vogel- en Habitatrichtlijnen uit met het instellen van verschillende KB's. Een overzicht van deze KB's wordt beschreven in het MER. Als leidraad voor deze MEB wordt hierna een overzicht van de verschillende ingestelde zones gegeven.

- 3 zones aangeduid als speciale beschermingszones (KB van 14 oktober 2005):
 - **SPA1**: een zone rond de haven van Nieuwpoort;
 - **SPA2**: een zone rond de haven van Oostende;
 - **SPA3**: een zone rond de haven van Zeebrugge
- 1 zone aangeduid als speciale zone voor natuurbehoud (SBZ-H):
 - **SAC H1**: een zone genaamd "Trapegeer Stroombank", zich uitstreckende van Oostende tot de grens met Frankrijk, van de laagwaterlijn tot drie mijl in zee (H1) werd bij KB van 14 oktober 2005 tot instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, ingesteld. Het KB van 16 oktober 2012 wijzigt dit KB en officialiseert de uitbreiding van het Trapegeer-Stroombank habitatgebied tot "de Vlaamse Banken". Het is een 1099,39 km² groot habitatrichtlijngebied en bevindt zich in het zuidwestelijke deel van de Belgische Noordzee. Het grenst aan het Franse vogel- en habitatrichtlijngebied "Bancs de Flandres" en strekt zich uit tot ongeveer 45 km in zee. Het omvat dus zowel een deel van de territoriale wateren als een deel van de EEZ. Het voormalige habitatrichtlijngebied "Trapegeer-Stroombank" maakt hier dus nu deel van uit.
 - voor de zone genaamd "Vlakte van de Raan", op en rond de gelijknamige zandbank werd bij arrest nr. 179.254 van 1 februari 2008 door de Raad van State het artikel 8, 2°, van het KB van 14 oktober 2005, vernietigd (BS 25/04/2008). Het artikel 8, 2°, heeft betrekking op de aanduiding van de locatie van de Vlakte van de Raan". Bijgevolg is de Vlakte van de Raan niet meer aangeduid als SBZ-H.
- 1 gericht marien reservaat aangeduid, met name een zone aansluitend aan het Vlaamse natuurreservaat "Baai van Heist" (KB van 5 maart 2006).

Een overzicht van deze zones wordt weergegeven in Figuur 4.1.

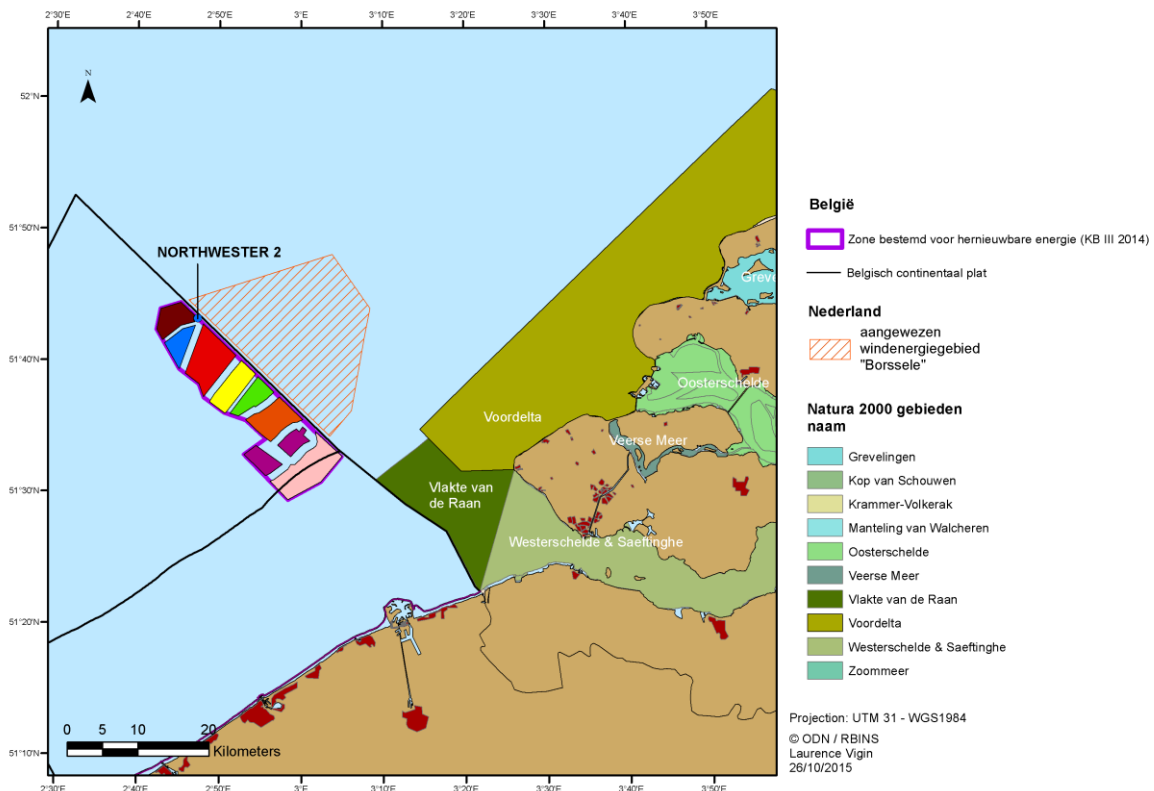
De door de nv NORTHWESTER 2 aangevraagde locatie ligt op minimum 23 km afstand van het Vlaamse Banken habitatgebied. Eén van de mogelijke kabeltracés (fall back scenario) doorkruist de speciale beschermingszone SPA3. Voor zover relevant, rekening houdend met de ruimtelijk beperkte aard van de meeste effecten, zal in deze MEB rekening gehouden worden met de bepalingen van de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn voor de beschermde gebieden in België.



Figuur 4.1 Overzicht van de Belgische, Nederlandse en Franse beschermde gebieden in de omgeving van het NORTHWESTER 2 project.

Nederland

De door de nv NORTHWESTER 2 aangevraagde locatie voor het windpark ligt op een afstand van respectievelijk 35 en 34 km tot de Nederlandse Natura 2000 gebieden Vlakte van de Raan en Voordelta (zie Figuur 4.2), de kabeltracés liggen respectievelijk op minimaal 20 en 24 km van deze zones. De milieueffectenbeoordeling gekoppeld aan de bij de KB's van 2003 voorziene vergunningsprocedure voor mariene activiteiten houdt inspraakmogelijkheden in en wordt samen met de instandhoudingsdoelstellingen door de Federale overheid beschouwd als een passende beoordeling die tegemoet komt aan de vereisten van de Habitatrichtlijn, artikel 6. Een overzicht van de Nederlandse Natura 2000 zones die zich binnen de mogelijke beïnvloedingszone van het voorgestelde NORTHWESTER 2 windpark bevinden wordt weergegeven in Figuur 4.1. De mogelijke effecten van het NORTHWESTER 2 windpark op de Nederlandse Natura 2000 gebieden worden besproken doorheen de verschillende hoofdstukken van deze MEB.



Figuur 4.2 Overzicht van de Nederlandse beschermde gebieden binnen de mogelijke beïnvloedingszone van het NORTHWESTER 2 windpark. Naast het NORTHWESTER 2 windpark worden ook de zeven andere Belgische concessies aangeduid, net als het Nederlandse windenergiegebied Borssele (gearceerd).

Frankrijk

De door de nv NORTHWESTER 2 aangevraagde locatie voor het windpark ligt op een afstand van 46 km tot het dichtstbijzijnde Franse Natura 2000 gebied Bancs des Flandres. Ook de kabeltracés liggen op een afstand van minstens 44 km van dit Natura 2000 gebied. Dit gebied wordt gekenmerkt door ondiepe zandbanken en is vooral van belang voor gewone zeehond (*Phoca vitulina*), bruinvis (*Phocoena phocoena*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*). De mogelijke effecten van het NORTHWESTER 2 windpark op de soorten aanwezig in dit Franse Natura 2000 gebied worden besproken in Hoofdstuk 11 van deze MEB.

Verenigd Koninkrijk

De door de nv NORTHWESTER 2 aangevraagde locatie voor het windpark ligt op een afstand van 64 km tot het dichtstbijzijnde Engelse Natura 2000 gebied Outer Thames Estuary. Gezien de ruime afstand tot de Engelse Natura 2000 gebieden en de beperkte ruimtelijke omvang van de mogelijke effecten van het NORTHWESTER 2 windpark (zie Hoofdstuk 5-17) worden de effecten van het NORTHWESTER 2 windpark op de bestaande Engelse Natura 2000 verder niet in detail besproken in deze MEB.

4.1.4 Marien Ruimtelijk Plan

De wet van 20 juli 2012 wijzigt de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Concreet werden aan de wet de bepalingen bijgevoegd die het mogelijk maken om een mariene ruimtelijke planning te kunnen invoeren in de

Belgische zeegebieden. Het KB van 28 maart 2014 tot vaststelling van het Marien Ruimtelijk Plan voorziet in een zone bestemd voor de toekenning van een domeinconcessie voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. In deze zone zou het door de nv NORTHWESTER 2 aangevraagde windpark worden aangelegd.

4.2 Wetgeving Energie en elektriciteit

4.2.1 Windenergiezone

In overeenstemming met het internationaal zeerecht duidt het KB van 17 mei 2004 een zone in de Belgische zeegebieden aan voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Dit KB werd gewijzigd door het KB van 28/09/2008 en 3/02/2011. De eerste wijziging (2008) voorziet in een verschuiving van bevoegdheden voor het adviseren van de Minister van Economie en dit m.b.t. concessiedossiers. Waar die bevoegdheid tot nu toe lag bij de CREG (Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas), wordt dit door de wijziging gelegd bij de afgevaardigde van de Minister van Economie. Dit geldt voor alle toekomstige aan te wijzen concessies. De laatste wijziging (2011) heeft betrekking tot de aanpassing van de zone aan de meest noordelijke en zuidelijke zijde. De aanpassing werden ingegeven na overleg binnen de kustwachtpartners over de scheepvaart in de omgeving van de windenergiezone. Door deze aanpassing werd een veiliger scheepvaartverkeer beoogd.

4.2.2 Milieuvergunningen windparken en Belgian Offshore Grid

Bij Ministerieel besluit van 14 april 2004 werd aan de nv C-Power een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark van 60 windturbines, met een nominaal vermogen van 3,6 MW per windturbine, inclusief de kabels, voor de productie van elektriciteit uit wind op de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Dit besluit werd gewijzigd met de Ministeriële besluiten van 10 mei 2006, 25 april 2008 en 23 januari 2014. Naar alle vier besluiten samen wordt verwezen als “het MB CP” of “de vergunning C-Power”. Op datum van deze MEB (november 2015) is het volledige park operationeel.

Bij Ministerieel besluit van 20 februari 2008 werd aan de nv Belwind een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind op de Bligh Bank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (november 2015) is het volledige park operationeel.

Bij Ministerieel besluit van 19 november 2009 werd aan de nv Northwind (vroeger Eldepasco) een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind op de Lodewijkbank (vroeger Bank zonder Naam) in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (november 2015) is het volledige park operationeel.

Bij Ministerieel besluit van 18 januari 2012 werd aan de nv Norther een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten zuidoosten van de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Op 18 september 2012 heeft Norther nv haar aanvraag voor een concessieuitbreiding ingetrokken. Bij Ministerieel besluit van 19 oktober 2012 werd het Ministerieel besluit van 18 januari 2012 gewijzigd aan de intrekking van de concessieuitbreiding. Op datum van deze MEB (november 2015) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart.

Bij Ministerieel besluit van 8 februari 2013 werd aan de nv Rentel een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten noordwesten van de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (november 2015) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart. Op 8 juli 2013 heeft de nv Rentel een aanvraag ingediend voor het leggen en de exploitatie van de elektriciteitskabels van het Rentel offshore windpark waarvoor de vergunning verleend werd op 7 april 2014.

Bij Ministerieel besluit van 8 februari 2014 werd aan de nv Seastar een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten noordwesten van de Lodewijkbank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (november 2015) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart.

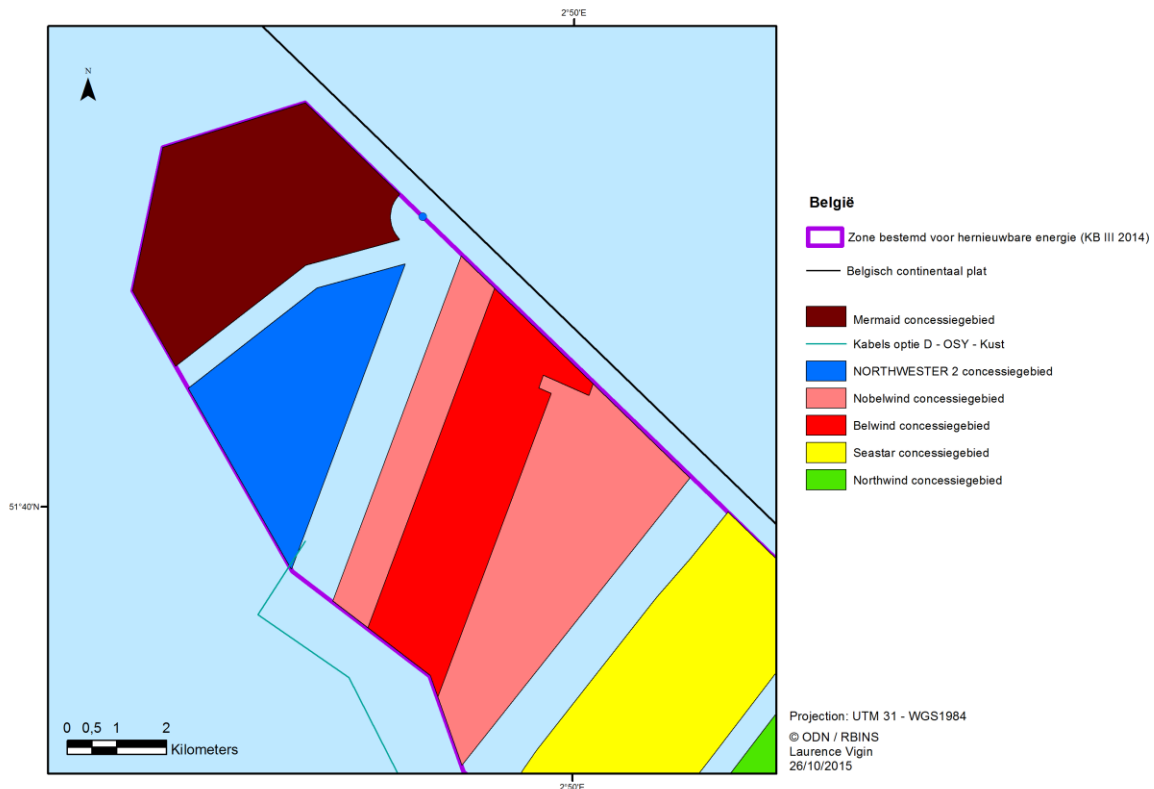
Bij Ministerieel besluit van 7 juli 2014 werd aan de nv Elia Asset een machtiging voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van het Belgian Offshore Grid (BOG), alsook een machtiging tot geofysisch en technisch onderzoeken in de Belgische zeegebieden verleend.

Bij Ministerieel besluit van 26 augustus 2014 werd het Ministerieel besluit van 18 januari 2012 van de nv Norther gewijzigd met verlenging van de termijnen van de machtiging en ingebruikneming.

Bij Ministerieel besluit van 13 april 2015 werd aan de nv Mermaid een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een offshore energiepark ten noordwesten van de Bligh Bank.

Bij Ministerieel besluit van 7 oktober 2015 werd vaststelling gedaan van de gedeeltelijke overdracht aan Nobelwind NV van de machtiging voor de bouw en de vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark op de Bligh Bank in de Belgische zeegebieden toegekend aan Belwind NV bij ministerieel besluit van 20 februari 2008, en van de uitvoeringsmodaliteiten van deze gedeeltelijke overdracht. Het betreft de 2^e fase van 50 turbines van het Belwind windpark. De bouwwerkzaamheden voor het Nobelwind windpark starten in het voorjaar van 2016. Ook de Belwind concessie werd gedeeltelijk overgedragen (Figuur 4.3). In deze MEB worden de cumulatieve effecten van de Belwind en Nobelwind windmolenparken verder samen besproken onder de noemer Belwind windpark.

Bij Ministerieel besluit van 9 oktober 2015 werd vaststelling gedaan van de gedeeltelijke overdracht aan Cableco CVBA van de machtiging voor de bouw en de vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark op de Lodewijkbank (voorheen Bank zonder Naam) in de Belgische zeegebieden toegekend aan Northwind NV bij ministerieel besluit van 19 november 2009, en van de concrete uitvoeringsmodaliteiten van deze gedeeltelijke overdracht. Het betreft de exportkabel van het Northwind concessiegebied naar het aanlandingspunt.



Figuur 4.3 Afbakening van de domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit winden in de Belgische zeegebieden van Belwind n.v. en Nobelwind n.v. na splitsing van de domeinconcessie van de n.v. Belwind

4.2.4 Domeinconcessie NORTHWESTER 2

Bij ministerieel besluit van 20 juli 2012 werd een domeinconcessie aan de tijdelijke handelsvennootschap Mermaid toegekend voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in de zeegebieden gelegen ten noorden van de Bligh Bank.

Op 19 november 2013 heeft de tijdelijke handelsvennootschap Mermaid de BMM ingelicht over de plannen om het zuidelijke deel van haar concessie over te dragen aan de nv Northwester 2.

Bij ministerieel besluit van 12 mei 2015 worden de modaliteiten tot uitvoering van de overdracht aan de N.V. NORTHWESTER 2 van een deel van de domeinconcessie toegekend aan de tijdelijke handelsvennootschap Mermaid bij ministerieel besluit EB-2011-0019-A van 20 juli 2012, voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden in de zeegebieden gelegen boven de Bligh Bank en tot wijziging van deze domeinconcessie, vastgesteld.

4.2.5 Veiligheidszone

Het KB van 11 april 2012 (BS 1 juni 2012) tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid stelt tijdens de exploitatiefase een veiligheidszone in van 500 m rondom kunstmatige eilanden, installaties of inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden, gemeten vanaf elk punt van de buitengrens ervan.

4.2.6 Project Stevin

Het project Stevin voorziet in de versterking van het elektriciteitsnet tussen Zomergem en Zeebrugge en maakt het mogelijk om de windenergie van windparken op zee aan land te brengen en naar het binnenland te transporteren. Het project is tevens noodzakelijk om een verdere interconnectie van het Belgische net mogelijk te maken via een onderzeese verbinding naar het Verenigd Koninkrijk (Project Nemo Link). De start van de werken is gepland januari 2015.

4.3 Erfgoed

Het United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Verdrag van 2 november 2001 ter bescherming van cultureel erfgoed onder water is in voege sinds 2 januari 2009 en werd op 5 augustus 2013 door België geratificeerd (BS 25/10/2013).

Overeenkomstig art.27 treedt het verdrag 3 maanden na de ratificatie in voege, zijnde 5 november 2013.

Voor het Belgisch deel van de Noordzee geeft de wrakkenwet van 4 april 2014 en het KB betreffende de bescherming van het cultureel erfgoed onder water van 25 april 2014 uitvoering aan de ratificatie van dit verdrag.

De wet van 4 april 2014 betreffende bescherming van het cultureel erfgoed onder water (BS 18 april 2014) beschermt het marien erfgoed in de exclusieve economische zone en het continentaal plat dat al meer dan 100 jaar onder water zit. Daarmee voldoet België al in grote mate aan het UNESCO verdrag van 2 november 2001. In de territoriale zee, waar België volledige soevereiniteit geniet, gaat de wrakkenwet nog een stap verder dan internationaal gevraagd. Daar wordt namelijk ook het erfgoed jonger dan 100 jaar beschermd. Dat idee werd ingegeven omdat heel wat schepen en duikboten zonken ten tijde van de Eerste Wereldoorlog. In totaal zijn tot nog toe een 300-tal wrakken geïnventariseerd waaronder een 10-tal Duitse duikboten uit de eerste wereldoorlog. Het KB betreffende de bescherming van het cultureel erfgoed onder water wijst de gouverneur van de provincie West-Vlaanderen aan als ontvanger van het cultureel erfgoed onder water.

4.5 Besluit

De aanvraag van de nv NORTHWESTER 2 wordt behandeld in het kader van een compleet en gepast federaal rechtsstelsel dat rekening houdt met de Europese regelgeving inzake natuurbehoud. De BMM concludeert dat er a-priori geen juridische (in de vorm van een bindend verhoogde milieubescherming) en geen beleidsmatige (in de vorm van een structuurplan of een visie van mariene ruimtelijke ordening) beperkingen zijn voor de installatie, exploitatie en ontmanteling van het windpark en de nodige kabels op de gekozen locaties.

5. Klimaat en atmosfeer

- De effecten van het windpark NORTHWESTER 2 op het lokale windregime zijn significant, maar hoofdzakelijk beperkt tot het concessiegebied en de onmiddellijke omgeving ervan.
- De invloed van het voorgesteld windpark NORTHWESTER 2 op het globale klimaat is minimaal, maar de realisatie ervan zou een significante bijdrage leveren tot de reductiedoelstellingen van België in het kader van het Kyoto-protocol en de NEC-richtlijn.
- De voornaamste negatieve effecten op de atmosfeer situeren zich tijdens de constructie van de onderdelen (windturbines, kabels en OHVS) en de bouwfase.
- Doorgedreven hergebruik van grondstoffen tijdens de ontmantelingsfase zorgt er voor dat windenergie een ecologische levenscyclus heeft in vergelijking met andere elektriciteit opwekkende technologieën.
- Globaal genomen kan men verwachten dat het project een algemeen gunstig effect zal hebben op de atmosfeer en de klimatologische factoren die relevant zijn voor deze milieueffecten-beoordeling.
- De emissies die vrijkomen bij de bijkomende transportbewegingen tijdens aanleg, exploitatie en ontmanteling van het project zullen geen merkbare impact hebben op de lokale luchtkwaliteit.
- Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft de effecten op klimaat en atmosfeer aanvaardbaar.
- Het effect op de atmosfeer is waarschijnlijk het minst gunstig indien gebruik gemaakt wordt van grote aantallen betonnen gravitaire funderingen en het meest gunstig met een maximaal geïnstalleerd vermogen op stalen jacket-funderingen (configuratie 3).

5.1 Inleiding

De menselijke invloed op het wereldwijde klimaat is het gevolg van de recente toename in uitstoot van broeikasgassen. De wereldwijde toename van de luchttemperatuur, alsook de opwarming van de oceanen, de wereldwijde afname van sneeuw en ijs en de stijging van het gemiddelde zeeniveau hebben een grote invloed op mens en natuur (IPCC, 2014). Tijdens de klimaatconferentie in Kyoto werd beslist om maatregelen te nemen om wereldwijd de emissie van broeikasgassen terug te dringen teneinde de effecten van antropogene klimaatsveranderingen te beperken. In navolging van dit protocol werd in december 2008 door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 15% emissievermindering tegen 2020 en waarbij 13% van het finale energieverbruik van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn. Uit het nationaal actieplan voor hernieuwbare energie blijkt echter dat hernieuwbare energiebronnen in 2013 slechts 9,8% van de totale elektriciteitsproductie uitmaken (Eurostat, 2013).

De totale uitstoot van broeikasgassen in België in het jaar 2012 (de laatste beschikbare gegevens) bedroeg 116,5 miljoen ton CO₂-equivalenten (FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en leefmilieu) of een daling met ~20% in vergelijking met 1990. Bijkomende inspanning blijven echter noodzakelijk aangezien de EU aanstuurt om tegen 2030 de emissies met minstens 40 % te verminderen t.o.v. het niveau van 1990 en het aandeel van het finale energieverbruik dat tegen 2030 van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn heeft opgetrokken naar 27% (European Commission, 2014). Ook de uitstoot van algemene luchtverontreinigende componenten CO, SO₂, en

PM₁₀ dient beperkt te worden, dit in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG)¹.

Windenergie kan, indien op een verantwoorde manier wordt omgegaan met het ecosysteem, een duurzame, hernieuwbare energiebron zijn die op termijn de conventionele energiebronnen gedeeltelijk kan vervangen. Het koninklijk besluit van 17 mei 2004² voorziet een mariene zone in de EEZ van België in de Noordzee voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Momenteel zijn er in België reeds drie offshore windparken die elektriciteit leveren aan het net (C-Power, Belwind en Northwind). Op 18 januari 2012, 8 februari 2013, 7 februari 2014 en 13 april 2015 ontvingen respectievelijk de nv Norther, de nv Rentel, de nv Seastar en de nv Mermaid een machtiging voor de bouw en vergunning voor de exploitatie van een windpark.

Voorliggend project is het achtste windpark waar een machtiging en vergunning voor wordt aangevraagd. Het totale vermogen van dit park zal tussen de 210 MW (70 turbines van 3 MW) en 296 MW (37 turbines van 8 MW) bedragen. Dit resulteert in een netto elektriciteitsproductie van circa 850-1100 GWh/jaar. Dit komt overeen met 1,1-1,4% van de netto Belgische elektriciteitsproductie (78.036 GWh/jaar in 2013 - Eurostat, 2013) of 0,8-1,0% van het nationale streefcijfer voor elektriciteitsverbruik in 2020 (110.000 GWh/jaar - CONCERE-ENOVER, 2010). Het NORTHWESTER 2 windpark zou daarenboven voor 8,1 tot 10,0% bijdragen aan de Belgische windenergiedoelstelling voor het jaar 2020 (10,5 TWh/jaar - CONCERE-ENOVER, 2010).

5.2 Te verwachten effecten van het windpark

Bij de bespreking van de te verwachten effecten van het NORTHWESTER 2 offshore windpark worden zowel de effecten op het lokale windklimaat door de aanwezigheid van het windpark als de effecten op het globale klimaat door de vermindering van de emissie van broeikasgassen besproken. Daarnaast kan men tijdens de exploitatiefase een beperkte warmtedissipatie verwachten ter hoogte van de park- en verbindingsskabels. Dit effect wordt verder besproken onder Hoofdstuk 13 Elektromagnetische velden en warmtedissipatie.

5.2.1 Lokaal windklimaat

Op lokale schaal zal het windregime in de concessie beïnvloed worden door de aanwezigheid van de turbines. Enerzijds komt dit door het feit dat de turbines zelf een obstakel vormen voor de wind. Anderzijds gaan de windturbines energie onttrekken aan de wind, hetgeen een turbulente zogstroming met lagere windsnelheden veroorzaakt achter de rotor. Deze zogeffecten (parkeffect) zullen de lay-out van het park bepalen omdat de ontwikkelaar rekening moet houden met het productieverlies (lagere windsnelheden) en de vermoeidheidsbelasting van de turbines (turbulentie) (Mathys *et al.*, 2009). Nielsen (2003) berekende dat een optimale efficiëntie bekomen werd met een tussenafstand van 8 tot 9 rotordiameters (minimum afstand tussen twee rijen turbines volgens de dominante windrichting). De configuraties voorgesteld in het MER resulteren in een (globale) tussenafstand van 6,0 tot 6,1 rotordiameters in de overheersende windrichting (IMDC, 2014a). In het geval van een tussenafstand van 5 rotordiameters kan men een gemiddeld verlies van ca. 22% verwachten dat merkbaar blijft tot meer dan 3 km achter de turbine (Arcadis, 2011). Om het verlies in windsnelheid achter een windpark

¹ Europese Richtlijn inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen van 23 oktober 2001.

² Het koninklijk besluit van 17 mei 2004 tot wijziging van het koninklijk besluit van 20 december 2000 betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen in overeenstemming met het internationale zeerecht.

te beperken tot 0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in de overheersende windrichting (hier WZW) in acht genomen te worden tussen de parken (Brand, 2009)(zie ook Hoofdstuk 14 Interactie met andere menselijke activiteiten).

Een tweede factor die het lokale windklimaat zal beïnvloeden, is de turbulentie veroorzaakt door de windturbines. De turbulentie intensiteit verhoogt in het zog van de windturbine (tot 20%, zie Barthelmie *et al.*, 2007) en het effect hiervan zal over een grotere afstand merkbaar zijn dan de windsnelheid. Naast een effect op het rendement van de turbines zal er ook een bijkomende stress zijn op het materiaal van de wieken.

5.2.2 Globaal klimaat en atmosfeer

De realisatie van het NORTHWESTER 2 windpark beoogt een positieve bijdrage te leveren aan de reductie van de uitstoot van CO₂ onder de vorm van ‘vermeden emissies’³. In de evaluatie van de effecten van dit offshore windturbinepark op het klimaat, werd er met behulp van een Life Cycle Analysis (LCA) een afweging gemaakt tussen de emissies geproduceerd tijdens de bouw van het park en van alle elementen die er deel van uitmaken en de vermeden emissies tijdens de exploitatiefase (IMDC, 2014b). Deze LCA werd uitgevoerd voor een 10 MW turbine op jacket of gravitaire fundering (GBF) in 40 m diep water en op 55 km van de kust en vormt een update van een eerdere LCA (IMDC, 2013b). Op basis van deze LCA wordt in het MER aangetoond dat de realisatie van het NORTHWESTER 2 windpark aanleiding zou kunnen geven tot een reductie van emissies met 635.020 – 821.770 ton CO₂ per jaar, 67 – 86 ton SO₂ per jaar en 70 - 90 ton NO_x per jaar (bij productie van 850 – 1100 GWh per jaar t.o.v. klassieke Belgische elektriciteitsproductie). Uit de LCA blijkt eveneens dat de energieconsumptie vereist voor de productie van een dergelijke turbine veruit het grootste deel uitmaakt van de totale energieconsumptie over de hele levenscyclus (~80%). Tijdens de productiefase werd de totale energieconsumptie geschat op ca. 16 GWh voor de productie van een 10 MW windturbine op een jacket fundering. Voor een 10 MW windturbine op een GBF is er meer energie nodig, namelijk ca.18 GWh. Op basis van deze LCA kan men bovendien besluiten dat de totale energieconsumptie (20-22 Gwh over de hele levenscyclus van de 10 MW turbine) terug verdiend wordt in het eerste jaar van operatie (energieterugverdiëntijd van ~7 maanden). Deze resultaten dienen echter genuanceerd te worden aangezien er in deze berekening geen rekening gehouden werd met de energieconsumptie en CO₂ uitstoot van het transformatorplatform en de park-, verbindings- en exportkabels (productie, installatie, onderhoud- en ontmanteling).

Tabel 5.1. Energieconsumptie (in GWh) per 10 MW windturbine over de loop van de hele levenscyclus (IMDC, 2014b)

	GBF	Jacket
Productiefase	18,36	16,09
Transportfase	0,22	0,20
Installatiefase	0,65	0,58
Exploitatiefase - onderhoud	3,30	3,30
Ontmantelingsfase	0,00	0,00
Totaal	22,53	20,17

³ De hoeveelheden CO₂, SO₂ en NO_x die minder uitgestoten worden omdat windenergie per GWh minder emissies van deze stoffen veroorzaakt dan de klassieke elektriciteitsproductie

5.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

5.4.1 Cumulatieve effecten

Er wordt een positief cumulatief effect verwacht op de atmosfeer van de verschillende reeds aanwezige of vergunde windparken in de zone voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. De realisatie van het NORTHWESTER 2 project (windpark + exportkabel) zal leiden tot het afremmen van de stijgende emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende componenten. Deze vermeden emissies van broeikasgassen en verontreinigende stoffen compenseren ruimschoots de extra emissies van broeikasgassen en verontreinigende stoffen die veroorzaakt worden door de schepen die moeten omvaren (zie Marin, 2014).

5.4.2 Grensoverschrijdende effecten

Dit windpark zal slechts minimaal bijdragen tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal wel een meetbare bijdrage leveren op Belgisch vlak. De effecten op het lokaal windklimaat in het Nederlandse Borssele gebied worden besproken in Hoofdstuk 14 Interactie met andere menselijke activiteiten

5.5 Besluit

5.5.1 Aanvaardbaarheid

Het valt niet te verwachten dat de installatie, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 windpark inclusief park-, verbindings- of exportkabels negatieve effecten zal hebben op enerzijds de lokale luchtkwaliteit of anderzijds het globale klimaat.

Indien de geproduceerde energie door het NORTHWESTER 2 windpark aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van geproduceerde energie d.m.v. klassieke thermische productie dan zou dit leiden tot een positief effect op de luchtkwaliteit. Het NORTHWESTER 2 project komt overeen met voor minstens 8,1% bijdrage aan de Belgische windenergiedoelstelling voor het jaar 2020.

Deze overwegingen maken het duidelijk dat het globale project een algemeen gunstig effect kan hebben op de atmosfeer en de klimatologische factoren die relevant zijn voor deze milieueffectenbeoordeling. Dit project draagt bij tot het realiseren van de vooropgestelde emissiereductiedoelstellingen en past binnen de nationale en Europese energiestrategie. Het project is bijgevolg aanvaardbaar voor wat betreft eventuele effecten op klimaat en atmosfeer en dit voor wat betreft alle mogelijke alternatieven opgenomen in de aanvraag.

5.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke voorwaarden of aanbevelingen voor dit onderdeel.

5.6 Monitoring windpark

De BMM vraagt geen monitoring voor dit onderdeel.

6. Hydrodynamica en sedimentologie

- Het MER voorziet in de mogelijke toepassing van vier funderingstypes en installatietechnieken, enerzijds monopiles of jacket funderingen, die of in de bodem worden geheid of worden geïnstalleerd met behulp van de suction bucket techniek, anderzijds gravitaire funderingen.
- De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen en de kabels tijdens exploitatie en het mogelijke ontstaan van sedimentpluimen rond de turbines bij de exploitatie. Bij het gebruik van gravitaire funderingen zullen bovendien belangrijke bagger- en dumpingswerken plaats vinden.
- Uit ervaring met monopiles of jacketfunderingen, die worden geheid, blijkt dat wat hydrodynamica en sedimentologie betreft, de impact tijdens de installatie slechts tijdelijk en verwaarloosbaar is.
- Bij het gebruik van gravitaire funderingen zal een belangrijke hoeveelheid materiaal uitgebaggerd worden bij de voorbereiding van de zeebodem, en tijdelijk terug in de concessiezone gestockeerd worden. Bovendien zal er bij de backfill en infill van de gravitaire funderingen meer materiaal moeten worden gebaggerd dan er in de concessiezone werd gestockeerd. Dit bijkomende nodige zand zal moeten worden gewonnen in de daarvoor voorziene zandextractiezones. De effecten, die deze baggerwerken zullen hebben op de turbiditeit, zijn onvoldoende gekend en daarom zal bij gebruik van gravitaire funderingen een monitoring van de mogelijke verhoging van de turbiditeit opgelegd worden.
- Het gebruik van de suction bucket techniek wordt in het MER kort beschreven, maar er is op het ogenblik nog zeer weinig beschikbare informatie over deze techniek. Het is duidelijk dat hier nog leemten zijn in de kennis. Er kan worden verwacht dat door het opzuigen van het zand/slib/klei tijdens de installatie een tijdelijk verhoogde turbiditeit zal worden gegenereerd, die een bijkomende monitoring vereist.
- Uit ervaring blijkt dat het vrijkomen van de kabels een reële mogelijkheid is. Het is duidelijk dat in bepaalde gebieden de zandduinen mobiel zijn en dat een migratie van deze zandduinen met een 10-tal meter per jaar tot de mogelijkheid behoort. Daarom is het nodig om de bedekking van de kabels op een regelmatige basis te controleren. Bovendien wordt aanbevolen om in gebieden met mobiele zandduinen de kabels niet 1 tot 2 m onder de zeebodem te leggen, maar 1 m onder de basis van de zandduinen te leggen, dit om het vrijkomen van de kabels te vermijden.
- Het mogelijke ontstaan van erosieputten moet gemonitord worden, zodat de stabiliteit van de funderingen nooit in gevaar kan komen.
- Recent onderzoek heeft aangetoond dat rond de funderingen van windturbines sedimentpluimen kunnen ontstaan. Zowel de oorzaak als de mogelijke effecten van deze sedimentpluimen zijn echter nog onvoldoende gekend. Er wordt dan ook een monitoring van deze sedimentpluimen voorzien om het voorkomen en de mogelijke impacten van deze pluimen te onderzoeken.
- Er wordt niet verwacht dat door de installatie van de windturbines de stromingen en de bijhorende bodemspanningen in belangrijke mate zullen veranderen. De milieudoelen die België zich gesteld heeft in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie worden dus niet in gevaar gebracht.
- Wat betreft de hydrodynamica, de sedimentdynamica en de morfologie worden er geen onaanvaardbare effecten verwacht voor het mariene milieu en kan dus worden gesteld dat het project aanvaardbaar is, voor alle configuraties en funderingstypes, mits inachtnaam van een aantal voorwaarden.

6.1 Inleiding

6.1.1 Beschrijving van de actuele situatie

6.1.1.1 Geologie, sedimenttransport en morfologische veranderingen

In het MER wordt de geologie in het projectgebied uitgebreid besproken. Het is belangrijk te benadrukken dat in het projectgebied het Quartair in het projectgebied zeer dun is en varieert van minder dan 2 m tot ongeveer 16 m. In het noordoosten van het gebied is het Quartair over het algemeen dikker dan in de rest van het gebied. Onder deze Quartaire zandlagen is het Tertair terug te vinden, met afwisselende kleilagen en zandhoudende kleilagen en mogelijk een grindlaag op de top van het Tertair. Aan het oppervlak komt vooral gemiddeld zand voor met een mediane diameter van 350-400 μm . In het noordoosten komt er wat fijner zand voor met een mediane diameter van 300-350 μm .

In het gebied zijn grote tot heel grote zandduinen te vinden met een hoogte van 6-7 m tot zelfs 11 m, waarbij de kamlijnen NW-ZO georiënteerd zijn. In het zuidelijke deel van het gebied zijn de duinen vooral vloedgedomineerd, terwijl in het centrale en noordelijke deel van het NORTHWESTER 2 gebied, de duinen zijn vooral ebgedomineerd zijn.

In bijlage bij het MER werd een rapport toegevoegd (IMDC, 2014c), waarin het sedimenttransport ter hoogte van het NORTHWESTER 2 projectgebied wordt beschreven voor een zomersituatie, zonder meteorologische invloeden, en voor een wintersituatie, waarbij de meteorologische invloeden en de golven in rekening gebracht worden, tijdens een 1-jarlijks terugkerend storm. Het model voorspelt eerder noordoostelijk, dus vloedgedomineerd, transport in het gehele gebied, in tegenstelling tot het sedimenttransport dat wordt afgeleid uit de asymmetrie van de zandduinen. Het sedimenttransport blijft vrij beperkt met een maximum van $8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m/s}$ tijdens springtij en in wintercondities (storm). De veranderingen van het bodemniveau over een springtij-doodtij cyclus blijven beperkt tot 0,07 m.

6.1.1.2 Turbiditeit

Door het zandige karakter van de oppervlaktelaag en de ligging offshore, zal de turbiditeit ter hoogte van de concessiegebied lager zijn dan in het turbiditeitsmaximum voor de Belgische kust. In het MER wordt een gemiddelde waarde van 4 mg/l vermeld ter hoogte van de nabijgelegen Bligh Bank. Van den Eynde *et al.*, 2013 meten een duidelijke seizoenale cyclus van de turbiditeit, waarbij het zwevende stofgehalte aan het wateroppervlak in de winter 3 tot 4 mg/l bedraagt.

6.1.2 Klimaatsveranderingen

Veranderingen in stromingskarakteristieken en morfologie op het BCP onder invloed van de klimaatsveranderingen kunnen de komende jaren een rol spelen. Vooral de verandering van het voorkomen en intensiteit van stormen kunnen van belang zijn. Recent onderzoek (Ullmann *et al.*, 2009; Van den Eynde *et al.*, 2012; Van den Eynde, 2011) lijkt er op te wijzen dan voor de Belgische kustzone geen stijging van het aantal stormen of van de stormintensiteit verwacht wordt. Er is echter nog steeds veel onduidelijkheid hier omtrent. Dit is dan ook het voorwerp van verder onderzoek.

6.2 Te verwachten effecten

6.2.1 Inleiding

De te verwachten milieueffecten van een windpark worden voorgesteld in het MER en werden reeds uitvoerig besproken in de milieueffectenbeoordelingen (MEB), die door de BMM werden opgesteld voor het windpark op de Thorntonbank (BMM, 2004), voor de veranderingen aan het oorspronkelijke MER voor hetzelfde windpark op de Thorntonbank (BMM, 2006), voor het windpark op de Bligh Bank (BMM, 2007), op de Lodewijkbank (BMM, 2009), ten zuiden van de Thorntonbank (Rumes *et al.*, 2011), tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank (Rumes *et al.*, 2012a), tussen de Lodewijkbank en Bligh Bank (Rumes *et al.*, 2013d) en het windpark ten noordwesten van de Bligh Bank (Rumes *et al.*, 2015). Hier wordt vooral ingegaan op de specifieke informatie van het huidige project of op nieuwe recente informatie.

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen van de windturbines tijdens de exploitatiefase, het mogelijk ontstaan van sedimentpluimen rond de funderingen en het baggeren en dumpen van sedimenten, vooral bij de installatie van gravitaire funderingen. Tot slot is het ook mogelijk dat de kabels, door de migratie van zandduinen, vrij komen te liggen.

6.2.2 Funderingen

Er moet worden opgemerkt dat in het NORTHWESTER 2 project nog onzekerheid bestaat over de grootte van de te installeren windturbines, over het aantal windturbines en over het type fundering die zal worden gebruikt. In het MER wordt zowel het gebruik van monopiles, van jacketfunderingen, of van gravitaire funderingen besproken. Ook het gebruik van suction bucket techniek als alternatief voor het heien van de monopiles of jacketfunderingen wordt kort besproken, alhoewel het gebruik van deze techniek nog steeds in een experimentele fase is en er ook in het MER nog vele leemten in de kennis worden vermeld. De toepassing van de suction bucket techniek is daarom niet waarschijnlijk.

Bij het gebruik van monopiles wordt geschat dat er in de helft van de sites statische erosiebescherming zal worden toegepast, namelijk in de zones met grote zandduinen. Er zullen dan nivelleringswerken worden uitgevoerd waarbij een belangrijke hoeveelheid zand zal worden uitgegraven en zal moeten gestockeerd worden. Voor de monopiles wordt geschat dat per fundering ongeveer 19.000 m³ worden uitgegraven. Dit zand zal gestockeerd worden in hopen tot een hoogte van 5 m. Wanneer er rekening wordt gehouden met een bagger- en stortverlies van 30 % (zie Van den Eynde *et al.*, 2010) komt dit voor basisconfiguratie, met 35 windturbines, erop neer dat er 239.400 m³ zal moeten worden gestockeerd. Het is hierbij de bedoeling dat het zand en klei zo gestort wordt dat het op een natuurlijke wijze terug getransporteerd wordt naar de plaatsen waar het werd weggenomen. Hierbij kan uitgegaan worden van sedimenttransportmetingen of resultaten van het sedimenttransportmodel. Anderzijds kan worden aangenomen dat de stabiliteit van deze kunstmatige zand- en kleiophopingen relatief groot is (BMM, 2006).

Wanneer er gravitaire funderingen zullen gebruikt worden, zal er per turbine ongeveer 90.000 m³ zand worden uitgegraven, waarvan er een deel terug zal worden gebruikt, voor de backfill van de funderingsput en de infill in de gravitaire fundering. Voor de basisconfiguratie met 35 windturbines, betekent dit dat in het totaal 3.240.000 m³ zand zal worden uitgegraven. Voor configuratie 2, waar er mogelijk 60 gravitaire funderingen (59 windturbines en 1 OHVS station) voorzien worden komt dit op 5.400.000 m³. Merk op dat dit de worst-case scenario is, aangezien in de configuratie 1, met 70 windturbines, geen gravitaire funderingen worden beschouwd. Bovendien zal niet voor elke fundering een funderingsput van 7,5 m diep zal worden gegraven. Wanneer eerder het (hardere) Tertiair zal worden bereikt, kan de funderingsput minder diep worden uitgegraven. Toch is dit zeker een zeer

aanzienlijk hoeveelheid zand die zal worden gebaggerd.

Rekening houdende met het bagger- en stortverlies van ongeveer 30 (tot 35 %) (Van den Eynde *et al.*, 2010) zal er in de basisconfiguratie 2.268.000 m³ zand (en in mindere mate kleihoudende zand en klei) tijdelijk moeten gestockeerd worden. Als het zand in (een of meerdere) hopen van 5 meter hoog wordt gestockeerd, zijnde dezelfde grootteorde als de zandduinen die in het gebied optreden, zal er in het totaal ongeveer 453.6000 m² (of 3,0 % van het uitgebreide concessiegebied) nodig zijn voor de stockage van het zand en klei.

Rekening houdende met de bagger- en stortverliezen, die aan de hand van de ervaring met gravitaire funderingen die werden geïnstalleerd in het C-Power windpark geschat worden op ongeveer 30 % (Van den Eynde *et al.*, 2010), wordt er in het MER gesteld dat er verwacht wordt dat er, in het geval gravitaire funderingen zullen worden gebruikt, ongeveer 1.536.000 m³ extra zal moeten worden gewonnen om de benodigde 62.000 m³ per fundering te bekomen voor de infill en de backfill (voor de worst-case configuratie van 59 windturbines en 1 OHVS station). Dit is, in vergelijking met het volume van ~2-3 miljoen m³ zand dat jaarlijks voor commercieel gebruik wordt gewonnen, zeer aanzienlijk. Het is duidelijk dat er niet in de concessiezone gewonnen kan worden. De benodigde hoeveelheid zand zal uit de hiervoor voorziene en/of aangeduide extractiezones moeten gewonnen worden, dit in overleg met de BMM.

6.2.3 Erosiebescherming en erosieputten

In het MER wordt gesteld dat in het geval van monopile funderingen zullen gebruikt worden, er voor ongeveer de helft van de monopiles een statische erosiebescherming zal worden aangebracht, voor de andere helft dynamische erosiebescherming. Wanneer een jacketfundering zal worden gebruikt, wordt een dynamische erosiebescherming voorzien. Voor de gravitaire funderingen wordt een statische erosiebescherming voorzien.

Zoals vroeger reeds opgemerkt (Rumes *et al.*, 2011) kan rond de structuren de ontwikkeling van erosieputten worden verwacht, wanneer geen (of onvoldoende) erosiebescherming wordt aangebracht. Bovendien kan er ook secundaire erosie rond de geïnstalleerde erosiebescherming optreden, waardoor ook kabels aan de oppervlakte komen, met soms zelfs schade aan de kabels tot gevolg. Aangezien er hierover nog onvoldoende kennis is, moet dit worden opgevolgd.

6.2.4 Verhoging van de turbiditeit

6.2.4.1 Installatie van monopiles en jacketfunderingen

Bij het gebruik van monopiles met statische erosiebescherming zullen baggerwerken worden uitgevoerd, wat een verhoging van de turbiditeit met zich zal meebrengen. Het is echter zo dat de baggerwerken beperkt zullen blijven in vergelijking met de jaarlijks uitgevoerde baggerwerken voor het onderhoud van de vaargeulen en de zeehavens. Bovendien worden de baggerwerken uitgevoerd in een zone met weinig fijn materiaal, zodat het gebaggerde en gedumpte zand snel zal bezinken.

Aangezien dit windpark niet op een zandbank zelf ligt, maar ten noordwesten van de Bligh Bank, moet er verder rekening worden gehouden met het feit dat de installatie van dit windpark gebeurt in een zone waar het Quartair dunner is en waar dus Tertiaire kleilagen (kunnen) dagzomen wat een langdurig verhoging van turbiditeit met zich mee zou kunnen brengen.

In Rumes *et al.* (2011) wordt echter gesteld dat er bij het toepassen monopiles en jacketfunderingen geen belangrijke verhoging van de turbiditeit werd vastgesteld en dat de vastgestelde verhoging beperkt bleef tot 11 %. Er kan dan ook worden aangenomen dat de verhoging van de turbiditeit door de installatie (voorbereidende nivelleringswerken en heien) van monopiles of jacketfunderingen of

door het installeren van erosiebescherming beperkt in tijd en in grootte zal zijn.

6.2.4.2 Installatie van gravitaire funderingen

Bij het gebruik van gravitaire funderingen wordt er in het MER gesteld dat er ongeveer 90.000 m³ zal worden uitgegraven per gravitaire fundering. Dit is een aanzienlijke hoeveelheid. Voor de basisconfiguratie (35 windturbines + 1 OHVS) wordt er dus verwacht dat 3,24 miljoen m³ zand/klei zal worden uitgegraven. In vergelijking met de hoeveelheid zand die wordt gewonnen op zee, namelijk ~2-3 miljoen m³ zand per jaar, is dit een zeer belangrijke hoeveelheid. De bezorgdheid bestaat dan ook dat deze zand- en kleiverplaatsingen een significante verhoging van de turbiditeit met zich zal meebrengen.

Als bijlage bij het MER werd een studie toegevoegd (IMDC, 2014d), waarbij een eerste inschatting werd gemaakt met behulp van een sedimenttransportmodel, van de verhoging van de turbiditeit als gevolg van de bagger- en stortactiviteiten tijdens de installatie van 1 gravitaire fundering in het NORTHWESTER 2 park, of tijdens de installatie van 2 gravitaire funderingen tegelijk, één in het NORTHWESTER 2 en één in het naastliggende park (Mermaid). Er wordt aangenomen dat het baggeren van de funderingsput van 90.000 m³ ongeveer 14 cycli nodig heeft en ongeveer 35 u duurt. In de studie wordt enkel de dispersie van het fijne materiaal gemodelleerd, waarbij er dan van uitgegaan wordt dat de zandpartikels veel sneller zullen bezinken. Er wordt hierbij uitgegaan van een hoeveelheid van 3 % slib. Verder wordt er uitgegaan van een opwelling van materialen van 1 % tijdens het baggeren, van een overflow van materialen van 17 %, die in de waterkolom achterblijven, en van een verlies van 30 % van het materiaal tijdens het dumpen.

Uitgaande van deze randvoorwaarden wordt aangetoond dat de overschrijding van een achtergrondwaarde van 4 mg/l maximaal slechts gedurende een 2,6 uren wordt overschreden, tijdens de baggerwerken voor één funderingsput, d.i. in ongeveer 7,5 % van de tijd. De grootste verhoging wordt veroorzaakt door de dumpingactiviteit. De sedimentpluim (met concentraties hoger dan de achtergrondwaarde van 4 mg/l) kan een afstand afleggen van 1600 m, en de pluim blijft beperkt tot een doorsnede van 600 m. In de concessiezone is de concentratie in 96 % van de tijd lager dan de 10 mg/l. De studie lijkt dus aan te tonen dat de verhoging van de turbiditeit zeer lokaal en beperkt in tijd zal zijn. De gelijktijdige installatie van twee funderingsputten in NORTHWESTER 2 en Mermaid beïnvloeden de overschrijding van de achtergrondconcentraties niet sterk.

Bij de interpretatie van deze modelresultaten moet er wel rekening mee worden gehouden dat de hoeveelheid materiaal die in suspensie wordt gebracht, klein lijkt, dat er geen rekening wordt gehouden met de dispersie van (fijn) zand en dat zeker in de diepere zones van het gebied het Quartair zeer dun kan zijn (zie hierboven) en dat er dus meer dan 3 % klei en slib in het gebaggerde materiaal kan zitten. Anderzijds zal het uit het Tertiair opgegraven materiaal wel een veel grotere hoeveelheid klei bevatten, maar zal deze klei bestaan uit zeer harde Tertiaire kleien, waarvan kan worden aangenomen dat het materiaal als harde brokken zal opgegraven worden, in plaats van als materiaal dat in suspensie zal komen. Bij het graven van een tunnel onder de Westerschelde door een Boomse klei bleek inderdaad dat het materiaal uit harde brokken bestond en niet in suspensie kwam (Kornman en van Madelgem, 2002). Ook hier kan men dus redelijkerwijze aannemen dat de kleibrokken kunnen gestort worden, zonder dat deze direct in suspensie zullen komen en een verhoging van de turbiditeit zullen veroorzaken.

Verder worden in het MER ook andere studies vermeld waarbij de verhoging van de turbiditeit, hoger dan 10 mg/l beperkt blijft tot 20 % van de tijd en dat de invloedssfeer van een overflow van fijn sediment beperkt blijft tot 11 km.

Ondanks deze eerste modelresultaten en ondanks de redenen om aan te nemen dat de turbiditeit niet

significant zal verhogen, blijft de bezorgdheid bestaan.

Daarom wordt ook, in het geval van het toepassen van een belangrijke aantal gravitaire funderingen in dit gebied, een bijkomende monitoring opgelegd, om een mogelijke significante verhoging van de turbiditeit op te meten, zoals ook werd opgelegd voor het windpark van Norther, Rentel, Seastar en Mermaid (Rumes *et al.*, 2011; 2012a, 2013d, 2015). Dit wordt trouwens ook aanbevolen in DECC (2008a).

6.2.4.3 Gebruik van de suction bucket techniek

In het MER wordt ook de mogelijkheid opengelaten van de toepassing van de suction bucket techniek. In het MER wordt echter weinig informatie gegeven over deze techniek, bijvoorbeeld over de mogelijke verhoging van de turbiditeit bij deze techniek. Uitgaande van het feit dat er zand en slib zullen worden opgezogen en in de waterkolom zullen worden gelost, kan er verwacht worden dat de turbiditeit verhoogd wordt. Er is echter geen indicatie over de hoeveelheid van het vrijgekomen materiaal of de te verwachten verhoging van de turbiditeit. Dit is dus een duidelijke leemte in de kennis. Rekening houdende met de dunne Quartaire lagen wordt daarom bij de toepassing van de suction bucket techniek een bijkomende monitoring opgelegd, voor de controle van een mogelijke verhoging van de turbiditeit in de waterkolom. Dit is in de lijn met de bijkomende monitoring in het geval van de toepassing van gravitaire funderingen en is in overeenstemming met de aanbevelingen in DECC (2008a).

6.2.4.4 Installatie van kabels

Verder kunnen ook het ploegen of jetten van de kabels of het baggeren van sleuven voor de installatie van kabels mogelijk een tijdelijke verhoging van de turbiditeit met zich meebrengen.

In het MER NORTHWESTER 2 en het addendum aan deze MER worden vier opties voor de aansluiting op het net naar voren gebracht (zie 1.2.2.2 1.2.2.2 Aansluiting naar land of offshore netaansluiting). Het is duidelijk dat het aantal kilometer kabel sterk kan verschillen tussen deze opties en dat het op het ogenblik niet duidelijk is of de kabels door jetting en/of ploegen zullen worden geïnstalleerd en over welk gedeelte van de lengte een sleuf zal worden uitgebaggerd, die achteraf, na de kabel werd geïnstalleerd, terug zal worden opgevuld.

Merk op bij dat de installatie van de exportkabels van de windparken (Arcadis, 2011; IMDC, 2012a; IMDC, 2013a) ervan werd uitgegaan dat buiten de vaargeulen de exportkabels naar de kust zouden worden geïnstalleerd met behulp van jetting en/of ploegen, waarbij er kon verwacht worden dat de verhoging van de turbiditeit door deze werken beperkt in tijd en plaats zouden zijn (Rumes *et al.*, 2011; 2012a; 2103d). In het MER van het Elia Belgian Offshore Grid (Elia-BOG, 2013) werd er echter gesteld dat de kabels zouden geïnstalleerd worden door het baggeren van een sleuf over de gehele kabellengte, dit op basis van de ervaring die tijdens de installatie van de kabels voor de C-Power en Belwind windparken was opgedaan. Er werd berekend dat in dit geval bijna 11.000.000 m³ zou moeten gebaggerd worden en tijdelijk gestockeerd worden, waarna het het grootste deel van het gestockeerde materiaal terug gebruikt kon worden voor het terug opvullen van de sleuven. Na alle werken werd verwacht dat er 500.000 m³ achter zou blijven op de stockageplaats. Er werd in het MEB Elia-BOG (Rumes *et al.*, 2014) van uitgegaan dat de verhoging van de turbiditeit beperkt zal blijven. De evolutie van de zandhopen en de schatting van de bagger- en stortverliezen zijn echter nog niet genoeg gekend. Daarom werd in het MEB Elia-BOG een monitoring opgelegd die de evoluties van de zandhopen zal volgen en die zal toelaten de bagger- en stortverliezen bij dergelijke grootschalige operaties beter in te schatten, wat zal helpen bij het duurzaam beheer van de mariene grondstoffen.

Voor NORTHWESTER 2 werd berekend dat, voor het meest waarschijnlijk scenario D, 2.058.000 m³

zou moeten gebaggerd waarvan 1.442.000 m³ tijdelijk gestockeerd zou worden (IMDC, 2015). Bovendien zal er opnieuw ongeveer 1.663.000 m³ moeten gewonnen worden voor de backfill. Het tijdelijk gestorte materiaal zal hiervoor kunnen gebruikt worden. De hoeveelheid surplus materiaal dat gewonnen zal moeten worden (ongeveer 221.000 m³), zal moeten komen uit de hiervoor voorziene en/of aangeduide extractiezones moeten gewonnen worden.

Voor andere scenarios en voor andere installatiemethodes kunnen deze hoeveelheden echter verschillen.

Op basis van de concrete planning, voor de aanvang van de werken, kan een gelijkaardige monitoring opgelegd worden, als voor het Elia-BOG project.

6.2.4.5 Verhoging van turbiditeit tijdens exploitatie

In de vorige MEBs voor windparken werd ervan uitgegaan dat de mogelijke verhoging van de turbiditeit tijdens de exploitatie van de windparken beperkt is. Dit staat echter recent terug ter discussie. Enerzijds werd tijdens de uitgevoerde monitoring bij het gebruik van monopiles in het Belwind windpark (Van den Eynde *et al.*, 2013a, 2013b) geen belangrijke verhoging van de turbiditeit vastgesteld. Anderzijds werd in Vanhellemont and Ruddick (2014) recent aangetoond aan de hand van satellietbeelden dat in Engelse windparken, in een waterdiepte van 0 tot 25 m, sedimentpluimen achter de windturbines (geïnstalleerd zonder erosiebescherming) zichtbaar zijn. Deze pluimen zijn 30 tot 150 m breed en kunnen tot meer dan 10 km lang zijn. Deze sedimentpluimen lijken persistent te kunnen zijn en zouden mogelijk de bathymetrie kunnen beïnvloeden. Ook in satellietbeelden rond de Belgische windparken werden occasioneel turbiditeitspluimen waargenomen (Van der Zande, pers. comm.). Bovendien konden deze pluimen ook visueel vanuit een vliegtuig worden geobserveerd en werden zij waargenomen in de turbiditeitsmetingen die werden uitgevoerd met behulp van een hull-mounted Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), geïnstalleerd op het onderzoeksschip RV Belgica (Baeye and Fettweis, 2015), ook dieper in de waterkolom (en dus niet zichtbaar met satellietbeelden). De reden van deze turbiditeitspluimen is echter nog niet gekend en is voorwerp van discussie. Terwijl in Vanhellemont and Ruddick (2014) wordt gesuggereerd dat de sedimentpluimen veroorzaakt zouden kunnen worden door erosie van sediment rond de palen, wordt in Baeye en Fettweis (2015) gesteld dat het materiaal mogelijk van biologische oorsprong zou kunnen zijn. Het is echter duidelijk dat een continue verhoging van de turbiditeit rond de windturbines een negatieve impact kan hebben op de ecologie (Degraer *et al.*, 2013a).

De frequentie van voorkomen van deze turbiditeitspluimen en de uitgestrektheid ervan voor de Belgische windparken, verder uit de kust en in dieper water, moet verder onderzocht worden. Ook de oorzaak van deze turbiditeitspluimen en de mogelijke impact ervan op de bodemecologie vraagt verder onderzoek. Er zal dan ook een monitoring worden opgelegd om deze turbiditeitspluimen verder te onderzoeken.

6.2.5 Effecten op hydraulica

Zoals vroeger (BMM, 2006, 2007, 2009; Rumes *et al.*, 2011, 2012a, 2013d) reeds was gesteld, wordt verwacht dat de effecten op de stromingen en de golven zeer lokaal blijven. Er wordt niet verwacht dat door de installatie van de windturbines de stromingen en de bijhorende bodemspanningen in belangrijke mate zullen veranderen. Er wordt dus verwacht dat de milieudoelen die België zich gesteld heeft in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (Belgische Staat, 2012a) niet in gevaar zullen worden gebracht.

6.2.6 Vrijkomen van de kabels

Zoals reeds in Rumes *et al.* (2011) werd vermeld, kunnen door de migratie van zandgolven de kabels vrij komen te liggen. Uitgaande van migratiesnelheden tussen 1 en 3 m per jaar en het feit dat de kabel 1,8 m diep ingegraven ligt, schatten Galagan *et al.* (2005) dat de kabels zouden kunnen komen bloot te liggen na 6 tot 18 jaar. Ook in DECC (2008a, 2008b) wordt vermeld dat de natuurlijke variatie van bepaalde zandbanken gemakkelijk 1,5 m kan bedragen, waardoor de kabels aan de oppervlakte zouden kunnen komen te liggen. Bovendien worden er ook opmetingen beschreven waarbij de kabels vrij kwamen door secundaire erosie.

Uit literatuur blijkt bovendien dat de schatting van deze migratiesnelheden van 1 tot 3 m per jaar aan de lage kant zijn. Andere schattingen spreken van migratiesnelheden tot 7,5 m/jaar (Drost, 2009), tot 10 meter per jaar (Németh, 2003; Roos, 2008), of tot 10-tallen meters per jaar (Morelissen *et al.*, 2003; IJzer, 2010). Bolle *et al.* (2013a) vermeldt dat de migratiesnelheid van de duinen in het gebied van de Belgische windparken tussen 1 en 7 m per jaar zijn.

Als gevolg van migrerende zandduinen, werden zowel bij de kabels van het C-Power als van het Belwind windpark waargenomen dat op sommige plaatsen, door de migratie van zandduinen, de kabels onvoldoende diep komen te liggen (Van den Eynde *et al.*, 2013b), zodat bijkomende bestortingen nodig waren. C-Power heeft daarom beslist om een tweede exportkabel niet op 1 m onder de zeebodem, maar, in een gebied met migrerende zandduinen, de kabel te begraven 1 m onder de basis van de zandduinen. Er wordt, uitgaande van deze ervaring, aanbevolen, om dit ook toe te passen voor de exportkabels van het NORTHWESTER 2 windpark.

Het blijft verder belangrijk dat de begraving van de exportkabels regelmatig gecontroleerd wordt.

6.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Voor de constructie en de ontmanteling van het NORTHWESTER 2 windpark inclusief kabels zijn er op het vlak van hydrodynamica en sedimentologie geen cumulatieve of grensoverschrijdende effecten te voorzien met uitzondering van de mogelijke verhoging van de turbiditeit door het ontstaan van persistente sedimentpluimen rond de monopiles (of de jacketfunderingen) van de windturbines. De oorsprong, frequentie en uitgebreidheid en impact van deze sedimentpluimen is echter nog niet voldoende gekend. Het wordt dan ook gesteld dat een bijkomende monitoring nodig is, die toe zal staan om het voorkomen van deze sedimentpluimen en de mogelijke impact op de mariene ecologie te onderzoeken.

6.4 Besluit

6.4.1 Aanvaardbaarheid

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen tijdens de exploitatiefase, het in suspensie brengen van bodemmateriaal door jetting en ploegen, het mogelijk ontstaan van sedimentpluimen achter de turbines en het mogelijk vrijkomen van de kabels. Erosie wordt tegengegaan door het aanbrengen van een erosiebescherming. Bij het gebruik van gravitaire funderingen zal bovendien een aanzienlijke hoeveelheid zand en klei gebaggerd worden en terug in zee gestort worden. Ook bij de installatie van de exportkabels is het mogelijk dat een aanzienlijke hoeveelheid zand en klei zal gebaggerd en terug in zee gestort worden. In dit laatste geval is het mogelijk dat een bijkomende monitoring wordt

opgelegd. Het ontstaan van sedimentpluimen rond de monopiles is niet goed gekend en hiervoor wordt dan ook een monitoring opgelegd.

Er kan gesteld worden dat wat betreft de hydrodynamica, de sedimentdynamica en de morfologie er geen belangrijke effecten verwacht worden voor het mariene milieu en dat het project aanvaardbaar is mits inachtneming van volgende onderstaande voorwaarden.

6.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

6.4.2.1 Voorwaarden

- Voordat met de werkzaamheden wordt begonnen, voert de houder een gedetailleerd onderzoek uit naar de bodemgesteldheid en bodemvormen ter plekke van de funderingen van de windturbines in verband met de keuze tussen de types funderingen. De ruwe data en resultaten van het bodemonderzoek worden voor de start van de werken ter kennis gebracht van de BMM.
- Voorafgaand aan de werken moet de vergunninghouder contact opnemen met de BMM dat, op basis van de concrete bouwplannen en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.
- De houder moet de BMM op de hoogte brengen van de finale locaties, afmetingen en samenstelling van de erosiebescherming, zowel in het park als langs het kabeltracé. Hij moet door een adequate monitoring verzekeren dat er geen belangrijke erosiekuilen optreden die de stabiliteit van de palen in gevaar kunnen brengen.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingsdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.
- In gebieden met migrerende zandduinen moeten de kabels niet op minimale begravingsdiepte onder de zeebodem worden gelegd, maar op een minimale begravingsdiepte onder de basis van de migrerende zandduinen.
- Het bijkomende zand, dat moet gebaggerd worden voor de opvullen van de funderingen en funderingsputten bij gravitaire funderingen kan niet in de concessiezone zelf worden gewonnen. Dit moet, zoals alle zandwinning, gebeuren in één van de daarvoor voorziene en/of aangeduide extractiezones.
- Indien de vergunninghouder gebruik maakt van gravitaire funderingen of van de suction bucket techniek, dan wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de mogelijke verhoging van de turbiditeit kan begroten.
- Indien de vergunninghouder gebruik maakt van gravitaire funderingen, dan wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de evolutie van de zandhopen ter hoogte van het windpark opvolgt, zolang de zandhopen aanwezig zijn.
- Voordat met leggen van de kabels wordt begonnen, voert de houder een gedetailleerd onderzoek uit naar de bodemgesteldheid en bodemvormen. De ruwe data en resultaten van het bodemonderzoek worden voor de start van de werken ter kennis gebracht van de BMM.
- Wanneer er bij het leggen van de kabels baggerwerken zullen worden uitgevoerd, dient de vergunninghouder, voorafgaand aan de werken, contact op te nemen met de BMM dat, op basis van de concrete bouwplannen, een schatting van de hoeveelheid materiaal dat zal uitgegraven en gestockeerd worden, en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het

uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.

- In het geval zeer aanzienlijke hoeveelheden zullen gebaggerd en gestort worden voor de installatie van de kabels, is het mogelijk dat een bijkomende monitoring wordt opgelegd, die de evolutie van de zandhopen opvolgt.
- Het ontstaan van de sedimentpluimen rond de funderingen van de windturbines is een recente bezorgdheid. De oorzaak van deze sedimentpluimen en de mogelijke impact op het mariene milieu is niet goed gekend. Daarom wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de mogelijke verhoging van de turbiditeit door de generatie van sedimentpluimen achter de monopiles verder onderzoekt.

6.4.2.2 Aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke aanbevelingen voor dit onderdeel.

6.5 Monitoring

In DECC (2008a; 2008b) wordt een overzicht gegeven van de kennis die werd vergaard in het Verenigd Koninkrijk aan de hand van de 'Round 1' windparken en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek en geschikte monitoring. Bovendien werden deze conclusies aangescherpt in de rapporten van ABPmer et al. (2010) en CEFAS (2010). De belangrijkste conclusies en aanbevelingen werden reeds gegeven in BMM (2009) en Rumes et al. (2011, 2012a, 2013a, c) en er wordt dan ook naar deze rapporten verwezen voor meer informatie hierover.

De doelstellingen van deze monitoring zijn:

- bepalen van turbulentie en de stromingen in het gebied en bepalen van de effecten van de constructie van het windpark en van de exploitatie van het park op de turbulentie, bij de toepassing van gravitaire funderingen of bij het gebruik van de suction bucket techniek;
- bepaling van de eventuele verplaatsing van het gestorte zand, bij de toepassing van gravitaire funderingen en/of bij het uitvoeren van belangrijke baggerwerken voor de installatie van de kabels;
- controle van het optreden van erosiekuilen rond de palen;
- controle van de bedekking van de exportkabels;
- onderzoek naar de oorzaken en de mogelijke gevolgen van de sedimentpluimen die worden waargenomen rond de monopiles van de windturbines.

6.5.1. Turbiditeit

6.5.1.1 Gravitaire fundering en/of suction bucket techniek

Bij het gebruik van gravitaire funderingen zal er een zeer belangrijke hoeveelheid zand en vooral klei worden gebaggerd en in de concessiezone gestort. Volgens het MER zal er voor de basisconfiguratie van 35 windturbines 2.268.000 m³ zand en klei in het concessiegebied tijdelijk gestockeerd worden, alvorens het, uitgaande van de bagger- en stortverliezen van 30 %, volledig zal worden herbruikt bij de hervullen en opvullen van de funderingen en van de funderingsputten. Voor het worst-case scenario van 59 windturbines (in configuratie 2) kan deze hoeveelheid oplopen tot 3.780.000 m³. Aangezien het hier niet over enkel zand gaat maar dat het ook mogelijk is dat Tertiaire kleien zullen worden opgebaggerd, is het niet zeker dat de turbiditeitsverhoging nog steeds beperkt zal blijven. Daarom wordt bij het gebruik van gravitaire funderingen een monitoring gevraagd van de invloed van de werken en van de funderingen op de turbiditeit. Deze verhoging van de turbiditeit kan eventueel belangrijke invloeden hebben op de benthos (zie Hoofdstuk 10). Dit werd ook zo aanbevolen door de Britse autoriteiten (DECC, 2008a).

Ook in het geval de suction bucket techniek wordt gebruikt, is er een leemte van de kennis van de mogelijke verhoging van de turbiditeit, als gevolg van het storten van het opgezogen materiaal. Ook in dit geval wordt een bijkomende monitoring van de invloed van de werken op de turbiditeit opgelegd.

In deze gevallen zullen vóór de werken (bij gebruik van gravitaire funderingen en bij toepassing van de suction bucket techniek), tijdens de werken (bij gravitaire funderingen en toepassing van de suction bucket techniek) en na de werken (enkel bij gravitaire funderingen), metingen worden uitgevoerd van de waterhoogtes, stromingen en golven en van de turbiditeit.

In tegenstelling tot de aanbevelingen van DECC (2008a), wordt in Van den Eynde *et al.* (2010) geargumenteed dat het het zoeken van “controlegebieden” niet evident is en dat verschillende gebieden onder andere invloeden kunnen staan en dat natuurlijke variabiliteit anders kan zijn. Daarom wordt er aanbevolen om op slechts één plaats te meten, dicht bij of in het concessiegebied, maar lang genoeg te meten, om voldoende informatie te hebben over de natuurlijke variabiliteit en zo de invloed van de werken en van de constructies op een zinvolle statistische manier te kunnen bepalen. Deze techniek werd bijvoorbeeld toegepast om de veranderingen van de turbiditeit te analyseren tijdens dumpingsexperimenten ter hoogte van de haven van Zeebrugge (Lauwaert *et al.*, 2009).

Er wordt bijgevolg gesteld dat de metingen worden uitgevoerd in één punt dicht bij (of in) de concessiezone. Deze metingen worden uitgevoerd voor de werken, tijdens de werken en na de werken (enkel bij gravitaire funderingen), steeds over een periode van minimum 3 maanden, waarvan 1,5 maand in de herfst-winterperiode, en 1,5 maand in de lente-zomerperiode.

De stroommetingen zullen worden uitgevoerd met een ADCP. De metingen van de golven en van de turbiditeit zullen worden uitgevoerd door het plaatsen van een frame of tripode op de zeebodem, waarop de nodige instrumenten kunnen gemonteerd worden. Bovendien moet ook de calibratiecurve bepaald worden tussen de opgemeten turbiditeit en de materie in suspensie. Dit moet gebeuren door het gelijktijdig nemen van *in-situ* waterstalen die dan gefilterd kunnen worden ter bepaling van de materie in suspensie. Een minimum van 40 waterstalen moet worden genomen voor de bepaling van deze calibratiecurve.

De resultaten van deze opmetingen zal bestaan uit een aantal tijdreeksen van de stromingen, de waterhoogtes, de golfhogtes en de turbiditeit over een langere periode. Bovendien zullen de calibratiecurves tussen de opgemeten turbiditeit en de materie in suspensie worden opgesteld, zodat ook de tijdreeksen van de materie in suspensie zal beschikbaar zijn.

Voor de verschillende periodes zal een vergelijking worden uitgevoerd tussen de materie in suspensie voor, tijdens en na de werken. Door een grondige analyse van al deze tijdreeksen (zie Lauwaert *et al.*, 2009) zal een schatting worden gemaakt van de verhoging van de turbiditeit ten gevolge van de werken en ten gevolge van de exploitatie van het park.

Merk op dat indien voor de aanvang van de werken reeds duidelijk werd aangetoond dat ook bij het gebruik van gravitaire funderingen of bij toepassing van de suction bucket techniek de verhoging van de turbiditeit beperkt blijft, bijvoorbeeld na monitoring in het Norther, Seastar, Rentel of Mermaid windpark, er kan overwogen worden om, na schriftelijke bevestiging van de BMM, deze monitoring achterwege te laten.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.1.

6.5.1.2 Sedimentpluimen

Recent onderzoek heeft uitgewezen dat de monopiles en jacketfunderingen van de windturbines turbiditeitspluimen kunnen genereren. Ook in het NORTHWESTER 2 park kunnen monopiles of jacketfunderingen worden geïnstalleerd. De juiste oorzaak van deze turbiditeitspluimen is nog niet gekend. Er zijn twee hypothesen, enerzijds het uitwassen van het fijn materiaal uit de zeebodem door de vortices aan de pijlers en anderzijds de faeces en pseudofaeces van de waterfiltrerende fauna rond en op de pijlers. Uit de tot nu toe beschikbare data weten we dat de pluimen geen tijdelijk effect zijn en dat ze zowel aan het oppervlak als in de waterkolom werden waargenomen. De impact van deze sedimentpluimen op het mariene milieu is niet gekend. Het is echter duidelijk dat een continue verhoging van de turbiditeit rond de windturbines een negatieve impact kan hebben op de ecologie (Degraer et al., 2013a).

Deze monitoring wil de oorzaak, de geografische uitgebreidheid, de temporele variatie van de turbiditeitspluimen alsook de mogelijke impacten ervan op het mariene milieu onderzoeken.

De beste aanpak voor deze monitoring is op het ogenblik nog niet duidelijk. Bottom mounted ADCPs, hull-mounted ADCPs (RV Belgica) en tripodes kunnen worden ingezet om gedurende langere periodes stromingen, golven, turbulentie, SPM concentratie en partikelgrootte van het suspensiemateriaal te meten. Met behulp van de bottom-mounted ADCP metingen kan ook het concentratieprofiel aan materie in suspensie (SPM) worden opgemeten, zodat informatie over de verdeling van de sedimentpluimen in de waterkolom kan bekomen worden. Deze ADCP metingen kunnen ook gebruikt worden om de turbulentie achter de windturbines te meten. Veranderingen in turbulentie kunnen een indicatie zijn van een veranderende sedimentdynamica. Stalen van het suspensiemateriaal en of van de bodem zullen genomen worden om de optische en akoestische signalen te calibreren naar SPM concentratie. De hull-mounted ADCP metingen aan boord van de RV Belgica alsook satellietbeelden kunnen gebruikt worden om de geografische uitgebreidheid van de pluimen te begroten. Om de temporele variatie van deze turbiditeitspluimen tengevolge van getij, springtij-doodtij cyclus, stormen en seizoenen te kennen zullen de metingen moeten worden uitgevoerd over voldoende lange periodes en in verschillende situaties.

Het is verder nodig inzicht te krijgen in de oorzaak van de sedimentpluimen. Hiervoor zullen waterstalen worden genomen in de sedimentpluimen en stalen van de epifauna. Ook de metingen van de partikelgrootte van het suspensiemateriaal met behulp van in situ vlokcameras, holografische cameras en/of laserdiffractometers die aan de tripode kunnen worden bevestigd zullen bijdragen om de herkomst van de deeltjes te achterhalen. Een analyse van de samenstelling van het suspensie en/of bodemmateriaal kan een eventuele aanreiking aan organisch materiaal duidelijk maken, wat een indicatie kan zijn van hun herkomst.

Hydrodynamische, golf- en sedimenttransportmodellen kunnen worden toegepast om beter inzicht te verwerven in de processen, die van belang zijn, of die de monitoring kunnen sturen. We denken hier bv aan simulaties van de geografische verspreiding van de turbiditeitspluimen tijdens verschillende weers- en getijomstandigheden en het bepalen van geschikte staalnameposities en verankeringspositie van meetappatuur.

Het monitoringsplan zal zodanig worden opgesteld, dat bijsturingen aan de hand van de verkregen resultaten, kunnen worden opgenomen.

Deze monitoring wordt samengevat in Tabel 6.2.

6.5.2. Verplaatsing van het gestorte zand en klei

In het geval gravitaire funderingen zullen worden gebruikt, zal een aanzienlijke hoeveelheid zand

worden gebaggerd en op stortplaatsen binnen de concessiezone worden gestockeerd. Het is ook mogelijk dat door het uitgraven van een sleuf langsheen het hele kabeltracé, er een aanzienlijke hoeveelheid zand zal worden gebaggerd en tijdelijk gestockeerd. In dit geval moeten tijdens en na de werken de positie van het gestorte zand en klei worden opgemeten. De morfologie op de stortplaats moet worden opgemeten voor het storten van het specie, als referentiemeting, en vervolgens direct na de stortingen, na 1 maand, na de eerste storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar, en 1 maand na die storm. De bathymetrie zal met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten. Na elke meetcampagne van de bathymetrie van het zand op de stortplaatsen zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen van het zand op de stortplaatsen duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Nadat het gestockeerde zand volledig terug werd gebruikt, is er geen bijkomende monitoring meer nodig van het gebied, waar de zandstortingen werden uitgevoerd.

Merk op dat indien voor de aanvang van de werken reeds duidelijk is wat de verplaatsingen zijn van het gestorte zand en klei, bijvoorbeeld na monitoring in het Norther, Rentel, Seastar of Mermaid windpark, er kan overwogen worden om deze monitoring achterwege te laten.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.3.

6.5.3. Erosie rond de palen of gravitaire funderingen

Na de werken moet de evolutie van de morfologie rond de turbines regelmatig worden opgemeten. De morfologie moet worden opgemeten voor het plaatsen van de turbines, als referentiemeting, en vervolgens direct na het plaatsen van de turbines, na 1 maand, na de eerste storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar en 1 maand na die storm. Verder moet gedurende de eerste drie jaren jaarlijks een opmeting van de morfologie rond de turbines worden uitgevoerd. Vervolgens wordt de bathymetrie opgemeten elke 5 jaar.

De metingen worden minstens uitgevoerd rond de windturbines op de in het meest ondiepe en het diepste punt van het concessiegebied en op de noordelijke hoekpunten van het windpark, waar het grootste sedimenttransport verwacht wordt. Het lijkt bovendien vanuit ingenieursaspecten veilig om, zoals aanbevolen door DECC (2008a), minstens 25 % van de turbines te monitoren voor het controleren van de erosiebescherming en voor het optreden van mogelijke secundaire erosie.

De bathymetrie zal best met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten over een gebied met een diameter van 100 m rond de fundering, zodat de erosiebescherming zelf wordt opgemeten en het gebied rond de erosiebescherming, waar ook nieuwe erosieputten eventueel kunnen optreden. Na elke meetcampagne van de bathymetrie zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen van het gebied worden duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.4.

6.5.4. Erosie langs het tracé van de exportkabel

Na de werken moeten ook de diepte van ingraving van de exportkabel regelmatig worden gecontroleerd. De morfologie moet worden opgemeten voor de plaatsing van de kabel, als referentiemeting, na de eerste zware storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar, en 1 maand na die

storm. Verder moet gedurende de eerste vijf jaar één maal per jaar het hele kabeltracé worden gecontroleerd. Na deze eerste vijf jaar worden de resultaten geanalyseerd en kunnen de zones bepaald worden waar verdere controle nodig blijft. De bathymetrie zal best met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten.

Na elke meetcampagne van de bathymetrie ter hoogte van het kabeltracé zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen langsheen het kabeltracé duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.5.

6.5.5. Rapportering

Elk jaar van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk telkens 2 maanden na het aflopen van het jaar van de monitoring bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de metingen in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de windparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM.

6.5.6. Samenvatting

De monitoring wordt samengevat in volgende tabellen:

Tabel 6.1: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: turbiditeit

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	Controle van de verhoging van de turbiditeit, bij het gebruik van gravitaire funderingen en bij de toepassing van de suction bucket techniek.		
Doel	Controle van de verhoging van de turbiditeit, tijdens en na de werken (dit laatste enkel bij gravitaire funderingen)		
Timing	Voor het begin van de werken	Tijdens de werken	Na de werken (bij gravitaire funderingen)
Methode	• Metingen gedurende 3 maanden (1,5 maand in de herfst-winter periode, 1,5 maand in de lente-zomer periode) in een punt dicht bij het concessiegebied • Gebruik van ADCP voor het meting van de stromingen • Gebruik van een druksensor of golfboei voor het meten van de golven • Gebruik van een frame dat op de bodem kan worden geplaatst voor de meting van de turbiditeit met behulp van OBS sensoren. Gelijktijdige staalname van water voor calibratie van de OBS sensoren.		
Presentatie	Rapport en digitale data		

Tabel 6.2: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: ontstaan en effecten van sedimentpluimen rond de windturbines

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	Metingen van de frequentie en uitgebreidheid van de sedimentpluimen rond de windturbines		
Doel	Inzicht in de effecten van deze sedimentpluimen op het mariene ecosysteem		
Timing	Metingen mogelijk in andere windparken	-	Metingen rond de windturbines, gedurende springtij-doodtijcyclus en in het zomer- en winterseizoen
Methode	Een uitgebreid monitoringsplan zal worden opgesteld, voorafgaand aan de start van de monitoring. Metingen omvatten mogelijk metingen met bottom mounted ADCP, met bottom landers voor het meten van stromingen, golven, turbiditeit, turbulentie, nemen van bodemstalen, gebruik van satellietbeelden, metingen met hull-mounted ADCP op RV Belgica, mogelijke toepassing van sedimenttransportmodellen. Het monitoringsplan kan worden bijgestuurd aan de hand van voorlopige resultaten.		
Presentatie	-	-	Rapport na de metingen

Tabel 6.3: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: evolutie van de zandhopen

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	In het geval van gravitaire funderingen alleen of in het geval aanzienlijke baggerwerken worden uitgevoerd bij de installatie van de kabels: evolutie van de zand- en kleiophopen, tot het zand terug hergebruikt werd		
Doel	Evolutie van de zandhopen ter hoogte van het windpark		
Timing	Voor het begin van de werken	• Direct na het storten van de zandhopen	• Een maand na het plaatsen van de zandhopen, na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm • Daarna evaluatie
Methode	Multibeam		
Presentatie	Rapport Jaar 0	Rapport na werken	Rapport na de metingen

Tabel 6.4: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: evolutie van de erosie

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	Evolutie van de bathymetrie		
Doel	Evolutie van de bodem ter hoogte van het windpark, controle van het mogelijke ontstaan van erosieputten en van secundaire erosieputten en –geulen		
Timing	Voor het begin van de werken	• Direct na het plaatsen van de palen of gravitaire funde-ringen	• Een maand na het plaatsen van de palen, na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm • Jaarlijks gedurende de eerste drie jaren • Daarna 1 keer per vijf jaar
Methode	Multibeam		
Presentatie	Rapport Jaar 0	Rapport na werken	Rapport na de metingen

Tabel 6.5: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: bedekking van de kabels

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	Evolutie van de bodem ter hoogte van de kabels		
Doel	Evolutie van de bodem ter hoogte van het kabeltracé, verzekering van de bedekking van de kabels		
Timing	Voor het begin van de werken	Niet van toepassing	• Na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm. • Jaarlijks gedurende de eerste vijf jaren • Daarna evaluatie
Methode	Multibeam		
Presentatie	Rapport Jaar 0		Rapport na elke campagne

7. Geluid en seismisch onderzoek

- Voor wat betreft onderwatergeluid zal het geluidsniveau veroorzaakt door een verhoogde intensiteit van scheepvaart, baggerwerken, plaatsing van een gravitaire fundering, gebruik van de suction bucket techniek en storten van erosiebescherming, beperkt zijn. De mogelijke effecten van deze activiteiten, zijn voor wat betreft hun geluidsemissies aanvaardbaar voor alle configuraties.
- Ook de installatie van de park-, verbindings- en/of exportkabels zal op een aantal manieren een toename van het geluidsdrukkniveau veroorzaken: door het jetten of trenchen van de kabel(s), het storten van erosiebeschermingsstenen, door het geluid van de schepen betrokken bij de werkzaamheden en mogelijk door het 'pre-sweepen' van delen van het tracé;
- Indien er palen geheid worden, zal het hierdoor veroorzaakte onderwatergeluid van een niveau zijn waarbij significante effecten optreden bij zeezoogdieren en mogelijk ook andere componenten van het ecosysteem. Deze effecten kunnen optreden over een zeer groot, grensoverschrijdend gebied. Het heien van monopile en jacket funderingen is bijgevolg enkel aanvaardbaar mits een strikte inachtnaam van mitigerende maatregelen, voorwaarden en een intensief monitoringsprogramma. Indien aan deze vereisten voldaan wordt, valt het niet te verwachten dat er significante en langdurige effecten zouden optreden in de NATURA 2000 gebieden in Belgische en buitenlandse wateren.
- Indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) desondanks hoger blijkt dan 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de bron, zal de vergunde activiteit nadelige effecten hebben op het mariene milieu en de goede milieutoestand en zal de vergunninghouder verplicht worden om de nodige compensaties in milieuvoordelen te verrichten.
- Het onderwatergeluid van de windturbines en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase vormen een leemte in de kennis, maar eventuele effecten blijven hoogstwaarschijnlijk beperkt tot een aantal gevoelige soorten binnen het concessiegebied en anderzijds de locatie van eventuele onderhouds- en herstelwerkzaamheden. Gezien het onderwatergeluid van de windturbines tijdens de exploitatiefase een leemte in de kennis betreft, dient ook hier een monitoring te worden uitgevoerd.
- Gezien de beperkte geluidsniveaus en de afstand tot de kust, zijn de potentiële effecten van het geluid boven water voor alle scenario's en technieken aanvaardbaar.
- Het seismisch onderzoek is plaatselijk en sterk beperkt in tijd. Vandaar dat het project, mits het naleven van de bestaande wetgeving en een aantal voorwaarden, voor wat betreft het uitvoeren van seismisch onderzoek aanvaardbaar is.

7.1 Inleiding

7.1.1 Onderwatergeluid

De wereldwijde toename van het onderwatergeluid geproduceerd door menselijke activiteiten wordt beschouwd als een potentiële bedreiging voor het mariene milieu. Boyd *et al.* (2008) identificeerden de volgende menselijke activiteiten die onderwatergeluid produceren op een niveau dat mogelijk schadelijk kan zijn voor het mariene leven: explosies, hei-activiteiten, intense laag- en midden-frequente sonar, dreggen, boren, over de bodem gesleept vistuig, scheepvaart, akoestische afschrikmiddelen, overvliegende vliegtuigen (inclusief supersonische knallen), en luchtpistolen. Op Europees niveau wordt deze problematiek o.a. aangekaart in de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (MSFD). De MSFD definieert de goede milieutoestand voor energie, waaronder

onderwatergeluid als volgt: “toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent”. België heeft volgende milieudoelen en daarmee samenhangende indicatoren gedefinieerd voor onderwatergeluid (Belgische Staat, 2012a):

- Het niveau van antropogene impulsgeluiden is lager dan 185 dB re 1 μ Pa (nul tot piekniveau) op 750 m van de bron.
- Geen positieve tendensen in de jaarlijkse gemiddelde omgevingslawaaniveaus binnen de 1/3-octaaftanden 63 en 125 Hz.

Het eerste milieudoel is van toepassing op de relatief kortstondige geluidsdruk van impulsgeluiden (dus ook heigeluid). Het andere betreft het aanhoudende achtergrondgeluid.

7.1.2 Geluid boven water

De bouw en exploitatie van offshore windparken zal geluid boven het water genereren dat zich voortplant in de atmosfeer. De hoogste geluidsniveaus kunnen verwacht worden tijdens de bouwfase van het windpark, in het bijzonder als er geheid zal worden. In mei 2011 werd dit geluidsniveau bepaald tijdens het heien van de pinpiles van de jacket funderingen van C-Power, dit synchroon met de metingen van het onderwatergeluid (Dekoninck en Botteldooren, 2011). Een maximale geluidstoename met pieken tot meer dan 90 dB(A) werd geregistreerd op 280 m afstand van de werken. In vergelijking met het achtergrondgeluid werd er op deze afstand een toename van 56 naar 83 dB(A) vastgesteld in de L5_1S⁴. Deze geluidstoename is echter beperkt tot de periode waarin effectief geheid wordt (zie hieronder).

Ook tijdens de operationele fase (~20 jaar) wordt een verhoging van het geluidsniveau waargenomen. Dekoninck en Botteldooren (2010) konden een geluidsniveau van 50 dB (A) opmeten op enkele tientallen meter afstand van een operationele windturbine op de Thorntonbank en dit voor de frequentie van 1,25 kHz. Daarnaast werd het operationeel geluid van de windturbines bij verschillende weersomstandigheden gemeten met behulp van een vaste meetpost op het platform onderaan één van de 5 MW turbines op de Thorntonbank (Dekoninck en Botteldooren, 2010). Een toename van de geluidsdruk proportioneel aan de windsnelheid en dus ook de omwentelingssnelheid van de wieken werd waargenomen. Het geluidsniveau bereikte een maximum van 65 dB(A) voor een windsnelheid van 12 m/s hetgeen overeenkwam met de maximale productie tijdens de periode van de metingen. Let wel, geluid boven water en onderwatergeluid worden niet gemeten met dezelfde eenheden. Een geluidsniveau van 65 dB (A) is vergelijkbaar met het geluid geproduceerd door een zware vrachtwagen die op 300 m afstand aan een snelheid van 50 km/h voorbij komt gereden. De afstandsdemping zorgt er voor dat op 500 meter van windturbines het geluid sterk afneemt (tot op een niveau vergelijkbaar met het achtergrondgeluid).

7.1.3 Seismisch onderzoek

Het brongeluidsniveau (nul tot max. level) bij seismisch onderzoek zoals bij olie- en gasexploratie bedraagt 211-256 dB re 1 μ Pa (OSPAR, 2009). De piekniveaus liggen bij deze bronnen meestal bij frequenties lager dan 250 Hz, met pieken in energie tussen 10 en 120 Hz (OSPAR, 2009). Sparkers, boomers en pingers worden gebruikt bij de karakterisatie van zachte sedimenten in ondiep water. Ze werken meestal bij hogere frequenties (0.8 tot 10 kHz), gezien een hoge resolutie vereist wordt in plaats van diepe penetratie, en worden gekarakteriseerd door bronniveaus (@1 m) van 204-220 dB

⁴ De L5_1S is de hoogste 5 percentiel van het opgenomen geluidsniveau binnen een periode van 1 seconde (over een totaal van 600 opnames).

(rms) re 1 μ Pa (OSPAR, 2009). Bij de voorbereidingsfase van het NORTHWESTER 2 project zal bijkomend geofysisch onderzoek uitgevoerd worden in het voorziene windpark en langs het traject van de kabels (IMDC, 2014a).

7.2 Te verwachten effecten

7.2.1 Onderwatergeluid

Het onderwatergeluid veroorzaakt door de bouw, de exploitatie en in de toekomst ook de ontmanteling van offshore energieparken en de ecologische impact van dit onderwatergeluid worden momenteel intensief onderzocht (Huddelston, 2010). Wanneer dit onderwatergeluid wordt geëvalueerd, moeten vier verschillende fasen tijdens de levenscyclus van een offshore windpark worden onderscheiden: (1) vóór de constructie - de referentiesituatie, (2) de bouwfase, (3) de exploitatiefase en (4) de ontmantelingsfase (Nedwell en Howell, 2004).

Voor het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) werden reeds verschillende studies uitgevoerd over de eerste drie fasen.

De referentiesituatie op de Thorntonbank en de Bligh Bank werden gedocumenteerd in respectievelijk Henriët *et al.*, (2006) en Haelters *et al.*, (2009). Beide referentiesituaties resulteerden in gelijkaardige spectra met een geluidsdruk niveau (SPL - Sound Pressure Level, nul tot piekniveau) net boven de 100 dB re 1 μ Pa voor de Thorntonbank en net onder de 100 dB re 1 μ Pa voor de Bligh Bank. In gelijkaardige meteorologische omstandigheden werd ook op de Lodewijkbank een gelijkaardig spectrum en geluidsdruk niveau gemeten (Alain Norro, unpublished data).

De bouwfase werd gedocumenteerd in Haelters *et al.*, (2009) voor de zes windturbines met GBF op de Thorntonbank en in Norro *et al.* (2010, 2013) voor het heien van monopile en jacket funderingen op respectievelijk de Bligh Bank en Thorntonbank.

De eerste metingen van het geluid van windturbines tijdens de operationele fase demonstreren een beperkte toename van de geluidsdruk die niet verder reikt dan het concessiegebied (Norro *et al.*, 2013).

Op dit moment is er weinig gekend over de mogelijke toename in het geluidsdruk niveau tijdens de ontmantelingsfase van windparken. Desalniettemin worden er, afhankelijk van de gebruikte technieken, belangrijke, maar kortstondige stijgingen in geluidsdruk verwacht.

7.2.1.1 Constructiefase

Op basis van de metingen op de Thorntonbank werd besloten dat de installatie van GBF niet beschouwd dient te worden als een activiteit die een grote toename van het geluidsdruk niveau tijdens de bouwfase veroorzaakt (Norro *et al.*, 2013).

Zoals vermeld in het MER (IMDC, 2014a) wordt de belangrijkste impact veroorzaakt tijdens het heien in de bouwfase. Tijdens het heien werd een maximale geluidsdruk (nul tot piekniveau op 750 m van de bron) gemeten variërende van 172 dB re 1 μ Pa voor pinpalen (1,8 m diameter, C-Power) tot 194 dB re 1 μ Pa voor monopalen van 5 m diameter (Belwind en Northwind, Norro 2013). Sound exposure levels (SEL) werden berekend en zijn voor dezelfde metingen respectievelijk 151 db re 1 μ Pa²s en 166 dB re 1 μ Pa²s. Hierbij dient rekening gehouden te worden dat bij de bepaling van de impact van onderwatergeluid op mariene leven, de blootstellingstijd aan dit onderwatergeluid een

belangrijke rol speelt. De gemiddelde tijd vereist voor het heien van een jacket fundering (met vier pinpiles) was ~2,5 keer langer dan voor een monopile fundering.

Over de geluidsniveaus veroorzaakt bij het gebruik van de suction bucket techniek is weinig bekend, maar het valt te verwachten dat deze beduidend lager zullen zijn dan tijdens het heien.

Nehls et al. (2007) en Betke (2008) vergelijken het heigeluid in 10 sites gelegen in Duitsland, Nederland, het Verenigd Koninkrijk en België (Tabel 7.1). De velddata werden genormaliseerd naar 750 m afstand. Het piekniveau L_{z-p} varieerde van 183 dB re 1 μ Pa voor een paal van 0,9 m diameter (Jade haven constructie in Duitsland, 2005) tot 200 dB re 1 μ Pa voor een paal van 4m diameter (Q7 windpark in Nederland). Al deze waarden werden verkregen voor heien zonder mitigerende maatregelen.

Tabel 7.1. Vergelijking van het onderwatergeluid bij het heien tijdens de bouwphase zonder mitigerende maatregelen. Nul tot piek niveau (L_{z-p}) in dB re 1 μ Pa gerenormaliseerd naar 750m en Sound exposure level (SEL) in dB re 1 μ Pa²s (aangepast van Betke (2008) met data van Norro et al (2013), de Jong en Ainslie (2008), en Theobald et al., 2011 voor het Sheringham shoal windpark.)

Locatie	Diameter van de paal (m)	Max SEL (750m) re 1 μ Pa ² s.	L_{z-p} 750 m re 1 μ Pa
Port construction, 2005	0,9	157	183
Port construction, 2005	1	159	185
Fino 1, 2003	1,6	162	184
C-Power phase 2&3, 2011	1,8	178	189
Alpha Ventus, 2008	2,7	174	199
Utgrunden, 2000	3	166	n/a
Sky 2000, 2002	3	163	189
Fino 2, 2006	3,3	169	189
Amrumbank West, 2005	3,5	171	191
Horns Rev II, 2008	3,9	176	195
North Hoyle, 2003	4	n/a	194
Q7, 2007	4	177	200
Barrow, 2005	4,7	n/a	195
Fino, 2008	4,7	172	196
Belwind, 2010	5,0	166	194
Sheringham Shoal, 2011	5,1	n/a	198
Northwind, 2013	5,0	n/a	196

Algemeen kan gesteld worden dat er een toename is in het geluidsdrukniveau met een toename in de diameter van de geheide paal. Een poging om een relatie te vinden tussen de diameter van de paal en het geproduceerde piekniveau werd ondernomen door Parvin et al. (2006), geciteerd in Nehls et al. (2007). Volgend lineair model werd verkregen: $L_{z-p} @ 750m = 185.5 + 2.4 \cdot (Pile\ diameter\ in\ m)$

Indien we deze lineaire vergelijking toepassen op een monopaal van 7 m diameter (maximale waarde voorzien in dit project) wordt een L_{z-p} verkregen van ongeveer 202 dB re 1 μ Pa op 750 m afstand terwijl voor de 2,5 m diameter pinpile die voorzien wordt in dit project, een waarde van 191 dB re 1 μ Pa op 750 m afstand wordt verkregen. Het is duidelijk dat bij gebruik van dergelijke afmetingen

voor de palen mitigerende maatregelen zullen moeten worden gebruikt om het onderwatergeluid niveau dat gegenereerd wordt tijdens de bouw, onder de door België vooropgestelde limiet van 185dB re 1 μ Pa op 750 m te krijgen/houden.

Er bestaan oplossingen om de geluidsdrumniveaus van het heien te beperken (Salee, 2011; Luke et al, 2011, Nehls et al., 2007, OSPAR_ICG_Noise & Germany, 2014). Water is een dicht en bijna onsamendrukbaar medium en een verzwakking van het geluid is mogelijk indien een tweede, meer samendrukbaar en minder dicht medium kan worden geïnstalleerd in het pad van de geluidsvoortplanting. Dit werd reeds getest op zee door gebruik te maken van gordijnen die werden ingezet rond de palen en die gemaakt waren van luchtbellens of schuim (Nehls et al, 2007). Een vermindering van ongeveer 20 dB re 1 μ Pa werd bekomen met deze techniek. De sterke getijdestroom aanwezig in het gedeelte van het BDNZ zone waar het NORTHWESTER 2 windpark zou worden geïnstalleerd, vormt een extra moeilijkheid voor het gebruik van dergelijke technieken, maar een aangepast ontwerp van het luchtbellengordijn is mogelijk (Lucke et al., 2011). Een andere methode is het plaatsen van een akoestisch absorberende omhulsel (sleeve) rond de paal, (Nehls et al, 2007 en Saleem, 2011). Deze laatste methode kan een geluidsreductie van 20 tot 25 dB re 1 μ Pa geven voor de lage frequenties waarbij het hoogste geluidsniveau geproduceerd wordt. Voorbeelden van andere technieken worden besproken in Wilke et al. (2012), Pehlke et al. (2013) en Bellmann et al. (2015). Andere mitigerende maatregelen, zoals het gebruik van akoestische afschrikmiddelen (Gordon et al., 2007) en seizoenale heibeperkingen, worden besproken in het hoofdstuk zeezoogdieren. Dergelijke mitigerende maatregelen moeten gebruikt worden wanneer het geproduceerde geluid de maximum toegelaten nul tot piek niveau van 185 dB re 1 μ Pa op 750 m bereikt. Uit de hierboven gemaakte berekeningen valt af te leiden dat dit vermoedelijk het geval zal zijn voor alle opgegeven configuraties die heien vereisen.

Ook de baggerwerkzaamheden vereist voor de installatie van de kabels en bij eventuele nivellering van de zeebodem zullen een verhoging van het onderwatergeluid veroorzaken. Bronniveau's voor een baggerschip werden gevonden in Robinson et al (2011) en zijn veel lager dan de brongeluiden geproduceerd bij het heien. Afhankelijk van het type baggervaartuig werden brongeluidniveaus vastgesteld tot ~180 dB re 1 μ Pa @ 10 kHz resulterend in een verhoging t.o.v. het achtergrondgeluid met 30 tot 40 dB re 1 μ Pa op 100 m van de bron (Robinson et al., 2011). Op basis van de indicatieve tijdsaanduiding van de werken aangeleverd in het MER kan men verwachten dat deze verhoging van het omgevingsgeluid enkele maanden in beslag kan nemen.

7.2.1.2 Exploitatiefase

Tijdens de operationele fase van de windparken wordt er slechts een beperkte toename in geluidsdruk verwacht. Niettemin lijkt initieel onderzoek erop te wijzen dat het onderwatergeluid nabij stalen monopile en jacket funderingen onder bepaalde omstandigheden gemiddeld respectievelijk 12 en 6 dB re 1 μ Pa hoger is dan bij betonnen gravitaire funderingen (die vrijwel geen verhoging veroorzaken van het achtergrondgeluid) (Norro et al., 2013). Hierbij dient opgemerkt te worden dat een toename met 6 dB een verdubbeling van het geluidsdrumniveau inhoudt. Als deze stijging van het geluidsdrumniveau al een invloed heeft op het gedrag van de zeezoogdieren of vissen dan blijft deze ongetwijfeld beperkt tot de onmiddellijke omgeving van de funderingen. Voor de bruinvis besloten Tougaard en Damsgaard Henriksen (2009), gebaseerd op metingen bij een 2 MW windturbine, dat een dergelijke impact enkel mogelijk is indien de zeezoogdieren heel dicht bij de windturbine naderen (+/- 50 m).

7.2.1.3 Ontmantelingsfase

Ook de ontmantelingsfase van het windpark zal een toename van het onderwater geluidsdrukkniveau veroorzaken. De GBF en suction bucket funderingen kunnen integraal verwijderd worden na gebruik. Aangezien dezelfde technieken gebruikt worden als voor de installatie zal deze activiteit dan ook gepaard gaan met vergelijkbare, beperkte geluidsdrukkniveaus. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden voor de verwijdering van in de bodem geheide monopiles, pinpiles en kabels en bijgevolg kan er nog geen precieze inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten. Het valt echter te verwachten dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase, voor wat betreft onderwatergeluid en de resulterende verstoring van het mariene milieu, vermoedelijk beperkter zullen zijn dan deze tijdens de constructiefase.

7.2.2 Geluid boven water

Er wordt geen belangrijke impact voorzien van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 windpark op het geluidsniveau boven water noch op 500 m afstand noch aan de kust op zo'n 20 tot 30 km afstand gelegen van de Belgische windenergiezone. Ook tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van de NORTHWESTER 2 kabels wordt geen noemenswaardige stijging van het bovenwatergeluid verwacht.

7.2.3 Seismisch onderzoek

Potentieel veroorzaakt seismisch onderzoek geluidsniveaus die schadelijk zijn voor biota (Simmonds, 2003 en referenties daarin opgenomen; Bain en Williams, 2006; OSPAR, 2009a). De effecten zijn soortafhankelijk, gebiedsafhankelijk en afhankelijk van de seismische bron. Door blootstelling aan intens geluid kan schade optreden aan het gehoorsysteem van organismen, maar kan ook andere fysische schade optreden, zoals stress en orgaanschade. De mogelijke effecten op zeezoogdieren en de te nemen mitigerende maatregelen worden besproken in Hoofdstuk 10.

7.3 *Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Als men besluit om GBF te installeren of de suction bucket techniek te gebruiken dan kan men tijdens de constructie- en ontmantelingsfase gezien de slechts beperkte stijgingen van het geluidsdrukkniveau geen cumulatieve noch grensoverschrijdende effecten verwachten op het vlak van onderwatergeluid. Indien echter heiwerkzaamheden van verschillende projecten (Norther, Rentel, Seastar, NORTHWESTER 2, Mermaid, de Nederlandse parken in de Borssele zone) zouden samenvallen of overlappen dan zal de ruimtelijke omvang en/of onafgebroken periode van de verstoring beduidend toenemen. Anderzijds zou dit er toe leiden dat de duur van de verstoring afneemt. Door technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken, worden eventuele negatieve grensoverschrijdende effecten van de constructie van het windpark grotendeels vermeden.

Cumulatief met de andere windparken kan er tijdens de exploitatiefase een grote zone met licht verhoogde geluidsdruk onder water ontstaan. Deze zone blijft beperkt tot de sinds 2004 afgebakende zone voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.

Er worden geen significante cumulatieve noch grensoverschrijdende effecten verwacht op het vlak van geluid boven water.

7.4 Besluit

7.4.1 Aanvaardbaarheid

Onderwatergeluid

Het geluidsniveau veroorzaakt door een verhoogde intensiteit van scheepvaart, baggerwerken, plaatsing van een gravitaire fundering, gebruik van de suction bucket techniek en storten van erosiebescherming, is beperkt. Dit is bovendien een geluid dat tijdelijk voorkomt in een beperkt gebied. Vandaar dat de mogelijke effecten door deze activiteiten, voor wat betreft hun geluidsemissies, aanvaardbaar zijn. Voor wat betreft onderwatergeluid is het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek minder belastend voor het mariene milieu.

De belangrijkste effecten tijdens de constructiefase zullen zich hoogstwaarschijnlijk situeren indien er palen geheid worden. Het hierdoor veroorzaakte onderwatergeluid is van een niveau waarbij significante effecten optreden bij zeezoogdieren en mogelijk ook andere componenten van het ecosysteem. Deze effecten kunnen optreden over een zeer groot gebied en van primaire (dood, verwonding, verstoring van organismen) en secundaire aard zijn (verlies aan habitat, prooiorganismen,...). Zonder mitigerende maatregelen zouden deze effecten ongetwijfeld grensoverschrijdend voorkomen, gezien de ligging van het concessiegebied nabij Nederlandse wateren.

Rekening houdend met de mogelijke effecten zijn de configuraties van het project waarbij gebruik gemaakt wordt van het heien van monopile en jacket funderingen bijgevolg enkel aanvaardbaar mits een strikte inachtnaam van onderstaande voorwaarden en een intensief monitoringsprogramma. Indien aan onderstaande voorwaarden voldaan wordt, valt het niet te verwachten dat er significante en langdurige effecten zouden optreden in de NATURA 2000 gebieden in Belgische en buitenlandse wateren, gezien de afstand van de concessiezone tot deze gebieden. Indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) hoger blijkt dan 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de bron, zal de vergunde activiteit nadelige effecten hebben op het mariene milieu en de goede milieutoestand en zal de vergunninghouder verplicht worden om de nodige compensaties in milieuvoordelen te verrichten.

Het onderwatergeluid, en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase zijn weinig bestudeerd, maar blijven hoogstwaarschijnlijk beperkt tot een aantal gevoelige soorten in de onmiddellijke omgeving van de funderingen. Vandaar dat de mogelijke effecten aanvaardbaar geacht worden zonder mitigerende maatregelen. Gezien dit een hiaat in de kennis betreft, dient ook hier een monitoring te worden uitgevoerd.

Geluid boven water

Gezien de beperkte geluidsniveaus en de afstand tot de kust, zijn de potentiële effecten van het geluid boven water voor alle scenario's en technieken aanvaardbaar.

Seismisch onderzoek

Het seismisch onderzoek is plaatselijk en sterk beperkt in tijd. Vandaar dat het project, mits het naleven van de bestaande wetgeving en de onderstaande voorwaarden, voor wat betreft het uitvoeren van seismisch onderzoek aanvaardbaar is.

7.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

Enkel de voorwaarden en aanbevelingen met betrekking tot de productie van het geluid worden hier besproken. Voorwaarden en aanbevelingen resulterend uit het effect van onderwatergeluid op zeezoogdieren of vislarven worden respectievelijk in de hoofdstukken Zeezoogdieren en Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen behandeld.

7.4.2.1 Voorwaarden

- Indien geheid wordt, dient de BMM dagelijks op de hoogte te worden gebracht van de locatie, het tijdstip van de start van het heien en het tijdstip van het stoppen van het heien. De heikalender, waarop de locatie, het tijdstip en het toegepaste vermogen bij het heien vermeld worden, dienen aan het eind van de heiactiviteiten overgemaakt te worden aan de BMM.
- Indien er gekozen wordt om funderingen te heien en indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron hoger is dan 185 dB re 1 μ Pa, dan moeten technieken toegepast worden die het niveau van het onderwatergeluid beperken, of moet het heien vervangen worden door alternatieve technieken die minder onderwatergeluid veroorzaken. Deze technieken moeten vooraf door de BMM goedgekeurd worden.
- Indien, ondanks het gebruik van technieken die het niveau van het onderwatergeluid beperken, het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) hoger blijkt dan 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de bron, zal de vergunde activiteit nadelige effecten hebben op het mariene milieu en de goede milieutoestand en zal de vergunninghouder verplicht worden om de nodige compensaties in milieuvoordelen te verrichten.

Voor het bodemonderzoek zijn de volgende bepalingen van toepassing:

- Ten laatste 10 kalenderdagen voor elke survey zal de volgende relevante informatie rechtstreeks aan de BMM overgemaakt worden:
 - naam van schip;
 - haven van vertrek;
 - datum en uur van vertrek;
 - datum van survey;
 - gebruikte toestellen en specificaties (vermogen en frequenties, capaciteit van de luchtkamer, aantal schoten);
 - positie van tracks/transects.
- Tijdens de uitvoering van het seismisch onderzoek kan op vraag van de BMM een waarnemer aan boord van het seismisch vaartuig geplaatst worden en kunnen door de waarnemer ad hoc specifieke richtlijnen worden gegeven;
- Ten minste twee kalenderdagen voor elke survey zal volgende informatie aan het MRCC (met kopie aan MIK) overgemaakt worden:
 - datum en tijdstip van de aanvang van het onderzoek;
 - met welke vaartuigen en met welke middelen welke activiteiten op welk ogenblik gepland zijn;
 - bij het niet ter plaatse blijven voor het uitvoeren van de activiteiten, de geplande vooruitgang van de activiteiten.

7.4.2.2 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om maatregelen toe te passen die geluidsemissie beperken aan de bron door de keuze van fundering en dus, indien dit geen andere negatieve milieu-effecten heeft, om gravitaire of suction bucket funderingen te gebruiken, en om palen in te trillen of te boren.
- Indien er gekozen wordt om funderingen te heien dan wordt er aanbevolen om technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken (vb. gebruik van een bellengordijn, gebruik van een geluidsabsorberende mantel, gebruik van een alternatieve heihamer of aanhouden van een langer contact tussen hamer en paal), of het heien te vervangen door alternatieve technieken die minder onderwatergeluid veroorzaken (vb. suction bucket). Dit zelfs indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron lager is dan 185 dB re 1 μ Pa.
- Het is aanbevolen om als er meerdere technieken mogelijk zijn, deze technieken toe te passen die het minste onderwatergeluid veroorzaken.
- Het is aanbevolen dat de leemtes in de kennis m.b.t. de productie van geluidsniveaus geproduceerd bij de installatie van (elektriciteits)kabels ingevuld worden door karakterisatie van het onderwatergeluid geproduceerd bij de realisatie van dit project.

7.5. Monitoring

7.5.1 Onderwatergeluid

Referentietoestand

Gezien de aanwezigheid van andere windparken in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied kan men een lichte verhoging verwachten in het achtergrond geluidsdrukniveau ten opzichte van de referentieniveaus die werden opgemeten voor C-Power fase I en Belwind. Het geluidsdrukniveau zal minstens één keer gemeten moeten worden volgens de nieuwe versie van de meetprotocols zoals gebruikt voor C-Power en Belwind (Henriet *et al.*, 2006, Haelters *et al.*, 2009).

Constructiefase

Het aantal te plaatsen funderingen en de te gebruiken installatietechniek liggen op dit ogenblik nog niet vast. De monitoring die hierna wordt voorgesteld, houdt dan ook rekening met het worst case scenario. Indien er palen geheid worden tijdens de constructiefase, dan moet het geluid van het heien en het effect van de mitigerende maatregelen worden gecontroleerd. Gedurende de heiwerkzaamheden moet het geluidsdrukniveau op 750 m van de bron worden opgemeten. Dit geluidsdrukniveau moet worden opgemeten vanaf minstens 1 uur voor de start van het heien tot 30 minuten na afronden van het heien. Deze metingen worden minstens uitgevoerd voor de eerste vier palen die worden geheid, voor vier palen ongeveer halverwege de constructiefase en voor de laatste vier palen die geheid worden.

Na elke meetcampagne zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk telkens één week na het heien van de reeks van vier palen bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de metingen in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de windparken op het BDNZ, ingericht door de BMM. Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM. Na afloop van de heiwerkzaamheden

wordt, binnen de zes maand, een globaal rapport opgesteld dat de het geluid van het heien en het effect van de mitigerende maatregelen analyseert. Deze monitoring wordt samengevat in tabel 7.2.

Tabel 7.2: Schematisch overzicht van de controle-opdracht in het kader van heiwerkzaamheden

Constructiefase			
Onderwerp	Controle van de verhoging van het onderwatergeluid bij het heien van stalen funderingen)		
Doel	Bepalen van: - het onderwatergeluid voor, tijdens en na het heien van stalen funderingen - het effect van de mitigerende maatregelen		
Timing	Minstens 1u voor het begin van het heien	Gedurende het heien	Minstens 30 min na het heien
Methode	- metingen door middel van hydrofoons op circa 750 m van de bron (Instellingen: Haelters <i>et al.</i>, 2009) - metingen moeten worden uitgevoerd tijdens de installatie van de eerste vier palen, vier palen halverwege de constructiefase en de laatste vier palen - het spectrum waarover gemeten wordt dient tenminste 10 Hz – 10 kHz te dekken; ; het geluidsniveau wordt uitgedrukt in Nul tot piek niveau (Lz-p) in dB re 1µPa gerenormaliseerd naar 750m en Sound exposure level (SEL) in dB re 1µPa²s (zie ook Betke (2008) ..		
Presentatie	Rapport en digitale data		

Naast de controle-opdracht is er ook een milieumonitoring, waar de damping over afstand zal worden onderzocht door middel van één of meerdere autonoom afgemeerde stations al dan niet in combinatie met een hydrofoon op drift (cfr. Haelters et al., 2009), dit in een gradiënt vanaf de werkplek tot. Dit zowel in de directe omgeving van de werkplek, alsook op relatief grote afstand (+ 15 km) van de bron. Om veiligheidsredenen wordt een minimale afstand tot de werkzaamheden (het heiplatform) van 500 m genomen. Aangezien dit “far field” metingen betreft en rekening houdend met de damping van het onderwatergeluid die anders is voor de verschillende frequenties, wordt gekozen om metingen uit te voeren in het spectrum van 10 Hz tot 10 kHz. De positie van de verschillende metingen worden geregistreerd om informatie te bekomen over de voortplanting van onderwatergeluid in de complexe omgeving van het BDNZ. Geluidsmetingen moeten worden uitgevoerd tijdens de installatie van ten minste twee palen van elke grootteklasse. Het doel van de metingen is het bepalen van de verhoging van het geluidsniveau door de werken en het bepalen van het spectrum van het geluidsniveau. Deze milieumonitoring is niet specifiek voor het project NORTHWESTER 2 – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten en bijgevolg kan het zijn dat deze niet in elk park plaatsvindt.

Operationele fase

Bij het gebruik van stalen funderingen zal het tijdens de operationele fase noodzakelijk zijn om het onderwatergeluid zowel binnen het park als erbuiten te meten (vb. op 500m van het windpark). De monitoring van het onderwatergeluid tijdens de operationele fase zal zich richten op de karakterisering van het geproduceerde geluid in verschillende weersomstandigheden. Hiervoor zullen minstens vier sets van metingen nodig zijn, twee bij matige 3-4 Bft windkracht en twee tijdens een periode met meer wind (deze laatste metingen dienen te worden verkregen vanop een vast meetstation). Net als bij de metingen tijdens de bouwfase dient het spectrum waarover gemeten wordt tenminste 10 Hz – 10 kHz te dekken. Indien verschillende types fundering of turbine gebruikt worden, dienen de metingen voor elk type te worden herhaald en met elkaar worden vergeleken. Waar mogelijk dienen brongeluiden te worden afgeleid. Deze monitoring is niet specifiek voor het project

NORTHWESTER 2 – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten en zal bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

Ontmantelingsfase

Het is nog niet gekend welke methodes gebruikt zullen worden tijdens de ontmantelingsfase. Gezien de leemte in de kennis is het nodig om ook tijdens deze fase het veroorzaakte onderwatergeluid te karakteriseren. Dezelfde bepalingen als deze gebruikt tijdens het heien kunnen gebruikt worden.

De monitoring wordt samengevat in volgende tabel 7.3:

Tabel 7.3: Schematisch overzicht van de milieumonitoring in het kader van Onderwatergeluid:

	Baseline	Constructiefase	Operationele fase	Ontmantelingsfase
Onderwerp	Monitoring van de ruimtelijke verspreiding van de verhoging van het onderwatergeluid (bij het gebruik van stalen funderingen)			
Doel	Monitoring van het onderwatergeluid, tijdens en na de werken, alsook tijdens de ontmantelingsfase			
Timing	Voor het begin van de werken	Tijdens de werken	Bij matige tot sterke wind	Tijdens de ontmanteling
Methode	- metingen door middel van één of meerdere autonoom afgemeerde stations al dan niet in combinatie met een hydrofoon op drift (Haelters <i>et al.</i>, 2009) - metingen moeten worden uitgevoerd tijdens de installatie van ten minste twee palen van elke grootteklasse - het spectrum waarover gemeten wordt dient tenminste 10 Hz – 10 kHz te dekken - metingen zowel in de directe omgeving van de werkplek, alsook op grote afstand van de bron.			
Presentatie	Rapport en digitale data			

7.5.2 Geluid boven water

Op basis van de resultaten van de monitoring van C-Power en Belwind (Dekoninck en Botteldooren, 2010; 2011) werd besloten dat de monitoring van het bovenwatergeluid in het kader het voorgestelde project niet vereist is. De BMM vraagt bijgevolg geen monitoring voor dit onderdeel.

7.5.3 Seismisch onderzoek

De effecten van seismisch onderzoek vormen een leemte in de kennis. Echter, gezien de kortstondige aard van dit onderzoek wordt er echter geen aparte monitoring voorzien van de geproduceerde geluidsniveaus.

8. Risico en veiligheid

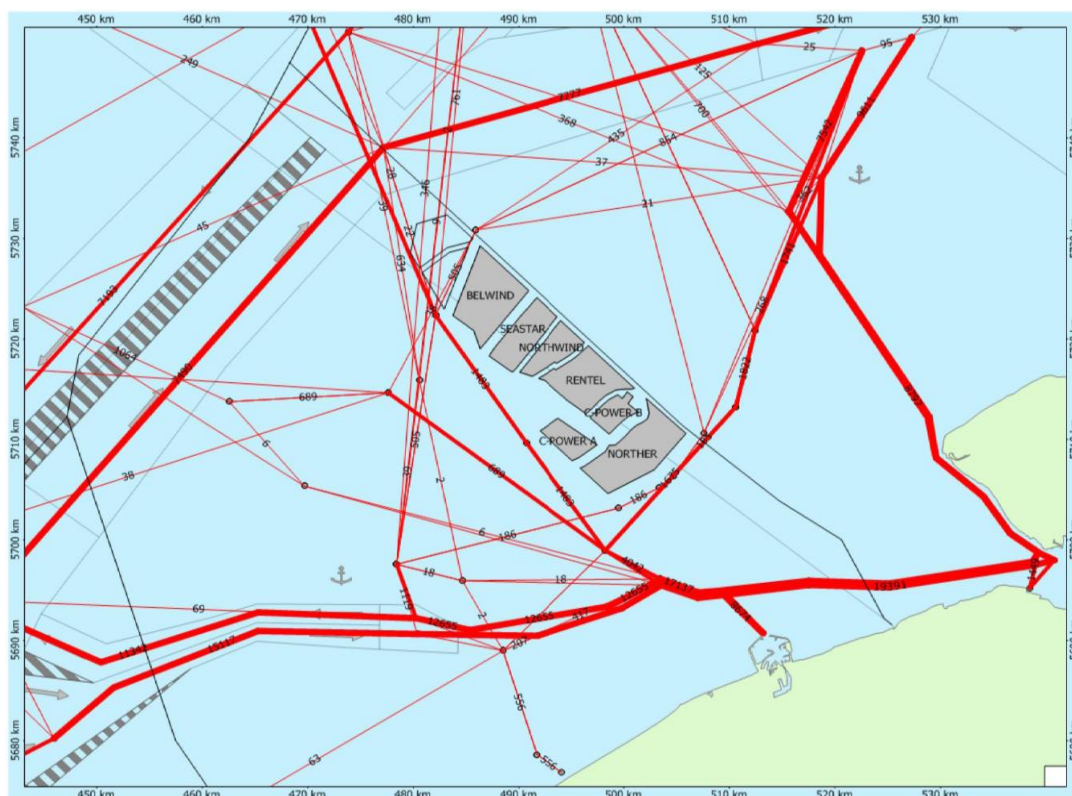
- De exploitatie van een windpark in een zone waar zich momenteel veel scheepvaart bevindt, brengt een aantal extra risico's met zich mee die ook in de reeds vergunde windparken aanwezig zijn;
- De kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met de NORTHWESTER 2 turbines wordt geschat op maximaal 1 op ~20 jaar (configuratie 1 met 70 turbines op een monopile of jacket fundering);
- Als de hele Belgische concessiezone (inclusief de NORTHWESTER 2 zone) ingevuld wordt dan stijgt de cumulatieve kans op aanvaar- of aandrijfongevallen naar 1 op 4 jaar;
- Gezien de locatie van de NORTHWESTER 2 concessie, gelegen tussen de Mermaid en Belwind concessie, is het niet verwonderlijk dat slechts 13,2 % van de verwachte aanvaringsongevallen met turbines in de Belgische concessiezone in de NORTHWESTER 2 concessie wordt verwacht (worst case scenario);
- De realisatie van het NORTHWESTER 2 windpark heeft een verwaarloosbare invloed op het aantal schip-schip aanvaringen op het Belgisch deel van de Noordzee;
- Zonder mitigerende maatregelen neemt de globale kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van NORTHWESTER 2 toe met ~1%;
- Een olielozing in het NORTHWESTER 2 gebied kan een groot gebied verontreinigen en kan, afhankelijk van de weerscondities, de lozingslocatie, het tijdstip van de lozing, het olietype, etc... zowel Belgische als Nederlandse beschermde mariene gebieden bereiken ;
- De activiteit is enkel aanvaardbaar indien de nodige preventie- en voorzorgsmaatregelen genomen worden om de veiligheid verder te verhogen en de kans op een ongeval met eventuele milieuschade tot gevolg te beperken;
- Het risico op aanvaring is gering tijdens de installatie of ontmanteling van de kabels en uiterst gering tijdens de exploitatiefase van deze kabels gezien het lage aantal scheepsbewegingen dat vereist is en dit vooral in de scenario's waarin het kabeltracé geen scheepvaartroutes kruist;
- De exploitatie van elektriciteitskabels in een zone waar bodemberoerende visserij plaatsvindt en schepen kunnen ankeren, brengt een aantal extra risico's met zich mee die ook bij andere reeds vergunde elektriciteitskabels aanwezig zijn;
- De kansen op een scheepsongeval zijn lager voor scenario's met minder kabels aangezien te verwachten valt dat meer kabels (in afzonderlijke sleuven) een langere installatietijd vereisen en dat ook de kans op een ongeval tijdens de exploitatiefase stijgt met het aantal kabels;
- Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft risico en veiligheid aanvaardbaar mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden met betrekking tot de ingraving van de kabels, veiligheid tijdens de werkzaamheden en exploitatiefase;
- Wat betreft de te gebruiken technieken en configuraties zijn de aanvarings- en aandrijfkansen het laagst in configuratie 3 (minst aantal turbines), maar wordt de minste gevolgschade verwacht indien monopile funderingen gebruikt zouden worden (basisconfiguratie, configuratie 1 en 2).

8.1 Inleiding

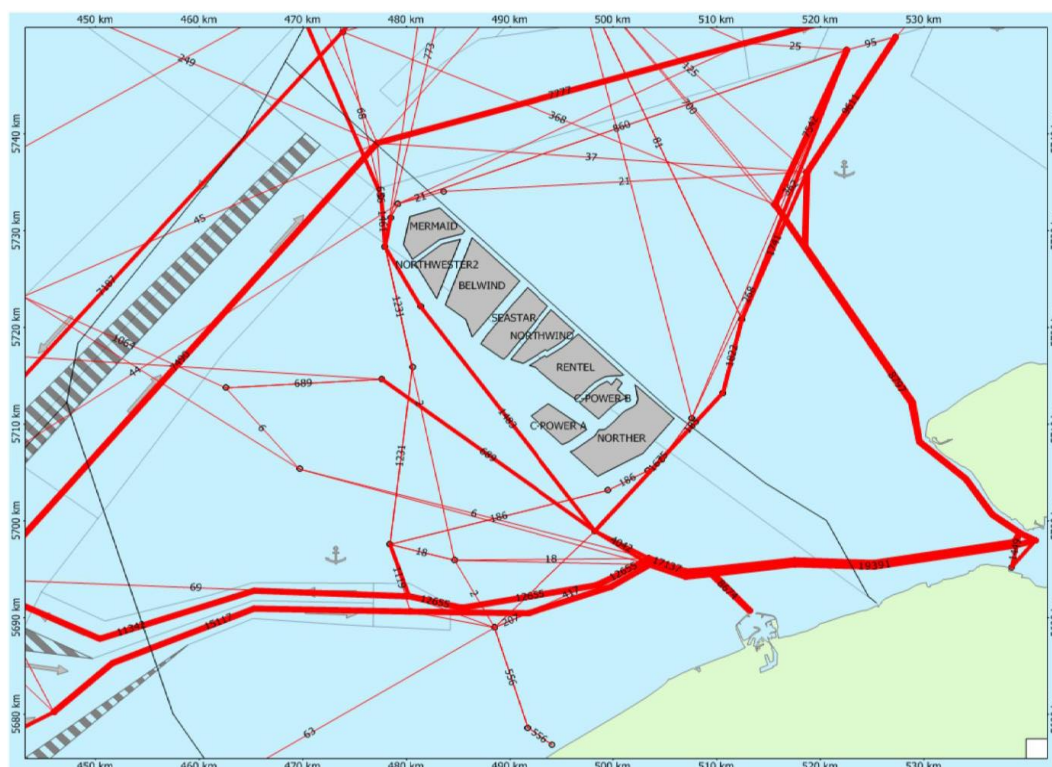
Dit hoofdstuk behandelt de te verwachten effecten van het project op het mariene milieu ten gevolge van defecten, ongevallen en rampen. Het is dus van groot belang te weten hoe de aanwezigheid van het windpark en de kabels, van bouw tot exploitatie en ontmanteling, specifieke risico's op verontreiniging met zich meebrengen, en hoe ze de bestaande risico's (meestal in verband met scheepvaart) wijzigen. De te onderzoeken effecten op het gebied van veiligheid worden niet beperkt tot het natuurgedeelte van het milieu, maar breiden zich uit tot de mens en materiële goederen. De effecten op radar, scheepscommunicatie en scheepvaart vallen in de categorie van effecten van het NORTHWESTER 2 project op menselijke activiteiten, maar worden in dit hoofdstuk behandeld gezien het nauwe verband met de scheepvaartveiligheid. De aanwezigheid van schadelijke stoffen in het park of de kabels wordt apart in Hoofdstuk 9 behandeld.

8.1.1 Scheepvaartroutes

De scheepvaartroutes in de zone rond het Belgische concessiegebied zullen zich aanpassen conform Figuur 8.1 wanneer de zes eerste volledig vergunde windparken worden gebouwd. Wanneer alle windparken in de zone operationeel worden, zullen de routes die in het Figuur 8.1 doorheen NORTHWESTER 2 en Mermaid gaan, omgelegd worden via het noorden omheen het Mermaid energiepark (Figuur 8.2). Omdat de afstand tussen de windparken en het voorzogsgebied, waar verplicht ingevoegd moet worden in het verkeersscheidingsstelsel Noordhinder Zuid, veel kleiner wordt, worden de verkeersstromen meer gestroomlijnd. Waar voorheen kruisende routes voorkwamen ten noorden van Belwind, worden na sluiting van de NORTHWESTER 2 zone deze scheepsbewegingen geconcentreerd in een kleiner aantal verkeerslinken (IMDC, 2014a). Hierdoor worden risicovolle kruisingen herleid naar veiliger inhaalmanoeuvres.



Figuur 8.1 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de zes reeds volledig vergunde windparken (Marin, 2014).



Figuur 8.2 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de acht voorziene windparken (Marin, 2014).

8.1.2 Voorstel Nautische Adviesgroep

Door het steeds meer toenemend multifunctionele gebruik van de zee is het vraagstuk van de scheepvaartveiligheid zeer actueel geworden. Hierdoor dient er te worden nagegaan welk effect deze evoluties hebben op de veiligheid en of er mitigerende maatregelen kunnen worden genomen die het veiligheidsniveau aanvaardbaar maken. Om op dit vraagstuk een antwoord te kunnen geven en om maatregelen voor te stellen aan de bevoegde regeringen, werd een vergadering van experts uit de Belgische federale overheidsdiensten, de Nederlandse administraties en de Vlaamse diensten opgericht (Nautische adviesgroep). Deze vergadering heeft als doel de effecten van de verschillende beslissingen of evoluties op het scheepvaartverkeer na te gaan en indien nodig, in het kader van de scheepvaartveiligheid, maatregelen voor te stellen aan de bevoegde regeringen.

De Nautische Adviesgroep heeft recent de eerste mogelijke veiligheidsmaatregelen bestudeerd nl. het instellen van nieuwe scheepsrouteringssystemen die het scheepvaartverkeer rond de kritische zones zoals de zone voor hernieuwbare energie beter moet stroomlijnen en een veiligere doorgang moet mogelijk maken. De Nautische adviesgroep heeft zich hierbij vooral gefocust op drie belangrijke gebieden waaronder ook de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie.

Dit resulteert in een voorstel van scheepvaartrouwingssystemen in de voormelde zones die er op gericht zijn om het huidige en toekomstige verkeer beter en veiliger te laten verlopen (Figuur 8.3). Op dit moment is de hele zone voor hernieuwbare energie ingesteld als voorzorgsgebied, rekening houdend met een veiligheidsafstand van 500 meter rond elke vaste constructie, zoals vastgelegd in het KB veiligheidsafstanden van 11 april 2012. Aan de noordelijke kant van dit voorzorgsgebied is er scheepvaartverkeer met een noordelijke bestemming, komende uit een Belgische kusthaven of komende uit het noorden en gaande naar een Belgische kusthaven. De schepen varen zo dicht mogelijk, in beide richtingen, tegen de grens van het voorzorgsgebied om zo gebruik te kunnen maken van het voorzorgsgebied Northhinder en bijgevolg niet in het Traffic Separation Scheme Northhinder te moeten varen.

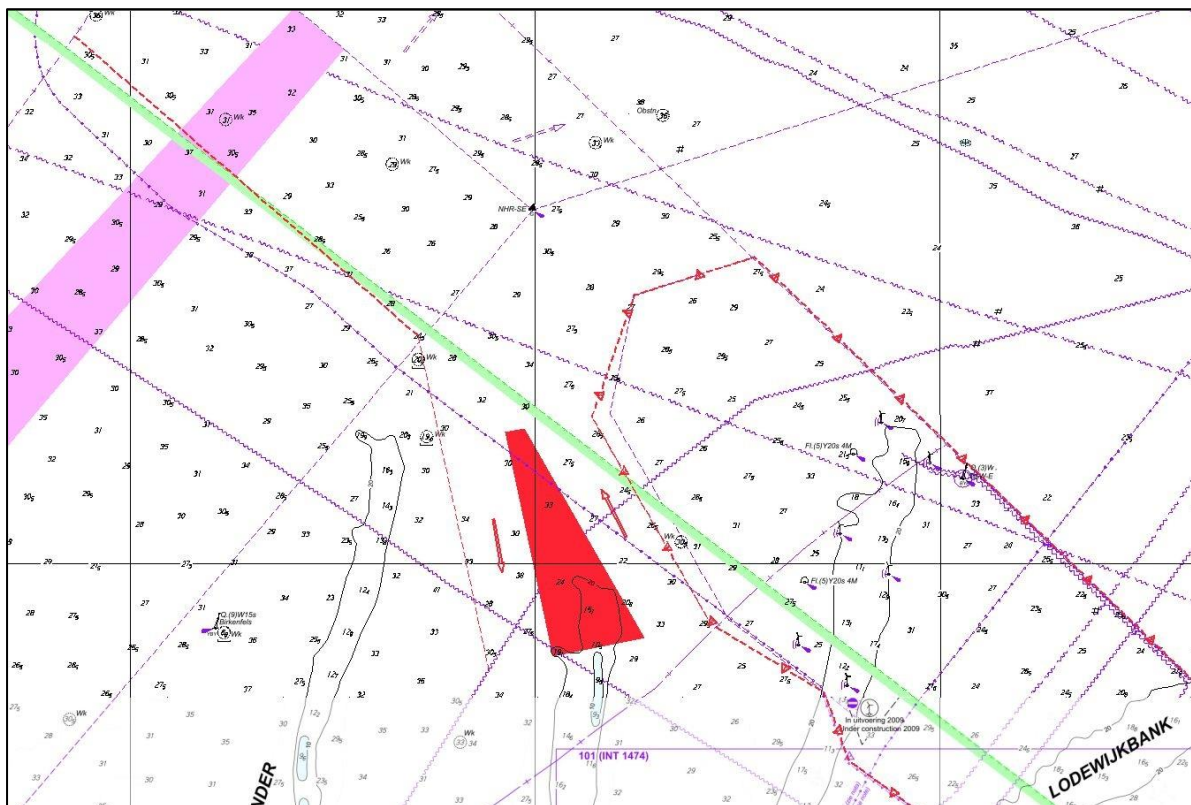
Het risico op een kop – kop aanvaring in dit gebied is hoog. Zeker gelet op het feit dat eenmaal alle windturbines geplaatst zullen zijn, de zichtbaarheid aanzienlijk zal afnemen. Ook zal het verkeer op deze verkeersstroom naar waarschijnlijkheid toenemen. Nu maken sommige schepen nog gebruik van de mogelijkheid om midden door de zone voor hernieuwbare energie te varen, richting naar of komende van de loodspost Wandelaar. Dit verkeer zal via een andere weg moeten varen eens met de constructie van de windturbines van de middelste concessies is begonnen. Dit verkeer zal zich waarschijnlijk verplaatsten naar de doorgang aan de noordkant of via de Westpitroute.

Om al het verkeer vlot te laten verlopen en het risico van een kop – kop aanvaring te minimaliseren, wordt door de Nautische Adviesgroep voorgesteld om een Verkeersscheidingsstelsel in te voeren met een separatie zone. Het uitgaand verkeer wordt geleid rond het voorzorgsgebied van de windenergiezone. Het inkomend verkeer zal tussen de separatiezone en de TSS Northhinder kunnen varen. Op deze manier wordt het inkomend en uitgaand verkeer gescheiden en wordt het risico van een kop – kop aanvaring geminimaliseerd.

Uiteraard moeten de uitgaande schepen voldoende veilig de windenergiezone kunnen ronden. Om deze schepen voldoende ruimte te geven om hun manoeuvre te maken en om een grotere veiligheidszone te bieden in het geval van een calamiteit wordt er voorgesteld om het voorzorgsgebied vanaf de uiterste palen van de windenergiezone aan de westelijke kant van de domeinconcessie Mermaid en NORTHWESTER 2 vijfhonderd meter verder naar het westen te

leggen. Zo wordt er een veiligheidszone van meer dan 1000 meter breed gecreëerd wat meer veiligheid biedt in het geval van een calamiteit of bij een noodmanoeuvre. Het is wel de bedoeling dat dit een voorzorgsgebied blijft. Het zal dus ten allen tijde mogelijk blijven om door deze zone te varen.

Om het inkomend verkeer sneller in de juiste richting van de TSS ten noorden van de zone voor hernieuwbare energie te kunnen organiseren en om het uitgaand verkeer makkelijker de correcte koers te laten volgen nadat de TSS aan de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie is verlaten, wordt er door de Nautische Adviesgroep voorgesteld om de grens tussen de TSS Northhinder en Precautionary Northhinder verder te verleggen in westelijke richting. Zo sluit het TSS aan de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie aan op het voorzorgsgebied Noordhinder. Hierdoor wordt vermeden dat het inkomend of uitgaand verkeer de TSS Northhinder moet kruisen om gebruik te maken van het nieuwe TSS.



Figuur 8.3. Voorstel van de Nautische Adviesgroep tot het instellen van een nieuw verkeersscheidingstelsel aan de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie

8.2 Te verwachten effecten

De volgende effecten worden besproken:

- industriële risico's;
- invloed van het park op radar en scheepscommunicatie;
- effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart;
- risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart;
- risico's gebonden aan de elektriciteitskabels (park- en verbindingkabels).

8.2.1 Industriële risico's

De faalkansen van verschillende onderdelen van de windturbines werden door Senternovem

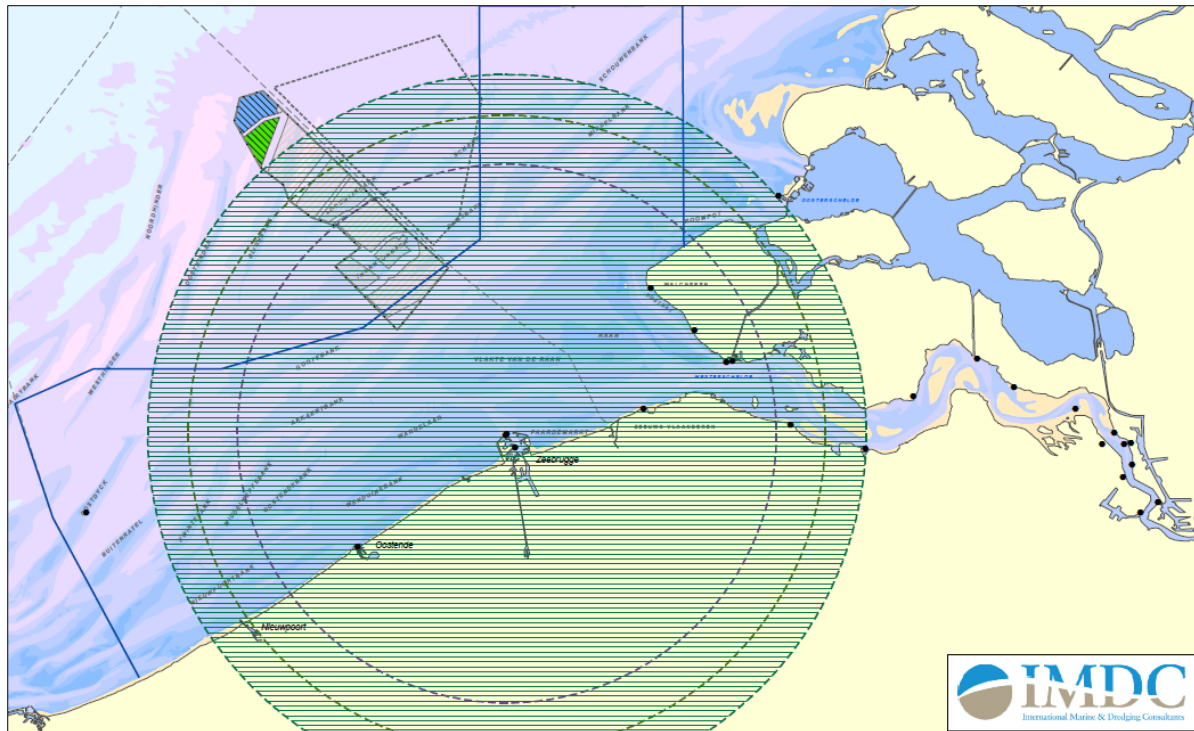
onderzocht aan de hand van historische faalgegevens en dit voornamelijk aan de hand van windturbines op land (Senternovem 2005, in SGS 2007). Hieruit bleek dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel; daarvoor bedraagt de verwachtingswaarde 1 falen om de 833 jaar. Enerzijds wordt verwacht dat windturbines veiliger en betrouwbaarder worden ten gevolge van de voortdurende en snelle ontwikkelingen in de windsector, zodat kan verondersteld worden dat de windturbines die aangewend zullen worden in het NORTHWESTER 2 windpark lagere faalkansen zullen vertonen. Anderzijds is gebleken dat de faalfrequentie op zee gevoelig hoger ligt dan op land (o.a. data C-Power, Belwind en ervaringen in het buitenland). Naast de faalkans werd ook de werpafstand van onderdelen (blad of deel van afbrekend blad) onderzocht voor 3 MW: de werpafstanden zijn maximaal 300 m. Er zijn geen gegevens over de maximale werpafstand bekend voor offshore windturbines met een vermogen groter dan 3 MW. Gezien de eerder beperkte (niet-lineaire) stijging in maximale werpafstand tussen resp. 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat de vandaag gehanteerde veiligheidsafstand (cf. KB van 11/04/2012) van 500 m rondom het windpark voldoende zal zijn voor de volledige range van 4 MW tot 10 MW windturbines, en dat zodoende het risico op accidenten ten gevolge van een weggeslingerd rotorblad gedekt wordt (IMDC, 2014a). De windturbines zijn tevens voorzien van een automatisch brandbeveiligingssysteem en een geïntegreerd concept voor bescherming tegen blikseminslag.

Analyse van de incidenten tijdens de bouwphase van de C-Power en Belwind windparken geeft aan dat operaties in mindere weersomstandigheden verantwoordelijk waren voor een groot deel van de incidenten, naast motorpech, problemen met het design van onderdelen en ervaring van kapiteins. Om toekomstige incidenten te vermijden, stelt Mott Mac Donald (2011) voor om een hogere ‘vessel classification standard’ te gebruiken dan dat van de VK Maritime and Coastguard Agency (MCA) om zeker te zijn dat de schepen goed presteren in slechte weersomstandigheden. Voorbeelden van dergelijke standaarden zijn DNV, GL of ABS classificaties.

8.2.2 Invloed van het park op radar en scheepscommunicatie

8.2.2.1 Invloed op de waarnemingen van de Schelderadarketen (SRK) walradarstations

Vrijwel het volledige Belgische concessiegebied ligt buiten het wettelijke werkingsgebied van de SRK walradarketen (Figuur 8.4). In de praktijk strekt het feitelijke werkingsgebied zich verder uit en ook de scheepvaart buiten het wettelijke werkingsgebied wordt voor zover mogelijk opgevolgd. De reikwijdte van de SRK radarstations wordt enerzijds bepaald door de effectieve LoS (Line of Sight), en anderzijds door de RCS (Radar Cross Section) van de schepen.



Figuur 8.4 Wettelijk SRK werkingsgebied (afgebakend met donkerblauwe lijn) en de Belgische windenergiezone (zwarte lijn). Drie voorbeelden voor de SRK radar van Zeebrugge omtrent beperking van de reikwijdte in functie van line of sight (LoS) en Radar cross section (RCS) (IMDC, 2014a).

In de Flemtek_IMDC-studie (2014) opgesteld naar aanleiding van de vergunningsaanvraag van NORTHWESTER 2 en Mermaid werd bepaald dat er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de offshore windparken binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations. Wel werd opgemerkt dat wijzigingen van de secundaire navigatieroutes de nodige aandacht verdienen in verband met de nautische veiligheid en de gerelateerde opvolging van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes.

8.2.2.2 Invloed op de waarnemingen van scheepsradars

In het Verenigd Koninkrijk werden uitgebreide testen uitgevoerd naar de invloed van een bestaand offshore windpark (North Hoyle, 5 rijen van 6 - 2 MW turbines), op radiofonie en scheepsradars (MCA and Qinetiq, 2004). Hieruit werd besloten dat er geen noemenswaardige effecten optraden voor de radiofonie. Ook in Flemtek_IMDC (2014) werd gesteld dat het met betrekking tot de VHF radiostations er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen op Belgisch of Nederlands grondgebied voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. Dit geldt zowel voor de werking van het AIS systeem als voor het RDF systeem. De verwachte wijzigingen in secundaire navigatieroutes rondom de offshore windparken verdienen wel de nodige aandacht in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek, waarbij de radio communicatie doorheen de windparken tussen schip en schip gestoord tot onmogelijk zal zijn (Flemtek_IMDC, 2012). Sinds 2013 is er een extra AIS relaisstation operationeel op het OHVS platform van Belwind. Via dezelfde installatie is er ook een relaisstation voor de VHF kanalen 16 en 97 voor SAR beschikbaar. Momenteel bereikt dit ondersteunend relaisstation het gebied met de verre scheepvaartroutes. Bij een realisatie van de windparken NORTHWESTER 2 en Mermaid mag men een behoorlijke schaduwwerking verwachten in noordwestelijke en westelijke

richting, zodat enkel een gebied in noordelijke en noordoostelijke richting ondersteund zal blijven (IMDC, 2014a). Daarom is het aangewezen om te voorzien in een bijkomend relaisstation voor zowel de AIS als de VHF communicatie, zodat de dekking naar de verre scheepvaartroutes behouden en gegarandeerd blijft na bouw van zowel NORTHWESTER 2 als Mermaid (Flemtek_IMDC, 2014).

8.2.2.3 Bewaking van de Belgische windparken

Uit Figuur 8.3 blijkt dat er maatregelen getroffen moeten worden om het scheepvaartverkeer te begeleiden aan en rond het meer zeewaarts gelegen gedeelte van de Belgische windenergiezone. Hierbij kan gedacht worden aan een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte (Flemtek_IMDC, 2014). Een dergelijke extra radarinstallatie zou ten goede komen van alle offshore windparken in de Belgische offshore windzone alsook in de Nederlandse Borssele zone. Alternatief kan er gedacht worden aan een reeks van kleinere (goedkopere) radarinstallaties met beperkte reikwijdte op regelmatige afstand van elkaar gemonteerd op de turbines aan de buitenste rand van de windzone.

8.2.3 Effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart

Hierboven werd een overzicht gegeven van de verwachte evolutie van de huidige scheepvaartpatronen na realisatie van enerzijds de reeds vergunde windparken en anderzijds de volledige Belgische concessiezone.

Deze scheepsroutewijzigingen zullen leiden tot een toename van af te leggen scheepsmijlen, kosten en CO₂ uitstoot. In het kader van het MER Mermaid werd dit enerzijds berekend voor het BDNZ en anderzijds voor het hele gebied waarin de veranderingen zullen optreden aangezien ook op het Nederlandse en Franse deel van de Noordzee enkele routes zullen verschuiven (Marin, 2014a).

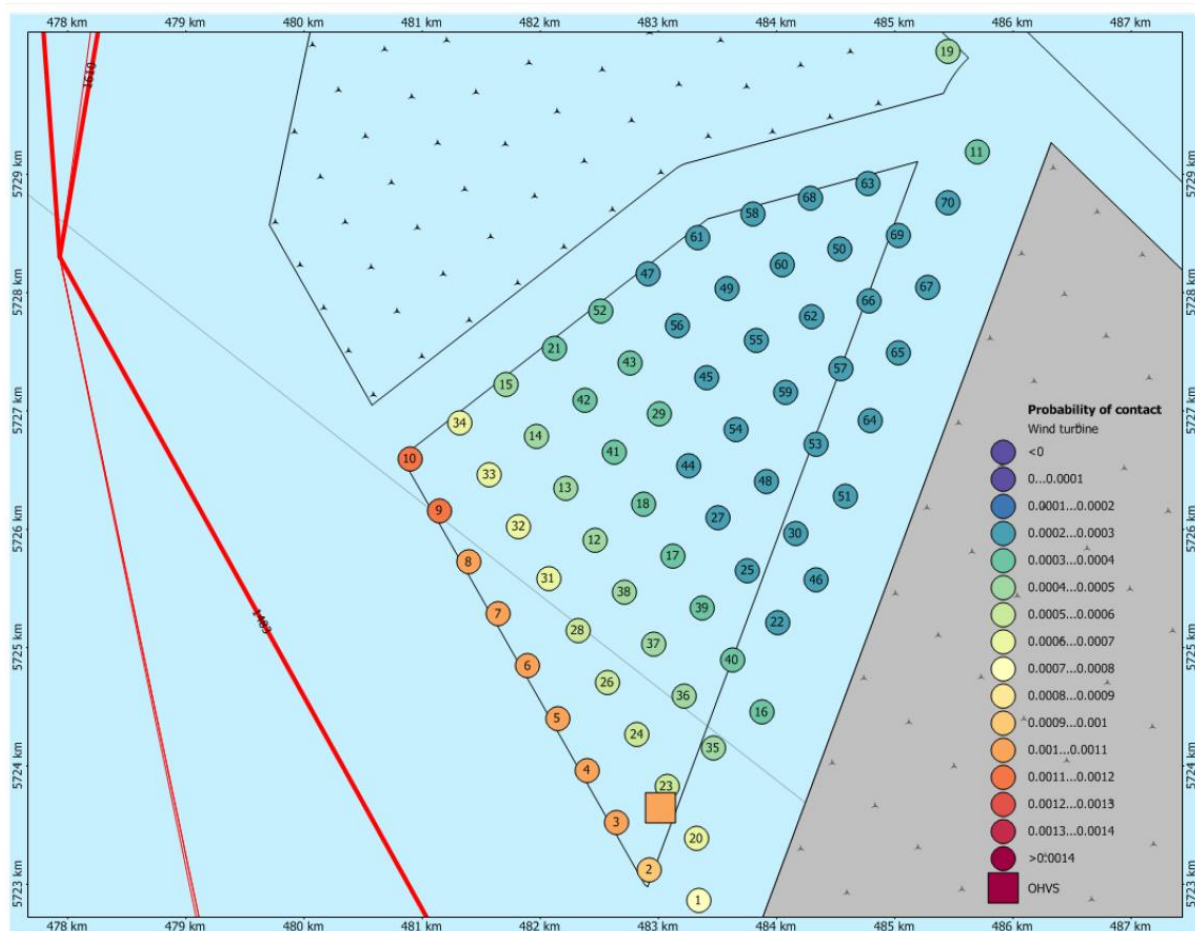
Voor het scenario met de aanwezigheid van acht windparken (van noord naar zuid: Mermaid, NORTHWESTER 2, Belwind, Seastar, Northwind, Rentel, C-Power, Norther) lijkt er echter nauwelijks sprake te zijn van een verschil in afgelegde zeemijlen ten opzicht van een basisscenario met de (toen) zes reeds vergunde windparken. Voor het scenario in Figuur 8.2 zouden de kosten van de afgelegde zeemijlen op het BDNZ afnemen met 0.02% ten opzichte van het basisscenario (Marin, 2014a). Over het hele gebied daarentegen is er een toename met 0.1% ten opzichte van het basisscenario (ofte een kost van 345 000 € per jaar). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. In dit geval is de toename aan CO₂, NO_x en SO₂ uitstoot door omvaren minder dan 1% van de door het windpark vermeden emissies (zie ook Hoofdstuk 5 klimaat en atmosfeer).

8.2.4 Risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart

8.2.4.1 Aanvaring en Aandrijfrisico's

In de milieueffectenbeoordeling van het Rentel offshore windpark werd een overzicht gegeven van de veiligheidsstudies die het verleden reeds werden uitgevoerd met betrekking tot de gevolgen van de inplanting van offshore windparken in het Belgisch deel van de Noordzee (Rumes *et al.*, 2012a). Het belangrijkste risico dat hier steeds in terugkomt, is het risico op aanvaring en aandrijving van een schip met de turbines van het windpark en de mogelijke gevolgen hiervan. Uit veiligheidsstudie van Marin (2014a) voor de NORTHWESTER 2 en Mermaid projecten blijkt dat de kans op een aanvaring of aandrijving van een schip met één van de turbines van het NORTHWESTER 2 project

vergelijkbaar is met de reeds vergunde parken (Tabel 8.1). De kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met de NORTHWESTER 2 turbines wordt geschat op maximaal 1 op ~31 jaar (configuratie 1 met 70 turbines op een monopile of jacket fundering). Gezien de locatie van de NORTHWESTER 2 concessie, gelegen tussen de Mermaid en Belwind concessie, is het niet verwonderlijk dat slechts 13,2 % van de verwachte aanvaringsongevallen met turbines in de Belgische concessiezone in de NORTHWESTER 2 concessie wordt verwacht. In de Norther concessie, op het zuidelijke uiteinde van de Belgische concessiezone en op korte afstand van de Westpit-route en in de Mermaid concessie, op het noordelijke uiteinde van de Belgische concessiezone en op korte afstand van het verkeersscheidingsstelsel is de kans op aanvaring- of aandrijfongevallen aanzienlijk hoger (in casu 1 op ~11 jaar en 1 op ~21 jaar respectievelijk, Marin 2011b, 2014a). De windturbines aan westelijke rand van het park hebben een relatief hoge aanvaarkans vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de vaarroutes. De turbines aan de zuidwestelijke rand van het park (gelegen tussen de Mermaid en Nobelwind windparken) hebben de laagste aanvaarkans. Figuur 8.5 geeft de situatie voor 70 x 3.2 MW turbines. De overige scenario's zijn terug te vinden in Marin 2014a.



Figuur 8.5 Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per windturbine (70 WT x 3.2 MW en monopile fundering)

Het cumulatieve aandrijf/aanvaringsrisico als de hele Belgische windenergiezone ingevuld wordt, komt op 1 ongeval om de 4 jaar. Dit cumulatieve aandrijf/aanvaringsrisico ligt lager dan wat werd becijferd in eerdere studies (Marin, 2011a en b) omdat er rekening gehouden werd met nieuwe data over de omvang en invulling van de individuele projecten alsook met meer recente scheepvaartpatronen. Deze ongevallen omvatten zowel deze met minimale gevolgen als deze met ernstige gevolgen voor het leefmilieu.

Tabel 8.1 Verwachte aanvaringen en aandrijvingen in de Belgische windenergiezone (aangepast van Marin 2014).

Windpark	Aantal aanvaringen (rammen) (per jaar)		Aantal aandrijvingen (driften) (per jaar)		Totaal (per jaar)	Frequentie (in jaar)
	Routegebonden schepen	Niet routegebonden schepen	Routegebonden schepen	Niet routegebonden schepen		
Northwester2 35 ¹	0,0046	0,0018	0,0091	0,0011	0,0166	60,2
Northwester2 70 ²	0,0093	0,0037	0,0176	0,0021	0,0327	30,6
Norther	0,0261	0,0024	0,0346	0,0028	0,0659	15,2
C-Power ³	0,0016	0,0007	0,0145	0,0014	0,0182	54,9
Rentel	0,0001	0,0031	0,0131	0,0020	0,0183	54,6
Northwind	0,0001	0,0013	0,0144	0,0017	0,0175	57,1
Seastar	0,0008	0,0029	0,0105	0,0015	0,0157	63,7
Belwind ⁴	0,0026	0,0023	0,0238	0,0022	0,0309	32,4
Mermaid 80	0,0169	0,0057	0,0229	0,0025	0,0480	20,8
TOTAAL ⁵	0,0575	0,0221	0,1514	0,0162	0,2472	4,0

¹ Scenario met 35 NORTHWESTER 2 windturbines van 6 MW op een monopile fundering

² Scenario met 70 NORTHWESTER 2 windturbines van 3.2 MW op een kleine (7,5 x 7,5 m) jacket fundering

³ Dit is een onderschatting op basis van een verkeerdelijke aanname in Marin (2014) van 54 C-Power turbines op monopiles (6 m diameter) i.p.v. 6 GBF en 48 grote (17 x 17 m) jacket funderingen

⁴ Inclusief Nobelwind

⁵ Cumulatief scenario op basis van de Mermaid 80 configuratie

Uit Marin (2014) blijkt dat de aantallen turbines meer bepalend zijn voor de aanvaringskansen dan de afmetingen van de funderingen. Zo worden de grotere afmetingen van jackets ruimschoots gecompenseerd wanneer een kleiner aantal turbines wordt gebruikt. Voor het Seastar windpark werd in Marin (2013) berekend dat het gebruik van een jacket de kansen vergroot op aanvaringen per turbine met gemiddeld 13% tot 16% vergroot. Het gebruik van turbines met meer vermogen op eventueel grotere funderingen is bijgevolg gunstiger dan meer turbines met kleiner vermogen op kleinere funderingen.

8.2.4.2 Schip-schip aanvaringen

Tijdens de constructiefase is de kans op aanvaring tussen schepen verhoogd door de bijkomende aanwezigheid van de schepen vereist voor de bouw van het windpark. In het MER werd berekend dat de kans op aanvaring tussen schepen tijdens de constructiefase van het NORTHWESTER 2 windpark 6,2% hoger zal liggen dan normaal (IMDC, 2014a, Marin, 2014). Dit verhoogde risico is van zeer tijdelijke aard. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 3,1%.

De effecten van de exploitatie van het windpark op schip-schip aanvaringen, buiten de windenergiezone op de Belgische Noordzee, door de veranderingen van de vaarroutes werden onderzocht in Marin (2014). Waar heden kruisende routes voorkomen ten noorden van Belwind, zullen na sluiting van de NORTHWESTER 2 concessie deze scheepsbewegingen geconcentreerd worden in een kleiner aantal verkeerslinken waardoor risicovolle kruisingen nu herleid worden naar veiliger inhaalmanoeuvres. Ten opzichte van de situatie met drie bestaande parken (Belwind, C-Power en Northwind) zou de bijkomende aanwezigheid van Norther, Rentel, Seastar, Mermaid en NORTHWESTER 2 een lichte daling van het aantal schip-schip aanvaringen veroorzaken (Marin, 2014).

8.2.4.3 Gevolgschade aanvaringen/aandrijvingen

In het MER wordt de gevolgschade van eventuele aanvaring en aandrijvingen op zowel de vaartuigen als de turbines besproken. De gevolgschade omvat: schade aan het windpark en schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen, verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp, persoonlijk letsel en impact op de rest van de scheepvaart. In het kader van de milieuvergunning zijn vooral de eventuele schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen en de mogelijks daaruit resulterende verontreiniging van belang. De schade aan het schip is o.a. afhankelijk van de afmeting en aard van het vaartuig, de snelheid waarmee het tegen de windturbine botst, de manier waarop het tegen deze structuur botst, maar ook van de aard van deze structuur (funderingstype – zie hieronder). Tabel 8.2 geeft een overzicht van de extra uitstroomkans en hoeveelheid van ladings- en bunkerolie die verwacht kan worden na constructie van de windparken in het BDNZ. Het aandeel in deze uitstroom van ladings- en bunkerolie dat direct te wijten is aan het NORTHWESTER 2 project is relatief hoog gezien de ligging en hoge aanvaring en aandrijfrisico's van dit project. Zonder mitigerende maatregelen neemt de globale kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van NORTHWESTER 2 toe met ~1% (worst case scenario: zie hieronder).

Tabel 8.2. Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie

	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
NORTHWESTER 2 70¹	0,00094	1062	0,65	0,00020	4948	1,1	875
Windenergiezone²	0,00717	140	4,9	0,00126	793	6,2	119
BDNZ (zonder windenergiezone)	0,02355	42	6,1	0,00828	121	164,2	31

1 Worst case scenario met 70 NORTHWESTER 2 windturbines van 3.3 MW op een jacket fundering

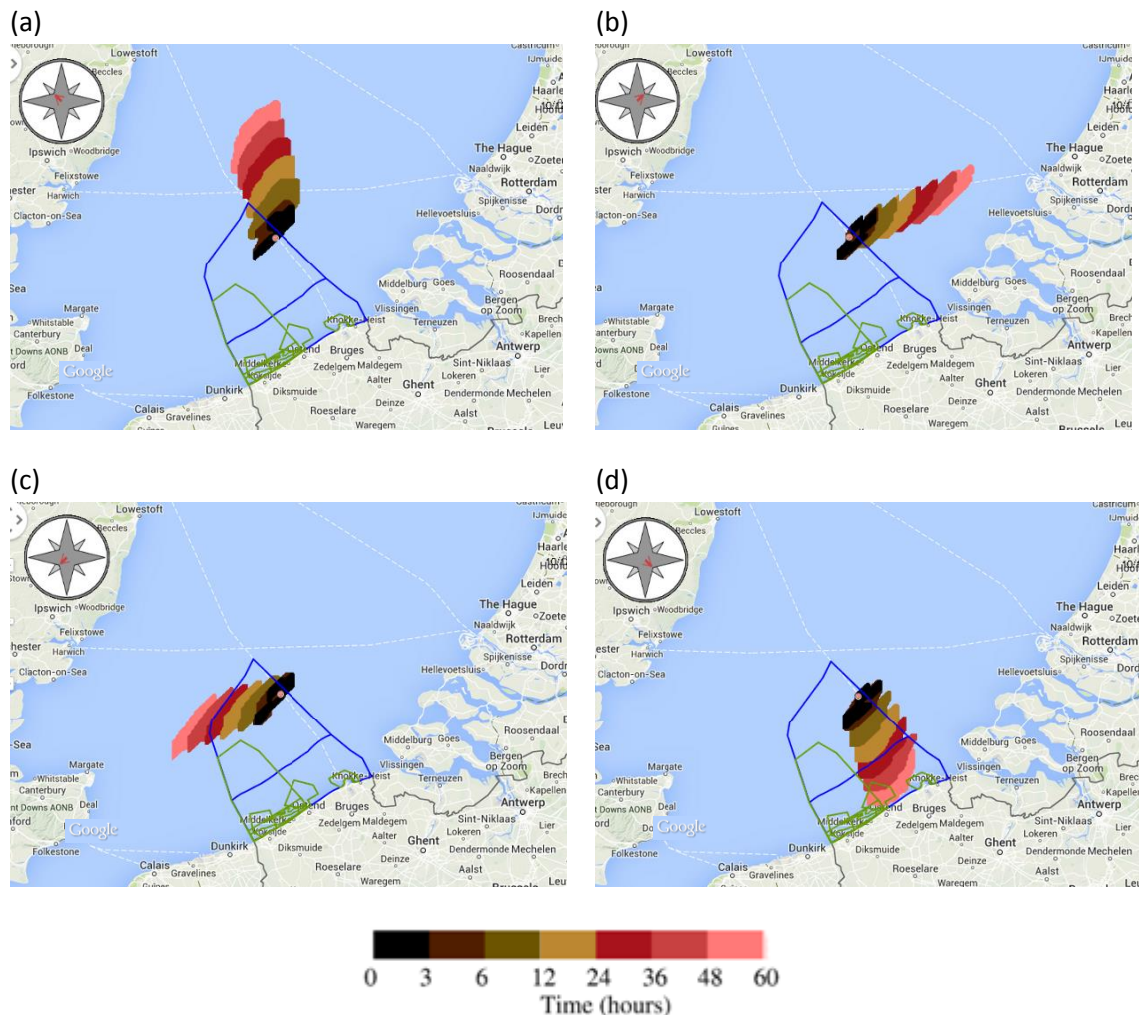
2 Scenario met realisatie van de Norther, C-Power, Rentel, Northwind, Seastar, Belwind en Mermaid³ (uit Marin, 2011b)

3 Scenario met 80 WT van 3.3 MW

In Dulière en Rumes (2014) werd het door de BMM ontwikkelde 'Oil Spill drift model' OSERIT gebruikt om het 2D traject van een mogelijke olievervuiling aan het wateroppervlak te voorspellen in het kader van de MEB Mermaid (Rumes *et al.* 2015). OSERIT werd ontwikkeld om de korte termijn (1-5 dagen) milieu impact van een olievervuiling te kunnen beoordelen. In het model wordt iedere olielozing als een deeltje voorgesteld (Lagrangiaans deeltjes benadering) dat drijft op het wateroppervlak door het gecombineerd effect van getijden, winden en oppervlaktewater stromingen. Het model beschouwt ook de turbulente diffusie en stranding (olie stopt als het het strand bereikt). Hieronder wordt een beeld gegeven van een scenario met een olielozing in het midden van het Mermaid concessiegebied (Figuur 8.6).

De gebruikte windcondities varieerden van windstil tot de extremere (NO, NW, SW en SO winden van 17 m/s). In dit opzicht kan het scenario met een constante windsnelheid van 17 m/s als worst case scenario beschouwd worden. Concreet simuleert het model een olievlek door lozing van 100 deeltjes 30 minuten voor hoog tij, 100 deeltjes bij hoogtij en 100 deeltjes 30 minuten na hoog tij om zo het tijdsverschil tussen de verschillende getijden in de Belgisch deel van de Noordzee in rekening te brengen. Dit over een periode van 15 dagen om een volledig getijdencyclus tussen hoog en laag tij te beschouwen. In het totaal werden zo 10 miljoen verschillende olielozingsscenario's beschouwd voor de studie. In Figuur 8.6 worden, bij wijze van voorbeeld, de zones weergegeven die geïmpacteerd

worden door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Mermaid zone bij matige windcondities (4 m/s).

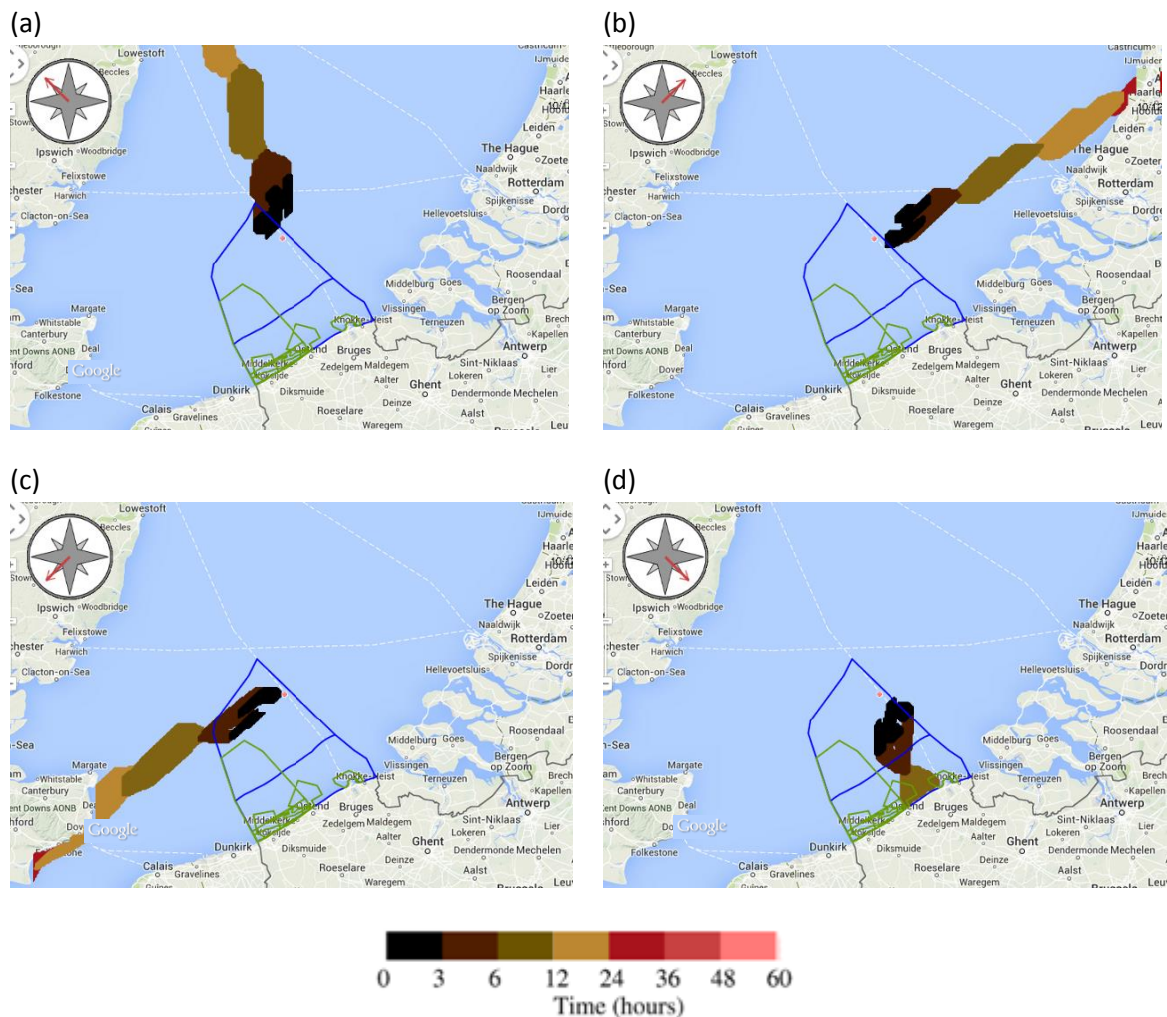


Figuur 8.6. Zone geïmpacteerd door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Mermaid zone. Alle lozingsscenario's zijn inbegrepen (bij hoog tij, laag tij en 'tussenin' tij). De weerscondities worden voorgesteld d.m.v. een rode pijl in de windroos (in casu noordwestelijke (linksboven), noordoostelijke (rechtsboven), zuidwestelijke (linksonder) en zuidoostelijke (rechtsonder) winden met een snelheid van 4.5 m/s). Blauwe lijnen = Territoriale zee en BDNZ, groene lijnen = beschermde gebieden. De lichtroze zone geeft de cumulatieve impactzone weer tot 60u na de lozing.

Uit de gevoerde simulaties kan worden besloten dat tijdens kalme weerscondities (4 m/s) de olievlek oscilleert tussen de Belgische en Nederlandse wateren met het ritme van de getijden. De olievlek zou in dit scenario geen van de Nederlandse beschermde gebieden beïnvloeden. Het zou wel de Belgische kwetsbare gebieden (SPA, SAC en het Zwin) kunnen impacteren.

Tijdens zwaardere weerscondities (wind van 17 m/s) is de oliedrift vooral afhankelijk van de windsnelheid en -richting (Figuur 8.7). De olie kan de Nederlandse of Britse wateren bereiken in minder dan 3u en de Franse wateren ongeveer 6u na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SPA, SAC en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 3 tot 12u, de Nederlandse kwetsbare gebieden

(Voordelta) binnen 6 tot 12u. Eerste stranding kan verwacht worden 12u na lozing in België of Nederland en 24u na lozing in het Verenigd Koninkrijk.



Figuur 8.7. Zone geïmpacteerd door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Mermaid zone. Alle lozingsscenario's zijn inbegrepen (bij hoog tij, laag tij en 'tussenin' tij). De weerscondities worden voorgesteld d.m.v. een rode pijl in de windroos (in casu noordwestelijke (linksboven), noordoostelijke (rechtsboven), zuidwestelijke (linksonder) en zuidoostelijke (rechtsonder) winden met een snelheid van 17 m/s). Blauwe lijnen = Territoriale zee en BDNZ, groene lijnen = beschermde gebieden.

Ook de uitstroom van chemicaliën kan schade veroorzaken aan het milieu. Na realisatie van zowel alle reeds vergunde windparken als het NORTHWESTER 2 project wordt de totale frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine van NORTHWESTER 2 geschat op eens in de ~5463 jaar. Het risico voor een uitstroom met hoog tot zeer hoog ecologisch risico werd daarentegen geschat verwaarloosbaar te zijn (Marin, 2014).

Uit de veiligheidsstudie (Marin, 2014) blijkt dat aandrijving het grootste risico geeft. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt, is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een stationssleepboot. Op basis van voorgaande studies werd besloten dat de aanwezigheid van een stationssleepboot of ETV in de zone de kans op een aanvaring/ aandrijving merkbaar zou verkleinen (Marin 2011a). Een ETV kan een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt

geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt dan ook sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. Voor eerdere configuraties en scenario's in het kader van de MER van het Norther project werd in scenario's met ETV een reductie van het aantal aandrijvingen met ongeveer 68% verwacht t.o.v. scenario's zonder ETV (Marin, 2011a). In het kader van dit project werden deze berekeningen niet uitgevoerd.

8.2.5 Risico's gebonden aan de elektriciteitskabels

Het valt te verwachten dat alternatieven naar kabelconfiguratie met meerdere en langere verbindings- of exportkabels een langere installatietijd zullen vereisen en bijgevolg een hoger risico op aanvaringen/aandrijvingen met zich zullen meebrengen. Echter, gezien het geringe risico op een scheepvaartongeval, vormt dit niet voldoende reden om een bepaald scenario af te keuren.

Tijdens de exploitatiefase zullen met (zeer) lage frequentie inspecties, heringravingen en kabelreparaties plaatsvinden. Gezien het tijdelijke en lokale karakter van deze activiteiten en gezien het zeer beperkt aantal bijkomende scheepsbewegingen in vergelijking met het totale reeds aanwezige scheepvaartverkeer in de Belgische zeegebieden, wordt er tijdens de exploitatiefase geen aanzienlijke verhoging van de risico's voor de scheepvaartveiligheid verwacht ten gevolge van de NORTHWESTER 2 kabels.

Mogelijke gevolgschade van eventuele aanvaringen en aandrijvingen op de installatievaartuigen omvat: schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen, verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp, persoonlijk letsel en impact op de rest van de scheepvaart. In het kader van de milieuvergunning zijn vooral de eventuele schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen en de mogelijks daaruit resulterende verontreiniging van belang. De schade aan het schip is o.a. afhankelijk van de afmeting en aard van het vaartuig, de snelheid waarmee het tegen het installatieschip botst, de manier waarop het tegen dit vaartuig botst. Gezien de korte duur van de werkzaamheden en mits het strikt opvolgen van de veiligheidsvoorschriften van de bevoegde overheden valt er slechts een verwaarloosbare toename te verwachten van het risico op aanvaringen/aandrijvingen in het BDNZ ten gevolge van de werkzaamheden voor de installatie, exploitatie en ontmanteling van de NORTHWESTER 2 kabels.

8.2.5.1 Risico's gebonden aan de installatie van elektriciteitskabels

Het installeren van elektriciteitskabels gebeurt door een combinatie van twee handelingen: het afrollen en deponeren van de kabels enerzijds en het ingraven van de kabels anderzijds. Het ingraven van kabels kan op twee manieren aangepakt worden:

- Simultaan met het afrollen en deponeren van de kabels. Hierbij is het schip dat de kabel vervoert en afrolt al dan niet voorzien van de uitrusting voor het ingraven van de kabel. In het laatste geval zal een tweede schip uitgerust met de graafmachine het kabellegschip kort op de voet volgen;
- Niet-simultaan met het afrollen en deponeren van de kabels, waarbij steeds een tweede schip ingezet wordt dat voorzien is van de uitrusting voor het ingraven van de kabels. Dit tweede schip volgt het kabellegschip op zekere afstand, dagen of zelfs weken later.

Deze laatste methode van werken kan tot gevolg hebben dat de kabel gedurende meerdere weken bloot ligt. Een dergelijke blootstelling van de kabel houdt een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en vistuigen.

8.2.5.2 Risico's gebonden aan de exploitatie van elektriciteitskabels

Het ingraven van de elektriciteitskabels zal moeten gebeuren volgens de voorschriften van de bevoegde overheden. Het kan echter niet uitgesloten worden dat natuurlijke erosieprocessen langs sommige onderdelen van het tracé tot een blootstelling van de kabels leiden. In elk geval is het waarschijnlijk dat de ligging van kabels horizontaal afwijkt (bij het leggen) of vertikaal afwijkt (bij het leggen en door sedimentbewegingen in de tijd) van de opgelegde voorschriften. Een blootstelling van de kabel houdt een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en vistuigen. Voor monitoring van de erosie rond de kabels wordt verwezen naar het Hoofdstuk 6 Hydrodynamica en sedimentologie.

8.2.5.3 Risico's gebonden aan de ontmanteling van elektriciteitskabels

De risico's gebonden aan de ontmanteling van de verbindingkabels zijn gelijkaardig aan deze bij de installatie van de kabels en zijn beperkt tot de effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart.

8.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

De cumulatieve effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 windpark en de andere vergunde windparken op het veiligheidsniveau in het BDNZ werden hierboven reeds besproken.

Gezien de samenwerking met de Mermaid, Norther, Rentel en Seastar offshore projecten worden er geen significante cumulatieve effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van de NORTHWESTER 2 kabels op het vlak van risico en veiligheid.

Zoals hierboven vermeld worden er zowel in Belgische als Nederlandse wateren wijzigingen verwacht in secundaire navigatieroutes rondom de offshore windparken. Ook de te verwachten realisatie van offshore windparken in het Borssele gebied zal deze navigatieroutes beïnvloeden.

In Belgische wateren voorziet het KB van 11 april 2012 (tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid) tijdens de exploitatie fase een veiligheidszone van 500 m rondom de concessiezones van de individuele windparken. In Nederland wordt momenteel de optie onderzocht om scheepvaart in de windparken beperkt toe te laten. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de radio communicatie tussen de schepen in de windparken gestoord tot onmogelijk zal zijn. Het is bijgevolg aangewezen om te voorzien in een bijkomend relaisstation voor zowel de AIS als de VHF communicatie, zodat de dekking naar de verre scheepvaartroutes behouden en gegarandeerd blijft na bouw van NORTHWESTER 2, Mermaid en de Nederlandse windparken.

8.4 Besluit

8.4.1 Aanvaardbaarheid

De industriële risico's en risico's gebonden aan de constructie en exploitatie van het NORTHWESTER 2 windpark zijn vergelijkbaar met deze van de andere reeds vergunde parken en zijn, mits het naleven van de onderstaande voorwaarden, aanvaardbaar. Deze aanvaardbaarheid geldt zowel voor alle types

funderingen en installatietechnieken besproken in het MER (IMDC, 2014a) en in het addendum (IMDCn 2015).

De cumulatieve effecten van de constructie en exploitatie van de verschillende windparken in het BDNZ op de scheepvaart en de hiermee verbonden risico's zijn enkel aanvaardbaar indien al de nodige preventie- en voorzorgsmaatregelen genomen worden om de veiligheid verder te verzekeren en een ongeval met eventuele milieuschade tot gevolg te vermijden.

De risico's gebonden aan de installatie, exploitatie en ontmanteling van de NORTHWESTER 2 kabels zijn, mits het naleven van de hieronder vermelde voorwaarden, aanvaardbaar.

8.4.2 Compensaties in milieuvoordelen

In het kader van het onderzoek van deze aanvraag hield de BMM rekening met twee aspecten van de taak van de bevoegde overheid. Enerzijds dient de overheid ervoor te zorgen dat de activiteit, éénmaal aanvaard, geen onaanvaardbaar risico voor het milieu met zich meebrengt en anderzijds heeft de overheid de verplichting in staat te zijn om bij een incident mogelijke schade voor het milieu, de bevolking en de goederen zoniet te voorkomen dan toch minimaal te houden.

Elke industriële activiteit op de Noordzee brengt een nieuw risico van zeeverontreiniging met zich mee. Dit vertaalt zich in een nadelig effect van de vergunde activiteit, waarvoor de aanvrager de nodige compensaties in milieuvoordelen dient te geven. Dit kan gebeuren in de vorm van een bijdrage bij de paraatheid van de overheid, die erop gericht is milieuschade door verontreiniging van de Noordzee beter te voorkomen en de daartoe vereiste middelen te versterken. Net als bij de vorige aanvragen voor offshore windparken wordt hier voorgesteld dat NORTHWESTER 2 zich aansluit bij het systeem van financiële bepalingen of materiële bijdragen die hiervoor werden voorzien in de reeds bestaande vergunningen voor offshore windparken.

8.4.3 Mitigerende maatregelen

Intensief beheer scheepvaartroutes en ETV (preventie aanvaringen/aandrijvingen)

Met betrekking tot de scheepvaart rond en in windparken werd de Nautische adviesgroep BE-NL-VL opgericht. Deze Nautische adviesgroep gaat enerzijds na of er bijkomende maatregelen dienen genomen te worden om het in- en uitvaren, van de Belgische concessiezone, van onderhoudsschepen op een veilige manier te laten verlopen. Anderzijds bespreekt deze Nautische adviesgroep het voorstel van mogelijke scheepsrouterings-systemen in het gebied. Om de veiligheid in de Belgische concessiezone verder te verhogen, kan er bijkomend beheer komen in de zone boven de Westpit. In die zone wordt momenteel niet actief gemonitord gezien er geen VTS (Vessel traffic service) is. Ook de optie om een extra radarstations te plaatsen in functie van de concessiezone kan bijdragen tot deze verbeterde, aangepaste scheepvaartbegeleiding. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om een stationsleepboot of ETV te mobiliseren die de kans op een aanvaring/ aandrijving merkbaar kan verkleinen (Marin 2011a).

Aangepaste funderingstypes (preventie gevolgschade)

Uit de veiligheidsstudie van het Anholt windpark (Ramboll, 2009) blijkt dat men de minste gevolgen kan verwachten bij een aanvaring met een monopile fundering. De kans dat de scheepswand doorboord wordt, is groter bij jacket and tripode funderingen (Dalhoff en Biehl, 2005). De gevolgen van een aanvaring met een GBF zijn afhankelijk van de hoogte waarop de schepen in aanvaring komen met de GBF. Indien de basis van de GBF zich onder de romp van het vaartuig bevindt, dan zal

het vaartuig in aanvaring komen met de toren en wat kan resulteren in het ‘schuiven’ langs de fundering wat de hele windturbine uit evenwicht brengt. Indien de basis van de GBF zich niet onder de romp van het vaartuig bevindt, kan de scherpe rand van de basis van de GBF de scheepswand ernstig beschadigen. Dit laatste is onwaarschijnlijk gezien de relatief grote diepte van de NORTHWESTER 2 concessie.

Noodplan/SAR (beheersmaatregelen na incident)

Het bestaan van het windpark brengt specifieke beperkingen mee voor de personen die het risico en de gevolgen van een incident moeten beheersen. De activiteit van de turbines kan deze operaties immers hinderen, waardoor een incident zwaardere gevolgen kan hebben. Door een specifiek noodplan, overeenkomstig de wettelijke en technische bepalingen, kunnen bepaalde beperkingen in zekere mate ongedaan worden gemaakt.

Betere bestrijding van verontreinigingen (beheersmaatregelen na incident)

De permanente automatische opname van meteogegevens in de windparkzone kan substantieel bijdragen tot betere plaatselijke weersvoorspellingen en derhalve ook tot een grotere accuraatheid van de modellen van verspreiding van verontreiniging die routinematig draaien bij de overheid. Bijgevolg maakt het verwerven van meteogegevens deel uit van de preventieve maatregelen tot een verhoogde veiligheid.

Gezien een variëteit aan meteoparameters gebruikt worden bij het laten lopen van verschillende modellen (golfhoogten, risico analyses...) is het belangrijk om over deze parameters te beschikken. Bovendien is met name de zichtbaarheid belangrijk gezien de meeste ongevallen lijken te gebeuren in mistig weer eerder dan bij ruwe zee. Indien door middel van een infraroodmeter de zichtbaarheid op zee ter hoogte van concessie kan gemeten worden en in (near)realtime doorgestuurd worden naar wal (bv. via de vergunninghouder naar MRCC), kan bij een slechte zichtbaarheid de paraatheid aan de kust verhoogd worden en indien geopteerd wordt voor een stationssleepboot, kan deze in stand-by ter hoogte van de zone geplaatst worden en preventief de veiligheid van de scheepvaart bewaken.

8.4.4 Voorwaarden en aanbevelingen

8.4.4.1 Voorwaarden

Noodplan

- Vóór de aanvang van de bouwfase moet de houder een noodplan aan de BMM meedelen.
- Voor het opstellen van dit noodplan dient de concessiehouder ten laatste 6 maanden voor de start van de werken contact op te nemen met de BMM voor aanbevelingen m.b.t. de inhoud van het noodplan. De BMM legt een standaard noodplan op aan de houder in de vorm van een template. Het begeleidingscomité gaat de conformiteit na van het noodplan met de aanbevelingen en maakt dit noodplan over aan de bevoegde instantie ter afstemming op de noodplannen die van toepassing zijn binnen de zeegebieden.
- Het noodplan heeft betrekking op de noodgevallen die voortvloeien uit de bouwwerkzaamheden of de exploitatie van de activiteit en op de ongevallen die door derden in het concessiegebied worden veroorzaakt. De aanvrager moet voor de uitvoering van dit plan de vereiste werkplannen en uitrustingen (Tier 1- niveau) paraat houden.
- In het noodplan moeten eveneens procedures voorzien worden voor volgende situaties:
 - Stopzetten / opstarten tijdens zware storm;
 - Stopzetten / opstarten t.g.v. technische defecten;

- Stopzetten / opstarten tijdens grote vogeltrek met verhoogde kans op vogelsterfte;
- Stopzetten / opstarten t.g.v. een vordering van de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding;
- Stopzetten / opstarten t.g.v. een vordering van de BMM/FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
- In het noodplan moet een speciale sectie worden opgesteld met betrekking tot de risico's gebonden aan de aanwezigheid van oliën en gevaarlijke stoffen in alle structuren van het park inclusief de meetmasten en de transformatorplatformen. Eveneens dient een voldoende veiligheidsniveau gewaarborgd te zijn tijdens de olievullingsoperaties en de buitendienststelling van de transformator. In het bijzonder moet een procedure worden opgesteld in geval van brand op een structuur of op een schip dat in aanvaring met een structuur zou kunnen komen, in geval van vrijkomen van olie afkomstig van een structuur of van een schip dat in aanvaring met een structuur zou komen.
- Het noodplan bevat tevens een lijst van alle schepen, operatoren en vaar- en voertuigen die bij de werkzaamheden (bouw, onderhoud en afbraak) betrokken zijn en vermeldt de specifieke kenmerken, identificatie en callsign. Elke wijziging moet aan de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu en aan de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding worden gemeld voor dat het betrokken middel wordt ingezet.

Scheepvaartveiligheid

- Inzake scheepvaartveiligheid dient de houder de voorschriften van de bevoegde instanties volledig na te leven. In het bijzonder zal de zone duidelijk moeten afgebakend worden die ontoegankelijk is voor vaartuigen, die niet rechtstreeks gebonden zijn aan de vergunde activiteit. Indien andere niet vergunnings- en/of machtigingsplichtige activiteiten, die niet rechtstreeks gebonden zijn aan dit vergunde project, in het concessiegebied worden toegelaten, dan moeten specifieke veiligheidsmaatregelen voor deze activiteiten worden toegepast. Hierover dient de BMM en eventuele andere bevoegde instanties ten gepaste tijde te worden geraadpleegd.
- Minimaal één maand voorafgaand aan de bouwperiode worden in een door de houder te initiëren overleg afspraken gemaakt tussen de houder, het bevoegde gezag en de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding over de te nemen maatregelen tijdens de bouwperiode.
- Gedurende de bouwwerkzaamheden van het windpark moet, ter plekke, een speciaal uitgerust veiligheidsschip aanwezig blijven, met als opdracht: bewaking van de zone, "early warning system", bebakening van drijvende en gezonken voorwerpen, het mogelijk slepen van kleine schepen, eerste noodhulp aan personen, tijdelijke werkpost voor de overheid. Dit veiligheidsschip moet ook kunnen instaan voor de bewaking van de zone tijdens slechte weersomstandigheden.
- Bijzondere transporten dienen voorgelegd te worden aan de dienst Scheepvaartbegeleiding.
- Tijdens de constructie dienen alle reeds afgewerkte funderingen en structuren permanent door een vaartuig worden bewaakt en de structuren die boven de HHWS uitsteken dienen, op het hoogste punt een tijdelijk waarschuwingslicht ten behoeve van de scheep- en luchtvaart te dragen. Het licht moet overeenkomen met de specificaties die bepaald zijn door de nautische dienstchef en het directoraat-generaal Luchtvaart. De houder dient de nodige veiligheidssystemen op te stellen om de signalisatie van het park en de structuren op ieder ogenblik te verzekeren.
- Alle windturbines moeten individueel genummerd worden aan de basis van de mast en op de top van de gondel. Indien mogelijk moet dit nummer zichtbaar zijn zowel vanaf het

wateroppervlak als uit de lucht.

Milieuverontreiniging

- Iedere windturbine en transformator dient voorzien te zijn van opvangbakken om te vermijden dat vloeistoffen vrijkomen in het milieu.
- In geval van vervuiling en bij gebrek aan kennis van de identiteit van de aansprakelijke partij valt het reinigen van de kunstmatige structuren van het windpark volledig ten laste van de houder. De overheid met bevoegdheid op zee en diegenen die in opdracht van de overheid optreden, behouden het recht om pollutiebestrijdingsactiviteiten uit te voeren binnen het concessiegebied op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder in kennis gebracht wordt van de intenties van de overheid.
- Gedurende de exploitatiefase moet er bijgedragen worden aan de paraatheid van de overheid, die erop gericht is milieuschade door verontreiniging van de Noordzee beter te voorkomen en de daartoe vereiste middelen te versterken. Hiervoor kan beroep worden gedaan op de voorziene financiële of materiële bijdrage.
- De aanvrager dient 1 à 2 maal per jaar alarmoefeningen te organiseren voor het testen van zijn noodplan. De BMM moet worden uitgenodigd op deze oefeningen. Deze alarmoefeningen kunnen de vorm nemen van gesimuleerde nautische noodgevallen, noodsleepoefeningen en oliebestrijdingsoefeningen en mogen gecombineerd worden met eventuele overheidsoefeningen.
- Alle nuttige parameters gemeten van de meetmasten en andere installaties moeten in "real time" aan de BMM worden overgemaakt. Volgende parameters dienen minimaal te worden overgemaakt: luchttemperatuur, windkracht, windrichting, vochtigheid, luchtdruk en MOR ("Meteorological Optical Range") zichtbaarheid,. Meetfrequentie, meetmethodiek en datatransmissie systeem worden gedefinieerd in functie van de vandaag best beschikbare technologie in onderling overleg tussen de BMM en de houder en door de BMM goed te keuren.

Kabels

- Alle kabels die definitief buiten gebruik worden gesteld, zoals kabels die vervangen worden door andere kabels, moeten verwijderd worden conform de Wet, behoudens andersluidende bepaling van de Minister.
- De ingraafdiepte van de kabels wordt door de bevoegde instanties bepaald. Voor milieueffecten moeten alle kabels tenminste 1 m diep ingegraven worden.
- De horizontale ligging van de kabel (positie) en de verticale ligging van de kabels t.o.v. de omringende zeebodem (dekking) wordt jaarlijks door de vergunninghouder d.m.v. een survey onderzocht. Het survey-programma en de wijze van uitvoering daarvan behoeft de goedkeuring van het bevoegde gezag. De BMM kan een vertegenwoordiger aanwijzen om op kosten van de vergunninghouder bij de survey aanwezig te zijn. De gegevens en resultaten van deze surveys worden voorgelegd aan de BMM. De BMM kan op basis van deze resultaten de frequentie van de survey veranderen. Wanneer blijkt dat de ligging van de kabel stabiel is en dat voldoende dekking op de kabel aanwezig blijft, kan de BMM toestaan dat de frequentie van de controle op de kabel wordt verminderd. Hiertoe dient de vergunninghouder schriftelijk te verzoeken.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op

haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.

Funderingstypes

- Indien de houder gebruik wil maken van gravitaire funderingen (GBF) dan dient hij deze zodanig te ontwerpen of te installeren dat er geen risico is op beschadiging van scheepswanden ten gevolge van een aanvaring met de scherpe rand van de basis van de GBF.

8.4.4.2 Aanbevelingen

voor NORTHWESTER 2

Het is aanbevolen om schepen met een voldoende hoge ‘vessel classification standard’ te gebruiken tijdens de werkzaamheden en bij het onderhoud. Dit teneinde het aantal veiligheidsincidenten te beperken.

Bij de planning van de werkzaamheden moet er voor gezorgd worden dat de bezetting van de ruimte steeds zo compact mogelijk is. Er moet speciale aandacht besteed worden aan de bebakening van geïsoleerde elementen.

De BMM beveelt aan om een repeaterstation AIS (Automatic Identification System) en een relaisstation voor VHF te voorzien in het windpark en een radiokanaal te voorzien dat in verbinding staat met het controlecentrum van het windpark.

Qua kabelconfiguratie is er op het vlak van risico en veiligheid een voorkeur voor een kabelconfiguratie met een minimum aantal kabels en een minimale totale afstand aan kabels aangezien te verwachten valt dat configuraties met een hoger aantal kabels in afzonderlijk sleuven een langere installatietijd zullen vereisen en bijgevolg een hoger risico op aanvaringen/aandrijvingen met zich meebrengen.

Het is aanbevolen om de nodige maatregelen te nemen om de risico's op verstoring van de site te voorkomen, beperken en neutraliseren o.a. door het plaatsen van lokalisatie- en identificatie apparatuur bij intrusie en het uitwerken van een beveiligingsplan.

voor de bevoegde overheden:

Het is aangewezen om een overleg te organiseren met alle bevoegde nautische diensten ter zake om de nautische veiligheid in de omgeving van de windzone te verzekeren en dit zo snel mogelijk te doen opdat de mogelijke vereiste beheersmaatregelen (radar, Vessel traffic monitoring system, ETV, ...) in werking zijn op het ogenblik dat het NORTHWESTER 2 park gebouwd wordt. Indien gekozen wordt om een radar te plaatsen, dient dit op een zodanige locatie te gebeuren dat een zo groot mogelijk deel van de Belgische concessiezone voor hernieuwbare energie onder de radardekking valt. Alternatief kan er gedacht worden aan een reeks van kleinere (goedkopere) radarinstallaties met beperkte reikwijdte op regelmatige afstand van elkaar gemonteerd op de turbines aan de buitenste rand van de windzone.

Het is aangewezen om samen te werken met de Nederlandse overheid om de nodige maatregelen te treffen om een voldoende hoog veiligheidsniveau in de Belgische en Nederlandse concessiezones te waarborgen.

8.5 Monitoring

Er wordt geen monitoring voorzien voor dit onderdeel.

9. Schadelijke stoffen

- Schadelijke stoffen die geassocieerd worden met offshore windparken zijn anti-fouling producten, (smeer)oliën en –vetten, aluminium en het broeikasgas zwavelhexafluoride (SF₆);
- Schadelijke stoffen die geassocieerd worden met de aanleg en exploitatie van elektriciteitskabels voor elektriciteit zijn oliën, vetten en bitumen;
- Er zullen geen chemicaliën gebruikt worden om aangroei van organismen te vermijden en het gebruik van beschermingsmatrassen zal eerst ter goedkeuring worden voorgelegd aan de BMM;
- De vrijstelling van Al en Zn uit kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes of een Zn- of Al-laag met een meerlagig epoxy-coating erbovenop veroorzaakt verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater;
- Er zal moeten opgevolgd worden of en hoe oliën, verven, asfaltmatten en breuksteen in de loop van de activiteit worden gebruikt;
- Indien onbekende, mogelijks radioactieve, kabels worden aangetroffen in de projectzone moeten deze met de nodige omzichtigheid behandeld worden.
- Het NORTHWESTER 2 project is aanvaardbaar voor wat betreft eventuele schadelijke stoffen en dit zowel voor het offshore windpark als de elektriciteitskabels.

9.1 Inleiding

In het kader van de Wet ter bescherming van het mariene milieu (Art. 17), het OSPAR Verdrag en het Akkoord van Bonn⁵ moet men ervoor zorgen dat er geen schadelijke stoffen in de zeegebieden worden gebracht. De mogelijke schadelijke stoffen die geassocieerd worden met offshore windparken zijn anti-fouling producten, smeeroliën en –vetten, aluminium en het broeikasgas zwavelhexafluoride (SF₆). De mogelijke schadelijke stoffen die geassocieerd worden met aanleg en exploitatie van verbindingkabels voor elektriciteit zijn oliën, vetten en bitumen. Deze en andere schadelijke stoffen die tijdens de constructie- of exploitatiefase kunnen vrijkomen, worden hieronder besproken.

9.2 Te verwachten effecten

9.2.1 Olie, vet en bitumen

Windturbines met een tandwielkast bevatten ongeveer 750-1000 l olie. Het hydraulisch systeem bevat daarenboven ongeveer 200 à 300 l hydraulische olie. Verder is er ook nog 200 à 300 kg vet aanwezig ter hoogte van laders en geleidingen. De transformatoren, die zich in de gondel of in de voet van de turbine bevinden, zullen vermoedelijk van het droge type zijn. Indien toch gekozen zou worden voor oliegekoelde transformatoren zullen deze worden opgesteld in een aangepaste inkuiping zodat emissie van olie naar de omgeving onmogelijk is (IMDC, 2014a). In het offshore hoogspanningsstation zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in het hoogspanningsstation een nooddieselgenerator met een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (circa 30 m³) aanwezig. Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbines en de hoogspanningsstations. Het lekken van vloeistoffen

⁵ Akkoord van Bonn betreffende de samenwerking in de strijd tegen vervuiling van de Noordzee door koolwaterstoffen en andere gevaarlijkstoffen (1983).

(olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (lekbakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties.

In het MER (IMDC, 2014a) wordt aangegeven dat gebruik zal gemaakt worden van het XLPE type kabel, dat uitgevoerd wordt met geëxtrudeerd en verknoopt polyetheen (cross-linked polyethylene of XLPE) als isolatiemateriaal. In dit type kabel komt geen olie of vet voor door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties.

Beide kabeltypes worden bovendien voorzien van een wapening (armering) die bestaat uit gegalvaniseerde metalen wapeningsdraden. Om de wapeningsdraden te beschermen tegen corrosie, zijn deze omwikkeld met een juteband, die met bitumen is gecoat. Het bitumen heeft een 'vaste' vorm bij de normale bedrijfstemperatuur van de kabel. Het zal niet of slechts in zeer beperkte mate uitlogen aan de buitenzijde van de kabel en is daarom niet schadelijk voor het milieu. Het materiaal bevat geen PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) (Royal Haskoning, 2005).

9.2.2 Corrosiebescherming en aangroeiwerende producten

Er wordt bij gravitaire funderingen geen aangroeiwerende verf gebruikt. Ervaring bij reeds vergunde parken leert dat de betonstructuren niet geverfd worden in se maar dat het gebruikte beton gemixt wordt met pigmenten. De stalen mast (toren) die bloot staat aan de buitenomgeving zal voorzien worden van een meerlagige corrosiebescherming die wordt aangebracht in de werkhuizen van de mastleverancier. Deze bescherming bestaat uit een epoxy-coating geschikt voor toepassing in het mariene milieu met een hoog vast stof gehalte (glasvezel). Andere metalen onderdelen van de windturbine die bloot staan aan de buitenomgeving zijn de toegangstrap/platform, bevestigingsstructuren van sensoren op de gondel, etc. Deze worden doorgaans uitgevoerd in gegalvaniseerd staal of kunststof. De gondelbehuizing evenals de wieken zijn uitgevoerd in hoogwaardig kunststof en zijn bijgevolg niet onderhevig aan corrosie. Metaalconstructies binnen in de windturbinetoren en/of gondel worden uitgevoerd in gegalvaniseerd staal, roestvrij staal of aluminium. Bij een monopile of multipode fundering wordt een corrosiebescherming voorzien, ofwel een kunststoflaag, ofwel een Zn- of Al-laag met een meerlagig epoxy-coating erbovenop. Bovendien is er een kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes. In vorige projecten werden anodes van 4220 en 5400 kg gebruikt respectievelijk voor 3 en 5 MW windturbines. De vrijstelling van Al en Zn uit deze anodes veroorzaakt verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater (Ecolas, 2003).

9.2.3 SF6

Zwavelhexafluoride (SF6) is een chemisch inerte verbinding van zwavel met fluor die gebruikt wordt in de schakelapparatuur van de windturbines. Het betreft een aantal liter SF6-gas per turbine op een druk van <1 bar. Eerder analyses uit het project van C-Power hebben aangetoond dat de eventuele hoeveelheden SF6 die zouden vrijkomen, verwaarloosbaar zijn en enkel kunnen vrijkomen bij een accidentele situatie (aanvulling bij Ecolas, 2003).

9.2.4 Beschermingsmatrassen en breuksteen

Op dit ogenblik staat het nog niet vast welk materiaal gebruikt zal worden als erosiebescherming ter hoogte van de funderingen en voor het kruisen van de Interconnector aardgasleiding en de elektriciteitskabel. Er kan gebruik gemaakt worden van betonnen beschermingsmatrassen en/of van steenbestorting. Vooraleer deze matrassen kunnen gebruikt worden, dient de samenstelling ter

goedkeuring aan de BMM te worden voorgelegd. Indien niet kan aangetoond worden dat dergelijke matrassen niet uitlogen in het mariene milieu, dan dient een ander materiaal gebruikt te worden dat van natuurlijke oorsprong en inert is, en een gelijkwaardige bescherming biedt. Indien uitloging optreedt dan is de aanvrager in strijd met art. 16 van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België dat het storten in zee verbiedt (MMM-wet).

9.2.5 Gebruik monolieten

In de projectbeschrijving is er geen sprake van het gebruik van monolieten. Desondanks wijst de BMM erop dat het gebruik van monolieten (arme non-ferroslakken) in zeewater, en het gebruik ervan als secundaire grondstof bij de aanmaak van andere producten die zouden kunnen gebruikt worden in zeewater (beton, verstevigingsmateriaal e.d.) niet toegelaten is conform art.16 § 1 van de MMM-wet, dat het storten in zee verbiedt.

9.2.6 Radioactieve bestanddelen

Er wordt voor het project geen gebruik gemaakt van radioactieve bestanddelen. De ervaring met de bouw van offshore windparken leert dat er oude kabels in het Belgisch deel van de Noordzee aanwezig zijn die radioactieve signaalversterkers kunnen bevatten. Indien onbekende kabels worden aangetroffen moeten deze met de nodige omzichtigheid benaderd worden. Indien delen van de kabel radioactief zijn, dienen de geijkte procedures gevolgd te worden en de bevoegde instanties verwittigd (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle).

9.3 *Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Wat betreft schadelijke stoffen worden er noch cumulatieve effecten noch grensoverschrijdende effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 project en de bijbehorende kabels.

9.4 *Besluit*

9.4.1 Aanvaardbaarheid

Er zal moeten opgevolgd worden of en hoe betonnen beschermingsmatrassen en breuksteen in de loop van de activiteit worden gebruikt. Voorzichtigheid is geboden bij het verwijderen van oude, mogelijk radioactieve kabels. Met uitzondering van olielozingen ten gevolge van aanvaringen of andere scheepvaartongevallen is de kans dat significante hoeveelheden olie of vet accidenteel in het mariene milieu terechtkomen bijzonder klein. De mogelijke gevolgen van scheepvaartongevallen worden besproken in Hoofdstuk 8.

Het project is aanvaardbaar voor wat betreft eventuele schadelijke stoffen. Deze aanvaardbaarheid geldt voor het windpark met bijbehorende elektriciteitskabels op voorwaarde dat aan onderstaande voorwaarden voldaan wordt.

9.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

9.4.2.1 Voorwaarden

Alle vloeistoffen (inclusief de vloeistof in de kabels) en andere oplosbare stoffen moeten in een HNS (Hazardous Noxious Substances) lijst met technische inlichtingen worden beschreven met vermelding van de fysieke, chemische en ecotoxicologische eigenschappen, alsook de toegepaste hoeveelheden. Deze technische lijst moet ter goedkeuring aan de BMM worden voorgelegd. De inbreng van giftige stoffen in het milieu en op of in de structuren is niet toegelaten. Eveneens is de inbreng van afvalwater en -stoffen in het mariene milieu niet toegelaten.

Toekomstige technische keuzes, die een invloed op de veiligheid en de mogelijke vervuiling van het milieu kunnen hebben, meer bepaald met betrekking tot oliën, verven en gevaarlijke stoffen, dienen aan de BMM ter goedkeuring te worden voorgelegd. Deze keuzes kunnen besproken worden op het Begeleidingscomité.

De productfiches (MSDS fiches) met toxiciteitgegevens van de producten gebruikt bij het uitvoeren van de werken dienen aan het noodplan van de bouwfase te worden gevoegd.

Indien de aanvrager het nodig acht eventuele aangroei te verwijderen dan mogen hiervoor geen chemische producten gebruikt worden. De BMM geeft, na de optie niets doen, de voorkeur aan mechanische verwijdering. Indien de houder aangroei wenst te verwijderen, om welke redenen ook, dient dit 1 maand voorafgaandelijk aan de BMM te worden meegedeeld.

Voor de aanleg van beschermingsmatrassen op de zeebodem moet de houder verifiëren en certificeren dat alle gekozen componenten zonder gevaar voor enige uitloging kunnen gebruikt worden in het mariene milieu. De samenstelling van de asfaltmatten en kunstmatige erosiebescherming dient ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM. Het gebruik van monolieten en metaalslakken is hierbij verboden.

De bouwmaterialen en steenbestortingen dienen uit natuurlijke materialen vervaardigd te zijn en zullen geen afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten. In dit verband wordt verwezen naar de OSPAR Guidelines on artificial reefs (OSPAR, 2012b). Het gebruik van metaalslakken is verboden.

De aanvrager moet alle mogelijke maatregelen nemen om te vermijden dat natte cement of mortel in het mariene milieu terecht komen.

9.4.2.2 Aanbevelingen

Bij de ontmanteling van het park dient er zorg voor gedragen te worden dat de gesloten systemen met SF6 niet beschadigd worden en dat ze ontmanteld worden in een gespecialiseerd bedrijf, zodat geen SF6 in de atmosfeer terecht kan komen.

9.5 Monitoring

Er wordt geen monitoring gevraagd voor dit onderdeel.

10. Benthos en visgemeenschappen

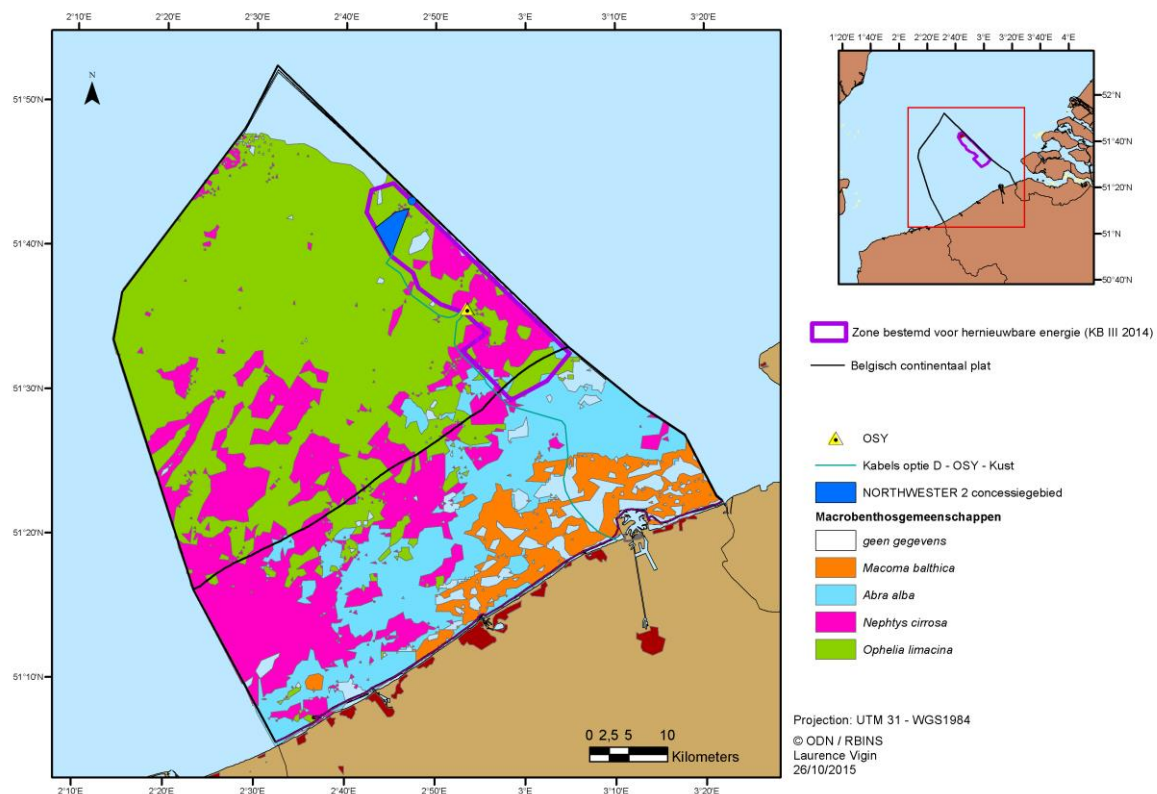
- Het NORTHWESTER 2 gebied bestaat hoofdzakelijk uit een zandige bodem. Er komen zandduinen voor met een hoogte van 2 tot 4 m boven het zeebodemoppervlak. Er komt vooral gemiddeld zand met mediane diameter van 350-400 μm voor en iets grover zand (400-500 μm) in het ZW deel. Die herbergen typische offshore *Ophelia limacina* en *Nephtys cirrosa* gemeenschappen, die iets armer zijn dan de kustgemeenschappen.
- In de voorbereidende studie van de concessiehouder werd geen dagzomend grind teruggevonden in het projectgebied.
- Tijdens de constructiefase zal de ecologische waarde van de natuurlijke benthische biotopen kwalitatief en kwantitatief negatief worden beïnvloed. De impact zal het grootst zijn wanneer grote aantallen gravitaire funderingen worden gebruikt (configuratie 2 met gravitaire funderingen), omdat hierbij grote hoeveelheden zand gebaggerd en opgeslagen dienen te worden. Een opslagdikte van het sediment van 1 m wordt als het meest negatief beoordeeld.
- Bij het leggen van de kabels zal de grootste impact ontstaan indien een sleuf gebaggerd wordt, waarbij eveneens grote volumes zand moeten worden weggehaald, tijdelijk opgeslagen in een stortzone en opnieuw opgepompt en gestort.
- Door het verlies aan zand dat optreedt tijdens de werken, zal voor zowel voor de gravitaire funderingen als de kabels zand uit zandwinningsgebieden moeten worden aangevoerd.
- Er wordt slechts een tijdelijke verhoging van de turbiditeit verwacht indien suspensie optreedt van dagzomende of aan het oppervlak gebrachte tertiaire klei met weinig gevolgen voor de biota.
- Tijdens de exploitatiefase kan door de aanwezigheid van de funderingen een wijziging van de biotoopkwaliteit verwacht worden door het rifeffect, waardoor zich een sterk gemodificeerde fauna zal ontwikkelen. Dit geldt zowel voor de funderingen en de erosiebeschermingslaag errond, als de stenen die zullen worden gestort op de kabels.
- De lokale diversiteit zal sterk verhogen door begroeiing van de geïntroduceerde harde substraten. De gemeenschap die zich op deze artificiële substraten ontwikkelt, is anders dan die op de natuurlijke harde substraten en de soortensamenstelling is geen weerspiegeling van die op natuurlijke harde substraten.
- Het rifeffect zal tevens een lokale organische aanrijking en dus biologische verrijking van het natuurlijke zandige substraat zal veroorzaken. Het rifeffect is verder verantwoordelijk voor de aantrekking van heel wat vissen, waaronder Steenbolk en Kabeljauw, en grotere kreeftachtigen alsook niet inheemse soorten. Dit rifeffect wordt het hoogst beoordeeld bij het toepassen van gravitaire funderingen.
- Het uitsluiten van actieve bodemvisserij kan als matig ecologisch positief beoordeeld worden.
- Een leemte in de kennis is het mogelijke belang van de zone als paaiplaats voor haringachtigen, zandspieringen en andere vissoorten.
- De impact van de biotoopverandering zal het minst zijn indien voor de steenbestorting van de erosiebeschermingsmaterialen (keien en stenen) gebruikt worden die van nature in de zuidelijk Noordzee voorkomen.
- Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft de effecten op benthos en visgemeenschappen aanvaardbaar.

10.1 Inleiding

10.1.1 Referentiesituatie benthische gemeenschappen

Het projectgebied van NORTHWESTER 2 is gelegen in de Hinderbankenzone. Het gebied is gekenmerkt door zandduinen en er komt voornamelijk gemiddeld zand voor, met mediane diameter tussen 350 μm en 500 μm (Van Lancker *et al.*, 2007; Verfaillie *et al.*, 2006) en tertiaire kleilagen die mogelijk dicht onder het oppervlak liggen (Van Lancker *et al.*, 2007). In het MER is een screening uitgevoerd van (delen van) het concessiegebied waarbij geen dagzomende grindbedden werden vastgesteld.

Het projectgebied van NORTHWESTER 2 zou volgens een gemodelleerde biologische waarderingskaart (met een beperkte betrouwbaarheid vanwege een ongelijkmatige spreiding van de gebruikte data in ruimte en tijd) gekarakteriseerd worden door macrobenthische gemeenschappen met zowel een erg hoge als erg lage biologische waarde (Deraus *et al.*, 2007). In de mobiele sedimenten die in het gebied aangetroffen worden, zullen zeker twee van de vier in het Belgisch deel van de Noordzee aanwezige macrobenthische gemeenschappen aangetroffen worden, namelijk de typische offshore *Ophelia limacina* en *Nephtys cirrosa* gemeenschappen (Van Hoey *et al.*, 2004). De precieze omvang en het ruimtelijke voorkomen van deze gemeenschappen in het projectgebied, zijn niet bekend. De kustnabije *Abra alba* gemeenschap (Degraer *et al.*, 2008) komt waarschijnlijk niet voor in het projectgebied. Vermoedelijk zal ook de habitatstructurende schelpkokerworm *Lanice conchilega* niet in grote densiteit voorkomen. Door het ontbreken van dagzomend klei zal ook de unieke gemeenschap van borende tweekleppigen zoals de Witte boormossel *Barnea candida* (Degraer *et al.*, 1999) en de Amerikaanse boormossel *Petricola pholadiformis* niet voorkomen.



Figuur 10.1 Habitatgeschiktheidskaart voor de vier in Belgische wateren voorkomende macrobenthosgemeenschappen, zoals voorspeld door Degraer *et al.*, (2008). Oranje: *Macoma balthica* gemeenschap; Blauw, *Abra alba* gemeenschap; Roze, *Nephtys cirrosa* gemeenschap; Groen, *Ophelia limacina* gemeenschap.

10.1.2. Referentiesituatie visgemeenschappen

De demersale visgemeenschappen vertonen over het algemeen een toename in soortenrijkdom van de kust naar de offshore gebieden, terwijl de dichtheid een omgekeerde trend vertoont (De Maersschalk et al., 2006; De Backer et al., 2010). Uit de baseline studie van De Maersschalk et al. (2006) bleek de visfauna van de Hinderbanken erg divers te zijn.

Het concessiegebied van NORTHWESTER 2 maakt deel uit van een zandbankensysteem dat een belangrijk paaigebied zou zijn voor Sprat en Haring. Haring zet zijn eieren af in grovere zanden. In het verleden zijn enkele traditionele gebieden aangegeven waar de Noordzee haring vroeger paaide (Cushing en Burd, 1957; Postuma et al., 1977, Sips, 1988) maar het blijkt moeilijk op a priori gebieden af te bakenen waar Haring ook effectief zal paaieren omdat het aantal paaigebieden afhankelijk is van het voorplantingssucces en de omvang van de stock (Burd, 1985; Corten, 2001). Daarnaast kunnen zandbanken grote populaties van zandspieringachtigen (Ammodytidae) herbergen die een voorname rol spelen in de voedselketen en die belangrijk zijn als stapelvoedsel voor zeevogels (o.a. Pearson 1968; Stienen et al., 2000). Zandspieringen (familie Ammodytidae) zijn typische soorten voor zanderige bodems, meer bepaald grof zand met een laag slibgehalte (Van der Kooij et al, 2008), en ze vormen een uiterst belangrijke voedselbron voor verschillende vogel- en vissoorten in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ). De monitoringsresultaten van ICES wijzen op de aanwezigheid van een complex van lokale substocks in de Noordzee (ICES, 2011). De lokale dynamiek (niveau BDNZ) van de populaties van deze soorten (voornamelijk Ammodytes tobianus en Hyperoplus lanceolatus, maar ook Gymnammodytes semisquamatus en Hyperoplus immaculatus) is echter nog te weinig gekend, voornamelijk omdat deze soorten niet representatief bemonsterd worden met gangbare technieken zoals bodemslepen met een garnalennet en bemonsteringen met een Van Veen grijper. Men weet echter wel dat de eieren van deze soorten bentisch zijn. Vissoorten die hun eieren afzetten op de zeebodem worden sterk beïnvloed (positief of negatief) door veranderingen in de bodemstructuur, al dan niet als gevolg van de constructie van windmolens (Anoniem, 2004). Binnen deze groep van vissoorten kunnen in het studiegebied de volgende soorten van belang zijn (Munk & Nielsen, 2007; www.fishbase.org):

NL naam	Wetenschappelijke naam	Paaiperiode	Specifieke informatie
Haring	<i>Clupea harengus</i>	lente of herfst/winter	gravel, vegetatie of stenen
Dorade	<i>Spondylusoma cantharus</i>	Maart tot augustus	
Zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	januari tot maart	
Harnasmannetje	<i>Agonus cataphractus</i>	paaityd januari tot april	meestal in buurt van <i>Laminaria</i>
Gevlekte lipvis	<i>Labrus bergylta</i>	paaityd juni-juli	meestal in zeewier
Zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>	lente / herfst	
Smelt	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	April tot augustus	
Grondels	<i>Pomatoschistus</i> sp. & <i>Gobius</i> sp.	Maart tot september	Onder schelpen
Hondshaai	<i>Scyliorhinus canicula</i>		In zeewiervelden
Stekelrog	<i>Raja clavata</i>	Februari tot september	Zand - modder
Koekoeksrog	<i>Leucoraja naevus</i>	Februari tot september	Zand-modder

De eieren van Zandspiering zijn bentisch, waardoor de soort gevoelig is voor veranderingen in de zeebodemstructuur, al dan niet ten gevolge van de constructie van windturbines (Anoniem, 2004).

Over het effectieve belang van het NORTHWESTER 2 concessiegebied als paaiplaats voor deze soorten is echter nog weinig bekend en dit wordt als een leemte in onze kennis beschouwd.

10.2 Te verwachten effecten

10.2.1 Inleiding

De te verwachten milieueffecten van een windpark op macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen worden voorgesteld in het MER (IMDC, 2014a) en werden reeds uitvoerig besproken in de milieueffectenbeoordelingen (MEB), die door de BMM werden opgesteld voor het windpark op de Thorntonbank (BMM, 2004), voor de veranderingen aan het oorspronkelijke MER voor hetzelfde windpark op de Thorntonbank (BMM, 2006), voor het windpark op de Blighbank (BMM, 2007), op de Lodewijkbank (BMM, 2009), ten zuiden van de Thorntonbank (Rumes *et al.*, 2011), tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank (Rumes *et al.*, 2012a) en ten noordwesten van de Bligh Bank (Rumes *et al.*, 2015). Hier wordt ingegaan op de specifieke informatie van het huidige project of op nieuwe informatie.

10.2.2 Constructiefase

10.2.2.1 Biotoop- en biomassaverlies

Funderingen

Tijdens de plaatsing van de funderingen zullen de activiteiten (verplaatsen en opslag van sediment, toepassen van grondverbeteringstechnieken bij het maken van de funderingsputten) leiden tot een verlies en verandering van biotopen, wat kan leiden tot veranderingen in de bestaande gemeenschappen. Biotoopverlies zal voornamelijk plaatsvinden tijdens de bouwfase, waarbij het oorspronkelijke substraat door artificieel hard substraat wordt vervangen ter hoogte van de voet van de fundering, maar waarbij, vooral in het geval van GBF, heel wat sediment wordt gebaggerd en gestort. Bij het baggeren van sediment moet van een 100% verlies aan organismen in de betreffende zones worden uitgegaan (Newell *et al.*, 1998; Van Dalfsen *et al.*, 2000; Simonini *et al.*, 2007) aangezien het bodemleven zich enkel in de bovenste 10-30 cm van het sediment bevindt, 80% van de fauna zelfs in de bovenste 5 cm en in het geval van niet-mobiele substraten vrijwel volledig op het oppervlak. Tevens wordt de kans op overleving van macrobenthische organismen op de plaats van storten als nagenoeg onbestaande geschat (Lauwaert *et al.*, 2008). De directe impact op het bodemleven vertoont bijgevolg een lineair verband met de verstoorde oppervlakte en zal het hoogst zijn voor de GBF configuratie van 37 GBF funderingen (configuratie 2). Voor de opslag van het overschot aan sediment in een laag van 5 m dikte – wat als meest waarschijnlijk wordt aangegeven in het MER – wordt een biotoopverlies van 288.400 m² geschat. Binnen dit scenario treedt er een bijkomend biotoopverlies van 167.800 m² op door de aanleg van een erosiebeschermingslaag, hetgeen in de MER niet in rekening is gebracht. Het directe en indirecte biomassaverlies door het baggeren en storten wordt bij een opslag in laag van 5 m geschat op ruim 105 ton versgewicht aan benthische organismen, met bijkomend een verlies aan iets minder dan 6 ton onder de erosiebeschermingslaag. Bij stockage met 1 m dikte loopt het geschatte biomassaverlies op tot ± 50 ton⁶ door baggeren en storten, en een kleine 6 ton gaat verloren onder de erosiebescherming. Een deel van het biotoop verdwijnt permanent onder de fundering en de erosiebescherming, maar wordt vervangen door een fouling gemeenschap die een biomassa vertegenwoordigt die vele malen hoger ligt dan hetgeen in de zachte sedimenten voorkomt (Rumes *et al.*, 2013c). Of deze biomassa ook in een ecologisch en functioneel perspectief waardevol is, dient nog verder te worden onderzocht. Verder is uit onderzoek gebleken dat het endobenthos in de zachte sedimenten zich snel herstelt na de verstoring tijdens de

⁶ Deze schattingen gaan uit van een gemiddelde benthische biomassa van 33 g versgewicht per m² (De Maersschalk *et al.*, 2006)

constructiefase. Na één jaar kan geen verschil meer worden waargenomen met de endobenthische gemeenschap die er voorkwam voor de constructie (Coates *et al.*, 2013a).

De visgemeenschappen zullen worden verstoord tijdens de constructiefase van de windparken. Voor de demersale vis is het biotoopverlies hetzelfde als voor het bodemleven. Hoewel mortaliteit zal optreden, zeker van benthopelagische vis, zal deze vermoedelijk lager zijn dan voor het benthos, gezien de hoge mobiliteit van de dieren, waardoor ze het impactgebied kunnen ontvluchten. Daarentegen kan er lokaal en tijdelijk een verhoogd voedselaanbod aanwezig zijn voor de vissen, door de massale sterfte van het benthos. Een inschatting van de het biomassaverlies voor demersale vis is daarom moeilijk in te schatten.

Kabels

In het MER wordt geen beoordeling gemaakt van de verschillende voorgestelde kabeltracés in functie van het bodemleven. Het is niet duidelijk welke gemeenschappen worden verstoord, over welke biomassa's het gaat, welk en hoeveel hard substraat zal worden geïntroduceerd. Hierdoor is geen accurate beoordeling van de effecten van de verschillende alternatieven mogelijk.

10.2.2.2 Resuspensie en depositie fijne sedimenten

Het projectgebied van NORTHWESTER 2 wordt gekenmerkt door een tertiaire kleilaag gelegen onder een beperkte deklaag waarvan de omvang en diepte niet bekend is. Door de baggeractiviteiten, noodzakelijk voor de installatie van gravitaire funderingen en eventueel het leggen van de kabels, kunnen kleiballen vrijkomen en kan meer klei permanent dagzomen dat mogelijk aan de oppervlakte kan eroderen. Deze situatie kan een bron van slib vormen hoewel een langdurige verhoging van de turbiditeit uitgesloten lijkt (IMDC, 2012b en c; Hoofdstuk 6 van deze MEB). Het blijkt dat gemaakte putten in de zeebodem zich moeilijk opvullen (Van den Eynde *et al.*, 2010; Degrendele *et al.*, 2010). In deze putten kan zich een min of meer permanente sliblaag afzetten die de benthische organismen verstikt en zorgt voor een verarming van de fauna (e.g. Bonne, 2003; Vanaverbeke *et al.*, 2007). Ook duinen ontstaan door de opslag van zand blijken voor lange tijd aanwezig te blijven (IMDC, 2012a).

10.2.2.3 Trillingen en geluid

Tijdens het heien van de palen (monopile of jacket fundering) kunnen, bij gebrek aan milderende maatregelen, extreem hoge brongeluidspieken verwacht worden (Norro *et al.*, 2010, Hoofdstuk 7 van deze MEB) die ernstige gevolgen hebben voor de lokale fauna. Studies gericht op zeezoogdieren, maar evenzeer op vissen wijzen op gedragsstoornissen en fysiologische stress (zie o.a. Mueller-Blenkle *et al.*, 2010 voor Tong *Solea solea* en Kabeljauw *Gadus morhua*). Er gebeurt meer en meer onderzoek naar de effecten van geluid op vissen bestaat er nog onvoldoende kennis om de impact van heien en andere bronnen van antropogeen geluid op vissen betrouwbaar te kunnen kwantificeren (Popper en Hastings, 2009). Sommige studies rapporteren verminderde groei en levensvatbaarheid tot directe sterfte van viseieren en vislarven (zie Popper en Hastings, 2009), terwijl recent onderzoek weinig of geen impact heeft vastgesteld vislarven van Zeebaars *Dicentrarchus labrax* (Debusschere, in prep) en Tong (Bolle *et al.*, 2013b). Het effect van geluid op organismen is echter contextafhankelijk: de intensiteit, frequentie en continuïteit van het geluid, de weerstand van de omgeving, de windrichting en de soortspecifieke eigenschappen zijn hierbij doorslaggevend. Gezien de verplichte milderende maatregelen en gebruiksvoorwaarden voor het heien (zie Hoofdstuk 7) worden voor dit project geen ernstige gevolgen verwacht op de lokale visfauna.

10.2.3 Exploitatiefase

10.2.3.1 Uitsluiten (bodemberoerende)visserij

Wegens de kans op schade aan de windenergieinfrastructuur wordt actieve (bodemberoerende) visserij in offshore windparken in België voorlopig uitgesloten. Bijgevolg ontstaat een zone waarin de fauna van de oorspronkelijke substraten zich kan ontwikkelen zonder de frequente verstoring van o.a. de boomkorvisserij. Aangezien de typische benthische offshore *N. cirrosa* en *O. limacina* gemeenschappen, die in pure fijn tot grofzandige sedimenten voorkomen (Van Hoey *et al.*, 2004), vrij goed zijn aangepast aan natuurlijke bodemverstoring, wordt de bijkomende impact als gevolg van boomkorvisserij als ecologisch minder significant beoordeeld. Echter, het waarnemen van significante effecten wordt in deze habitats bemoeilijkt door de grote ruimtelijke variabiliteit in het benthos in aanwezigheid van megaribbels (Lindeboom en de Groot, 1998).

Uit het preliminair bodemonderzoek blijkt dat er geen dagzomend grind zou aanwezig zijn in het projectgebied, maar dat er wel grindlagen voorkomen onder een zeer dunne toplaag (IMDC, 2014a). Dagzomend grind en stenen herbergen zeer diverse bodemdiergemeenschappen (Houziaux *et al.*, 2008), die erg waardevolle biotoopelementen vormen in het Belgische deel van de Noordzee. Na voltooiing van de werken en als het gebied niet meer door visserij verstoord wordt, bestaat de kans dat grindbedden bloot komen te liggen. Dat biedt de kans voor de kolonisatie met organismen typisch voor natuurlijk harde substraten en het ontstaan van gemeenschappen met een hoge biodiversiteit. Hoe dan ook zal het effect slechts tijdelijk zijn (periode 20 – 30 jaar) en bijgevolg niet bijdragen tot een stabiel herstel van de grindbedden.

Het is niet bekend of de pure zanden die in het gebied voorkomen, gebruikt worden als paaigebied voor haring of zandspiëring. De afwezigheid van verstoring zou in dat geval wel gunstig zijn voor de populatie van deze soorten en dit zou expliciet nagegaan moeten worden.

10.2.3.2 Introductie artificieel hard substraat

Oppervlakte aan hard substraat

De introductie van artificiële harde substraten in een waarschijnlijk overwegend zandige biotoop zorgt voor een habitatdiversiteit. De gevolgen van de introductie wordt het “rifeffect” genoemd (Petersen en Malm, 2006). De benthische gemeenschappen die zich ontwikkelen op de funderingen en erosiebeschermingslaag verschillen fundamenteel van de natuurlijke bodemdiergemeenschap in zachte substraten. De oppervlakte artificieel hard substraat aan funderingen en erosiebescherming eromheen, beschikbaar voor kolonisatie in de NORTHWESTER 2 varieert van 65.900 m² voor de basisconfiguratie met monopile funderingen tot 215.600 m² voor configuratie 1 met jacket funderingen.

Daarnaast wordt ook voorzien dat een groot oppervlak aan hard substraat zal worden aangebracht ter bescherming van de kabels die kruisen met andere kabels of pijpleidingen. In het MER (IMDC, 2014a) wordt gerefereerd naar een oppervlakte van 500 m² aan hard substraat per kruising, wat vele malen groter oppervlakte heeft dan één erosiebeschermingslaag rond een GBF. In het addendum bij het MER (IMDC, 2015) werd vermeld dat er negen kruisingen verwacht worden voor het scenario met de OSY. Gezien de beperkte laagdikte (1 m) is het waarschijnlijk dat de erosiematten en stortstenen grotendeels zullen verzanden. De stenen die boven het zachte sediment uitsteken kunnen worden gekoloniseerd door foulingorganismen en kan vermoedelijk als habitat gebruikt worden door

vissen en grotere invertebraten, zoals krabben en kreeften (Krone *et al.*, 2013). De complexiteit en de aard van de ondergrond (dus het materiaal dat voor de erosbescherming wordt gebruikt), bepalen in belangrijke mate het soort organismen die op het harde substraat kunnen groeien en welke organismen bescherming en voedsel in en op het kunstrijf kunnen vinden.

Impact van de introductie van harde substraten

Op de geïntroduceerde harde substraten treedt er een plaatselijke verhoging op van de productiviteit en de diversiteit (van Moorsel en Waardenburg, 2001, Orejas *et al.*, 2005). De harde substraten in de intergetijdenzone vormen een van nature onbestaande biotoop in de offshore zone van de Noordzee. In deze zone wordt bijgevolg een erg specifieke gemeenschap voor artificiële harde substraten aangetroffen (Kerckhof *et al.*, 2010b, 2011, 2012) waarin vooral het aandeel niet-inheemse soorten – introducties uit andere oceanen en soorten van zuidelijke rotskusten waarvan het areaal zich naar het noorden uitbreidt – hoog blijkt te zijn (Kerckhof *et al.*, 2011). In de offshore intertidale zone is het aandeel geïntroduceerde soorten vergelijkbaar met of hoger dan die op artificiële harde substraten uit de kustzone (Kerckhof *et al.*, 2007, 2011). Hieruit kan worden afgeleid dat de verspreiding en de blijvende vestiging van niet-inheemse soorten bevorderd wordt door het stapsteeneffect, gecreëerd door de aanleg van de windparken in de zuidelijke Noordzee. In het subtidaal is het aantal geïntroduceerde soorten veel lager (Kerckhof *et al.*, 2012) en werden er tot nu toe maar twee soorten, het muiltje *Crepidula fornicata* en de koloniale tunicaat *Diplosoma listerianum* aangetroffen (Francis Kerckhof, ongepubliceerd en De Blauwe *et al.*, 2014) in het BDNZ. De litorale (getijdenzone) zone wordt gekenmerkt door een gemeenschap van mossels en zeepokken (Kerckhof *et al.*, 2011).

Ook de subtidale foulinggemeenschappen blijken te verschillen van natuurlijke harde substraten. Waarschijnlijk zal de aangroei op de verticale subtidale delen van het NORTHWESTER 2 windpark analoog verlopen als die op de al geïnstalleerde parken (Kerckhof *et al.*, 2012) en vergelijkbaar zijn met die op andere artificiële structuren in de zuidelijke Noordzee zoals wrakken (Zintzen, 2007; Van Moorsel *et al.*, 2001). Kenmerkend op dergelijke artificiële structuren is een grote ruimtelijke heterogeniteit, met een aantal soortenassociaties waarvan de *Metridium senile* biotoop (Connor *et al.*, 2004) het eindpunt is. Over de rol van de fouling gemeenschappen in het mariene ecosysteem is tot op heden weinig gekend. De soortensamenstelling op artificiële harde substraten weerspiegelt over het algemeen niet de gemeenschap van natuurlijke harde substraten. Bijgevolg vormen ze geen langetermijnoplossing voor het behoud of herstel van de fauna van de bedreigde natuurlijke keienvelden en oesterbanken (Kerckhof *et al.*, 2012). Bovendien zijn ze slechts tijdelijk (geschatte levensduur van ~20-30 jaar) beschikbaar voor kolonisatie (Rumes *et al.*, 2013).

De begroeiing van de artificiële harde substraten zorgt voor een lokaal sterk verhoogde productie van en concentratie aan organisch materiaal (Kerckhof *et al.*, 2010). Deze verhoogde concentratie zorgt bij afzetting (bv. na sterfte en als faecale pellets) voor een lokale organische aanrijking van het natuurlijke zachte substraat, waardoor fijnere sedimenten met een rijkere macrobenthische fauna nabij de harde substraten worden gevonden (Coates *et al.*, 2011, 2012). Deze rijkere fauna omvat onder andere de borstelwormen *Lanice conchilega* en *Spiophanes bombyx*, twee soorten dominant binnen de *Abra alba* gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). Lokaal kan dan ook een verschuiving van de natuurlijke en armere *Nephtys cirrosa* gemeenschap naar de *A. alba* gemeenschap worden verwacht (Coates *et al.*, 2012). Er wordt verwacht dat de omvang (hoeveelheid organisch materiaal én aangetaste oppervlakte) van deze impact afhankelijk zal zijn van de totale oppervlakte aan hard substraat en zodoende het grootst zal zijn indien gebruik zou worden gemaakt van een groot aantal gravitaire funderingen.

De artificiële harde substraten dienen verder als schuilplaats en foerageergebied voor heel wat mobiele organismen, waaronder vissoorten, zoals Kabeljauw *Gadus morhua* en Steenbolke *Trisopterus luscus* (Reubens *et al.*, 2009, 2011a) en grote kreeftachtigen, zoals Noordzeekrab *Cancer pagurus*, Kreeft *Homarus gammarus*, Fluwelen zwemkrab *Necora puber* (Francis Kerckhof ongepubliceerde gegevens, Krone *et al.*, 2013). De vissen voeden zich in hoofdzaak met de rijke fauna, groeiend op de artificiële harde structuren waaronder de Porseleinkrab *Pisidia longicornis* en het vlokreeftje *Jassa herdmani* – twee soorten die dominant aanwezig zijn (Kerckhof *et al.*, 2010a en b, 2012) – en hadden een beter dan gemiddelde conditie (Schaeck, 2011). Een belangrijk deel van deze vissen blijft trouwens vrij trouw in de buurt van de windturbines te blijven. Zo werden individueel opgevolgde individuen tot 85 dagen (nagenoeg) continu nabij één en dezelfde fundering waargenomen (Reubens *et al.*, 2011b). Alhoewel sterk individu-afhankelijk vertonen heel wat vissen een dag-nacht patroon in hun ruimtelijke verspreiding, waarbij de vissen zich dichtbij het omringende zachte substraat bevinden bij dag en bij nacht meer ter hoogte van de erosiebeschermingslaag. Het is echter nog steeds onduidelijk in hoeverre de productiviteit van de vissen, aangetrokken tot de artificiële structuren, verhoogt door het verhoogde voedselaanbod, dan wel verlaagt door de drastisch verhoogde competitie voor voedsel. In het buitenland werd verder reeds aangetoond dat een toename in aantallen vissen rond boorplatformen in de Noordzee gepaard gaat met een daling in de ruimere omgeving van deze installaties (Fujii, 2012).

De introductie van harde substraten kan gunstig geëvalueerd worden omdat zich nieuwe soorten zullen vestigen en verschillende soorten in verhoogde aantallen en biomassa aanwezig zullen zijn. Anderzijds kan dit ook zorgen voor een negatief effect door de mogelijke toename van niet-inheemse soorten die in concurrentie treden met (eventueel commercieel interessante) inheemse soorten. Het blijft onzeker of de lokaal verhoogde aantallen vis een versterking dan wel een verzwakking van de visstock in de bredere omgeving betekenen.

10.2.4. Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen voor wat betreft biotoopverlies en suspensie van fijne sedimenten vermoedelijk gelijkaardig zijn aan die tijdens de bouwphase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van geheide monopile en jacket funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid, wat zich vermoedelijk zou beperken tot vissen. Na de afbraakfase dient nagegaan te worden of er zich al dan niet een terugkeer zal voordoen naar de initiële situatie.

10.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Na de realisatie zal het NORTHWESTER 2 windpark bijdragen tot de cumulatieve effecten in de hele zone voorzien voor windenergie en bij uitbreiding in de hele zuidelijk Noordzee waar grote gebieden aangeduid zijn voor windparken op zee. Cumulatieve effecten zullen vooral optreden tijdens de exploitatiefase. De toename aan kunstmatig hard substraat is een van de belangrijkste effecten met een versterking van het zogenaamde rifeffect. In de getijdenzone – een zone die vroeger niet in open zee voorkwam – zal een toename van niet-inheemse soorten en een toename aan inheemse mosselen *Mytilus edulis* optreden. Dit kan leiden tot een “Mytilisering” van de Noordzee (Krone *et al.*, 2013), die in een later stadium zou kunnen overgaan in een “veroestering” als de populatie van de niet-inheemse oester *Crassostrea gigas* zich verder ontwikkelt. Daarnaast zijn ook de gevolgen (na herstel van de impact als gevolg van de installatiewerken) van de sluiting van het gebied voor bodemverstorende visserij op bepaalde vissoorten en benthische habitats cumulatief.

De dichtstbijzijnde Natura 2000 gebieden zijn de Voordelta en de Vlake van de Raan in Nederlandse wateren. De soorten waarvoor instandhoudingsdoelen (ISHD) zijn gedefinieerd, zijn Fint, Zeeprik en Rivierprik. Deze anadrome vissen worden vooral bedreigd door aantasting van hun habitat in het zoetwater. Daarom zal de constructie en de aanwezigheid van het NORTHWESTER 2 park geen (negatieve) invloed hebben op de ISHD voor deze soorten.

10.4 Besluit

10.4.1 Aanvaardbaarheid

Gezien de relatief kleine omvang van het park tegenover het verspreidingsgebied op het BDNZ van de eventuele getroffen soorten, en gezien de geringe effecten die verwacht worden, is de BMM van oordeel dat de bouw en exploitatie van het NORTHWESTER 2 windpark, voor wat betreft de mogelijke effecten op macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen, aanvaardbaar is voor alle mogelijke configuraties en technieken voorgesteld in het MER (IMDC, 2014a), mits het respecteren van onderstaande voorwaarden. De variante met GBF's (in configuratie 2 en 3) scoort echter significant ongunstiger vanwege de grotere milieu-impact.

10.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

Bewaring bodemkwaliteit

Na uitvoering van de werken tijdens de constructiefase is een herstel van de site gewenst. Dit herstel impliceert een maximaal herstel van de natuurlijke geomorfologie tussen de funderingen, maar evenzeer het herstel van de sedimentsamenstelling van de oppervlakkige sedimenten. Met andere woorden: zowel het bodemprofiel als de sedimentsamenstelling moet na uitvoering van de werken zo goed als technisch mogelijk in de oorspronkelijke toestand teruggebracht worden. Dit geldt tevens en vooral voor het eventueel opnieuw afdekken van eventueel tijdens de werken blootgelegde tertiaire kleilagen. Op deze manier wordt het milieu tussen de funderingen in de oorspronkelijke, natuurlijke conditie gebracht, waardoor het herstel van de oorspronkelijke bodemgemeenschappen optimaal wordt gefaciliteerd.

Introductie artificieel hard substraat

Aangezien, als gevolg van de toegenomen aanwezigheid van artificiële harde substraten, een merkelijke toename van niet-inheemse soorten wordt verwacht, dient de introductie van harde substraten tot het minimum beperkt te worden. Verder dienen voor de erosiebescherming uitsluitend natuurlijke materialen gebruikt te worden. Bij de ontmanteling dient ook de erosiebescherming, indien gebruikt, verwijderd te worden.

10.4.2.1 Voorwaarden

Vorbereidend grondonderzoek dient uit te wijzen of dagzomend grind aanwezig is in het projectgebied en wat de omvang ervan is. De resultaten van het onderzoek dienen voorafgaand aan de start van de werken aan de BMM overgemaakt te worden. Op basis hiervan zal beslist worden of een bijkomend deel van de monitoring gericht op dagzomend grind moet worden uitgevoerd.

Voor zover technisch mogelijk dient de erosiebescherming (ook ter hoogte van de kruisingen met de kabels en leidingen) te bestaan uit natuurlijk grind en keien (silex).

Indien de houder het nodig acht eventuele aangroei te verwijderen dan mogen hiervoor geen chemische producten gebruikt worden. De BMM geeft, na de optie niets doen, de voorkeur aan

mechanische verwijdering. Indien de houder de aangroei wenst te verwijderen, om welke redenen ook, dient dit 1 maand voorafgaandelijk aan de BMM te worden meegedeeld.

Bij de ontmanteling dienen alle aangebrachte constructies, inclusief de erosiebescherming indien gebruikt, verwijderd te worden.

Na de uitbatingperiode van de kabels dienen alle stukken die deel uitmaken van de voorziene kruisingsopstelling verwijderd te worden. Dit geldt voor de beschermingsmatrassen en andere kunstmatige erosiebescherming evenals samenhangende structuren (naast de verwijdering van de steenbestortingen en de kabels).

Na beëindiging van de constructiefase is een maximaal herstel van de site vereist. De vergunninghouder dient aan te tonen dat eventueel tijdens de werken blootgelegde tertiaire kleilagen opnieuw werden afgedekt.

De houder moet de BMM jaarlijks op de hoogte brengen van de afmetingen, locatie en samenstelling van de erosiebescherming in het concessiegebied en langs het kabeltracé.

10.4.2.2 Aanbevelingen

Om een maximale overleving en minimale verstoring van het bodemleven tijdens de constructiewerkzaamheden te verzekeren is het aanbevolen om de verstoorde oppervlakte (door baggeren, storten en plaatsing van de funderingen) tot een minimum te beperken. Dit kan in eerste instantie door te kiezen voor configuraties met een beperkt aantal monopiles of jacket funderingen, en het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m op te slaan en voor het leggen van de kabels gebruik te maken van jetting of ploegen.

10.5 *Monitoring windpark*

De monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het onderwaterleven als gevolg van de inplanting van een windpark te kunnen detecteren en te kunnen vergelijken met andere projecten en gebieden. Opdat eventuele permanente veranderingen zouden kunnen vastgesteld worden, is een grondige en voldoende lange monitoring van de diverse gemeenschappen noodzakelijk. De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de uiteindelijke keuze van funderingstypes en installatietechnieken. Dit onderzoek sluit aan bij het bestaande onderzoek naar harde substraten, macrobenthos, epibenthos en visfauna en de inspanningen zullen dus zo efficiënt mogelijk verdeeld worden over de verschillende windparken en concessiehouders en zullen bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

10.5.1 Kolonisatie artificieel hard substraat: successie en functioneren van de fouling gemeenschap

Door de introductie van artificiële harde substraten in een waarschijnlijk overwegend zandige omgeving wordt een nieuwe biotoop geïntroduceerd, waaronder een intertidale zone, die normaal niet offshore voorkomt. Dit heeft als gevolg dat zich op de structuren nieuwe soorten vestigen in een gemeenschap typisch voor artificiële harde substraten. Gelijklopend met de kolonisatie door epifauna worden ook vissen, zoals Steenbolk en Kabeljauw, en grotere epibenthische organismen, zoals kreeften, tot de harde substraten aangetrokken. Alle soorten samen vormen een karakteristieke

gemeenschap, geassocieerd met de artificiële harde substraten. Er zijn echter indicaties dat deze gemeenschap verschillend is van die van natuurlijke harde substraten. Vooral het aandeel niet-inheemse soorten – introducties uit andere oceanen en soorten van zuidelijke rotskusten waarvan het areaal zich naar het noorden uitbreidt – blijkt hoog te zijn (Kerckhof *et al.*, 2011). Omdat er in het BDNZ meer en meer artificiële substraten geïntroduceerd worden, dient het eventuele stapsteeneffect ten aanzien van de introductie van niet-inheemse soorten onderzocht te worden.

Het onderzoek van de artificiële harde substraten moet gericht zijn op de vestiging, de ontwikkeling en de aard (niet-inheems, inheems) van de organismen op en rond de nieuwe structuren en naar specifieke soorten, die een indicatie kunnen geven van de gezondheidstoestand van het habitat. Verder dient er ook aandacht te worden besteed aan de functionele rol van de fouling organismen, meer bepaald hun positie in het voedselweb en hun rol in biogeochemische cycli in de omliggende sedimenten, waar hun faeces en pseudofaeces (potentieel) accumuleren.

Op de bestaande windturbines zijn drie habitats te onderscheiden: de erosiebescherming rond de fundering van de windturbine (HARD ER), de fundering subtidaal (HARD SUB) en de fundering intertidaal (HARD INT), die alle drie onderzocht moeten worden. Wat betreft de studie van de successie, is gebleken uit de monitoring in andere parken, dat voor de toekomstige monitoring, een jaarlijkse staalname voldoende is, bij voorkeur tijdens de late zomer/vroege herfst.

De staalname voor de studie aan de successie van de epifauna (HARD SUB) gebeurt bij voorkeur aan de hand van een combinatie van

- schraapstalen (3 replicaten), waarbij een oppervlak van 25 cm x 25 cm wordt afgeschraapt van de fundering en in een opvangnet wordt verzameld, en in het labo op soortniveau (waar mogelijk) worden gedetermineerd.
- foto's, minimaal 5 kwadranten van 50 cm x 50 cm, die vervolgens via een gestandaardiseerde manier aan de hand van beeldanalyse worden verwerkt.
- video-opnames, als kwalitatieve dataset, waarbij soorten die niet in de stalen of op de foto's voorkomen, kunnen worden waargenomen.

Bij de intertidale staalname (HARD INT) is het gebruik van een staalnameframe praktisch niet mogelijk en daar gebeurt de staalname kwalitatief, door het afschrappen van een willekeurig deel van de aangroei. Alternatieve technieken van bemonstering van de aangroei kunnen toegepast worden als blijkt dat deze goede resultaten opleveren. De ISO 19493:2007 norm Waterkwaliteit - Richtlijn voor marien biologisch onderzoek van litorale en sublitorale verharde bodem biedt nuttige richtlijnen voor het uitvoeren van de bemonstering en dient zoveel mogelijk gevolgd te worden.

Voor de aangroei op de erosiebescherming (HARD ER) worden jaarlijks stenen verzameld. De organismen die aan de stenen zijn vastgehecht worden in het labo op soort gebracht.

Een detailopname van de visfauna en grotere mobile epibenthische organismen zoals grotere kreeftachtigen (HARD VIS) dient één maal per jaar nabij minimaal één windturbine van elk verschillend funderingstype te worden uitgevoerd en dat gebeurt bij voorkeur tijdens de zomer. In het kader van deze monitoring kunnen passieve vistechnieken, zoals fuiken, of observaties gebruikt worden om een populatie-analyse uit te voeren op deze laatstgenoemde soorten.

Voor de studie van de trophische interacties op en rond de funderingen, dienen organismen kwalitatief te worden verzameld om de natuurlijke isotopen signatuur vast te stellen. Dit kan worden aangevuld

met zogenaamde pulse-chase experimenten, waarbij algen gelabeld met ^{13}C als voedsel aan een gesloten systeem worden toegevoegd. Dit laat toe de opname en flow van C doorheen het voedselweb te volgen, en als input te gebruiken in modellen. Verder dient ook de (pseudo)faeces productie te worden bepaald om zo de input van fijn materiaal naar de zeebodem te kwantificeren. Deze verfijning heeft een impact op de fauna die in de zachte substraten leeft.

10.5.2 Ontwikkeling natuurlijke zacht substraat fauna (endobenthos, epibenthos en demersale en benthische vissen) in windenergiezone.

Als gecombineerd gevolg van onder andere de (lokale) organische aanrijking ten gevolge van de begroeiing van de windturbinefunderingen en een eventueel verhoogde turbiditeit, worden veranderingen in het natuurlijke zachte substraten bodemleven verwacht. Wijzigingen in de typische offshore *N. cirrosa* en *O. limacina* biotopen, zijn reeds geobserveerd nabij funderingen van windturbines (Coates *et al.*, 2013b). De opvolging van de langetermijnontwikkeling zal inzicht verschaffen in het geïntegreerde effect van het offshore windpark op de fauna van zandige substraten.

Voor de basismonitoring van de windparken wordt een Before-After-Control-Impact (BACI; Smith, 2002) design toegepast. Hierbij wordt het resulterende milieueffect afgeleid uit de vergelijking tussen de situatie vóór en na de bouw van het windpark, alsook tussen de impactzone en een referentiezone.

Voorafgaand aan de werkzaamheden (referentiesituatie) wordt de fauna van de referentie- en impactzone gedetailleerd bemonsterd (random bemonstering), waarbij macrobenthosstalen ecologisch zo breed verspreid als mogelijk worden verzameld (= stratified random bemonstering); dit zowel in een referentiegebied als de impactzone. Op basis van deze gegevens wordt een selectie van een aantal stations in referentie- en impactzone voor verdere opvolging van het macrobenthos tijdens de constructie- en exploitatiefase gemaakt (tijdsreeks vaste stations, gerepliceerd). Bij deze selectie wordt rekening gehouden met de ecologische variabiliteit in het Belgische concessiegebied (cf. biotopen). Naast het macrobenthos worden naast het epibenthos ook demersale, benthische en benthopelagische vissen opgevolgd. Hiertoe worden jaarlijks vistracks bemonsterd.

De staalname van alle benthische ecosysteemcomponenten vindt idealiter plaats in het najaar (half september – half november). Om een beeld te krijgen van de lange termijn veranderingen dient deze staalname verder te worden gezet over de hele periode van de activiteit. Op te meten responsvariabelen zijn: soortenrijkdom, dichtheid en biomassa. Op te meten verklarende variabelen omvatten minstens de sedimentsamenstelling en het gehalte organisch materiaal in de bodem. Om de vergelijkbaarheid van de data afkomstig van de monitoring van alle windparken in het BDNZ te garanderen, worden dezelfde staalname- en verwerkingstechniek als deze toegepast over alle windparken. Voor details: zie Degraer *et al* (2010).

Naast een algemene beschrijving van waargenomen veranderingen wordt de ecologische significantie van de veranderingen ingeschat aan de hand van milieukwaliteitsindicatoren, zoals de Benthos Ecosystem Quality Index (BEQI; Van Hoey *et al.*, 2007). Een geïntegreerde analyse van de macrobenthos-, epibenthos- en visgegevens moet finaal toelaten hypothesen betreffende de functionele samenhang van de fauna van de natuurlijke zachte substraten en meer specifiek de geïntegreerde impact van het offshore windpark hierop te evalueren.

10.5.3 Ammodytidae - populaties en paaigedrag in de geulen van de Belgische windenergiezone

Bij gebruik van GBF's zullen grote hoeveelheden sediment worden gewonnen, gestockeerd en gestort. De kans dat het NORTHWESTER 2 projectgebied en bij uitbreiding de hele Belgische concessiezone voorzien voor windturbines op bepaalde tijdstippen als paaiplaats fungeert voor Zandspiering, Haring of Sprot kan niet uitgesloten worden en vormt bijgevolg een leemte in de kennis.

Om een inschatting te kunnen maken van de effecten van windparken op zandspieringpopulaties is een geïntegreerde studie over de verschillende levensstadia noodzakelijk. Ten eerste moet de dynamiek van de adulten (>2 jaar) in kaart worden gebracht, meer bepaald de ruimtelijke en temporele variatie in hun voorkomen, en de verdeling tussen de verschillende soorten. Adulten zijn na rekrutering grotendeels sedentair en kunnen bemonsterd worden met een bodemschaaf (ICES, 2011). Metingen van omgevingsvariabelen moeten minstens sedimentsamenstelling, oppervlaktewatertemperatuur, bodemtemperatuur, saliniteit, getijmoment en diepte omvatten, aangezien deze reeds door Van der Kooij *et al.*, (2008) werden geïdentificeerd als bepalend voor de verspreiding van zandspieringen op de Doggerbank. Een volgende stap is het bestuderen van het paaigedrag en de locatie van de paaigronden. Aangezien eitjes van de familie Ammodytidae moeilijk op soort te brengen zijn aan de hand van morfologische kenmerken, kan geopteerd worden om moleculaire merkers te gebruiken die de aanwezigheid van eitjes van een bepaalde soort in een bodemstaal kunnen bevestigen, i.e. via DNA extractie uit sediment (zie Mitchell *et al.*, 1998). Ten slotte dient de planktonische fase van de verschillende zandspieringsoorten te worden bestudeerd. Klassiek worden dergelijke vislarven bemonsterd met een Bongonet met maaswijdte van 0.5 mm die op undulerende wijze door de waterkolom wordt gesleept. Op basis van deze gegevens kan een inschatting worden gemaakt van de verspreiding van jonge levensstadia en kan een verband worden gelegd met de rekrutering naar de bodem. Om het relatieve belang van het concessiegebied voor zandspieringpopulaties te kunnen inschatten, dient het in een ruimer ruimtelijk kader te kunnen geplaatst worden.

11. Zeezoogdieren

- De densiteit aan bruinvissen in het noordelijk deel van Belgische wateren is seizoenaal relatief hoog en bijvoorbeeld hoger dan in het zuidoosten van Belgische wateren.
- De seizoenale patronen en de densiteiten van bruinvissen zijn niet stabiel en vertonen jaarlijkse schommelingen, mogelijk door meteorologische omstandigheden. De hoogste densiteiten worden doorgaans vastgesteld in maart-april.
- Tijdens voorbereidend geofysisch onderzoek voor het voorgestelde project, zoals voor het bepalen van de gelaagdheid van de ondergrond, worden technieken gebruikt die onder water hoge geluidsniveaus produceren; voor het uitvoeren van dergelijke surveys gelden een aantal voorwaarden die tot doel hebben negatieve effecten op zeezoogdieren zoveel mogelijk te beperken.
- Tijdens de constructiefase zijn de belangrijkste te verwachten effecten op zeezoogdieren van het windpark verstoring, vooral van bruinvissen, gezien deze seizoenaal in hoge dichtheden voorkomen in de zuidelijke Noordzee, en gezien ze relatief gevoelig zijn voor geluid.
- Deze verstoring kan, gezien de geluidsniveau's veroorzaakt, op relatief grote ruimtelijke schaal voorkomen tijdens het heien van zowel monopiles als jacketfunderingen. De betekenis van de impact zowel op individuele dieren als op de populatie is niet goed gekend.
- Onderzoek toont aan dat verstoring van bruinvissen optreedt bij geluid dat 40-50 dB boven de gehoordrempel ligt bij de betreffende frequentie – bij toepassing van een frequentieweging tegenover het audiogram van de bruinvis, en een integratie van het (korte) geluidssignaal over een tijdsperiode van 125 ms, terwijl tijdelijke gehoorschade optreedt bij geluid van 100 dB boven de gehoordrempel bij de betreffende frequentie.
- Bij gebruik van gravitaire funderingen en van suction bucket funderingen wordt minder geluid veroorzaakt onder water, en wordt verwacht dat de effecten op beperkte ruimtelijke schaal voorkomen. Hetzelfde geldt voor andere constructie-activiteiten, zoals het baggeren, plaatsen van erosiebescherming en plaatsen van de kabel.
- Op zeehonden worden minder belangrijke effecten verwacht tijdens de constructiefase van windturbines, hoewel studies aantonen dat zeehonden potentieel aan geluid blootgesteld worden die fysieke schade kan veroorzaken.
- De effecten van geluid, zeker indien tijdens de constructiefase geheid wordt, zijn gelijkaardig in aanpalende Nederlandse wateren. De effecten op gebieden in Nederland aangeduid als beschermd gebied voor zeehonden zullen beperkt zijn, gezien het gebruik van milderende maatregelen en de afstand tot het projectgebied.
- Tijdens de operationele fase van de windturbines is het effect op bruinvissen niet goed gekend: mogelijk worden ze aangetrokken, mogelijk is er een verstoring op beperkte ruimtelijke schaal.
- Tijdens de operationele fase van windturbines worden geen negatieve effecten verwacht op zeehonden.
- Het project NORTHWESTER 2 is enkel aanvaardbaar mits het naleven van de voorwaarden. Daarnaast worden een aantal aanbevelingen gemaakt.

11.1 Inleiding

Het geplande NORTHWESTER 2 project zal, afhankelijk van de uitvoering, bepaalde effecten hebben op zeezoogdieren. Het MER (IMDC, 2014a) is tamelijk volledig in het beschrijven van de achtergrondsituatie en de beschrijving van de mogelijke effecten, zonder echter te refereren naar recente informatie. Het maakt vooral gebruik van informatie beschikbaar in eerdere MERs en in beoordelingen van offshore windpark projecten. Deze beoordeling voegt nieuwe informatie toe, zoals

beschikbaar via de uitgevoerde monitoring en geeft een overzicht van recent gepubliceerde bevindingen.

De situatie in de Belgische wateren in de onmiddellijke omgeving van het NORTHWESTER 2 concessiegebied is gelijkaardig aan deze in de aanpalende Nederlandse wateren; de mogelijke effecten zullen als dusdanig gelijkaardig zijn voor deze Nederlandse wateren, en de maatregelen voorgesteld zullen zowel voor de Belgische als Nederlandse wateren effect hebben; effecten, en effecten als gevolg van milderende maatregelen, worden hier niet apart besproken.

11.2 Te verwachten effecten

11.2.1. Referentiesituatie

De referentiesituatie wordt grondig besproken in het MER (IMDC, 2014a). Hierbij wordt bijkomende informatie gegeven.

De Bruinvis *Phocoena phocoena* is veruit het meest algemene zeezoogdier in Belgische en aanpalende Nederlandse wateren. Het aantal strandingen van bruinvissen in België in 2013 en 2014 bedroeg respectievelijk 149 en 129. In 2014 werd het hoogste aantal gestrande dieren ooit geregistreerd in de maanden maart en september, terwijl ook van juni tot augustus relatief veel bruinvissen aanspoelden. Daarentegen was het aantal strandingen in april en mei relatief laag. In 2013 werden de hoogste aantallen gestrande bruinvissen ooit geregistreerd in de maanden april, mei, juni en oktober (Haelters *et al.*, 2015b; data KBIN, niet gepubliceerd). In 2015 spoelden (tot 26/10) relatief weinig bruinvissen aan (50; data KBIN, niet gepubliceerd).

Resultaten van het strandingenonderzoek en de luchtsurveys tonen aan dat belangrijke schommelingen voorkomen in de densiteit, verspreiding en seizoenaliteit van bruinvissen in Belgische wateren. Daarenboven blijkt dat het patroon van voorkomen niet zeer stabiel is over de loop der jaren.

Voor wat betreft zeehonden blijkt uit waarnemingsdata dat de Gewone *Phoca vitulina* en vooral de Grijze zeehond *Halichoerus grypus* in aantal toenemen in Belgische wateren (Haelters *et al.*, 2015b) – zonder dat sprake is van de vestiging van een kolonie of permanent gebruikte rustplaats. Het blijft – op het niveau van de zuidelijke Noordzee – echter gaan om relatief beperkte aantallen.

De aantallen van de andere zeezoogdieren blijven ondergeschikt aan de aantallen bruinvissen. Zo werden in 2013 en 2014 opnieuw enkele kleine groepjes Witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris* waargenomen. In de late zomer en het najaar van de laatste jaren werden enkele opmerkelijke waarnemingen verricht: waarnemingen van een Dwergvinvis *Balaenoptera acutorostrata* (augustus 2013), Tuimelaar *Tursiops truncatus* (bijna jaarlijks solitaire dieren, 35 dieren in oktober 2014), een Bultrug *Megaptera novaeangliae* (september 2013) en Griend *Globicephala melas* (40-tal dieren in november 2014) (Haelters *et al.*, 2015b; Haelters & Kerckhof, 2015; data KBIN, niet gepubliceerd).

11.2.2. Voorbereidende fase

Voor het onderzoek van de structuur van de zeebodem en onderliggende ondergrond zullen toestellen gebruikt worden die mogelijk zeezoogdieren verstoren. Bij geofysisch onderzoek dient artikel 19 van het Koninklijk Besluit van 21 december 2001 (Belgisch Staatsblad van 14 februari 2002) betreffende de soortenbescherming in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België te worden nageleefd:

- §1. Voor het gebruik van akoestische toestellen van het type sparker, watergun, boomer

systeem of van toestellen waarbij luchtdrukbronnen gebruikt worden met een totale inhoud van meer dan 50 kubieke inch, en voor het gebruik onder water van explosieven, van welke aard ook, geldt een meldingsplicht. Deze meldingsplicht geldt niet voor sonars die werken bij een frequentie van hoger dan 5 kHz en voor echopeilers. De melding gebeurt volgens de procedure voorzien in Bijlage 4 van dit KB.

- §2. Bij het uitvoeren van deze activiteiten dient men de BMM te raadplegen over de te volgen richtlijnen met het oog op de bescherming van de soorten van de Bijlagen 1, 2 en 3.
- §3. Onverminderd artikel 27 van de wet wordt het gebruik van SONAR met een werkfrequentie van 5 kHz of minder, van akoestische luchtdrukbronnen met een totale inhoud van 250 kubieke inch of meer, en van explosieven met een TNT equivalent van 100 kg of meer, bovendien onderworpen aan de voorafgaande vergunning of machtiging, voorzien in artikel 25 van de wet.

Gezien de beoogde penetratiediepte van de ondergrond bij het onderzoek beperkt is, zullen hoogstwaarschijnlijk toestellen gebruikt worden met een beperkt vermogen. Voor het vermijden van effecten op zeezoogdieren, cfr. §2 van het KB, dienen een aantal richtlijnen te worden gevolgd die hieronder worden geformuleerd (zie 11.4.2.1).

11.2.3. Constructiefase

Verstoring van zeezoogdieren zal optreden door toenemende activiteiten, zoals scheepvaartverkeer, baggerwerken, het leggen van de kabel, etc., maar het valt niet te verwachten dat dergelijke activiteiten significant negatieve effecten zullen hebben op zeezoogdieren: ze zijn zeer tijdelijk en het geluidsniveau onder water gegenereerd – waar bekend – laat slechts een beperkte impactradius vermoeden. Recente studies suggereren dat bruinvissen mogelijk tot op meer dan 1000 m afstand kunnen verstoord worden door het geluid van schepen (Dyndo et al., 2015), en dat baggeren vermoedelijk beperkte effecten heeft op zeezoogdieren (Todd et al., 2015).

Het niveau van het onderwatergeluid dat veroorzaakt wordt bij jetting, ploegen en baggeren blijft een leemte in de kennis. Een beperkte verhoging van het onderwatergeluid, en bijgevolg een beperkt effect in ruimte en tijd op zeezoogdieren, wordt eveneens verwacht bij het plaatsen van suction bucket funderingen (hoewel het geluidsniveau hierbij geproduceerd een leemte in de kennis is) en gravitaire funderingen. De belangrijkste acute effecten op zeezoogdieren kunnen verwacht worden bij het heien van palen. Bij gebrek aan milderende maatregelen, ontstaan bij het heien onder water hoge geluidsniveaus (zie Hoofdstuk 7 van deze MEB), met een verstoring vastgesteld (of voorspeld) bij bruinvissen tot op tientallen km afstand (Haelters *et al.*, 2013b; 2015a; Dähne *et al.*, 2013; 2014; Kastelein *et al.*, 2013).

De relatief grote waterdiepte bij dit project (+ 30 m), en de hoge inheidiepte (tot 64 m), heeft onbekende gevolgen voor de geluidspropagatie, en bijgevolg voor de effecten. Er zijn weinig gegevens beschikbaar over het geluid gegenereerd door het heien van palen met een diameter van meer dan 5 m. Bij dit project kunnen monopiles gebruikt worden met een diameter tot 7,5 m, terwijl voor jackets maximale paaldiameters van 2,5 m verwacht worden. Volgens Nehls *et al.* (2007), Bailey *et al.* (2010) en Norro *et al.* (2012) stijgt het onderwatergeluid met de diameter van de palen die geheid worden.

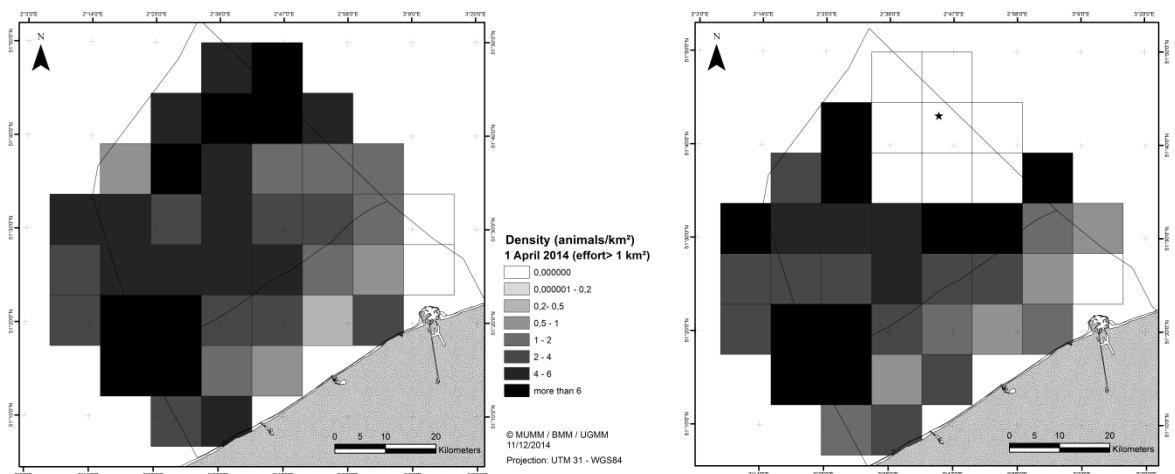
De belangrijkste variabelen die het geluidsniveau tijdens het heien, en dus ook de mogelijke effecten op zeezoogdieren zullen bepalen, zijn:

- Aantal en type (monopile of jacket funderingen);

- Diameter van de palen (met gevolgen voor het onderwater geluidsniveau);
- Vermogen van de heihamer;
- Aard van de ondergrond.

Afhankelijk van het funderingstype zal 1 tot 5 uur effectief geheid worden per fundering (aangepast uit Rumes *et al.*, 2013a). Terwijl bij de monopiles een grotere ruimtelijke impact kan verwacht worden (geluidsniveau), betekent het gebruik van jacket funderingen een langere periode van verstoring: respectievelijk 2 tot 8 maanden voor jacket funderingen en 1,5 tot 3 maanden voor monopiles afhankelijk van de configuratie (IMDC, 2014a). In ieder geval zal, zonder gebruik van geluidsmitigerende maatregelen of andere technieken, een gebied met een diameter van enkele tientallen km rond de constructiesite tijdelijk ongeschikt worden voor bruinvissen en mogelijk ook voor andere zeezoogdieren. Indien weerverlet betekent dat de werken frequent onderbroken worden voor enkele dagen, zullen zeezoogdieren die het oorspronkelijk verstoorde gebied herbevolkt hebben, opnieuw verstoord worden.

Toepassing van een verstoringmodel (Haelters *et al.*, 2015a) op de situatie m.b.t. bruinvissen in Belgische wateren dd. 1 april 2014 (data KBIN, niet gepubliceerd), toont aan dat, bij gebrek aan mitigerende maatregelen, potentieel duizenden bruinvissen verstoord worden tijdens heien (Figuur 11.1).

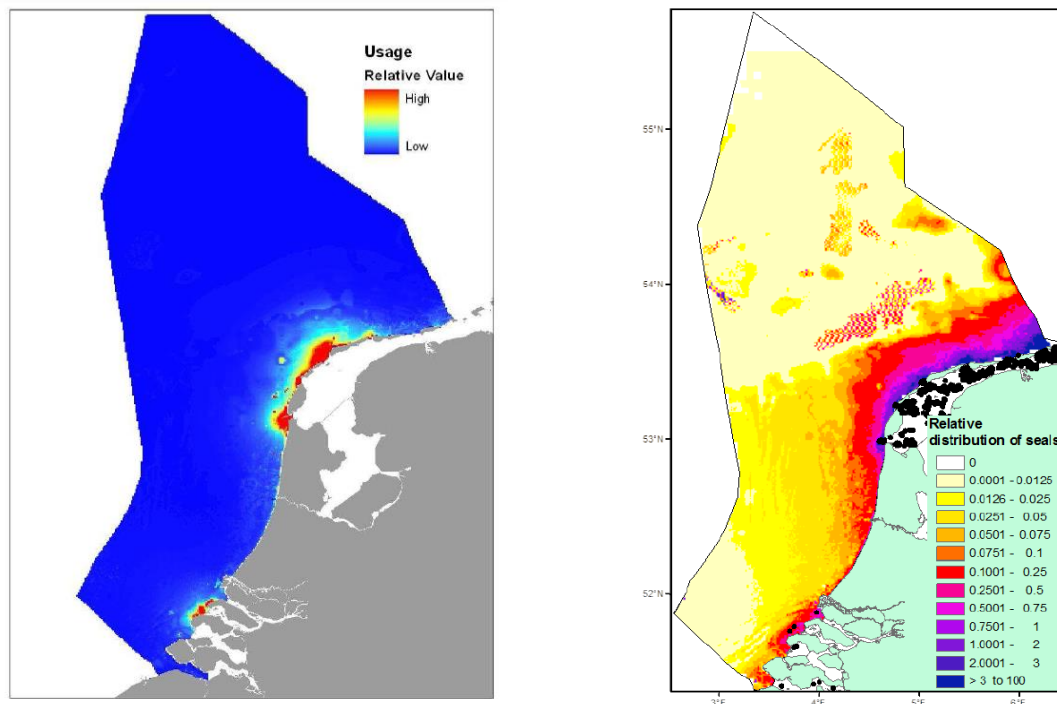


Figuur 11.1. Modellerings van de verstoring van bruinvissen in Belgische wateren: als referentiesituatie wordt de densiteit aan bruinvissen op 1 april 2014 gekozen in een grid van 10 km x 10 km (links; voorlopige data KBIN, niet gepubliceerd); de gesimuleerde situatie 2 uren na een heiperiode van 2 uren (heien van een paal voor een jacket fundering in het NORTHWESTER 2 gebied (rechts)).

In een recente publicatie argumenteren Tougaard *et al.* (2014) dat het geluidsniveau waarbij tijdelijke gehoorschade optreedt bij bruinvissen mogelijk reeds het niveau is met belangrijke, maar zeer moeilijk vast te stellen neurologische gevolgen voor bruinvissen, en dat een drempel voor fysiologische effecten mogelijk een stuk lager ligt. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt met duikers die aan relatief hoge geluidsniveaus blootgesteld werden – met sublethale effecten van psychische aard die maanden tot jaren bleven duren tot gevolg. Bovendien stellen deze auteurs dat het gevaarlijk is om geluidsniveaus waarbij verstoring optreedt zomaar te extrapoleren naar actuele situaties. Een weging van het geluid tegenover het audiogram van bruinvissen, waarbij de verdeling van de energie over frequenties gebeurt, is noodzakelijk. Het valt aan te raden dat een limiet aan blootstelling vastgelegd wordt op basis van onderzoek waarbij gelijkaardig geluid als het geluid waar

dieren effectief aan blootgesteld worden, gebruikt wordt. Als ‘verwonding’ van dieren definiëren Tougaard *et al.* (2014) tijdelijke of permanente onbruikbaarheid van een deel van het lichaam – dus zowel permanente gehoorschade (PTS) als tijdelijke (TTS). TTS zou immers complexe neurologische degradatieverschijnselen teweeg brengen, zelfs na een klaarblijkelijk herstel van de gehoorfunctie (Tougaard *et al.*, 2014 en referenties hierin). Deze informatie was niet beschikbaar bij het opstellen van criteria voor blootstelling aan geluid (Southall *et al.*, 2007), en illustreert dat over effecten van geluid nog weinig bekend is. Volgens Tougaard *et al.* (2014) lijkt verstoring enkel een indicatie van momentane ervaring van ongemak door het dier, en is het niet noodzakelijk een indicatie van een effect op de fitheid van het dier of gevolgen voor de populatie. Bovendien is het vaststellen van de afwezigheid van een reactie niet noodzakelijk een indicatie voor ‘geen effect’ – het kan zijn dat het effect te subtiel is om vast te stellen, of dat het gelijkaardig is aan een natuurlijk optredende activiteit, zoals het ophouden met foerageren. Het vaststellen van reacties biedt ons echter wel de mogelijkheid om effecten te beschrijven en te schalen op het niveau van het dier (aard van de individuele reactie) en te kwantificeren op groter niveau (aantal dieren betrokken). Tougaard *et al.* (2014) stellen voor om de blootstelling aan geluid te standaardiseren naar een duur van blootstelling aan geluid van 125 ms (SEL, met een eenheid van energie: $L_{eq-fast}$), in plaats van het gebruik van geluidsniveaus zelf (SPL, uitgedrukt in dB of druk).

Kastelein *et al.* (2015c) toonde aan dat blootstelling van bruinvissen aan impulsief geluid (afspelen van heigeluid) met de meeste energie bij lage frequenties, een tijdelijke reductie in de gehoordrempel bij hogere frequenties kan veroorzaken, terwijl de gehoordrempel bij de frequenties van echolocatie niet aangetast werden. Gelijkaardige gevolgen als voor bruinvissen kunnen voorkomen bij andere zeezoogdieren, maar mogelijk zijn deze minder gevoelig voor hoge onderwatergeluidsniveaus dan bruinvissen. De dichtheden aan andere zeezoogdieren zullen meestal veel lager zijn dan van bruinvissen. Voor het bepalen van effecten van de constructie van offshore windparken op zeehonden dient men informatie te verzamelen van op zee foeragerende zeehonden, een onderzoek dat meestal uitgevoerd wordt door middel van gezenderde zeehonden. Bij een studie waarbij 24 gewone zeehonden gezenderd werden, werd door middel van een combinatie van akoestische propagatiemodellen en de bewegingen van de zeehonden voorspeld dat tijdens heien (Lincs offshore wind farm) bij de helft van de gezenderde zeehonden de PTS drempel overschreden werd (Hastie *et al.*, 2015). De dichtheid aan gewone zeehonden in het projectgebied is waarschijnlijk laag, gezien ze meestal binnen een korte afstand van de ligplaats foerageren. Grijze zeehonden ondernemen veel langere foerageertochten dan gewone zeehonden, en ze leggen veel grotere afstanden af (zie referenties in Rumes *et al.*, 2013a). De oppervlakte en de ligging van het potentieel verstoorde gebied tegenover het aantal zeehonden en het foerageergebied van zeehonden, laat toe aan te nemen dat de dichtheid van zeehonden in het gebied tijdens heien relatief laag zal zijn. Zeehonden (tenzij pups en kleine onvolwassen dieren) zijn bovendien minder gevoelig aan tijdelijke voedseltekorten. Een lage dichtheid aan zeehonden, zowel van grijze als gewone, in het (ruime) offshore gebied waarvan het projectgebied deel uitmaakt, wordt ook voorspeld en gemodelleerd door Brasseur *et al.* (2010; 2012) (Figuur 11.2). Volgens Boon en Heinis (2009) zal heien in Nederlandse wateren verwaarloosbare effecten hebben op zeehonden.

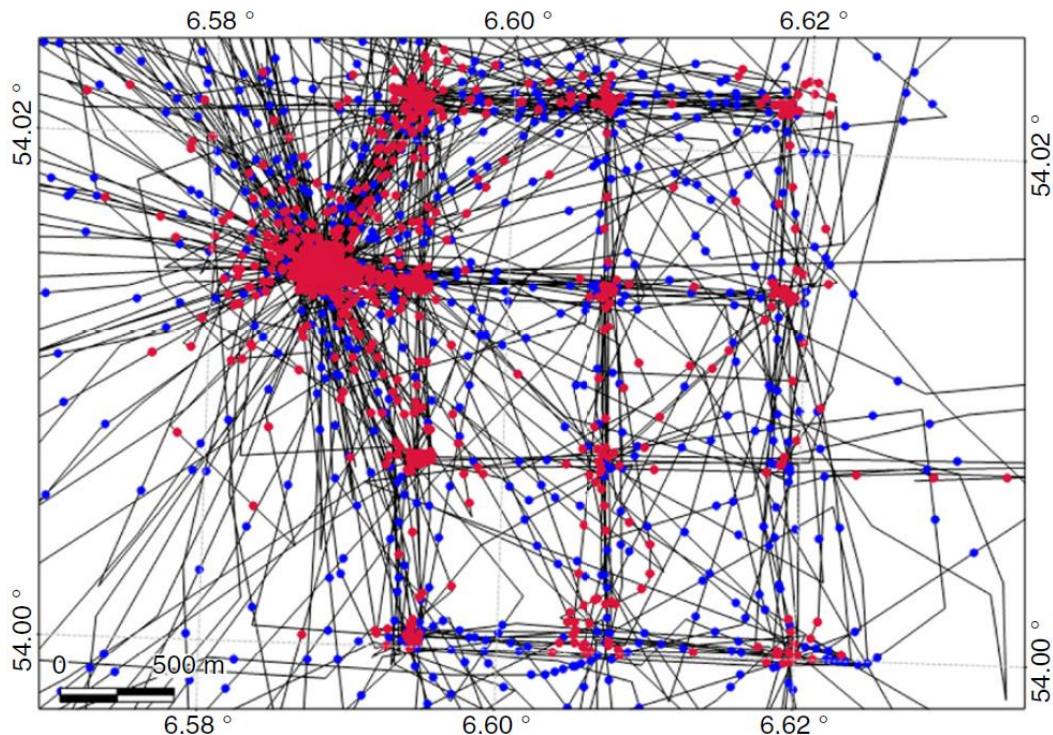


Figuur 11.2. Gemodelleerd relatief gebruik van Nederlandse wateren door grijze zeehonden, inclusief het effect van afstand tot de uithaalplaats (uit Brasseur *et al.*, 2010; links), en gemodelleerde (voorspelde) dichtheid aan gewone zeehonden (uit Brasseur *et al.*, 2012; rechts).

Het valt te verwachten dat de configuraties met het minste aantal funderingen en het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek de minste verstoring van zeezoogdieren zullen veroorzaken.

11.2.4. Operationele fase

Gezien het verwachte geluidsniveau onder water zullen de effecten op zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase waarschijnlijk beperkt blijven. Mogelijk zal er aantrekking zijn door minder verstoring en een verhoogd voedselaanbod door het rif-effect, of zal gewenning optreden. Voor bruinvissen gaf het onderzoek in het buitenland van de effecten van operationele parken uiteenlopende conclusies, van lichte negatieve effecten (bv. zeer traag herstel), tot geen effect, tot positieve effecten (zie ook Rumes *et al.*, 2013a; 2015). Voor grijze en gewone zeehonden werd recent via onderzoek van gezenderde dieren vastgesteld dat ze de turbines gericht opzoeken om er te foerageren (Figuur 11.3, uit Russell *et al.*, 2014), wat kan beschouwd worden als een licht positief effect.



Figuur 11.3. Tracks (zwarte lijnen) van een gewone zeehond rond het windpark Alpha Ventus; de punten tonen de locatie in 30' intervallen, waarbij de rode een hoge kans aanduiden dat het dier aan het foerageren was, terwijl de blauwe een grote kans aanduiden op gewoon zwemmen; de positie van de windturbines en de windmeetmast worden duidelijk geprefereerd (overgenomen uit Russell *et al.*, 2014).

11.2.5. Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft verstoring van zeezoogdieren, vermoedelijk gelijkaardig of beperkter zijn aan deze tijdens de constructiefase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij een eventuele verwijdering van de funderingen en kabels en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten. Echter, net als voor de constructiefase, valt te verwachten dat de configuraties met het minste aantal funderingen en het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek de minste verstoring van zeezoogdieren zullen veroorzaken, mede gezien de eenvoudige wijze waarop deze funderingen verwijderd kunnen worden.

11.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

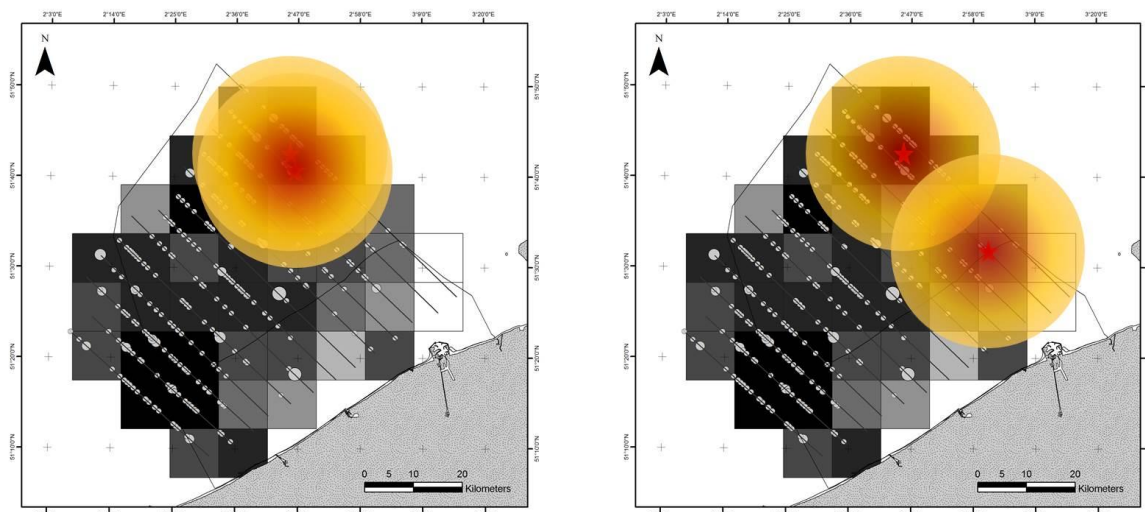
Het MER beschrijft de scenario's van cumulatieve effecten tijdens de constructie- en exploitatiefase. Tijdens de constructiefase dienen twee mogelijkheden voor het optreden van cumulatieve effecten bij het heien van palen in twee parken binnen een straal van enkele tientallen km afstand te worden overwogen:

- Zeezoogdieren die het ene park ontvluchten omwille van excessieve geluidsniveaus onder water, komen later mogelijk binnen het geluidsveld van een volgende park onder constructie terecht. Dit zou betekenen dat de cumulatieve effecten belangrijker zijn dan de som van de effecten van de constructie van elk park afzonderlijk (Murphy *et al.*, 2012).
- Het totale gebied waarover verstoring optreedt bij gelijktijdige constructie zal gedeeltelijk overlappen, waardoor het totaal verstoord gebied x de tijdsduur van verstoring kleiner zal

zijn dan bij een afzonderlijke constructie.

Het valt niet te verwachten dat heien in twee parken dicht bij elkaar synchroon zal gebeuren: daardoor zal het totale acute geluidsniveau niet stijgen. Het lijkt daardoor aannemelijk dat de gelijktijdige constructie van twee parken dicht bij elkaar (binnen de 15 km), zoals NORTHWESTER 2 en het Mermaid project of de geplande ontwikkelingen in het Nederlandse Borssele gebied, veel minder lang verstoring zou veroorzaken, weliswaar over een groter gebied, dan de sequentiële constructie van de diverse parken, en dit lijkt dus het scenario met het minst negatieve gevolg voor zeezoogdieren (Figuur 11.4). Gelijktijdige constructie van NORTHWESTER 2 en Mermaid zou 38-80 (monopiles) of 72-240 (jackets) dagen in beslag nemen (zonder weerverlet), terwijl dat voor sequentiële constructie 73-150 (monopiles) of 138-450 (jackets) dagen in beslag zou nemen (zonder weerverlet). Indien de parken verder van elkaar af liggen (enkele tientallen km, zoals NORTHWESTER 2 - Norther), zal verstoring optreden over een veel groter gebied. Gezien bruinvissen elke dag moeten eten om fit te blijven, lijkt een gelijktijdige constructie in dit geval het scenario met het meest negatieve effect voor zeezoogdieren (Figuur 11.4). In Nederland, waar totnogtoe geen mitigerende maatregelen met betrekking tot het geluidsniveau geproduceerd tijdens het heien werden opgelegd, is de gelijktijdige constructie van meerdere parken omwille van mogelijke cumulatieve effecten niet toegelaten.

Zonder mitigerende maatregelen zullen de effecten van het heien op zeezoogdieren grensoverschrijdend zijn (Figuur 11.4), en zelfs met geluidsmitigatie kan verstoring in Nederlandse wateren verwacht worden. De mitigerende maatregelen zullen gelijkaardige effecten hebben in Nederlandse wateren.



Figuur 11.4. Simulatie van het gebied waar potentieel bruinvissen verstoord worden, met een veronderstelde verstoring tot een afstand van 20 km: er zijn duidelijke grensoverschrijdende effecten. Links verstoring bij gelijktijdige constructie (incl. heien) van NORTHWESTER 2 en Mermaid, en rechts gelijktijdige constructie (incl. heien) van NORTHWESTER 2 en Norther. Deze figuur houdt geen rekening met de verplichte mitigerende maatregelen.

Het effect op individuele zeezoogdieren zal tijdens de constructiefase hoogstwaarschijnlijk beperkt blijven tot verstoring en stress. Het bepalen van chronische effecten, zoals tijdelijke voedseltekorten, stress en een verminderde voortplanting, is zeer moeilijk. Bruinvissen, als kleine endotherme dieren in een koude omgeving, moeten elke dag eten om fit te blijven, en verstoring kan het foeragegedrag sterk beïnvloeden. Verstoring van duizenden dieren tijdens de constructie van dit windpark, mogelijk

gecombineerd met de verstoring door de constructie van andere windparken in de zuidelijke Noordzee, kan gevolgen hebben voor de populatie. Net zoals de effecten op individuele bruinvissen, betreft het effect op populatieniveau van verstoring, en van het tijdelijk ongeschikt zijn van een groot gebied voor deze dieren, een leemte in de kennis. De potentiële grote (en grensoverschrijdende) ruimtelijke en temporele verstoring maakt het noodzakelijk om maatregelen te nemen die blootstelling aan zeer hoge acute geluidsniveaus voorkomen. De initiële resultaten van een project waarbij cumulatieve effecten gemodelleerd worden, tonen aan dat het onwaarschijnlijk is dat belangrijke en langdurige effecten op de populatie van de bruinvis in de Noordzee zouden optreden (van Beest et al., 2015). Sterke conclusies kon men echter niet maken: daarvoor is meer informatie nodig over het gedrag van de bruinvis.

Tijdens de operationele fase kunnen cumulatieve effecten optreden bij parken die zich dicht bij elkaar bevinden (bijvoorbeeld de parken in Belgische wateren), hoewel onzekerheid bestaat over mogelijke effecten in elk park afzonderlijk (geen, beperkt positief of beperkt negatief).

11.4 Besluit

- 1) Voor de aanvang van de werken zal geofysisch onderzoek uitgevoerd worden. Bij dergelijk onderzoek dienen een aantal maatregelen te worden genomen om negatieve effecten op zeezoogdieren te voorkomen.
- 2) De belangrijkste effecten zullen voorkomen bij de Bruinvis, gezien dit het meest algemene zeezoogdier is in Belgische en aanpalende Nederlandse wateren. Bovendien betreft het de soort die het meest gevoelig is voor verstoring, en het meest gevoelig is aan tijdelijke voedseltekorten. Voor zeehonden zullen de effecten beperkter zijn, gezien een verwachte lage densiteit in en om het projectgebied, en de vermoedelijk lagere gevoeligheid aan excessief onderwatergeluid.
- 3) Bruinvissen kwamen de laatste jaren het meest algemeen voor in Belgische wateren tijdens maart en april, maar dit seizoenaal patroon lijkt niet zeer stabiel, en dient te worden gemonitord; de laatste jaren werden, vooral tijdens de late zomer en herfst, een aantal andere beschermde en mogelijk kwetsbare soorten opgemerkt in Belgische wateren.
- 4) De belangrijkste negatieve effecten op zeezoogdieren tijdens de constructiefase worden verwacht tijdens heioperaties voor het plaatsen van monopiles en jacketfunderingen. Dicht bij de heilocatie kan mogelijk tijdelijke gehoorschade en zelfs permanente gehoorschade optreden bij een aantal dieren. Een gedragsverandering kan als indicator voor effect aangenomen worden, maar neurologische, chronische effecten op zeezoogdieren, zeer moeilijk vast te stellen, te kwalificeren of te kwantificeren, kunnen niet uitgesloten worden. Mitigerende maatregelen worden verplicht om te vermijden dat zeezoogdieren tijdens deze werkzaamheden, incl. korte tussenperiodes, verdreven zullen worden tot relatief grote afstanden (20^+ km), en dat ze blootgesteld worden aan niveaus die fysische schade kunnen aanrichten bij de dieren.
- 5) In het MER wordt een overzicht gegeven van milderende maatregelen, zoals geluidsmitigerende maatregelen tijdens het heien, of het gebruik van alternatieve technieken.
- 6) Het zeer moeilijk om te kwantificeren wat de invloed zal zijn, is van het gebruik van het type fundering tijdens de heiwerkzaamheden: monopile: hoge geluidsniveaus en een vermoedelijk korte heiperiode of jacket fundering: iets lagere geluidsniveaus maar langere heiperiode.
- 7) Effecten van verstoring zullen niet, of over een veel kleiner gebied voorkomen bij het gebruik van gravitaire funderingen of suction bucket funderingen.

- 8) De verhoging van de intensiteit van de scheepvaart, het baggeren, het plaatsen van de kabel, etc., zullen een effect hebben op een veel kleinere schaal (beperkt tot de aanvoerroutes, kabeltracé en het park en directe omgeving).
- 9) Dezelfde effecten zullen optreden in de aanpalende Nederlandse wateren.
- 10) Het optreden van mogelijke cumulatieve effecten tijdens constructie en exploitatie betreft grotendeels een leemte in de kennis; de gelijktijdige constructie van meerdere windparken op relatief kleine afstand wordt aanbevolen tegenover sequentiële constructie.
- 11) Tijdens de exploitatiefase van het windpark zullen mogelijk positieve effecten optreden, met aantrekking van zeezoogdieren door minder verstoring en een verbeterde voedselsituatie, of beperkte verstoring door de continue aanwezigheid van bijkomend onderwatergeluid - dit betreft een leemte in de kennis.

11.4.1 Aanvaardbaarheid

Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft de risico's op negatieve effecten op zeezoogdieren aanvaardbaar, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden (zie 11.4.2). Gezien in Belgische wateren windparken voorzien worden op relatief korte afstand van elkaar en gezien de verplichte milderende maatregelen en gebruiksvoorwaarden, worden cumulatieve effecten door de gelijktijdige constructie verwacht klein te zijn, en aanvaardbaar. Voor wat betreft de mogelijke effecten op zeezoogdieren valt een gelijktijdige constructie van meerdere nabijgelegen parken te verkiezen, gezien de totale duur van verstoring zo korter zal zijn. De mogelijke effecten op zeezoogdieren zijn tijdens de constructiefase gelijkaardig in Nederlandse wateren. Tijdens de operationele fase wordt verwacht dat de effecten in Belgische en Nederlandse wateren zeer beperkt zullen zijn, maar dit betreft een leemte in de kennis. Gezien de leemtes in de kennis over de mogelijke effecten van de bouw en exploitatie van het windpark, aangehaald in deze beoordeling en in het MER, dienen de mogelijke effecten op zeezoogdieren te worden nagegaan in een monitoringprogramma.

11.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

11.4.2.1 Voorwaarden

De voorwaarden hieronder geformuleerd vinden hun oorsprong in het MER, deze MEB, internationale verplichtingen en aanbevelingen geformuleerd in internationale fora zoals de Europese Unie, ASCOBANS (2011, 2013), OSPAR en IWC (2012), en in de resultaten van het onderzoek m.b.t. zeezoogdieren en onderwatergeluid dat tot nu toe uitgevoerd werd in België (Degraer *et al.*, 2013b) en in het buitenland.

Seismische surveys

Bij het uitvoeren van geotechnische surveys dienen de richtlijnen *JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys* (versie augustus 2010, of een meer recente versie indien beschikbaar) toegepast te worden (zie <http://jncc.defra.gov.uk>; JNCC, 2010). Het is echter geen vereiste dat de personen die uitkijk houden voor de aanwezigheid van zeezoogdieren getraind zouden zijn, en er wordt geen ad hoc passieve akoestische monitoring gevraagd (zie Rumes *et al.*, 2012a, b; 2013a; b; JNCC, 2010).

- 1) Voor de aanvang van de survey dient een half uur uitgekeken te worden in het gebied naar de aanwezigheid van zeezoogdieren.
- 2) Het onderzoek mag niet aangevat worden, of moet gestaakt worden, bij waarneming van zeezoogdieren in de buurt van het survey vaartui; het mag niet opnieuw aanvangen voor de

- dieren zich op voldoende afstand van het vaartuig verwijderd hebben.
- 3) Het onderzoek moet – indien technisch mogelijk - uitgevoerd worden met een ‘ramp-up’ procedure, waarbij de survey aanvangt met een energie-output die geleidelijk aan opgebouwd wordt, en waarbij de maximale energie-output pas na minstens 20’ bereikt wordt.
 - 4) Het onderzoek moet uitgevoerd worden met de laagst mogelijke energie-output (en het laagst mogelijke brongeluidsniveau) dat het doel van de survey bereikt.

Constructiefase

- 1) Het heien van palen voor windturbines, en transformatorplatform (zowel voor jacket- als voor monopile funderingen) mag niet plaatsvinden tussen 1 januari en 30 april (‘sperperiode’).
- 2) Voor het zoveel mogelijk vermijden van verstoring en fysieke schade bij zeezoogdieren in Belgische en aanpalende wateren, dienen bij heioperaties de volgende preventieve maatregelen te worden genomen:
 - 2.1.) Er moeten akoestische toestellen voor het afschrikken/alarmeren van zeezoogdieren ingezet worden vanaf een half uur voor de aanvang van het heien tot de start van het heien, en tijdens korte periodes (< 2 uren) tussen opeenvolgende hei-operaties. Indien gekozen wordt voor een akoestisch afschrikmiddel (AHD) met een brongeluidsniveau van 170 tot 195 dBp-p re 1µPa, dient één dergelijk toestel te worden ingezet op of in de onmiddellijke omgeving van de heilocatatie (op ten hoogste 200 m afstand). Indien gekozen wordt voor akoestische alarmeringstoestellen (ADD) met een brongeluidsniveau van 130 tot 150 dB(p-p) re 1µPa dienen minstens vier dergelijke toestellen ingezet te worden, op regelmatige afstanden in een cirkel met straal van 200 - 300 m rond de heilocatatie. De keuze van de akoestische toestellen wordt ter goedkeuring aan de BMM voorgelegd. Bruinvissen vermijden een aantal geteste alarmeringstoestellen voor zeehonden tot de afstand waarbij een propagatieverlies van 42-47 dB bereikt wordt (Kastelein et al., 2015a). Kastelein et al. (2015b) toonde aan dat geluidsniveau’s waarbij bruinvissen reageerden op een seal scarer lager waren dan waarbij zeehonden reageerden, wat betekent dat deze alarmtoestellen minstens even efficiënt zijn voor bruinvissen (ze werden ontworpen voor zeehonden).
 - 2.2.) De heioperaties dienen aan te vangen met een ‘ramp-up’ (of ‘soft-start’) procedure, waarbij de energie gebruikt om de paal in de bodem te heien langzaam toeneemt, en het maximale vermogen van het heitoestel slechts bereikt wordt ten vroegste 10 minuten na de eerste heislag. De periode van 10 minuten moet potentieel toelaten dat zeezoogdieren de zone kunnen verlaten waarbinnen acute fysieke schade kan optreden door het heien (indien ze niet voldoende ver verdreven werden door de akoestische afschrikmiddelen), en vormt een compromis tussen een te korte ramp-up procedure (met nog zeezoogdieren in de buurt) en een langere (waarbij onnodig veel onderwatergeluid in het milieu gebracht wordt). Deze periode, en de maximale energie gebruikt bij de aanvang van het heien, kan aangepast worden aan de hand van nieuwe bevindingen. Een beschrijving van de soft-start procedure, met gebruikte energie en periodes, dient aan de BMM te worden voorgelegd voor goedkeuring.
 - 2.3.) Er dient speciaal uitkijk te worden gehouden voor de aanwezigheid van zeezoogdieren vanaf een half uur voor de aanvang van heien.
 - 2.4.) Tijdens de heiwerkzaamheden wordt een ruime omgeving rondom de heilocatatie gecontroleerd op de aanwezigheid van zeezoogdieren. Aangezien de afstand tot waarop zeezoogdieren kunnen worden waargenomen sterk weersafhankelijk is zal de gecontroleerde afstand variëren tussen de 200 en 500 m vanaf het werkplatform. Indien tijdens de heiwerkzaamheden zeezoogdieren worden waargenomen, dienen de heiwerkzaamheden te worden gestaakt.

- 2.5.) Waargenomen sterfte van organismen (vogels, zeezoogdieren, vissen, koppotigen (Cephalopoda)) tijdens het heien dient te worden gemeld aan de BMM.
- 3) Indien aangetoond wordt dat bij het heien van palen met een beperkte diameter, slechts een beperkte verhoging van het onderwatergeluid ontstaat, kan na beoordeling en goedkeuring door de BMM, afgeweken worden van voorwaarde 1 en 2.1-2.4.
- 4) Tijdens het project worden alle waarnemingen van zeezoogdieren in het projectgebied door de vergunninghouder en diens contractanten ad hoc aan de BMM gemeld.

11.4.2.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gemaakt:

- 1) Met betrekking tot het geofysisch onderzoek wordt aanbevolen dit enkel uit te voeren bij dag en bij goede zichtomstandigheden.
- 2) Met betrekking tot het geofysisch onderzoek en het leggen van de kabels wordt aanbevolen maart en april te mijden, gezien de tamelijk voorspelbare hogere dichtheden aan bruinvissen in Belgische wateren tijdens deze periode.
- 3) Er wordt aanbevolen om maatregelen toe te passen die geluidsemissie beperken aan de bron door de keuze van fundering en dus, indien dit geen andere negatieve milieu-effecten heeft, om gravitaire of suction bucket funderingen te gebruiken, en om palen in te trillen of te boren.
- 4) Er wordt aanbevolen om, indien monopiles of jacketfunderingen gebruikt worden, en indien het interim-criterium m.b.t. impulsief onderwatergeluid cfr. de MSFD (Belgische Staat, 2012) bereikt kan worden, toch de technieken toe te passen die geluidsemissie zoveel mogelijk beperken aan de bron.
- 5) Indien men funderingen gebruikt die geheid moeten worden, wordt aanbevolen om tijdens de planningsfase van het project methodes te onderzoeken en te testen die de geluidsproductie reduceren, en indien opportuun deze technieken toe te passen.
- 6) Er wordt aanbevolen om de periode waarin de palen geheid worden zo kort mogelijk te houden.
- 7) Er wordt aanbevolen om gelijktijdig te heien, indien heien toegepast wordt, bij aanpalende parken (bv. NORTHWESTER 2 – Mermaid), en sequentieel te heien bij parken die ver uit elkaar liggen (bv. NORTHWESTER 2 – Norther).

11.5 Monitoring windpark

11.5.1 Inleiding

Gezien de hoge mobiliteit van zeezoogdieren, dient de monitoring een groter gebied te dekken dan het park zelf. Afstemming dient te gebeuren met de monitoring uitgevoerd voor andere parken. Bepaalde effecten zullen ‘grensoverschrijdend’ zijn: zo kan de constructie van een park een invloed hebben op de densiteit aan zeezoogdieren in een nabijgelegen operationeel park, en er kunnen cumulatieve effecten optreden bij gelijktijdige constructie of bij het operationeel worden van naburige parken.

Hieronder wordt enkel de monitoring van zeezoogdieren behandeld. De resultaten van het onderzoek van onder meer fysische aspecten van geluid en habitatveranderingen, behandeld in een apart monitoringprogramma, zijn van belang voor het eventueel bieden van een verklaring voor resultaten van het onderzoek van zeezoogdieren.

De doelstellingen van de monitoring zijn:

- Het bepalen van de aanwezigheid, verspreiding en densiteit van zeezoogdieren in Belgische wateren, en het vaststellen van trends, voor het bevestigen of aanpassen van de voorwaarden voor bijvoorbeeld bepaalde constructie-activiteiten (11.5.2).
- Het bepalen van effecten van de constructie van het offshore windpark op zeezoogdieren (11.5.3).
- Het bepalen van effecten van het offshore windpark op zeezoogdieren tijdens de operationele fase (11.5.4).

Bij monitoring van zeezoogdieren worden de volgende gestandaardiseerde technieken toegepast:

- Surveys vanuit de lucht voor het bepalen van de dichtheid en ruimtelijke verspreiding van zeezoogdieren (distance sampling; Buckland *et al.*, 2001; zie Haelters, 2009 voor een samenvatting), eventueel uitgebreid met simultaan onderzoek door middel van geautomatiseerde digitale fotografie.
- Statische passieve akoestische monitoring (PAM): statische PAM toestellen detecteren de aan- en afwezigheid van kleine walvisachtigen in een gebied rond het verankerde toestel, en bieden zo een relatieve maat voor de lokale densiteit (het vaststellen van een absolute densiteit op basis van detecties is zeer moeilijk; zie Haelters *et al.*, 2013b). De gebruikte toestellen zijn momenteel van het C-PoD type (zie Chelonia.co.uk), maar eventueel zal in de toekomst van een meer geavanceerd type gebruikt worden. C-PoDs hebben een autonomie van 3 tot 4 maanden. Het vergelijken van de detecties in of nabij het projectgebied, en in referentiegebieden, of de vergelijking van detecties bij PAM toestellen verankerd in een gradiënt tegenover een impactsite, kan informatie opleveren over het optreden van effecten of het niet optreden ervan, en over de reikwijdte van effecten.
- Het volgen van zeehonden door middel van een GPS/GSM tag die informatie doorgeeft over de positie en de (afgeleide) activiteit van het dier – toegepast tijdens de constructie- en operationele fase van windturbines. Deze techniek is de laatste jaren matuur geworden, en werd daarom pas zeer recent in het monitoringprogramma opgenomen (het werd nog niet aangevat dd. 26/10/2015); het is niet specifiek voor dit project, en in eerste instantie dient het als proef te worden uitgevoerd met een beperkt aantal toestellen.

Er zijn diverse mogelijkheden voor het ontwerp van een monitoringprogramma:

- Een BACI (before–after–control–impact) ontwerp, met onderzoek vóór en na de activiteiten met een te verwachten impact, en binnen het projectgebied en in een referentiegebied;
- Een CI (control-impact) ontwerp, met onderzoek van een te verwachten impact binnen en buiten het impactgebied, voor chronische effecten (vb. effecten tijdens de operationele fase);
- Een gradiënt ontwerp, waarbij effecten nagegaan worden op verschillende afstanden van de impactsite maar in dezelfde tijdsperiode.

Gezien de mobiliteit van zeezoogdieren lijkt een combinatie van de ontwerpen aangewezen, waarbij rekening gehouden wordt met tijdsintervallen in het BACI-ontwerp: deze intervallen moeten in de constructiefase zo kort mogelijk gehouden worden, en zijn aangewezen voor het bepalen van effecten door bijvoorbeeld acute heiloperaties. Gezien de vastgestelde veranderingen in het voorkomen van bruinvissen in Belgische wateren lijkt het niet nuttig om voor de impact van een bepaalde activiteit de situatie van het jaar voordien te kiezen als referentie.

11.5.2 Basismonitoring: verspreiding zeezoogdieren

Jaarlijks worden minstens vier volledige luchtsurveys uitgevoerd over de Belgische wateren, inclusief het projectgebied, voor het inschatten van de verspreiding en densiteit van zeezoogdieren, waaronder het projectgebied. Tevens worden gedurende het jaar 3-4 Passive Acoustic Monitoring (PAM) toestellen verankerd in/nabij het projectgebied en daarbuiten, voor het verzamelen van data m.b.t. de aan- en afwezigheid van bruinvissen tussen de luchtsurveys (PAM heeft een veel hogere temporele resolutie dan luchtsurveys). Deze monitoring is niet specifiek voor het project NORTHWESTER 2 – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten. De luchtsurveys worden – indien mogelijk – gecoördineerd met surveys uitgevoerd in Nederlandse en/of Franse wateren (die onafhankelijk van dit monitoringplan plaatsvinden). De basismonitoring wordt uitgevoerd voor de aanvang van de werken, elk jaar tijdens de constructiefase en tijdens de eerste vijf jaar van de exploitatiefase.

11.5.3 Effect van heigeluid

Voor en tijdens de heioperaties voor de constructie van het park worden 6 PAM toestellen verankerd in een gradiënt vanaf de constructiesite tot op een afstand van 10-20 km (zie Thompson *et al.*, 2010; Dähne *et al.*, 2013). De verankering vangt dagen tot weken voor de start van het heien aan, en wordt beëindigd enkele weken na de aanvang van het heien.

Indien geheid wordt, worden kort (dagen tot een week) voor het heien twee luchtsurveys uitgevoerd die de Belgische mariene wateren dekken. Zo kort mogelijk na de start van de hei-werkzaamheden (indien mogelijk: dagen) worden twee bijkomende surveys uitgevoerd. Doel is overleg te plegen m.b.t. de preventieve maatregelen bij hoge dichtheden aan bruinvissen, en het verfijnen van een verstoringsmodel (Haelters *et al.*, 2015a). Indien echter bij de eerste survey een zeer lage dichtheid aan zeezoogdieren vastgesteld werd (gemiddeld $<0,25$ dieren/km², met geen bijzonder hoge dichtheden in en om het projectgebied), dan kan een tweede survey uitgesteld worden tot een latere datum tijdens de constructiefase. De eerste survey kan als één van de vier volledige luchtsurveys beschouwd worden cfr. de algemene monitoring.

Indien geheid wordt, worden tijdens de heioperaties gestrande, of dood op zee aangetroffen, zeer verse zeezoogdieren onderworpen aan een onderzoek voor het bepalen van eventuele gehoorschade (zie Morell *et al.*, 2009).

Ook deze monitoring is niet specifiek voor het project NORTHWESTER 2 – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten en zal bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

11.5.4 Gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren

Bij het volledig afwerken van de diverse windparken onder constructie, en indien geen nieuwe constructies of andere grote werkzaamheden in het gebied en de ruime omgeving (die zeezoogdieren verstoren) gepland worden, wordt een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar het gebruik van operationele windparken door bruinvissen. Daartoe wordt in minstens één van de operationele windparken (waaronder mogelijk dat van NORTHWESTER 2), en op referentielocaties gelegen op een korte afstand tot het park, telkens minstens 4 C-PoDs (of alternatief toestel) verankerd, bij voorkeur tijdens de periode met de hoogste dichtheid aan bruinvissen in Belgische wateren, en dit voor minstens enkele maanden. Het onderzoek dient eenmalig na 3 tot 5 jaar te worden herhaald.

Daarnaast worden gedurende drie jaar vier zeehonden per jaar van een GPS/GSM zender voorzien. Dergelijk onderzoek heeft tot doel mogelijke aantrekking of verstoring van bruinvissen en zeehonden voor offshore windparken in Belgische wateren tijdens de operationele fase aan te tonen.

De monitoring van het windpark wordt samengevat in Tabel 11.1 tot 11.3.

Tabel 11.1. Samenvatting van de zeezoogdierenmonitoring van het windpark: basismonitoring.

Basismonitoring: verspreiding zeezoogdieren		
Doel: het bepalen van de aanwezigheid, verspreiding en densiteit van zeezoogdieren in Belgische wateren, en het vaststellen van trends in alle fasen van het project: baseline, constructie, operatie, ontmanteling.		
Methodologie	Line transect surveys	PAM (bruinvissen)
Gebied	Belgische wateren	Belgische concessiezone windenergie
Periode/duur	4/jaar, gedurende het jaar	Continu, 3-4 toestellen

Tabel 11.2. Samenvatting van de zeezoogdierenmonitoring van het windpark: effect van heigeluid

Gerichte monitoring: effect van heigeluid		
Doel: het bepalen van de impact van de constructie van het windpark op zeezoogdieren		
Methodologie	Line transect surveys, BACI	PAM, gradient monitoring(bruinvissen)
Gebied	Belgische wateren	6 toestellen, verankerd in een gradiënt vanaf de constructiesite
Periode/duur	2 kort voor de aanvang van heien, 2 tijdens heien, alle binnen een korte periode (hoogstens weken)	Enkele dagen/weken voor de aanvang van heien, tot enkele weken tijdens het heien

Tabel 11.3. Samenvatting van de zeezoogdierenmonitoring van het windpark: gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren

Gerichte monitoring: gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren		
Doel: het bepalen van de impact van het operationele windpark op zeezoogdieren		
Methodologie	PAM, CI	GPS/GSM zenderen van 4 zeehonden (operationele fase)
Gebied	Eén windpark, en aanpalend gebied, 4+ PoDs in windpark, 4+ PoDs buiten windpark	Onbeperkt
Periode/duur	Eenmalig kort na het einde van de constructie van het laatste windpark, bij voorkeur gedurende de periode met de hoogste densiteit aan bruinvissen, eenmalig herhaald 3-5 jaar later	Gedurende drie jaar jaarlijks zenderen van 4 zeehonden; zender blijft weken tot maanden actief

12. (Zee)vogels en vleermuizen

- Gezien het internationaal belang van het Belgisch deel van de Noordzee voor zeevogels moet er een grondige analyse gebeuren van de effecten op de avifauna van de constructie en exploitatie van het NORTHWESTER 2 project.
- Tijdens de constructie zijn de belangrijkste verwachte impacts verstoring door de verhoogde scheepsactiviteit, baggeractiviteiten en mogelijks heien.
- De constructiewerken zullen zorgen voor een tijdelijke turbiditeitsverhoging. Het is duidelijk dat dit effect het grootst zal zijn bij gravitaire funderingen. Indien er sprake zou zijn van een langdurige turbiditeitsverhoging dan vormt dit een verstoring voor op het zicht jagende vogels (bv. Zeekoet, Alk, Jan van Gent, Kleine Mantelmeeuw).
- Tijdens de exploitatie zijn er verschillende effecten mogelijk van het windpark op vogels:
 - ze kunnen in aanvaring komen met een turbine of een andere structuur;
 - ze kunnen het windpark als een barrière zien tijdens de migratie;
 - hun habitat wordt gewijzigd wat kan leiden tot vermijdings- of aantrekkingsgedrag.
- De geschatte aantallen aanvaringsslachtoffers bij zeevogels zijn het laagst bij configuratie 3, gevolgd door de basisconfiguratie en configuratie 2. Deze aantallen zijn het hoogst bij configuratie 1.
- De aanwezigheid en verspreiding van vleermuizen boven het Belgisch deel van de Noordzee is voorlopig grotendeels ongekend. De mogelijke effecten van de constructie en exploitatie van het NORTHWESTER 2 project vormt momenteel dan ook een leemte in onze kennis.
- Op basis van de huidige beschikbare kennis worden de effecten van het NORTHWESTER 2 project op de avifauna als aanvaardbaar beschouwd, dit voor alle mogelijke configuraties en technieken besproken in de MER.
- Gezien de onzekerheid van de effecten van de exploitatie van de verschillende windparken op het BDNZ op de avifauna zal een lange-termijn monitoring nodig zijn om de effecten op de avifauna vast te stellen en eventuele mitigerende maatregelen te formuleren.

12.1 Inleiding

12.1.1. Avifauna in het BDNZ

Het BDNZ is van internationaal belang voor een groot aantal zeevogels. Het doet dienst als overwinteringsgebied, trekgebied of als foerageergebied tijdens het broedseizoen. Tijdens de wintermaanden komt het grootste aantal zeevogels voor (gemiddeld 42.000). In de zomermaanden is het aantal gemiddeld 17.000 (Vanermen en Stienen, 2009). Het BDNZ maakt deel uit van een migratie flessenhals (i.e. de versmalling van de zuidelijke Noordzee) waardoor (naar schatting) jaarlijks tussen de 1 en de 1,3 miljoen zeevogels migreren (Stienen *et al.*, 2007).

Er is een duidelijk seizoenaal verschil in het voorkomen van soorten. In de winter zijn futen, duikers, Zeekoet *Uria aalge* en zwarte zee-eend *Melanitta nigra* typerend. In de zomer is de verspreiding van zeevogels vooral kustgebonden (Vanermen, 2013) en zijn stern, jagers en mantelmeeuwen dominante soorten (Stienen & Kuijken, 2003). In de haven van Zeebrugge komen internationaal belangrijke aantallen stern en meeuwen tot broeden.

De zandbanken in de Belgische Zeegebieden blijken van groot belang voor rustende zeevogels. Seys *et al.* (1999) stelde vast dat de hoogste densiteiten van zeevogels gevonden worden op de hellingen

van deze zandbanken. Tijdens de migratieperiodes in de lente en de herfst wordt de grootste diversiteit waargenomen.

Naast typische zeevogels komen ook niet-zeevogels, zoals zangvogels, voor boven het BDNZ. Tijdens tellingen op zee werd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) opmerkelijke trekintensiteit van zangvogels vastgesteld (Vanermen *et al.*, 2006).

Op basis van verschillende wetenschappelijke rapporten en rekening houdend met de Europese Vogelrichtlijn (79/409/EEG), werden in 2005 drie speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V) in het BDNZ ingesteld: SBZ-V1- Nieuwpoort (Grote stern *Sterna sandvicensis* en Fuut *Podiceps cristatus*), SBZ-V2- Oostende (Grote stern, Fuut, Visdief *Sterna hirundo*, Dwergmeeuw *Larus minutus*) en SBZ-V3- Zeebrugge (Grote stern, Visdief, Dwergmeeuw).

De aanwezigheid van vleermuizen boven het Belgisch deel van de Noordzee vormt grotendeels nog een leemte in onze kennis. In augustus 2014 werd een vleermuizendetector geïnstalleerd op het onderzoeksschip Belgica om na te gaan wat de verspreiding is van vleermuizen op het BDNZ en welke soorten er worden aangetroffen. Hoewel op dit moment slechts een deel van de data geanalyseerd is, werden er reeds specimen van Ruige dwergvleermuis *Pipistrellus nathusii*, Rosse vleermuis *Nyctalus noctula*, Watervleermuis *Myotis daubentonii* en Tweekleurige vleermuis *Vespertilio murinus* geregistreerd. De meeste waarnemingen gebeurden op een beperkte afstand van de kust, een individu van de Tweekleurige vleermuis werd echter op meer dan 20 kilometer van de kust waargenomen. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen wat het belang is van het BDNZ voor vleermuizen.

Ondertussen blijkt dat vleermuizen veel vaker over zee rekken en zelfs jagen dan vroeger werd vermoed. Ahlén *et al.* (2007 en 2009) toonde aan dat er voor de Zweedse kust vaak migratie is van vleermuizen over zee. Genetisch onderzoek laat een uitwisseling van genen van de ruige dwergvleermuis tussen Groot Brittannië en het vaste land zien (Limpens *et al.*, 2007). Recent werd met behulp van ultrasone recorders aangetoond dat vleermuizen voorkomen in de Nederlandse windparken OWEZ en prinses Amalia, op respectievelijk 15 en 23 km van de kust (Jonge Poerink *et al.*, 2013). In 98 % van de registraties betrof het de Ruige dwergvleermuis en in 2% om de Rosse vleermuis. Het gaat hier vermoedelijk om migrerende individuen. Al is het niet uitgesloten dat het in sommige gevallen over foeragerende dieren gaat die heen en weer vliegen tussen land en de foerageerlocatie. In offshore windparken in het buitenland werd naast Ruige dwergvleermuis en Rosse vleermuis ook Kleine dwergvleermuis *Pipistrellus pygmaeus*, en de bedreigde Bosvleermuis *Nyctalus leisleri* waargenomen (Ahlén *et al.*, 2007, Jonge Poerink *et al.*, 2013). Het staat dus vast dat er sprake is van migratie over de Noordzee.

12.1.2. Projectgebied

De NORTHWESTER 2 concessie ligt ten noorden van de Bligh Bank. Voor de volledige zone die is afgebakend voor het opwekken van hernieuwbare energie kan er gesteld worden dat de zeevogeldensiteit sterk afneemt met een grotere afstand tot de kust (Vanermen *et al.*, 2013).

De referentiesituatie in het projectgebied is vergelijkbaar met de situatie op de Bligh Bank, voor de bouw van het Belwind park. De gemiddelde zeevogeldensiteiten waren er lager dan op de rest van het BDNZ. In de lente en zomer waren de aantallen erg laag (<1.5 vogels/km²). In de winter werden er enkel voor Zeekoet en Drieteenmeeuw aanzienlijke aantallen waargenomen. In de herfst was dit het geval voor Jan van Gent, Grote mantelmeeuw en Drieteenmeeuw (Vanermen *et al.*, 2013).

Vier soorten die voorkomen in de zone voor hernieuwbare energie hebben een hoge beschermingsstatus: grote stern, visdief, dwergmeeuw en grote jager. Van augustus tot december is vooral het noord-westen van de zone (inclusief de NORTHWESTER 2 concessie) van belang voor grote jager (Vanermen *et al.*, 2013). De volledige zone maakt in de lente deel uit van de migratie-route van dwergmeeuw (Vanermen *et al.*, 2013). Deze soort is opgenomen in de bijlage I van de Vogelrichtlijn en de appendix II van de Bern conventie. Het projectgebied is gezien de afstand tot de kust van veel minder belang voor grote stern en visdief.

Het doel van deze evaluatie is de aanvaardbaarheid van de effecten van het NORTHWESTER 2 project en de cumulatieve effecten van alle windparken in het BDNZ op vogels en vleermuizen te beoordelen en eventuele mitigerende maatregelen voor te stellen. Vervolgens wordt een gepaste monitoring opgezet die toelaat om eventuele leemtes in de kennis in te vullen.

12.2 Te verwachten effecten

De effecten van de constructie en exploitatie van een windpark op vogels en vleermuizen zijn afhankelijk van tal van factoren, waaronder de lokale omgeving, de soorten die aanwezig zijn in dat gebied en de gebruikte technologie. Daardoor kan de impact per locatie verschillen en dienen de effecten per windpark te worden beoordeeld (Drewitt en Langston, 2006).

12.2.1 Constructiefase

Tijdens de constructie zijn de voornaamste impacts:

- verstoring door de toegenomen scheepstrafiek;
- verstoring door de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien van palen, het kabelleggen;
- een verhoogde turbiditeit in de waterkolom door baggerwerkzaamheden.

De effecten tijdens de constructiefase van windparken in Denemarken bleken soortspecifiek te zijn. Alkachtigen vermeden de zone, terwijl Zilvermeeuw *Larus argentatus* aangetrokken werd door de scheepvaartactiviteit en de mogelijkheid om te rusten op de constructies in aanbouw (Christensen *et al.*, 2003; Petersen *et al.*, 2006). Voor de verstoringgevoelige soorten gaat de constructiefase gepaard met tijdelijk habitatverlies, dus voor één of twee jaar (afhankelijk van de fasering van het project).

Het onderwatergeluid veroorzaakt door heiwerkzaamheden zorgt voor een erg hoge geluidsdruk in de waterkolom. Zo werd bij het heien van funderingen voor het Belwind windpark een onderwatergeluid van 194 dB re 1 μ Pa, genormaliseerd tot 750 m van de bron, geproduceerd (Norro *et al.*, 2012). Tijdens het heien van de pinpiles voor de jacket-funderingen van de fase II en III van het C-Power windpark was dit 172 tot 189 dB re 1 μ Pa, genormaliseerd tot 750 m van de bron. Bij het heien van de turbinepalen bij de aanleg van een windpark op acht zeemijl ten noordwesten van IJmuiden (Nederland) werden er (bij een beperkt aantal waarnemingen) echter geen negatieve effecten vastgesteld op duikende vogels, die het meest kwetsbaar zijn voor onderwatergeluid (Leopold en Camphuysen, 2007).

Er zijn voorlopig geen aanwijzingen dat het heigeluid in die mate een effect heeft op juveniele vissen dat dit zou leiden tot een verminderd voedselaanbod voor zeevogels. Debusschere *et al.* (2014) stelden geen verhoogde mortaliteit (noch directe mortaliteit, noch uitgestelde mortaliteit) vast tijdens een *in situ* experiment waarbij juveniele Zeebaars *Dicentrarchus labrax* werd blootgesteld aan heigeluid.

De volumes zand die gebaggerd en teruggestort worden zijn afhankelijk van de gekozen configuratie en funderingstype. Indien er echter gravitaire funderingen worden gebruikt, worden grote volumes sediment per fundering gebaggerd om een funderingsput te maken. Na het plaatsen van de fundering wordt dit sediment mogelijks gebruikt om de funderingsput terug op te vullen (backfill) of als ballast in de fundering (infill) (IMDC, 2014a). Deze werken zullen zorgen voor een tijdelijke turbiditeitsverhoging. Het is duidelijk dat dit effect het grootst zal zijn bij gravitaire funderingen. Indien er sprake zou zijn van een langdurige turbiditeitsverhoging dan vormt dit een verstoring voor op het zicht jagende vogels (e.g. Zeekoet, Alk, Jan van Gent, Kleine mantelmeeuw). Dit wordt verder onderzocht in het kader van de monitoring (zie Hoofdstuk 6).

De effecten van de constructie op vleermuizen is voorlopig een leemte in de kennis.

12.2.2 Exploitatiefase

De effecten van windparken tijdens de exploitatiefase op vogels zijn op te delen in twee componenten: een directe en een indirecte. Enerzijds is er de directe mortaliteit door aanvaring van vogels met turbines met een verhoogde mortaliteit binnen de populatie tot gevolg (i.e. aanvaringsaspect), anderzijds zijn er indirecte effecten als gevolg van fysische wijzigingen van het habitat. De aanwezigheid, beweging of het geluid van de turbines zorgen voor een verandering van het oorspronkelijke habitat en kunnen leiden tot veranderingen in de verspreiding en de densiteiten van vogels (i.e. ‘displacement’ effect). Vogels kunnen aangetrokken worden door nieuw beschikbare rustplaatsen of een verhoogde voedselbeschikbaarheid, of ze kunnen verstoord worden en hierdoor het gebied gaan vermijden. Een tweede indirect effect is het barrière effect, i.e. de verstoring van vliegende vogels door de aanwezigheid van het windpark (Desholm *et al.*, 2005; Fox *et al.*, 2006; Drewitt en Langston, 2006; ...).

12.2.2.1 Aanvaringsaspect

Het aanvaringsrisico is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals de aanwezige soorten, aantal vogels en hun gedrag, weersomstandigheden, de rotorhoogte en -snelheid van de turbines, de configuratie van het windpark en de aanwezige verlichting (Drewitt en Langston, 2006). Veranderende weersomstandigheden kunnen het aanvaringsrisico beïnvloeden. Zo is bekend dat meer aanvaringen gebeuren bij slechte zichtbaarheid door mist en regen en 's nachts (Karlsson, 1983; Erickson *et al.*, 2001; Stienen *et al.*, 2002). Migrerende vogels gaan ook lager vliegen bij lage bewolking of bij sterke tegenwind en worden zo gevoeliger voor aanvaringen (Winkelman, 1992; Richardson, 2000).

Op dit moment zijn er van geen enkel offshore windpark betrouwbare gegevens beschikbaar over het aantal aanvaringsslachtoffers. Dit aantal wordt voorlopig geschat op basis van een collision risk model (CRM) dat rekening houdt met het aantal turbines, rotorhoogte, configuratie van het park, de vlieghoogte, het aantal vliegbewegingen (flux) en het ontwijkgedrag (Band, 2012).

Op basis van de densiteit van zeevogels in het Belwind windpark, zullen er volgens het CRM (Band, 2012) ca. 2,4 meeuwen per turbine per jaar in aanvaring komen in het windpark op de Bligh Bank. Meeuwen zijn het gevoeligst voor aanvaringen aangezien ze vaak op rotorhoogte vliegen. De verspreiding en densiteit van zeevogels in de NORTHWESTER 2 concessie is zeer gelijkaardig aan deze op de Bligh Bank (Vanermen *et al.*, 2013). Het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers zal dus ook erg gelijkaardig zijn. In het OWEZ windpark in Nederland werd er berekend dat er jaarlijks 6,9 meeuwen in aanvaring komen per turbine. Dit verschil valt te verklaren door het feit dat het OWEZ

park dicht bij de kust is dan Belwind (respectievelijk 10 en 40 km) en dat de densiteit aan vogels bijgevolg veel hoger is.

Soorten die minder op rotorhoogte waargenomen hebben logischerwijze een lagere kans om in aanvaring te komen met een turbine. Alkachtigen, stern en dwergmeeuw worden zelden of nooit op rotorhoogte waargenomen. Voor deze soorten zullen het aantal aanvaringen dan ook erg laag zijn (Vanermen *et al.*, 2013).

Het aantal aanvaringsslachtoffers in een windpark op zee is recht evenredig met het aantal windturbines. Davies en Band (2012) en Johnston *et al.* (2014) toonden aan dat het verhogen van de naafhoogte en dus het gebruik van grotere turbines een effectieve mitigerende maatregel is om het aanvaringsrisico te reduceren.

Op basis hiervan wordt de voorkeur gegeven aan configuratie 3, waarbij 22 windturbines voorzien worden en het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers het laagst zal zijn. Dit wordt ook aangegeven in het MER (IMDC, 2014a). Configuratie 1, met name 70 turbines met een lagere naafhoogte, zal voor het hoogste aantal aanvaringsslachtoffers zorgen, en is bijgevolg het minst wenselijk.

Het in aanvaring komen met turbines is het belangrijkste effect van windparken op vogels omdat het de natuurlijke mortaliteit van de populatie verhoogt (Johnson *et al.*, 2002). Zeevogels zijn langlevende soorten met weinig nakomelingen en hoge broedzorg. Bij dergelijke soorten kan een licht verhoogde mortaliteit toch significante effecten hebben op populatieniveau (Sæther en Bakke, 2000; Drewitt en Langston, 2006). In een modelstudie van Poot *et al.* (2011) wordt besloten dat de bijkomende mortaliteit door een enkel windpark bij geen enkele soort zorgt voor een neerwaartse trend in populatiegrootte.

Recente resultaten van Vanermen *et al.* (2013) suggereren dat het windpark op de Bligh Bank een aantrekkende werking heeft op Kleine Mantelmeeuw en Stormmeeuw. Als deze trend zich verderzet, dan zorgt een verhoogde activiteit van deze soorten in het windpark voor een hoger aanvaringsrisico (Vanermen *et al.*, 2013). Verder onderzoek zal uitwijzen of deze aantrekking zich verderzet in de komende jaren.

Tijdens sterke zangvogeltrek, zoals waargenomen met de radar op de Thorntonbank tijdens de nacht van 21-22 oktober 2012, kan het aantal aanvaringsslachtoffers oplopen tot 20 in een enkele nacht in het volledige windpark op de Thorntonbank. Bij de beoordeling van dit cijfer is het van groot belang om zich bewust te zijn van het feit dat er tijdens dergelijke nacht enorm hoge aantallen zangvogels passeren. Het valt te verwachten dat deze resultaten gelijkaardig zijn in het NORTHWESTER 2 windpark (Vanermen *et al.*, 2013).

Het zijn ook vooral niet-zeevogels die tijdens de trek aangetrokken worden door obstakels op zee en er vooral tijdens slechte weersomstandigheden proberen neer te strijken (zogenaamde 'falls') (Hüppop *et al.*, 2006). Tijdens dergelijke 'falls' is het dus mogelijk dat er een groot aantal aanvaringsslachtoffers vallen. Hüppop *et al.* (2006) raden daarom ook aan om de turbines te stoppen tijdens nachten waarbij er sterke migratie en slechte weersomstandigheden worden verwacht. Ook Cook *et al.* (2011) concluderen dat dit de enige effectieve manier is om het aantal aanvaringsslachtoffers te verminderen. Wanneer er meer inzicht wordt verkregen in de omstandigheden waarbij dergelijke maatregel nuttig kan zijn, zal dit in alle windmolenparken in het BDNZ worden toegepast. Daarom wordt het afschakelen van de turbines onder bepaalde omstandigheden niet als voorwaarde opgenomen voor het Northwester II park alleen.

Bijkomende visuele en radarwaarnemingen zijn nodig om een meer accuraat beeld te verkrijgen van de flux, vlieghoogte en het ontwijkgedrag van vogels. Dit zorgt voor een betere input in de aanvaringsmodellen en dus voor meer betrouwbare resultaten. Om een echt accuraat beeld te krijgen van het aantal aanvaringen moeten deze geregistreerd kunnen worden met gespecialiseerde apparatuur (DT-bird, WT-bird), i.p.v. deze aantallen te schatten.

Het is hier ook van belang om de mogelijke aanvaringen van vleermuizen met turbines te vermelden. Ahlén *et al.* (2007 en 2009) stelden vast dat migrerende vleermuizen regelmatig in een nearshore windpark in de Baltische zee gaan foerageren, aangetrokken door de accumulatie van vliegende insecten in het park. Recent werd ook aangetoond dat vleermuizen voorkomen in de Nederlandse windparken OWEZ en prinses Amalia, op respectievelijk 15 en 23 km van de kust (Jonge Poerink *et al.*, 2013). In 98 % van de registraties betrof het de Ruige Dwergvleermuis en in 2% om de Rosse vleermuis. Het gaat hier vermoedelijk om migrerende individuen. Al is het niet uitgesloten dat het in sommige gevallen over foeragerende dieren gaat die heen en weer vliegen tussen land en de foerageerlocatie. In offshore windparken in het buitenland werd naast Ruige Dwergvleermuis en Rosse vleermuis ook Kleine Dwergvleermuis *Pipistrellus pygmaeus*, en de bedreigde Bosvleermuis *Nyctalus leisleri* waargenomen (Ahlén *et al.*, 2007, 2009, Jonge Poerink *et al.*, 2013). Op dat moment bestaat er vanzelfsprekend een risico om in aanvaring te komen met de turbines.

De overgrote meerderheid van waarnemingen van vleermuizen op zee komen voor bij windsnelheden lager dan 5m/s (Lagerveld *et al.*, 2014; Ahlén *et al.*, 2007 & 2009). Hiermee rekening houdend, zijn turbines met een hogere cut-in wind speed te verkiezen.

Offshore is deze impact voorlopig nog een leemte in de kennis, onshore wordt meer en meer duidelijk dat vleermuizen in aanzienlijke aantallen in aanvaring komen met turbines. Zo schat Voigt *et al.* (2012) het aantal aanvaringslachtoffers op land in Duitsland op 200.000 vleermuizen per jaar. Aangezien een licht verhoogde mortaliteit kan leiden tot een negatieve trend op populatieniveau bij vleermuizen, is dit aspect van groot belang (Kunz *et al.*, 2007; Rydell *et al.*, 2010; Voigt *et al.*, 2012). Leopold *et al.* (2014) gaan voor offshore windmolenparken uit van een worst case scenario van één aanvaring per turbine per jaar. Op basis van het aantal waarnemingen op zee, zullen dit voornamelijk ruige dwergvleermuizen zijn.

12.2.2.2 Verstoringsaspect: Veranderingen in aantallen en verspreiding door wijziging van het habitat

Door de bouw van een windpark wordt een habitat fysisch gewijzigd. Op de locaties waar er turbines gebouwd worden, is er sprake van ‘fysisch’ habitatverlies. Het gebied dat bepaalde soorten gaan vermijden als rust- of foerageergebied als reactie op de aanwezigheid van de turbines is het ‘effectieve’ habitatverlies (Fox *et al.*, 2006). Voor soorten die het toekomstige park gaan vermijden betekent dit project een effectief habitatverlies van 11,72 km² (maximaal uitgebreid tot 15,16 km²). Dit is *sensu stricto* de oppervlakte van het park. Het is niet uitgesloten dat sommige soorten ook een bufferzone rond het park zullen vermijden. Dit werd onder meer aangetoond bij jan-van-gent in het Horns Rev park (Denemarken), waar een reductie van 80% in een straal van twee tot vier kilometer rond het windpark werd vastgesteld. Er werd aangenomen dat dit in het park praktisch 100% was. Er werd ook vermijdingsgedrag aangetoond bij alk, zeekoet en duikers. Bij meeuwen was dit minder het geval (Petersen *et al.*, 2006). Voor Jan-van-gent en Dwergmeeuw werd er ook vermijdingsgedrag vastgesteld in het Nederlandse OWEZ windpark. Ook Grote Stern en Dwergmeeuw verkozen meestal om rond het OWEZ park te vliegen in plaats van erin (Leopold *et al.*, 2011).

Krijgsveld et al. (2011) en Leopold et al. (2011) stelden vast dat het aantal vliegbewegingen van vogels significant hoger is in windmolenparken met een lager aantal turbines per oppervlakte eenheid (i.e. turbinedensiteit). Dit impliceert dat er in parken met een lagere turbinedensiteit minder ontwijkingsgedrag is door vogels. In die zin is configuratie 3 dus opnieuw wenselijker in vergelijking met de andere voorgestelde configuraties.

De verspreiding en densiteit van zeevogels in de NORTHWESTER 2 concessie is zeer gelijkaardig aan deze op de Bligh Bank. Vanermen *et al.* (2013) tonen aan dat Jan van Gent, Zeekoet en Alk het windpark op de Bligh Bank vermijden. Kleine Mantelmeeuw en Stormmeeuw worden er toe aangetrokken. Tijdens de exploitatie van het NORTHWESTER 2 park worden gelijkaardige effecten verwacht.

Een verklaring voor het aantrekkingsgedrag van bepaalde soorten is mogelijks dat het windpark rustplaatsten biedt of dat het een referentie is in de open zee. De aantrekking van sterns, zoals vastgesteld in het windpark op de Thorntonbank (Vanermen *et al.*, 2013), suggereert een verhoging van het voedselaanbod in de windparken. Veranderingen in de voedselbeschikbaarheid worden teweege gebracht door de aangroei van epifauna op de nieuwe harde substraten (i.e. windturbinefunderingen, De Mesel *et al.*, 2013), de toename van vissen rond de turbines (Reubens *et al.*, 2010 en 2011) en het visverbod dat van kracht is in de windparken.

In het Nederlandse OWEZ (op 10 tot 18 km van de kust) park werd vastgesteld dat er een aantrekkend effect is op Aalscholver *Phalacrocorax carbo*. Aalscholvers gebruiken de structuren in het windpark als uitvalsbasis om te foerageren (Leopold *et al.*, 2011). Camphuysen (2011) toonde aan dat de nederlandse windparken ook erg aantrekkelijk zijn voor verschillende meeuwensoorten, waaronder kleine mantelmeeuwen, als rustgebieden. Zo trekt de centrale controle toren van het Prinses Amalia park (23 km van de kust) meeuwen aan tot in het hart van het park omdat het veel rustplaatsen biedt. Dit werd ook waargenomen in de winter van 2011-2012 op de Thorntonbank, waar de jacket-funderingen (toen nog zonder turbines) veelvuldig als rustplaats werden gebruikt door meeuwen.

Camphuysen (2011) deed ook onderzoek naar het foerageergedrag van kleine mantelmeeuwen uit de kolonie op Texel. Hiervoor werden een aantal vogels uitgerust met een GPS-logger. Deze data tonen aan dat de windparken OWEZ en Q7, die respectievelijk 48 km en 57 km van de kolonie verwijderd zijn, binnen de range liggen van de onderzochte kleine mantelmeeuwen. Gelijkaardig onderzoek waarbij kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen uit de kolonie in Zeebrugge gezenderd werden is bezig. De resultaten hiervan zullen meer inzicht geven in het foerageergedrag van deze dieren en of ze al dan niet foerageren in de windparken.

Deze voorgaande vaststellingen tonen aan dat er minder vermijdingsgedrag optreedt bij zeevogels dan initieel verwacht, en dat er zelfs sprake is van aantrekking bij bepaalde soorten. Dit is, zoals eerder vermeld, enerzijds positief in het kader van habitatverlies, anderzijds zijn de soorten die niet verstoord worden of zelfs aangetrokken worden door windparken gevoeliger voor aanvaringen. Van deze soorten is Kleine mantelmeeuw het gevoeligst voor aanvaringen doordat ze vaak op rotorhoogte vliegen (22%) en doordat ze groot en weinig wendbaar zijn (Vanermen *et al.*, 2013).

Samenvattend wordt er verwacht dat bepaalde soorten, zoals Kleine mantelmeeuw en Stormmeeuw aangetrokken zullen worden door het NORTHWESTER 2 windpark en dat andere soorten (e.g. Jan-van-Gent, alkachtigen) het park zullen vermijden.

12.2.2.3. Verstoring: barrière effect

Zoals hierboven vermeld migreren er jaarlijks, naar schatting, 1 – 1,3 miljoen zeevogels door de Zuidelijke Noordzee, en bijgevolg ook door de ‘flessenhals’ ter hoogte van het kanaal (Stienen *et al.*, 2007). Dit is dus een erg belangrijke corridor voor migrerende zeevogels. Ook voor niet-zeevogels is dit het geval. Het is bekend dat er sprake is van massale trek van zangvogels die zich tot ver op zee uitstrekt (Buurma, 1987; Alerstam, 1990; Vanermen *et al.*, 2006). Zo werden er tijdens de nacht van 21 en 22 oktober 2012 met een radarinstallatie in het C-Power windpark pieken tot 570 (groepen van) vogels per km op rotorhoogte waargenomen. Dit waren hoogstwaarschijnlijk migrerende lijsterachtigen.

Resultaten van radarstudies en visuele waarnemingen in Horns Rev en Nysted tonen aan dat vogels hun vliegrichting aanpassen wanneer ze in de buurt van offshore windparken komen. In Horns Rev ontweek 71 tot 86 % van de vogels het park als ze op een afstand van 1,5 – 2 km waren, om dan tot meer dan vijf km rond de buitenkant van het park te vliegen. In Nysted was dit 78 %. 's Nachts gebeurt de wijziging van de vliegrichting dicht bij het park (op ca. 0,5 km afstand van het park) dan overdag maar de ontwijkpercentages zijn even hoog. Er is dus sprake van een barrière-effect van offshore windparken op migrerende vogels (Fox *et al.*, 2006; Petersen *et al.*, 2006).

Recent onderzoek in het Nederlandse OWEZ windpark stelde vast de meeste soorten overdag ontwijkgedrag vertoonden. De afstand van het windpark waarop dit gebeurde varieerde tussen de 200 m en enkele kilometer. 's Nachts werd er veel minder ontwijkgedrag vastgesteld (Krijgsveld *et al.*, 2010). Ganzen vertoonden de sterkste reactie op het park, vaak gepaard met paniekerig gedrag. De afstand waarop dit gebeurde was tussen de 0,5 en 1 km van het park, vervolgens vlogen ze rond het volledige park. Zangvogels, die de meerderheid uitmaken van de migrerende vogels in dat gebied, vermeden het volledige park. Finaal werd besloten dat 18 – 34% minder vogels in het OWEZ windpark vlogen dan erbuiten (Krijgsveld *et al.*, 2011).

Plonczkier & Simms (2012) stelden vast dat groepen Kleine Rietgans *Anser brachyrhynchus* in 94,5 % van de gevallen vermijdingsgedrag vertoonden in reactie op offshore windparken voor de kust van Lincolnshire (UK). Zij concludeerden dat in 97,25% van de gevallen de kleine rietganzen zonder enig risico op additionele mortaliteit door het gebied konden migreren.

Dit aanpassen van de vliegrichting om het windturbineparken te vermijden betekent een gering negatief effect op de avifauna, het barrière-effect impliceert immers dat de migrerende vogels een langere weg moeten afleggen, met een verhoogde energieconsumptie tot gevolg (Drewitt en Langston, 2006). Dit effect is echter verwaarloosbaar gezien de grote afstanden die migrerende vogels afleggen (Masden *et al.*, 2009, 2010; Poot *et al.*, 2011). Bijkomend zorgt dit vermijdingsgedrag er ook voor dat de kans op aanvaring met turbines, tijdens de migratie, daalt.

12.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft tijdelijk biotoopverlies en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de bouwphase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van monopiles en jacket funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid. Na de afbraakfase dient nagegaan te worden of er zich al dan niet een terugkeer zal voordoen naar de initiële situatie.

12.3. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

12.3.1. Cumulatieve effecten

De bouwperiodes van verschillende windparken in het BDNZ zullen mogelijk overlappen. Er mag dan aangenomen worden dat het cumulatieve effect van de bouw van de parken bestaat uit de som van de effecten van de bouw voor elk van de parken afzonderlijk. Het cumulatieve effect van de werken aan de verschillende parken zorgt, voor verstoringgevoelige soorten, voor een tijdelijk habitatverlies en een mogelijke verhoging van de turbiditeit wat een vermindering in voedselbeschikbaarheid tot gevolg kan hebben. Momenteel is het moeilijk in te schatten hoeveel parken er gelijktijdig zullen gebouwd worden en wat dus de omvang van dit cumulatief effect zal zijn. Echter, gezien de beperkte duur en de lokale aard van deze effecten, zijn deze aanvaardbaar.

Voorlopig is het vermijdingsgedrag van bepaalde soorten tijdens de exploitatie van windparken op zee, zoals vastgesteld door Petersen *et al.* (2006), Leopold *et al.* (2009) en Vanermen *et al.* (2013a), site- en soortspecifiek. Bepaalde soorten, e.g. Jan van Gent, alkachtigen, zullen vermoedelijke de volledige zone bestemd voor elektriciteitsproductie vermijden eens deze is volgebouwd. Dit betekent voor deze soorten een habitatverlies van 238 km² of 6,9 % van het BDNZ. Dit kan voor bepaalde soorten zelfs meer zijn aangezien bepaalde soorten zelfs de zone rond windparken vermijden.

Het aantal aanvaringen van vogels met windturbines wordt laag ingeschat (Vanermen en Stienen, 2009; Krijgsveld *et al.*, 2011; Plonczkier & Simms, 2012; Vanermen *et al.*, 2013b). Het is echter mogelijk dat het aantal aanvaringsslachtoffers van alle windparken samen een significant effect hebben op populatieniveau. Omdat zeevogels lang leven en jaarlijks een laag aantal jongen groot brengen kan een licht verhoogde mortaliteit op lange termijn toch een significant negatief effect hebben op de populatie (Drewitt en Langston, 2006; Sæther en Bakke, 2000). Een modelstudie van Poot *et al.* (2011) maakt een inschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers van 11 windparken in het Nederlands deel van de Noordzee. Dit werd gedaan door de gegevens die verzameld werden in het OWEZ park te extrapoleren. Volgens deze extrapolatie zouden het aantal aanvaringsslachtoffers bij vrijwel alle onderzochte soorten (behalve bij Zilvermeeuw) niet voor een negatieve trend zorgen in de populatiegrootte.

Extrapolatie van het geschatte aantal aanvaringen op de Bligh Bank naar Noordzee-schaal, rekening houdend met de gekende populatiegrootte van deze soorten, de gekende mortaliteit bij adulte dieren en een realistisch scenario van 10.000 windturbines in de volledige Noordzee, resulteert in een extra mortaliteit die bij Kleine en Grote Mantelmeeuw mogelijk groter is dan 5 % (Brabant en Vanermen *et al.*, 2015). Deze 5 % is wat aangenomen wordt als een grenswaarde, die bij overschrijding een achteruitgang van de populatie kan betekenen (Dierschke *et al.*, 2003; Everaert, 2013.). Dit is vanzelfsprekend een ruwe extrapolatie op basis van lokale gegevens, maar het toont aan dat hoewel het aantal aanvaringen in een enkel park laag zijn, de cumulatieve effecten toch een impact kunnen hebben op populatieniveau.

Een laatste cumulatief effect is het barrière-effect van de bestaande en geplande parken samen. Ontwijkgedrag van migrerende vogels als reactie op offshore windparken is bekend (Krijgsveld *et al.*, 2011; Plonczkier en Simms, 2012). Ze doen dit door hun richting en/of vlieghoogte aan te passen. De oriëntatie van de volledige zone die aangeduid is voor elektriciteitsproductie in het BDNZ (loodrecht op de migratierichting) is in dat opzicht niet gunstig. De verschillende windparken zullen mogelijk een aaneengesloten barrière vormen, van ca. 35 km breed, en dat in een stuk waar het kanaal tussen het vasteland en Groot-Brittannië ca. 140 km breed is. Indien vogels rond de volledige zone zullen

vliegen en ook windparken in nederlandse en vooral engelse wateren moeten ontwijken, zorgt dit voor een verhoogd energieverbruik bij de trekkende vogels (Drewitt en Langston, 2006). Zeker indien men in acht neemt dat dit voor bepaalde soorten gepaard gaat met paniekreacties, zoals beschreven voor ganzen door Krijgsveld *et al.* (2010). Tijdens de voor- en najaarsmigratie leggen migrerende vogels echter dergelijk grote afstanden af dat het niet te verwachten valt dat die bijkomende afstand rondom de volledige windenergiezone een significant negatief effect is (Masden *et al.*, 2009, 2010; Poot *et al.*, 2011).

Door de verplichte veiligheidszones rond de windmolenparken is er tussen de verschillende parken een corridor van een kilometer (behalve bij een aantal parken waar een uitzondering werd bekomen hierop). Deze corridors kunnen mogelijks het barrière-effect verminderen voor lokale en migrerende vogels.

Het cumulatief effect van alle windparken samen op vleermuizen is voorlopig een leemte in de kennis en moet grondig onderzocht worden.

12.3.2. Grensoverschrijdende effecten

De door de nv NORTHWESTER 2 aangevraagde locatie voor het windpark ligt op een afstand van respectievelijk 35 en 34 km tot de de Nederlandse Natura 2000 gebieden Vlake van de Raan en Voordelta, op een afstand van 46 km tot het dichtstbijzijnde Franse Natura 2000 gebied Bancs des Flandres en op 64 km van het dichtste Engelse Natura 2000 (zie hoofdstuk 4).

Rekening houdende met de grote foerageerafstanden van zeevogels, is het niet ondenkbaar dat meeuwen, stern en aalscholvers vanuit de vogelrichtlijngebieden SBZ-V3 Zeebrugge (BE), Voordelta (NL), Westerschelde – Saeftinghe (NL), Oosterschelde (NL) en Grevelingen (NL) tot in de projectlocatie komen om te foerageren. Scheepstellingen tijdens het broedseizoen doen vermoeden dat er voorlopig weinig stern tot aan de windparken vliegen om te foerageren (enkel Grote Stern af en toe), maar dat dit mogelijks wel het geval is voor meeuwen.

Voor aalscholvers en stern, die meestal onder de rotorhoogte vliegen, wordt er verwacht dat het aantal aanvaringsslachtoffers zeer laag zal zijn. Meeuwen, zoals eerder besproken, maken meer kans om in aanvaring te komen. In een modelstudie van Poot *et al.* (2011) wordt besloten dat de bijkomende mortaliteit door een enkel windpark bij geen enkele soort zorgt voor een neerwaartse trend in populatiegrootte. Diezelfde modelstudie maakt een inschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers van 11 windparken in het Nederlands deel van de Noordzee, op basis van de gegevens die verzameld werden in het OWEZ park te extrapoleren. Volgens deze extrapolatie zouden het aantal aanvaringsslachtoffers bij de alle soorten (behalve bij zilverbmeeuw) niet voor een negatieve trend zorgen in de populatiegrootte. Er wordt dus niet verwacht dat de realisatie van dit project, en bij uitbreiding alle geplande windparken in het Belgisch deel van de Noordzee, een negatief effect zullen hebben op de populaties stern, meeuwen en aalscholvers in de Nederlandse Natura 2000-gebieden en dat de instandhoudingsdoelstellingen van deze gebieden, voor wat betreft avifauna, niet in het gedrang komen.

Meer en meer wordt duidelijk dat bepaalde soorten vleermuizen over zee migreren (zie 12.1.1). De impact van windparken op deze soorten is voorlopig een leemte in de kennis.

12.4. Besluit

12.4.1. Aanvaardbaarheid

Gezien de relatief kleine omvang van het park tegenover het verspreidingsgebied van de eventuele getroffen soorten, en gezien de geringe effecten die verwacht worden is de BMM van oordeel dat de bouw en exploitatie van het NORTHWESTER 2 windpark, voor wat betreft de mogelijke effecten op vogels en vleermuizen, aanvaardbaar is (voor alle mogelijke configuraties en technieken) mits het respecteren van onderstaande voorwaarde.

Er zijn momenteel echter nog een aantal leemten in de kennis betreffende de effecten op vogels en vleermuizen:

- het effect van de mogelijke verhoging van de turbiditeit op de foerageer-efficiëntie van visetende vogels;
- het vermijdings- of aantrekkingsgedrag van lokale vogels ten gevolge van het NORTHWESTER 2 park;
- het barrière-effect en de impact op de bereikbaarheid van broed- en overwinteringsgebieden in België en Nederland;
- de soortspecifieke vlieghoogtes in het park;
- de temporele variatie van de flux van vogels in het park (diurnaal en seizoenaal);
- het aantal aanvaringen van vogels met turbines tijdens verschillende omstandigheden;
- het effect van aanvaringen van vogels met de turbines op populatieniveau;
- het mogelijke optreden van ‘falls’;
- de wijziging van het voedselaanbod in het windpark;
- de cumulatieve effecten van meerdere windparken in hetzelfde gebied.
- de verspreiding en densiteiten van vleermuizen in het BDNZ;
- het aantal aanvaringen van vleermuizen met de turbines en het mogelijke effect op populatieniveau;
- de mogelijke aantrekking van vleermuizen tot windturbines.

Een gepaste monitoring moet er toe bijdragen deze leemten in de kennis betreffende de effecten op vogels en vleermuizen in te vullen.

Rekening houdende met bovenstaande beoordeling is de configuratie 2 het minst wenselijk voor vogels en vleermuizen. Bij deze configuratie wordt het hoogste aantal turbines voorzien (wat zorgt voor meer aanvaringsslachtoffers) en is de turbinedensiteit (aantal turbines/km²) het hoogst (wat de toegankelijkheid van het park voor avifauna bemoeilijkt).

Configuratie 3 heeft het laagst aantal turbines en de gebruikte turbines hebben de grootste naafhoogte. Een hogere naafhoogte is een effectieve mitigerende maatregel om het aantal aanvaringsslachtoffers te verminderen (Davies & Band, 2012; Johnston *et al.*, 2014).

12.4.2. Voorwaarden en aanbevelingen

12.4.2.1 Voorwaarden

Indien er in de toekomst bepaalde omstandigheden worden geïdentificeerd waarbij er een hoog risico is voor aanvaringen dan moeten de turbines tijdelijk stopgezet kunnen worden. Verder onderzoek moet uitwijzen bij welke flux van vogels dit het geval zou moeten zijn en wat het effect van dergelijke mitigerende maatregel zal zijn.

In functie van het onderzoek naar het aantal aanvaringsslachtoffers dient de vergunninghouder op verzoek van de BMM de nodige gegevens over de rotatiesnelheid en “pitch” van de rotorbladen van de windturbines over te maken.

12.4.2.2 Aanbevelingen

Configuratie 3 zal resulteren in het laagste aantal aanvaringsslachtoffers en zal door de grotere afstand tussen de turbines mogelijks ook een lager ontwijk- en barrière-effect hebben op lokale en migrerende vogels. Deze configuratie is daarom ter verkiezen boven de andere configuraties. De turbines van configuratie 3 hebben ook een hogere cut-in windsnelheid (nl. 4m/s), wat dan weer gunstig is voor vleermuizen op zee. Configuratie 1, met 70 kleinere turbines, is het minst wenselijk voor vogels en vleermuizen.

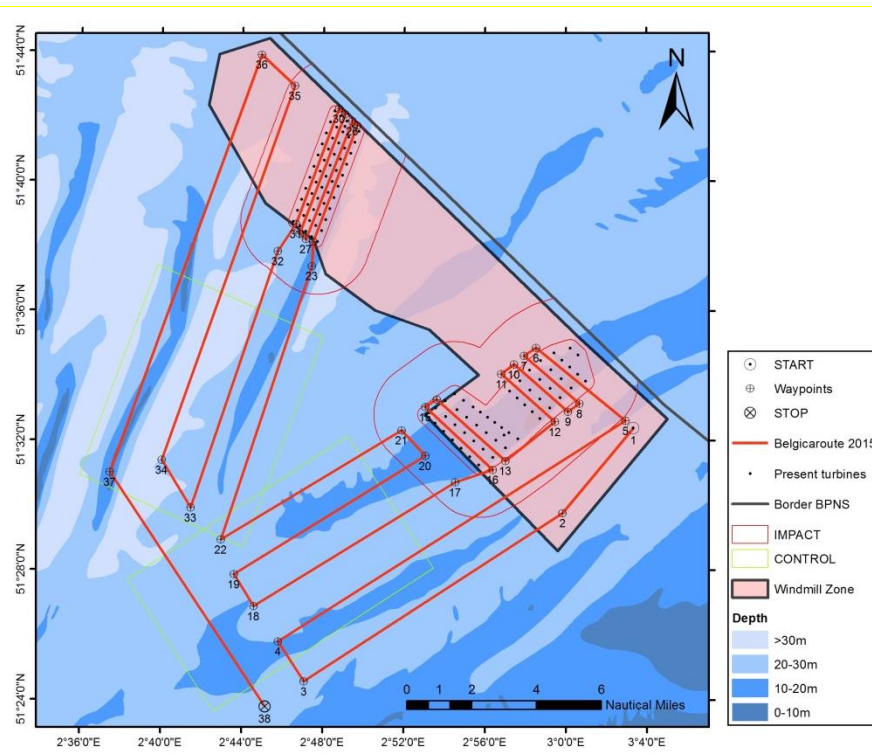
12.5. Monitoring en middelen

Gezien de mogelijk significante effecten op de avifauna dient een gepaste monitoring te gebeuren. De huidige monitoring is gericht op de mogelijke effecten op de densiteit en verspreiding van zeevogels, effecten op migrerende vogels, aanvaringen en de cumulatieve effecten door de aanleg van meerdere windparken in hetzelfde gebied. De resultaten van de huidige monitoring zijn gebaseerd op een beperkte dataset (het C-Power windpark is pas volledig operationeel sinds 2013). Het is van belang dat deze monitoring dus wordt verdergezet om na te gaan of de eerdere resultaten bevestigd worden. De aanwezigheid van vleermuizen in het gebied blijft een de leemte in kennis en zal onderzocht worden gezien de mogelijke negatieve effecten op deze beschermde soorten.

Zeevogeltellingen

In welke mate de offshore windparken een effect hebben op de aantallen en de verspreiding van lokale zeevogels (‘displacement effects’) wordt onderzocht door het uitvoeren van maandelijkse scheepstellingen volgens een gestandaardiseerd protocol (Tasker *et al.*, 1984). Door het herhalen van die tellingen wordt het mogelijk om verspreidingskaarten van de verschillende soorten op te maken. Het natuurlijk voorkomen van zeevogels is onderhevig aan erg hoge variabiliteit en hierdoor is het vaak moeilijk om een verandering in het verspreidingsgebied en het aantal van een bepaalde soort, die veroorzaakt wordt door een externe impact (bv. een windpark), statistisch hard te maken. Analyses van de ‘statistische power’ van de gegevens toonden aan dat veranderingen in aantallen van 30 tot 70 % voor de meeste soorten makkelijk aantoonbaar zijn binnen een periode van 10 jaar na de impact (Vanermen *et al.*, 2011). Indien nodig, kan de power van de data verhoogd worden door enerzijds de intensiteit van de tellingen te verhogen en anderzijds door de duur van het onderzoek te verlengen. Continuïteit van deze telgegevens is dus van groot belang om de effecten statistisch te kunnen aantonen.

Zeevogelsurveys in de windparken worden reeds sinds 2008 maandelijks uitgevoerd. Sinds 2015 wordt er niet meer in elk park apart gemonitord, maar wordt er gefocust op een nearshore omgeving (C-Power en Norther) en een offshore gebied (Belwind en NORTHWESTER 2-concessie). Deze track wordt weergegeven in figuur 12.1. Aangezien er in het offshore gebied reeds vijf jaar post-constructie tellingen gebeurd zijn, zijn de surveys daar tijdelijk stopgezet. Deze zullen hervat worden na vijf jaar om eventuele wijzigingen in de aanvankelijk waargenomen effecten vast te kunnen stellen.



Figuur 12.1. Vaarroutes om avifauna te tellen in de windparken en de referentiegebieden.

Radaronderzoek

Om de vliegbewegingen van vogels in de windparken te onderzoeken werd een automatisch radarsysteem aangekocht. Dit zal toelaten om ontwijkgedrag (horizontaal en verticaal) van migrerende vogels vast te stellen en om de flux van vogels doorheen het park te bepalen. Die fluxdata kan dan samen met de gegevens over het ontwijkgedrag (rond het volledige park en rond individuele turbines) gebruikt worden om een betrouwbare inschatting te maken van het aantal aanvaringslachtoffers. De nood aan dergelijke betrouwbare data werd reeds beschreven in Vanermen en Stienen (2009) en Krijgsveld *et al.* (2010). Deze radar kan in principe continu functioneren en zal dus ook 's nachts en in slechte weersomstandigheden de vliegbewegingen registreren. Meer informatie over dit systeem is beschikbaar in Brabant en Jacques (2009) en Brabant *et al.* (2012a). Het radarsysteem werd begin 2012 op het offshore transformator platform van C-Power geïnstalleerd.

In het monitoringprogramma wordt een bijdrage gevraagd voor het verderzetten van dit onderzoek en voor het onderhoud van de installatie.

Aanvaringen met turbines

Tot dusver worden het aantal aanvaringen van vogel en vleermuizen geschat op basis van wiskundige modellen. Maar er is een grote nood aan methodes die toelaten om het reële aantal aanvaringen vast te stellen. De ontwikkelingen van gespecialiseerde apparatuur (e.g. DT-bird www.dtbird.com en WT-bird (Wiggelinkhuizen en den Boon, 2010) zijn zeer recent en worden sinds kort ook op zee succesvol ingezet. Vooraleer er wordt overgegaan tot de aankoop van dergelijke apparatuur zullen deze ontwikkelingen verder worden opgevolgd zodat het meest geschikte systeem kan worden ingezet.

Aanwezigheid vleermuizen in het impactgebied

De inzichten dat mogelijks ook vleermuizen aanwezig zijn in windparken op zee en dus ook mogelijks in aanvaring kunnen komen met turbines zijn relatief nieuw. Daarom zal er, in het kader van het monitoringprogramma, onderzocht worden welke soorten en in welke aantallen vleermuizen

voorkomen in de Belgische windenergiezone. Dit kan met behulp van gerichte tellingen op zee, radaronderzoek en bat- detectoren (Rodrigues *et al.*, 2008) en zal voornamelijk plaatsvinden tijdens de migratie periodes (april-mid mei; augustus- mid oktober).

In het najaar van 2014 werd hiertoe een eerste verkennend onderzoek opgestart met een bat-detector die werd geïnstalleerd op het onderzoeksschip Belgica. Het is van belang dat dit onderzoek wordt verdergezet en uitgebreid (e.g. door installatie van bat-detectoren op turbines). Er zal voorafgaandelijk worden onderzocht hoe de beschikbare middelen het best kunnen worden ingezet om dit onderwerp te bestuderen.

13. Elektromagnetische velden en warmtedissipatie

- Deze beoordeling betreft alle bekabeling van het NORTHWESTER 2 windpark.
- Elektromagnetische velden (EMV) die ontstaan in de buurt van de kabels bij het transport van elektriciteit zullen grotendeels teniet worden gedaan door de configuratie van drie aders in één kabel en door de afscherming rond de kabels. Dit wordt bevestigd door recente metingen in de operationele windparken van C-Power en Belwind.
- EMV zijn waarneembaar door verschillende mariene organismen. Er vallen echter geen significante effecten te verwachten op die organismen door de geringe verhoging van die velden in de nabijheid van de elektriciteitskabels.
- Door kleine energieverliezen is er ook sprake van een lichte opwarming van de zeebodem in de onmiddellijke omgeving van die kabels. De geringe mate waarin dit het geval is en de begraving van de kabels zorgen ervoor dat dit geen nadelig effect zal hebben op de fauna die in of in de nabijheid van de bodem leeft.
- Het project is aanvaardbaar voor wat betreft EMV en opwarming van de directe omgeving van de kabels, en dit voor de verschillende voorgestelde scenario's, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden.

13.1 Inleiding

13.1.1 Elektromagnetische velden

Elektrische kabels wekken tijdens het transport van elektriciteit Elektromagnetische velden (EMV) op. Deze bestaan uit een elektrisch veld (E-veld) en een magnetisch veld (B-veld). Een elektrisch veld is gebonden aan de spanning, uitgedrukt in volt. Het elektrische veld wordt dan ook gemeten in volt per meter (V/m). Hoe hoger de spanning hoe groter het E-veld. Het magnetische veld wordt veroorzaakt door de stroom die doorheen de geleider vloeit. Hoe groter de hoeveelheid stroom, hoe groter het B-veld. De eenheid van het magnetische veld is de tesla (T).

Zowel gelijkstroom (DC) als wisselstroom (AC) wekken een E-veld en een B-veld op. Er is echter een verschil tussen een B-veld opgewekt door DC of AC. DC zorgt voor een statisch E-veld, terwijl bij AC er een altemnerend B-veld ontstaat. Een altemnerend B-veld wekt bovendien door inductie nog een bijkomend E-veld op: het geïnduceerd E-veld (iE-veld).

13.1.2 Referentiesituatie

Het aardmagnetisch veld is op de breedtegraad van de Noordzee ongeveer 50 μT (Tasker *et al.*, 2010). Het natuurlijk achtergrondniveau van het E-velden in de Noordzee varieert tussen 0,39 $\mu\text{V/m}$ en 0,42 $\mu\text{V/m}$ (SwedPower, 2003).

13.1.3 Geplande bekabeling voor het NORTHWESTER 2 project

Momenteel zijn er verschillende opties voor de netaansluiting van het windpark:

- Optie A: rechtstreekse aansluiting van de turbines op de Elia Alpha-installatie met verschillende parallelle kabels. Hierbij gaan de onderling via parkkabels (33kV of 66 kV) verbonden clusters van windturbines bij de laatste turbine over in de verbindingkabels op 66 kV (4-6 parallelle kabels), die de link naar het offshore transformatorstation op Alpha realiseren.

- Optie B: aansluiting van de turbines op een OHVS binnen het concessiegebied. In deze optie B verbinden één of twee verbindingkabel(s) (150,220 of 380 kV) dan het OHVS met de Alpha-installatie.
- Optie C: aansluiting van de turbines op een OHVS binnen het concessiegebied, waarna het OHVS rechtstreeks met land verbonden wordt door middel van één of twee exportkabels op 150-220-380 kV die aangesloten worden aan het elektriciteitsnet op het land met behulp van een landkabel (fall-back scenario).
- Optie D: In deze optie vertrekt 1 exportkabel vanuit het OHVS binnen het park naar een Offshore Switch Yard (OSY), dat gelegen zal zijn binnen de concessiezone van het Rentel windpark. Vanuit de OSY zal er opnieuw een Northwester 2 exportkabel vertrekken naar de kust waarbij het kabeltracé van het BOG deels wordt overgenomen.

De parkbekabeling bestaat uit wisselstroom (AC) kabels met een XLPE (cross linked polyethyleen) coating. In een enkele kabel worden drie geleiders ondergebracht en is een telecommunicatiekabel geïntegreerd. Dit zijn gelijkaardige kabels als diegene die gebruikt worden door de eerder vergunde windparken.

13.2 Te verwachten effecten van het windpark

13.2.1 Opwarming van de directe omgeving van de kabel(s)

Tijdens het transport van elektriciteit door een kabel gaat een beperkte hoeveelheid energie verloren in de vorm van warmte. Dit zorgt voor een opwarming van de omgeving rond de kabel. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de kabelkarakteristieken, omgevingsfactoren, de ingraafdiepte en de hoeveelheid stroom die getransporteerd wordt. Studies hieromtrent spreken van een temperatuurstijging van de zeebodem net boven de kabel van 0,19 (BERR, 2008) tot 3 °C (Grontmij, 2006).

Het staat vast dat verschillende soorten die in het sediment leven (benthos) gevoelig zijn aan de wijziging van de omgevingstemperatuur. Momenteel zijn er echter te weinig gegevens om het effect van een temperatuurswijziging op het benthos te evalueren (OSPAR, 2012a). Door een gebrek aan eenduidige resultaten en aan relevante studies wordt het effect van opwarming van het sediment op het benthos momenteel beschouwd als een leemte in de kennis (OSPAR, 2012a).

Door de kabels in te graven wordt er verwacht dat de opwarming van de zeebodem in de toplaag lokaal en gering zal zijn, en binnen de range van de door het Duits Federaal Agentschap voor Natuurbeheer gebruikte voorzorgsmaatregel (namelijk dat de temperatuurstijging op 20 cm diep in de zeebodem in offshore wateren beperkt moet blijven tot 2K (OSPAR, 2012a)) zal blijven. Gezien de benthische fauna voornamelijk in die toplaag (bovenste 20 cm) leeft, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op het benthos, het epibenthos en de demersale visfauna.

13.2.2 Elektromagnetische velden

13.2.2.1 Fysisch

De symmetrische constructie van de drie aders in de kabel leidt tot een sterke reductie van elektrische en magnetische velden doordat de afzonderlijke velden elkaar grotendeels opheffen door het faseverschil in de spanningen en de stromen waardoor de EMV grotendeels geneutraliseerd zijn ter hoogte van het

kabeloppervlak (OSPAR, 2008; Gerdes *et al.*, 2005). Een verdere reductie van de elektromagnetische velden wordt bekomen door de kunststof afscherming van de geleiders en door de staalmantel rond de kabel. Dit type kabel wordt momenteel het meest toegepast bij de aansluiting van offshore windparken. Gill *et al.* (2005) toonden aan dat de afscherming van die kabels en het begraven ervan ervoor zorgt dat het E-veld niet meetbaar is buiten de kabel. Bijgevolg zijn enkel het B-veld en het iE-veld van belang voor deze beoordeling.

Een modelstudie van CMACS (2003) verwacht een B-veld van 1,6 μT en een iE-veld van 0,91 $\mu\text{V}/\text{cm}$ aan de buitenkant van een drie-fasige 132 kV kabel, waardoor een stroom van 350 A loopt en die één meter is ingegraven.

In Nysted werd een B-veld van 5 μT gemeten op 1 m afstand van een 132 kV kabel (Hvidt, 2004). Voor twee 135 kV kabels werden waarden gemeten van 0,23 μT tot 6,5 μT voor het B-veld en 0.3 tot 1.1 $\mu\text{V}/\text{cm}$ voor het iE-veld (Gill *et al.*, 2009).

In mei 2010 werden metingen uitgevoerd naar de magnetische velden boven één van de 150 kV kabels afkomstig van het windpark op de Thorntonbank. Op het moment van de metingen werd er ongeveer 6 MW opgewekt door de 6 turbines die er op dat moment stonden. De magnetische veldsterkte op één meter afstand van de kabel situeerde zich tussen 0,004 μT en 0,034 μT . Het geïnduceerde elektrische veld werd niet rechtstreeks gemeten, maar kan bij benadering berekend worden met volgende formule (CMACS, 2003):

$$\text{Electric Field (V/m)} \approx 2 * \pi * \text{Power frequency (e.g. 50 Hz)} * \text{Magnetic Flux Density (T)}$$

De geïnduceerde elektrische veldsterkte op één meter afstand van de kabel situeerde zich dus tussen 1,3 $\mu\text{V}/\text{m}$ en 10,7 $\mu\text{V}/\text{m}$ (data C-Power). Nu alle 54 windturbines operationeel zijn, wordt er tot 50 keer meer energie opgewekt (300 MW), die aan land wordt gebracht met twee hoogspanningskabels.

Belwind heeft in juni 2011 een meting gedaan van de magnetische velden boven de twee 150 kV kabels en dit t.h.v. het strand. Tijdens de metingen werd er per kabel tussen de 99 en 111 MW opgewekt. Vlak boven de kabels, die circa twee meter diep zitten, bedroeg het magnetisch veld tussen de 0,27 en 0,29 μT (data Belwind). In augustus 2011 werden opnieuw metingen gedaan door Belwind t.h.v. het strand. Tijdens deze metingen was de stroomsterkte minimaal 540 A en maximaal 574 A. Wanneer de meetresultaten worden omgerekend naar een maximale stroomsterkte van 712 A, dan bedraagt de magnetische veldsterkte tussen de 0,381 en 0,590 μT .

De modelstudie van CMACS en de gemeten waarden in Nysted, maar ook door C-Power en Belwind doen vermoeden dat de verhoging van de EMV in de nabijheid van de kabel(s) erg beperkt is. Bovendien nemen de EMV snel af met de afstand tot de kabel (CMACS, 2003).

13.2.2.2 Op de fauna

Bepaalde organismen (oa. binnen de zeezoogdieren, vissen, weekdieren en schaaldieren) kunnen E- en/of B- velden waarnemen en gebruiken die voor oriëntatie, migratie en het opsporen van prooi (Poléo *et al.*, 2001; Gill *et al.*, 2005, OSPAR, 2008). Artificiële bronnen van EMV, zoals die opgewekt door kabels die gebruikt worden in de exploitatie van offshore windparken, kunnen deze organismen mogelijk storen. Resultaten van onderzoek in het windpark in het deense Nysted tonen aan dat de gebruikte kabel de migratie en het gedrag van vissen wijzigde (Klaustrup, 2006).

De grootste groep organismen waarvan gekend is dat ze E-velden kunnen waarnemen zijn de Chondrichtyes of kraakbeenvissen (haaien en roggen). Zij hebben zogenaamde *ampullae van Lorenzini*. Dit zijn receptoren waarmee ze erg zwakke spanningsgradiënten kunnen waarnemen (zie o.a. Murray, 1974; Zakon, 1986). Deze elektroreceptoren stellen kraakbeenvissen in staat om het E-veld van prooien waar te nemen en ze op te sporen. Ze spelen ook een rol bij de navigatie.

Naast de kraakbeenvissen zijn er ook verscheidene beenvissen die E-velden kunnen waarnemen. Dit werd o.a. aangetoond bij Kabeljauw *Gadus morhua*, Pladijs *Pleuronectes platessa* en Atlantische zalm *Salmo salar* (Gill *et al.*, 2005).

Er is een grote variëteit aan soorten die het geomagnetische veld kunnen waarnemen. Dit werd aangetoond bij geleedpotigen, vissen en walvisachtigen (Kirshvink, 1997). Een aantal relevante soorten voor het Belgisch deel van de Noordzee die B-velden waarnemen zijn Bruinvis *Phocaena phocaena*, Witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris*, Atlantische zalm, pladijs, alle kraakbeenvissen, alle kaakloze vissen en de Grijze garnaal *Crangon crangon* (Gill *et al.*, 2005). Veel van deze soorten gebruiken het geomagnetische veld voor hun oriëntatie en dus tijdens periodes van migratie. Het is dan ook niet uitgesloten dat de B-velden in de nabijheid van windparken deze soorten storen tijdens de migratie. Anderzijds migreren de meeste soorten in open water en niet in de nabijheid van de bodem.

Bochert en Zettler (2004) stelden een aantal benthische soorten van verschillende taxonomische groepen (o.a. Grijze garnaal, Mossel *Mytilus edulis*, Gewone zeester *Asterias rubens*, een isopode *Saduria entomon*, Bot *Platichthys flesus*) bloot aan een magnetisch veld van 2,7 tot 3,7 μT . Geen van de soorten vertoonden een reactie op dit artificiële B-veld. Volgens deze studie heeft het B-veld van een submariene kabel geen invloed op de oriëntatie, beweging en fysiologie van de geteste benthische soorten.

Een mesocosmosexperiment, waarbij een AC-kabel werd geïnstalleerd, toonde aan dat Hondshaai *Scyliorhinus canicula* meer aanwezig was in de nabijheid van de kabel en dat de activiteit van de onderzochte individuen lager lag. Stekelrog *Raja clavata* vertoonde een verhoogde activiteit in de nabijheid van de kabel (Gill *et al.*, 2009). Beide benthische soorten komen voor in de Belgische zeegebieden. Zowel Hondshaai als Stekelrog bleken tijdens een monitoring in het onderzoeksgebied van een windpark in normale aantallen te verblijven (NIRAS, 2009). De respons van kraakbeenvissen op EMV van eenzelfde intensiteit als diegene die door de AC kabels van het windpark wordt opgewekt is soortspecifiek en verschilt tussen individuen (Gill *et al.*, 2009).

Het is aangetoond dat het begraven van een kabel geen invloed heeft op de sterkte van het B-veld. Toch is het ingraven van kabels van groot belang om de blootstelling van de gevoelige soorten aan EMV, die het sterkst zijn aan het oppervlak van de kabel, te verminderen doordat er een fysische barrière wordt gecreëerd (CMACS, 2003).

Er kan geconcludeerd worden dat EMV geassocieerd met de kabels van windparken waargenomen worden door verschillende soorten en dat die een reactie veroorzaken. Het is momenteel echter onzeker wat de significantie is van deze respons, zowel op individueel als op populatie niveau (Tasker *et al.*, 2010).

De opwarming van de toplaag van de zeebodem zal zeer gering of onbestaand zijn aangezien de kabels van het windpark ingegraven worden. Gezien de benthische fauna voornamelijk in die toplaag

(bovenste 20 cm) leeft, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op het benthos, het epibenthos en de demersale visfauna.

13.3. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

De door een enkele kabel veroorzaakte verhoging van de EMV is gering en zeer lokaal. Aangezien de kabels hoofdzakelijk op minimum 50 meter afstand van elkaar verwijderd zijn en aangezien de EMV snel afnemen met toenemende afstand tot de kabel (CMACS, 2003) valt het niet te verwachten dat de cumulatieve effecten van de parallelle kabels significant zullen zijn. De cumulatieve effecten van verschillende parkkabels in hetzelfde windpark en van kabels van verschillende nabijgelegen parken zijn momenteel echter onvoldoende goed in te schatten. Het is echter niet uitgesloten dat de som van de effecten van verschillende kabels wel een significant effect hebben (Gill *et al.*, 2005). Grensoverschrijdende effecten worden niet verwacht.

13.4 Besluit

13.4.1 Aanvaardbaarheid

Door de configuratie van drie aders in één kabel zullen de elektromagnetische velden van de NORTHWESTER 2 kabels elkaar grotendeels opheffen. In combinatie met de afscherming van de kabels en het ingraven ervan wordt verwacht dat er slechts verwaarloosbare EMV uitwendig waarneembaar zullen zijn. Dit werd bevestigd door de recente metingen van C-Power en Belwind. Bijgevolg oordeelt de BMM dat er geen significant negatieve effecten te verwachten vallen op de aanwezige fauna. Het project is aanvaardbaar voor wat betreft EMV voor de verschillende opties, mits het strikt naleven onderstaande voorwaarden.

Het is mogelijk dat er een geringe temperatuursverhoging van de zeebodem zal optreden in de nabijheid van de elektriciteitskabels. Dit effect wordt echter als verwaarloosbaar en bijgevolg aanvaardbaar ingeschat.

Dit advies is echter enkel van toepassing voor AC kabels. Als in de toekomst gebruik dient te worden gemaakt van gelijkstroom (DC) dan zal daar een nieuwe beoordeling van moeten worden gemaakt. DC kabels produceren immers grotere EMV dan AC kabels en hebben dus mogelijks grotere effecten op de mariene fauna (OSPAR, 2008).

13.4.2 Voorwaarden en Aanbevelingen

13.4.2.1 Voorwaarden

- De ingraafdiepte van de kabels wordt door de bevoegde instanties bepaald. Voor milieueffecten moeten alle kabels (hoogspannings- en parkkabels) tenminste 1 m diep ingegraven worden.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingsdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.

13.4.2.2 Aanbevelingen

De BMM beveelt aan zowel het aantal kabels als de totale afstand aan kabels tot een minimum te beperken.

13.5 Monitoring

Gezien de beperkte verhoging van de EMV van de parkkabels, exportkabels en verbindingkabels van de bestaande parken en de geringe effecten op de fauna dient er verder geen monitoring worden gedaan voor dit onderdeel.

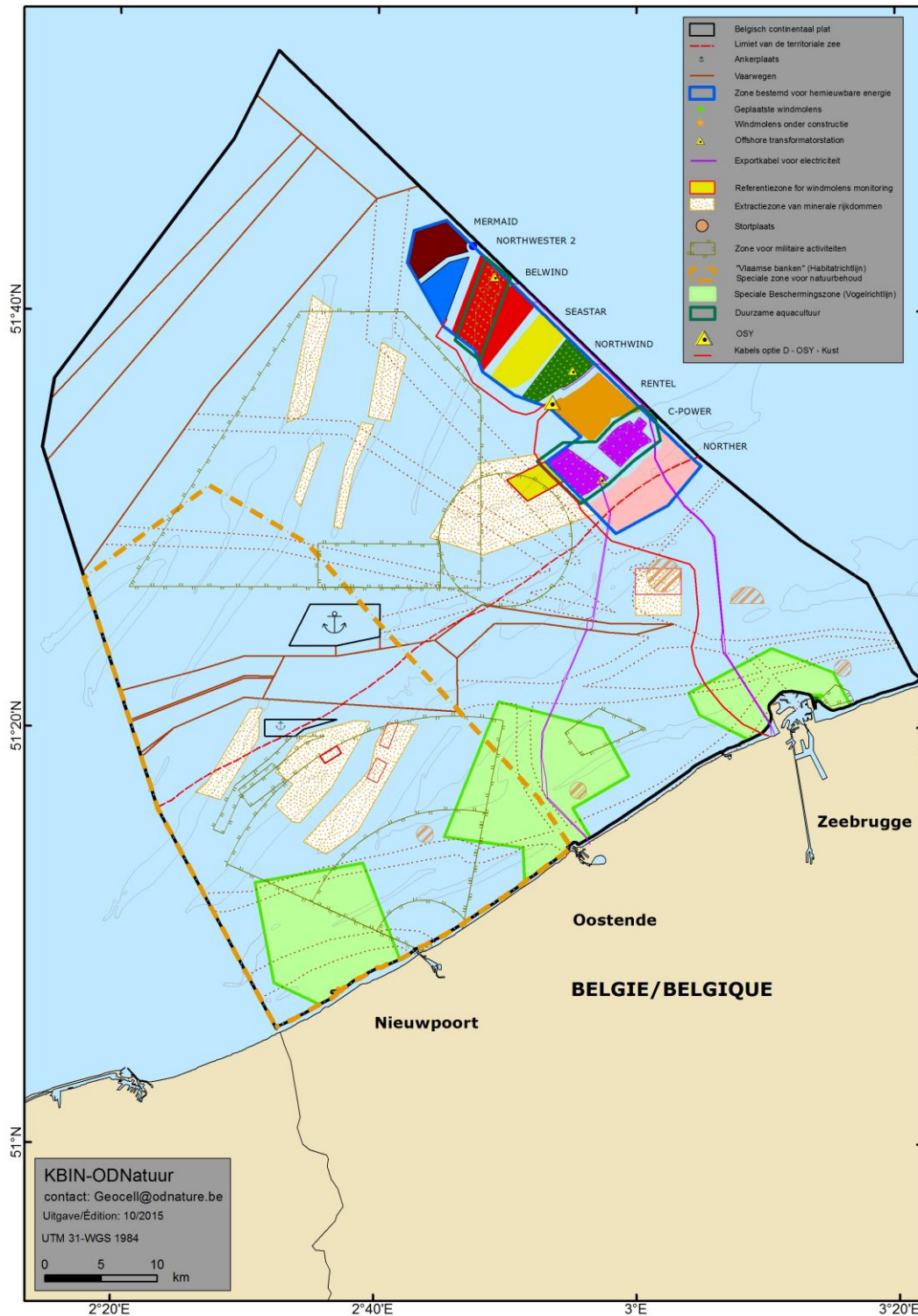
14. Interactie met andere menselijke activiteiten

- Door technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken, worden eventuele negatieve effecten van de constructie van het windpark op de visserij grotendeels vermeden;
- Ook indien er gravitaire funderingen gebruikt worden of de suction bucket techniek gebruikt wordt om monopile en jacket funderingen te installeren, dan zijn de vermoedelijke effecten van de constructie van het windpark op de visserij verwaarloosbaar;
- De effecten van de exploitatie en de ontmanteling van het windpark op de visserij zijn voor alle scenario's verwaarloosbaar gezien het huidige beperkte gebruik van het concessiegebied door de visserij;
- De exploitatie van het windpark creëert extra mogelijkheden voor wetenschappelijk onderzoek in het gebied;
- De invloed van het voorgestelde windpark op maricultuur, luchtvaart, baggeren en storten van baggerspecie, militair gebruik, kabels en pijpleidingen zijn nihil of verwaarloosbaar;
- Realisatie van het windpark zal een effect hebben op de scheepvaart dat dit wordt besproken in het hoofdstuk Veiligheid en risico;
- De invloed van het parkeffect van het voorgestelde windpark op andere bestaande en geplande windparken is onvermijdbaar, maar aanvaardbaar wegens ondergeschikt aan de interne parkeffecten van deze projecten;
- De NORTHWESTER 2 exportkabel kruist de Franpipe en Interconnector (3x) aardgasleidingen, de Rembrandt, Concerto 1S en SeaMeWE3 telecommunicatiekabels en de niet actieve Rioja telecommunicatiekabel, de exportkabel van C-Power: de nodige maatregelen dienen genomen te worden om schade aan deze reeds aanwezige structuren te vermijden;
- De invloed van de verbindingkabels op visserij, maricultuur, luchtvaart, zand- en grindontginning, baggeren en storten van baggerspecie, militair gebruik, toerisme en wetenschappelijk onderzoek is nihil of verwaarloosbaar;
- Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft de interactie met andere menselijke activiteiten aanvaardbaar, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden;
- Wat betreft de te gebruiken technieken is er een voorkeur voor installatie van monopile of jacket funderingen met behulp van de suction bucket techniek aangezien deze bij installatie slechts een beperkte mogelijke verstoring zal veroorzaken m.b.t. visserij en in tegenstelling tot gravitaire funderingen niet vereist dat er grote hoeveelheden extra zand gewonnen wordt in de bestaande concessiezones.

14.1 Inleiding

In de Belgische zeegebieden zijn verschillende gebruikers actief. Deze omvatten visserij, scheepvaart, luchtvaart, zand- en grindwinning, baggeren en storten van baggerspecie, windenergie, militair gebruik, gaspijpleidingen, telecommunicatie- en elektriciteitskabels, toerisme en recreatie, wetenschappelijk onderzoek. Het marien ruimtelijk plan bepaalt de zones voor een deel van deze activiteiten bv. de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden terwijl andere activiteiten bv. Visserij, toerisme en recreatie in vrijwel het volledige gebied beoefend kunnen worden (zie Figuur 14.1). Het concessiegebied van NORTHWESTER 2 bevindt zich binnen de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB van 28/09/2008 en 03/02/2011 en het KB tot vaststelling van het marien ruimtelijk plan). De afbakening

van deze zone geeft aan dat deze productie van elektriciteit uit water, stromen of winden voorrang geniet op andere activiteiten die kunnen plaatsvinden in het gebied. Hieronder wordt een inschatting gemaakt van de invloed van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het voorgestelde NORTHWESTER 2 windpark en de kabels op andere menselijke activiteiten in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ). Waar nodig zal er een onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende configuraties.



Figuur 14.1: Situering van het NORTHWESTER 2 concessiegebied en de kabels (Optie D) in de Belgische zeegebieden in verhouding tot andere gebruikers van de zone.

14.2 Te verwachten effecten

14.2.1 Visserij

Voor een beschrijving van de huidige toestand van de visserij in het BDNZ en meer specifiek in het projectgebied wordt verwezen naar het MER (IMDC, 2014a). In het kort kan men stellen dat het BDNZ voor de Belgische zeevisserij eerder van gering socio-economisch belang is (Adriansens, 2009; Tessens en Velghe, 2013).

Effecten tijdens de constructiefase

Tijdens de constructiefase kan er naast het verlies van visgronden (in casu het NORTHWESTER 2 concessiegebied) ook een effect zijn van de werkzaamheden. In het geval er voor het heien van monopile of jacket funderingen gekozen wordt, zullen mitigerende maatregelen genomen worden om te vermijden dat de tijdelijke toename van het onderwatergeluidsniveau een verstoring van de lokale vispopulatie of zelfs een verhoogde vislarvensterfte veroorzaakt (Bolle *et al.*, 2011). Indien er gebruik gemaakt wordt van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek, dan kan men een lokale stijging van de turbiditeit verwachten. Echter, gezien de beperkte ruimtelijke omvang en beperkte tijdsduur van deze verhoogde turbiditeit wordt geen achteruitgang van het benthos (en bijgevolg ook hogerop de voedselketen) verwacht buiten het concessiegebied (zie Hoofdstuk 6 van deze MEB). Gezien de beperkte volumes sediment die moeten verplaatst worden, wordt verwacht dat het effect op de vispopulatie binnen het concessiegebied het geringst is bij het gebruik van de suction bucket techniek. De effecten op de vispopulatie, het benthos en onderwatergeluid en mogelijke milderende maatregelen hiervoor werden reeds in detail besproken in de Hoofdstukken 6, 7 en 10.

Effecten tijdens de exploitatiefase

Het belangrijkste effect tijdens de exploitatiefase betreft het verlies van visgronden gedurende een periode van minstens 20 jaar. Het koninklijk besluit tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid van 11 april 2012 (hierna: KB Veiligheidszone) stelt dat vanaf de exploitatiefase een veiligheidszone van vijfhonderd meter wordt ingesteld, gemeten vanaf de buitengrens van de domeinconcessie. Dit verlies aan visgronden zou kunnen leiden tot inkomstenverlies en werkloosheid, maar dit is onwaarschijnlijk gezien het relatief beperkte belang van het concessiegebied voor de visserij en kan mogelijks deels gecompenseerd worden door het 'spill-over effect' van het voor visserij afgesloten gebied. Binnen de concessie kan men veranderingen in de visfauna verwachten ten gevolge van de installatie van de turbines en het 'reef-effect' enerzijds en het uitsluiten van de boomkorvisserij anderzijds (zie bv. Reubens *et al.*, 2010; 2011a en b, 2013, Lindeboom 2011, Vandendriessche *et al.*, 2011). Een lokale toename in het visbestand kan leiden tot een toename in visserijdruk aan de rand van de concessiegebieden.

Effecten tijdens de ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft verstoring en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de constructiefase. Bij het niet verwijderen van kabels na buiten gebruik name bestaat de kans dat deze kabels na verloop van tijd bloot komen te liggen en verstrikt raken met vistuig. Dit dient te allen tijde vermeden te worden door alle kabels die definitief buiten gebruik worden gesteld te verwijderen.

14.2.2 Mariene aquacultuur

De huidige van kracht zijnde versie van het marien ruimtelijk plan (KB van 20/3/2104) voorziet geen overlap tussen de NORTHWESTER 2 concessiezone en de zone bestemd voor geïntegreerde mariene aquacultuur. De mogelijkheid bestaat dat, na afronding van de werkzaamheden in de NORTHWESTER 2 concessie, een toekomstige versie van het marien ruimtelijk plan wel geïntegreerde mariene aquacultuur voorziet in het concessiegebied.

14.2.3 Scheep- en Luchtvaart

Het spreekt voor zich dat de constructie en exploitatie van een offshore windpark in dit gebied een uitgesproken effect zal hebben op de scheepvaart (Marin, 2015). Eventuele risico's die hierdoor ontstaan worden in detail besproken in hoofdstuk 8.

De verlichting van de turbines en het Offshore Transformator Station (OTS) zullen de voorwaarden volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties. Deze dienen te voldoen aan de internationaal bestaande richtlijnen zoals IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - scheepvaart) en ICAO (International Civil Aviation Organization - luchtvaart) en de Belgische richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 van 12/06/06 (FOD Mobiliteit en Vervoer). Indien aan bovenstaande richtlijnen wordt voldaan dan wordt er geen effect verwacht op de luchtvaart.

Het windpark zal, net als alle andere windparken in de nabijheid, voorzien worden van een 'Automatic Identification System' (AIS) dat een signaal uitzendt naar alle zeeverkeer. Het signaal bevat de grenzen van het park en andere relevante details.

De goede verlichting en signalisatie van het windpark is van groot belang voor de veiligheid van de scheepvaart en luchtvaart in de nabijheid van het park. Er wordt daarom door de overheid regelmatig controle uitgevoerd op de goede werking van de verlichting en signalisaties bij slechte weersomstandigheden en 's nachts. Indien er zich een defect voordoet met de verlichting dan blijft er verplicht een wachtschip (guard vessel) ter plekke tot het probleem opgelost is.

14.2.4 Zand- en Grindontginning

De huidige situatie van zand- en grindwinning in het BDNZ wordt besproken in het MER (IMDC, 2014a). Mariene aggregaatextractie op het BDNZ vindt plaats in vier concessiezones (Figuur 14.1). De hoeveelheden zand die jaarlijks worden ontgonnen zijn sterk toegenomen, van ~1.500.000 in 2002 tot ~4.000.000 in 2013. In de nabije toekomst wordt verwacht dat deze hoeveelheden verder zullen toenemen ten gevolge van de realisatie van het Masterplan Kustveiligheid.

Gezien de afstand tussen de concessiezones voor zand- en grindontginning in het BDNZ en het NORTHWESTER 2 concessiegebied wordt niet verwacht dat de exploitatie van het windpark en de zand- en grindwinning een negatief effect zullen hebben op elkaar. Er wordt ook geen invloed verwacht van het windpark op de activiteiten in de Nederlandse zand- en grindwinningsgebieden. Wel is het zo, dat er tijdens de constructiefase van het NORTHWESTER 2 project extra zand gewonnen moet worden in de bestaande concessiegebieden voor zand- en grindwinning indien er gekozen wordt voor gravitaire funderingen.

Het tracé van de NORTHWESTER 2 exportkabel naar de OSY vertoont geen overlap met de zones afgebakend voor zand- en grindontginning (Figuur 14.1). Het tracé voor de exportkabels naar land

(rechtstreeks:optie C of vanaf het OSY: optie D) loopt daarentegen wel aan de oostelijke rand van de 1a ontginningszone. Momenteel vindt in deze zone echter weinig extractie plaats. Onafhankelijk van het gekozen tracé, worden er bijgevolg geen conflicten verwacht tussen de installatie, exploitatie en ontmanteling van de kabels enerzijds en de zand- en grindontginningsactiviteiten op het BDNZ. Het is wel zo, dat er tijdens de constructiefase mogelijks extra zand gewonnen moet worden in de bestaande concessiegebieden met name indien de gleuven voor de kabels niet voldoende snel gevuld raken door natuurlijke sedimentatie.

14.2.5 Baggeren en storten van baggerspecie

Om havens toegankelijk te houden voor de scheepvaart, moeten de vaargeulen onderhouden worden en dient langs de Belgische kust en in het Schelde-estuarium gebaggerd te worden. De bevoegde diensten van de Vlaamse Gemeenschap dragen de verantwoordelijkheid voor de baggerwerkzaamheden in de Belgische kusthavens en vaarwegen (volgens de wet van 8 augustus 1988). De BMM is de bevoegde overheid voor stortvergunningen in zee en geeft de toelating tot het storten van baggerspecie in de maritieme zone die onder de jurisdictie van België valt. Afhankelijk van de herkomst van de baggerspecie wordt een specifieke stortzone toegewezen. Ook de maximaal toegelaten storthoeveelheid is vastgelegd. Er wordt geen effect verwacht van het NORTHWESTER 2 kabel project op de andere bagger- en stortactiviteiten in het BDNZ gezien de grote afstand van de stortplaatsen en de baggerplaatsen tot het tracé van de verbindingskabels (Figuur 14.1). Voor de installatie van de (gravitaire) funderingen en de kabel(s) zal tijdens de voorbereidingswerken mogelijks een hoeveelheid zand moeten worden gebaggerd bij de nivellering van de bodem of bij het verwijderen van een dunne zandige toplaag. Dit materiaal zal moeten gestort worden op de door de bevoegde overheid aangeduide stortplaats. Er wordt echter niet verwacht dat dit een onaanvaardbaar effect zal hebben op de andere baggerwerkzaamheden.

14.2.6 Windenergie

In de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden zijn reeds drie windparken actief: C-Power nv op de Thorntonbank (volledig windpark operationeel), Belwind nv op de Bligh Bank (fase 1 en Alstom demo project operationeel) en Northwind nv op de Lodewijkbank (volledig operationeel). Vier andere windparken, het Norther windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank, het Rentel windpark ten zuidoosten van de Lodewijkbank, het Seastar windpark ten noordwesten van de Lodewijkbank en het Mermaid energiepark ten noordwesten van de Bligh Bank hebben een milieuvergunning bekomen. Meer informatie over de ontwikkeling van offshore windparken in het BDNZ kan teruggevonden worden in Brabant *et al.*, (2012b, 2013).

In Nederland is in 2013 het Energieakkoord afgesloten tussen overheid en marktpartijen. Dit Energieakkoord omvat de routekaart windenergie die beschrijft hoe het windvermogen op zee van 1.000 MW naar 4.500 MW wordt verhoogd tegen 2023. Het eerste nieuwe te ontwikkelen gebied is het Borssele windgebied dat vijf kavels omvat waarop circa 1400 MW aan turbines zal geïnstalleerd worden. De ontwerpbesluiten en het MER voor de Borssele kavels I en II lagen van 7 augustus tot en met 17 september 2015 ter inzage.

De huidige aanvraag betreft het achtste windpark en de aansluiting van de verbindingskabels voor elektriciteit van dit windpark naar het geplande Elia Alpha platform. De constructie van het Norther en

Rentel windpark zal pas ten vroegste in 2017 van start gaan en de constructie van Mermaid en Seastar kan mogelijk overlappen met werkzaamheden van NORTHWESTER 2. Hier worden de effecten van het NORTHWESTER 2 windpark op andere, reeds vergunde of geplande parken beschouwd.

Omwille van de Belgische selectiecriteria voor het verkrijgen van een domeinconcessie voor offshore windparken ligt de energiedichtheid in België aanzienlijk hoger dan in de offshore windparken van de andere Europese landen (Mathys *et al.*, 2009). Het concessiegebied van het NORTHWESTER 2 windpark bevindt zich op minimaal 1 km afstand van het Mermaid en op minimaal 500 m van het Nobelwind windpark (indien de uitbreiding van de concessie goedgekeurd wordt). Hoe kleiner de onderlinge afstand tussen de windparken hoe groter het negatief effect op het rendement van de dichtbijzijnde turbines van Northwester 2 omwille van de zogeheten park- of zogeeffecten. Echter, dit parkeffect is nooit helemaal te vermijden tenzij windturbines op afstanden van minimaal 15 x de rotordiameter van elkaar worden geplaatst hetgeen, naast een enorme nood aan ruimte, de kosten bv. voor de kabels de hoogte zou injagen. Anderzijds is het zo dat de windparken niet in de hoofdwindrichting achter elkaar gelegen zijn. De overheersende windrichtingen zijn ZW en NNO, waardoor in de Belgische concessiezone het negatief effect van het ene windpark op het andere beperkt is. Er wordt bijgevolg niet verwacht dat de aanleg en exploitatie van dit windpark een onaanvaardbaar effect zal hebben op de andere windparken in de Belgische zone. De wederzijdse invloed van de Belgische windparken op de windparken in het Nederlandse Borssele gebied maakt het voorwerp uit van twee studies uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse overheid (Bulder *et al.*, 2014; Bulder en Bot, 2015). In deze studies werd berekend dat in de Borssele kavels er gemiddeld een verlies verwacht kan worden van 4,0 % ten gevolge van de windvang door de windparken op het BDNZ en dat de windparken op het BDNZ gemiddeld 2,7 % zullen verliezen ten gevolge van de windvang door de Borssele kavels. Voor Northwester 2 is een verlies van 1,9 % ten gevolge van de windvang door Borssele te verwachten. Bij een gebrek aan gegevens over de verliezen na een groot aantal rijen turbines blijft er onzekerheid over over de werkelijke te verwachten verliezen (Bulder en Bot, 2015).

14.2.7 Militair gebruik

Het concessiegebied van NORTHWESTER 2 en de kabeltracés vertonen geen overlap met de zones afgebakend voor militaire activiteiten (Figuur 14.1). Er worden bijgevolg geen conflicten verwacht tussen de aanleg, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 project enerzijds en de militaire activiteiten op het BDNZ.

14.2.8 Gaspijpleidingen, Telecommunicatie- en Elektriciteitskabels

In optie A en B kruisen de vooropgestelde kabeltracés naar de Alpha-installatie op de Lodewijkbank achtereenvolgens vanuit het NORTHWESTER 2 windpark tot aan de Alpha-installatie:

- Interconnector (gasleiding)
- Franpipe (gasleiding)
- niet-operationele Rioja 3 (telecommunicatiekabel)
- operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 (telecommunicatiekabel)

In optie D kruist het vooropgestelde kabeltracé de bovenstaande kabels alsook een tweede maal de Interconnector gasleiding vanaf het OHVS tot aan de OSY. Vanaf het OSY tot aan de kust komen volgende kruisingen achtereenvolgens voor:

- Interconnector (gasleiding)

- Concerto 1 South (actieve telecommunicatiekabel)
- Rembrandt 2 (inactieve telecommunicatiekabel)
- C-Power A en B (exportkabels windpark)

In Optie C worden dezelfde kruisingen voorzien als in optie D, met uitzondering van de tweede en derde kruising met de interconnector gasleiding.

Er wordt evenwel voorzien dat de nodige technische en operationele maatregelen worden getroffen om beschadiging aan deze kabels of aardgaspijpleidingen te voorkomen.

Voor de kruisingen dient de vergunninghouder een 'proximity agreement' af te sluiten met de eigenaars/exploitanten (KB 12/03/2002). Indien de noodzakelijke voorzorgsmaatregelen genomen worden om schade aan de bestaande structuren te vermijden dan worden er geen significante effecten verwacht van het project op deze structuren. Er worden geen effecten verwacht op de andere gaspijpleidingen, telecommunicatie- en elektriciteitskabels aanwezig in de Belgische zeegebieden.

14.2.9 Toerisme en Recreatie

Het valt niet te verwachten dat het beperkt aantal schepen betrokken bij de constructie van het windpark tijdens de korte periode van werken t.h.v. het strand een significante hinder zal betekenen voor de recreatieve vaart. Deze vaartuigen zullen wel de veiligheidszone moeten respecteren. Gezien de tijdelijke aard van deze verstoring ter hoogte van de kust (vermoedelijk minder dan twee maanden) en de ruimtelijk zeer beperkte omvang wordt dit negatief effect als aanvaardbaar beschouwd. Tijdens de exploitatiefase wordt het concessiegebied afgesloten voor de pleziervaart. Verder worden er geen effecten verwacht op het toerisme en de recreatie gezien de geringe activiteiten die zullen plaatsvinden. De effecten tijdens de ontmantelingsfase zijn vermoedelijk gelijkaardig aan deze tijdens de installatie.

De mogelijke effecten van het project op het zeezicht worden apart besproken in het hoofdstuk Zeezicht.

14.2.10 Wetenschappelijk Onderzoek

Ondanks een beperkte kustlijn en de geringe omvang van de Belgische mariene wateren zijn er vandaag in België meer dan 1000 wetenschappers actief in de mariene wetenschappen. Met de Belgica en de Simon Stevin beschikt België over oceanografische onderzoeksschepen die de wetenschappers in staat stellen om kwalitatief hoogstaand onderzoek uit te voeren. Dit heeft tot gevolg dat het BDNZ één van de meest intensief bestudeerde mariene gebieden ter wereld is.

Enerzijds worden de milieueffecten van deze parken gemonitord (deels door de exploitant, deels door de overheid). Anderzijds dienen de concessiehouders een aantal parameters te meten in hun park en deze over te maken aan de overheid. Al deze gegevens worden opgenomen en verspreid, al dan niet na een embargo-periode, via het Belgian Marine Data Centre (<http://www.mumm.ac.be/datacentre/>) en via openbare jaarlijkse monitoringsverslagen. Tot slot bestaat er de mogelijkheid tot gemeenschappelijk onderzoek tussen de offshore windindustrie en Belgische Universiteiten of andere wetenschappelijke instellingen.

De vergunningshouder dient, mits goedkeuring door het begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring

en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht.

Op basis van bovenstaande argumenten kan men stellen dat de aanwezigheid van een offshore windpark een aantal opportuniteiten biedt voor wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen, maar dat er ook een aantal beperkingen zijn, bv. tijdens de constructiefase.

14.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Er zijn vrijwel geen effecten te verwachten van de constructie en exploitatie van het windpark NORTHWESTER 2 op andere menselijke activiteiten in het Nederlandse, Britse of Franse deel van de Noordzee met uitzondering van de invloed op de scheepvaart (zie Hoofdstuk 8) en windenergie in het Borssele gebied. Zowel de Nederlandse als Belgische concessiehouders moeten rekening houden met een minimum veiligheidsafstand van 500 meter rond het windpark. Dit zal resulteren in een minimum afstand van 1 km tussen de Belgische en Nederlandse parken. Dit laat een optimaal gebruik van de zones toe zonder dat er effecten verwacht kunnen worden die de werking van de turbines in het gedrang brengen (bv. verhoging turbulentie). Echter, aangezien de overheersende windrichting ZW is, zouden de toekomstige Nederlandse parken rekening moeten houden met het negatief effect op het rendement (parkeffect) dat de dichtstbijzijnde turbines zullen ondervinden. De invloed van dit parkeffect van het voorgestelde windpark is onvermijdbaar en ondergeschikt aan de interne parkeffecten van deze projecten (zie hierboven).

14.4 Besluit

14.4.1 Aanvaardbaarheid

De verwachte effecten van de constructie en exploitatie van het windpark NORTHWESTER 2 op andere menselijke activiteiten situeren zich hoofdzakelijk binnen de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Aangezien we kunnen aannemen dat deze productie van elektriciteit uit water, stromen of winden voorrang geniet op andere activiteiten die kunnen plaatsvinden binnen deze zone zijn de risico's op effecten van de constructie en exploitatie van het windpark NORTHWESTER 2 aanvaardbaar mits het naleven van de onderstaande voorwaarden, tenminste voor wat betreft de andere menselijke activiteiten op het BDNZ. Ook de te verwachten effecten van de installatie, exploitatie en ontmanteling van de nodige kabels op andere menselijke activiteiten op het BDNZ zijn aanvaardbaar voor alle beschreven opties.

14.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

14.4.2.1 Voorwaarden

De verlichting van de turbines en OHVS ten behoeve van de scheep- en luchtvaart zullen de voorwaarden volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties. Deze dienen te voldoen aan de internationaal bestaande richtlijnen zoals IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - scheepvaart) en ICAO (International Civil Aviation Organization - luchtvaart) en de Belgische richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 van 12/06/06 (FOD Mobiliteit en Vervoer). Problemen

aan de verlichting worden onverwijld gemeld aan de BMM en de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding en dienen zo snel mogelijk in orde gebracht te worden.

Er moeten misthoorns, die automatisch in werking treden bij een meteorologische zichtbaarheid van minder dan 2 zeemijl, geplaatst worden op de hoekturbines.

De vergunningsaanvrager dient, mits goedkeuring door het begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de vergunningshouder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht.

Op het transformatorplatform of (een) andere geschikte locatie(s) binnen het park dient ruimte voorzien te worden vanwaar onderzoek kan uitgevoerd worden. De mogelijkheid moet voorzien worden om op dat transformatorplatform of (een) andere geschikte plaats(en) bepaalde apparatuur, zoals hydrometeorologische meetstations, IR camera, radarsysteem om vogels waar te nemen, telescoop, enz., op te stellen, en er dient geschikte stroomvoorziening en verwarming aanwezig te zijn. Bovendien moet een schuilruimte, met communicatiemiddelen en datalink naar de wal, voorzien worden waarin twee personen overdag kunnen werken en, in voorkomend geval, enkele dagen kunnen overleven indien men door omstandigheden op dit platform komt vast te zitten (vb. door veranderde weersomstandigheden).

14.4.2.2 Aanbevelingen

De BMM vraagt aan de vergunningsaanvrager om te streven naar een optimaal gebruik van de zone, waarbij naast een maximale energieopbrengst ook andere gebruiksfuncties in overweging genomen worden.

14.5 Monitoring

Er wordt geen monitoring gevraagd voor dit onderdeel.

15. Zeezicht

- De turbines voorzien in het NORTHWESTER 2 project komen op circa 46 km van de Belgische kust en zullen tot maximaal 220 m hoog boven zeespiegel komen;
- Voor een waarnemer aan de kust zal het grootste deel van de turbines van het NORTHWESTER 2 project achter de horizon verdwijnen;
- Het zicht bedraagt jaarlijks maar in 10 % van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1 % van de tijd meer dan 30 km. Verder zullen mist, heigheid, neerslag, andere atmosferische condities en de aanwezigheid van de meer nabijgelegen turbines van de voorliggende projecten de zichtbaarheid van de NORTHWESTER 2 turbines verder verminderen;
- De verlichting zal mede door de hoek waaronder ze schijnen, de afstand tot de kust en de hoogte van de waarnemer (meestal < 10 m), slechts in zeldzame gevallen zichtbaar zijn;
- De cumulatieve zichthoek van de hele windzone blijft onder de in het verleden vooropgestelde 36° voor Blankenberge (BE) en Westkapelle (NL), de kustgemeenten met de grootste zichthoeken;
- Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft de effecten op zeezicht aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen, mits het naleven van een aantal voorwaarden.

15.1 Inleiding

15.1.1 Definitie zeezicht en autonome ontwikkeling

Onder zeezicht wordt verstaan ‘het kustlandschap en aangrenzende open wateren, inclusief zicht op zee, zicht op de kustlijn vanaf de zee’ (DTI, 2005). Bij het bepalen van de invloed van het NORTHWESTER 2 project op het zeezicht dient rekening gehouden te worden zowel met de reeds gebouwde windturbines als met de andere, reeds vergunde projecten die het zeezicht zullen beïnvloeden. Zo zijn er op het ogenblik van schrijven 54 windturbines (5 en 6,15 MW, hoogte ~155 m) van het C-Power project op de Thorntonbank volledig gebouwd. Van het Belwind project dat ten noordwesten van het NORTHWESTER 2 project ligt, is de eerste fase gefinaliseerd en zijn 56 windturbines (55: 3 MW, hoogte ~100 m, 1: 6 MW, hoogte ~110 m) geplaatst. Van het Northwind project zijn sinds de zomer van 2014 72 windturbines (3 MW, ~100 m) actief. Het Nobelwind project (voorheen: Belwind fase 2) voorziet in 2016 de installatie van 50 windturbines van 3.3 MW. De projecten Norther, Rentel, Seastar en Mermaid (inclusief WEC pilootproject) zijn nog in de planningsfase, maar werden reeds vergund. Het Norther project bevindt zich in de zone die zich het dichtst bij land bevindt en voorziet 47-100 turbines van 3 tot 10 MW. Het Rentel project voorziet 47-78 windturbines die variëren van 4 MW (158m) tot 10 MW(178m) en de windturbines van Seastar en Mermaid variëren eveneens van 3MW tot 10 MW. De reeds geïnstalleerde windturbines zijn nu reeds bij zonnige, niet heilige weersomstandigheden goed zichtbaar vanuit Zeebrugge en Blankenberge.

Voor onderliggende aanvraag van NORTHWESTER 2 wordt een overzicht van de verschillende mogelijke configuraties in tabel 15.1 gegeven. Het project omvat eveneens het leggen van de export- en/of verbindingsskabels voor elektriciteit van het NORTHWESTER 2 projectgebied naar het geplande ELIA Alpha platform of naar een Offshore Switch Yard of rechtstreeks naar de kust.

Tabel 15.1 Overzicht van de verschillende mogelijke configuraties voor het NORTHWESTER 2 project met verwachte afmetingen van de turbines

Configuratie	Aantal turbines	Rotor diameter	Individueel vermogen	Naafhoogte (boven LAT)	Hoogste rotorpunt	Laagste rotorpunt
Basisconfiguratie	35	150 m	6 MW	100 m	175 m	25 m
Configuratie 1	70	112 m	3,3 MW	84 m	140 m	28 m
Configuratie 2	37	164 m	8 MW	107 m	189 m	25 m
Configuratie 3	22	190 m	10 MW	125 m	220 m	30 m

15.1.2 Socio-landschappelijk onderzoek

In de zomerperiode van 2009 (juni-september) werd een enquête uitgevoerd aan de kust die deel uitmaakte van een socio-landschappelijke studie m.b.t. de windparken (Grontmij Vlaanderen 2010). Doordat op het ogenblik van de uitvoering van de enquête de eerste zes windturbines van het C-Power project op Thorntonbank reeds geplaatst waren, kon in de vragenlijst gepolst worden naar het reële zicht van de bestaande turbines en het simulatiebeeld van deze turbines. Tijdens de ondervraging bleek dat de windturbines het best zichtbaar waren in zonnige omstandigheden, maar ook in bewolkte omstandigheden zonder neerslag waren ze nog te zien. In neerslagsituaties bleken de windturbines niet zichtbaar voor de respondenten. De bevraagden in Blankenberge en De Haan konden de windturbines het beste zien staan: dit zijn locaties die eerder “schuin” op de rij van zes aankijken. Dit betekent dat op deze locaties een iets groter aandeel van de horizon wordt ingenomen door de zes windturbines in vergelijking met de locaties in Zeebrugge, Heist of Knokke: waar de afstand tot de turbines korter is, maar de hoek scherper.

Gevraagd naar de aanvaardbaarheid van het reële zicht van de C-Power windturbines en het gesimuleerde zicht werden gelijkaardige antwoorden verkregen. Ongeveer 95% van de ondervraagden vonden het zicht op de zes windturbines (zeer) aanvaardbaar. Er werden eveneens simulaties getoond van de drie toen reeds vergunde parken (C-Power, Belwind en Northwind) samen, waar een meerderheid van 78% het (simulatie)zicht aanvaardbaar vindt. Voor de worst case simulatie waarbij de volledige windenergiezone met windturbines gevuld is, wordt nog een aanvaardbaarheid van 62% gehaald.

De studie besluit dat de factor die de belevingswaarde van de zee beïnvloedt, de graad van zichtbaarheid van de turbines is: de afstand in zee, de oriëntatie ten opzichte van badplaatsen (hoek t.o.v. badplaats) en het aantal zichtbare turbines. Met andere woorden, de procentuele inname van de horizon is van groot belang bij de aanvaarding en de beleving van windturbines op zee (Grontmij Vlaanderen 2010). In de zomer volgend op de constructie van de eerste windturbines in het Norther windpark wordt een opvolgstudie gepland. Deze opvolgstudie dient vnl. de mensen te bevragen over het reële zicht op de windturbines, de invloed die de windparken hebben op hun waardering van het zeezicht en te peilen naar eventuele economische gevolgen voor het kusttoerisme. Ook de aanvaardbaarheid van het worst case scenario waarbij de volledige windenergiezone volgebouwd zal zijn, dient verder onderzocht te worden met behulp van nieuwe simulaties gebruik makend van het reële zicht en dit vooral in de kustgemeenten met de grootste zichthoeken (o.a. Blankenberge en Westkapelle).

15.2 Te verwachten effecten

15.2.1 Constructiefase

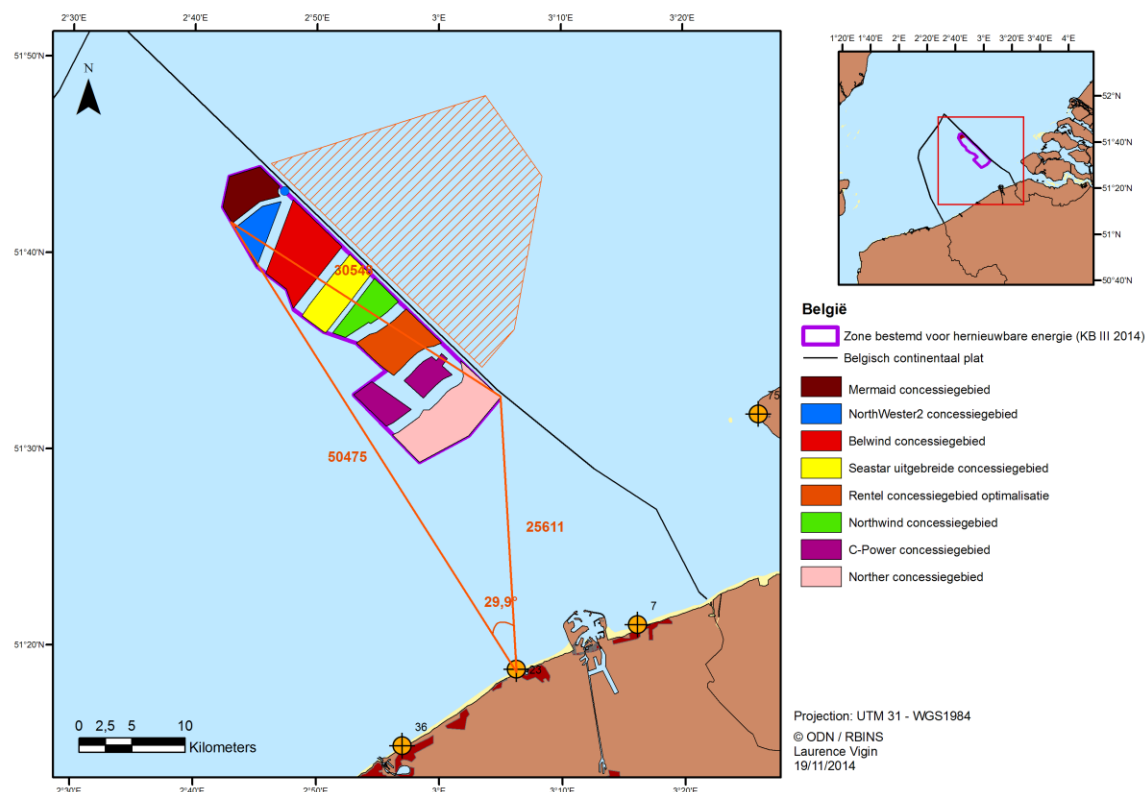
In de buurt van de werkzaamheden en ter hoogte van de haven zal er tijdelijk een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn. Ter hoogte van de aanlandingsplaats op het strand zal eveneens een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn.

15.2.2 Exploitatiefase

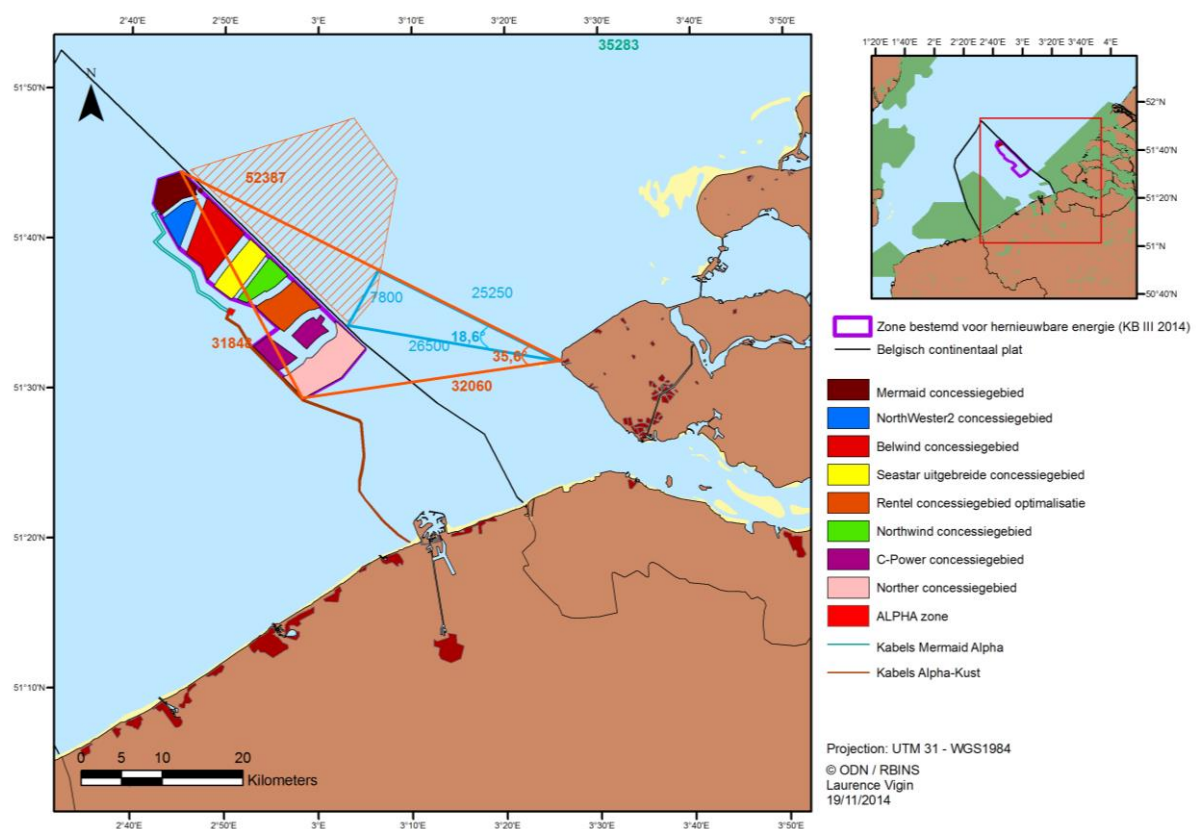
15.2.2.1 Zichthoeken

In de eerste studies i.v.m. met landschappelijke aspecten van windparken (Vlakte van de Raan en Wenduinebank), uitgevoerd door de BMM, werden bepaalde normen voor zichthoeken uitgewerkt, specifiek toepasbaar voor projecten in de territoriale zee. Samengevat werd redelijkerwijze een horizonbezettingsgraad van maximaal 1/9 (horizon = 180° zicht) en dus 20° vooropgesteld voor één park en 1/5 (zijnde 36°) cumulatief (BMM, 2004). Omdat de grootste visuele vervuiling bekomen wordt op die locaties waar een grote zichthoek overeenkomt met een kleine afstand tot het park werd voor deze laatste 20 km als kritische afstand vooropgesteld.

Het NORTHWESTER 2 windpark ligt op circa 46 km van de kust en wordt afgeschermd door de reeds gebouwde windparken (Belwind, Northwind en C-Power) en de toekomstige Rentel, Seastar en Norther en Nobelwind windparken. Deze reeds aanwezige windturbines zullen een groot deel van het zicht op de NORTHWESTER 2 concessie afschermen. Het berekenen van de zichthoeken voor het NORTHWESTER 2 park op zich geeft in deze situatie geen meerwaarde. In plaats daarvan worden de cumulatieve zichthoeken van het NORTHWESTER 2 project in combinatie met de reeds vergunde windparken vanuit Blankenberge (Figuur 15.1) en Westkapelle (Figuur 15.2) berekend. Voor deze berekening worden de verste uithoeken van de verschillende reeds vergunde projecten als hoekpunten genomen. De cumulatieve zichthoek bedraagt 29,9° voor Blankenberge en 35,6° voor Westkapelle. De zichthoek voor zowel Blankenberge als Westkapelle blijft dus onder de in het verleden vooropgestelde 36°. Merk op dat ongeveer de helft (18,6°, Figuur 15.2) van de cumulatieve zichthoek voor Westkapelle zou worden afgeschermd door de windparken die in de toekomst zullen gebouwd worden in de Nederlandse windparkzone 'Borssele' grenzend aan de Belgische zone.



Figuur 15.1 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windzone vanuit Blankenberge. Arcering: de Nederlandse Borssele windzone.



Figuur 15.2 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windzone vanuit Westkapelle (NL). Arcering: de Nederlandse Borssele windzone.

15.2.2.2 Type turbines

Naast de zichthoeken en afstanden is het type windturbine dat uiteindelijk zal geplaatst worden eveneens van belang.

Ten gevolge van de kromming van de aarde zullen er – rekening houdend met (oog)hoogte van de waarnemer – grote delen van de turbines niet zichtbaar zijn achter de horizon. Voor een waarnemer aan de kustlijn met ooghoogte op 1.70 meter zal de configuratie met turbines van 3 MW zelfs helemaal niet zichtbaar zijn aangezien objecten meer dan 161 meter hoog zullen moeten zijn om waargenomen te kunnen worden. Daarentegen zal men vanuit een appartementsgebouw (ooghoogte ~10 m) theoretisch reeds structuren vanaf 117 m hoogte kunnen waarnemen.

De turbines uit het kleinere segment zullen – indien zichtbaar - een compact zicht geven (veel kleine turbines dicht bij elkaar in het zichtveld), de grootste turbines (7-10 MW) geven een meer open zicht (weinig grotere turbines met grotere tussenafstand). Dit effect zal grotendeels geneutraliseerd worden door de turbines van alle voorliggende projecten die het zicht vanuit de kust op het NORTHWESTER 2 project belemmeren.

15.2.2.3 Zichtbaarheid van de verlichting

De windturbines zullen uitgerust worden met lichten ten behoeve van de scheep- en/of luchtvaart. Op basis van de MacMillan Reeds Nautical Almanac (<http://www.reedsnauticalalmanac.co.uk/>) kan worden afgeleid dat een licht geplaatst op 84 m (3,3 MW) respectievelijk 125 m (10 MW) hoogte op de top van de gondel, door een waarnemer aan de kust op 10 m hoogte, theoretisch tot respectievelijk 25,8 NM (zijnde +/-52 km) en meer dan 26,9 NM (zijnde +/- 54 km) kan worden waargenomen. Gezien het park zich op 46 km uit de kust zal bevinden, zullen de lichten van de turbines nipt binnen de grenzen van het zichtbare vallen. Hoe groter de turbines, hoe zichtbaarder de verlichting van op land zal zijn. Voor een waarnemer die zich lager bevindt, worden kleinere afstanden gevonden. De afstand tot de Zeeuwse kust bedraagt 52 km en zijn de lichten theoretisch zichtbaar aan de kust. Echter, uit de waarnemingen voor de reeds gebouwd windturbines van C-Power kan besloten worden dat de verlichting mede door de hoek waaronder ze schijnen, de afstand tot de kust en de hoogte van de waarnemer (meestal < 10m), slechts in zeldzame gevallen zichtbaar zal zijn. De NORTHWESTER 2 lichten zullen 1 geheel vormen met de lichten van de windparken die voor het NORTHWESTER 2 park liggen.

In Grontmij (2010) wordt vermeld dat het zicht jaarlijks maar in 10 % van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1 % van de tijd meer dan 30km bedraagt. Verder zullen mist, heiligheid, neerslag en andere atmosferische condities de zichtbaarheid van de turbines verder verminderen.

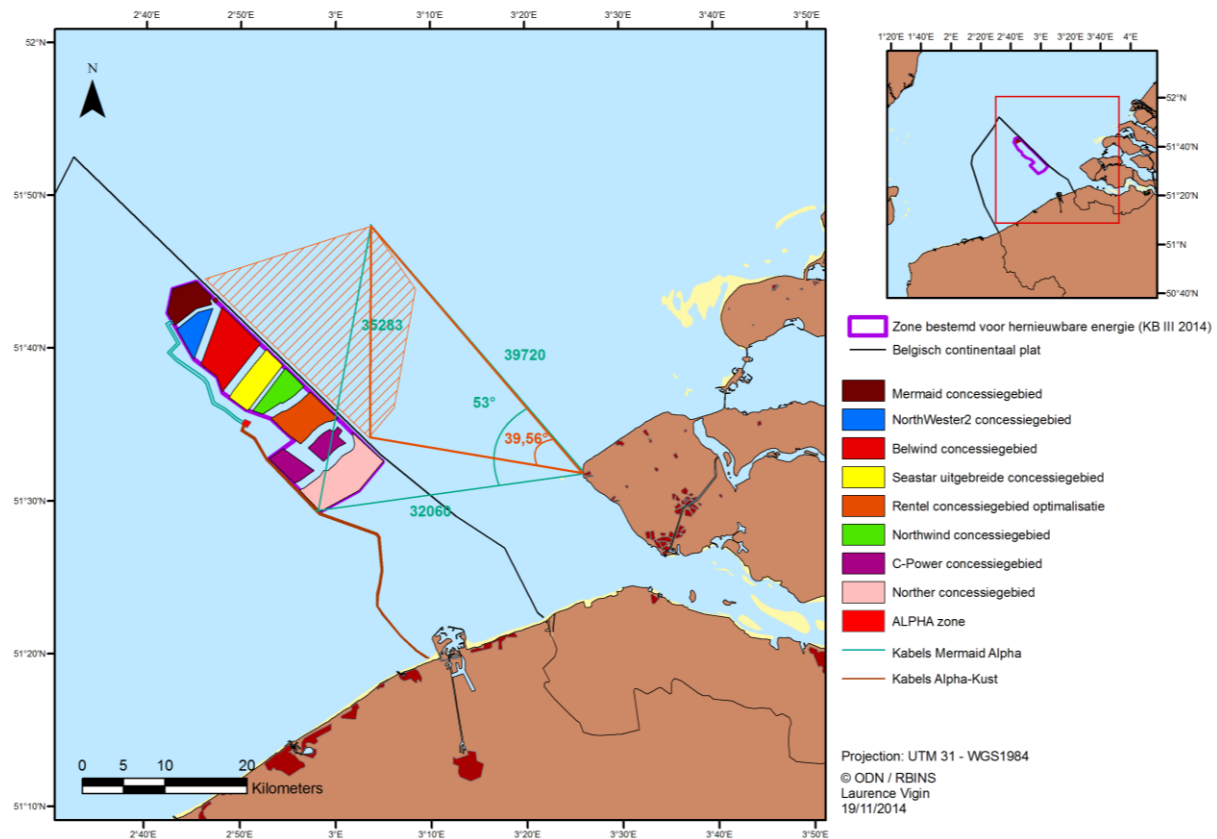
Het scheidend en oplossend vermogen van het menselijk oog dient ook in rekening gebracht te worden. Dit bedraagt maximaal 1 boogminuut. Op 30 km afstand kan het menselijk oog objecten onderscheiden die breder zijn dan 8,75 m. Theoretisch gezien zullen dus voornamelijk de grootste turbines die het dichtst bij de kust gesitueerd zijn (configuratie 2), het beste te onderscheiden zijn.

15.2.3 Ontmantelingsfase

In de buurt van de werkzaamheden en ter hoogte van de haven zal, net als tijdens de constructiefase, een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn.

15.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Omdat het weinig zin heeft de effecten van het NORTHWESTER 2 project op zich op zeezicht te bespreken werden de cumulatieve effecten reeds hierboven besproken (zichthoeken).



Figuur 15.3 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windzone en de Nederlandse Borssele windzone vanuit Blankenberge. Arcering: de Nederlandse Borssele windzone.

De zichthoeken vanuit Westkapelle werden ook berekend voor het cumulatieve geval waarbij de verste uithoeken van zowel de Belgische als de Nederlandse windzone als hoekpunten worden genomen (Figuur 15.3). Indien de Nederlandse Borssele windzone volledig in gebruik genomen zou worden overschrijdt de zichthoek voor Westkapelle in het cumulatieve geval ruim de vooropgestelde 36°. De cumulatieve zichthoek bedraagt dan 53° waarvan 39,5° ingenomen wordt door het Nederlandse voorziene Borssele windzone. Voor Blankenberge werd dit niet berekend omdat vanuit deze stad de hoek niet veel groter wordt door het mee in rekening brengen van het Borssele gebied.

15.4 Besluit

15.4.1 Aanvaardbaarheid

Uit bovenstaande wordt besloten dat de windturbines van dit project slechts beperkt zichtbaar zullen zijn aan de kust en dit enkel voor de configuraties met grote turbines, bij zeer goede weersomstandigheden (~1 % van de tijd) en vanop enige hoogte (bv. uit een appartementsgebouw). De turbines van het NORTHWESTER 2 project zullen daarenboven hoogstwaarschijnlijk opgaan in het totaalbeeld met de windturbines van de ervoor gelegen parken. Er zal dus eerder een “verdichting”

zichtbaar zijn in het geheel van de parken, eerder dan dat het NORTHWESTER 2 park afzonderlijk zou onderscheiden worden door de eventueel grotere afmetingen van de windturbines. Het project is bijgevolg aanvaardbaar voor de discipline zeezicht.

15.4.2 Voorwaarden en Aanbevelingen

15.4.2.1 Voorwaarden

De aanvrager dient op regelmatige basis het park te onderhouden. Dit houdt onder meer in het verfrissen van de verflaag, het verwijderen van roestpunten, enz...

15.4.2.2 Aanbevelingen

Het is aanbevolen om een combinatie van verschillende grootteordes van turbines te vermijden omwille van de uniformiteit.

15.5 Monitoring

In 2009 werd een socio-landschappelijk onderzoek uitgevoerd op basis van simulaties⁷ op het moment dat enkel de zes eerste turbines van C-Power geïnstalleerd waren. In de zomer volgend op de constructie van de eerste windturbines in het Norther windpark wordt een opvolgstudie voorzien. Op dat moment zal ook het C-Power windpark volledig afgewerkt zijn. Deze opvolgstudie dient vnl. de mensen te bevragen over het reële zicht op de windturbines, de invloed die de windparken hebben op hun waardering van het zeezicht en te peilen naar eventuele economische gevolgen voor het kusttoerisme. Ook de aanvaardbaarheid van het worst case scenario waarbij de volledige windzone volgebouwd zal zijn, dient verder onderzocht te worden met behulp van nieuwe simulaties gebruik makend van het reële zicht en dit vooral in de kustgemeenten met de grootste zichthoeken (oa. Blankenberge en Westkapelle). Analooq aan de eerste uitgevoerde studie zullen de kosten voor de opvolgstudie gedeeld worden tussen Norther en de windparken die vergund worden na Norther. Deze studie dient uitgevoerd te worden door de vergunningshouders. Voorafgaand aan de studie dient de methodiek ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM. Van deze studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 4 maanden na het aflopen van de studie bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops over de monitoring van het windpark, ingericht door de BMM

⁷In deze simulaties werden de windturbines van C-Power met gravitaire fundering werden afgebeeld. Enkel de eerste 6 windturbines hebben dit type fundering, de overige windturbines zullen een gele jacketstructuur hebben, wat het totaalbeeld kan beïnvloeden.

16. Cultureel erfgoed

- Er bevinden zich geen gekende scheepswrakken ter hoogte van het concessiegebied van NORTHWESTER 2.
- Langsheen de tracés voor de exportkabel zijn verschillende gekende wrakken gesitueerd.
- Voor de start van de bouwfase wordt een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam uitgevoerd over het gebied en over de kabeltracés zodat, indien nodig, de activiteit zodanig aangepast kan worden dat er geen invloed is van de werkzaamheden op het cultureel erfgoed.
- Op basis van de huidige kennis is het onmogelijk in te schatten wat de precieze invloed zal zijn van het project op verdrinken paleolandschappen en eventueel aanwezige archeologische resten en fossiele zoogdierresten.
- Het NORTHWESTER 2 project is voor wat betreft de effecten op cultureel erfgoed aanvaardbaar (inclusief de mogelijke kabeltracés), mits het naleven van een aantal voorwaarden

16.1 Inleiding

In de context van deze beoordeling omvat cultureel erfgoed zowel (scheeps)wrakken, paleolandschappen, maritiem archeologisch erfgoed in de zee en fossiele zoogdierresten. Dankzij de inventarisatie van de wrakken uitgevoerd in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005) is er een vrij goede kennis over de locatie van wrakken in het Belgisch deel van de Noordzee. Verdrinken paleolandschappen vormen een ander onderdeel van het cultureel erfgoed. Deze omvatten bv. resten van de middeleeuwse eilanden oa. Wulpen, Koezand en Waterdunen gelegen ter hoogte van de huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010; Mathys, 2009). Daarnaast vermeldt de MER studie ook de mogelijke aanwezigheid van fossiele zoogdierresten en archeologische resten (IMDC, 2013a).

Verdrinken paleolandschappen vormen een ander onderdeel van het cultureel erfgoed. Deze omvatten bv. (herwerkte) resten van de middeleeuwse eilanden o.a. Wulpen, Koezand en Waterdunen gelegen ter hoogte van de huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010; Mathys, 2009). Het onderzoek naar paleolandschappen is relatief nieuw en een systematisch overzicht van de gekende paleolandschappen is op dit moment nog niet beschikbaar. Rondom de Thorntonbank en in het Deepwater Channel (gelegen aan de noordrand van het BDNZ) zijn daarenboven fossiele zoogdierresten teruggevonden (pers. comm. Inge Zeebroek in IMDC, 2013a). Archeologische resten zijn daarentegen voornamelijk geconcentreerd in kustnabije zones.

16.2 Te verwachten effecten

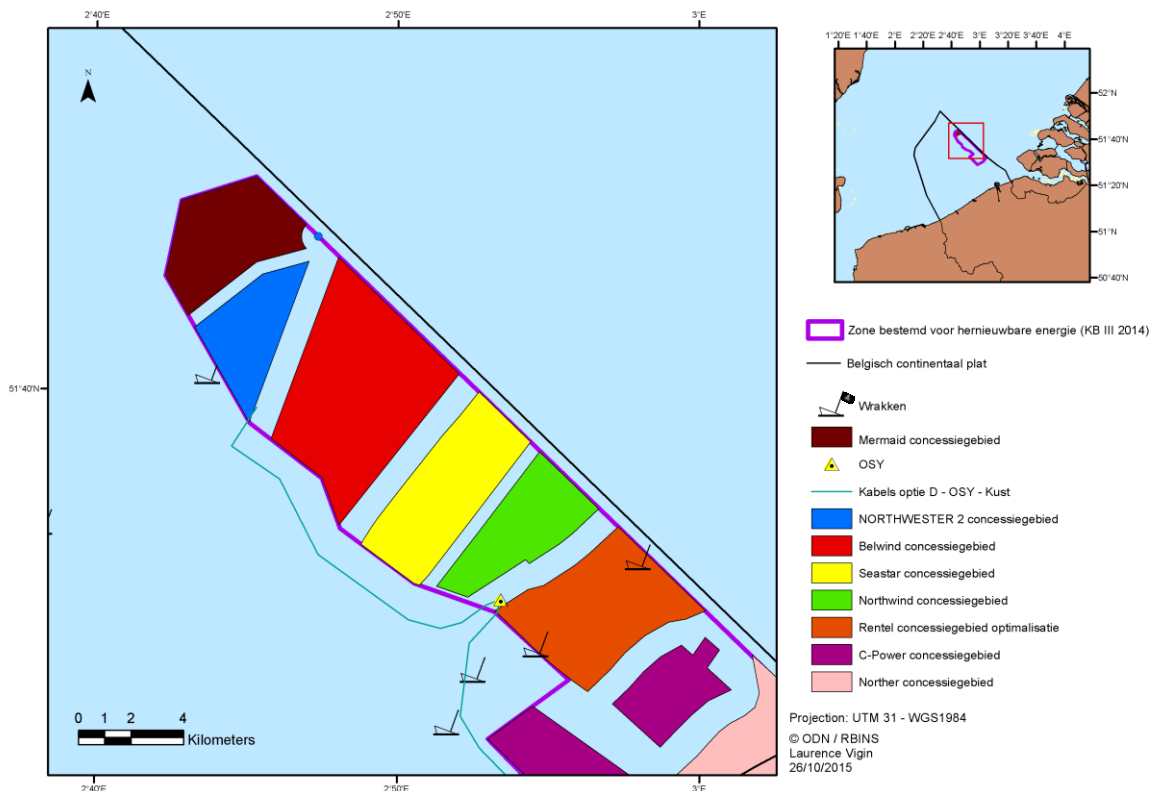
16.2.1 Invloed op de scheepswrakken

Op basis van de inventarisatie van de wrakken uitgevoerd in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005) en van drie online databanken (<http://www.maritieme-archeologie.be> , <http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm> en <http://www.wrecksite.eu>) werd er bepaald dat er zich geen gekende scheepswrakken bevinden in het NORTHWESTER 2 concessiegebied (Figuur 16.1). Evenmin werden tijdens de verkennende geofysische metingen wrakken waargenomen (IMDC, 2014a). Het valt echter te verwachten dat er naast geregistreerde, ook

een aantal niet-geregistreerde wrakken aanwezig zijn op de zeebodem.

In het MER van het NORTHWESTER 2 windpark (IMDC, 2014a) wordt reeds gesteld dat men wrakken dient te vermijden bij de aanleg van de kabels teneinde het cultureel erfgoed niet te beschadigen.

Een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam survey uitgevoerd over het concessiegebied en het kabeltracé moeten toelaten eventuele niet-geregistreerde wrakken op te sporen en de werken zo te plannen dat er geen schade wordt berokkend aan de scheepswrakken.



Figuur 16.1: Het NORTHWESTER 2 concessiegebied, tracé van de verbindingskabel naar het OSY en locatie van de nabijgelegen scheepswrakken

16.2.2 Invloed op paleolandschappen

Op basis van de huidige kennis is het onmogelijk in te schatten wat de precieze invloed zal zijn van het project op verdronken paleolandschappen en eventueel aanwezige archeologische resten en fossiele zoogdierresten. Sinds 2013 loopt er een 4 jaar durend SBO project dat op zoek gaat naar methoden om op een snelle efficiënte manier het erfgoedpotentieel te onderzoeken in gevoelige gebieden en dit in functie van beheersadviesen (zie ook: <http://www.archeo-noordzee.ugent.be/>).

16.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Het cumulatieve effect door het voorzien van de bekabeling van de windparken op het cultureel erfgoed wordt gereduceerd door de kabeltracés van de verschillende projecten zoveel mogelijk te bundelen vanaf de OSY. Mits inachtneming van een aantal voorwaarden worden er geen cumulatieve

effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 windpark inclusief park-, export- en verbindingskabels op het vlak van cultureel erfgoed.

16.4 Besluit

16.4.1 Aanvaardbaarheid

Het valt niet te verwachten dat de de bouw, exploitatie en ontmanteling van het NORTHWESTER 2 project een negatieve invloed zal hebben op het cultureel erfgoed mits inachtnaam van volgende onderstaande voorwaarden.

16.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

16.4.2.1 Voorwaarden

De houder moet voor de bouw een side-scan sonar en multibeam survey (of minstens gelijkwaardige technieken) over het gebied uitvoeren. Anomalieën met archeologisch potentieel moeten door minstens 2 side-scan lijnen in beeld gebracht worden, overlangs en dwars door de centrale as van de anomalie. De BMM moet uitgenodigd worden om aanwezig te kunnen zijn tijdens deze survey. Na afloop van deze survey dienen de resultaten aan de BMM en het Agentschap Onroerend Erfgoed gerapporteerd te worden met vermelding van de verschillende aangetroffen objecten die nader onderzocht dienen te worden en de stappen die zullen genomen worden om eventuele beschadigingen van het maritiem erfgoed te vermijden.

Alle obstakels die op de zeebodem gevonden worden, moeten geplott worden. Na de werkzaamheden dient over dezelfde tracks een survey te gebeuren (rekening houdend met veiligheid en werkingslimieten), en ieder nieuw obstakel veroorzaakt door de houder moet op zijn kosten verwijderd worden.

Indien een obstakel (niet veroorzaakt door de houder) wordt aangetroffen en verwijderd dient te worden, moeten de BMM en de bevoegde autoriteiten (conform de wrakkenwet) worden ingelicht alvorens over te gaan tot de verwijdering. Bij de beoordeling van een dergelijk obstakel zal rekening worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van materiële goederen of cultureel erfgoed.

Na het leggen van de kabels zal de vergunninghouder het werkelijke tracé digitaal (shapefile) en op kaart van 1/50.000 aan de BMM overmaken.

Indien tijdens de werken archeologische resten en/of fossiele zoogdierresten worden aangetroffen, moeten de BMM en de bevoegde autoriteiten (o.a. Agentschap Onroerend Erfgoed) worden ingelicht en dient dit conform de wrakkenwet gemeld te worden aan de ontvanger van het cultureel erfgoed onder water. Eventuele fossiele zoogdierresten worden overgedragen aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

16.4.2.2 Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen dat de houder naast een side-scan sonar en multibeam survey van het concessiegebied ook een magnetometrie survey uitvoert met Cesium magnetometer (of equivalent) die toelaat om anomalieën te detecteren van minstens 5 nT (nano Tesla). Dat hierbij bijkomende lijnen gevaren worden over gebieden/anomalieën met archaeologisch potentieel (lijnspatiëring 15 m,

aanbevolen towfish hoogte 6 m boven de zeebodem). Eventueel geïdentificeerde anomalieën met archeologisch potentieel dienen indien mogelijk door duikers onderzocht te worden.

Het is aanbevolen dat sub-bottom metingen worden uitgevoerd met een lijnsparatie en resolutie die toelaat om de Quartaire afzettingen tot de volledige impact-diepte zeer gedetailleerd in kaart te brengen met daarbij specifieke aandacht voor zgn. markers van archeologisch potentieel: veenlagen, fijne afzettingen, en rivierafzettingen. Idealiter dienen de seismische data geïntegreerd te worden met boringen en/of trilboringen.

Het is aangewezen dat sedimentlagen, gebieden of structuren die worden geïdentificeerd als archeologisch interessant met behulp van boringen, trilboringen, grabsamples of boorstalen verder onderzocht worden.

Het is aanbevolen om – in samenwerking met het Agentschap Onroerend Erfgoed - langs de kabeltracés op een 10-tal plaatsen een kleine hoeveelheid zand op te baggeren en over een zeef met 5 mm maaswijdte te filteren om op die manier een zicht te krijgen op mogelijk archeologisch potentieel.

16.5 Monitoring windpark

De bovenstaande voorwaarden maken verdere monitoring voor dit onderdeel overbodig.

17. Monitoring en coördinatie

17.1 Algemene visie

De BMM herinnert eraan dat volgens art. 29 van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, de toezichtsprogramma's en permanente milieueffectonderzoeken worden uitgevoerd door of in opdracht van de in art. 28, §1, van dezelfde wet bedoelde overheid (in casu de BMM) en op kosten van de houder van de vergunningen en machtigingen.

De vereiste monitoring wordt afgeleid van de te verwachten impact van de gemachtigde/vergunde activiteiten op het mariene milieu. Met mariene milieu wordt in eerste instantie verstaan het ecosysteem van de zeegebieden, met inbegrip van de fysische, chemische, geologische en biologische componenten ervan en de functionele verbanden tussen die componenten, maar ook ecosysteemfuncties en milieuwaarden van de zeegebieden die rechtstreeks of onrechtstreeks van nut zijn voor de gebruikers van de zee en de mens in het algemeen aanbelangen.

In het koninklijk besluit van 9 september 2003 wordt gespecificeerd hoe de mogelijke impact a priori dient te worden onderzocht: het milieueffectenrapport (MER) moet een beschrijving en waardering bevatten van de te verwachten betekenisvolle effecten van de activiteit en van de beschreven alternatieven op het mariene milieu en met name, in voorkomend geval, op: de fauna, de flora, de biodiversiteit en de mens, de bodem, het water, de atmosfeer en klimatologische factoren, de energie- en grondstoffenvoorraden, het zeezicht, de materiële goederen en het culturele erfgoed, en de onderlinge wisselwerkingen tussen de voorgenoemde factoren. Verder bepaalt het KB dat de te beschrijven en waarderen effecten de directe en indirecte, secundaire, cumulatieve en synergetische, permanente en tijdelijke, positieve en negatieve effecten omvatten op korte, middellange en lange termijn. Dat zijn dus ook de factoren die a posteriori moeten kunnen onderzocht worden door een gepaste monitoring.

Vooraleer over te gaan tot het opstellen van een monitoringsprogramma is het nuttig de filosofie achter een dergelijke monitoring kort te schetsen.

De doelstelling van de monitoring is tweeledig. Enerzijds dient de monitoring in staat te zijn de effecten als gevolg van de activiteit a posteriori vast te stellen en te kwantificeren, zodat in voorkomend geval van significante, irreversibele effecten site-specifieke mitigerende maatregelen kunnen worden voorgesteld. Anderzijds dient de monitoring toe te laten deze effecten te begrijpen, zodat de verzamelde kennis kan gebruikt worden om de verdere uitoefening van de activiteit en toekomstige gelijkaardige activiteiten a priori bij te sturen en dus nefaste effecten op voorhand uit te sluiten (= niet site-specifiek). De eerste doelstelling kan als een site-speciek controlemechanisme worden beschouwd, terwijl de tweede doelstelling de anticiperende waarde van de monitoring in functie van toekomstige projecten nastreeft.

Daarenboven worden binnen de monitoring twee aspecten onderscheiden: basismonitoring en gerichte monitoring. De basismonitoring heeft tot doel de geïntegreerde, langetermijneffecten van offshore windparken op het mariene ecosysteem te kunnen kwalificeren en kwantificeren. De gerichte monitoring heeft tot doel de processen en dus de oorzaak-gevolg relaties achter de geobserveerde impacts te ontrafelen. De basismonitoring laat bijgevolg toe de aanvaardbaarheid van de milieueffecten van windparken *a posteriori* te testen en op basis hiervan hypothesen omtrent oorzaak-gevolg relaties te postuleren. De gerichte monitoring laat dan weer toe het proces, verantwoordelijk voor de impact, te begrijpen en zodoende – indien noodzakelijk – milderende maatregelen voor

toekomstige offshore windparken te formuleren.

Bovenstaande filosofie houdt enkele principes in:

1. de monitoring moet de verwachte effecten in het licht kunnen stellen, i.e. de aard van het effect, de intensiteit ervan, de plaats waar het voorkomt;
2. hiervoor moet onontbeerlijk de baseline- of nulsituatie vóór het begin van de activiteit worden vastgesteld;
3. milieu-effecten die niet voorspeld waren, moeten eveneens kunnen opgespoord/opgepikt worden, i.e. onverwachte veranderingen van het ecosysteem die verband houden met de activiteit (natuurlijke variaties en variaties veroorzaakt door andere, bredere processen zoals globale opwarming moeten kunnen uitgesloten worden);
4. onverwachte gebeurtenissen, i.e. incidenten die ontstaan als gevolg van de vergunde activiteit en die een impact kunnen hebben op het milieu, moeten kunnen gekarakteriseerd worden;
5. de monitoring moet het oorzakelijke verband met de vergunde activiteiten en de overeenkomende verantwoordelijkheden vaststellen, i.e. de aard, intensiteit, plaats en tijd van voorkomen van de oorzaak, en dus bron van de storing, alsook – zo mogelijk – het mechanisme van de relatie met het waargenomen effect;
6. na de impact moet de nieuwe samenstelling en functionele toestand van het ecosysteem kunnen beschreven worden, i.e. naast de rechtstreekse gevolgen van de activiteit moeten de herschikkingen van het systeem en nieuwe evenwichten opgenomen worden;
7. tijdelijke en permanente effecten op natuurwaarden en ecosysteemfuncties moeten kunnen geëvalueerd worden: hiermee wordt verwezen naar de regelgeving, in het bijzonder de EU richtlijnen, die de evaluatie van impacten aan de hand van instandhoudingsdoelstellingen aanmoedigen;
8. alhoewel de monitoring zich in hoofdzaak zal richten op het in situ waarnemen van de milieueffecten, kan de monitoring ook in situ en ex situ experimenten vereisen. Deze experimenten moeten bijdragen tot het begrijpen van bepaalde effecten;
9. de monitoring dient te worden uitgevoerd door wetenschappers met een grondige kennis en ervaring, dit ter maximalisatie van de compatibiliteit van de over lange termijn verzamelde gegevens. Voor de monitoring dienen daarom de meest geschikte middelen en technieken te worden gebruikt en op een zodanig manier dat vergelijking met ander, gelijkaardig onderzoek mogelijk is. Daarbij kan nuttig gebruik gemaakt worden van de gestandaardiseerde bemonsteringsmethoden zoals gepubliceerd als ISO en of NBN normen meer bepaald: NBN EN ISO 5667-1, ISO 16665:2005, ISO 19493:2007;
10. in functie van de verkregen resultaten moet de mogelijkheid bestaan om de monitoring aan te passen om nieuwe kennis in het monitoringsprogramma te kunnen incorporeren en zo optimaal met de ter beschikking gestelde middelen om te gaan
11. de resultaten van deze monitoring worden beoordeeld volgens de kwaliteitscriteria van het mariene milieu bepaald door de nationale, Europese en internationale regelgeving. Daarnaast houdt deze evaluatie rekening met de resultaten van andere gepubliceerde bronnen, zoals mariene onderzoeksprogramma's die zich bezighouden met gerelateerde onderwerpen.

Het is vanzelfsprekend dat sommige milieueffecten (bv. geluid veroorzaakt door het heien van palen in de zeebodem) activiteit- en tijdspecifiek zullen zijn terwijl andere milieueffecten (bv. de vernietiging van een bepaalde biotoop onder kunstmatige bouwwerken of in een stortplaats) site-specifiek zullen zijn. Hieruit volgt dat een deel van de monitoring specifiek is voor elk concessiegebied en dus bij elk project moet herhaald worden, terwijl andere onderdelen van de monitoring gemeenschappelijk zijn voor alle projecten. In de uitvoering van het monitoringsprogramma zal er bijgevolg voor gezorgd worden dat verworven kennis ten voordele van

alle projecten geëxploiteerd wordt.

Om het voorziene monitoringsprogramma op te stellen werd bijgevolg, zoals reeds toegepast bij de andere vergunningshouders, voor een geïntegreerde aanpak gekozen. Na de baselinestudies die noodzakelijk site-specifiek zijn, wordt een gecombineerd programma van metingen en bemonsteringen opgesteld. Dit programma loopt voor de bestaande projectconcessies en het NORTHWESTER 2 project zal hierin geïntegreerd worden. Volgens de toekomstige ontwikkelingen zal het programma met de gepaste flexibiliteit kunnen worden herschikt en de inspanning en kost zal verdeeld worden onder de vergunningshouders op een billijke manier. Er werd dus een dynamisch proces opgezet, waarvan de doeltreffendheid regelmatig in overleg met de vergunninghouders zal kunnen worden herzien.

De in het MEB opgeven staalnamefrequenties, aantal stalen en technieken zijn indicatief en dienen aangepast te worden in functie van de funderingstypes van de windturbines en het windpark en de praktische haalbaarheid. Elke wijziging van de timing van de bouw- en exploitatiewerkzaamheden van de verschillende gemachtigde en vergunde activiteiten, alsook van de gekozen varianten en toegepaste technieken, kan een aanpassing van de monitoring en van de deelprogramma's met zich meebrengen. Het Bestuur zal de houder hiervan informeren en indien gewenst, het onderwerp op het bevoegde begeleidingscomité agenderen. Er dient zoveel mogelijk samengewerkt te worden bij het monitoren van de verschillende onderdelen en er dient ook overleg gepleegd te worden met de exploitant om de mogelijkheden te onderzoeken om bepaalde middelen (zoals bv. scheepstijd) gezamenlijk te gebruiken. Binnen het onderzoek naar de effecten van de verschillende windparken op het BDNZ zal er ook gestreefd worden naar een maximale synergie teneinde het onderzoek zo efficiënt mogelijk uit te voeren.

17.2 Voorgesteld programma

Zoals bij wet voorzien, worden de toezichtsprogramma's en permanente milieueffect-onderzoeken uitgevoerd door of in opdracht van de BMM en op kosten van de houder van de vergunningen en machtigingen en dit voor de duur van de vergunning.

De algemene coördinatie van de monitoringsprogramma's moet door de BMM gebeuren. Tabel 17.1 geeft een overzicht weer van de verdeling van de taken van de monitoring. Op basis hiervan werden de volgende budgettaire tabellen opgesteld. De onderzoeken die door of in opdracht van de houder worden uitgevoerd, worden niet inbegrepen in de budgettering. In voorkomend geval valt de scheepstijd ten laste van de houder en wordt in de berekening van dit budget niet meegerekend. De kosten voor de BMM vermeld in de budgettaire tabellen blijven dan beperkt tot de controle en de evaluatie van de resulterende rapporten.

Tabel 17.1 Overzicht van de uitvoerders en van de onderwerpen van het monitoringsprogramma

NORTHWESTER 2 – windpark				
	veldwerk	onderzoek	rapportering	beoordeling
Coördinatie	BMM	BMM	BMM	BMM
hydrodynamica en sedimentologie	NORTHWESTER /BMM	2 NORTHWESTER 2/BMM	NORTHWESTER 2/BMM	BMM
geluid en seismisch onderzoek	NORTHWESTER /BMM	2 NORTHWESTER /BMM	2 NORTHWESTER /BMM	2 BMM
	BMM/NORTHWESTER 2	BMM/NORTHWESTER 2	BMM/NORTHWESTER 2	
data	2	2	2	BMM
zeezicht	NORTHWESTER 2	NORTHWESTER 2	NORTHWESTER 2	BMM
benthos en visfauna	BMM	BMM	BMM	BMM

(zee)vogels	en			
vleermuizen	BMM	BMM	BMM	BMM
zeezoogdieren	BMM	BMM	BMM	BMM

De BMM beschouwt deze werkverdeling als de meeste geschikte voor het wetenschappelijk en operationeel verloop van de monitoring en tevens de meeste economische, maar erkent dat andere verdelingen kunnen in overweging genomen worden. Als de vergunninghouder in overleg met de BMM er voor zou kiezen om bepaalde onderzoeken (die in bovenstaande tabel uitgevoerd worden door de BMM) door derden te laten uitvoeren, dan dienen voorafgaand aan deze onderzoeken de methodiek en het monitoringsprogramma ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM met de garantie dat de door derden verworven gegevens volledig compatibel zijn met de reeds bestaande dataset. In voorkomend geval blijft de BMM verantwoordelijk voor de beoordeling. Er kan tevens voor gekozen worden om onderzoeken die door of in opdracht van de vergunninghouder uitgevoerd moesten worden door de BMM te laten uitvoeren. In dit geval vallen de kosten ten laste van de houder en zal het budget aangepast worden.

De resultaten van de door de houder uitgevoerde onderzoeken worden door de houder aan de BMM geleverd in de vorm van ruwe data, geanalyseerd en becommentarieerd in een verklarend en besluitend rapport. Deze rapporten moeten ieder jaar bij het jaarlijkse uitvoeringsverslag (conform de reeds vergunde windparken) gevoegd worden. Alle monitoringsgegevens die door de houder worden verzameld, dienen volgens een op voorhand met de BMM afgesproken formaat en drager (papier, digitaal) aan de BMM te worden overgemaakt. Het concessiegebied bevindt zich in zee in een openbaar domein, waarover België rechtsbevoegdheid en internationale verplichtingen heeft. Hieruit vloeit voort dat alle monitoringsgegevens - behalve deze die rechtstreeks noodzakelijk zijn voor de bouw en exploitatie van het park waarop bepaalde regels van vertrouwelijkheid van toepassing kunnen zijn - eigendom worden van de Staat.

17.3 Voorgestelde planning

Hieronder wordt, rekening houdend met de resultaten van de milieueffectenbeoordeling (MEB), het monitoringsplan voorgesteld door de BMM. Alle in Tabel 17.1 vermelde disciplines moeten op afdoende wijze behandeld worden tijdens de nul-fase en de eerste fase van 5 jaar (constructie jaar (jaren) en begin van de exploitatiefase). Aangezien de (cumulatieve) effecten van windturbines op het mariene milieu enkel en alleen op lange termijn kunnen worden ingeschat, behelst de monitoring van de Belgische offshore windparken een lange-termijn perspectief.

Uit de ervaring opgedaan door de BMM tijdens de uitvoering van de monitoring sinds 2008 (eerste jaar van de eerste vergunningshouder) wordt afgeleid dat het equivalent van 2500 mandagen⁸ per jaar volstaat ter uitvoering van de wettelijke monitoringsopdracht voor een periode van 15 jaar (dus, tot 2022) en voor de volledige windenergiezone in Belgische wateren. De verdere verplichtingen van NORTHWESTER 2 na het einde van zijn eerste fase zullen gedefinieerd worden, rekening houdend met een geschikte verdeling van de monitoring tussen de verschillende vergunningshouders. De maximale bijdrage van iedere vergunninghouder wordt aan 5357 mandagen geplafonneerd vanaf zijn nul-fase tot eind 2022. In voorkomend geval zullen de bepalingen voor de periode na 2022 ook ten gepaste tijde gedefinieerd worden.

⁸ De BMM gebruikt de mandag (MD) als rekeneenheid. Zie toelichting hieronder (17.5).

De nul- fase omvat de monitoring gekoppeld aan de pre-constructiefase en richt zich zodoende op de vaststelling van de referentiesituatie, i.e. de milieutoestand vóór uitvoering van de werken. Deze fase vangt ten vroegste aan op de datum waarop de milieuvergunning gepubliceerd wordt en loopt tot het jaar waarin de eerste constructie-activiteiten plaats vinden.

De eerste fase vat aan in het jaar van de eerste constructie-activiteiten en loopt over een periode van vijf jaar. Na deze eerste periode worden de resultaten van de monitoringsactiviteiten grondig geëvalueerd. De fasen hier vermeld beginnen altijd op 1 januari van het betreffende jaar.

Het monitoringsplan en de resultaten van de monitoring worden door de overheid jaarlijks beoordeeld. Aan de hand van deze beoordeling kan het monitoringsplan jaarlijks worden herzien. Indien de monitoring of andere informatiebronnen aantonen dat onverwachte effecten van de activiteit optreden, waarvoor geen specifieke monitoring voorzien werd, dient de monitoring aangepast te worden om hiermee rekening te houden. Het opstellen van het plan, de beoordeling en de algemene coördinatie van de monitoringsprogramma's moeten door de BMM gebeuren. Vanuit deze informatie zal de BMM voorstellen formuleren voor de inhoud en de uitvoering van het verdere monitoringsprogramma, samen met mogelijke voorstellen van wijzigingen van de voorwaarden. De BMM zal hierover advies geven aan de Minister.

De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de uiteindelijke keuze van funderingstypes en installatietechnieken. Verschillende onderdelen van de monitoring zijn opgesteld om de effecten van specifieke funderingstypes en installatietechnieken te onderzoeken en de uitvoering van deze onderdelen is dan ook afhankelijk van de uiteindelijke invulling van het NORTHWESTER 2 project (Tabel 17.2).

Tabel 17.2 Overzicht van de voorziene monitoring in functie van de concrete invulling van het NORTHWESTER 2 project

	Hoofdstuk in deze MEB	Gravitaire funderingen	Monopile of jacket funderingen met heien	Monopile of jacket funderingen met suction bucket
Algemeen				
Coördinatie		X	X	X
Data		X	X	X
Hydrodynamica en sedimentologie 6				
Turbiditeit – constructie		X		X
Sedimentpluimen - operatie		X	X	X
Erosie – funderingen		X	X	X
Evolutie – stockage zand		X		
Bedekking kabels		X	X	X
Geluid en seismisch onderzoek 7				
Referentiesituatie onderwatergeluid		X	X	X
Onderwatergeluid constructiefase			X	X
Onderwatergeluid exploitatiefase			X	X
Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen 10				
Artificieel hard substraat		X	X	X
Ontwikkeling zacht substraat		X	X	X
Zandspiering		X	X	X
Zeezoogdieren 11				
Verspreiding zeezoogdieren		X	X	X
Effect van heigeluid			X	
Aantrekking zeezoogdieren		X	X	X

Avifauna en vleermuizen	12			
Verspreiding zeevogels		X	X	X
Aanvaringen zeevogels		X	X	X
Radaronderzoek		X	X	X
Vleermuizen		X	X	X
Zeezicht	15			
Zeezicht (opvolgstudie)		X	X	X

17.4 Locatie van de monitoringswerkzaamheden

De monitoring moet niet beperkt blijven tot het concessiegebied en het kabeltracé. Indien gerechtvaardigd door de verwachte omvang van de directe en indirecte effecten van de vergunde activiteit zullen de monitoringswerkzaamheden zich in de omgeving van het concessiegebied en het kabeltracé kunnen uitstrekken. Goed afgebakende referentiezones zullen ook onder toezicht gehouden worden, om effecten die geen verband houden met de activiteit te kunnen uitsluiten.

De houder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt zich het recht voor om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder in kennis wordt gebracht conform de overeen te komen procedures.

17.5 Schatting van het budget

Het budget werd geschat conform artikel 24, § 2, van het KB MEB van 9 september 2003. Om praktische redenen, zijn alle budgettaire posten uitgedrukt in mandagen. Deze posten omvatten de personeels- en werkingkosten van de BMM en de investeringskosten (zie indicatief overzicht van het benodigde materiaal Tabel 17.3).

Voor de schuldvordering, worden de prestaties in mandagen vermenigvuldigd met het forfaitaire dagtarief beschouwd als voldoende bewijs van de gemaakte kosten voor het personeel van de BMM en zijn werking. Wat de investeringsuitgaven betreft, zullen copieën van inkoopfacturen als bewijs dienen.

De kostprijs van een forfaitair dagtarief bedraagt 500,20 euro per mandag in basiswaarde (100%) van september 2015 te indexeren volgens de index der consumptieprijzen. Op jaarbasis wordt een berekening opgemaakt van de werkelijk gemaakte kosten, die wordt doorgestuurd naar de houder. De index gebruikt voor de schuldvordering is de gemiddelde index voor het desbetreffende gefactureerde jaar.

Onderstaande budgettering houdt rekening met het feit dat de BMM de RV Belgica en haar observatievliegtuig gratis ter beschikking stelt van het monitoringsprogramma. In uitzonderlijke geval kan voor zekere specifieke staalnames, door de BMM gevraagd worden aan de exploitant om één van zijn werkschepen kosteloos ter beschikking te stellen van de BMM. Indien de exploitant geen schip ter beschikking wenst te stellen, dient hij de kosten van een ander werkschip te dragen, conform de overeen te komen operationele afspraken.

In Tabel 17.4 wordt een samenvatting gegeven van de geschatte werklast voor elk onderdeel van het monitoringsprogramma voor het NORTHWESTER 2 windpark. De bedragen die in dit hoofdstuk monitoring worden vermeld, zijn budgettaire ramingen. Ze moeten worden beschouwd als indicatief

en maximaal.

De BMM verbindt zich ertoe deze kosten binnen het budget te houden, rekening houdend met de gewone indexstijging. Binnen deze budgettaire envelop, behoudt de BMM het recht om het monitoringsprogramma aan te passen aan de beschikbare middelen en de werklast tussen de verschillende posten te verschuiven, alsook tussen de verschillende jaren, afhankelijk van de noodzaak ervan en de vooruitgang van de werken.

Tabel 17.3 Globaal overzicht van het benodigde materiaal voor de uitvoering van het monitoringsprogramma NORTHWESTER 2.

Onderwerp	Materiaal	Schatting kostprijs in euro (september 2015)	Omgerekend in MD
Hydrodynamica Sedimentologie	en kosten LISST holo en vlokkencamera	40.516,52 €	81
Onderwatergeluid	kosten en onderhoud recorders	36.014,69 €	72
Benthos	labomateriaal	16.006,53 €	32
Benthos	duikmateriaal	20.008,16 €	40
Zeezoogdieren	aankoop 8 Porpoise Detectors	20.008,16 €	40
Zeezoogdieren	aankoop GPS/GSM tags	30.012,24 €	60
Zeezoogdieren	verankering Pods T0 en constructie	6.002,45 €	12
Zeezoogdieren	verankering Pods exploitatie	60.024,49€	120
Avifauna	bijdrage onkosten vogelradar, DT bird, Bat detectoren	50.020,41 €	100
TOTAAL		278.613,66 €	557

Tabel 17.4 Globale werklast in mandagen voor de uitvoering van het monitoringsprogramma NORTHWESTER 2

	Ref. in de MEB	nul-fase	eerste fase van 5 jaar				
		Voor het begin van de werken	Construc- tiefase	.->	Exploitatiefase		
		budget/per jaar	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5
Coördinatie		64	64	64	64	64	64
Hydrodynamica en sedimentologie - personeel	6.6	31	31	110	110	110	30
Hydrodynamica en sedimentologie - materiaal	6.6	21	20	20	20	0	0
Onderwatergeluid - personeel	7.6.1	20	78	58	30	30	30
Onderwatergeluid - materiaal	7.6.1	18	18	18	18	0	0
Data	8.5.3	20	20	20	20	20	20
Benthos - Hard substraat	10.6.1	0	32	32	32	32	32
Benthos - Hard substraat materiaal	10.6.1	0	0	18	18	18	18
Benthos - Zacht substraat	10.6.2	110	58	58	58	58	58
Benthos - Zandspiering	10.6.3	50	0	0	0	50	0
Zeezoogdieren - personeel	11.6	60	60	60	60	60	60
Zeezoogdieren - materiaal	11.6	17	17	38	60	60	40
Avifauna en vleermuizen - personeel	12.6	80	80	80	80	74	74
Avifauna en vleermuizen - materiaal	12.6	42	11	11	11	25	0
Zeezicht	15.6	0	0	3	1	0	0
TOTAAL		533	489	590	582	601	426

18. Besluit

De aanvraag van de thv NORTHWESTER 2 tot het verkrijgen van een vergunning en machtiging voor de bouw en exploitatie van het NORTHWESTER 2 windpark inclusief (verbindings, export en park)kabels in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België werd onderzocht en beoordeeld door de experts van de BMM. De invloed van de aangevraagde activiteit werd in deze beoordeling onderzocht voor de volgende disciplines:

- Klimaat en atmosfeer;
- Hydrodynamica en sedimentologie;
- Geluid en seismisch onderzoek;
- Risico en veiligheid;
- Schadelijke stoffen;
- Benthos en visgemeenschappen;
- Zeezoogdieren;
- (Zee)vogels en vleermuizen;
- Elektromagnetische velden en warmtedissipatie;
- Interactie met andere menselijke activiteiten;
- Zeezicht;
- Cultureel erfgoed.

18.1 Aanvaardbaarheid windpark en kabels

Op basis van de voorafgaande beoordelingen (hoofdstuk 5 tot 16) kan besloten worden dat deze aanvraag aanvaardbaar is wat betreft de effecten op de disciplines behandeld in deze milieueffectenbeoordeling en dit voor de alternatieven besproken in de aanvraag. Deze aanvaardbaarheid is gekoppeld aan een inachtnaam van de toepasselijke mitigerende maatregelen en voorwaarden die in deze milieueffectenbeoordeling geformuleerd worden en die tot doelstelling hebben om de impact op het mariene milieu, conflicten met andere gebruikers van het Belgisch deel van de Noordzee, schade aan het cultureel erfgoed en risico op verontreinigingen te vermijden of op zijn minst tot een aanvaardbaar minimum te herleiden.

18.2 Aanbevelingen

Analyse van de verschillende alternatieven heeft uitgewezen dat de te verwachten effecten voornamelijk verschillen afhankelijk van de te gebruiken funderingstypes of installatietechnieken. Zo zal de installatie en gebruik van een gravitaire fundering slechts een beperkte verhoging van het achtergrondgeluid veroorzaken, waar stalen funderingen een duidelijke verhoging van het onderwatergeluidsniveau veroorzaken zowel tijdens exploitatie (lokaal) als tijdens het heien (over een zeer groot, grensoverschrijdend gebied). Daarentegen vereist de installatie van een groot aantal gravitaire funderingen dat er zeer grote hoeveelheden (bv. Voor de basisconfiguratie: 3,24 miljoen m³) zand/klei wordt gebaggerd en teruggestort wat een verhoogde turbiditeit en ernstige verstoring van het benthos met zich meebrengt terwijl dit voor de installatie van monopiles of jacketfunderingen beduidend minder zal zijn. Ook de rifeffecten zullen groter zijn bij gebruik van gravitaire funderingen. Op basis van de huidige beschikbare informatie lijkt de suction bucket techniek met stalen funderingen de minste effecten te veroorzaken op het mariene milieu aangezien deze bijvoorbeeld bij installatie slechts een beperkte verstoring zal veroorzaken m.b.t. onderwatergeluid in vergelijking tot het heien van monopile of jacket funderingen en in tegenstelling tot gravitaire

funderingen niet vereisen dat er grote hoeveelheden extra zand gebaggerd en gestort wordt. Deze suction bucket techniek werd echter tot nog toe niet op grote schaal toegepast en het is bijgevolg niet zeker of deze installatietechniek een volwaardig alternatief vormt.

Het is aangewezen dat men bij de realisatie van het project de verdere ontwikkeling van de funderingstypes en installatietechnieken opvolgt en gebruik maakt van de best beschikbare bewezen technologische alternatieven (best practicable environmental option).

18.3 Monitoring windpark

Zowel in het milieu-effectenrapport (IMDC, 2014a) als in de voorafgaande hoofdstukken van deze milieueffectenbeoordeling komen een aantal onzekerheden en/of leemtes in de kennis aan bod met betrekking tot de effecten van de realisatie van het windpark op het mariene milieu. Met mariene milieu wordt in eerste instantie verstaan het ecosysteem van de zeegebieden, met inbegrip van de fysische, chemische, geologische en biologische componenten ervan en de functionele verbanden tussen die componenten, maar ook ecosysteemfuncties en milieuwaarden van de zeegebieden die rechtstreeks of onrechtstreeks van nut zijn voor de gebruikers van de zee en de mens in het algemeen aanbelangen. In het kader van deze MEB werd een monitoringsplan opgesteld dat moet toelaten de directe en indirecte, secundaire, cumulatieve en synergetische, permanente en tijdelijke, positieve en negatieve effecten vast te stellen van de activiteit op het mariene milieu op korte, middellange en lange termijn. De uitvoering van dit monitoringsplan vormt één van de voorwaarden met betrekking tot de aanvaardbaarheid van het NORTHWESTER 2 project.

19. Referenties

- Ahlén I., Bach, L.; Baagoe H.J. en Petterson, J., 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Swedish Environmental Protection Agency, 37 pp.
- Ahlén I., Baagoe H.J. & Bach L., 2009. Behaviour of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1318–1323.
- Alerstam, T., 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge. 420 pp.
- Anoniem, 2004. Offshore wind farms: guidance note for environmental impact assessment in respect of FEPA and CPA requirements. Centre for environment, fisheries and aquaculture science (CEFAS) on behalf of the Marine Consents and Environment Unit (MCEU), 45 pp.
- ABPmer Ltd et al. (2010) A Further Review of Sediment Monitoring Data. Commissioned by COWRID Ltd (project reference ScourSed-09). ISBN: 978-0-9561404-8-7, 115 pp.
- Arcadis, 2011. Milieueffectenrapport – Offshore North Sea Power windpark, 418 pp. + annexes.
- ASCOBANS, 2011. Summary Record of the 18th Meeting of the Advisory Committee. UN Campus, Bonn, Germany, 4-6 May 2011.
- ASCOBANS, 2013. Activities of the Noise Working Group. 20th ASCOBANS Advisory Committee Meeting, Warsaw, Poland, 27-29 August 2013, doc. AC20/Doc.3.2.1.a; b; c; d
- Baeye, M. and M. Fettweis, 2015. In situ observations of turbid plumes at an offshore wind farm. *Geo-Marine Letters*, 35 doi: 10.1007/s00367-015-0404-8.
- Bailey, H., B. Senior, D. Simmons, J. Rusin, G. Picken & P. M. Thompson, 2010. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin* 60: 888–897.
- Band, B., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore wind farms. British Trust for Ornithology.
- Barthelmie, R.J., Frandsen, S.T., Nielsen, M. N., Pryor, S.C., Rethore, P.E. & Jørgensen, H. E., 2007. Modelling and measurements of power losses and turbulence intensity in wind turbine wakes at Middelgrunden offshore wind farm. *Wind Energy* 10, pages 517–528
- Bellmann, M.A., Remmers, P., Gündert, S., Müller, M., Holst, H. & Schultz-von Glahn, M., 2015. Presentation at the CWW 2015, Berlijn, 9-12 maart 2015
- Belgische Staat, 2012. Omschrijving van Goede Milieutoestand en vaststelling van Milieudoelen voor de Belgische mariene wateren. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 9 & 10. BMM, Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België.
- BERR – Department for Business Enterprise & Regulatory Reform in association with Defra, 2008. Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry. Technical report.
- Betke, K., 2008. Measurement of wind turbine construction noise at Horns Rev II - Unpublished report submitted to Bioconsult SH. Oldenburg ITAP.
- BMM, 2004. Bouw en exploitatie van een windpark op de Thorntonbank in de Noordzee: Milieueffectenbeoordeling van het project ingediend door de n.v. C-Power, 156 pp.
- BMM, 2006. Milieueffectenbeoordeling van de Aanvraag van de n.v. 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, 45 pp.
- BMM, 2007. Milieueffectenbeoordeling van het BELWIND offshore windpark op de Bligh Bank, 182 pp.
- BMM, 2009. Milieueffectenbeoordeling van het ELDEPASCO offshore windpark op de Bank zonder Naam, 169 pp.
- Bochert T. en Zettler M., 2004. Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics* (25) 498-502.
- Bolle, L.J.; de Jong, C.A.F.; Bierman, S.M. et al., 2011. Shortlist masterplan wind. Effect of piling noise on the survival of fish larvae (pilot study). 138 pp.

- Bolle, A., M. Mathys en P. Haerens, 2013a. How the Belgian wind farm business made us discover the challenging environment of marine sand dunes. In: V. Van Lancker and T. Garlan (eds.). Proceedings of 4th International Conference on Marine and River Dune Dynamics, 15-16 April 2013, Brugge, Belgium, 45-52.
- Bolle, L.J. ; de Jong, C.A.F.; Bierman, S.M.; van Beek, P.J.G.; Wessels, P.W.; Blorn, E.; van Damme, C.J.G.; Winter, H.V. en Dekeling, R.P.A. 2013b. Do pile-driving sounds cause mortality in larval fish? Presented at the WinMon.BE conference 2013. Environmental impacts of offshore wind farms – Learning from the past to optimize future monitoring programmes, 26-28 November 2013, Brussels, Belgium.
- Bonne, W., (2003). Benthic copepod communities in relation to natural and anthropogenic influences in the North Sea. Gent, Belgium: University of Gent, Ph.D. thesis, 289p.
- Boon, A.R. & Heinis, F., 2009. Nadere informatie effecten aanleg windparken op zeehonden NCP. Royal Haskoning Nederland B.V. Ref. 9V2637/N00002/901982/1
- Boyd I., Brownell B., Cato D., Clarke C., Costa D., Evans P., Gedanke J., Gentry R., Gisner B., Gordon J., Jepson P., Miller P., Rendell L., Tasker M., Tyack P., Vos E., Whitehead H., Wartzok D., Zimmer W. 2008. The effects of anthropogenic sound on marine mammals. A draft research strategy. European Science Foundation Marine Board Position paper 13. 92 pp.
- Brabant R. en Jacques T.G., 2009, Research strategy and equipment for studying flying birds in wind farms in the Belgian part of the North Sea. In: Degraer, S. & Brabant, R. (Eds.) (2009) Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 9, pp. 223-235.
- Brabant, R., Vigin, L., Stienen, E.W.M., Vanermen, N. & Degraer, S., 2012a, Radar research on the impact of offshore wind farms on birds: Preparing to go offshore. In: Degraer, S., Brabant, R. en Rumes, B., (Eds.) (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. Chapter 8: 111-126.
- Brabant, R.; S. Degraer en B. Rumes, 2012b. Offshore wind energy development in the Belgian part of the North Sea & anticipated impacts: an update in: Degraer, S.; R. Brabant & B. Rumes (Eds.). 2012. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 2: 9-16.
- Brabant, R.; S. Degraer en B. Rumes, 2013. Monitoring offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Setting the scene. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. Chapter 2: 14-23.
- Brabant R.*, Vanermen N.*, Stienen E.W.M. & Degraer S. (2015). Towards a cumulative collision risk assessment of local and migrating birds in North Sea offshore wind farms. *Hydrobiologia*, doi: 10.1007/s10750-015-2224-2. (*shared first authorship)
- Brasseur, S., van Polanen Petel, T., Aarts, G., Meesters, E., Dijkman, E. & Reijnders, P., 2010a. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. Report number C137/10, IMARES Wageningen UR, The Netherlands.
- Brasseur, S.M.J.M., Aarts, G., Meesters, E., Van Polanen Petel, T., Dijkman, E., Cremer, J., & Reijnders, P., 2012. Habitat preferences of harbor seals in the Dutch coastal area: analysis and estimate of effects of offshore wind farms. IMARES report C043/10. Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. Introduction to Distance Sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.
- Bulder, B. H., E.T.G. Bot, W. Wiggelinkhuizen, and F. Nieuwenhuizen. 2014. Quick scan wind farm efficiencies of the Borssele location. Technical Report ECN-E-14-050, ECN, 34 pp.
- Bulder, B. H. & E.T.G. Bot. 2015. Quick scan of the influence of the Borssele Wind Farms on the (planned) offshore wind farms in Belgium including losses for nearby Belgian Wind Farms. Technical Report ECN-E-15-015, ECN. 26 pp.
- Burd, A.C., 1985. Recent changes in the central and southern North Sea herring stocks. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, 42 (Suppl 1): 192-206

- Buurma, L.S., 1987, Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in Oktober. *Limosa*, 60: 63-74.
- Camphuysen, K.C.J., 2011, Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel: Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS loggers. Royal Netherlands Institute for Sea Research (Royal NIOZ), Marine ecology department. NIOZ-Report 2011-05, 75pp.
- CEFAS, 2010. Strategic review of offshore wind farm monitoring data associated with FEPA licence conditions. Project ME1117, August 2010, 42 pp.
- Christensen, T.K., Clausager, I. en 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. Commissioned report to Tech-wise A/S. National Environmental Research Institute. 65 pp.
- CMACS, 2003. A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore windfarm cables. COWRIE Report EMF-01-2002 66. 71pp.
- Coates, D., J. Vanaverbeke, M. Rabaut en M. Vincx, 2011. Soft-sediment macrobenthos around offshore wind turbines in the Belgian Part of the North Sea reveals a clear shift in species composition. in: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. Chapter 6: 47-63.
- Coates, D.; Vanaverbeke, J.; Vincx, M., 2012. Enrichment of the soft sediment macrobenthos around a gravity based foundation on the Thorntonbank, in: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.). (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Chapter 4: pp. 41-54
- Coates, D.A., Van Hoey, G., Colson, L., Vincx, M., Vanaverbeke, J., 2013a. Rapid macrobenthic recovery after construction activities of an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. In: Coates D. A., The effects of offshore wind farms on macrobenthic communities in the North Sea, PhD thesis, Ugent
- Coates, D.; Deschutter, Y.; Vincx, M.; Vanaverbeke, J., 2013b. Macrobenthic enrichment around a gravity based foundation, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. pp. 141-151.
- CONCERE-ENOVER, 2010. National renewable energy action plan http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_belgium_en.pdf.
- Connor, D.W.; Allen J. H.; Golding, N., Howell, K.L.; Lieberknecht, L.M.; Northen, K.; Reker, J.B. (2004). The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 04.05. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Cook, A.S.C.P., Ross-Smith, V.H, Roos, S., Burton, N.H.K., Beale, N., Coleman, C., Daniel, H., Fitzpatrick, S., Rankin, E., Norman, K. and Martin, G., 2011. Identifying a Range of Options to Prevent or Reduce Avian Collision with Offshore Wind Farms using a UK-Based Case Study. BTO Research Report No. 580.
- Corten, A., 2001. Herring and Climate. PhD Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, The Netherlands. 228pp.
- Cushing D.H., Burd A.C., 1957. On the herring of the southern North Sea. *Fishery Investigations*, London, Ser II, 20 (11): 1-31
- Dähne, M., A. Gilles, K. Lucke, V. Peschko, S. Adler, K. Krügel, J. Sundermeyer & U. Siebert, 2013. Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. *Environmental Research Letters* 8, 025002.
- Dähne, M, V. Peschko, A. Gilles, K. Lucke, S. Adler, K. Ronneberg & U. Siebert, 2014. Marine mammals and windfarms: Effects of alpha ventus on harbour porpoises. In Beierdorf, A. & K. Wollny-Goerke (eds), *Ecological research at the offshore windfarm alpha ventus - challenges, results and perspectives*. Springer Fachmedium, Wiesbaden, Germany: 133-149.
- Dalhoff, P. en F. Biehl., 2005. Ship Collision, Risk Analysis – Emergency systems – Collision dynamics, 11 pp.
- Davies, I. and Band, B., 2012. Turbine height as a management tool for collision risk to birds at offshore wind farms. *ICES ASC* 2012/O:8.
- De Backer, A., Moulaert, I., Hillewaert, H., Vandendriessche, S., Van Hoey, G., Wittoeck, J. and Hostens, K., 2010. Monitoring the effects of sand extraction on the benthos of the Belgian Part of the North Sea. ILVO-report, 117.

- De Blauwe, H.; Kind, B.; Kuhlenkamp, R.; Cuperus, J.; van der Weide, B.; Kerckhof, F., 2014. Recent observations of the introduced *Fenestrulina delicia* Winston, Hayward & Craig, 2000 (Bryozoa) in Western Europe. *Studi Trent. Sci. Nat.* 94: 45-51
- de Jong, C. A. F., & Ainslie, M. A., 2008. Underwater radiated noise due to the piling for the Q7 Offshore Wind Park. Paper presented at the Acoustics 08, Paris. conference
- De Mesel I., Kerckhof F., Rumes B., Norro A., Houziaux J.-S. & Degraer S. (2013). Fouling community on the foundations of wind turbines and the surrounding scour protection. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. pp. 123-137.
- Degraer, S., Vincx, M., Meire, P. & Offringa, H., 1999. The macrozoobenthos of an important wintering area of the Common scoter (*Melanitta nigra*). *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 79:243-251.
- Degraer, S., E. Verfaillie, W. Willems, E. Adriaens, M. Vincx & V. Van Lancker, 2008. Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: An example from the Belgian part of the North Sea. *Continental Shelf Research*, 28(3):369-379. doi: 10.1016/j.csr.2007.09.001.
- Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes, 2010. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit, 212 pp.
- Degraer, S., F. Kerckhof, J. Reubens, N. Vanermen, I. Demesel, B. Rumes, E. Stiene, S. Vandendriessche and M. Vincx, 2013a. Not necessarily all gold that shines: appropriate context setting needed. In: Degraer, S., R. Brabant and B. Rumes (eds.). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Belgium, 174-181.
- Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.), 2013b. Environmental impacts of the offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimize future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels.
- Degrendele, K.; Roche, M.; Schotte, P.; Van Lancker, V.; Bellec, V.; Bonne, W., 2010. Morphological evolution of the Kwinte Bank central depression before and after the cessation of aggregate extraction *J. Coast. Res.* SI 51: 77-86
- Dekoninck L. and Botteldooren D. 2010. C-Power Immissiemetingen bij de off-shore windturbines. Universiteit Gent report. 22pp
- Dekoninck L. and Botteldooren D. 2011. Acoustical research C-Power Piling Phase 2, 27pp.
- Department of Energy and Climate Change (DECC), 2008a. Review of Round 1 sediment process monitoring data – lessons learnt. A Report for the Research Advisory Group. Final Report, 23 pp + App. (107 pp).
- Department of Energy and Climate Change (DECC), 2008b. Dynamics of scour pits and scour protection – Synthesis report and recommendations (Milestones 2 and 3). A Report for the Research Advisory Group. Final Report, 18 pp + App. (96 pp).
- Deros S., Verfaillie E., Van Lancker V., Courtens W., Stienen E.W.M., Hostens K., Moulart I., Hillewaert H., Mees J., Deneudt K., Deckers P., Cuvelier D., Vincx M., Degraer S., 2007, A biological valuation map for the Belgian part of the North Sea: BWZee, Final report, Research in the framework of the BELSPO programme “Global chance, ecosystems and biodiversity” – SPSD II, March 2007, pp. 99 (+ Annexes)
- Desholm, M., Fox, A.D. en Beasley, P.D., 2005, Best practice guidance for the use of remote techniques for observing bird behaviour in relation to offshore wind farms (Cowrie) 94 pp.
- Dierschke, V., O. Hüppop & S. Garthe, 2003. Populationsbiologische Schwellen der Unzulässigkeit für Beeinträchtigungen der Meeresumwelt am Beispiel der in der deutschen Nord- und Ostsee vorkommenden Vogelarten. *Seevogel* 24: 61-72.
- Drewitt, A.L. en Langston, R.H.W., 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. (*Ibis*) 148, 29 – 42.
- Dulière, V. en Rumes, B., 2014. Oil spill drift study for the MERMAID offshore energy park., RBINS-MUMM Report, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, 7 pp.
- Dyndo, M., Wiśniewska, D.M., Rojano-Doñate, L. & Madsen, P.T., 2015. Harbour porpoises react to low levels of high frequency vessel noise. *Scientific Reports* 5: 11083. DOI: 10.1038/srep11083

- Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young, D.P., Jr Sernja, K.J. & Good, R.E., 2001, Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document. <http://www.nationalwind.org/publications/avian.htm>
- European Commission, 2014. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030
- Eurostat, 2013. Electricity production and supply statistics 2013
- Everaert, J., 2013. Aanvullingen op het rapport ‘‘Risico’s voor vogels en vleermuizen bij geplande windturbines in Vlaanderen’’. Aanzet voor beoordelings- en significantiekader. Research Institute for Nature and Forest, Brussels
- Flemtek_IMDC, 2012. Radar en marifone communicatie – Windmolenpark Rentel – Radarstudie, 132 pp.
- Flemtek_IMDC, 2014. Radar en marifone communicatie – Windpark Mermaid – Northwester 2 Radarstudie, 182 pp.
- Fox, A.D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T.K. en Petersen, I.B.K., 2006, Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds (Ibis) 148, 129 – 144.
- Fujii, T., 2012. Reef effect of offshore artificial structures on the distribution of gadoid fishes in the North Sea. The International Conference on the Environmental Interactions of Marine Renewable Energy Technologies (EIMR), Orkney, UK, May 2012.
- Galagan, C., T. Isaji and C. Swanson, 2005. Estimates of seabed scare recovery from jet plow cable burial operations and possible cable exposure on Horseshoe Shoal from sand wave migration. ASA Report 05-128, Appendix 3.14-A, 16 pp.
- Gerdes, G., Jansen, A., Rehfeldt, K., Teske, S., 2005. Offshore Wind Energy – Implementing a New Powerhouse for Europe. Grid connection, environmental impact assessment. 164 pp.
- Gill, A.B., Gloyne-Phillips, I., Neal, K.J. & Kimber, J.A., 2005. Cowrie 1.5 Elektromagnetic Fields Review: 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. 90pp.
- Gill A., Huang Y., Gloyne-Phillips I., Gloyne-Phillips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J., 2009. EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. COWRIE report. Ref EP-2054-ABG. 68 pp.
- Gordon J., Thompson D., Gillespie D., Lonergan M., Calderan S., Jaffey B and Todd V., 2007. Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarm. COWRIE report DETER-01-2007.
- Grontmij, 2006. Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. Definitief. In opdracht van WEOM. 335pp.
- Grontmij, 2010. Monitoring van de effecten van far-shore windparken op het landschap- deel socio-landschappelijk onderzoek: eindrapport, 146 pp.
- Haelters, J., 2009. Monitoring of marine mammals in the framework of the construction and exploitation of offshore windfarms in Belgian marine waters. In: S. Degraer & R. Brabant (Eds.). Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Chapter 10: 237-266.
- Haelters, J., & Kerckhof, F., 2015. Opduiken van Atlantische ‘megafauna’ in onze wateren in de late zomer, het najaar en de winter van 2013-2015 [Emergence of Atlantic ‘megafauna’ in Belgian waters in late summer, autumn and winter of 2013-2015]. De Strandvlo 35(2): 37-45.
- Haelters J., Norro A. & Jacques T., 2009. Underwater noise emission during the phase I construction of the C-Power wind farm and baseline for the Belwind wind farm. In Degraer S. & Brabant R. Ed. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. MUMM Bruxelles, 2009. 288pp and 7 annexes.
- Haelters, J., Debusschere, E., Botteldooren, D., Dulière, V., Hostens, K., Norro, A., Vandendriessche, S., Vigin, L., Vincx, M., Degraer, S., 2013. The effects of pile driving on marine mammals and fish in Belgian waters. In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Environmental impacts of the construction of offshore windfarms in

- the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Chapter 7: 70-77.
- Haelters, J., Dulière, V., Vigin, L. & Degraer, S., 2015a. Towards a numerical model to simulate the observed displacement of harbour porpoises *Phocoena phocoena* due to pile driving in Belgian waters. *Hydrobiologia* 756, 105-116..
- Haelters, J., Kerckhof, F., Jauniaux, T., Potin, M., Rumes, B. & Degraer, S., 2015b. Zeezoogdieren in België in 2014 [Marine mammals in Belgium in 2014]. MARECO rapport 15/003. 24 pp.
- Hastie, G.D., Russell, D.J.F., McConnell, B., Moss, S., Thompson, D. & Janik, V.M., 2015. Sound exposure in harbour seals during the installation of an offshore wind farm: predictions of auditory damage. *Journal of Applied Ecology* 52: 631–640. DOI: 10.1111/1365-2664.12403
- Henriet, J.-P., Versteeg, W., Staelens, P., Vercruysse, J. & Van Rooij, D., 2006. Monitoring van het onderwatergeluid op de Thorntonbank: referentietoestand van het jaar nul, eindrapport. Studie in opdracht van het KBIN/BMM, rapport JPH/2005/sec15, Renard Centre of Marine Geology Ghent University, Belgium July, 2006
- Houziaux, J.-S., Kerckhof, F., Degrendele, K., Roche, M. & Norro A., 2008. The Hinder banks: Yet an important region for the Belgian marine biodiversity ('HINDERS'). Belgian Science Policy Office, Final report. 123 pp. + 131 pp. Annexes.
- Huddelston, J. (ed) 2010. Understanding the environmental impacts of offshore windfarms COWRIE 138 pp.
- Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K.M., Fredrich, E. en Hill R., 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines, *Ibis* 148: 90-109.
- Hvidt, C.B. 2004. Electromagnetic fields and the effect on fish. Results from the investigations at Nysted Offshore Wind Farm. Presentation held at the conference Offshore Wind Farms and the Environment, Billund (DK) September 22nd 2004.
- ICES 2011. Sandeel in the Central Eastern North Sea (SA 3). Section 6.4.21.3 in Report of the ICES Advisory Committee 2011, Book 6, 366 pp.
- IJzer, S., 2010. Influence of surface waves on sand wave migration and asymmetry. Graduation report, June 2010, Dep. Civiele Techniek en Management, Universiteit Twente, 96 pp.
- IMDC, 2012a. Milieueffectenrapport windpark Rentel, Rapport I/RA/11397/11.188/RDS 685 pp. + annexes.
- IMDC, 2012b. Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredge plume dispersion. IMDC Report I/RA/11397/12.114/VBA, 58 pp.
- IMDC, 2012c. Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. IMDC Report I/RA/11397/12.072/LWA, 47 pp.
- IMDC, 2013a, Milieueffectenrapport windpark SeaStar. I/RA/11421/12.201/MIM, , 525 pp. + annexes.
- IMDC, 2013b. Milieueffectenrapport windpark SeaStar. Life cycle analysis. I/RA/11421/13.126/MGOLCA Seastar
- IMDC, 2014a Milieueffectenrapport windpark Mermaid en Northwester2. 651 pp. + annexes.
- IMDC, 2014b. Milieueffectenrapport windpark Mermaid en Northwester2. Life cycle analysis: windpark en kabels. I/RA/11441/14.014/MIM
- IMDC, 2014c. Environmental Impact Assessment wind farm Mermaid and Northwester2. Numeric modelling of sediment transport. I/RA/11441/14.012/MIM.
- IMDC, 2014d. Environmental Impact Assessment wind farm Mermaid and Northwester2. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11441/14.013/MIM.
- IMDC, 2015. Milieueffectenrapport windpark Northwester 2 – Addendum MER Northwester, 18 pp.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report 133 pp.
- IWC, 2012. Report of the workshop on interactions between marine renewable projects and cetaceans worldwide. International Whaling Commission Report SC/64/Rep6, Panama City, Panama, 8-10 juni 2012, 32 pp.
- JNCC, 2010. JNCC Guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys. JNCC, Marine Advice, Aberdeen, Augustus 2010.

- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A. & Sarappo, S.A. 2002, Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale windpower development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Soc. Bull.* 30: 879–887.
- Johnston, A., Cook, A., Wright, L., Humphreys, E. and Burton, N., 2014. Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 2014(51): 31 – 41.
- Karlsson, J., 1983, *Faglar och vindkraft*. Lund, Sweden: Ekologihuset.
- Kastelein, R. A., D. van Heerden, R. Gransier & L. Hoek, 2013. Behavioral responses of a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) to playbacks of broadband pile driving sounds. *Marine Environmental Research* 92: 206-214.
- Kastelein, R.A., Hoek, L., Gransier, R., de Jong, C.A.F., Terhune, J.M. & Jennings, N., 2015a. Hearing thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behavior. *Hydrobiologia* (2015) 756:89–103. DOI 10.1007/s10750-014-2035-x
- Kastelein, R.A., Helder—Hoek, L., Gransier, R., Terhune, J.M., Jennings, N. & de Jong, C.A.F., 2015b. Hearing thresholds of harbor seals (*Phoca vitulina*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behavior. *Hydrobiologia* (2015) 756:75–88. DOI 10.1007/s10750-014-2152-6
- Kastelein, R.A., Gransier, R., Marijt, M.A.T. & Hoek, L., 2015c. Hearing frequency thresholds of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds. *J. Acoust. Soc. Am.* 137 (2): 556-564. DOI: 10.1121/1.4906261
- Kerckhof, F., J., Haelters & S., Gollasch, 2007. Alien species in the marine and brackish ecosystem: the situation in Belgian waters. *Aquatic Invasions* 2(3): 243-257.
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Jacques, T.; Degraer, S.; Norro, A., 2010a. Early development of the subtidal marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea): first monitoring results *Underwat. Technol.* 29(3): 137-149
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Norro, A.; Jacques, T.G.; Degraer, S., 2010b. Seasonal variation and vertical zonation of the marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea), in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2010). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. pp. 53-68
- Kerckhof, F.; Degraer, S, Norro, A. en Rumes, B.; 2011. Offshore intertidal hard substrata: a new habitat promoting non-indigenous species in the Southern North-Sea: An exploratory study.
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Norro, A.; Houziaux, J.-S.; Degraer, S. 2012. A comparison of the first stages of biofouling in two offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2012). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts*. pp. 17-39
- Kirshvink, J.L., 1997. Magnetoreception: homing in on vertebrates. *Nature* 390: 339-340.
- Klastrup, M. 2006. Few effects on the fish communities so far. Pp. 64-79 in: DONG Energy Vattenfall, The Danish Energy Authorities and The Danish Forest and Nature Agency (eds.) *Danish Offshore Wind – Key Environmental Issues*. PrinfoHolbæk, Hedehusene. Available from <http://ens.netboghandel.dk/english/PUBL.asp?page=publ&objno=16288226>
- Kornman, B.A. en D.C. van Maldegem, 2002. Evaluatie van de effecten van het verspreiden van Boomse Klei in de Westerschelde. Eindrapportage monitoring boorspecie. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, Rapport RIKZ 2002.052, 36 pp.
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C., Heunks, C., van Horssen, P.W., de Fouw, J., Collier, M., Poot, M.J.M., Beuker, D. & Dirksen S., 2010, Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee: Progress report on fluxes and behaviour of flying birds covering 2007 & 2008. 103 pp.
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C., Japink, M., van Horssen, P.W., Heunks, C., Collier, M.P., Poot, M.J.M., Beuker, D. & Dirksen, S., 2011, Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Bureau Waardenburg. 330 pp.
- Krone, R. , Gutow, L. , Brey, T. , Dannheim, J. and Schröder, A. (2013): Mobile demersal megafauna at artificial structures in the German Bight – Likely effects of offshore wind farm development , *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 125 , pp. 1-9 . doi: 10.1016/j.ecss.2013.03.012

- Kunz, T.H., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johson, G.D., Larkin, R.P., Strickland, M.D., Thresher, R.W., Tuttle, M.D., 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front. Ecol. Environ.* 5, 315–324.
- Lagerveld S., Jonge Poerink B., Haselager R. & Verdaat H., 2014. Bats in Dutch offshore wind farms in autumn 2012. *Lutra* 2014 57 (2): 61-69.
- Lauwaert, B.; Bekaert, K.; Berteloot, M.; De Brauwier, D.; Fettweis, M.; Hillewaert, H.; Hoffman, S.; Hostens, K.; Mergaert, K.; Moulaert, I.; Parmentier, K.; Vanhoey, G.; Verstraeten, J., 2008. Syntheserapport over de effecten op het maritieme milieu van baggerspeciëstoringen (vergunningsperiode 2006-'08). Afdeling Maritieme Toegang/BMM/ILVO/Vlaamse Overheid. Afdeling Kust [S.l.]. 128 + 2 maps, CD-ROM pp.
- Lauwaert, B., K. Bekaert, M. Berteloot, A. De Backer, J. Derweduwen, A. Dujardin, M. Fettweis, H. Hillewaert, S. Hoffman, K. Hostens, S. Ides, J. Janssens, C. Martens, T. Michielsen, K. Parmentier, G. Van Hoey and T. Verwaest, 2009. Synthesis report on the effects of dredged material disposal on the marine environment (licensing period 2008-2009). MUMM, ILVO, CD, aMT, WL report BL/2009/01, 73 pp. http://www.mumm.ac.be/Downloads/News/synthesis_report_PW_2009.pdf.
- Leopold, M.F. & Camphuysen, K.C.J., 2007, Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact local seabirds? NoordzeeWind Rapport OWEZ R 221 Tc 20070525. 28 pp.
- Leopold, M.F., Camphuysen, C.J., Verdaat, H., Dijkman, E.M., Meesters, H. W. G., Aarts, G. M., Poot, M. & Fijn, R., 2009, Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 en T-1) IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20100329, pp. 269.
- Leopold, M.F., Dijkman, E.M., Teal, L. & the OWEZ-Team, 2011, Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010) IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20111220, pp. 269.
- Leopold, M.F.; Boonman, M.; Collier, M.P.; Davaasuren, N.; Fijn, R.C.; Gyimesi, A.; de Jong, J.; Jongbloed, R.H.; Jonge Poerink, B.; Kleyheeg-Hartman, J.C.; Krijgsveld, K.L.; Lagerveld, S.; Lensink, R.; Poot, M.J.M.; van der Wal, J.T.; Scholl, M. (2014). A first approach to deal with cumulative effects on birds and bats of offshore wind farms and other human activities in the Southern North Sea. IMARES Report C166/14.
- Limpens H., Huitema H. & Dekker J., 2007. Vleermuizen en windenergie, Analyse van effecten en verplichtingen in het spanningsveld tussen vleermuizen en windenergie, vanuit de ecologische en wettelijke invalshoek. SenterNovem Rapport nr. 2006.50. 85 pp.
- Lindeboom H.J. & S.J. de Groot, Eds 1998. IMPACT-II: The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. Netherlands Institute for Sea Research. NIOZ-Rapport 1998-1. RIVO-DLO Report C003/98. EC-Contract AIR2-CT94-1664. 404 pp.
- Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J., Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brasseur, S., Daan, R., Fijn, R.C., de Haan, D., Dirksen, S., van Hal, R., Hille Ris Lambers, R., terHofstede, R., Krijgsveld, K.L., Leopold, M. & Scheidat, M., 2011, Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone: a compilation *Environmental Research Letters* 6 (2011) 035101 (13pp).
- Lucke, K., Lepper, P. A., Blanchet, M. A., & Siebert, U. 2011. The use of an air bubble curtain to reduce the received sound levels for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). *J Acoust Soc Am*, 130(5), 2406-3412.
- Maes, F., J. Schrijvers, V. Van Lancker, E. Verfaillie, S. Degraer, S. Derous, B. De Wachter, A/ Volckaert, A. Vanhulle, P. Vandenabeele, A. Cliquet, F. Douvere, J. Lambrecht en R. Makgill, 2005. Towards a spatial structure plan for sustainable management of the sea. Research in the framework of the BELSPO Mixed Actions – SPSP II, Juni 2005. pp. 539.
- MARIN, 2011a. Veiligheidsstudie offshore windpark North Sea Power, 84 pp.
- MARIN, 2011b. Veiligheidsstudie offshore windpark North Sea Power – aanvullende studie, 97 pp.
- MARIN, 2013. Veiligheidsstudie offshore windpark Seastar, 86 pp.
- MARIN, 2014. Safety assessment study for offshore windfarms Mermaid and Northwester 2, 84 pp.
- Masden, E.A., D.T. Haydon, A.D. Fox, R.D. Furness, R. Bullman & M. Desholm, 2009, Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science* 66: 746-753.

- Masden, E.A., Fox, A.D., Furness, R.W., Bullman, R., & Haydon, D.T., 2010, Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: developing a conceptual framework. *Environmental Impact Assessment Review*. *Environmental Impact Assessment Review*. 30:1-7.
- Mathys, M., 2009. The Quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea. Unpublished PhD thesis, Universiteit Gent, XXIV, 382, annexes.
- Mathys, P., V. Meirshaert, J. Portilla, J. De Rouck, G. De Volder & L. Dewilde, 2009. OPTIEP-BCP: Optimaliseren van de basiskennis over het energiepotentieel op het Belgisch Continentaal Plat. In opdracht van het Federaal Wetenschapsbeleid, Strategische Prioriteiten van de Federale Overheid (AP/42), 192 pp.
- McA & Qinetiq, 2004. Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by Qinetiq and the Maritime and Coastguard agency, 84pp.
- Mitchell A., E. McCarthy, E. Verspoor, 1998. Discrimination of the North Atlantic lesser sandeels *Ammodytes americanus*, *A. tobianus*, *A. dubius* and *Gymnammodytes semisquamatus* by mitochondrial DNA restriction fragment patterns. *Fisheries Research* 36: 61–65.
- Morelissen, R., S. Hulscher, M.A.F. Knaapen, A.A. Németh and R. Bijker, 2003. Mathematical modelling of sand wave migration and the interaction with pipelines. *Coastal Engineering*, 48, 197-209.
- Morell, M., Degollada, E., Alonso, J.M., Jauniaux, T. & Andre, M., 2009. Decalcifying odontocete ears following a routine protocol with RDO (R). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 376: 55-58.
- Mueller-Blenkle, C., McGregor, P.K., Gill, A.B., Andersson, M.H., Metcalfe, J., Bendall, V., Sigraay, P., Wood, D.T. & Thomsen, F. (2010) Effects of Pile-driving Noise on the Behaviour of Marine Fish. COWRIE Ref: Fish 06-08, Technical Report 31st March 2010
- Murphy, S., Tougaard, J., Wilson, B., Benjamins, S., Haelters, J., Lucke, K., Werner, S., Brensing, K., Thompson, D., Hastie, G., Geelhoed, S., Braeger, S., Lees, G., Davies, I., Graw, K.-U. & Pinn, E., 2012. Assessment of the marine renewables industry in relation to marine mammals: synthesis of work undertaken by the ICES Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). International Whaling Commission, IWC/64/SC MRED1; 71 pp.
- Murray, R.W., 1974. The ampullae of Lorenzini, In *Electroreceptors and other specialized organs in lower vertebrates*, (ed. A. Fessard). Springer-Verlag, New-York: 125-146.
- Nedwell J.R. and Howell D., 2004. A review of offshore windfarm related underwater noise sources. Report N° 544 R 0308 COWRIE oct 2004. 57 pp
- Nehls, G., Betke, K., Eckelmann, S., & Ros, M., 2007. Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. COWRIE ENG-01-2007. COWRIE Ltd. (Collaborative Offshore Wind Research Into The Environment). London, UK. (pp. 47).
- Németh, A.A., 2003. Modelling offshore sand waves. PhD Thesis, University of Twente, 141 pp.
- Newell, R.C.; L.J. Seiderer and Hitchcock, D.R., 1998. The impact of dredging works in the coastal waters; a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology, Ann. Rev.*, 36: 127-178.
- NIRAS Consulting Engineers and Planners A/S., 2009. Barrow Offshore Wind Farm. Post Construction Monitoring Report. Year 2.
- Norro A., J. Haelters, B. Rumes and S. Degraer 2010. Underwater noise produced by the piling activities during the construction of the Belwind offshore wind farm (Bligh Bank, Belgian marine waters). In Degraer, s., r. Brabant, b. Rumes ed., *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*, 212 p.
- Norro, A., B. Rumes & S. Degraer, 2012. Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundation wind turbines: a case study from the Belgian part of the North Sea. In Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes (eds), *Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: heading for an understanding of environmental impacts*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Belgium: 145-155.

- Norro A., Rumes B. and Degraer S. 2013 Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundations for offshore windmills. A case study from the Belgian Part of the North Sea. *The Scientific Journal*. Vol 2013, Article ID 897624, 7 pp.
- Orejas C., T., Joschko, A. Schröder, J., Dierschke, M., Exo, E., Friedrich, R., Hill, O., Hüppop, F., Pollehne, M.L., Zettler, R., Bochart. 2005. Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO), AP2 Prozesse im Nahbereich der Piles Nordsee. 161 – 234
- OSPAR, 2008. Background Document on potential problems associated with power cables other than those for oil and gas activities. Publication Number: 370/2008, 50pp.
- OSPAR, 2009. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. OSPAR Biodiversity Series.
- OSPAR 2012a. Guidelines on Best Environmental Practice (BEP) in cable laying and Operation. OPSAR Commission, Agreement 2012-02. 16 pp.
- OSPAR 2012b. Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources. OSPAR Commission, Agreement 2012-03. 5 pp.
- Parvin, S. J., Nedwell, J. R., & Workman, R., 2006. Undewater noise impact modelling in support of the London array, Greather Gabbard and Thanet offshore wind farm developments. Subacoustech Report N0 544R0424.
- Pearson, T.H. 1968. The feeding biology of sea-bird species breeding on the Farne Islands, Northumberland. *Journal of Animal Ecology* 37: 521-552.
- Pehlke, H.; Nehls, G.; Bellmann, M.; Gerke, P.; Diederichs, A.; Oldeland, J.; Grunau, C.; Witte, S. & Rose, A. (2013) Entwicklung und erprobung des Grossen blasenschleiers zur minderung der hydroshallemissionen bei offshore-rammarbeiten. BundesMinisterium für Umwelt, 243 pp.
- Petersen J. K. & T. Malm, 2006. Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. *Ambio* 35 (2): 75-80.
- 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.
- Pieters, M., Demerre, I., Lenaerts, T., Zeebroek, I., De BIE, M., De Clercq, W., Dickinson, B., Monsieur, P., 2010. De Noordzee: een waardevol archief onder water. Meer dan 100 jaar onderzoek van strandvondsten en vondsten uit zee in België: een overzicht. *Relicta* 6, pp. 177-218.
- Plonczkier, P. & Simms, I.C., 2012, Radar observations of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02181.x
- Poléo, A.B.S., Johannessen, H.F., and Harboe, M. 2001. High voltage direct current (HVDC) sea cables and sea electrodes: effects on marine life. 1st. revision of the literature study. University of Oslo, Report, 50pp.
- Poot, M.J.M., van Horssen, P.W., Collier, M.P., Lensink, R., Dirksen, S., 2011, Effect studies Offshore Wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. 247 pp.
- Popper A. N. & Hastings M. C. (2009). The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of Fish Biology* 75: 455–489
- Postuma, K.H., Saville, A. & Wood, R.J., 1977. Herring spawning grounds in the North Sea. ICES Cooperative Research Report n°61. 60 p.
- Ramboll, 2009. Anholt Offshore Wind Farm – Analysis of risks to ship traffic, 150 pp.
- Reubens, J.; Degraer, S.; Vincx, M., 2009. The importance of marine wind farms, as artificial hard substrates, on the North Sea bottom for the ecology of the ichthyofauna, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. pp. 53-60
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M., 2010, The importance of marine wind farms, as artificial hard substrata, for the ecology of the ichthyofauna. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.), 2010, Offshore wind farms in the

- Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.
- Reubens, J.T., S. Degraer & M. Vincx, 2011a. Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. Fisheries Research. 108 (1): 223 – 227.
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M., 2011b, Spatial and temporal movements of cod (*Gadus morhua*) in a wind farm in the Belgian part of the North Sea using acoustic telemetry, a VPS study. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.), 2011, Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 5, pp. 39-46.
- Reubens, J.T., S. Degraer & M. Vincx, 2013. Offshore wind farms significantly alter fish community structure – Aggregation of Atlantic cod and pouting. in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. pp. 141-151.
- Richardson, W.J., 2000, Bird Migration and Wind Turbines: Migration Timing, Flight Behaviour, and Collision Risk. Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting II, 132–140. <http://Www.Nationalwind.Org/Publications/Avian.Htm>
- Robinson S., Theobald P., Hayman G., Wang L., Mepper P., Humphrey S., Mumford S. 2011. Measurement of noise arising from marine aggregate dredging operations. MALSF(MEPF Refno.09/P108) MALSF 144pp.
- Rodrigues, L., L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, J. Goodwin & C. Harbusch, 2008: Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication Series No. 3 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 51 pp
- Roos, P.C., 2008. Wie een kuil graaft, Conceptueel, 17, 2, 8-11.
- Royal Haskoning, 2005. MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding - Samenvatting. Uitgevoerd in opdracht van BritNed Development Limited. 82pp.
- Rumes, B., Di Marcantonio, M., Brabant, R., Dulière, V., Degraer, S., Haelters, J., Kerckhof, F., Legrand, S., Norro, A., Van den Eynde, D., Vigin, L. & Lauwaert, B., 2011. Milieueffectenbeoordeling van het NORTHER offshore windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 190 pp.
- Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Degraer, S.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Van den Eynde, D.; Norro, A.; Vigin, L. en Lauwaert, B. 2012a. Milieueffectenbeoordeling van het RENTEL offshore windpark ten noordwesten van de Thorntonbank en ten zuidoosten van de Lodewijkbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 206 pp.
- Rumes, B., Di Marcantonio, M., Haelters, J. & Lauwaert, B., 2012b. Aanvraag van Rotary RS nv voor een machtiging voor een geofysische en geotechnische survey – zone SEASTAR: Milieueffectenbeoordeling (MEB) en advies van het Bestuur. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel.
- Rumes, B, Di Marcantonio, M., Brabant, R., Haelters, J., Kerckhof, F., Vigin, L., Lauwaert, B., 2013a. Milieueffectenbeoordeling van het NEMO Link Project Onderzoek van de aanvraag van de n.v. Elia voor een vergunning en machtiging voor de aanleg en de exploitatie van een HVDC interconnector in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel. 81 pp.
- Rumes, B., Di Marcantonio, M. Haelters, J. & Lauwaert, B., 2013b. Aanvraag van ELIA Asset nv voor een machtiging voor een geofysische en geotechnische survey: Milieueffectenbeoordeling (MEB) en advies van het Bestuur. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel.
- Rumes, B., Coates, D, De Mesel, I, Derweduwen, J, Kerckhof, F., Reubens, J. en Vandendriessche S. 2013c Does it really matter? Changes in species richness and biomass at different spatial scales In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. 248 pp.
- Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Demesel, I.; Dulière, V.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2013d. Milieueffectenbeoordeling van het SEASTAR offshore

- windmolenpark ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank . BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 188 pp.
- Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; De Mesel, I.; Degraer, S.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Schallier, R., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2014. Milieueffectenbeoordeling van het Belgian Offshore Grid. BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 173 pp.
- Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Dimesel, I.; Dulière, V.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2015. Milieueffectenbeoordeling van het MERMAID offshore energiep  rk ten noordwesten van de Bligh Bank. BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 210 pp. en Annex.
- Russell, D.J.F., Brasseur, S.M.J.M., Thompson, D., Hastie, G.D., Janik, F.M., Aarts, G., McClintock, B.T., Matthiopoulos, J., Moss, S.E.W. & McConnell, B., 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology* 24(14): 638–639.
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Green, M., Rodriguez, L., Hedenstr  m, A., 2010. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterol.* 12, 261–274.
- Sæther, B. E. & Bakke,   , 2000. Avian life history variation and contribution of demographic traits to the population growth rate. *Ecology* 81, 642–653.
- Saleem, Z., 2011. Alternatives and modifications of monopole foundation or its installation technique for noise mitigation (pp. 68). Delft NL.
- Schaeck, M., 2011. Seasonal dynamics in the contribution of artificial hard substrated to the diet of pouting (*Trisopterus luscus*) and atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Belgian part of the North Sea. M.Sc. Thesis, Ghent University, Gent, Belgium. 47 pp.
- SenterNovem, 2005 .Handboek Risicozonering Windturbines, 2de geactualiseerde versie januari 2005 In SGS, 2007. Studie Windturbines en veiligheid. 64 pp.
- Seys, J., Offringa, H., Van Waeyenberge, J., Meire, P. & Kuijken, E., 1999, Ornitologisch belang van de Belgisch maritieme wateren: naar een aanduiding van kensoorten en sleutelgebieden. Nota IN 99/74.
- Simmonds, M., S. Dolman and L. Weilgart. 2003. Oceans of noise. 165 pp.
- Simonini, R., I. Ansalonia, P. Boninia, V. Grandia, F. Graziosia, M. Iottia, G. Massamba-N’Sialaa, M. Mauria, G. Montanarib, M. Pretic, N. De Nigrisc, D. Prevedellia. 2007. Recolonization and recovery dynamics of the macrozoobenthos after sand extraction in relict sand bottoms of the Northern Adriatic Sea.. *Marine Environmental Research*. 64 (5): 574-589
- Sips, H.J.J., 1988. Het belang van grindbodems in de Noordzee als paaiplaats voor de haring (*Clupea harengus* L.); voorstudie en onderzoeksvoorstel. Bureau Waardenburg bv, rapport 88.20. 19p.
- Smith, E., 2002. BACI design. in: El-Shaarawi, A.H. and W.W. Piegorsch (Eds.). *Encyclopedia of Environmetrics*. Volume 1, pp 141–148. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Stienen, E.W.M.; van Beers, P.W.M.; Brenninkmeijer, A.; Habraken, J.M.P.M.; Raaijmakers, M.H.J.E.; van Tienen, P.G.M., 2000. Reflections of a specialist: patterns in food provisioning and foraging conditions in sandwich tern *Sterna sandvicensis*. *Ardea* 88 (1): 33-49.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E., 2002, De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank. Studie ter beoordeling en monitoring van de impact van een offshore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Rapport IN.A.2002.244, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 60 pp.
- Stienen, E.W.M. & Kuijken, E., 2003, Het belang van de Belgische zeegebieden voor zeevogels. Rapport IN.A.2003.208.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberghe, J. & Kuijken, E., 2007, Trapped within the corridor of the southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds. In: de Lucas, M., Guyonne, F.E. en Ferrer, M., 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, p. 71 – 80.
- Tasker M.L., Amundin M., Andre M., Hawkins A., Lang B., Merck T., Sholik-Scholmer A., Teilmann J., Thomsen F., Werner S., Zakharia M, 2010. Indicator for the good environmental status for underwater noise and other form of energy. The main report of task group 11 for Marine Strategy Framework Directive’s descriptor 11 Draft 11:01/2010. 39pp ICES/JRC report

- Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T.J. & Blake, B.F., (1984). Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardised approach. *Auk* 101: 567-577.
- Tessens, E. & Velghe, M. (2013). De Belgische Zeevisserij 2012: aanvoer en besomming: vloot, quota, vangsten, visserijmethoden en activiteit. Dienst Zeevisserij, Oostende. 119.
- Theobald P, Robinson S and Lepper P. 2011. Measurements of the underwater noise from offshore wind farm installation in the UK. Workshop 'Standard in Underwater noise, Hamburg June 2011.
- Thompson, P.M., Lusseau, D., Barton, T., Simmons, D., Rusin, J. & Bailey, H., 2010. Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin* 60(8):1200-1208.
- Todd, V.L.G., Todd, I.B., Gardiner, J.C., Morrin, E.C.N., MacPherson, N.A., DiMarzio, N.A. & Thomsen, F., 2015. A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. *ICES Journal of Marine Science* 72(2): 328–340. doi:10.1093/icesjms/fsu187
- Tougaard J and Damsgaard Henrikssen, O., 2009. Underwater noise from three types of offshore wind turbines: Estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. *J. Acoust.Soc. Am.* 125(6).pp 3766-3773.
- Tougaard, J., Wright, A.J. & Madsen, P.T., 2014. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin*, in press; doi:10.1016/j.marpolbul.2014.10.051
- Ullmann, A., A. Sterl, J. Monbaliu and D. Van den Eynde, 2009. Contemporary and future climate variability and climate change: impacts on sea-surge and wave height along the Belgian coast. Katholieke Universiteit Leuven, Hydraulics Laboratory, Internal Report, 54 pp.
- van Beest, F.M., Nabe-Nielsen, J., Carstensen, J., Teilmann, J. & Tougaard, J., 2015. Disturbance effects on the harbour porpoise population in the North Sea (DEPONS): status report on model development. Scientific Report 140, Danish Centre for Environment and Energy.
- Van Dalfsen, J.A.; Essink, K.; Toxvigmaden, H.; Birklund, J.; Romero, J., and Manzanera, M., (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 57(5), 1439-1445.
- Van den Eynde, D.; Brabant, R.; Fettweis, M.; Francken, F.; Melotte, J.; Sas, M.; Van Lancker, V., 2010. Monitoring of hydrodynamic and morphological changes at the C-Power and the Belwind offshore wind farm sites: A synthesis, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2010). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. pp. 19-36.
- Van den Eynde, D., 2011. En wat met de stormen: worden die talrijker en/of krachtiger? De Grote Rede, aanvaard voor publicatie
- Van den Eynde, D., R. De Sutter & P. Haerens, 2012. Climate change impact on marine storminess in the Belgian Part of the North Sea. 2012 *Natural Hazards and Earth System Sciences*.
- Van den Eynde, D., M. Baeye, R. Brabant, M. Fettweis F. Francken, P. Haerens, M. Mathys, M. Sas & V. Van Lancker, 2013. Monitoring sediment and morphodynamics at the C-Power and Belwind offshore wind farms: a synthesis. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). *Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. 34 - 47
- Van der Kooij Jeroen, Beth E. Scott b, Steven Mackinson, 2008. The effects of environmental factors on daytime sandeel. distribution and abundance on the Dogger Bank. *Journal of Sea Research* 60, pp 201–209.
- Van Hoey, G., S. Degraer & M. Vincx. 2004. Macrobenthic communities of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59: 601-615..
- Van Hoey, G.; Drent, J.; Ysebaert, T.; Herman, P., 2007. The Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive: Final report. NIOO Rapporten, 2007-02. NIOO, 244 pp.
- Van Lancker, V.R.M.; Du Four, I.; Verfaillie, E.; Deleu, S.; Schelfaut, K.; Fettweis, M.; Van den Eynde, D.; Francken, F.; Monbaliu, J.; Giardino, A.; Portilla, J.; Lanckneus, J.; Moerkerke, G.; Degraer, S. 2007. Management, Research and Budgeting of Aggregates in Shelf Seas related to End-users (Marebasse). Belgian Science Policy: Brussel. 139 pp.
- van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg. 2001. Kunstmatige riffen in de Noordzee in 2001. De status 9 jaar na aanleg. Bureau Waardenburg bv, Culemborg, rapp. nr. 01-071, 35 pp.

- Vanaverbeke, J.; Bellec, V.; Bonne, W.; Deprez, T.; Hostens, K.; Moulaert, I.; Van Lancker, V. and Vincx, M., 2007. Study of post-extraction ecological effects in the Kwintebank sand dredging area (SPEEK), Belgian Science Policy, Brussels, 92p.
- Vandendriessche, S.; Derweduwen, J.; Hostens, K. 2011. Monitoring the effects of offshore windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: baseline monitoring, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. pp. 65-81
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Courtens, W. & Van de Walle, M., 2006, Referentiesituatie van de avifauna van de Thorntonbank. Rapport IN.A.2006.22. 131 pp.
- Vanermen, N. & Stienen, E.W.M., 2009, Seabirds en Offshore Wind Farms: Monitoring results 2008. Report INBO.R.2009.8, Research Institute for Nature and Forest, Brussels. In: Degraer S. en Brabant R. (Ed.), (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 8: pp. 151-221.
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W. & Van de walle, M., 2011, Seabirds en offshore wind farms: Power and impact analyses 2010. In: Degraer, S., Brabant, R. en Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 9: pp. 93-129.
- Vanermen N., Stienen E.W.M., Courtens W., Onkelinx T., Van de walle M. & Verstraete H. 2013a. Bird monitoring at offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea - Assessing seabird displacement effects. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (INBO.R.2013.755887). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Vanermen, N., Robin Brabant, Eric W.M. Stienen, Wouter Courtens, Thierry Onkelinx, Marc Van de walle, Hilbran Verstraete, Laurence Vigin & Steven Degraer, 2013b. Bird monitoring at the Belgian offshore wind farms: results after five years of impact assessment, in: Degraer S., Brabant R. & Rumes B., 2013. Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North sea, learning from the past to optimise future monitoring programmes. Chapter 6: pp. 49-69.
- Vanhellemont, Q. and K. Ruddick, 2014. Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. Remote Sensing of Environment, 145, 105-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.009>
- Verfaillie, E., Van Lancker, V., Van Meirvenne, M., 2006, Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. Continental Shelf Research 26, 2454–2468.
- Voigt, C., Popa-Lisseanu, A., Niemann, I., Kramer-Schadt, S., 2012. The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. Biological Conservation (153) 80–86.
- Wiggelinkhuizen, E.J. & den Boon, J.H., 2010. Monitoring of bird collisions in wind farm under offshore-like conditions using WT-BIRD system, Final report. 57 pp
- Wilke, F.; Kloske, K. En Bellmann, M., 2012. ESRA – Evaluation von Systemen zur Rammschallminderung an einem Offshore-Testpfahl. PTJ, Forschungszentrum Jülich GmbH, 182 pp.
- Winkelman, J.E., 1992, The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, the Netherlands on birds 2: nocturnal collision risks. RIN rapport 92/3 Arnhem: Rijksintituut voor Natuurbeheer.
- Zakon, H.H., 1986. The elektoreceptive periphery, In Elektoreception, (ed. T.H. Bullock & W. Heiligenberg). John Wiley and Sons, New York: 103-156.
- Zintzen V. 2007. Biodiversity of shipwrecks from the Southern Bight of the North Sea. PhDThesis. Université Catholique de Louvain/Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique: Louvain-la-Neuve, Belgium. 343.

COLOPHON

Dit document werd door de BMM uitgegeven in november 2015.

Status ☐ draft
☒ finale versie
☐ herziene versie van het document
☐ vertrouwelijk

Beschikbaar in ☐ Engels
☒ Nederlands
☐ Frans

Dit document mag geciteerd worden als volgt:

Rumes, B.; Devolder, M.; Brabant, R.; Demesel, I.; Degraer, S.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2015. Milieueffectenbeoordeling van het NORTHWESTER 2 offshore windpark ten noordwesten van de Bligh Bank. BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 179 pp.

Indien u nog vragen heeft of u wenst extra kopieën van dit document te ontvangen, stuur dan een e-mail naar info@mumm.ac.be, met vermelding van de referentie, of schrijf naar:

BMM
OD Natuurlijk Milieu
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen
100 Gulledelle
B-1200 Brussel
België
Telefoon: +32 2 773 2111
Fax: +32 2 770 6972
<http://www.mumm.ac.be/>

