

“Windenergie binnen 12 mijl” in relatie tot ecologie

M.F. Leopold, E.M. Dijkman, E. Winter,
R. Lensink & M.M. Scholl

Rapport C034b/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Waterdienst
Offerte-Waterdienst@rws.nl
Ref. 31079229/Van Bragt

Publicatiedatum:

19 maart 2013

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl

© 2013 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
1. Inleiding.....	7
2. Disclaimer	7
3. De Nederlandse 12-mijlszone	7
4. Motivatie, methoden en bronnen	11
5. Resultaten	14
5.1 Schelpdierbanken	14
5.2 Vis	17
5.3 Zeevogels.....	21
5.4 Broedvogels.....	23
5.5 Trekvogels.....	29
5.6 Zoogdieren	31
5.6.1 Bruinvis.....	31
5.6.2 Zeehonden	33
5.6.3 Vleermuizen.....	36
6. Conclusies	37
7. Kwaliteitsborging	40
Referenties	41
Verantwoording	48
Bijlage A.....	49
Offshore wind farms and seabirds in the Dutch Sector of the North Sea:	49
Bijlage B.....	67
Vogeltrek in de randen van de Nederlandse Noordzee	67

Samenvatting

Binnen de 12-mijlszone komen diverse biota in relatief hoge dichtheden voor. Toch is er diversiteit binnen deze zone, met de hoogste natuurwaarden op relatief geringe afstand tot de kust (<10-20 km, afhankelijk van welk deelgebied wordt bekeken). Langs de kust worden de hoogste natuurwaarden aangetroffen in gebieden die al zijn aangewezen als Natura 2000-gebieden: de Noordzeekustzone benoorden de Wadden, de Voordelta en de Vlakte van de Raan. De laagste natuurwaarden worden langs de buitenrand van de 12 mijlszone aangetroffen: in een band benoorden de Waddeneilanden en in een aantal gebieden ten westen van de Hollandse kust (Figuur 20). Geen enkele vierkante kilometer is geheel zonder natuurwaarden vanwege de hoge mobiliteit van een aantal gevoelige soorten, zoals trekvogels en zeezoogdieren: deze kunnen overal binnen de 12-mijlszone voorkomen. Gecumuleerde natuurwaarden zijn in dit rapport (Figuur 20) weergegeven op een schaal van groen (minimale scores), via oranje naar rood (maximale scores). Belangrijke deel-natuurwaarden binnen de 12-mijlszone die relevant zijn voor de ontwikkeling van windparken zijn:

1. Schelpdierbanken die grote aantallen overwinterende zee-eenden (kunnen) aantrekken. Deze kunnen overal langs de kust voorkomen maar zijn het meest relevant binnen de 15 m dieptelijn. Over de afgelopen 25 jaar bezien was vooral de kustzone benoorden de oostelijke Waddeneilanden (Terschelling-Ameland-Schiermonnikoog) van belang, maar in een verder verleden waren ook de Voordelta en de Hollandse kust belangrijk.
2. Vis lijkt tijdens de operationele fase weinig effect te ondervinden van windparken. Het heien tijdens aanleg is in potentie schadelijk, al is over de effecten nog relatief weinig bekend. Met name voor vislarven en jonge vis die geen mogelijkheid hebben weg te zwemmen kunnen door getijdenstromingen een groter aantal vis binnen de 'impact-zone' terecht komen en blootgesteld worden aan potentieel schadelijk heigeluid. Voor tonglarven lijken de directe effecten van heigeluid mee te vallen, maar voor andere soorten en eventuele indirecte effecten zijn nog niet bekend. Vislarven vormen, net als schelpdierbanken, geen natuurwaarde die speciale bescherming geniet. Ze vormen echter wel het (latere) stapelvoedsel van een aantal beschermde zeevogelsoorten. Vislarven komen echter overal in de kustzone voor, verplaatsen zich over grotere afstanden en zijn in ruimtelijke zin niet onderscheidend.
3. Enkele vissoorten staan specifiek vermeld in de Habitatrichtlijn. Voor de 12-mijlszone zijn een aantal trekvissoorten van belang. Deze soorten moeten door zeegaten en estuaria naar binnen en naar buiten zwemmen; verder weg van de kust zijn hun dichtheden zo laag, en komen ze zo diffuus voor dat ze niet meer ruimtelijk onderscheidend zijn voor de ontwikkeling van windenergie op zee. Van de effecten van offshore windparken zijn in de operationele fase geen negatieve effecten op vis waargenomen. Wel kan blootstelling aan zeer hoge geluidsniveaus tijdens de constructiefase sterfte veroorzaken op geringe afstand tot de bron. Voor de beschermde trekvissoorten fint, elft, rivierprik en zee-prik is er echter geen kennis over welke combinaties van bronniveau en afstand gevaarlijk zouden kunnen zijn, maar heien in de intrek/uittrekpunten van riviersystemen c.q. estuaria is voor deze groep een risico omdat op deze plaatsen gehele populaties zich kunnen concentreren tijdens een periode van het jaar.
4. Zeevogels komen in de kustzone in hoge dichtheden voor, zowel in het zomerhalfjaar (broedvogels, grotendeels afkomstig uit Natura 2000-gebieden langs de kust) als in het winterhalfjaar. Grote concentraties komen voor ten noorden van de Wadden (duikers, zee-eenden), voor de Hollandse kust (duikers, futen, alkachtigen) en in de Voordelta (duikers, zee-eenden). De dichtheden nemen af met toenemende afstand tot de kust, waardoor een strook aan de buitenzijde van de 12-mijlszone, grofweg buiten de 20 m dieptelijn relatief zeevogelluw is. Ten noorden van Wadden valt deze strook echter samen met een belangrijke scheepvaartroute (waarvan de "middenberm dan wellicht kansen biedt voor offshore wind). Voor de Hollandse kust, rond de bestaande windparken OWEZ en PAWP en rond het geplande

windpark Luchterduinen, liggen de beste kansen voor ontwikkeling van wind op zee, zonder grote gevolgen ten aanzien van deze vogels.

5. Broedvogels komen langs de kust geconcentreerd voor in –merendeels beschermd- kolonies. De vogels zoeken voedsel onder meer op zee, in een halve cirkel rond hun kolonies. Voor verschillende soorten gelden verschillende foerageerranges, maar samengevat is de hele 12-mijlszone benoorden de Wadden en de hele Voordelta het domein van deze broedvogels; de zee voor de Hollandse kust is voor deze groep minder belangrijk, ook doordat kolonies in dit gebied (Europoort/Maasvlakte en IJmuiden) niet in Natura 2000-gebieden liggen.
6. Trekvogels passeren de kustlijn in een geconcentreerde dichtheid, doordat ze de kustlijn als geleidelijk gebruiken. De verwachting is dat obstakels, in de vorm van windturbines, slachtoffers zullen maken onder een groot aantal soorten. De aantallen slachtoffers hangen nauw samen met de sterkte van de trekstroom. Deze neemt toe van noord naar zuid en is in het zuiden ook breder. Benoorden de Wadden en vanaf de Kop van Noord-Holland steken ook meer vogels in de herfst van land de zee in (richting Engeland) dan verder zuidelijk, waardoor ook hier de trekstroom relatief dicht is. De minste problemen vallen daarom te verwachten voor de Hollandse kust, op afstanden groter dan 15 à 20 km uit de kust.
7. Zeezoogdieren komen overal in de 12-mijlszone voor en hun aantallen zijn de laatste jaren sterk toegenomen. Zeehonden komen in de hoogste dichtheden voor benoorden de Wadden en in de Voordelta, waar ze in de aangrenzende getijdengebieden plekken vinden om te rusten. Voor de Hollandse kust komen echter ook veel zeehonden voor, omdat ze (ook) hier gaan voedsel zoeken en soms heen en weer zwemmen tussen Wadden en Delta. De dichtheden van grijze zeehonden nemen af met afstand tot de kust, die van gewone zeehonden niet, binnen de 12-mijlszone. Het voorkomen van bruinvissen voor de Hollandse kust is relatief slecht bekend omdat ze in de troebele kustrivier slecht kunnen worden geteld vanuit de lucht. We moeten echter aannemen dat de dichtheden overal binnen de 12-mijlszone hoog zijn.
8. Vleermuizen trekken over zee en foerageren boven zee en kunnen dus, net als zee- en trekvogels, in aanvaring komen met windturbines. Vleermuizen zijn zeer kwetsbaar voor aanvaringen met turbines en kunnen zelfs omkomen als ze alleen maar in het zog achter een turbine terecht komen. Onlangs is vastgesteld dat vleermuizen op de Noordzee voorkomen ter hoogte van de windparken OWEZ en PAWP, maar verdere informatie ontbreekt nog, dus ten tijde van het schrijven van dit rapport zijn vleermuizen nog niet ruimtelijk onderscheidend.

Geen van deze biota zit onbeweeglijk vast in bepaalde delen van de 12-mijlszone. Voor het beoordelen van de relatieve geschiktheid van deellocaties binnen de 12-mijlszone betekent dit dat het voorkomen van bijzondere natuurwaarden over een reeks van jaren moet worden bekeken. Variaties binnen het jaar (seizoensvariatie) is minder belangrijk, omdat een windmolenpark, eenmaal gerealiseerd, er het hele jaar staat, met een verwachte levensduur van enkele tientallen jaren. Omdat bovendien zowel de natuurwaarden zelf, als de beschikbare meetreeksen zeer verschillend van aard en omvang zijn, is de uitdaging om de beschikbare informatie van verschillende natuurwaarden bijeen te brengen in een vergelijkbare eenheid, zodat ze in samenhang kunnen worden bekeken. Dit is gedaan door voor iedere afzonderlijke natuurwaarde een ruimtelijke weging (0-3) te projecteren over de 12-mijlszone en deze afzonderlijke wegen bij elkaar op te tellen tot één "windenergie geschiktheidskaart". Op deze kaart wordt een kleurenpalet gehanteerd in 18 stappen, van donkerrood (ongeschikt, of "-"), via oranje/geel (in eerste instantie niet erg geschikt lijkend: "+/-" omdat ofwel voor een of enkele natuurwaarden ongeschikt of voor vele natuurwaarden matig geschikt), tot donkergroen ("+"): hier zijn op grond van de analyses geen significante effecten op beschermd natuurwaarden te verwachten zijn. Op grond van deze geconstrueerde kaart (Figuur 20) zijn de meest kansrijke locaties alle gelegen op flinke afstand van de kust, aan de buitenzijde van de 12-mijlszone. Meest kansrijk voor de ontwikkeling van wind op zee is een zone tussen Zandvoort en de Hondsbossche Zeewering, en een strook ten noorden van de Wadden, in de middenberm van de doorgaande scheepvaartroute. Deze gebieden vallen ook buiten de huidige

VHR, c.q. Natura 2000-gebieden, waardoor er ook geen restricties zijn ten aanzien van beschermde habitats (met name Habitat 1110: onder water liggende ondiepe zandbanken).

1. Inleiding

Naar aanleiding van een overleg van de Minister van Economische Zaken (EZ), de Minister van Infrastructuur en Milieu (I&M) en vertegenwoordigers namens het Interprovinciaal Overleg van begin december 2012 is afgesproken dat, gelet op de kabinetsdoelstelling, het Rijk zich zal inzetten voor mogelijkheden voor windenergie binnen de 12-mijlszone. Daarvoor is een 'haalbaarheidsstudie' toegezegd, parallel aan het traject Structuurvisie Windenergie op Zee. In de haalbaarheidsstudie zal een afweging worden gemaakt tussen kosten voor windparken op verschillende afstanden tot de kust, vraag en aanbod van stroom, en gebruiksfuncties zoals scheepvaart, defensie, mijnbouw, ecologie, etc. Deze haalbaarheidsstudie zal in meerdere fasen worden uitgevoerd waarbij de eerste fase zal resulteren in een kanskaart inclusief een onderbouwende motivatie.

In opdracht van Rijkswaterstaat (Waterdienst) heeft IMARES een bureaustudie uitgevoerd, waarmee een bijdrage wordt geleverd aan het proces van besluitvorming. Concreet betekent dit dat op basis van Natura 2000 (Vogel- en Habitatrichtlijn) regelgeving, nationale natuurwetgeving (Natuurbeschermingswet en Flora- en Faunawet), de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) en andere natuur & ecologie doelen (vogels, zeezoogdieren, vleermuizen, vissen) in een serie kaarten is aangegeven waar binnen de 12 mijl mogelijk ruimte is voor windparken op zee. Gezocht is naar gebieden die niet in aanmerking komen ("–"), mogelijk in aanmerking kunnen komen, maar nader bezien moeten worden ("±") of kansrijk zijn en nader bezien moeten worden ("+"), voor de ontwikkeling van windmolenparken. Bij de kaarten wordt steeds een onderbouwende motivatie gegeven. Hierbij is ook gekeken naar de effecten van windparken binnen de 12-mijlszone op de natuurdoelen van de duingebieden. De ecologische onderbouwing levert een aantal min of meer algemene "stelregels" op, bijvoorbeeld over de zone langs de kust welke vrij gehouden zou moeten worden van windmolens vanwege de intensieve vogeltrek langs de kust.

Gezien de zeer korte beschikbare doorlooptijd van het project is de uitvoering beperkt tot een 'quick scan'. De uitkomsten daarvan worden in dit rapport gepresenteerd.

2. Disclaimer

Deze quick scan vervangt niet, op voorhand, het traject van Voortoets, Habitattoets (Verslechteringstoets/Passende beoordeling), ADC toets, dat doorlopen zal moeten worden om te kunnen komen tot vergunningverlening. (<http://www.natura2000.nl/pages/checklist-vergunningverlening.aspx>). De quick scan vervangt ook niet het PlanMER en de eventueel daarbij behorende Passende Beoordelingen.

Voor deze rapportage zijn alleen natuur-gerelateerde zaken beoordeeld. Andere zaken die prohibitief kunnen zijn voor de realisatie van windparken (militaire oefengebieden, scheepvaartroutes, zones die moeten worden vrijgehouden voor helikopterverkeer, radar-zichtlijnen, etc.), zijn niet meegenomen.

3. De Nederlandse 12-mijlszone

Binnen de Nederlandse 12-mijlszone, lopend van de Nederlands-Belgische grens tot aan de Nederlands-Duitse grens en lopend van de kust tot 12 zeemijlen (ca. 22.2 km) uit de kust bevinden zich belangrijke

natuurwaarden. In feite is de hele kustzone, althans het deel tussen de kustlijn en de 20 m dieptelijn, te beschouwen als een gebied met bijzondere ecologische en ornithologische waarden (Lindeboom et al. 2005; Poot et al. 2010). De kustzone is echter niet over zijn volle lengte aangewezen als Natura 2000-gebied; er is een selectie gemaakt voor een aantal deelgebieden: de Noordzeekustzone benoorden de Wadden, zuidwaarts tot Bergen aan Zee, de Voordelta en de Vlakte van de Raan. Voor deze gebieden zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd, die in acht moeten worden genomen bij nieuwe initiatieven (Tabel 1-3). Daarnaast zijn deze gebieden aangewezen als speciale beschermingszone voor een groter aantal diersoorten: 27 voor de Noordzeekustzone, 36 in de Voordelta en 7 in de Vlakte van de Raan (http://www.noordzeenatura2000.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=85&lang=nl).

Vanwege de zeevogels waarmee rekening gehouden moet worden, zijn ook andere functies van de kustzone van belang. Rijke schelpdierbanken en voldoende rust zijn een voorwaarde voor het voorkomen van grote aantallen schelpdier-etende eenden (topper, eider, zwarte zee-eend); een goede stand aan kleine vis (in dit kader wordt ook vaak de "kinderkamerfunctie" van de kustzone genoemd) is van vitaal belang voor visetende vogels (roodkeelduiker, parelduiker, kuifduiker, aalscholver, middelste zaagbek, dwergmeeuw, dwergstern, grote stern, visdief). Ook de bruinvis eet in de Nederlandse kustwateren vooral kleine vis (Leopold et al. 2011a). Grotere vissen in de kustzone zijn een belangrijke voedselbron voor de beide soorten zeehonden (gewone en grijze) in het gebied (Brasseur et al. 2004).

Grenzend aan de 12-mijlszone bevinden zich diverse Natura 2000-gebieden aan land, waarop een windpark in zee een invloed kan hebben. Dit gaat dan met name om de broedvogels in die gebieden, voor zover ze op zee hun voedsel zoeken, waarbij ze dan in contact kunnen komen met windparken in de kustzone. Aanvaringen van broedvogels met windmolens kunnen negatief uitwerken op de instandhoudingsdoelen, indien deze leiden tot zoveel extra sterfte onder de broedvogels dat de populatieomvang wordt aangetast (Arends et al. 2008) of omdat de broedvogels verder moeten vliegen om voedsel te kunnen vinden voor hun jongen, hetgeen kan leiden tot een lager broedsucces. Eerste inschattingen geven overigens aan dat deze problematiek niet heel groot lijkt te zijn (Poot et al. 2011a).

Tabel 1. Habitats en soorten waarmee in de Noordzeekustzone tussen Bergen aan Zee en de Nederlands/Duitse grens (tot aan de 20 m-dieptelijn) rekening gehouden dient te worden, binnen het kader van Natura 2000.

Natura 2000-criterium	Aangewezen habitatype/soort	Instandhoudingsdoelstelling
habitattypen	habitatype H1110B	behoud oppervlakte en verbetering kwaliteit
habitatsoorten	zeeprik	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie
	rivierprik	Idem
	fint	Idem
	bruinvis	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
	grijze zeehond	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
	gewone zeehond	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
vogelsoorten	dwergstern (b)	uitbreiding omvang en/of verbetering kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van ten minste 20 paren
	roodkeelduiker	behoud omvang en kwaliteit leefgebied
	parelduiker	behoud omvang en kwaliteit leefgebied
	aalscholver	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 1.900 vogels (seizoensmaximum)
	topper	behoud omvang en kwaliteit leefgebied
	eider	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 26.200 vogels (midwinter-aantal)
	zwarte zee-eend	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 51.900 vogels (midwinter-aantal)
	dwergmeeuw	behoud omvang en kwaliteit leefgebied

Tabel 2. Habitats en soorten waarmee in de Voordelta rekening gehouden dient te worden, binnen het kader van Natura 2000.

Natura 2000-criterium	Aangewezen habitatype/soort	Instandhoudingsdoelstelling
Habitattypen	habitatype H1110	behoud oppervlakte en kwaliteit
Habitatsoorten	zeeprik	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie
	rivierprik	Idem
	elft	Idem
	fint	Idem
	grijze zeehond	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
	gewone zeehond	behoud omvang en verbetering kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie t.b.v. een regionale populatie van tenminste 200 exemplaren in het Deltagebied
Vogelsoorten	roodkeelduiker	behoud omvang en kwaliteit leefgebied

Natura criterium	2000-	Aangewezen habitatype/soort	Instandhoudingsdoelstelling
		fuut	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 280 vogels
		kuifduiker	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 6 vogels
		aalscholver	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 480 vogels
		topper	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 80 vogels
		eider	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 2.500 vogels
		zwarte zee-eend	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 9.700 vogels
		brilduiker	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 330 vogels
		middelste zaagbek	behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van tenminste 120 vogels
		dwergmeeuw	behoud omvang en kwaliteit leefgebied
		grote stern	behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie
		visdief	behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie

Tabel 3. Habitats en soorten waarmee op de Vlakte van de Raan rekening gehouden dient te worden, binnen het kader van Natura 2000.

Natura criterium	2000-	Aangewezen habitatype/soort	Instandhoudingsdoelstelling
Habitattypen		habitatype H1110	behoud oppervlakte en kwaliteit
Habitatsoorten		zeeprik	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie
		rivierprik	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie
		fint	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie
		bruinvis ¹	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
		grijze zeehond	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
		gewone zeehond	behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie

De Minister van EZ heeft aangegeven dat de Natura 2000-gebieden binnen de 12-mijlszone niet bij voorbaat zijn uitgesloten als zoekgebieden voor windparken. Windparken zijn ook niet per definitie slecht voor de natuurwaarden in zee (Petersen & Malm 2006; Reubens et al. 2010; Lindeboom et al. 2011; Degraer et al. 2012). De grootste zorgen gelden echter het (onderwater)geluid tijdens de bouw (indien hiervoor geheid wordt: dit kan leiden tot sterfte van vis en vislarven en tot ernstige verstoring en wellicht doofheid en sterfte bij zeezoogdieren), en tijdens de operationele fase de kans op vogelaanvaringen (sterfte) en verstoring van lokale zeevogels en zeezoogdieren (habitatdegradatie).

¹ De Raad van State heeft uitgesproken dat het ministerie van Economische Zaken (EZ) de kwaliteit van de leefomgeving van de bruinvis moet verbeteren. Dit heeft geleid tot wijziging van het Natura 2000-behouddoel voor de leefomgeving van de bruinvis in de Vlakte van de Raan in een verbeterdoel (nog niet gepubliceerd op 19 maart 2013; zie <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase...>).

4. Motivatie, methoden en bronnen

Windmolens in zee kunnen verschillende biota en habitats beïnvloeden, positief of negatief (Köller et al. 2006; Zucco et al. 2006; Lindeboom et al. 2011; Degraer et al. 2012; Boon et al. 2012; Danish Energy Agency 2013). Negatieve beïnvloeding is over het algemeen ongewenst, in het bijzonder wanneer dit beschermde soorten of habitats betreft; in bijzondere gevallen kunnen dergelijke negatieve invloeden de realisatie van windparken in zee hinderen of verhinderen. Bij de locatiekeuze, een probleem van ruimtelijke ordening waar ook andere dan ecologische aspecten aan de orde zijn, is het daarom zinnig rekening te houden met ruimtelijke verschillen in het voorkomen van kwetsbare soorten en habitats.

Voor deze quick scan is alleen literatuuronderzoek gedaan. Voor de verschillende natuurwaarden is ruimtelijke informatie verzameld die is samengebracht in een GIS-systeem, waardoor informatie voor verschillende groepen organismen ook in onderlinge samenhang kan worden gezien. De gebruikte methoden om te komen tot inschattingen van mogelijke effecten van windparken op natuurwaarden zijn zeer divers en specifiek voor de onderzochte effecten en dieren. Er is een groot aantal achtergrondrapporten geraadpleegd, die hieronder kort de revue passeren.

In het kustwater zit veel vis, waarbij vooral de kinderkamerfunctie van de kustzone van belang is; de rijkdommen aan veelal kleine vis dienen ook als voedsel voor zeevogels en zeezoogdieren. Op en in het water bevindt zich een rijke fauna van zeevogels en zeezoogdieren en in de lucht boven het water vindt langs de kust jaarlijks massale vogeltrek plaats, terwijl er dwars op de kust, tussen Continent en Britse Eilanden ook belangrijke trekwegen door de kustzone lopen. Tenslotte bestaat de mogelijkheid dat vleermuizen vanaf de kust boven zee gaan foerageren, of over zee hun eigen trekroutes volgen.

Schelpdieren en bodemdieren

In de bodem bevinden zich lokaal dichte schelpenbanken die onder meer dienen als voedselbron voor vogels (eenden) en vissen. Windparken hebben vermoedelijk geen direct effect op de schelpdiervoorkomens behalve dat een klein percentage areaal kan worden ingenomen door de fundaties en de stortstenen er om heen. Het effect wordt met name bepaald doordat schelpdier-etende zee-eenden en in het bijzonder zwarte zee-eenden kunnen worden afgeschrikt door windmolens. Effecten van windmolens op zee-eenden zullen alleen daar kunnen optreden, waar de eenden (zouden willen) foerageren op grote concentraties schelpdieren. Om deze reden is het van belang na te gaan waar rijke schelpdiervoorkomens zich (kunnen) bevinden en welke delen van de kustzone favoriet zijn bij de eenden.

Variaties in het voorkomen van – soms zeer talrijke– **schelpdieren** in de tijd (sinds 1930) zijn beschreven door Oosterbaan (1989, 1991); door Gmelig Meyling & De Bruyne (1994, 2004) en meer recent in de jaarlijkse rapportages van IMARES over de bemonsteringen in de Noordzeekustzone (bijvoorbeeld: Goudswaard et al. 2011; De Mesel et al. 2011b). In deze laatste rapporten, alsook in de atlanten van Holtmann et al. (1996) en Lindeboom et al. (2008) wordt ook voor de hele Nederlandse 12-mijlszone de ruimtelijke verdeling beschreven. Het ecologische belang van deze banken is nagegaan aan de hand van een aantal specifieke studies: Degraer et al. 1999; Fox 2003; Wolf & Meininger 2004; Binnendijk 2006; Leopold et al. 2007, 2008, 2010; Leopold 2010; Tulp et al. 2010; Buijelaar & Pruischer 2011; Houziaux et al. 2011; De Mesel et al. 2011b).

Vis

Enkele zeldzame en schaarse **vis**soorten genieten bescherming onder de Habitatrictlijn In de Nederlandse Natura 2000-gebieden in de kustzone van de Noordzee is dit vertaald in de instandhoudingsdoelstelling: "behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie" (Tabel

1-3). Effecten van windmolens op zee op de "Habitatsoorten" zijn echter onbekend. Andere soorten genieten geen bescherming onder Natura 2000, maar kunnen toch van belang zijn, naar analogie van de schelpdierbanken die als voedsel dienen voor wél beschermde vogelsoorten. Bij de vis gaat het dan om juveniele vis, die als voedsel dient voor beschermde vogels, met name soorten die broeden in beschermde Natura 2000-gebieden die in zee hun voedsel zoeken (Arends et al. 2008), of soorten die in de kustzone overwinteren. Operationele windparken zullen de stand van jonge vis, ter plaatse of benedenstrooms, niet negatief beïnvloeden, maar er zijn zorgen over de mogelijke effecten van het harde geluid dat vrijkomt bij de bouw van windparken (heien), dat schadelijk zou kunnen zijn voor vislarven, die zouden moeten uitgroeien tot geschikt voedsel voor beschermde zeevogels.

Zeevogels en broedvogels

In de Nederlandse kustwateren komen tientallen soorten **zeevogels** voor, elk met een eigen seizoensdynamiek en gevoeligheid voor verstoring door windmolens (Garthe & Hüppop 2004; Dierschke & Garthe 2006; Drewitt & Langston 2006; Leopold & Dijkman 2010). De relatieve gevoeligheden en aantallen zijn, gemiddeld over de seizoenen, over alle soorten samengenomen zodat een integrale windmolengevoeligheidskaart voor alle zeevogels tezamen van de Nederlandse wateren kon worden geproduceerd (Leopold & Dijkman 2010; hier overgenomen als Bijlage A). Gebied-specifieke gevoeligheid hangt dus af van zowel lokale dichtheden van zeevogels, als van de specifieke gevoeligheid van de betrokken vogels. Deelgebieden die zeer grote dichtheden zeevogels herbergen zijn door deze systematiek altijd hoog-gevoelig. In de kustwateren gaat het hierbij vooral om overwinterende eenden (Leopold et al. 1995; 2013b; Leopold & Dijkman 2010; Petersen et al. 2011; Arts 2012), futen (Leopold et al. 2011c 2013c), foeragerende meeuwen (Camphuysen 1995, 2011, 2013), aalscholvers en sterns vanuit broedkolonies (Poot et al. 2012), maar ook schaarsere soorten, met een strikt beschermingsregime zoals de duikers (Annex 1, Vogelrichtlijn) leveren een bijdrage aan de cumulatieve gevoeligheid. De **broedvogels** van aangrenzende Natura 2000-gebieden hebben verschillende aanvaringsrisico's. Voor de vraag of er in de kustzone windparken zouden moeten komen, is het dus van belang na te gaan waar zich belangrijke concentraties zeevogels bevinden. Sommige soorten vertonen overigens geen of minimale reacties op windmolenparken op zee (Everaert 2003; Everaert et al. Krijgsveld et al. 2011), of profiteren hier zelfs van doordat ze er rustplaatsen vinden en nieuwe foerageermogelijkheden (aalscholvers: Leopold et al. 2011b; 2013a). Andere soorten vertonen mogelijk (maar mogelijk ook niet, afhankelijk van afstand tussen kolonie en een aantal rekenmodelaannames) zodanige sterfte dat instandhoudingsdoelen in het geding komen (Arends et al. 2008; Leopold & Brenninkmeijer 2009; Rechtbank Rotterdam 2010; Poot et al. 2011a). Zeker is wel dat windmolens vlak bij kolonies, en tussen de kolonie en het foerageergebied op zee, kunnen leiden tot meetbare sterfte, met name bij sterns (Everaert & Stienen 2007; Stienen et al. 2008). Voor de vraag in hoeverre broedvogels te maken krijgen met windparken op zee is de ligging van de kolonies ten opzichte van die windparken van belang, en de afstanden die de verschillende vogels op zee afleggen, op zoek naar voedsel. Voor deze studie zijn als modelsoorten geselecteerd: aalscholver, kleine mantelmeeuw, grote stern en visdief. Voor de dwergstern (die wel als een soort wordt gezien die kwetsbaar is voor effecten van windmolens op zee: Perrow et al. 2006, 2011) wordt aangenomen dat deze in Nederland niet ver genoeg de zee opgaat om windparken te kunnen tegenkomen, tenzij deze pal aan de kust worden gebouwd: in dat geval valt hun foerageerrange ruimschoots binnen die van de modelsoorten in deze studie. Voor de noordse stern zijn er voor deze casus geen relevante instandhoudingsdoelen en bovendien valt de foerageerrange van deze soort binnen die van de veel talrijkere visdief, die hier wel wordt meegenomen. De ligging van de kolonies langs de kust is afgeleid van het meest recente overzicht van SOVON van de broedvogels van Nederland (Boele et al. 2012). Voor het doel van deze studie (een 'quick scan'), waarvoor ruimtelijke onderscheidenheid gevraagd is, zijn de volgende foerageerranges gehanteerd: aalscholver 25 km (Poot et al. 2012); kleine mantelmeeuw 40 km² (Camphuysen 2013 en

² In een latere fase, wanneer men de geschiktheid van een specifieke potentiële locatie voor windenergie nader wil onderzoeken, kan het – afhankelijk van de welke (model)benadering gekozen wordt – nodig

pers. comm.); grote stern 40 km (Poot et al. 2012 en Eric Stienen pers. comm.) en visdief 15 km (Poot et al. 2012 en Eric Stienen pers. comm.). De informatie is binnen GIS gecombineerd om te kunnen aangeven waar foerageerranges van broedvogels mogelijk overlappen met toekomstige windparken binnen de 12-mijlszone.

Trekvogels

Windmolens in zee zijn een nieuw fenomeen, en geplaatst in de kustzone, staan windmolens in een strook met relatief sterke vogeltrek waardoor ze significante gevolgen kunnen hebben op de vogelstand (Arends et al. 2008; Krijgsveld et al. 2011).

“Er is geen maand in het jaar, of er trekken vogels over ons land”. Dit is de openingszin van het klassieke werk van Luuk Tinbergen: *Vogels onderweg* (1949). Over een jaar gezien, gaat dit om miljoenen **trekvogels** die over Nederland en over het NCP vliegen. Deze vogels hebben in toenemende mate te maken met menselijke bouwwerken waartegen ze zich in groten getale dood vliegen (hoge gebouwen, hoogspanningskabels) en snel bewegende objecten (auto’s, treinen, vliegtuigen), zie bijvoorbeeld Martin 2011).

Tinbergen beschreef de vogeltrek over Nederland, met bijzondere aandacht voor het concentratie-effect dat de kustlijn heeft op de vogeltrek. Sindsdien heeft “trektellen” een hoge vlucht genomen, zowel aan land (Lensink et al. 2002), als op de Noordzee (Buurma 1987; Camphuysen 2004; Fijn et al. 2012). Voor de vraag hoe sterk de vogeltrek langs onze kust is, zijn vooral studies aan zeevogeltrek langs de kust van belang (“zeetrekten”: Camphuysen & van Dijk 1983; Platteeuw et al. 1994) en onderzoek aan de breedte en hoogte van de trekstroom langs de kust (Buurma & van Gasteren 1989; Buurma 1999; van Gasteren et al. 2002; Krijgsveld et al. 2005), in het bijzonder rond windpark OWEZ (Krijgsveld et al. 2011).

Het onderdeel “trekvogels” is verzorgd door Rob Lensink, van Bureau Waardenburg (Bijlage B).

Zeezoogdieren

Windparken op zee hebben bewezen en vermoede effecten op zeezoogdieren. Zeker is dat zeezoogdieren het zeer luide onderwatergeluid dat gepaard gaat met heien mijden. In theorie kan dit geluid leiden tot permanente gehoorschade, maar bewezen gevallen hiervan zijn niet bekend. Minimaal leiden bouwwerkzaamheden dus tot vermijding, wat gelijk staat aan tijdelijk habitatverlies. Eenmaal operationeel lijken windparken in de Noordzee niet meer tot vermijding te leiden, al zijn er wel zorgen ten aanzien van cumulatie door steeds grotere aantallen windparken in zee, zowel ten aanzien van de bouw als ten aanzien van de operationele fase. Zo zwemmen er geregeld zeehonden heen en weer tussen Waddenzee en Delta; voor de Delta is het zelfs de vraag of de populatie op termijn levensvatbaar zou zijn zonder geregelde aanvoer vanuit de Waddenzee (Brasseur et al. 2012). Een blokkade op de route Waddenzee-Delta zou gevolgen voor de populatie kunnen hebben. Daarom is het van belang nieuwe windparken zodanig te plaatsen dat zo’ n blokkade niet kan optreden. Verder is van belang na te gaan of er grote concentraties zeezoogdieren in de kustzone voorkomen, waarop heien bijvoorbeeld een onevenredig groot effect zou kunnen hebben

Overall in de Noordzee komen **bruinvissen** voor. Om een overzicht van verspreiding en aantallen te kunnen krijgen zijn tellingen vanuit het vliegtuig de *state of the art* methode (Scheidat et al. 2012; Geelhoed et al. 2013). Voor dit rapport is gebruik gemaakt van de resultaten van de serie tellingen die over het hele Nederlands deel van de Noordzee de meeste waarnemingen opleverden, die van maart

zijn om (ook) naar andere afstanden zoals de “gemiddelde maximale foerageerafstand” te kijken, die regelmatig in Passende Beoordelingen en MER’s wordt gehanteerd. Voor de kleine mantelmeeuw kan die 80-100 km zijn, waarbij in acht te nemen is dat slechts een klein percentage van alle individuen in een kolonie zulke lange afstanden zal afleggen. Zie ook figuur 6 van dit rapport.

2011. Tellen van bruinvissen is echter, juist in de troebele kustzone, lastig waardoor hier veel dieren worden gemist. We weten echter uit andere bronnen (scheepstellingen: meest recent: Leopold et al. 2013) en tellingen vanaf de kust (database Nederlandse Zeevogelgroep, Werkgroep Zeetrek, meest recent geanalyseerd door Aarts et al., in prep.-a) dat bruinvissen wel degelijk in grote aantallen vlak voor de kust kunnen voorkomen. Deze gegevens zijn ook meegenomen.

Zeehonden zijn in Nederland het meest talrijk in de Waddenzee en (Voor)delta, waar ze jaarlijks worden geteld terwijl ze rusten op droogvallende zandplaten (TSEG 2011, Strucker et al. 2012). Zowel in de zeegaten tussen de Waddeneilanden (en tussen Texel en de vastelandskust van Noord-Holland) liggen zeehonden op zandbanken in de Noordzee. Omdat de beide soorten zeehonden veel van hun voedsel in de Noordzee zoeken, komen ze ook veelvuldig in de Nederlandse kustwateren voor. Er zijn echter geen (vliegtuig)tellingen van zeehonden op de Noordzee (daarvoor brengen deze dieren relatief te veel tijd onder water door). Ook scheepstellingen van zeehonden op zee zijn zeer schaars (Leopold 1997; Leopold et al. 2013c). We moeten daarom terugvallen op indirecte metingen, aan de hand van gezenderde zeehonden (Brasseur et al. 2012; Aarts et al. in prep.-b).

Tenslotte zijn er nieuwe inzichten over het voorkomen van **vleermuizen** boven de Noordzee. Vleermuizen vallen onder de Flora en Faunawet, en zijn opgenomen in Bijlage 2 van de Habitatrichtlijn. Tot voor kort werd gedacht dat de dichtheden op zee erg laag zouden zijn. Er komen echter steeds meer aanwijzingen dat vleermuizen geregeld over de Noordzee vliegen (Boshamer & Bekker 2008; Ahlén et al. 2007, 2009; Jonge Poerink et al. 2013). Vleermuizen blijken bijzonder gevoelig voor aanvaringen met windmolens (Baerwald et al. 2008; Rollins et al. 2012).

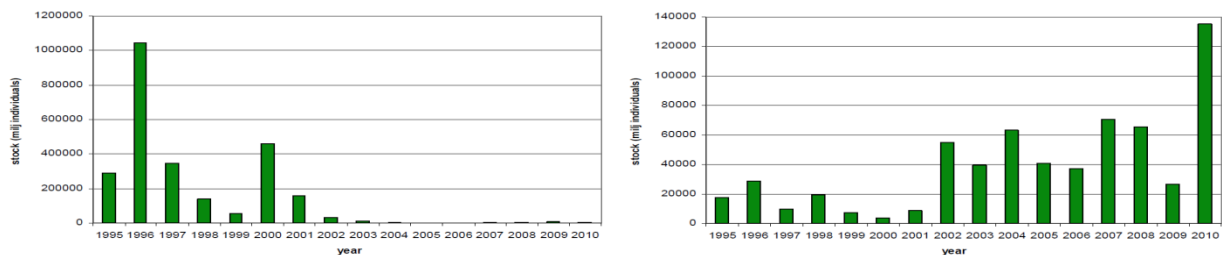
5. Resultaten

5.1 Schelpdierbanken

Schelpdierbanken, van verschillende soorten, kunnen over een lange reeks van jaren worden aangetroffen langs de hele Nederlandse kust. De dichtheden kunnen lokaal oplopen tot duizenden of zelfs tienduizenden individuen per vierkante meter zeebodem. Dergelijke rijke voorkomens leiden regelmatig tot massale aanspoelingen, van miljoenen en wellicht zelfs miljarden individuen. In zee vormen dergelijke rijke banken een belangrijke voedselbron voor vissen en zee-eenden, op het strand onder meer voor meeuwen.

Zowel de stand van individuele soorten, als de soortensamenstelling, als de rijkste locaties zijn aan grote schommelingen onderhevig geweest, sinds het begin van de registraties in 1930. Tegenwoordig is de Amerikaanse zwaardschelde *Ensis directus* de belangrijkste soort, terwijl otterschelpen *Lutraria lutraria* in opmars zijn. In de jaren 90 (v.d.v.e) was de halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata* dominant, daarvóór waren grote strandschelpen *Mactra corallina* veel talrijker (jaren 40 tot 60 en 1970-85) en waren er perioden waarin kokkels *Cerastoderma edule* massaal op de Noordzeestranden aanspoelden (jaren 50 en 60), en waren er meer kortstondige "invasies" van bijvoorbeeld witte dunschalen *Abra alba* (1964), strandgapers *Mya arenaria* (1955-1965) en zaagjes *Donax vittatus* (1933, begin jaren 50, begin jaren 80).

Vóór de jaren 90 waren we vooral aangewezen op strandvondsten voor kennis over het voorkomen van rijke schelpdierbanken voor de kust. Latere, jaarlijkse gebiedsdekkende surveys geven een beter beeld. Hieruit blijkt bijvoorbeeld duidelijk de overgang van het "Spisula-tijdperk" naar het huidige "Ensis-tijdperk" (Figuur 1).



Figuur 1. Verloop van het op grond van jaarlijkse surveys geschatte bestand aan *Spisula subtruncata* (links) en *Ensis directus* (rechts), in miljoenen individuen in de Nederlandse kustzone (De Mesel et al. 2011a). NB: de aantallen van *Ensis* zijn een orde van grootte lager dan die van *Spisula*.

De schelpenbanken op zich zijn geen beschermde natuurwaarde, maar zijn wel van groot belang als voedsel voor vis (een commercieel belang) en voor beschermde zeevogels (een te beschermen natuurwaarde). Hoewel, gezien over een zeer lange reeks van jaren, rijke schelpdierbanken overal langs de kust kunnen voorkomen, lijken toch bepaalde delen van de kustwateren vaker zeer rijke banken te hebben dan andere. Hierbij is dan, vanuit het gezichtspunt van beschermenswaardige natuurwaarden (grote aantallen eenden), vooral de zone benoorden de oostelijke Waddeneilanden (Terschelling-Ameland-Schiermonnikoog en Rottum) van belang. Ten tijde van de grote hoeveelheden *Spisula* (jaren 90), was dit ook het geval, maar fungeerden de kustzones van Texel en noordelijk Noord-Holland als overloopgebieden. Nog eerder, in de jaren 1976-87, waren delen van de Voordelta belangrijk: de Haringvlietmonding en het Brouwershavense Gat. Van nog eerdere periodes zijn alleen anekdotische waarnemingen bekend van soms zeer grote groepen eenden op diverse plaatsen langs de Nederlandse kust, maar ontbreekt het aan bijpassende informatie over het bodemleven dat ten grondslag lag aan deze voorkomens.

De rijke schelpdiervoorkomens komen niet op alle dieptes voor en niet langs de hele kust in gelijke mate (Tabel 4). De voor de eenden wellicht meest belangrijke proisoort van de laatste decennia, *Spisula subtruncata*, kwam niet overal op dezelfde gemiddelde dieptes voor (jaren 1995-2009). In de Voordelta (inclusief Westerscheldemond) zat de *Spisula* gemiddeld op minder dan 10 meter diep water; bij Texel rond de 10 meter diepte; bij de oostelijke Waddeneilanden op 10-15 m diepte. Alleen voor de Noord- en Zuid-Hollandse kust zat *Spisula* meestal relatief diep, tussen 15 en 20 meter gemiddeld.

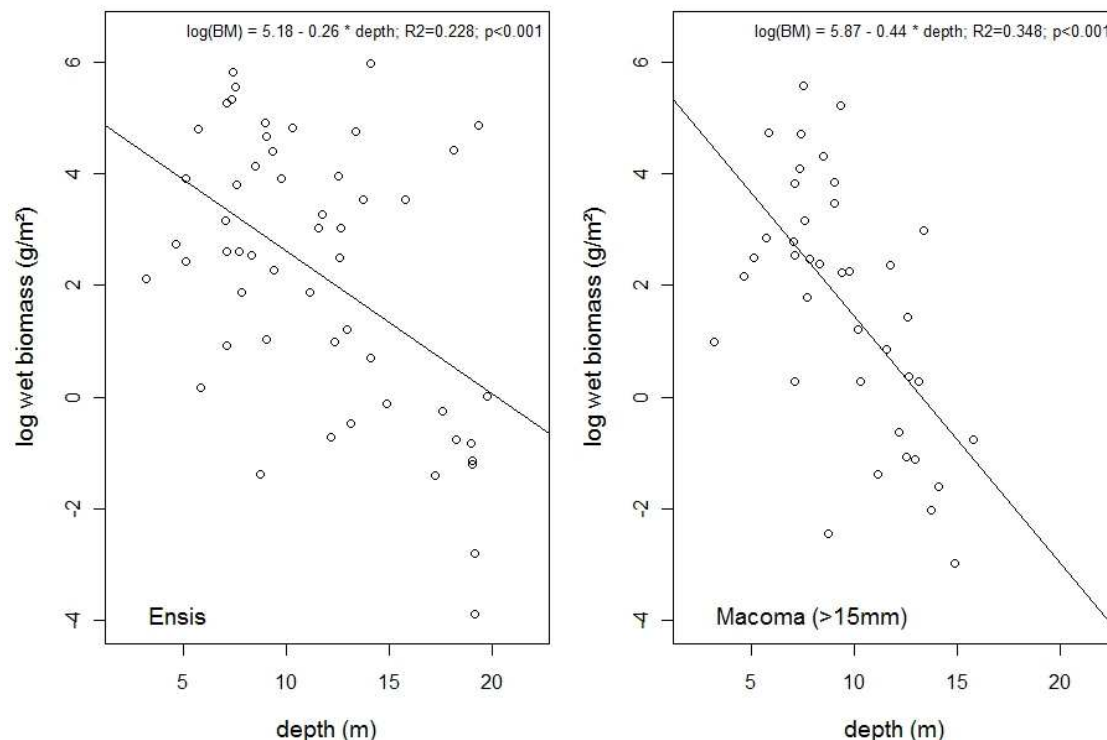
Ensis directus, tegenwoordig de belangrijkste proisoort, vertoonde in grote lijnen hetzelfde beeld als *Spisula*. Overwegend ondiepe voorkomens in Zuidwest-Nederland, eveneens relatief ondiep voorkomen bij de Waddeneilanden (vooral Ameland, Terschelling en Texel) en relatief diepe voorkomens voor de Hollandse Kust.

Donax zat meest in relatief diep water (Zuidwest-Nederland vormt opnieuw de uitzondering), terwijl *Macoma* juist overwegend in ondiep water voorkwam. *Tellina*'s zaten alleen in Zuidwest-Nederland in ondiep water; elders zitten de meeste individuen juist in diepere wateren.

Het meest recente onderzoek naar de relatie tussen voorkomen van zee-eenden, hun prooien en de diepte stamt uit de winter 2011/2012 (Leopold et al. 2013b). In deze winter zaten vrijwel alle zwarte zee-eenden in Nederland (maximaal deze winter circa 58.000: Arts 2012) in de kuststrook benoorden Terschelling-Ameland-Schiermonnikoog-Rottum: een klassiek beeld. In februari 2012 werd het benthos bemonsterd: alleen Amerikaanse zwaardschedes en nonnetjes kwamen in dichtheden voor die voor de eenden te benutten waren. De eerder gevonden relaties tussen het voorkomen van deze schelpdieren en de diepte werd bevestigd: de meeste *Ensis* zat ondieper dan 15 meter, de meeste *Macoma* ondieper dan 10 meter (Figuur 2).

Tabel 4. Grafische weergave voor achtereenvolgens maximale aantallen overwinterende Zwarte Zee-eenden en hun potentiële prooidieren. Alle getallen (eenden) en hoogtes van de staven zijn relatief. Onder "totaal schelpdieren" zijn de jaarlijkse biomassa's van *Spisula*, *Ensis*, *Donax*, *Macoma* en *Tellina*, die voor deze soorten afzonderlijk zijn weergegeven in de laatste vijf kolommen, samengenomen. NB: voor 1994 zijn gegevens voor de eenden beschikbaar voor heel Nederland, maar zijn er alleen schelpdiergegevens voor de Voordelta en Westerscheldemonding. Voor Vlieland ontbreken de benthos gegevens voor het jaar 2009. In de tweede kolom staat het getal 1 voor de strook van de kust tot aan de -20 m dieptelijn, en het getal 2 voor het aangrenzende gebied zeewaarts ervan. De "0" bij Westerscheldemond geeft aan dat dit onderscheid voor dit deelgebied niet is gemaakt. Tabel overgenomen uit De Mesel et al. 2011b.

Gebied	Zakklasse	1994-2009	totaal schelpdieren	Spisula	Ensis	Donax	Macoma	Tellina
Terschelling	1	62						
Ameland	1	47						
VoorDelta	1	45						
SchierRottum	1	29						
DenHelderBergen	1	19						
Texel	1	11						
Ameland	2	9						
Vlieland	1	8						
BergenKatwijk	1	6						
Terschelling	2	3						
Texel	2	4						
Westerscheldemond	0	5						
SchierRottum	2	4						
DenHelderBergen	2	3						
Vlieland	2	3						
Katwijkmaasvlakte	2	1						
VoorDelta	2	0						
Katwijkmaasvlakte	1	0						
BergenKatwijk	2	0						



Figuur 2. Relatie tussen diepte en de biomassa van de twee belangrijkste potentiële prooisorten van zwarte zee-eenden in Nederland in 2012 ten noorden van de kustzone van Terschelling tot Rottum: (kleine) *Ensis* (links) en (grote) *Macoma* (>15mm) (rechts). Figuur overgenomen uit Leopold et al. 2013b.

Samenvattend: rijke schelpdierbanken die het overwinteren van internationaal belangrijke aantallen eenden in de Nederlandse kustwateren mogelijk maken kunnen overal langs de kust voorkomen. De dominante soorten variëren op langere tijdschalen. De laatste decennia waren *Spisula* en *Ensis* het belangrijkste; de hoogste dichtheden komen in relatief ondiep water voor (relatief dicht onder de kust, binnen de 15 m dieptelijn in de voor eenden meest belangrijke gebieden). Nonnetjes (*Macoma*) zijn bij gebrek aan *Spisula* tegenwoordig wellicht ook belangrijk voor de eenden en deze soort komt alleen ondiep (binnen de 10 m lijn) in hoge dichtheden voor. Voor de Hollandse kust lijken dichte banken ook wat dieper voor te komen (zeker tot 20 m diepte en dus ook verder uit de kust) waardoor deze kuststrook wellicht minder attractief is voor de eenden (vanwege hogere duikkosten die ze in dieper water moeten maken). Ondiepe delen binnen de Voordelta (centraal binnen het bodembeschermingsgebied, maar daarbinnen nog de ondiepere gedeelten: Poot et al. 2012) hebben hoge potentie voor de eenden, maar de laatste jaren wordt het gebied door slechts weinig eenden bezocht; in een verder verleden kwamen hier echter tot 28.000 zwarte zee-eenden voor).

5.2 Vis

Effecten van offshore windparken op **vis** kunnen worden onderverdeeld in effecten die optreden tijdens de aanleg van het windpark, de constructie-fase, dan wel tijdens het in gebruik zijn van het windpark, de operationele fase. Tijdens beide fasen zijn diverse potentiële ecologische effecten denkbaar, zowel direct; bijvoorbeeld schade of verstoring door geluid, elektromagnetische velden om de kabels, inbrengen van hard substraat, onderhoudswerkzaamheden en vaarbewegingen), als indirect; bijvoorbeeld via veranderingen in habitat, voedselorganismen of predatoren (Gill 2005). Veel van de studies die zijn

uitgevoerd naar de effecten van offshore windparken op vis, vrijwel allemaal in Noordwest Europa, zijn voor-na studies met referentiegebieden ter controle of studies tijdens de operationele fase (Wilhelmson et al. 2006, Reubens et al. 2010, 2011a, 2011b, Vandendriessse et al. 2011, Lindeboom et al. 2011, Leonhard et al. 2011). In het Nederlandse kustgebied is voor vis uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de effecten van het offshore windmolenpark bij Egmond OWEZ tijdens de operationele fase (Couperus et al. 2010, Winter et al. 2010, Lindeboom et al. 2011, van Hal et al. 2012). Zowel in de buitenlandse voor-na studies als in de Nederlandse OWEZ studie zijn geen duidelijke negatieve effecten gevonden op vissen. De meeste soorten toonden geen significant veranderd voorkomen gerelateerd aan offshore windparken en voor sommige soorten zijn aanwijzingen gevonden dat de effecten wellicht positief uitpakken. Deze soorten benutten met name de nieuw gecreëerde habitats met hard substraat, meestal bestaande uit de palen van de wind turbines en een stortstenen bed op de bodem om uitschuring te voorkomen. Dit effect wordt vaak aangeduid als '*artificial reef effect*'. De directe link tussen mechanisme en eventuele effecten van offshore windmolenparken is tijdens de operationele fase nog nauwelijks onderzocht (Inger et al. 2009, van Hal et al. 2012).

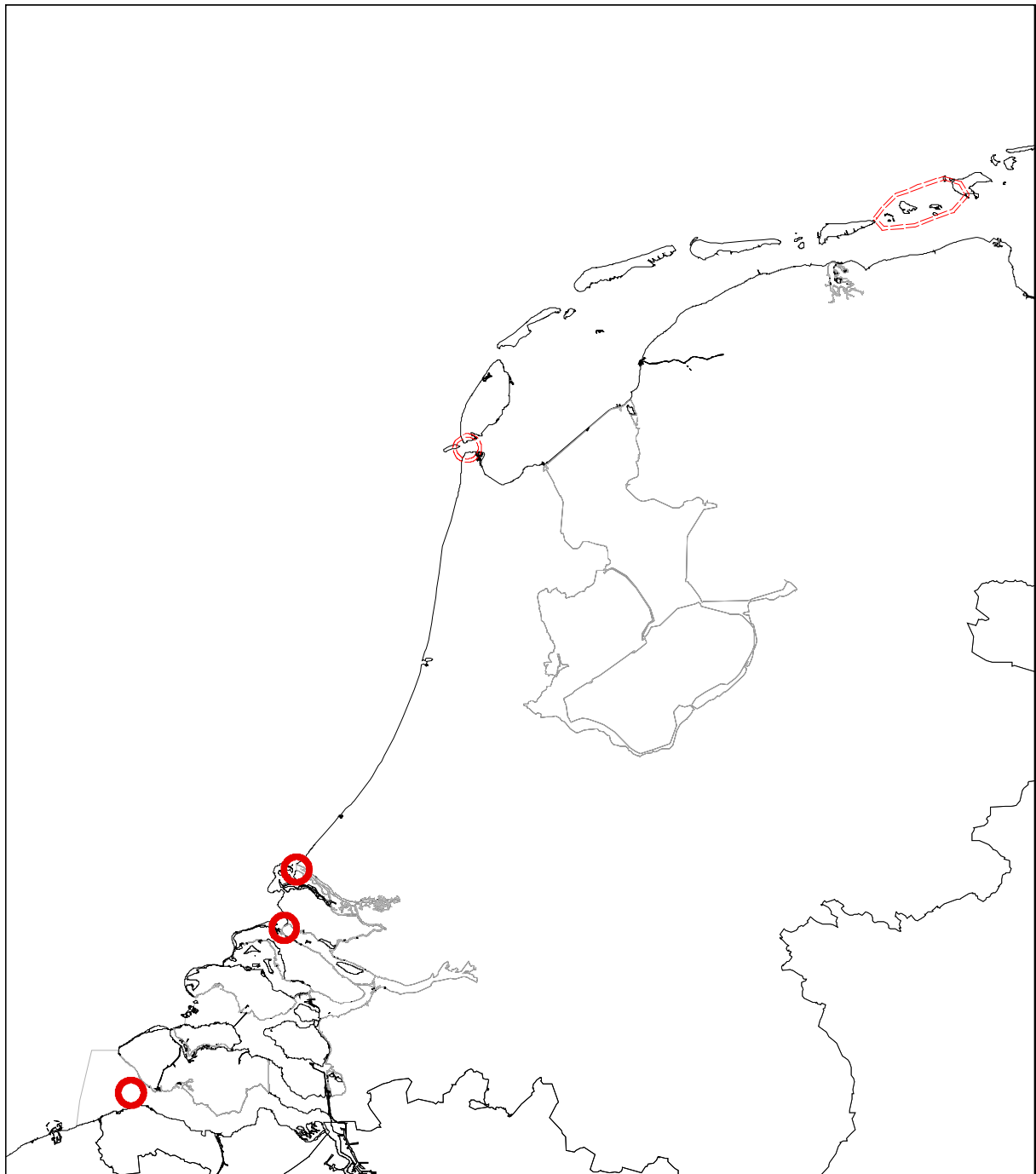
Onderzoek van de effecten tijdens de constructie-fase op vis is nauwelijks beschikbaar. Tijdens de constructie-fase wordt het geluid van heien als potentieel meest schadelijke activiteit voor vis gezien (Popper & Hastings 2009). Recentelijk zijn een aantal laboratoriumstudies verschenen naar de effecten van gesimuleerd heigeluid op grotere vis in de Verenigde Staten (Halvorsen et al. 2012a, Halvorsen et al. 2012b) en op tonglarven in Nederland in een samenwerkingsverband tussen TNO en IMARES (Bolle et al. 2012). De Amerikaanse studies laten zien dat er pas fysieke schade of sterfte optreedt bij zeer hoge geluidsniveaus zoals die optreden op kortere afstand van een hei-locatie (zowel uitgedrukt in *cumulative sound exposure level*, als in *single strike sound exposure level*) en dat het type zwemblaas (nagenoeg afwezig zoals in platvis, gesloten of open) daarbij een belangrijke rol speelt. In de Nederlandse tonglarven-studie zijn cumulatieve geluidsniveaus gesimuleerd tot een niveau dat vergelijkbaar is met 100 heislagen op 100 m afstand, zonder dat dit resulteerde in significant hogere sterfte. Binnen lopend onderzoek (VUM project) wordt de komende twee jaar experimenteel onderzoek gedaan de geluidsniveaus en bijbehorende afstanden tot heilocaties waarbij eventuele dodelijke effecten optreden voor zeebaarslarven, als voorbeeldsoort van larven met een gesloten zwemblaas, en haringlarven, als voorbeeldsoort met een open zwemblaas. Daarnaast zijn er theoretische indicaties dat juveniele vis door resonantie bij een bepaalde grootte van de zwemblaas wellicht schade kan oplopen. Ook dit moet nog onderzocht worden. Of er fysieke schade op langere termijn (non-letale effecten) wordt aangebracht aan vis door heien is nog slecht bekend. Dit geldt ook voor de effecten van verstoring door heigeluid. Of deze tijdelijk en marginaal zijn, of dat deze substantieel zijn is momenteel niet bekend. Tijdens een zeevogelstudie waarbij ook op makreel werd gevist met de hengel tijdens heisessies van OWEZ werd gezien dat het gedrag van makreel duidelijk werd beïnvloed door het heien, maar op wat voor schaal en hoe lang is hieruit niet op te maken (Leopold & Camphuysen 2007). Samenvattend kan met de huidige kennis worden gesteld dat vis op korte afstand risico's op fysieke schade oploopt en dat er over grotere afstanden gedragsbeïnvloeding plaats zou kunnen vinden. Aangezien het heien in de praktijk via een (kortdurend) 'ramp-up' schema plaats vindt, waarbij opgestart wordt met minder zware heiklappen, geeft dit vis met voldoende zwemcapaciteiten een gelegenheid om weg te zwemmen van de heilocatie waardoor de sterfte wellicht wordt ingeperkt. Voor vislarven en jonge vis is deze mogelijkheid er niet en daar komt bij dat er door getijdenstromingen een groter aantal vis binnen de eventuele 'impact-zone' terecht komen en blootgesteld aan eventueel schadelijk heigeluid.

In de Natura 2000-gebieden in de kustzone zijn de **habitatsoorten** fint, elft (alleen voor de Voordelta), rivierprik en zeeprik aangewezen. Over het voorkomen van deze soorten langs de Nederlandse kust is niet veel bekend (Hofstede et al. 2008). In de jaarlijkse DFS survey (Tulp et al. 2008) worden fint, rivierprik en zeeprik aangetroffen, maar meestal in geringe aantallen. Alleen de fint wordt in sommige jaren meer aangetroffen. Uit hengel- en fuikvangsten en anekdotische informatie is bekend dat de fint

regelmatig wordt aangetroffen langs de gehele Nederlandse kustzone. De kustzone fungeert voor deze soort als foerageergebied voor zowel juveniele als volwassen fint. Als paaipopulatie is de fint door het voltooiën van de belangrijkste deltawerken uit Nederland verdwenen, met als sluitstuk de afsluiting van het Haringvliet in 1970. Alleen in de Eems-Dollard is sprake van succesvolle paai in tenminste sommige jaren. Elft is als paaipopulatie verdwenen uit Nederland in de eerste helft van de vorige eeuw. Er werden daarna slechts sporadisch elften gevangen in Nederland. In 2007 is een herintroductie programma gestart in de Duitse Rijn. Mocht deze succesvol blijken dan zal het voorkomen van de elft in de kustzone toenemen. Voor de rivierprik en zeeprik is over de verspreiding tijdens de zee fase weinig bekend. Waarschijnlijk kent de rivierprik een meer kustgebonden verspreiding dan de zeeprik. Rivierprik is facultatief zowel predator op kleinere vis, bijvoorbeeld jonge haring en sprot, als parasiet vastgezogen op grotere vis. Zeeprik is uitsluitend parasiet op grote vis en zeezoogdieren en kent daardoor wellicht ook een veel grotere verspreiding ten opzichte van de rivier van herkomst. Rivierprik is relatief talrijk bij de belangrijkste intrekpunten langs de Hollandse kust; Westerschelde, Haringvliet en Nieuwe Waterweg en vanuit de Waddenzee; Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand, de Eemsmonding (met name belangrijk voor rivierprik).

Over de impact van offshore windparken op de habitatsoorten fint, elft, rivierprik en zeeprik is niets bekend. Het lijkt aannemelijk dat analoog aan het ontbreken van waargenomen effecten voor meer algemeen voorkomende soorten vis tijdens de operationele fase (zie boven) ook opgaat voor de benutting van de kustzone als foerageergebied door deze soorten in relatie tot offshore windparken. Elft en fint zijn haringachtigen en het onderzoek naar de effecten van heien op haringlarven zal ook een goede indicatie geven voor te verwachten effecten op deze twee soorten. Rivierprik en zeeprik zijn kraakbeenvissen, behorend tot de rondbekken en zijn taxonomisch verschillend van beenvissen. Omdat ze geen zwemblaas hebben zouden de effecten van heigeluid wellicht vergelijkbaar zijn aan die op platvis. Wat riviervissen extra kwetsbaar maakt ten opzichte van veel andere zeevissoorten is dat de gehele populatie zich tijdens de migratie concentreert bij intrekpunten naar en van rivierstroomgebieden. In het studiegebied voor deze quick scan gaat het dan met name om de Nieuwe Waterweg en Haringvliet (als toegangspoort voor de Rijn en Maas) en de Westerschelde (als toegangspoort voor de Schelde). Ook in de zeegaten tussen de Waddeneilanden zullen fint, zeeprik en rivierprik voorkomen, deels tijdens foerageren deels tijdens doortrek, maar de werkelijke concentratie tijdens de migratie zal zich met name voordoen bij de Afsluitdijk en de Eemsmonding en valt daarmee buiten het studiegebied van deze quick scan. Als potentiële negatieve impact van offshore windmolenparken lijkt dan met name het heien tijdens de constructiefase het grootste punt van zorg.

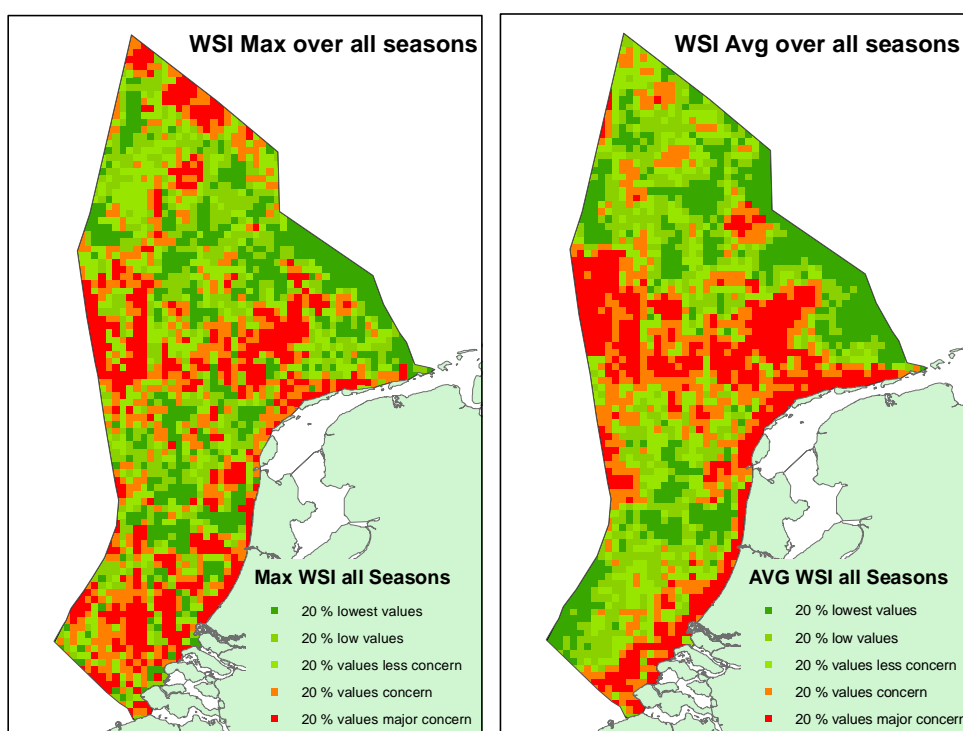
Tot nu toe werd het risico dat het relatief zwakke elektromagnetische veld om de kabels tot negatieve effecten zou leiden bij migrerende soorten die het aardmagnetisch veld gebruiken als zeer klein ingeschat, maar recentelijk is vastgesteld dat paling wel een gedragsbeïnvloeding laat zien bij nadering van kabels (Öman et al 2007, Gill 2012). In hoeverre dit ook tot een negatief effect kan leiden is niet duidelijk. Ook van andere soorten zoals zalm, zeeforel, zeeprik en rivierprik is bekend dat deze op een elektromagnetisch veld kunnen reageren (Gill 2012). Naast deze migrerende soorten is ook van bijvoorbeeld haaien en roggen bekend dat zij deze kunnen waarnemen.



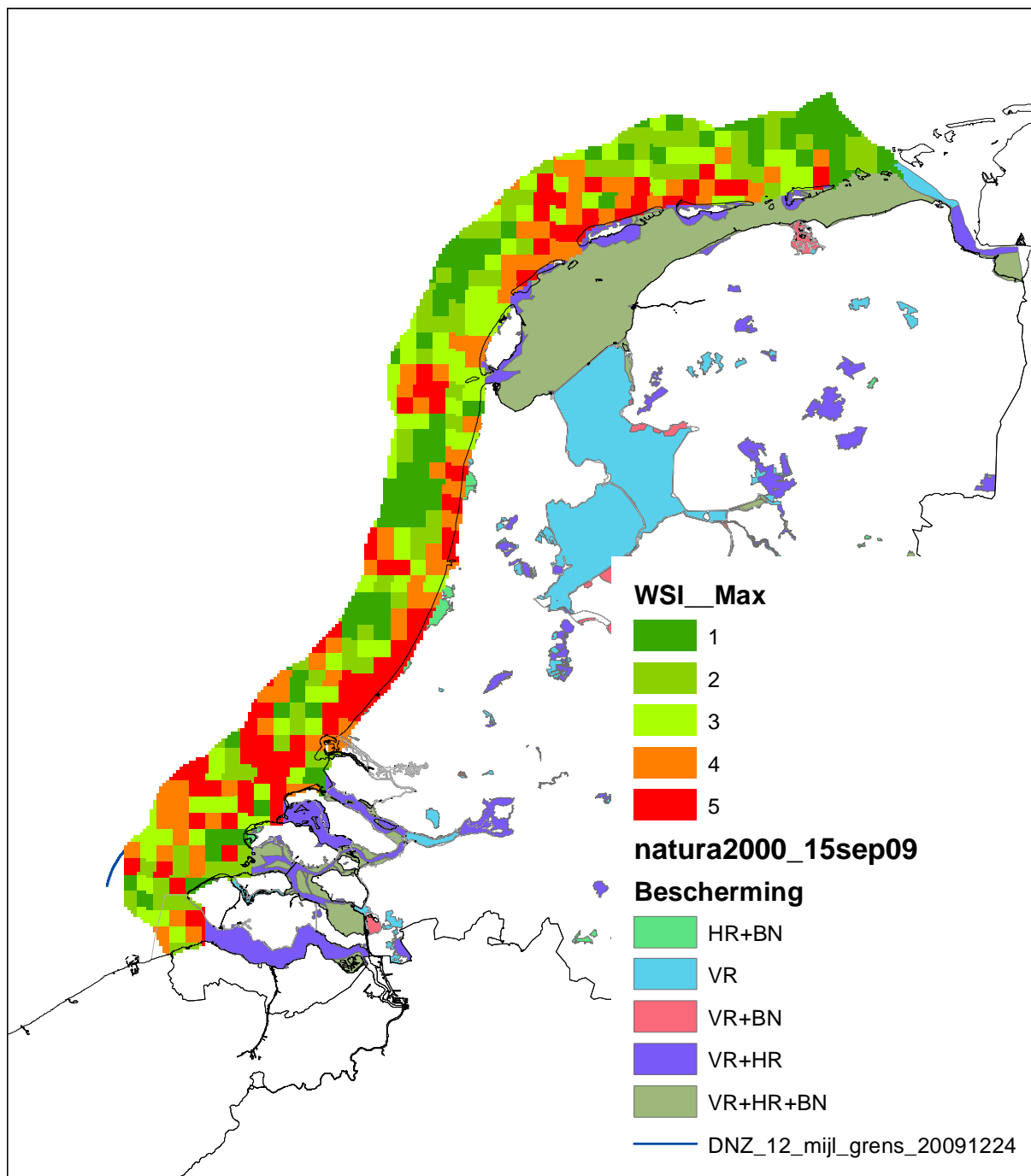
Figuur 3. De belangrijkste intrekpunten van riviertrekvissoorten die in de Habitatrictlijn worden genoemd in het Nederlandse kustgebied. Riviertrekvisseren zullen ook gebruik maken van de zeegaten tussen de eilanden in relatie tot de intrekpunten bij de Afsluitdijk en de Eemsmonding, maar zijn hier minder kwetsbaar. Om deze reden zijn de drie getoonde intrekpunten in de Delta anders (zwaarder) weergegeven dan die in het noorden van het land, die op grotere afstand liggen tot de daadwerkelijk intrekpunten naar IJsselmeer en Eems.

5.3 Zeevogels

Er is een uitgebreide studie gedaan naar de cumulatieve effecten van offshore windparken op alle zeevogels op de Noordzee, afhankelijk van de locatie. Hierbij is gebruik gemaakt van alle beschikbare tellingen (schip en vliegtuig) van alle soorten zeevogels, in alle maanden van het jaar en over een lange reeks van jaren. Het (Engelstalige) achtergrondrapport voor deze studie is als Bijlage A bij dit rapport gevoegd. Kort samengevat, is voor alle relevante (is: niet zeer zeldzame) zeevogelsoorten bepaald wat hun potentiële gevoeligheid voor windmolens is en deze Windmolen SensitiviteitsIndex (WSI) is vermenigvuldigd met de tweemaandelijks dichtheden, berekend voor het hele NCP en gemiddeld voor scheeps- en vliegtuigdata. Vervolgens zijn de zes uitkomsten (zes gebiedsdekkende kaarten, een voor elke twee maanden) gemiddeld, maar ook is gekeken (voor alle 2370 gebruikte gridcellen) wat de maximale waarde was gedurende het jaar. Deze beide uitkomsten zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4. NCP-dekkende kaarten die de maximale seizoenswaarden (links) en de jaargemiddelden aangeven van gebieden met meer (rood) en minder (groen) hoge waarden voor de gevoeligheid van lokale zeevogels voor windparken (WSI).



Figuur 5. De maximale seizoenswaarden voor de gevoeligheid van lokale zeevogels voor windparken (WSI) binnen de 12-mijlszone (uitsnede van Figuur 4), lopend van weinig (groen) tot hoog-gevoelig (rood).

Inzoomend op de 12-mijlszone (Figuur 5), blijkt vrijwel de hele kustzone hoog-gevoelig. Dit wordt veroorzaakt door relatief hoge dichtheden aan zeevogels langs de kust, zowel in het broedseizoen als in de winter, en door het feit dat verschillende van deze soorten hoog-gevoelig zijn (duikers, futen, eenden). De aaneengesloten zone met hoge waarden (rood) dicht langs de Hollandse kust komt vooral op het conto van overwinteraars: hoge dichtheden duikers, futen, alkachtigen. Het hoog-gevoelige gebied ten noorden van Vlieland-Terschelling-Ameland is in de zomer zeer rijk aan meeuwen en sterns, foeragerend vanaf de eilanden, terwijl hier in de winter vaak een grote concentratie zee-eenden

voorkomt (soms doorlopend tot boven Schiermonnikoog (Leopold et al. 1995; 2013b). Verder uit de kust is meer differentiatie. De Voordelta lijkt een mozaïek van hoge en lage waarden, maar grote aaneengesloten gebieden met lage gevoeligheid zijn er niet te vinden. Voor de Hollandse kust en voor de Waddenkust zijn wel enkele laag-gevoelige gebieden te zien: voor Rotterdam, voor Zandvoort, voor Egmond, ten NW van Texel en ver uit de kust, ten noorden van Ameland-Schiermonnikoog. De laag-gevoelige gebieden voor Rotterdam en ten noorden van de Waddeneilanden liggen in drukke scheepvaartroutes. Dit maakt ze weinig attractief voor zeevogels (voortdurende verstoring), en wellicht ook als locaties voor windmolens, al lijkt de "middenberm" van de scheepvaartroute langs de waddenkust een optie.

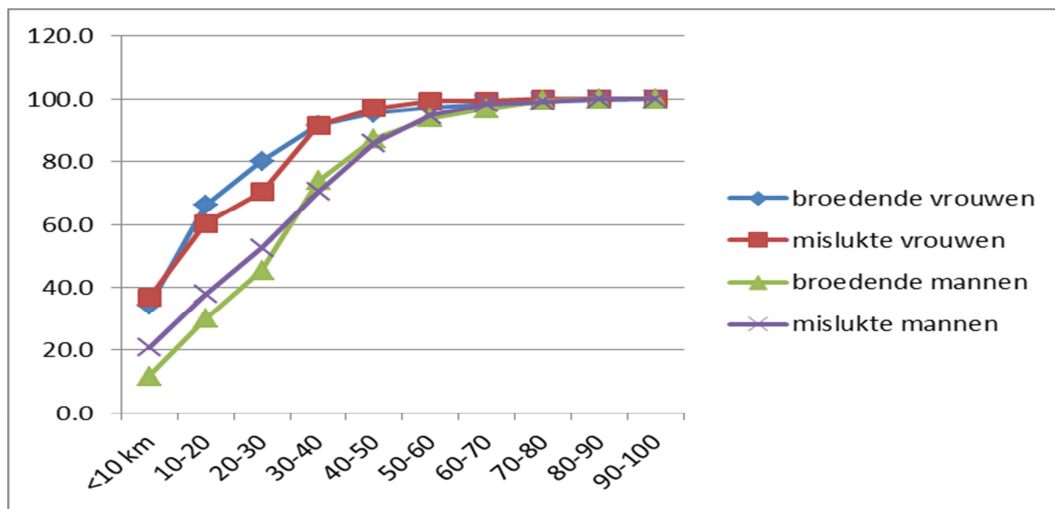
Meest kansrijk voor windparken lijkt het gebied bij Egmond (zeewaarts rond OWEZ) en bij Zandvoort (rond het toekomstige windpark Luchterduinen). Verdere uitbreiding rond deze parken lijkt voor de lokale zeevogels het minst milieuonvriendelijke alternatief. Voor het gebied rond OWEZ is bovendien al veel informatie verzameld, die aangeeft dat de effecten op zeevogels hier inderdaad beperkt van omvang zijn (Leopold et al. 2011b, 2013a; Krijgsveld et al. 2011), evenals de negatieve effecten op andere natuurwaarden (Lindeboom et al. 2012).

5.3.1 Recente ontwikkeling: overwinterende futen dicht onder de Hollandse kust

De afgelopen tien jaar overwinteren (december-februari) zeer grote aantallen futen in de Hollandse kustzone. De aantallen lopen op tot circa 30.000 vogels, een aantal dat ook internationaal van zeer groot belang is. De vogels zitten in een nauwe strook dicht tegen de kust aan, voornamelijk tussen Den Helder en Hoek van Holland. Bij een aantal gebiedsdekkende surveys bleek dat de hoogste dichtheden meestal worden aangetroffen tussen Hoek van Holland en Scheveningen en tussen IJmuiden en Camperduin, maar de vogels kunnen langs de kust opschuiven, met het getij of reagerend op de lokale visstand (Poot et al. 2010 en onder review; Leopold et al. 2011c, 2013c; van Bemmelen & Geelhoed 2012). De meeste van deze futen zitten binnen 3 km van de kust, en zeker binnen 5 km van de kust, slechts enkele vogels halen op sommige dagen net een afstand van 10 km (tegen het OWEZ windpark: Leopold et al. 2013a).

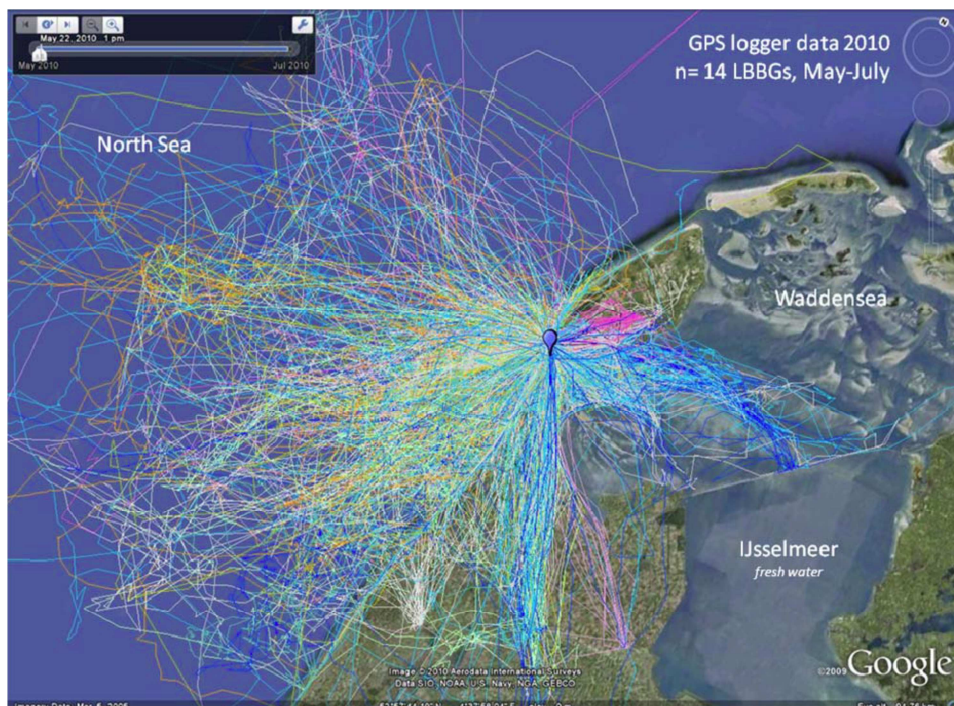
5.4 Broedvogels

Zeevogels die langs de Nederlandse kust broeden (veelal in gebieden die onder Natura 2000 zijn beschermd) en die op de Noordzee foerageren, zijn tijdens het broedseizoen gebonden aan de kolonies, waardoor hun actieradius beperkt is. Toch gaan sommige soorten tientallen kilometers de zee op. De soort die hierbij de langste foerageertochten onderneemt is de kleine mantelmeeuw. Voor deze soort zijn met behulp van kleine op de vogels aangebrachte GPS-loggers de foerageertochten in kaart gebracht. Een enkele vogel ging tot ruim 90 km ver, maar 80% ging niet verder dan 40 km (Figuur 6, ontleend aan Camphuysen 2013).



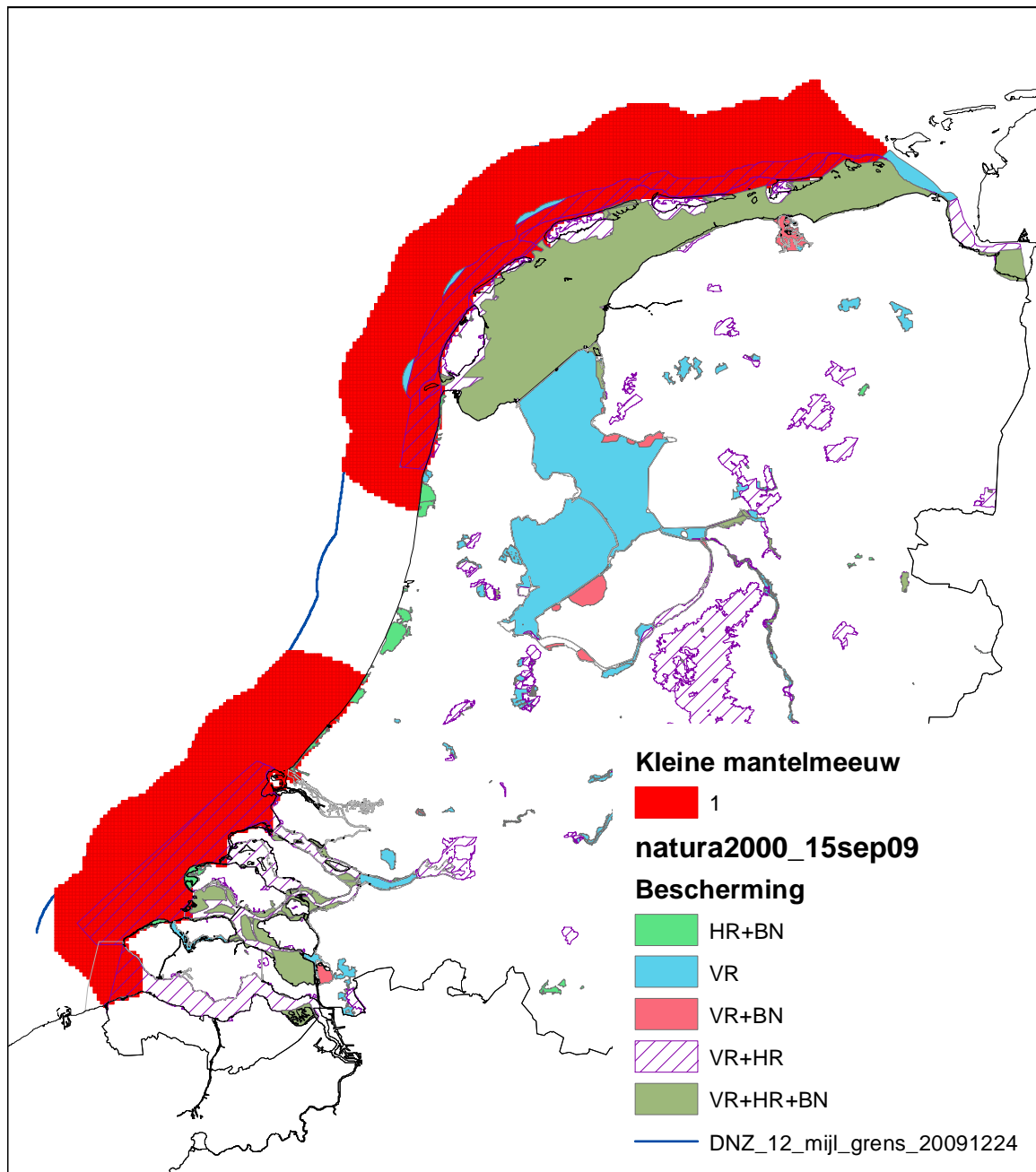
Figuur 6. Maximale afstanden tot de kolonie (cumulatief uitgezet, tot 100%), van kleine mantelmeeuwen uit de kolonie op de zuidpunt van Texel, uitgesplitst naar mannen en vrouwen en naar status: succesvol broedend en mislukt (eieren of jongen verloren gegaan). Naar: Camphuysen (2013).

Sommige vogels vliegen echter aanzienlijk verder dan 40 km de zee op en niet-broeders (vogels die een jaar overslaan en sub-adulten) gaan wellicht nog verder. Onderstaande "spaghetti plot" laat alle GPS-gelogde foerageertrips zien voor het seizoen 2010, waarbij de verschillende kleuren individuele vogels aangeven. Evenzo laat zenderwerk aan vogels die verder landinwaarts broeden (Volkerak) zien, dat deze juist in het binnenland hun voedsel zoeken en niet de zee op gaan (Gyimesi et al. 2001). We mogen echter aannemen (bij gebrek aan zenderdata voor alle kolonies in Nederland) dat vogels uit direct aan zee gelegen kolonies hun voedsel voor een belangrijk deel uit de Noordzee betrekken.



Figuur 7. Foerageertrips van Texelse kleine mantelmeeuwen in 2010 (verschillende kleuren zijn verschillende vogels), vastgelegd met GPS-loggers. Uit: Camphuysen (2011).

Wanneer we cirkels van 40 km rond de broedkolonies van kleine mantelmeeuwen trekken (met de 12-mijlszone als buitengrens) dan blijkt het hele noordelijke en het hele zuidelijke kustgebied "gevuuld" met foeragerende kleine mantelmeeuwen (Figuur 8). Dit beeld komt goed overeen met harde GPS data, voor de kolonie op de zuidpunt van Texel (Figuur 7) en voor een andere kolonie waar dit is onderzocht (Vlieland: Ens 2007). Voor Zeeland is de situatie niet direct onderzocht aan zeevaartse kolonies zoals op de Kop van Schouwen, zodat de zeevaartse foerageerrange van kleine mantelmeeuwen hier minder goed bekend is.

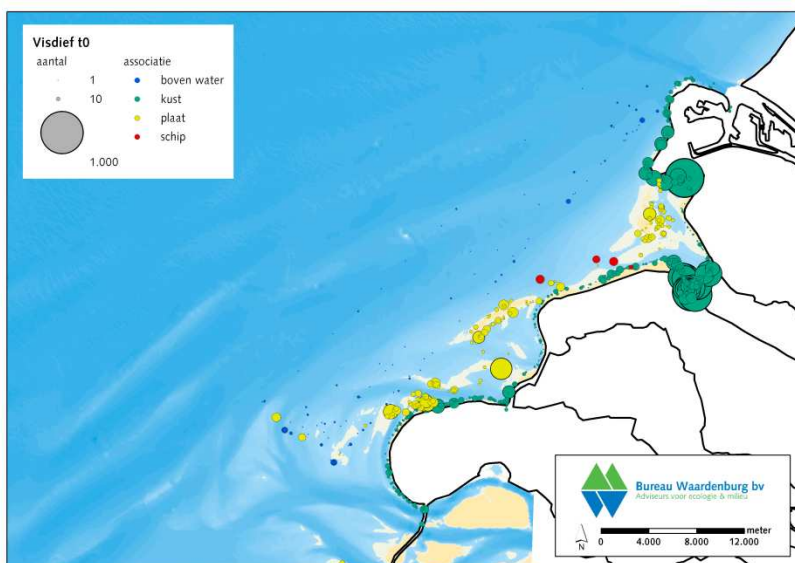


Figuur 8. Foerageerranges van alle kleine mantelmeeuwen die in Nederland langs de kust in Natura 2000-beschermde kolonies broeden, uitgaande van de ligging van de kolonies en een foerageerrange van 40 km.

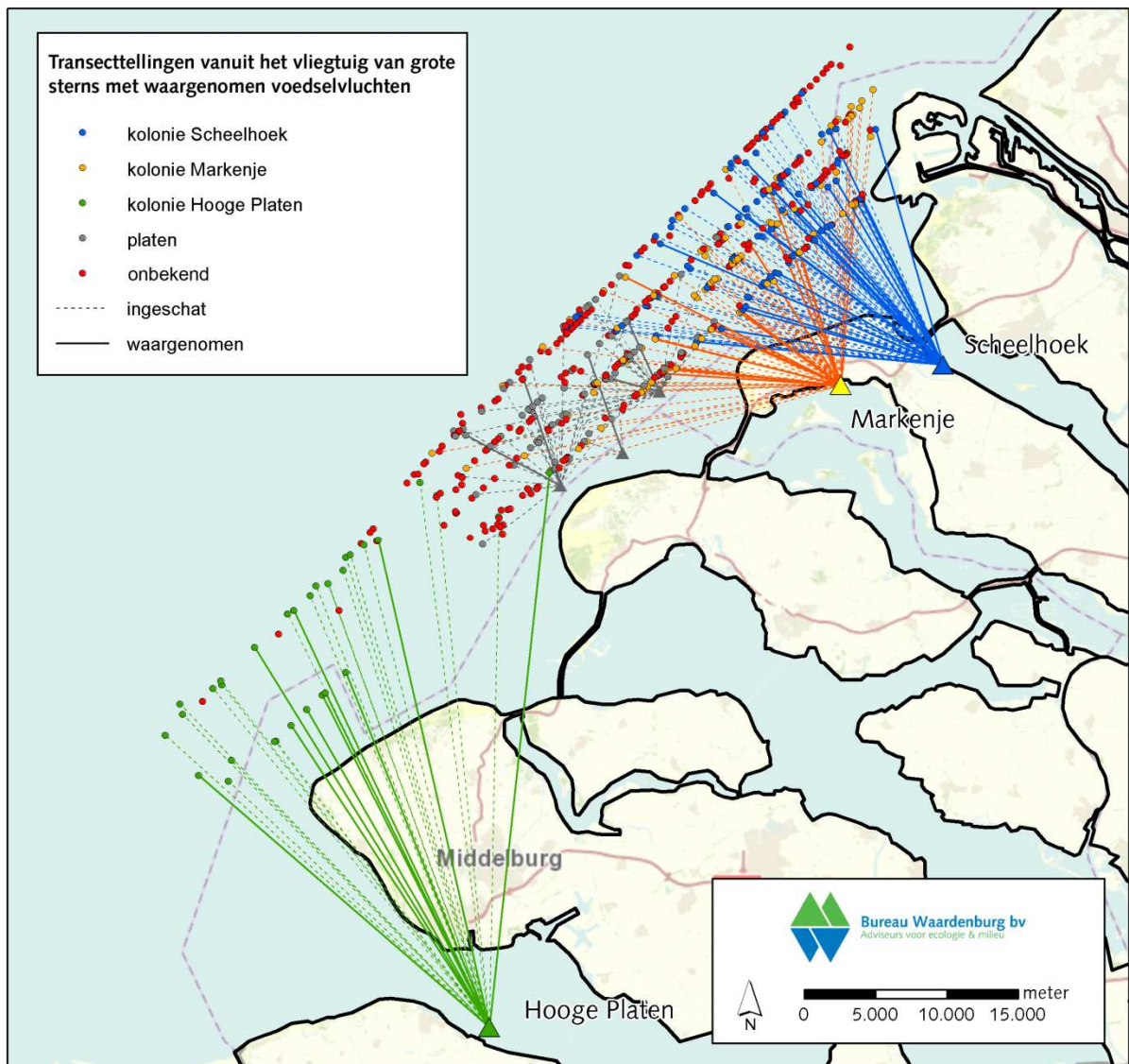
Voor aalscholvers, grote sterns en visdieven is op dezelfde wijze informatie verzameld, van vogels die in de Voordelta van GPS-loggers of van zenders waren voorzien (Poot et al. 2012). Voor deze vogels was naast de telemetrische data, ook informatie voorhanden afkomstig van vliegtuigtellingen. Voor deze soorten zijn ranges aangehouden van respectievelijk 25, 40 en 15 km rond de kolonies (Figuur 12), met hierbij de aantekening dat sommige individuen veel verder vliegen (Figuren 9-11). Andere (vliegtuig)tellingen laten zien dat de verspreiding van grote sterns buiten de broedtijd, bijvoorbeeld tijdens de voorjaarstrek in april, een veel ruimer gebied beslaat, dat de 12-mijlszone verre overstijgt (Figuur 13).



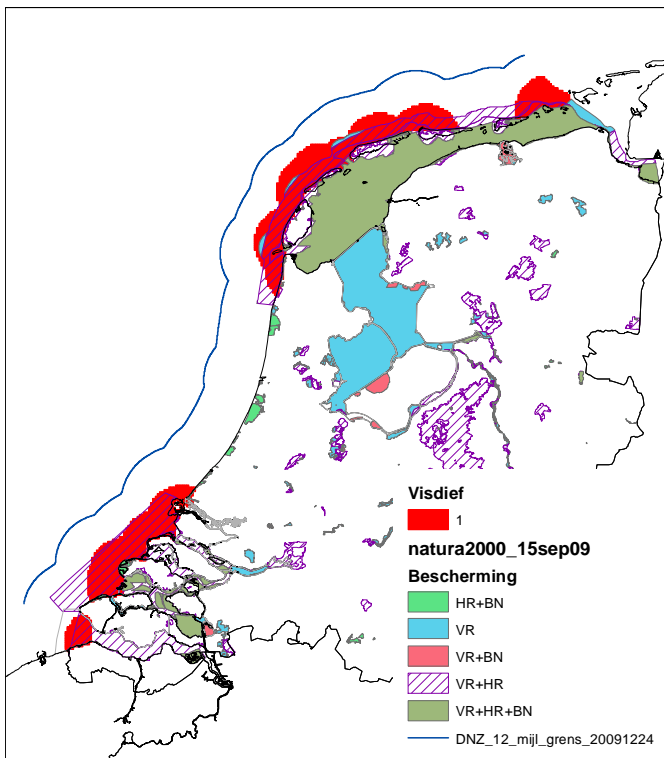
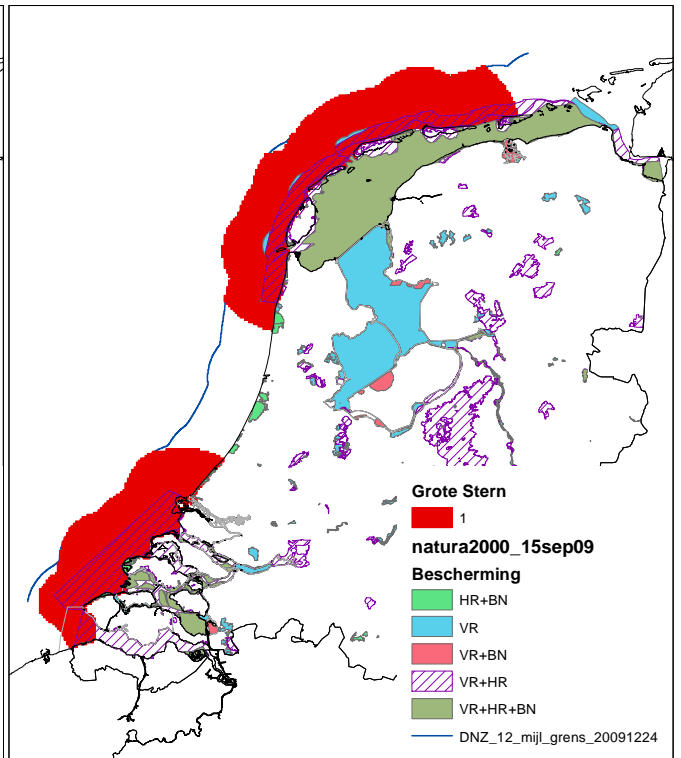
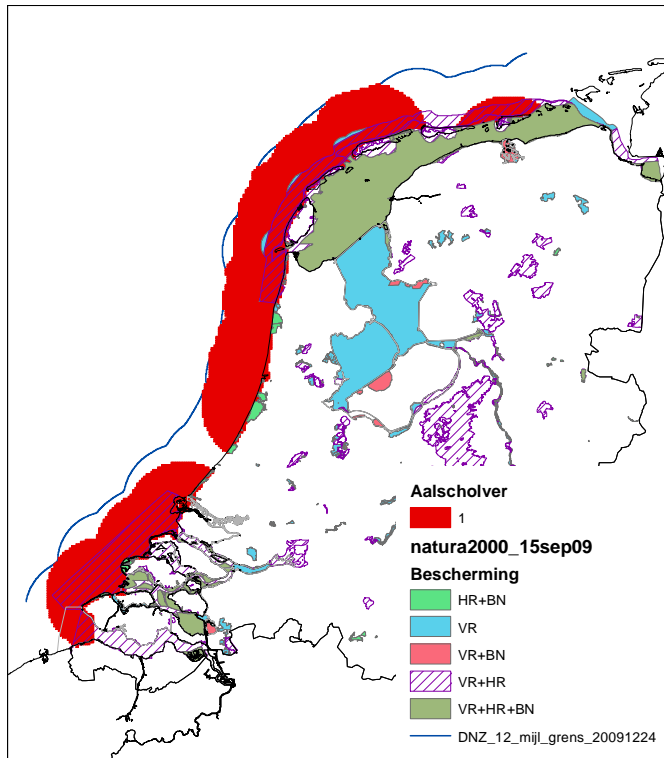
Figuur 9. Foeragevluchten van aalscholvers uit het Brede Water, uitgerust met GPS-loggers Uit: Poot et al. (2012)



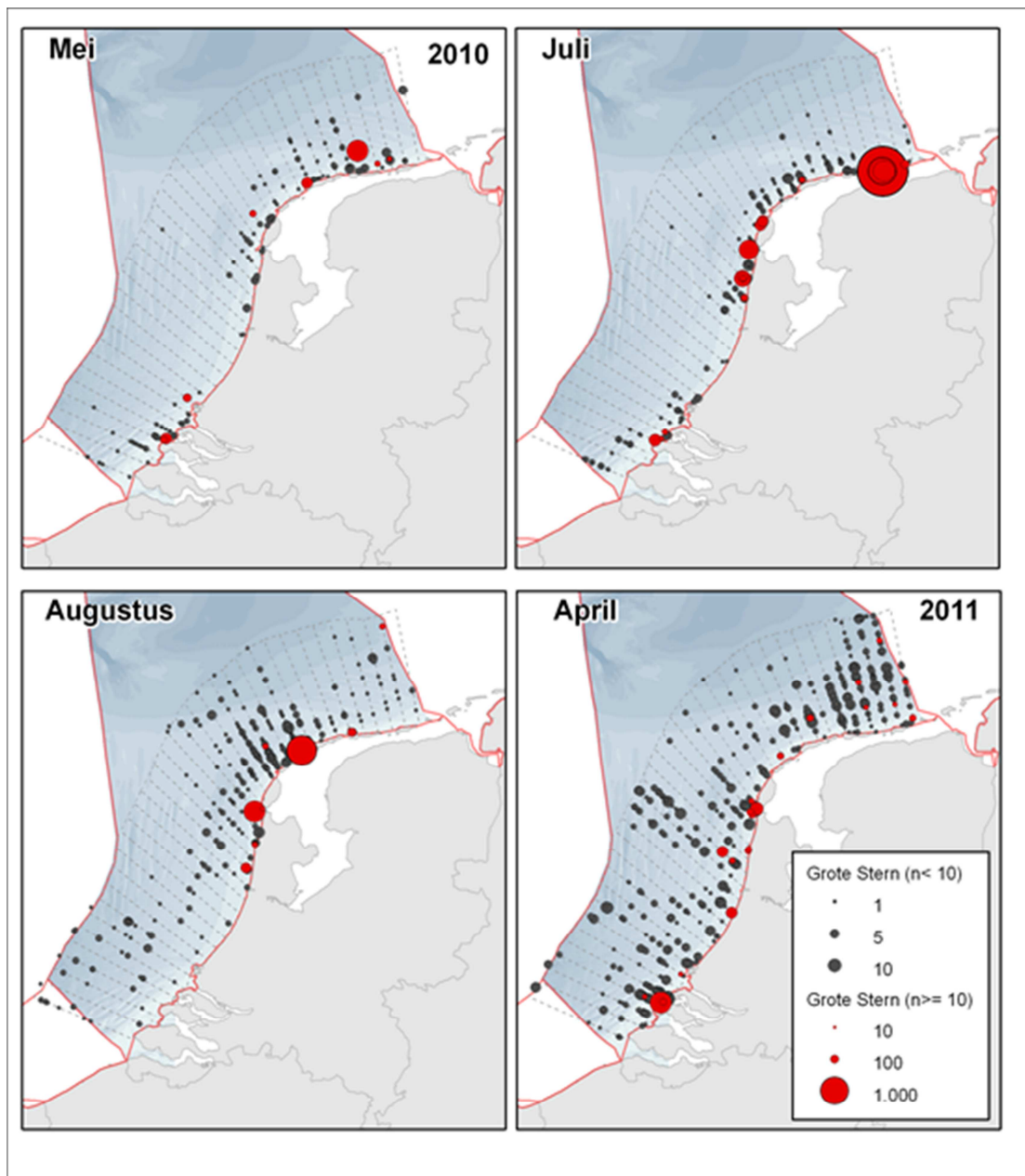
Figuur 10. Waarnemingen vanuit het vliegtuig van visdieven in de Voordelta (broedseizoenen 2005 en 2006 cumulatief), Hoewel een enkele visdief tot aan de grenzen van het bodembeschermingsgebied vliegt, blijven de meeste vogels relatief dicht onder de kust. Uit: Poot et al. (2012)



Figuur 11. Cumulatieve verspreiding van vliegende grote sterns in het zomerhalfjaar 2012 (april-september) met voor een deel van de waarnemingen (lijnen) een gereconstrueerde relatie met de bronkolonie in de Delta of platen in Voordelta. Uit: Poot et al. (2012)



Figuur 12. Foerageerranges van alle aalscholvers (linksboven, range vanuit kolonies 25 km); grote sterns (40 km) en visdieven (15 km) die in Nederland langs de kust in Natura 2000-beschermd kolonies broeden, uitgaande van de ligging van de kolonies (data SOVON).



Figuur 13. De verspreiding van grote sterns op de Noordzee in verschillende maanden van het jaar. Vóór (april) en na (augustus) het broedseizoen zijn deze vogels wijd verspreid. Uit: Poot et al. (2011b).

5.5 Trekvogels

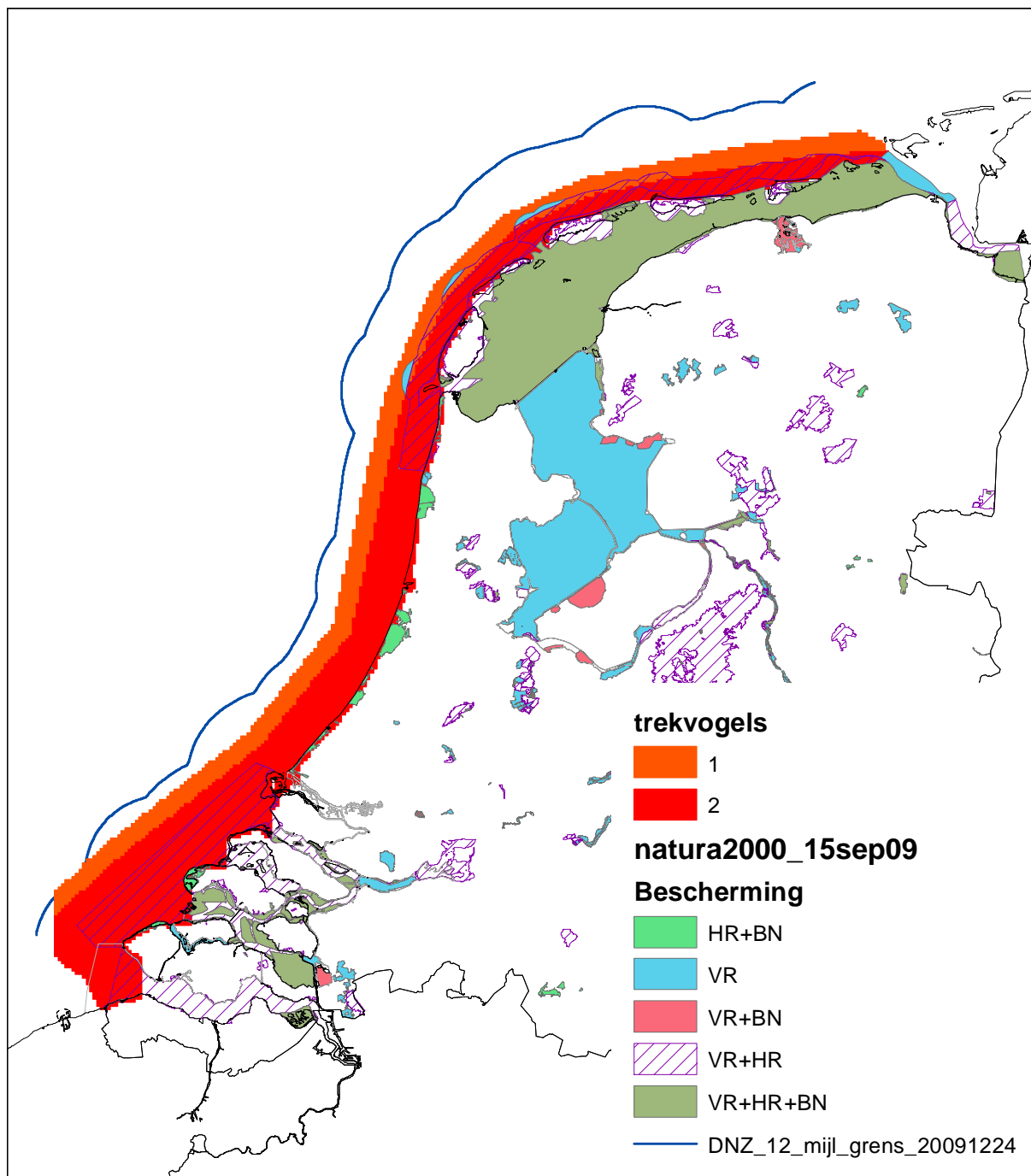
De trekbanen van de verschillende groepen trekvogels over Nederland, de Noordzee en in het bijzonder over de 12-mijlszone is voor dit rapport nader uitgewerkt door Rob Lensink (Bijlage B). Vergeleken met de open Noordzee is de trek van zeevogels en watervogels dicht onder de kust veel sterker en dit verschil wordt nog versterkt doordat ook grote aantallen min of meer lokale zeevogels langs de kust heen en weer vliegen. Door de vorm van de Noordzee: een trechter die in het noorden breed en naar het zuiden toe steeds nauwer wordt, concentreert de zuidwaartse stroom trekvogels zich in de herfst in het zuiden: hierdoor zijn de dichtheden trekvogels boven de 12-mijlszone van de Voordelta hoger dan elders. Zangvogels en steltlopers die uit het noorden (Scandinavië) of het noordwesten (IJsland) komen, gaan als ze eenmaal de vastelandskust hebben bereikt met de kust mee naar het zuidwesten vliegen. Ook

hierdoor nemen de dichtheden naar het zuiden steeds meer toe. Daarbij is ook de stroom zee- en watervogels binnen de 12-mijlszone door een aantal oorzaken in het zuiden breder dan in het noorden (tot circa 15 km van de kust in het zuiden, versus 10 km in het midden en noorden van het land). In het voorjaar, als de vogels naar het noorden vliegen, "verdunt" de stroom zich naar het noorden en slaan bovendien steeds meer vogels af, landinwaarts. Aangekomen bij Den Helder, kiezen veel vogels die noordoostwaarts gaan, een route door de Waddenzee. Hierdoor is ook in het voorjaar de treksterkte over de Voordelta sterker en breder dan langs de kust verder noordelijk. Zangvogels die de vastelandskust aan de landzijde volgen, waaieren slechts in beperkte mate uit over zee; in het noordoosten minder ver dan in het zuiden, zowel in voor- als najaar.

Zangvogels en watervogels die in het najaar uit het noorden en noordoosten in de Waddenzee of langs de noordkust van de Waddeneilanden aankomen en doortrekken naar Engeland, steken de zee vooral vanaf het noorden van het land over (Vlieland, Texel, Kop van Noord-Holland. Voor een aantal soorten watervogels zoals kleine zwaan, rotgans, smient ligt er een relatief belangrijke trekroute vanaf de westelijke Waddeneilanden en de Kop van Noord-Holland, door de 12 mijlszone, naar Engeland (Bijlage B, Figuur 7). Naar het zuiden toe nemen hun aantallen af, maar steken wel weer andere zangvogels in toenemende mate de Noordzee over, op weg naar Engeland. In het voorjaar zijn deze patronen in omgekeerde richting aanwezig.

Door de "holle" vorm van de Hollandse kustboog is het wel zo dat een aantal trekvogels hier de bocht afsnijdt en verder uit de kust vliegt dan elders (bijvoorbeeld: Platteeuw 1990). Er zijn dus vogels die relatief ver uit de (Hollandse) kust noord- en zuidwaarts trekken maar deze stroom weegt niet op tegen de veel hogere aantallen dicht onder de kust. Dit fenomeen dient nader te worden gekwantificeerd indien windparken tegen de buitenzijde van de 12-mijlszone worden overwogen.

Samengevat (Figuur 14) is de treksterkte in de meeste situaties het sterkst door het zuidelijke deel van de Nederlandse 12-mijlszone, ook relatief sterk langs de Waddenkust en vanaf de Kop van Noord-Holland de Noordzee in (in het najaar), en is de trek het zwakst in het gedeelte tussen ongeveer de Hondsbossche Zeewering (Noord-Holland) tot ergens rond IJmuiden. Alles combinerend, lijkt een veilige afstand voor offshore windparken van de kust bij Zeeland 20 km te zijn (voorzorg: 25 km), voor Zuid-Holland 15 km (voorzorg: 17-20); en ten noorden van ongeveer IJmuiden is dit 10 km (voorzorg: 12-15, de afstand van het huidige OWEZ).



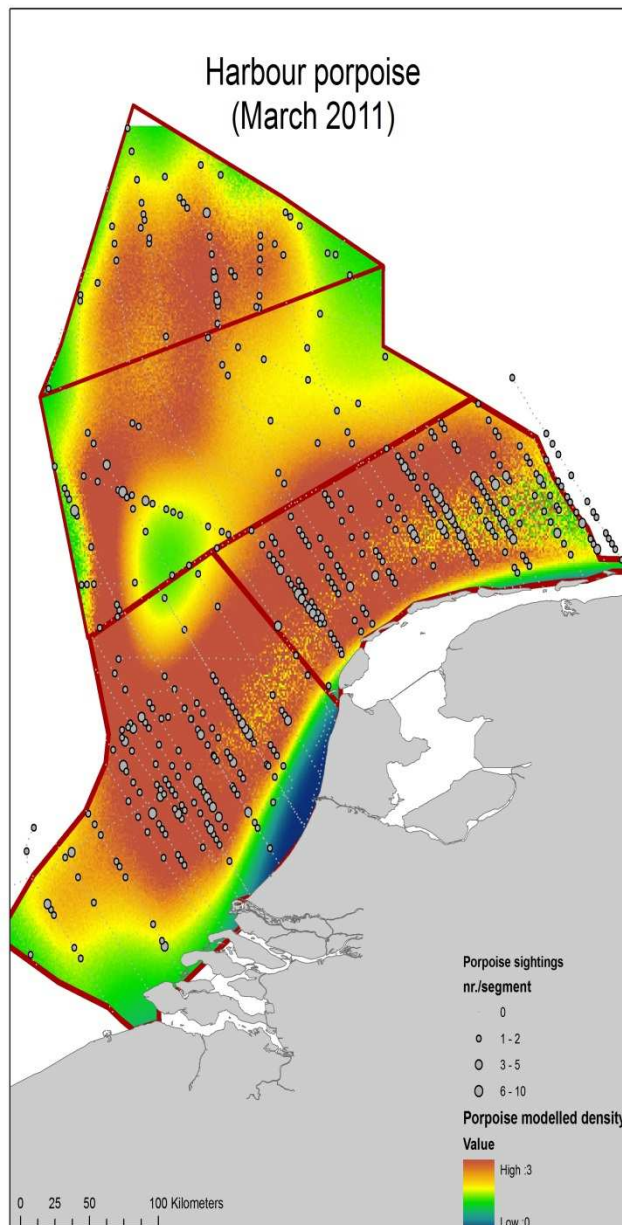
Figuur 14. Schematische weergave van de breedte van de baan waar de vogeltrek binnen de 12-mijlszone het sterkst is (rood), met een extra voorzorgszone (oranje).

5.6 Zoogdieren

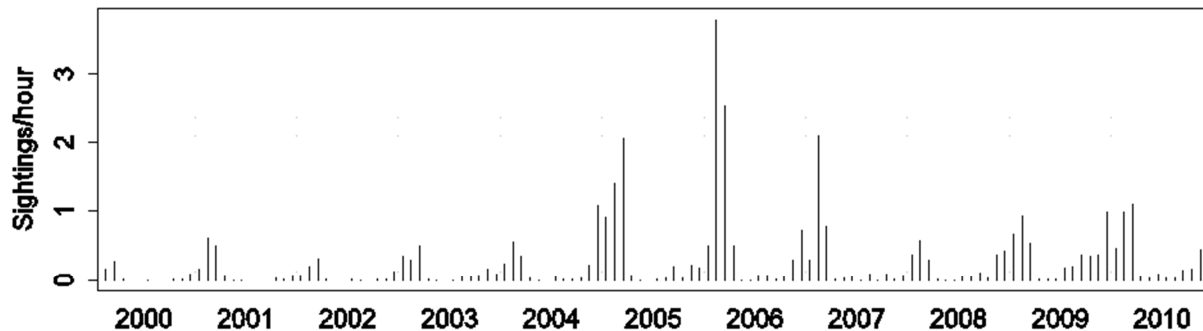
5.6.1 Bruinvis

Bruinvissen komen verspreid over het hele Nederlands Continentaal Plat (NCP) voor. De verspreiding vertoont zeer sterke wisselingen. Langs de kust zien zeetrekters af en toe massaal bruinvissen (“overall langs de kust tegelijkertijd”), om dan korte tijd later (dagen, weken) bijna geen bruinvissen meer te

zien. Er lijken dus grootschalige golvende bewegingen te zijn, van open zee naar de kustwateren en *vice versa*, waarvan het achterliggende mechanisme niet bekend is. Op grotere geografische schaal zijn er ook grote verschillen in aantallen dieren op het NCP: gedurende het jaar zwemmen tienduizenden bruinvissen het NCP in en uit. De maximale aanwezigheid wordt gezien in maart: dit geldt zowel voor de data van vliegtuigtellingen (hele NCP; Figuur 15) als voor de tellingen vanaf de kust (zeetrekellingen) als voor strandingen (de exacte herkomst van gestrande dieren is onbekend). Een beeld van gemodelleerde dichtheden (met daar bovenop de daadwerkelijk waargenomen dieren geprojecteerd) laat voor maart een brede band van hoge dichtheden zien langs een brede band aan de buitenzijde van de 12-mijlszone, van de Duitse grens tot aan ongeveer de hoogte van Rotterdam. De aantallen in de Voordelta en vooral voor de Hollandse kust lijken lager. Dit kan een correcte momentopname zijn, of de waarnemers hadden moeite om in het troebele kustwater bruinvissen goed te detecteren. Uit andere bronnen (tellingen vanaf schepen en vanaf de kust) weten we dat bruinvissen op alle afstanden tot de kust zeer talrijk kunnen zijn, met een duidelijk seizoenspatroon (Figuur 16). Dit geldt ook voor de Voordelta.



Figuur 15. Gemodelleerd verspreidingsbeeld over het hele NCP, wanneer maximale aantallen aanwezig zijn, in maart. Uit: Geelhoed et al. 2011).



Figuur 16. Per uur zeevareltellen waargenomen aantallen bruinvissen, per maand (geanalyseerd door Aarts et al. in prep.-a). Deze dieren zijn gezien vanaf de kust, van verschillende telposten (Westkapelle, Maasvlakte, Scheveningen, Katwijk, Noordwijk, Bloemendaal, Egmond, Camperduin, Huisduinen, Texel en Vlieland) langs de kust, over een reeks van jaren. Opvallend is de jaarlijkse ritmiek, alsook de jaarlijkse presentie voor de kust in het gebied dat in Figuur 15 geldt als een gebied met zeer lage dichtheden. De hoogste pieken vielen in de meeste jaren in februari/maart, dus en tijde van de vliegtuigsurvey (Figuur 15).

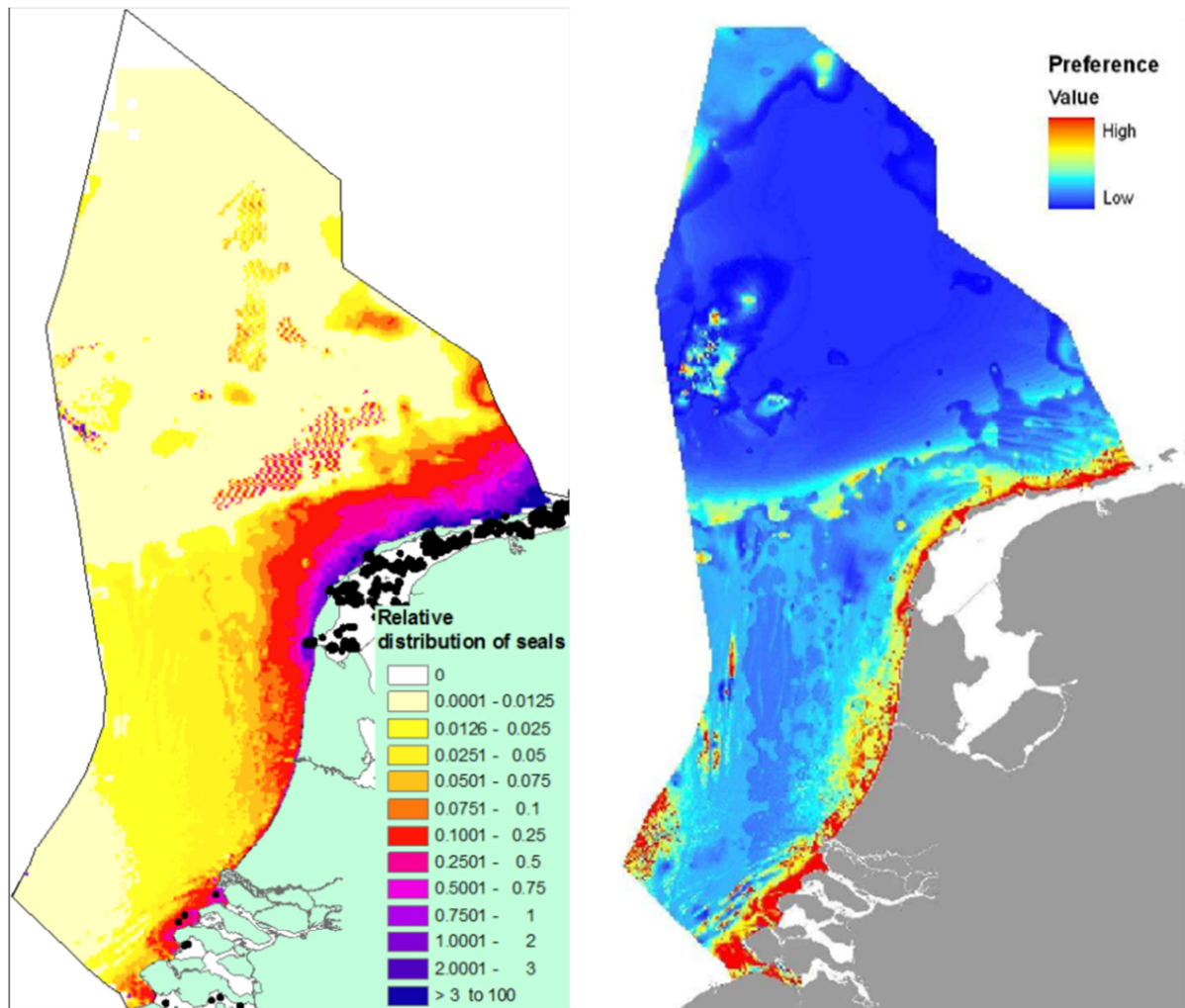
Op grond van deze directe waarnemingen valt geen gebied aan te wijzen waar de aantallen bruinvissen structureel hoger of lager zijn dan elders. Ook op grond van strandingen zijn dergelijke gebieden niet aan te wijzen. Jaarlijks spoelen grote aantallen (honderden) dieren dood aan langs de hele Zeeuwse, Hollandse en Texelse kustlijn. Verder noordoostelijk is vermoedelijk sprake van onder-rapporteren van aangespoelde bruinvissen, maar ook aan de kusten van de Waddeneilanden spoelen ieder jaar veel dieren aan. De conclusie is dat bruinvissen overal in de 12-mijlszone talrijk voorkomen.

Aangenomen moet worden dat bruinvissen voornamelijk "last" hebben van windparken tijdens de bouwfase als er palen in de bodem moeten worden geheid. Bouwlocaties worden dan sterk gemeden, waarbij de effecten duidelijk meetbaar zijn tot op tientallen kilometers afstand (Gilles et al. 2006). Wanneer een windpark eenmaal operationeel is, keren de bruinvissen terug en zijn geen negatieve effecten meer meetbaar (Scheidat et al. 2011, van Polanen Petel et al. 2012). Er is echter ook een situatie bekend (in de Oostzee) waar dit herstel vele jaren vergde, áls volledig herstel al plaatsvond (Teilmann & Carstensen 2012).

5.6.2 Zeehonden

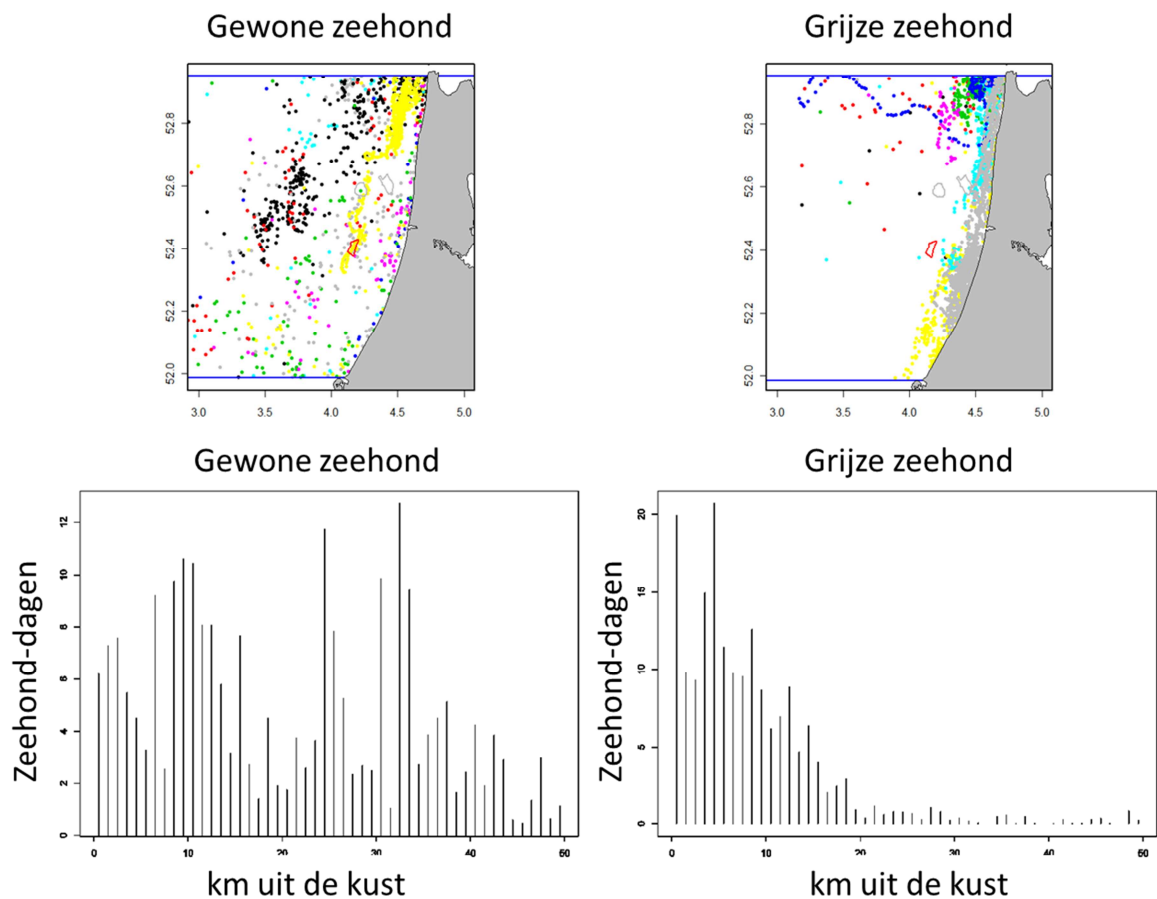
Zeehonden, zowel gewone als grijze, zijn gebonden aan droogvallende of permanent droog liggende ligplaatsen. Deze vinden ze in Nederland in de Waddenzee, Voordelta en Delta, en in mindere mate op de stranden langs de Hollandse kust (meestal te druk met recreanten). De dieren kunnen voor langere tijd (weken) in zee verblijven, waarbij ze soms tochten van honderden kilometers maken, maar periodiek moeten ze terugkeren naar een ligplaats (Brosseur et al. 1996). Zeehonden steken geregeld over van Nederland naar het Verenigd Koninkrijk of maken vanuit Nederland tochten tot in Duitse of Franse wateren. Hun range op zee rond de ligplaatsen is daardoor zeer groot en de hele Nederlandse 12-mijlszone valt ruim binnen hun bereik. Omdat ze echter steeds naar de ligplaatsen moeten terug keren, zijn de dichtheden op de Noordzee rond de Waddenzee en in de Voordelta hoger dan langs de Hollandse kust.

Op grond van data van gezenderde zeehonden (beide soorten) is een eerste aanzet gemaakt om voor het hele NCP te komen tot habitatmodellering, die aangeeft waar op het NCP de zeehonden het meest (in aantallen en tijd) verblijven. De data ondersteunen het beeld dat het meest gebruik wordt gemaakt van de kustwateren benoorden de Wadden en van de Voordelta, maar dat ook de Hollandse kustzone druk wordt gebruikt (Figuur 17). In absolute aantallen gezien, verblijven er voor de Hollandse kust veel meer gewone dan grijze zeehonden (Aarts et al. in prep.-b).

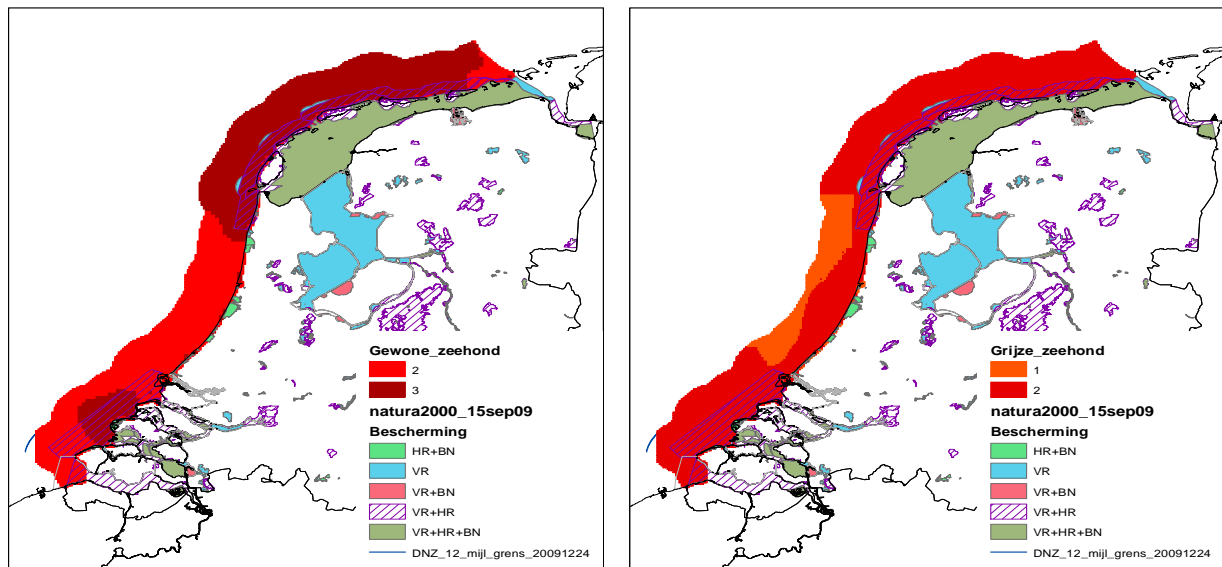


Figuur 17. Impressies van het gebruik van de Noordzee door gewone (links) en grijze zeehonden (rechts). NB: zowel het gebruikte kleurenpalet als de outputparameter verschilt in beide modelleringen, maar duidelijk is dat zeehonden overal langs de Nederlandse kust veelvuldig voorkomen. Uit: Brasseur et al. (2010, 2012). Deze figuren geven geen absolute dichtheden op zee weer, maar relatieve dichtheden voor de gewone zeehond (minder-meer op grond van de zenderdata) en de geschiktheid van het habitat (minder-meer geschikt, op grond van afstand tot de ligplaatsen en diepte) voor de grijze zeehond.

Voor de kustwateren waar de zeehonden nog het minst voorkomen, voor de Hollandse vasteland kust, is een extra modellering gedaan door Aarts et al. (in prep.-b), om na te gaan op welke afstanden tot de kust de zeehonden hier het meest voorkomen (Figuur 18). Hieruit blijkt, dat (voor de Hollandse kust) gewone zeehonden over de volle breedte van de 12-mijlszone voorkomen, maar dat grijze zeehonden dicht onder de kust zitten, vooral op afstanden tot 15 km uit de kust (ongeveer tot de hoogte van het bestaande park OWEZ; Figuur 19).



Figuur 18. Zenderdata van gewone zeehonden (1997 tot 2008; linksboven) en van grijze zeehonden (2005 tot 2009; rechtsboven), en daarvan afgeleid de verdeling van deze zeehonden in relatie tot afstand tot de kust (onder). Uit: Aarts et al. (in prep.-b).



Figuur 19. Het voorkomen van beide soorten zeehonden binnen de 12-mijlszone schematisch weergegeven. Gewone zeehonden komen in hogere aantallen voor ("dichtheidsklassen 2 en 3" dan grijze zeehonden (1 en 2).

5.6.3 Vleermuizen

Vleermuizen vallen onder de Flora en Faunawet, en zijn opgenomen in Bijlage 2 van de Habitatrichtlijn. Van vleermuizen werd tot voor kort gedacht dat de dichtheden op zee erg laag zouden zijn. Er waren weliswaar enkele waarnemingen van vleermuizen op offshore (olie/gas) productieplatforms in de Noordzee (Boshamer & Bekker 2008), maar de aantallen gerapporteerde gevallen waren gering. Er kwamen echter recent veel meer waarnemingen uit de Oostzee, van vleermuizen boven de zee-engte tussen Denemarken en Zweden (Ahlén et al. 2007) en op andere locaties op zee rond zuid-Zweden (Ahlén et al. 2009). Dit betrof bovendien een groot aantal soorten. Automatische, akoestische detectoren opgehangen in de twee Nederlandse offshore windparken leverden ook opmerkelijke aantallen waarnemingen op, zij het nog slechts van een beperkt aantal soorten (Jonge Poerink et al. 2013).

Het valt nog niet te zeggen of het in de Nederlandse twaalfmijlszone gaat om trekkende vleermuizen of om dieren afkomstig van kolonies in de buurt, die op zee, bij de windmolens komen foerageren. Met nog slechts twee meetpunten die dicht bij elkaar lagen valt ook nog niet te zeggen of er binnen de Nederlandse wateren ruimtelijke verschillen zijn in het voorkomen van vleermuizen op zee.

Wel is het zo, dat vleermuizen kunnen worden aangetrokken door de ultrasone geluiden geproduceerd door de draaiende delen van de turbines en door wolken insecten die zich rond de gondels kunnen ophouden. Ze nemen de wieken zelf echter relatief slecht waar (Verboom & Limpens 2001; Ahlén et al. 2009; Everaert et al. 2012), waarbij ze bijzonder kwetsbaar lijken voor aanvaringen. Zelfs het zog achter de wieken kan voor vleermuizen dodelijk gevaarlijk zijn (Baerwald et al. 2008; Rollins et al. 2012). Veel vleermuizen zijn langeafstand trekkers waardoor een enkel windpark in potentie vleermuizen, afkomstig uit een zeer groot gebied kan beïnvloeden (Voigt et al. 2012).

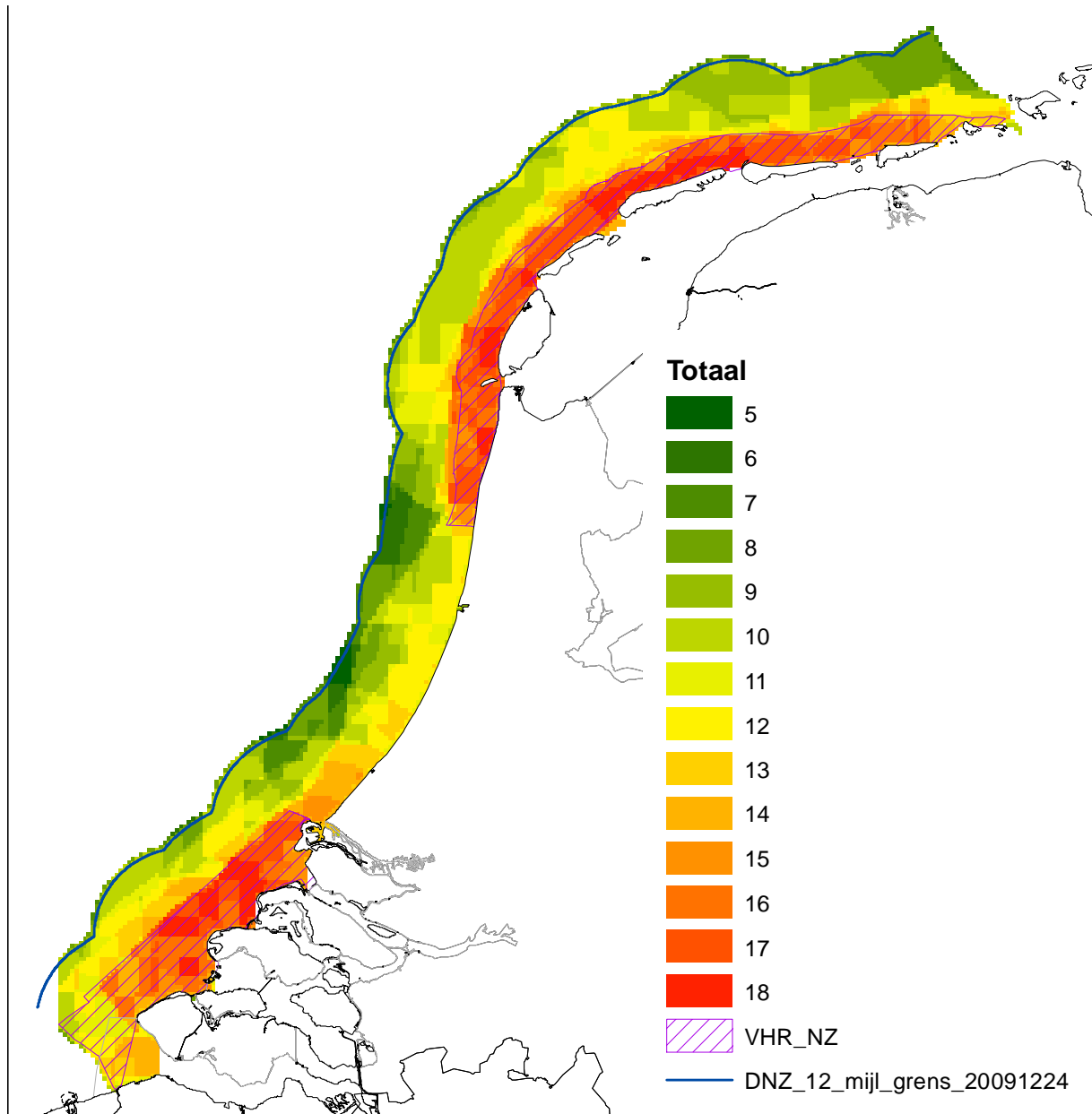
6. Conclusies

Binnen de 12-mijlszone komen diverse biota in relatief hoge dichtheden voor. Belangrijke natuurwaarden binnen de 12-mijlszone die relevant zijn voor de ontwikkeling van windparken zijn: rijke schelpdierbanken die het voedsel vormen voor soms zeer grote aantallen overwinterende zee-eenden; schaarse of zeldzame trekvisseren die via een beperkt aantal intrekpunten de rivieren en estuaria moeten intrekken of verlaten; grote aantallen juveniele vissen in deze kraamkamer van de Noordzee, die worden gegeten door (veelal beschermd) zeevogels die broeden langs de kust; zeevogels die in de Nederlandse kustwateren komen overwinteren; trekvogels die in zeer grote aantallen langs de kust naar het zuiden (najaar) en naar het noorden (voorjaar), of via de 12-mijlszone oversteken naar Engeland; zeezoogdieren (bruinvissen, zeehonden) die hier voedsel zoeken en het gebied gebruiken als migratieroute en vleermuizen die hier wellicht hetzelfde doen (maar waarvan nog weinig bekend is).

De verschillende natuurwaarden hebben binnen de 12-mijlszone geen vaste woon- of verblijfplaats: alles beweegt. Dit is wellicht het meest duidelijk voor trekvogels, trekvisseren en heen en weer zwemmende bruinvissen en zeehonden. Ook vislarven leggen door de 12-mijlszone grote afstanden af, meeliftend op de getijstromen en zelfs ogenschijnlijk bewegingsloze schelpdieren vormen banken op wisselende locaties doordat de jaarlijkse broedval niet steeds op dezelfde plekken terecht komt. Hierdoor is overal binnen de 12-mijlszone kans op biologische rijkdom en dus op potentiële conflicten met windparken. Toch is de kans hierop niet overal hetzelfde en zijn er deelgebieden aan te wijzen waar met relatief weinig risico gedacht kan worden over ontwikkeling van offshore windenergie. Om tot een enkele risicokaart te komen, die alle beschikbare informatie verenigt, is aan iedere in dit rapport geëvalueerde natuurwaarde, zo mogelijk ruimtelijk gedifferentieerd, een waarde toegekend. Hierbij is een grid van 1x1 km gehanteerd. Voor de combinatie schelpdierbanken/zee-eenden zijn dit waarden van 1 (lage kans), 2 (matige kans) of 3 (hoge kans). Aan vislarven (zelf geen instandhoudings-doelstelling) is geen waarde toegekend, ook omdat er geen ruimtelijke differentiatie aan te geven was. Ook voor de trekvisseren is een waarde 0 gehanteerd, omdat de ranges waarbinnen effecten verwacht mogen worden rond de kritische intrekpunten vermoedelijk kleiner zijn dan 1 km. Lokale zeevogels (jaarrond) kregen waarden van 1 (laag-gevoelig areaal), 2 (matig-gevoelig) of 3 (hoog-gevoelig). Hier bovenop kregen de foerageerranges van de verschillende beschermd broedvogels een waarde 1 (binnen de range) of 0 (erbuiten). Voor de trekvogels werden de waarden 0, 1 en 2 gehanteerd (Figuur 14), voor de zeehonden 1, 2 of 3 (Figuur 19) en voor de bruinvis overal een waarde 1, voor de vleermuizen overal een waarde 0. Deze waarden zijn uiteraard een kunstmatige versimpeling van de werkelijkheid en over de afzonderlijke en relatieve waarden valt te twisten. De getalsmatige waardering geeft echter de mogelijkheid om de (zeer) verschillende natuurwaarden bij elkaar op te tellen tot één beeld: Figuur 20, waarop de maximaal haalbare waarde 18 kan zijn. De minimale waarde is bij deze methodiek "5", opgebouwd uit de minimale waarden van "1" voor achtereenvolgens schelpdierbanken/zee-eenden; lokale zeevogels; gewone zeehonden, grijze zeehonden en bruinvissen. De totaalscores voor vakken met waarden tussen 5 en 18 kunnen op diverse manieren zijn samengesteld, omdat verschillende natuurwaarden binnen diverse vakken met verschillende scores kunnen voorkomen. Zo kan een vak met bijvoorbeeld een totaalscore 10 deze waarde hebben gekregen vanwege een hoge kans op het voorkomen van schelpdierbanken/zee-eenden in combinatie met een lage waarde voor het voorkomen van de broedvogels grote stern en aalscholver. Maar het omgekeerde is ook mogelijk.

Bij wijze van voorbeeld volgt hier de score-opbouw van een cluster van 25 donkerrode vakken (score 18) op ca. 5 km westelijk van Neeltje Jans (Figuur 20) omgeven door een groter gebied met de kleur oranje (score 16). De 25 donkerrode vakken scoren op alle onderdelen maximaal: schelpdierbanken/zee-eenden (3); vislarven (0); trekvisseren (0); lokale zeevogels (3); aalscholver (1); kleine mantelmeeuw (1); visdief (1); grote stern (1); trekvogels (2); gewone zeehond (3); grijze zeehond (2); bruinvissen (1); vleermuizen (0); samen 18. Het oranje gebied daaromheen scoort op het onderdeel lokale zeevogels

slechts een waarde van 1, en voor alle andere onderdelen hetzelfde waardoor de totaalscore hier op 16 uitkomt. In hoeverre het verschil in de scores voor de lokale zeevogels structureel is of berust op toevalligheid kan op deze ruimtelijke schaal niet worden aangegeven.



Figuur 20. Alle ecologische "gevoeligheden" die ruimtelijk onderscheidend zijn voor de ontwikkeling van windparken op zee binnen de 12-mijlszone in een GIS bij elkaar opgeteld. De maximaal mogelijke score is 20; de gebruikte resolutie is 1x1 km. Aaneensluitende gebieden met groene kleuren zijn het meest geschikt ("+") voor ontwikkeling van offshore wind binnen de 12-mijlszone (NB: hier is alleen rekening gehouden met natuurwaarden). Rood-oranje gekleurde gebieden zijn ongeschikt omdat ze overlappen met belangrijke natuurwaarden ("-"); merk op dat deze grotendeels samenvallen met Natura 2000 / VHR gebieden. Gebieden met gele kleuren vormen een tussencategorie (" +/-").

Uit het voorgaande blijkt dat wil men de geschiktheid van een bepaalde locatie als standplaats voor windenergie onderzoeken, Figuur 20 daarvoor een eerste indicatie geeft. Door meer in detail naar de onderliggende deelscores te kijken, kan een beter beeld worden verkregen van de natuurwaarden die op die plaats in het geding zijn. Het algemene beeld dat in Figuur 20 wordt gepresenteerd laat zien dat de zeer kustnabije wateren het best gemeden kunnen worden, vooral ten noorden van de Wadden en in de Voordelta, maar ook langs de Hollandse kust. Ook zonder een getalsmatige inbreng voor de trekvisser bevinden hun kritische intrepunten zich dus binnen een zone die zeer hoog-gevoelig is en ongeschikt voor windmolens op zee. Verder de zee op, maar nog steeds binnen de 12-mijlszone liggen op enkele locaties wel kansen. Alle informatie samenvoegend zijn er echter niet veel locaties binnen de 12-mijlszone bijzonder kansrijk voor de ontwikkeling van windparken op zee, zonder dat er significante effecten op beschermde dieren te verwachten zijn, c.q. niet kunnen worden uitgesloten. Meest kansrijk, in relatie tot de onderzochte natuurwaarden, zijn locaties op flinke afstand van de kust, tussen Zandvoort en de Hondsbossche Zeewering, en ten noorden van de Wadden, in de middenberm van de doorgaande scheepvaartroute. Ook de Borkumse Stenen komen er als laag-gevoelig gebied uit. Dit gebied wordt nog nader onderzocht op ecologische waarden dus indien dit in aanmerking zou komen voor offshore wind, zal zeker een specifieke, nadere afweging gemaakt moeten worden.

7. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

Referenties

- Aarts G., Keijl G. & Camphuysen C.J. (in prep.-a). Predicting harbour porpoise strandings based on gillnet fishing effort and near shore sightings. Manuscript voor Lutra.
- Aarts G., Brasseur S., Geelhoed S., van Bemmelen R. & Leopold M. (in prep.-b). Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast. IMARES Rapport.
- Ahlén I., Bach L., Baagøe H.J. & Pettersson J. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Swedish Environmental Protection Agency, Vindval Report 5571.
- Ahlén I., Bagøe H.J. & Bach L. 2009. Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, 90:1318–1323.
- Arends E., Groen R., Jager T. & Boon A. 2008. Passende Beoordeling Windpark West Rijn. Pondera Consult, Arcadis & Haskoning.
- Arts F.A. 2012. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2012. Rapport RSW Waterdienst BM 12.18.
- Baerwald E., D'Amours G., Klug B. & Barclay R. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18: 695-696.
- van Bemmelen R.S.A. & Geelhoed S.C.V. 2012. Heeft de Zandmotor een aantrekkende werking op Futen in de Hollandse kustzone? IMARES Rapport C105/12.
- Binnendijk E. 2006. Dieet van 11 demersale vissoorten in de Nederlandse Voordelta. IMARES rapport 06.007.
- Bolle L.J., de Jong C.A.F., Bierman S.M., van Beek P.J.G., van Keeken O.A., Wessels P.W., van Damme C.J.G., Winter H.V., de Haan D., Dekeling R.P.A. 2012. Common sole larvae survive high levels of pile-driving sound in controlled exposure experiments. *PLoS ONE* 7(3): e33052. doi:10.1371/journal.pone.0033052.
- Boshamer J.P.C. & Bekker J.P. 2008. Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) and other species of bats on offshore platforms in the Dutch sector of the North Sea. *Lutra* 51: 17-36.
- Boele A., van Bruggen J., van Dijk A., Hustings F., Vergeer J.-W., Ballering L., Plate C., van Kleunen A., Koffijberg K., Majoor F., Marx L., Schekkerman H., Schoppers J., van Turnhout C., Zoetebier D., van der Jeugd H. & Kamplicher C. 2012. Broedvogels in Nederland. SOVON-rapport 2012/1. http://www.sovon.nl/sites/default/files/doc/Broedvogels%20in%20Nederland%202010_rap2012_02.pdf
- Boon A.R., Dirksen S., Leopold M.F. & Brenninkmeier A. 2012. A methodological update of the Framework for the appropriate assessment of the ecological effects of offshore wind farms at the Dutch Continental Shelf. Rapport Deltares 1205107-000-ZKS-0018.
- Brasseur S., Creuwels J., Werf B. van der & Reijnders P. 1996. Deprivation indicates necessity for haul-out in harbor seals. *Marine Mammal Science* 12: 619-624.
- Brasseur S.M.J.M., Tulp I., Reijnders P.J.H., Smit C.J., Dijkman E.M., Cremer J.S.M., Kotterman M.J.J. & Meesters H.W.G. 2004. Voedseleecologie van de gewone en grijze zeehond in de Nederlandse kustwateren. I Onderzoek naar de voedseleecologie van de gewone zeehond. II Literatuurstudie naar het dieet van de grijze zeehond. Alterra-rapport 905.
- Brasseur S., van Polanen Petel T., Aarts G., Meesters E., Dijkman E. & Reijnders P. 2010. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. IMARES Rapport C137/10
- Brasseur S., Aarts G., Meesters E., van Polanen Petel T., Dijkman E., Cremer J. & Reijnders P. 2012. Habitat preferences of harbour seals in the Dutch coastal area: analysis and estimate of effects of offshore wind farms. Report C043-10; OWEZ R 252 T1 20120130. Wageningen IMARES, Texel, the Netherlands. URL: http://www.noordzeewind.nl/wp-content/uploads/2012/04/OWEZ_R_252_T1_20120130_harbour_seals-2.pdf.
- Buijtelaar K. & Pruisser P. 2011. Common Scoters (*Melanitta nigra*) on an *Ensis directus* diet. The dietary restraints of Common Scoters feeding on *Ensis directus*, and an improved *Ensis* shell

- length reconstruction model from fragments found in common scoter stomachs and intestines. Onderzoeksrapport, Van Hall-Larenstein & Wageningen IMARES.
- Buurma L.S. 1987. Patronen van hoge vogeltrek boven de Noordzee in oktober. *Limosa* 60: 63-74.
- Buurma L.S. 1999. Tussenrapportage vogeltrek IJmuiden 1999. Rapport, Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.
- Buurma L.S. & van Gasteren H. 1989. Trekvogels en obstakels langs de Zuid-Hollandse kust. Rapport, Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.
- Camphuysen C.J. 1995. Herring Gull *Larus argentatus* and Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus* feeding at fishing vessels in the breeding season: competitive scavenging versus efficient flying. *Ardea* 83: 365-380.
- Camphuysen C.J. 2004. Desk study on seawatching results from Meetpost Noordwijk: variability in offshore observations. Appendix 7 in: Leopold M.F., Camphuysen C.J., ter Braak C.J.F., Dijkman E.M., Kersting K. & van Lieshout S.M.J. 2004. Baseline studies North Sea wind farms: Lot 5 marine birds in and around the future sites Nearshore Windfarm (NSW) and Q7. Alterra-rapport 1048.
- Camphuysen C.J. 2011. Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel. Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS loggers. NIOZ Report 2011-05.
- Camphuysen C.J. 2013. A historical ecology of two closely related gull species (Laridae): multiple adaptations to a man-made environment. Ph.D.-thesis, Univ. Groningen, Groningen.
- Camphuysen C.J. & van Dijk J. 1983. Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust 1974-79. *Limosa* 56: 87-230.
- Couperus B, Winter E, van Keeken O, van Kooten T, Tribuhl S, Burggraaf D. 2010. Use of high resolution sonar for nearturbine fish observations (DIDSON) – We@Sea 2007-002. C138/10, IMARES, IJmuiden.
- Danish Energy Agency 2013. Danish offshore wind. Key environmental issues – a follow-up. The Environmental Group: the Danish Energy Agency, the Danish Nature Agency, DONG Energy & Vattenfall.
- Degraer S., Vincx M., Meire P. & Offringa H. 1999. The macrozoobenthos of an important wintering area of the Common Scoter *Melanitta nigra*. *J. Mar. Ass. UK* 79: 243-251.
- Degraer S., Brabant R. & Rumes B. (eds) 2012. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. http://www.mumm.ac.be/Downloads/News/winmon_report2012_cor.pdf.
- Dierschke V. & Garthe S. 2006. Literature review of offshore wind farms with regard to seabirds. In: C. Zucco, W. Wende, T. Merck, I. Köchling & J. Köppel (eds). Ecological research on offshore wind farms: international exchange of experiences. Part B: literature review of ecological impacts. *BfN-Skripten* 186: 132-198.
- Drewitt A.L. & Langston R.H.W. 2006. Assessing the impact of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29-42.
- Ens B.J. 2007. SOVON in de ruimte. *SOVON Nieuws* 20(3): 6-8.
- Everaert J. 2003. Windturbines en vogels in Vlaanderen: voorlopige onderzoeksresultaten en aanbevelingen. *Natuur-Oriolus* 69, 145-155.
- Everaert J. & Stienen E. 2007 Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. *Biodiversity and Conservation* 16: 3345-3359.
- Everaert J., Peymen J. & van Straaten D. 2011. Risico's voor vogels en vleermuizen bij geplande windturbines in Vlaanderen. Dynamisch beslissingsondersteunend instrument. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2011.32. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO): Brussel.
- Fijn R.C., Gyimesi A., Collier M.P., Beuker D., Dirksen S. & Krijgsveld K.L. 2012. Flight patterns of birds at offshore gas platform K14. Report 11-112, Bureau Waardenburg, Culemborg.

- Fox A.D. 2003. Diet and habitat use of scoters *Melanitta* in the Western Palearctic - a brief overview. *Wildfowl* 54: 163-182.
- Garthe S. & Hüppop O. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms upon seabirds: developing and applying a vulnerability index. *J. Appl. Ecol.* 41: 724-734.
- van Gasteren H., van Belle J. & Buurma L.S. 2002. Kwantificering van vogel-bewegingen langs de kust bij IJmuiden: en radarstudie. Rapport, Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.
- Geelhoed S., Scheidat M. & van Bemmelen R. 2013. Marine mammal surveys in Dutch waters in 2012. IMARES Rapport C038/13.
- Gill A.B. 2005. Offshore renewable energy: ecological implications of generating electricity in the coastal zone. *J Appl Ecol* 42:605-615.
- Gill A.B., Bartlett M. & Thomsen F. 2012. Potential interactions between diadromous fishes of U.K. conservation importance and the electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments. *J Fish Biol* 81:664-695.
- Gilles A., Scheidat M. & Siebert U. 2009. Seasonal distribution of harbour porpoises and possible interference of offshore wind farms in the German North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 383: 295-307.
- Gmelig Meyling A.W. & de Bruyne R.H. 1994. Zicht op zee: waarnemingen van veranderingen in de nabije kustzone door strandmonitoring met strandwachten. Rapport Stichting Anemoon.
- Gmelig Meyling A.W. & de Bruyne R.H. 2004. Trends bepalen uit aanspoelsignalen. Lange termijn veranderingen in populaties tweekleppigen (Bivalvia) voor de kust van de Waddeneilanden en Noord- en Zuid-Holland, onderzocht aan de hand van op het strand aangespoelde exemplaren. Rapport Stichting Anemoon (2e, herziene druk).
- Goudswaard P.C., Perdon K.J., Jol J., Kesterloo J.J., van Zweeden C. & Troost K. 2011. Schelpdieren in de Nederlandse kustwateren Bestandsopname 2011. IMARES rapport C094/11.
- Gyimesi A., Boudewijn T.J., Poot M.J.M. & Buijs R.-J. 2001. Habitat use, feeding ecology and reproductive success of Lesser black-backed gulls breeding in Lake Volkerak. Rapport Bureau Waardenburg 10-234.
- Van Hal, R., Couperus, B., Fassler S., Gastauer, S., Griffioen, A.B., Hintzen, N., Teal, L., Van Keeken, O.A., Winter, H.V., 2012. Monitoring- and Evaluation Program Near Shore Wind Farm (MEP-NSW): Fish community. IMARES Report C059/12, OWEZ_R264_T120120507_final_report_fish.
- Halvorsen M.B., Casper B.M., Matthews F., Carlson T.J. & Popper A.N. 2012a. Effects of exposure to pile-driving sounds on the lake sturgeon, Nile tilapia and hogchoker. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.* 279:4705-4714.
- Halvorsen M.B., Casper B.M., Woodley C.M., Carlson T.J. & Popper A.N. 2012b. Threshold for onset of injury in chinook salmon from exposure to impulsive pile driving sounds. *PLoS One* 7(6): e38968. doi:10.1371/journal.pone.0038968.
- ter Hofstede, R.H., Winter H.V. & Bos O.G. 2008. Distribution of fish species for the generic appropriate assessment for the construction of offshore wind farms. IMARES Report C050/08.
- Houziaux J.-S., Craeymeersch J., Merckx B., Kerckhof F., Van Lancker V., Courtens W., Stienen E., Rabaut M., Perdon J., Goudswaard P.C., Van Hoey G., Vigin L., Hostens K., Vincx M. & Degraer S. 2011. 'EnSIS' - Ecosystem Sensitivity to Invasive Species. Final Report, Belgian Science Policy, Brussels: Research Programme Science for a Sustainable Development.
- Inger R., Attrill M.J., Bearhop S., Broderick A.C., Grecian W.J., Hodgson D.J., Mills C., Sheehan E., Votier S.C., Witt M.J. & Godley B.J. 2009. Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *J. Appl. Ecol.* 46:1145-1153.
- Jonge Poerink B., Lagerveld S. & Verdaat H. 2013. Bat activity in the Dutch offshore wind farm OWEZ and PAWP (Pilot study). IMARES report number C026/13 / tFC report number 20120402.
- Köller J., Köppel J. & Peters W. (eds) 2006. Offshore wind energy - Research on environmental impacts. Springer, Berlin.

- Krijgsveld K.L., Lensink R., Schekkerman H., Wiersma P., Poot M.J.M., Meesters E.H.W.G. & Dirksen S. 2005. Baseline studies North Sea wind farms: fluxes, flight paths and altitudes of flying birds 2003-2004; final report. Rapport 05-041, Alterra/Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Krijgsveld K.L., Fijn R.C., Japink M., van Horsen 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. NoordzeeWind report nr OWEZ_R_231_T1_20111114_flux&flight. Bureau Waardenburg report nr 10-219.
- Leonhard S.B., Stenberg C. & Støttrup J. 2011. Effect of the Horns Rev 1 offshore wind farm on fish communities. Follow-up seven years after construction. DTU Aqua, Orbicon, DHI, NaturFocus. Report commissioned by The Environmental Group through contract with Vattenfall Vindkraft A/S.
- Leopold M.F. 2010. Zwarte zee-eenden: nomaden op zee. Tussen Duin & Dijk 10(4): 10-13.
- Leopold M.F. & Camphuysen C.J. 2007. Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact local seabirds? IMARES Report C062/07, NoordzeeWind Rapport OWEZ_R_221_Tc_20070525.
- Leopold M.F. & Brenninkmeijer A. 2009. Notitie Q4-WP - Kleine mantelmeeuw. IMARES rapport C096/09.
- Leopold M.F. & Dijkman E.M. 2010. Offshore wind farms and seabirds in the Dutch sector of the North Sea: What are the best and the worst locations for future development? IMARES Rapport C134/10, available from: <http://www.we-at-sea.org/wp-content/uploads/2013/01/RL2-2-2007-003-Effect-of-offshore-wind-farms-on-seabirds-in-the-Dutch-Nord-Sea.pdf>.
- Leopold M.F., Baptist H.J.M. , Wolf P.A. & Offringa H. 1995. De Zwarte Zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. Limosa 68: 49-64.
- Leopold M.F., Werf B. van der, Ries E.H. & Reijnders P.J.H. 1997. The importance of the North Sea for winter dispersal of harbour seals *Phoca vitulina* from the Wadden Sea. Biol. Conserv. 81: 97-102.
- Leopold M.F., Spannenburg P.C., Verdaat H.J.P. & Kats R.K.H. 2007. Identification and size estimation of *Spisula subtruncata* and *Ensis americanus* from shell fragments in stomachs and faeces of Common Eiders *Somateria mollissima* and Common Scoters *Melanitta nigra*. Ch 4 in: R.K.H. Kats. Common Eiders *Somateria mollissima* in the Netherlands. The rise and fall of breeding and wintering populations in relation to the stocks of shellfish. PhD Univ. Groningen, pp 63-85.
- Leopold M.F., van Stralen M. & De Vlas J. 2008. Zee-eenden en schelpdiervisserij in de Voordelta. IMARES rapport C008/08.
- Leopold M.F., Verdaat H., Spierenburg P. & van Dijk J. 2010. Zee-eendenvoedsel op een recente zandsuppletie bij Noordwijk. IMARES Rapport C021/10.
- Leopold M.F., van Heumen T. & Mekkes L. 2011a. Small prey for big beasts: why do gobies dominate the diet of Dutch harbour porpoises? In: M. Leopold, M. Scheidat, R. van Bemmelen, K. Lucke, G. Aarts, S. Geelhoed, H. Verdaat 2011. Abundance, strandings and food ecology of harbor porpoises in Dutch waters in 2011. IMARES rapport voor Ministerie EL&I, BAS code BO-11-007-001.
- Leopold M.F., Dijkman E.M., Teal L. & the OWEZ Team 2011b. Local birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010). NoordzeeWind Report OWEZ_R_221_T1_20111220_local_birds, IMARES report C187/11.
- Leopold M., van Bemmelen R.S.A. & Geelhoed S.C.V. 2011c. Zeevogels op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011. Werkdocument 257, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Leopold M.F., van Bemmelen R. & Zuur A. 2013a. Responses of Local Birds to the Offshore Wind Farms PAWP and OWEZ off the Dutch mainland coast. IMARES rapport.
- Leopold M.F., van Bemmelen R., Perdon J., Poot M., Heunks C., Beuker D., Jonkvorst R.J. & de Jong J. 2013b. Zwarte zee-eenden in de Noordzeekustzone benoorden de Wadden: verspreiding en aantallen in relatie tot voedsel en verstoring. IMARES Rapport C023/13.

- Leopold M.F., van Bemmelen R. S. A., Geelhoed S. C. V., Verdaat H. & Bravo Rebolledo E. 2013c. Futen in de Hollandse Noordzeekustzone: surveys in december 2012 en februari 2013. IMARES rapport C030/13.
- Lensink R., van Gasteren H., Hustings F., Buurma L., van Duin G., Linnartz L., Vogelzang F. & Witkamp C. 2002. Vogeltrek over Nederland 1976-1993. Schuyt & Co. Uitgevers, Haarlem.
- Lindeboom H., Geurts van Kessel J. & Berkenbosch L. 2005. Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008, Alterra Rapport nr. 1109.
- Lindeboom H.J., Dijkman E.M., Bos O.G., Meesters E.H., Cremer J.S.M., de Raad I., van Hal R. & Bosma A. 2008. Ecologische Atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming. Wageningen IMARES.
- 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., ter Hofstede 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. Environ. Res. Lett. 6 (2011) 035101 (13pp). doi:10.1088/1748-9326/6/3/035101
- Martin G.R. 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. Ibis 153: 239-254.
- de Mesel I., Craeymeersch J., Jansen J. & van Zweeden C. 2011a. Biodiversiteit, verspreiding en ontwikkeling van macrofauna soorten in de Nederlandse kustwateren. IMARES Rapport C022/11.
- de Mesel I., Craeymeersch J., Schellekens T., van Zweeden C., Wijsman J., Leopold M., Dijkman E. & Cronin K. 2011b. Kansencarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. IMARES Rapport C042/11.
- Öhman M.C., Sigraý P. & Westerberg H. 2007. Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. AMBIO 36:630-633.
- Oosterbaan A.F.F. 1989. Veranderingen in de Hollandse kustfauna. Wetenschappelijke Mededeling KNNV nr. 193.
- Oosterbaan A. 1991. De grote vijf van de Hollandse kust. Natura 88: 86-87.
- Perrow M., Skeate E.R., Lines P., Brown D. & Tomlinson M.L. 2006. Radio telemetry as a tool for impact assessment of wind farms: the case of Little Terns *Sterna albifrons* at Scroby Sands, Norfolk, UK. Ibis 148: 57-75.
- Perrow M.R., Gilroy J.J., Skeate E.R. & Tomlinson M.L. 2011. Effects of the construction of Scroby Sands offshore wind farm on the prey base of Little tern *Sternula albifrons* at its most important UK colony. Mar. Pol. Bull. 62: 1661-1670.
- Petersen J.K. & Malm T. 2006. Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. AMBIO 35:75-80.
- Petersen I.K., MacKenzie M.L., Rexstad E., Wisz M.S. & Fox A.D. 2011. Comparing pre- and post-construction distributions of long-tailed ducks *Clangula hyemalis* in and around the Nysted offshore wind farm, Denmark: a quasi-designed experiment accounting for imperfect detection, local surface features and autocorrelation. CREEM Technical Report 2011-1, University of St Andrews.
- Platteeuw M. 1990. Zwarte Zeeëenden *Melanitta nigra* snijden Nederlandse kust af. Sula 4: 70-74.
- Platteeuw M., van der Ham N.F. & den Ouden J.E. 1994. Zeetrekellingen in Nederland in de jaren tachtig. Sula 8: 1-203 (special issue).
- van Polanen-Petel T., Geelhoed S. & Meesters E. 2012. Harbour porpoise occurrence in relation to the Prinses Amaliawindpark. IMARES Report C177/10.
- Popper AN, Hastings MC (2009) The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. J Fish Biol 75:455-489
- Poot M.J.M., van Horssen P.W., Fijn R.C., Collier M.P. & Viada C. 2010. Do potential and proposed Marine Protected Areas in the Dutch part of the North Sea qualify as Marine Important Bird Areas (MIBAs)? Application of BirdLife selection criteria. Rapport 10-035 Bureau Waardenburg, Culemborg.

- Poot M.J.M., van Horssen P.W., Collier M.P., Lensink R. & Dirksen S. 2011a. Effect studies Offshore Wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. NoordzeeWind report nr OWEZ_R_212_T1_20110318_Cumulative effects. Bureau Waardenburg report 11-02.
- Poot M.J.M., Fijn R.C., Jonkvorst R.J., Heunks C., de Jong J. & van Horssen P.W. 2011b. Aerial surveys of seabirds in the Dutch North Sea May 2010 - April 2011. Seabird distribution in relation to future offshore wind farms. Rapport 10-235 Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Poot M.J.M., Fijn R.C., Heunks C., de Jong J., van Horssen P.W., Japink M., Stienen E.W.M., Courtens W., Vanermen N., Verstraete H., Leopold M.F., Pruijscher P., Buijelaar K., Wolf P.A., Hoekstein M.S.J., Lilipaly S.J., van Rijn S., Phillipson J., Hijne K. & van Eerden M.R. 2012. Concept eindrapportage van het onderdeel 'Vogels' binnen Project Mainport Rotterdam-Compensatie Voordelta. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Poot M., Fijn R. & Schoten H. (onder review). Vliegtuigtelling van futen langs de Hollandse kust in februari 2011 – hoe goed zijn de duizenden futen op zee telbaar vanuit een vliegtuig? Sula. Rechtbank Rotterdam 2010. Uitspraak in het geding tussen Eneco Wind B.V. (voorheen: Eneco New Energy B.V.), gevestigd te Rotterdam, eiseres, en de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat (thans: de minister van Infrastructuur en Milieu), verweerder. LJN: BO9530, Rechtbank Rotterdam, AWB 09/4196 WET-T1. <http://zoeken.rechtspraak.nl/detailpage.aspx?ljn=BO9530>.
- Reubens J., Degraer S. & Vincx M. 2010. The importance of marine wind farms, as artificial hard substrata, for the ecology of the ichthyofauna. In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (eds). 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.
- Reubens J., Degraer S. & Vincx M. (2011a) 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: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (eds). 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
- Reubens J.T., Degraer S. & M. Vincx 2011b. Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. Fisheries Research 108:223-227.
- Rollins K.E., Meyerholz D.K., Johnson G.D., Capparella A.P. & Loew S.S. 2012. A forensic investigation into the etiology of bat mortality at a wind farm: barotrauma or traumatic injury? Veterinary Pathology 49: 362-371.
- Scheidat M., Tougaard J., Brasseur S., Carstensen J., van Polanen Petel T., Teilmann J. & Reijnders P. 2011. Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. Environ. Res. Lett. 6 (2011) 025102 (10p). doi:10.1088/1748-9326/6/2/025102.
- Scheidat M., Verdaat H. & Aarts G. 2012. Using aerial surveys to estimate density and distribution of harbour porpoises in Dutch waters. Journal of Sea Research 69: 1-7.
- Slabbekoorn H., Bouton N., van Opzeeland I., Coers A., ten Cate C. & Popper A.N. 2010. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. Trends Ecol. Evol. 25:419-427.
- Stienen E.W.M., Courtens W., Everaert J & Van de Walle M. 2008. Sex-biased mortality of common terns in wind farm collisions. Condor 110: 154-157.
- Strucker R.C.W., Arts F.A. & Lilipaly S. 2012. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. Report BM 12.07. Rijkswaterstaat Waterdienst, Vlissingen, the Netherlands.
- Teilmann J. & Carstensen J. 2012. Negative long term effects on harbour porpoises from a large scale offshore wind farm in the Baltic - evidence of slow recovery. Environ. Res. Lett. 7 (2012) 045101 (10pp). <http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/4/045101>.
- Tinbergen L. 1949. Vogels onderweg. Scheltema & Holkema, Amsterdam.

- TSEG (Trilateral Seal Expert Group) 2011. Common Seals in the Wadden Sea in 2011. Aerial Surveys of harbour seals in the Wadden Sea in 2011: Solid increases in total number as well as pups. URL: <http://www.waddensea-secretariat.org/news/news/Seals/Annual-reports/seals2011.html>.
- Tulp I., Bolle L.J. & Rijnsdorp A.D. 2008. Signals from the shallows: in search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *Journal of Sea Research* 60:54-73.
- Tulp I., Craeymeersch J., Leopold M., van Damme C., Fey F. & Verdaat H. 2010. The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90: 116-128.
- 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: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (eds). *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.
- Verboom B. & Limpens H. 2001. Windmolens en vleermuizen. *Zoogdier* 12(2): 13-17.
- Voigt C.C., Popa-Lisseanu A.G., Niermann I. & Kramer-Schadt S. 2012. The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153: 80-86.
- Wahlberg M. & Westerberg H. 2005. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. *Marine Ecology Progress Series* 288:295-309.
- Wilhelmsson D., Malm T. & Öhman M.C. 2006. The influence of offshore windpower on demersal fish. *ICES Journal of Marine Science* 63: 775-784.
- Winter H.V., Aarts G. & van Keeken O.A. 2010. Residence time and behaviour of sole and cod in Offshore Wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). *IMARES Rapport C038/10*.
- Wolf P.A. & Meininger P.L. 2004. Zeeën van zee-eenden bij de Brouwersdam. *Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep* 5(2): 1-2.
- Zucco C., Wende W., Merck T., Köchling I. & Köppel J. (eds). 2006. *Ecological research on offshore wind farms: international exchange of experiences. Part B: literature review of ecological impacts.* BfN-Skripten 186: 132-198.

Verantwoording

Rapport C034b.13

Projectnummer: 430.61220.01

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: M.J. Baptist
senior-onderzoeker

Handtekening:

Datum: 19 maart 2013



Akkoord: J. Asjes
Afdelingshoofd Ecologie

Handtekening:

Datum: 19 maart 2013



Bijlage A.

Offshore wind farms and seabirds in the Dutch Sector of the North Sea:

Offshore wind farms and seabirds in the Dutch Sector of the North Sea:

“What are the best and the worst locations for future development?”

M.F.L. Leopold & E.M.Dijkman

IMARES Report number C134/10

(2010).

Introduction

Governments of countries around the North Sea are developing plans for extensive use of offshore wind power. The first offshore wind parks are now operational in rather nearshore waters in Denmark, the Netherlands, Belgium and the UK. Many more are planned, both nearshore and offshore. "Green" energy has become a high priority in a world that faces decreasing fossil energy reserves, ever-increasing demands, as well as increasing atmospheric CO₂ levels and rising global temperatures. Wind power is one of the major techniques currently used for generating CO₂-neutral energy, but space on land, where this energy is to be used, is limited. Attention is thus diverted to the vast open space of the sea, that seems to have ample space for large-scale development of wind power. The open sea is not devoid of life, however, and certain natural values that are protected under national and international law (most importantly the EU's Birds and Habitats Directives) may suffer from offshore wind power development. This would be at odds with the idea that wind power is "green".

A surge in offshore wind farm development is expected across the North Sea in the near future. Site selection for future parks in Dutch waters is in full progress (see: www.Noordzeeloket.nl), and depends on a great number of factors. Navigational safety is of prime importance: wind farms need to be outside major and minor shipping lanes, clearways, harbour approaches and military exercise areas. Economical reasoning dictates that offshore wind farms are best situated near land but for aesthetic reasons they might be better put further offshore. Technical restrictions concern water depth and potential hazards in the seafloor (dumped ammunition, shipwrecks, pipes, cables). Apart from these technical and economic considerations, nature conservation needs to be taken into account. Several Nature 2000 areas have been assigned in Dutch offshore waters and these are to be kept free from offshore wind farm development. However, conservation issues are not limited to these sites, and protected wildlife needs to be considered elsewhere as well. Several groups of animals are protected under the EU's Birds and Habitat Directives: all seabirds (being migratory species), the marine mammals that commonly occur in Dutch waters, and certain fish species. There is, at present, insufficient information to deal with the mammals and fish, at the spatial level of prospect sites for offshore wind farms. In contrast, there is a wealth of information on distribution and densities of seabirds across the Dutch Continental Shelf (DCS), across the seasons and for a large number of years.

1. Seabirds, legal considerations, and offshore wind farms

Under the Birds Directive certain species (Annex 1) of seabirds are specifically protected, and in addition, all migratory birds are protected. Migratory birds are birds that breed in one country, and cross national borders to moult or winter in other countries. With very few exceptions, most North Sea seabirds meet this criterion. Moreover, many seabirds are protected in their breeding colonies and developments that interfere with these birds outside the colonies, also have an impact on the protected colonies themselves. There is thus every reason to consider the possible impacts of offshore wind power development on the North Sea's seabirds.

Seabird densities and species assemblies vary across the North Sea, both in space and between seasons (Camphuysen & Leopold 1994; Skov et al. 1995; Stone et al. 1995; Arts & Berrevoets 2006; Arts 2009). It follows, that different areas at sea have different values for birds, both on the species level and on the level of communities (Skov et al. 2007). This value also varies between seasons, as seabirds migrate in massive numbers across the North Sea, exploiting different areas at different times of year. However, an offshore wind farm, once in place, occupies a site year round. This means, that year-round surveys of bird values are needed to assess the importance of sites and that (across-year) average or even maximum values are the most appropriate parameters for assessing the values of sites in relation to offshore wind parks.

- **Not all birds are equal**

Different bird species respond differently to offshore wind turbines. Also, the “value” of different birds species may be appreciated differently, depending for instance on their global population size. Because of these differences, birds need to be weighted before a general assessment of the risk of interference between offshore wind parks and seabirds can be made. Garthe & Hüppop (2004) have developed a wind farm sensitivity index (WSI) for seabirds that occur in the German part of the North Sea. The German and Dutch sectors are both situated in the relatively shallow eastern parts of the North Sea and are adjacent to each other. The two sectors are quite similar in many (seabird-related) aspects and the work of Garthe & Hüppop can be extrapolated to Dutch waters. The wind farm sensitivity index takes into account nine factors, that influence a species’ vulnerability to offshore wind turbines: flight manoeuvrability (can they easily avoid collisions?); flight altitude (birds can only collide when they fly at rotor height); percentage of time flying (birds cannot collide with rotors while swimming); nocturnal flight activity (birds are more vulnerable at night, when rotors are not visible or when the threat (noise) cannot easily be assessed); sensitivity towards disturbance by ship and helicopter traffic (birds flushed from the water may fly into rotors); flexibility in habitat use (more flexible birds may easier avoid impacted areas); biogeographical population size (fatalities have less impact if population size is large); adult survival rate (demography is impacted more through additional mortality in birds with high natural survival rates); and European threat and conservation status (birds already severely threatened may be extra vulnerable to additional stress factors). Each factor was scored on a 5-point scale from 1 (low vulnerability of seabirds) to 5 (high vulnerability of seabirds) and (weighted) summed values were used to make comparisons between species.

- **Adding up apples and pears: the wind farms sensitivity index WSI**

The WSI developed by Garthe & Hüppop (2004) is a spatial index, that allows for between-area comparisons, while using data on all seabirds that occur in those areas in as single figure. Values for different seasons may be combined to get a single value for the whole year, removing the temporal aspect and thus making spatial comparisons even easier. Note that offshore wind farms are not a seasonal phenomenon, but impact the environment year-round. Garthe & Hüppop (2004) developed their method for German waters , but argued, that their WSI approach should be ‘useful in [other] strategic environmental impact assessments (EIA)’. In the Netherlands, we are exactly at this point of time, as several dozens of potential new sites have been assigned on the basis of safety and economic reasons, but have not yet been fully considered in ecological terms. This paper considers the vulnerability of seabirds for offshore wind farms of the entire DCS, following Garthe & Hüppop (2004) and using a combination of aerial and ship-based seabirds survey data for a long range of years (1991-2009). The first step in calculating the WSI for an area is to assign species-specific sensitivity indices (SSI) to all species of interest. As outlined above, nine (A-I; Table 1) aspects of seabird biology and conservation are taken into account and combined into using the equation:

$$SSI = ((A+B+C+D)/4)*((E+F)/2)*((G+H+I)/3).$$

From these, the wind turbine sensitivity index (WSI) is calculated, by combining SSI’s for all species with local bird densities:

$$WSI = \sum_{\text{species}} (\ln(\text{density}_{\text{species}} + 1) \times SSI_{\text{species}})$$

Bird species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	SSI	Comment
Red-thr. diver	5	2	2	1	5	4	4	3	5	45.0	Disturbance by shipping put at 5
Black-thr. diver	5	2	3	1	5	4	4	3	5	49.5	Disturbance by shipping put at 5
Gr.Northern Diver	5	5	3	1	5	4	5	3	5	68.3	Not in Garthe & Hüppop
White-billed Diver	5	5	3	1	5	4	5	3	5	68.3	Not in Garthe & Hüppop
Unid. Diver										45.0	Most are Red-throated
Gr. Crested Grebe	4	2	3	2	3	4	4	1	1	19.3	Conform Garthe & Hüppop
Red-necked grebe	4	2	1	1	4	5	5	1	1	21.0	Disturbance by shipping put at 4
Northern Fulmar	3	1	2	4	1	1	1	5	1	5.8	Conform Garthe & Hüppop
Northern Gannet	3	3	3	2	1	1	4	5	3	11.0	Disturbance by shipping put at 1
Great Cormorant	4	1	4	1	3	3	4	3	1	20.0	Disturbance by shipping put at 3
Greater Scaup	3	1	2	3	4	4	5	2	5	36.0	Not in Garthe & Hüppop
Common Eider	4	1	2	3	4	4	2	4	1	23.3	Disturbance by shipping put at 4
Long-tailed Duck	3	1	2	3	4	4	2	2	1	15.0	Not in Garthe & Hüppop
Common Scoter	3	1	2	3	5	4	2	2	1	16.9	Conform Garthe & Hüppop
Velvet Scoter	3	1	2	3	5	4	3	2	3	27.0	Conform Garthe & Hüppop
Goldeneye	3	1	2	3	4	4	4	2	1	21.0	Not in Garthe & Hüppop
Red-br. Merganser	4	1	2	3	4	4	4	2	1	23.3	Not in Garthe & Hüppop
Pomarine Skua	1	3	5	1	2	2	4	3	2	15.0	Not in Garthe & Hüppop
Arctic Skua	1	3	5	1	2	2	4	3	1	13.3	Disturbance by shipping put at 2
Long-tailed Skua	1	3	5	1	2	2	4	3	1	13.3	Not in Garthe & Hüppop
Great Skua	1	3	4	1	2	2	5	4	2	16.5	Disturbance by shipping put at 2
Unid. skua										14.0	Not in Garthe & Hüppop
Mediterranean Gull	1	3	2	3	1	2	5	2	1	9.0	Not in Garthe & Hüppop
Little Gull	1	1	3	2	2	3	5	2	4	16.0	Disturbance by shipping put at 2
Black-headed Gull	1	5	1	2	1	2	1	3	1	5.6	Disturbance by shipping put at 1
Common Gull	1	3	2	3	1	2	2	2	4	9.0	Not in Garthe & Hüppop
Lesser BB Gull	1	4	2	3	1	1	4	5	2	9.2	Disturbance by shipping put at 1
Herring/LBB Gull										8.3	Not in Garthe & Hüppop
Herring Gull	2	4	2	3	1	1	2	5	1	7.3	Disturbance by shipping put at 1
Great BB Gull	2	3	2	3	1	2	4	5	2	13.8	Disturbance by shipping put at 1
Unid. BB Gull										11.5	Not in Garthe & Hüppop
Kittiwake	1	2	3	3	1	2	1	3	1	5.6	Disturbance by shipping put at 1
Unid. gull										8.3	Not in Garthe & Hüppop 5920
Sandwich Tern	1	3	5	1	1	3	4	4	4	20.0	Disturbance by shipping put at 1
Common Tern	1	2	5	1	1	3	3	4	1	12.0	Disturbance by shipping put at 1
Arctic Tern	1	1	5	1	1	3	3	4	1	10.7	Disturbance by shipping put at 1
Commic Tern										11.3	Not in Garthe & Hüppop
Little tern	1	1	4	1	2	3	4	4	4	17.5	Not in Garthe & Hüppop
Black tern	1	1	4	1	2	3	4	4	4	17.5	Conform Garthe & Hüppop
Common Guillemot	4	1	1	2	2	3	1	4	1	10.0	Disturbance by shipping put at 2
Razormot										11.6	Not in Garthe & Hüppop
Razorbill	4	1	1	1	2	3	2	5	2	13.1	Disturbance by shipping put at 1
Black Guillemot	3	1	1	2	2	4	3	4	2	15.8	Not in Garthe & Hüppop

Little Auk	3	1	1	3	2	4	2	5	1	16.0	Not in Garthe & Hüppop
Atlantic puffin	3	1	1	1	3	3	2	5	5	18.0	Disturbance by shipping put at 3

Table 1. Summed wind farm sensitivities (last column) for the main North Sea seabirds (first column), based on underlying factors A-I: A: flight maneuverability, B: flight altitude, C: percentage flying, D: nocturnal flight activity, E: disturbance by ship traffic; F: habitat use flexibility, G: biogeographical population size, H: adult survival rate, I: European Threat and Conservation Status (see text). Deviations from and additions to the values in Garthe & Hüppop (2004) are indicated.

- **Materials and Methods**

- **Two databases**

The DCS has been independently surveyed for seabirds by two parties, using different methods:

1. The governmental body RIKZ uses aerial survey techniques (strip transects), to estimate seabird densities across the entire DCS, every other month (Baptist & Wolf 1991; 1993). The plane follows pre-set survey lines (roughly the same over the years). Important strengths are the total and repeated coverage, and low heterogeneity. Weaknesses are that some areas consistently missed, such as some military shooting ranges that are closed for small aircraft or very nearshore waters that are not surveyed; some problems with species identification (auks) and observer swamping (large gull flocks).
2. Other parties, joined in the European Seabirds at Sea (ESAS) Database Group used ship-based survey techniques (strip-transects, much like in the aerial surveys; see Tasker et al. 1984; Skov et al. 2005). Strengths are that no areas were off limits, better specific identification possibilities and less swamping, due to lower survey speeds. Weaknesses are a highly irregular coverage, with areas with much survey effort (coastal, central Frisian Front) and areas of low coverage.

Special, dedicated surveys for concentrations of seaduck (scoters and eiders) have been conducted by both parties (Leopold et al. 1995 and subsequent reports of aerial surveys, e.g. Arts 2010). Seaduck concentrations may be very large (maximum in the order of 200,000; Leopold 1993). Such concentrations may cover a rather large area, but always in nearshore waters that are of little relevance to future (offshore) wind farm development in the Netherlands. Spatial precision is low compared to other counts, as ducks were often counted per stretch of coast, e.g. one Wadden Island (Leopold et al. 1995). A direct comparison with other seabirds at sea data is therefore difficult, while the seaduck data are not very relevant, and given the high numbers of birds often involved, would dwarf values for all other birds combined. For this reason, the seaduck counts are treated separately.

- **Database amalgamation**

Both databases have a similar base: strip transects where units are individual counts of finite length and width (and hence area), with geolocation, time, surface area and a given number of birds. Aerial Surveys were always conducted in six seasons: Aug/Sep, ('Season 1'), Oct/Nov, Dec/Jan, Feb/Mar, Apr/May, Jun/Jul ('Season 6'). Survey effort is confined to within the limits of the DCS. Ship based surveys were not limited to the DCS, but covers the greater North Sea. Any data within Kriging distance across the borders of the DCS (7 km, see below) are included in the joint dataset. All data, aerial and ship-based, were subdivided into the six "seasons" used in the aerial survey design.

Seabirds survey data typically contain many zero-values, followed by many low values and a tail towards higher values. The data points are thus usually is not normally distributed. Therefore, the data were transformed to achieve normality. A double-square root transformation was used (rather than a log-transformation, to facilitate back-transformation of data). A plot of the data-distribution (Figure 1) shows

that the outcome of either transformation is quite similar and that normality is achieved (with the exception of the zero-values).

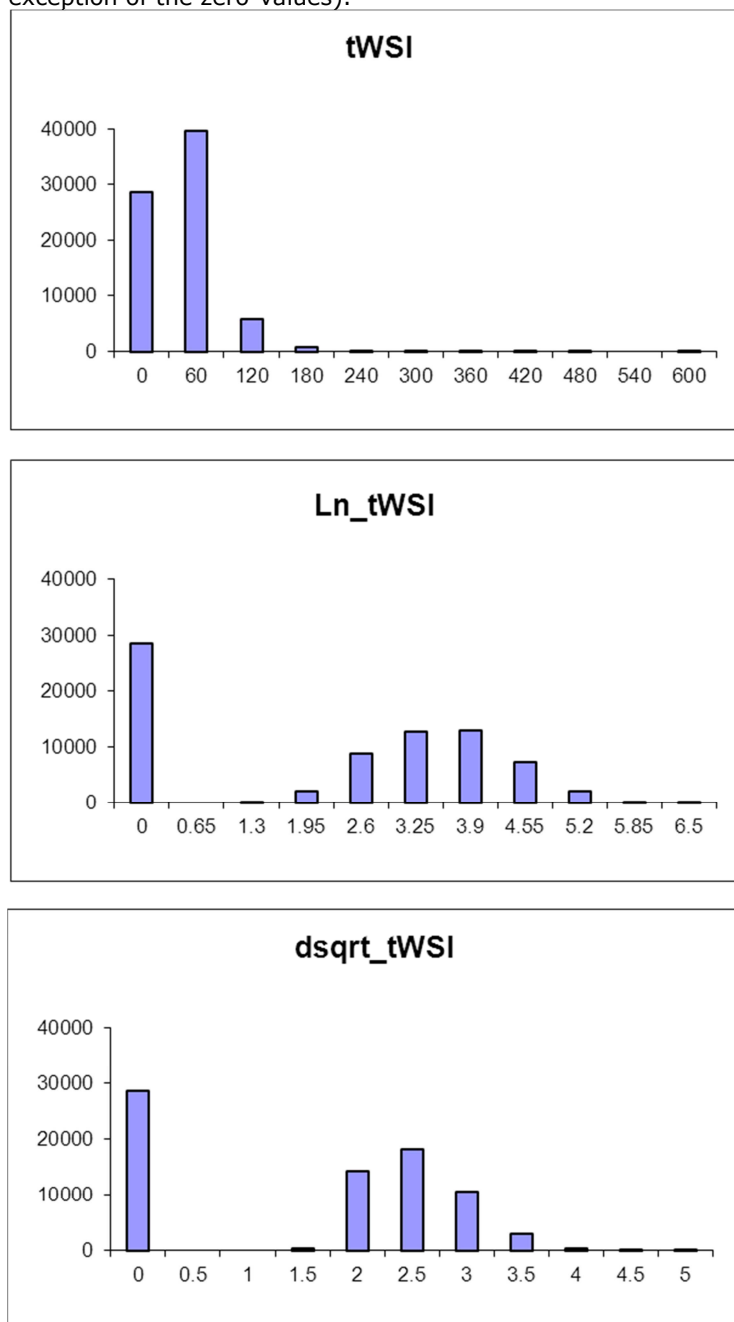
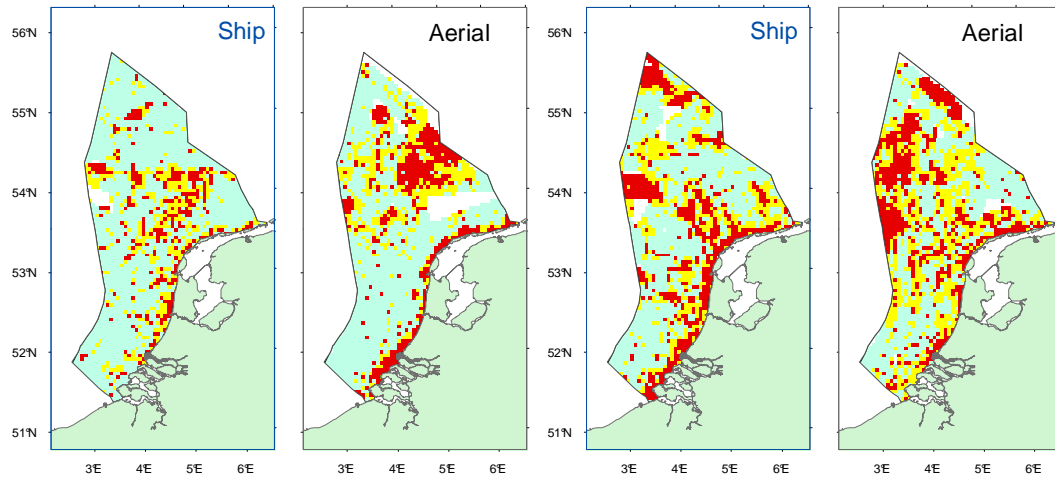


Figure 1. Distribution of data point values, across all seasons and grid cells, for aerial and ship-based survey combined. Top panel shows data without transformation, central panel shows data after log-transformation, lower panel shows data after double-square root transformation

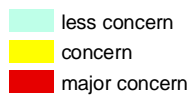
In both the aerial and the ship-based database, individual strip counts were converted to WSI values (using all birds seen within the counting strips, their SSI's and the surface area of the strip counted). WSI values were then grouped in a grid of 5*5 km cells. The DCS has a total of 2370 such cells, that were not always all covered in each season. Geostatistical interpolation techniques (Ordinary Kriging) were used to extend predictions beyond actual coverage, as long as this was deemed feasible. Inspection of the semi-variograms resulted in a lag size (for Kriging 5x5 km² cell-averaged WSI values) of 7 km and

2-5 neighbours included per quarter circle-segment around each central point . In other words, the final (seasonal) WSI value for each cell within the DCS was predicted by using the value for that cell, as well as surrounding values within 7 km around the central point of that cell. Seven km radius circles were drawn around each central cell point and subdivided into 4 quarters. In each of these quarters the closest 2 (minimum) to 5 cell-WSI averages were included in the estimation procedure. If fewer than 2 neighbouring values were available within the lag size of 7 km, no prediction was generated for that cell. Results are shown in three different colours (Figure 2), following the recommendation by Garthe & Hüppop (2004). The lower 60 percentile of the filled grid cells are considered to be of little concern (green); the next 20% (=60-80 percentile) to be of concern (yellow or orange) and the upper 20 percentile to be of major concern (red). Note that all data, across all 6 seasons were used to determine 60 and 80 percentile cut off points. This was done to identify seasons with high vulnerability and seasons with lower vulnerability (cf Garthe & Hüppop 2004). This means that more than half of the DCS surface area is by definition considered to be of little concern and that only 20% (averaged over the seasons) is of major concern, a conservative approach according to Garthe & Hüppop (2004). Data for seaduck are presented separately (Figure 3).

Levels of concern (60% percentile) and major concern (80%)
 Calculated over all seasons individually for Ship or Aerial
 Aug/Sep Oct/Nov



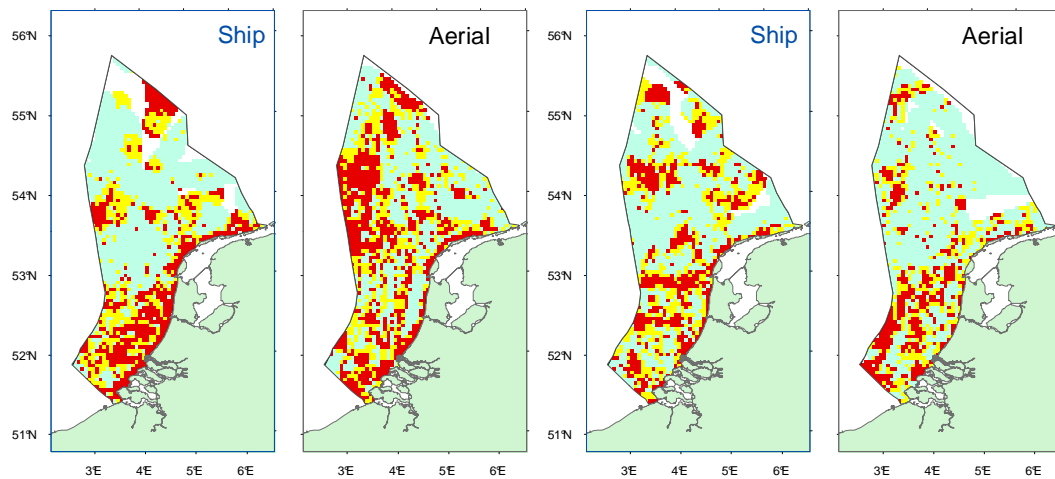
Consideration of WSI values



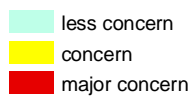
Levels of concern (60% percentile) and major concern (80%)
 Individually calculated over all seasons for Ship or Aerial

Dec/Jan

Feb/Mar



Consideration of WSI values



Levels of concern (60% percentile) and major concern (80%)
 Calculated over all seasons individually for Ship or Aerial

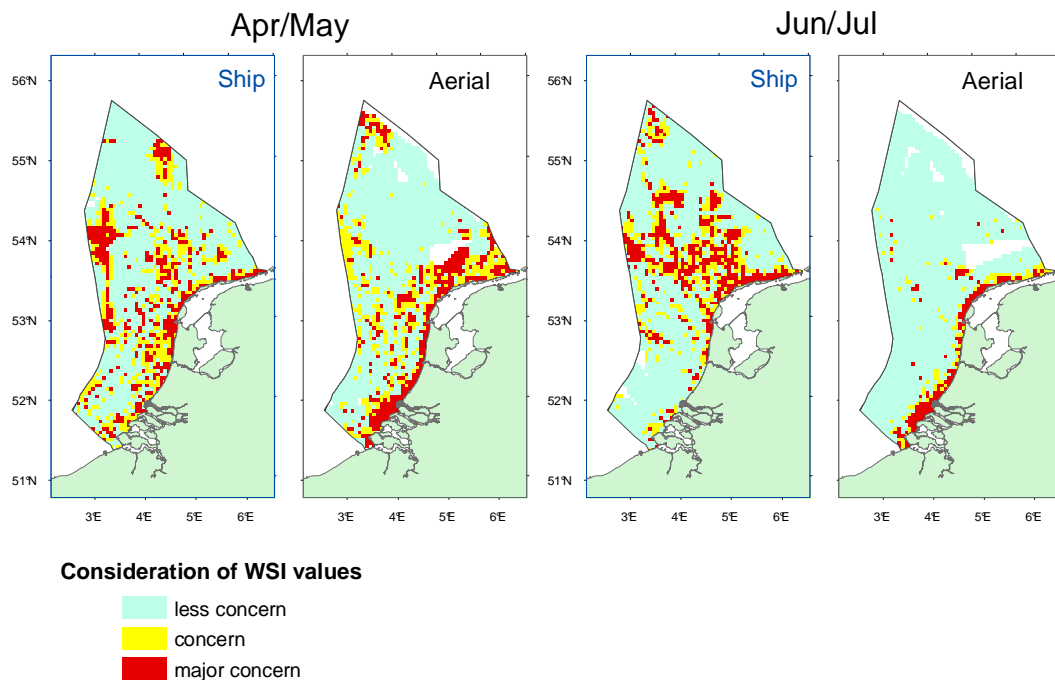


Figure 2 Comparisons of ship-based and aerial survey results, per season. Within each database, red areas are of major concern, yellow areas are of concern and green areas are of less concern. White areas are data-deficient for that database and season

- **Seaduck**

Bi-monthly values of common scoter numbers were collated for the entire Dutch coastal waters, and grouped for several segments. These are, from Northeast to Southwest: Rottum and Schiermonnikoog combined, Ameland, Terschelling, Vlieland, Texel, Den Helder-Bergen, Bergen-Katwijk, Katwijk-Maasvlakte and Voordelta. These subdivisions follow Natura 2000 boundaries and apparent differences in local geography and seaduck presence. Only common scoters were used as these were by far the most numerous species within this group, while others (eiders and velvet scoters) would, if present, join the flocks of common scoters. Average numbers present per two-month period were divided by the surface area of each sub-area (from the coast out to the -20 m isobath) to obtain average densities. These were then multiplied with the common scoter SSI and the result was mapped, at a spatial resolution of the above mentioned sub-areas (Figure 3). Maximum presence (largest flocks recorded per sub-area) are also given.

Most areas have very high WSI values if only the ducks are considered. Two “green” areas stand out: Bergen-Katwijk and Katwijk-Maasvlakte. Some caution is needed here, however. For this analysis we used the same time-span as for the other seabirds data (1991-2009). No (large) flocks were found in these parts in these years but in earlier years, flocks of many tens of thousands have in fact resided here (full account of earlier presence given in Leopold et al. 1995). There is thus no reason to believe that these green areas will always remain green.

Common Scoter

1991-2009



Season	Area	km2	top number	AVG 91-09	WSI Scorers
year	Schier-Rottum	374	56,000	2,843	23.80
year	Ameland	243	40,000	2,336	18.27
year	Terschelling	272	125,000	6,540	43.88
year	Vlieland	207	15,000	352	6.87
year	Texel	279	80,000	1,067	15.95
year	Den Helder-Bergen	390	100,000	1,332	15.11
year	Bergen-Katwijk	853	0	0	0.00
year	Katwijk-Maasvlakte	271	0	0	0.00
year	Voordelta	866	24,245	1,666	15.47

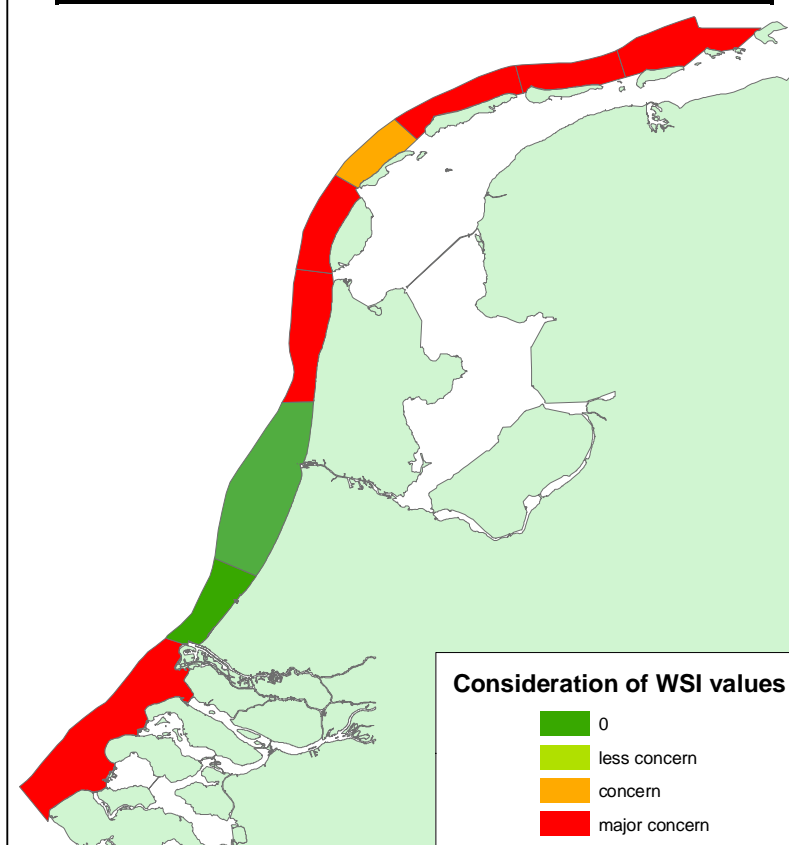


Figure 3. Presence of common scoters *Melanitta nigra* along the Dutch coast. Average values across seasons and years are given in the Table inset, as are maximum flock sizes recorded. WSI-values are calculated for entire sub-areas. Note that 50-60,000 scoters wintered in "Bergen-Katwijk" in 1987, while similar numbers were noted for "Katwijk-Maasvlakte" around 1930, indicating that the whole Dutch coastline has great potential for seaduck.

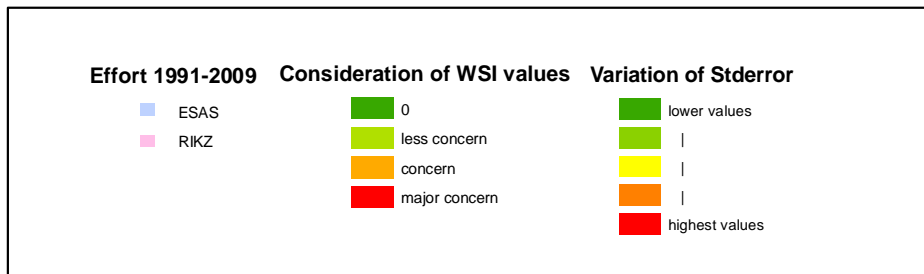
- **Combining aerial and ship-based survey data**

Because the two principal survey methods have intrinsic differences, outcomes (WSI values) may structurally differ between them. A cross check between the two databases was performed. X-Y plots were generated of predicted grid-cel data (WSI-transformed), per season. Potential bias was removed by rescaling the aerial survey data to match the ship-based survey data, using linear regression:

$$WSI_{\text{Aerial}} = a \times WSI_{\text{ship-based}} + b$$

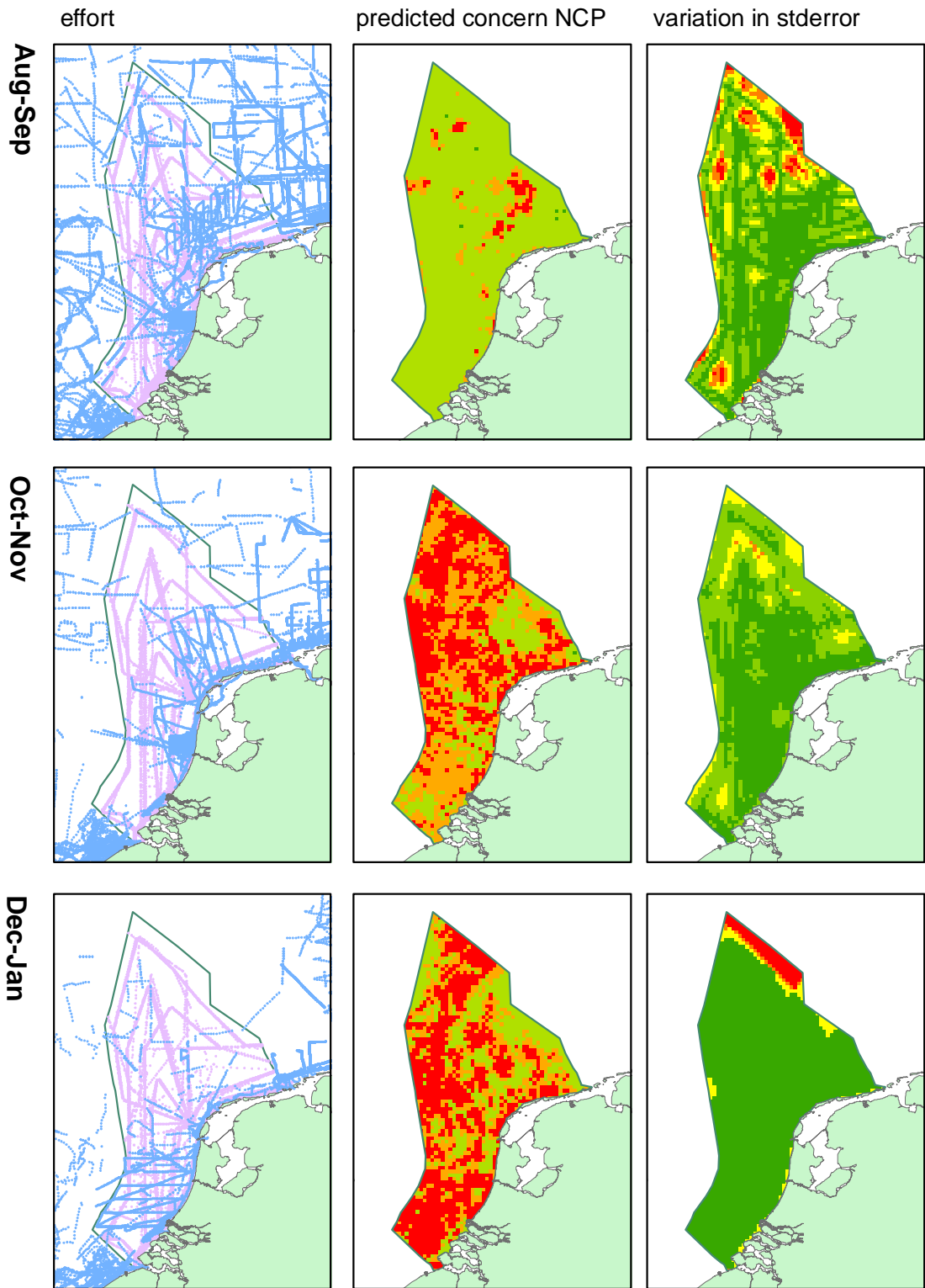
Next, the two databases were merged, with aerial WSIs adapted as described above. Subsequently, an Ordinary Kriging was done on the combined data, per season (lag size = 7000 m; and 2-5 neighbours included per quarter circle-segment around each cell). This resulted in 6 combined seasonal maps of WSI values across the entire DCS (Figure 4). Next to these maps, the effort per season is plotted (in separate colours for aerial and ship-based data). To the right of these maps, an indication of data reliability is plotted. For the latter, the standard option "standard error" within ESRI Geostatistical Analyst was used. This produces normalised standard errors (on the double-square root transformed data) that give some indication of reliability, combining errors resulting from variation between datapoints across the area and errors linked to the Kriging process). Inspection of the structure of these distribution of standard errors suggested that high-value predictions are relatively robust, while relatively high standard errors were linked to low-value predictions.

Figure 4 (two pages, overleaf). Bi-monthly maps of relative WSI values (1991-2009) across the DCS, using a combination of aerial and ship-based survey data (seaducks excluded). Left panels present the distribution of survey effort (blue for ship-based, purple for aerial); central panels give the WSI values (from low, green colours, to "concern" (orange) and "major concern" (red). Right panes give the calculated standard errors, from low tot high (green to red) as depicted below:

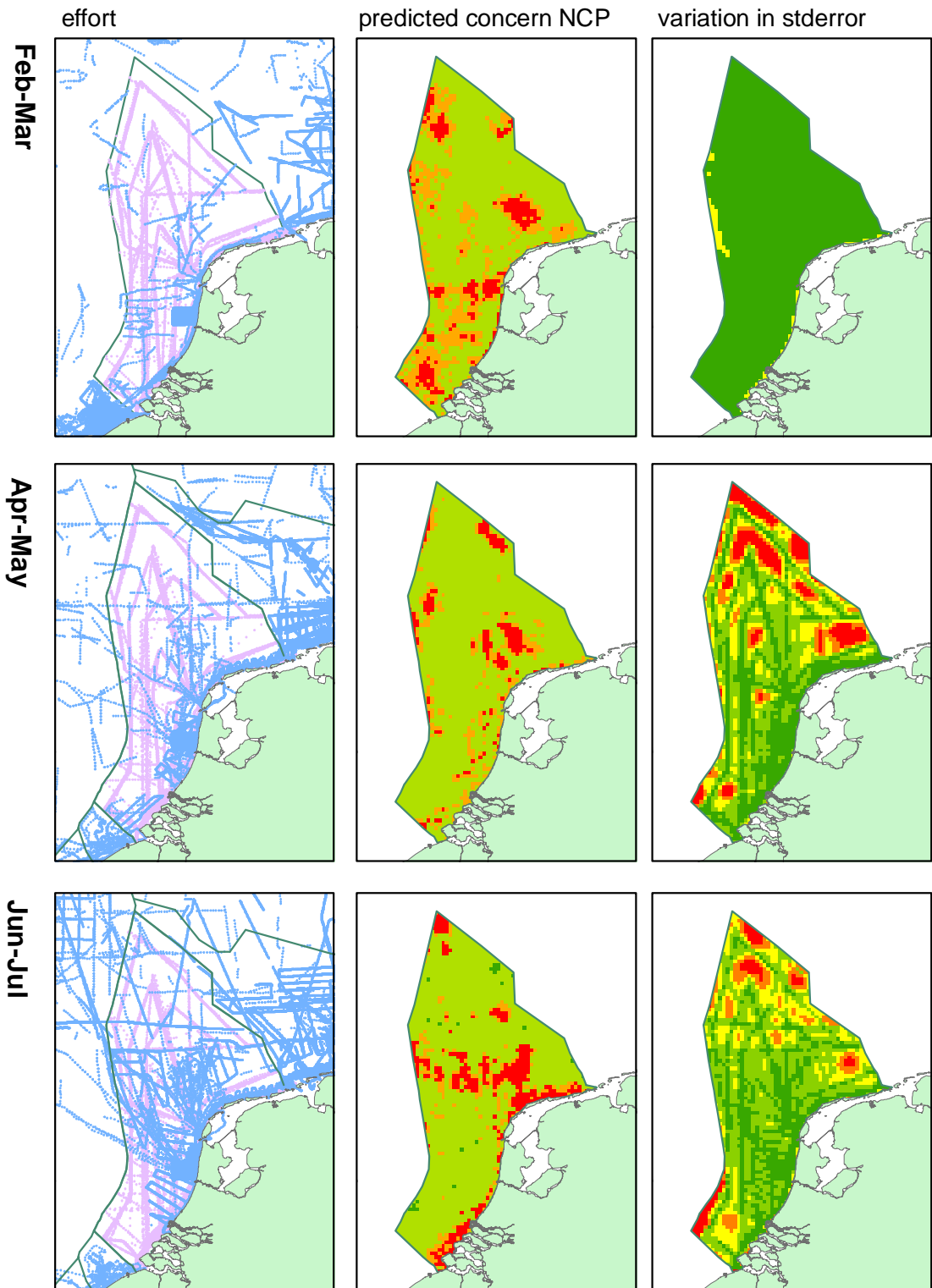


Combined ESAS RIKZ_corrected data 1991-2009

ducks excluded



Combined ESAS RIKZ_corrected data 1991-2009 ducks excluded



Finally, the six seasonal maps of Figure 4 were combined into one year-round map of WSI's across the DCS (Figure 5). To this end, grid cell averages and maximum values were plotted and presented in 20 percentile classes (percentiles based on these data; n=2370 grid cells).

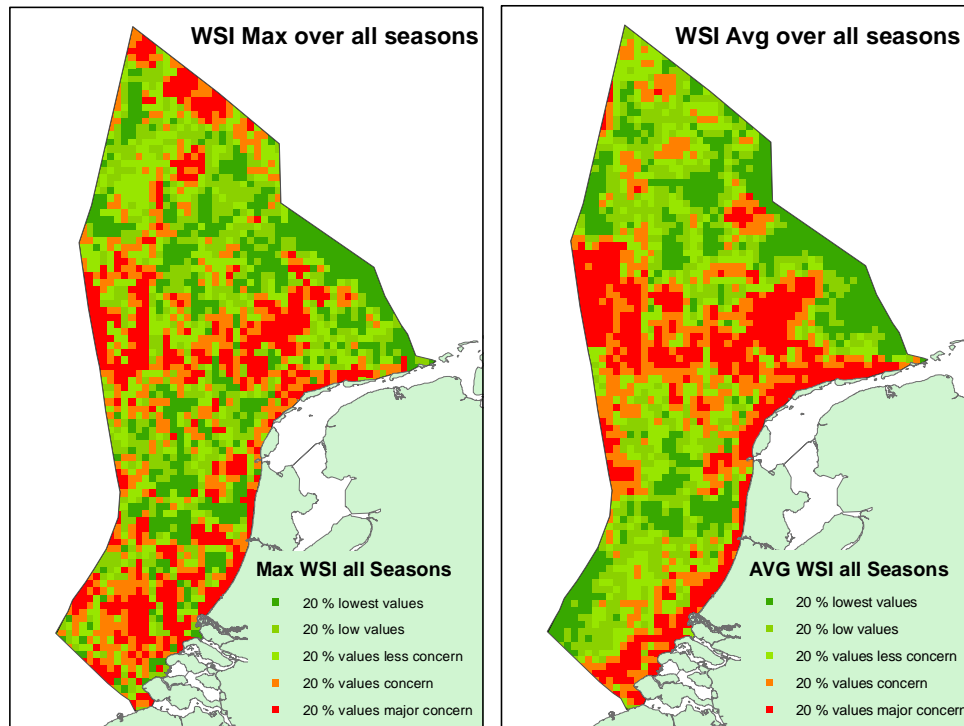


Figure 5. Year-round maps of seasonal maximum (left) and average WSI values across the DCS, combining aerial and ship-based data (ducks excluded). The data are plotted in five, 20 percentile classes. Areas of concern and of major concern are plotted in orange and red, respectively, while areas of less concern (the lower, 0-60 percentiles) are plotted in various shades of green.

- **Discussion**

This study is the first to combine the full databases of aerial and ship-based seabirds at sea survey data, across the entire Dutch sector of the North Sea. Combining databases poses particular problems of heterogeneity and bias, which were solved as well as possible. A major advantage of including both datasets however, is that coverage increased substantially, reducing the need for extrapolation onto unsurveyed areas. There is clearly much variation in seabird presence at any one location and areas that are poorly surveyed may yield average WSI values that are far removed from the true, or rather, long-term average. In addition to using as many data as possible, such problems were further reduced by taking data from neighbouring cells into account, before predicting cell-averages. Finally, data were smoothed by averaging model results for six bi-monthly "seasons" into one, final map of WSI values across the DCS, and across the whole year, using nearly 20 years of survey data. The final result of this exercise gives a long-term, across-seasons average of the vulnerability of seabirds for offshore windfarms that is rather insensitive to small-scale variations in survey data, both in time and in space. The final map of WSI values across the DCS shows a rather clear pattern. Consistently high values, indicating high seabird vulnerability for offshore turbines, are found throughout the nearshore waters. Note that these high values were found without incorporating the seaduck data; with these included, the red would only deepen.

A second and consistent area of high vulnerability is found extending from the northern shores (centered around Terschelling with its large gull colonies) across the Frisian Front to the Cleaver Bank. These areas are all designated Natura 2000 sites (Lindeboom et al 2005); their value as such is thus underpinned by the current analysis.

In addition, areas that have seasonal high WSI values, resulting from seasonal peak seabird occupancy are found in northern parts in late summer and early winter, and in the central southern parts in mid- to late-winter. These result from concentrations of auks, and some other pelagic seabirds. Auks (mainly guillemots and razorbills) should therefore receive special attention in future assessments of offshore wind farm sites (cf Leopold et al. 2010).

We noted that some areas, at the northern outer limit of the DCS, got very high WSI values in some seasons. At present, it is difficult to assess if these high values are real, or (partly) artefacts due to effects of data deficiency at the limits of the study area, and local modelling problems. However the impact of such marginal effects is yet limited, as no wind farms are yet projected at the northern edges of the DCS.

The two existing offshore wind farms in Dutch waters, OWEZ (Offshore Wind Farm Egmond aan Zee) and Princess Amalia Wind Farm, are situated just northwest of IJmuiden, off the central Dutch mainland coast. As it turns out, these first parks were built in an area of low WSIs (see also Leopold et al. 2010 for a first evaluation of effects of these two parks on local seabirds, that indeed turned out to be limited). Future developments, situated near these first two parks, would render a similar low impact on local seabirds, while parks situated further away run a larger risk of interfering with protected seabirds.

- **Quality Assurance**

IMARES utilises an ISO 9001:2008 certified quality management system (certificate number: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). This certificate is valid until 15 December 2012. The organisation has been certified since 27 February 2001. The certification was issued by DNV Certification B.V. Furthermore, the chemical laboratory of the Environmental Division has NEN-AND-ISO/IEC 17025:2005 accreditation for test laboratories with number L097. This accreditation is valid until 27 March 2013 and was first issued on 27 March 1997. Accreditation was granted by the Council for Accreditation.

References

- Arts F.A. 2010. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2010. Report RSW Waterdienst BM 10.16, 25p.
- Arts F.A. 2009. Trends en verspreiding van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991-2008. Report RWS Waterdienst BM 09.08, 56p.
- Arts F.A. & Berrevoets C.M. 2006. Monitoring van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991-2006. Report RIKZ/2006.018. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, 40p.
- Camphuysen C.J. & Leopold M.F. 1994. Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research report 94/6, NIOZ Report 1994-8, Institute for Forestry and Nature Research, Netherlands Institute for Sea Research and Dutch Seabird Group, Texel.
- Garthe S. & Hüppop O. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *J. Appl. Ecology* 41: 724-734.
- Leopold M.F. 1993. Spisula's, zeeëenden en kokkelvisser: een nieuw milieuprobleem op de Noordzee. *Sula* 7: 24-28.
- Leopold M.F., Dijkman E.M., Teal L. & the OWEZ Team 2010. Local birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010). NoordzeeWind Report OWEZ R_221_T1_20100731_local_birds (submitted to the Dutch Government).
- Lindeboom H., Geurts van Kessel J. & Berkenbosch L. 2005. Areas with special ecological values on the Dutch Continental Shelf. Rapport RIKZ/2005.008, Alterra Report nr. 1203, 103p
- Skov H., Durinck J., Leopold M.F. & Tasker M.L. 1995. Important bird areas in the North Sea, including the Channel and the Kattegat. BirdLife International, Cambridge, 156p.
- Skov H., Durinck J., Leopold M.F. & Tasker M.L. 2007. A quantitative method for evaluating the importance of marine areas for conservation of birds. *Biological Conservation* 136: 362-371.
- Stone C.J., Webb A., Barton C., Ratcliffe N., Reed T.C., Tasker M.L., Camphuysen C.J. & Pienkowski M.W. 1995. An atlas of seabird distribution in north-west European waters. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 326p.
- 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 standardized approach. *Auk* 101: 567-577.

Justification

Rapport C134/10

Project Number: 430.250.1309

The scientific quality of this report has been peer reviewed by the a colleague scientist and the head of the department of IMARES.

Approved: MSc. R. van Bemmelen
Researcher

Signature:



Date: 3 November 2010

Approved: Drs. F.C. Groenendijk
Head of department Ecology

Signature:



Date: 3 November 2010

Bijlage B.

Vogeltrek in de randen van de Nederlandse Noordzee

Rob Lensink

Bureau Waardenburg

(2013: geschreven voor dit rapport).

Aanleiding

De overheid streeft naar een uitbreiding van het aantal windparken op zee. Daarbij wordt ook gekeken naar mogelijkheden om binnen de 12 mijls-zone (zeemijlen) windturbines te plaatsen. Vogeltrek is een van de aspecten dat een rol speelt in de beoordeling van mogelijkheden binnen de 12 mijls-zone voor plaatsing van windturbines. In deze notitie bespreken we de overwegingen die uit oogpunt van trekkende vogels van belang zijn in de keuze voor al dan niet plaatsing van windturbines in de 12 mijls-zone.

Vogeltrek

Vogeltrek wordt hier gedefinieerd als een periodieke en gerichte verplaatsing van vogels tussen broedgebied en winterkwartier, teneinde ongunstige omstandigheden zoals een tekort aan voedsel, te ontvluchten (Alerstam 1990, Berthold 1992). Een belangrijk element hierin is dat vogels zich gericht verplaatsen. Deze gerichte verplaatsing komt voort uit de neurologische en fysiologische staat van de vogel (Kennedy 1985, Dingle 1996). Vogeltrek heeft daarmee de volgende karakteristieken:

- de verplaatsing (en de neurologische en fysiologische staat) duurt weken tot maanden;
- de verplaatsing is gericht, van broedgebied naar winterkwartier en *vice versa*
- tijdens de actieve trekvlucht reageert een vogel niet op stimuli als voedsel, op rustplaatsen wel;
- bij trek behoren karakteristieke gedragspatronen als trekonrust en verkennen van luchtlagen om gunstige vliegomstandigheden te vinden;
- de energiehuishouding in de trekperiode verschilt van die in andere perioden van het jaar.

Dat vogels gaan trekken, is hormonaal gestuurd (Berthold 1992). De veranderingen in de hormoonhuishouding, kort voordat vogels opvetten en wegtrekken, wordt mede bepaald door veranderingen in de daglengte. Periodieke (dagelijkse) bewegingen zoals slaaptrek en voedseltrek, zijn niet hormonaal gestuurd en maken geen deel uit van 'vogeltrek, al kunnen zij wel een groot aantal vliegende vogels genereren.

Vogeltrek langs en over de Noordzee

De Noordzee is de scheiding tussen het Europese vaste land en de Britse Eilanden, waarbij Nederland deel uitmaakt van het vaste land. In de kustzone van Nederland zijn grofweg drie stromen trekvogels te herkennen:

- landvogels (watervogels, zangvogels) die van het vaste land over de Noordzee naar de Britse Eilanden gaan en *vice versa*;
- zeevogels die evenwijdig aan de kust boven zee zuidwaarts gaan en *vice versa*;
- landvogels (watervogels, zangvogels) die evenwijdig aan de kust zuidwaarts gaan en *vice versa*.

Een flink aantal soorten legt de reis tussen broedgebied en winterkwartier af in etappes. Een etappe wordt bij voorkeur onder gunstige omstandigheden (bijvoorbeeld rustig weer met meewind) afgelegd waardoor het risico om uitgeput te raken beperkt blijft. Daarnaast wordt iedere etappe zodanig ingericht dat optimaal gebruik gemaakt wordt van de omstandigheden op dat moment; vlieghoogte en vliegrichting. Dit kan betekenen dat landvogels die van het vaste land naar de Britse Eilanden moeten op de ene dag evenwijdig aan de Hollandse kust vliegen om later de oversteek (vanuit België, Frankrijk) te maken en de volgende dag direct vanaf de kust naar Engeland koersen.

Omvang

Vogeltrek is een zeer omvangrijk fenomeen, zelfs in een klein land als Nederland. In een studie van Lensink & van der Winden (1997) is becijferd hoe groot de omvang van de trek van niet-zeevogels over de Noordzee is. De ordegrrootte van het totaal ligt rond 65 miljoen vogels die over de Noordzee gaan; ten dele naar Engeland en ten dele verder zuidwaarts. Van de echte zeevogels gaan naar schatting ongeveer 1 miljoen vogels langs Nederland naar het zuiden (Lensink & van der Winden 1997). Deze omvang geldt het najaar; in het voorjaar ligt het aantal lager, vooral als gevolg van wintersterfte.

De omvang van de vogeltrek over Nederland zelve is geschat in Lensink *et al.* 2002. In het najaar bedraagt deze ongeveer 200-300 miljoen vogels, in het voorjaar ongeveer 100-150 miljoen en in de zomer 20-30 miljoen. Een belangrijk deel hiervan blijft boven land, maar enkele tientallen miljoenen vogels gaan via en vanuit Nederland de Noordzee over.

De bovenstaande gegevens kunnen worden vertaald naar het aantal vogels dat:

- van het vaste land over Noordzee naar Engeland vliegt en *vice versa*, 45-50 miljoen;
- via de kust zone over zee zuidwaarts vliegt en *vice versa*, 11-16 miljoen;
- via de kustzone zuidwaarts vliegt en *vice versa*; 10-15 miljoen.

De meest talrijke passanten over de Noordzee zijn spreeuw en vink met ieder meer dan 10 miljoen vogels; iets minder talrijke passanten zijn koperwiek en merel. De meest talrijke passant langs de kust is de kokmeeuw met meer dan 1 miljoen exemplaren. Over de kuststrook zijn spreeuw en vink de meest talrijke soorten.

Timing

Vogeltrek speelt zich het hele jaar af met de nadruk op voorjaar en najaar. In het najaar passeert in opeenvolgende maanden een groot aantal soorten. In deze reeks zijn de soort die naar Afrika gaan de eerste; vooral in juli (steltlopers), augustus en begin september (steltlopers, zangvogels). Daarna volgen de soorten die in zuidwest-Europa overwinteren; vooral eind september en in oktober. De laatste groep in de reeks zijn de soorten die in West-Europa de winter doorbrengen. Zij passeren vanaf half oktober tot in november. Bij het invallen van vorst en sneeuw in december kunnen grote groepen vogels die in Noordwest-Europa overwinteren een eindje opschuiven naar het westen of zuiden (vorst-rushes). In het voorjaar passeren deze groepen in omgekeerde volgorde. De wintergasten uit West-Europa trekken vooral in maart naar het noordoosten, in april gevolgd door de soorten uit Zuidwest-Europa en Noord-Afrika. Vanaf half april arriveren de Afrikagangers. De laatste uit deze groep spoeden zich tot begin juni noordwaarts. Deze volgorde van soortgroepen heeft tot gevolg dat de trek langs de Hollandse kust (zowel over zee als over land) zich in het najaar uitstrekt van augustus tot ver in november. De trek over de Noordzee (naar Engeland) is een episode die zich vooral in oktober afspeelt en minder in november. In het voorjaar keren de vogels met name in maart de Britse Eilanden de rug toe. Langs de kust van Holland is voorjaarstrek een fenomeen dat eind februari begint en doorloopt tot ver in mei. Tussen half mei en half juli kent een beperkt aantal soorten gerichte trek van broedgebieden naar goede ruigebieden, via dezelfde routes.

Omstandigheden

Vogels trekken bij voorkeur onder gunstige omstandigheden; dat wil zeggen; gunstige wind (in de rug), geen neerslag geen gesloten wolkendek. Op dit soort dagen (en nachten) kan de lucht gevuld zijn met trekkende vogels. Vaak is de trek beperkt tot een beperkt aantal hoogtelagen; daaronder bewegen zich dan vooral de startende en landende vogels. Op gunstige dagen en nachten vliegen zangvogels vaak op honderden meters hoogte tot meer dan 2 km hoogte waarbij de onderste lagen relatief leeg zijn. Onder minder gunstige omstandigheden (tegenwind) verplaatsen de vogels zich in de onderste luchtlagen en is het in de hogere stil. Bij tegenwind is de bereidheid onder zangvogels om onveilige gebieden als een Noordzee over te steken kleiner dan onder gunstige omstandigheden. Dan blijft een relatief groot deel de kust volgen. Gemiddeld genomen vliegt ongeveer 20% van het totale volume aan trek op een hoogte van rond 100 m (rotorhoogte van een turbine); dit zijn vooral zangvogels en dan vooral in de nacht (Krijgsveld *et al.* 2011).

Radarstudies in het kustgebied van Nederland hebben laten zien dat in de nacht trekkende vogels gemiddeld hoger vliegen dan overdag; zowel boven land als boven zee (Buurma & van Gasteren 1989, Van Gasteren *et al.* 2002, Krijgsveld *et al.* 2011). Daarnaast vliegen ze in de nacht (in ieder geval zangvogels) vooral als eenlingen. Overdag voegen ze zich samen tot kleinere of grotere groepen.

De Nederlandse kustzone

De dichtheid aan trekkende vogels langs en over de Nederlandse kust is niet overal hetzelfde. Er zijn twee patronen van belang.

- van de stroom vogels evenwijdig aan de kust neemt de dichtheid naar buiten toe (haaks op de kust af);
- soortensamenstelling en dichtheid van de trek langs en over de kust verschilt tussen regio's.

Beide patronen worden in het vervolg toegelicht. Een aantal belangrijke trekpatronen van verschillende groepen zijn weergegeven als pijlen op kaart (bijlage 1).

Trek evenwijdig aan de kust

De trek evenwijdig aan de kust bestaat uit twee typen trekstromen:

- watervogels die in de luwte van branding en duinen vliegen;
- landvogels die in meer of mindere mate ook boven zee vliegen.

Watervogels

In het najaar komen steltlopers vanuit Arctische broedgebieden naar de Waddenzee, of om hier te overwinteren of om op te vetten voor de volgende etappe op weg naar winterkwartieren in Zuidwest-Europa en Afrika. Zij die doortrekken naar het zuiden gaan ten dele in breedfront over het IJsselmeergebied en Midden-Nederland (Lensink *et al.* 2002). Pas in Zeeland of verder zuidwaarts komen zij weer op en langs de kust. Hierdoor is van enkele soorten steltlopers het aantal vogels langs de kust van Noord-Holland en de Wadden kleiner dan langs de kusten van Zuid-Holland en Zeeland (Camphuysen & van Dijk 1983, Platteeuw *et al.* 1994). Steltlopers die afkomstig zijn van IJsland en Schotland, en zuidwaarts gaan, hebben ter hoogte van Zeeland en Zuid-Holland een grotere kans op de kust te komen dan in Noord-Holland en de Wadden. Voor deze groep is de zuidelijke Noordzee als het ware een trechter.

In het voorjaar kiest een deel van de steltlopers de kortste route naar de Waddenzee en steekt vanaf Zeeuws-Vlaanderen via de Delta en het IJsselmeer af. De aantallen van enkele soorten steltlopers langs de kust van Noord-Holland zijn in het voorjaar lager dan verder zuidwaarts.

Zowel in het voorjaar als het najaar geldt dat steltloper trek langs de kust omvangrijker is bij tegenwind, en bij meewind vrijwel kan ontbreken. Dan vliegen de vogels op grote hoogte, onafhankelijk van het onderliggende landschap in breedfront strak richting doelgebied.

Een tweede element in het optreden van verdichting langs de kust is de vorm van de Hollandse Kust. Een vogel die van Den Helder door het Kanaal wil gaan, kan de kust volgen of de bocht in de Hollandse kust afsnijden. Hierdoor wordt het aantal vogels langs de kust over een breder gebied uitgesmeerd. Langs de kust van Noord-Holland ligt de hoofdstroom meer geconcentreerd direct onder de kust, terwijl deze in het zuiden verder van de kust af ligt en breder is (o.a.

Krijgsveld *et al.* 2005). In zuidwaartse richting komen trekkende watervogels die de kust volgen bij Monster een zandmotor tegen en vervolgens de eerste en tweede Maasvlakte. Dit dwingt hen naar buiten waardoor ter hoogte van Zeeland de trekstroom verder op zee ligt en meer diffuus is.

In het voorjaar speelt de vorm van de Hollandse Kust een vergelijkbare rol in het ontstaan van patronen. In het zuiden van het land is de trekstroom onder de kust vanuit het kanaal vermoedelijk over een breder gebied verdeeld, dan verder noordwaarts. Vooral de kust van Noord-Holland kan vogels 'afvangen' de op weg zijn naar de Waddenzee.

Zangvogels

De trekstroom van zangvogels langs de Hollandse kust wordt in het najaar gevoed door vogels die vanuit het noordoosten op de kust komen. Daarbij is de stroom zangvogels door Noord-Nederland kleiner dan die door de zuidelijke helft. Een deel van de vogels door Noord-Nederland vliegt om het IJsselmeer heen. Hierdoor neemt de trekstroom evenwijdig aan de kustlijn van noord naar zuid toe in intensiteit, met vanaf Haarlem een omvangrijke toename.

De stroom vogels evenwijdig aan de kustlijn is vooral bij tegenwind geconcentreerd in de onderste luchtlagen. Daarnaast wordt zij in omvang vergroot bij zuidelijke en zuidoostelijke winden. Dan worden vogels vanuit het binnenland tegen de kust aan geblazen.

Vanuit de stroom vogels langs de kust steekt een deel van de vogels over naar Engeland en verlegt de koers van zzw naar wzw tot w. Dit is breedfronttrek naar de overzijde van de Noordzee. Een deel van de vogels richting Zuidwest-Europa lijkt, gelijk watervogels, de bocht in de kust van Holland af te snijden; en vliegt boven zee in de richting zzw; bijvoorbeeld graspieper (Krijgsveld *et al.* 2005). In principe blijven landvogels die richting zzw vliegen boven het land; een beperkt aantal waaiert uit over zee, en trekt met land binnen zicht in de voorkeursrichting.

De Noordzee oversteken

De Noordzee is voor zangvogels een barrière die moet worden genomen. Omvangrijk radarwerk in de jaren zeventig en tachtig laat zien dat vogels die van Scandinavië in het najaar naar Engeland gaan, lang niet alle in een rechte lijn vliegen (Buurma 1987). In tegendeel; veel vogels vertrekken vanaf de Noorse kust westwaarts om na verloop van tijd (rond zonsopkomst, Meyers 1968) in zuidelijke richting verder te gaan. De contramal hiervan is eerst een vlucht in zuidelijke (tot zuidoostelijke) richting om later in westelijke richting te gaan. Op de Waddeneilanden en de Hollandse kust kunnen lijsters massaal vanuit n en nnw binnenkomen. Tegelijkertijd vertrekken hier vanaf de kust veel vogels in de richting w (bijvoorbeeld Van Gasteren *et al.* 2002, Krijgsveld *et al.* 2005, 2011).

In het najaar gaat een beperkt aantal watervogels vanaf het vaste land naar Engeland. Deze soorten komen vanuit het hoge noorden en zakken door de Oostzee en Duitse Bocht af. Vanaf en vanuit de Wadden en Noord-Nederland wordt door veel vogels de oversteek gemaakt; bijvoorbeeld kleine zwaan, kolgans, rotgans, smient, wilde eend. Deze trekstroom is zuidelijker in Nederland minder omvangrijk.

Wat weten we over gradiënten in dichtheid

De kust

Zangvogels

Overdag volgen zangvogels onder mindere omstandigheden de kustlijn en neemt men vanaf de grond gestuwde trek waar (Tinbergen 1949). Deze stroom waaiert in zeer beperkte mate uit over zee. Op grotere hoogte laten vogels zich niet leiden door de kustlijn, en steken de Noordzee over. In de nacht is de verdichting op de kustlijn minder uitgesproken en waaiëren vogels tot verder boven zee uit. Daarnaast lijkt het geleidende effect van de kust tot grotere hoogte te gaan dan overdag (Buurma & van Gasteren 1989).

Watervogels

Watervogels die evenwijdig aan de kust trekken, vliegen overdag overwegend tot enkele kilometers uit de kust. Zeetrekters kijken vanaf de kust tot enkele kilometers uit de kust. Tellingen van zeetrek overdag op platforms onder de Nederlandse kust komen tot lagere aantallen dan op een vergelijkbare locatie op de kust: bijvoorbeeld op Meetpost Noordwijk (ca 9 km uit de kust: 52°16'26"N, 4°17'46"E), 1978-1984 Camphuysen 2004, Meetpost Noordwijk jaarrond 1998-1999, Krijgsveld *et al.* 2002, Meetmast OWEZ jaarrond 2006-2009, Krijgsveld *et al.* 2012).

Echte zeevogels

Echte zeevogels kennen als verblijfplaats de zee. Zij migreren meer dan de andere soortgroepen over volle zee. Deze soorten komen vooral bij sterke aanlandige wind in grote aantallen direct onder de kust. Voorbeelden zijn noordse stormvogel, alk, zeekoet, jan van gent, diverse jagers. De sterkste trek onder de kust is bij wind uit noordwest.

De kust in vergelijking tot volle zee

Radarstudies in de afgelopen decennia komen alle op een hogere dichtheid aan vliegende vogels direct onder de kust en een afnemende dichtheid verder van de kust af (Van Gasteren *et al.* 2002, Krijgsveld *et al.* 2005, 2011). In een studie van luchtmacht bij IJmuiden is de verhouding tussen de vliegintensiteit boven de kustlijn, op 3 km en op 10 km ongeveer 10: 4-6: 0,5-2. Hierin zijn alle bewegingen van vliegende vogels meegenomen. De afnemende gradient van vliegintensiteit met toenemende afstand tot de kust komt voor een deel op het conto van lokale vliegbewegingen, laag en dicht onder de kust. Worden de bewegingen in de onderste luchtlaag niet meegenomen, dan is de verhouding tussen de uitersten minder uitgesproken. Ook de studie op de Meetmast OWEZ

komt tot de conclusie dat de dichtheid aan vogels 10 km uit de kust lager is dan direct onder de kust (Krijgsveld et al. 2011). De radarstudie op de Pier van IJmuiden heeft laten zien dat de stroom watervogels die evenwijdig aan de kust trek tot ongeveer 7 km reikt (Van Gasteren et al. 2002); steltlopers kunnen daarbij ook op grote hoogte vliegen.

Zuid-Holland & Zeeland versus Noord-Holland versus Wadden

Onder de kust van Zeeland en Zuid-Holland is:

- de stroom zangvogels over de kust groter dan in Noord-Holland;
- de stroom zangvogels die oversteken groter of vergelijkbaar met die in Noord-Holland;
- de stroom watervogels onder de kust groter dan in Noord-Holland;
- de stroom watervogels onder de kust breder dan in Noord-Holland.

Onder de kust van de Wadden is:

- de stroom zangvogels over de kust mogelijk groter dan in Noord-Holland;
- de stroom zangvogels die oversteken groter of vergelijkbaar met die in Noord-Holland;
- de stroom watervogels onder de kust kleiner dan in Noord-Holland;
- de stroom watervogels onder de kust in breedte vergelijkbaar met die in Noord-Holland.

In alle drie de regio's is een gradiënt in dichtheid van bewegingen van trekvogels haaks op de kust met de lagere dichtheid ver op zee. Wanneer bewegingen in de onderste luchtlagen (tot 50-100 m) worden weggelaten (vooral watervogels, zeevogels, waaronder veel lokale meeuwen) is de gradiënt minder uitgesproken; de hoge trek van vooral zangvogels is meer gelijkmatig over zee verdeeld, maar ook deze is boven de kust intenser dan verder op zee.

Bijzonderheden

Zangvogels die over zee trekken hebben geen mogelijkheid om bij onvoorziene omstandigheden (slecht weer) te landen en daar in veiligheid gunstiger omstandigheden af te wachten. Fronten die in het najaar vanuit het zuidwesten de Noordzee overtrekken kunnen aanleiding zijn tot het ontstaan van *falls*, (massaal "uit de lucht vallen" van zangvogels, vaak gepaard gaan met hoge sterfte) wanneer naar het noordoosten toe de omstandigheden voor trek zeer gunstig zijn (Lensink et al. 1999). Wanneer trekkende vogels boven zee vanuit het noordoosten tegen het front aanvliegen, komen zij massaal omlaag, op zoek naar veiliger oorden. In de nabijheid van land vliegt alles dan in een rechte streep naar de kust. Dit zijn evenwel incidenten die zich een eens in de paar jaar voordoen.

Conclusie

Op basis van bestaande kennis reikt de gradiënt in dichtheden van trekkende vogels evenwijdig aan de kust in Noord-Holland vermoedelijk niet verder dan 10 km. Naar het zuiden toe wordt de stroom vogel omvangrijker en is de gradiënt breder. Ten noorden van de Wadden is de stroom vogels evenwijdig mogelijk kleiner dan onder de kust van Noord-Holland en reikt waarschijnlijk niet verder

dan 10 km uit de kust. Naar het oosten toe zou de stroom weer breder kunnen worden door het afsnijden van de Duitse Bocht.

Breedfronttrek over de Noordzee over Noordzee speelt zich af in de nacht met o.a. lijsters. Deze trek loopt in beperkte mate door in ochtend. Deze trekstromen zouden in het noorden sterker kunnen zijn dan in het zuiden. Dagtrek over de Noordzee van soorten als vink is in het zuiden mogelijk sterker.

Trek van watervogels over de Noordzee naar Engeland *vice versa* is ter hoogte van de Wadden en Noord-Holland sterker dan via Zeeland en Zuid-Holland.

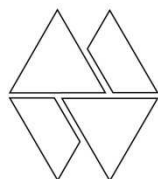
Hoe verder?

In het bovenstaande zijn een aantal grove patronen geschetst in de ruimtelijke verschillen van vogeltrek over en langs de Nederlandse kust. Daarbij is onderscheid gemaakt in drie groepen vogels; echte zeevogels, zangvogels en watervogels. De patronen die voor deze groepen zijn geschetst kunnen verder worden ingekleurd naar soorten, omstandigheden, variatie in hoogte en richtingen. Dit kan op basis van gepubliceerde bronnen als Camphuysen & van Dijk 1983, Platteeuw *et al.* 1994, Lensink *et al.* 2002, alsook recentere informatie van telposten langs de kust zoals die zijn opgeslagen in trektellen.nl. Daarnaast kunnen nieuwe radarstudies op de kust het patroon van gradiënten op verschillende delen van de kust verder vorm geven.

Literatuur

- Alerstam T. 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge.
- Berthold P. 1993. Bird migration; a general survey. Oxford University Press, Oxford.
- Buurma L.S. 1987. Patronen van hoge vogeltrek boven de Noordzee in oktober. *Limosa* 60: 63-74.
- Buurma L.S. 1999. Tussenrapportage vogeltrek IJmuiden 1999. Rapport, Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.
- Buurma L.S. & H. van Gasteren 1989. Trekvogels en obstakels langs de Zuid-Hollandse kust. Rapport, Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.
- Camphuysen C.J. 2004. Desk study on seawatching results from Meetpost Noordwijk: variability in offshore observations. Appendix 7 in: Leopold M.F., Camphuysen C.J., ter Braak C.J.F., Dijkman E.M., Kersting K. & van Lieshout S.M.J. 2004. Baseline studies North Sea wind farms: Lot 5 marine birds in and around the future sites Nearshore Windfarm (NSW) and Q7. Alterra-rapport 1048.
- Camphuysen C.J. & J. van Dijk 1983. Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust 1974-79. *Limosa* 56: 87-230.
- Dingle H. 1996. Migration, the biology on the move. Oxford University Press, Oxford.
- Fijn R.C., A. Gyimesi, M.P. Collier, D. Beuker, S. Dirksen & K.L. Krijgsveld 2012. Flight patterns of birds at offshore gas platform K14. Report 11-112, Bureau Waardenburg, Culemborg.

- van Gasteren H., J. van Belle & L.S. Buurma 2002. Kwantificering van vogelbewegingen langs de kust bij IJmuiden: en radarstudie. Rapport, Koninklijke Luchtmacht, Den Haag.
- Kennedy J.S. 1985. Migration, behavioural and ecological. *in* Rankin (eds). Migration: mechanisms and adaptive significance. *Contr. Marine Science* 27 (suppl.) 5-26.
- Krijgsveld K.L., R. Lensink, H. Schekkerman, P. Wiersma, M.J.M. Poot, E.H.W.G. Meesters & S. Dirksen 2005. Baseline studies North Sea wind farms: fluxes, flight paths and altitudes of flying birds 2003-2004; final report. Rapport 05-041, Alterra/Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Krijgsveld K.L., R.C. Fijn, M. Japink, P.W. van Horsen, C. Heunks, M.P. Collier, M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen 2011. Effect studies offshore wind farm Egmond aan Zee; final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Report 10-219, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lensink R. & J. van der Winden 1997. Trek van niet-zeevogels langs en over de Noordzee: een verkenning. Rapport 97-023, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lensink R., C.J. Camphuysen, D.A. Jonkers, M.F. Leopold H. Schekkerman & S. Dirksen 1999. Falls of migrant birds, an analysis of current knowledge. Report 99-055, Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lensink R., H. van Gasteren, F. Hustings, L. Buurma, G. van Duin, L. Linnartz, F. Vogelzang & C. Witkamp 2002. Vogeltrek over Nederland 1976-1993. Schuyt & Co. Uitgevers, Haarlem.
- Platteeuw M., N.F. van der Ham & J.E. den Ouden 1994. Zeetrekellingen in Nederland in de jaren tachtig. *Sula* 8: 1-203 (special issue).
- Tinbergen L. 1949. Vogels onderweg. Scheltema & Holkema, Amsterdam.



Bureau Waardenburg bv

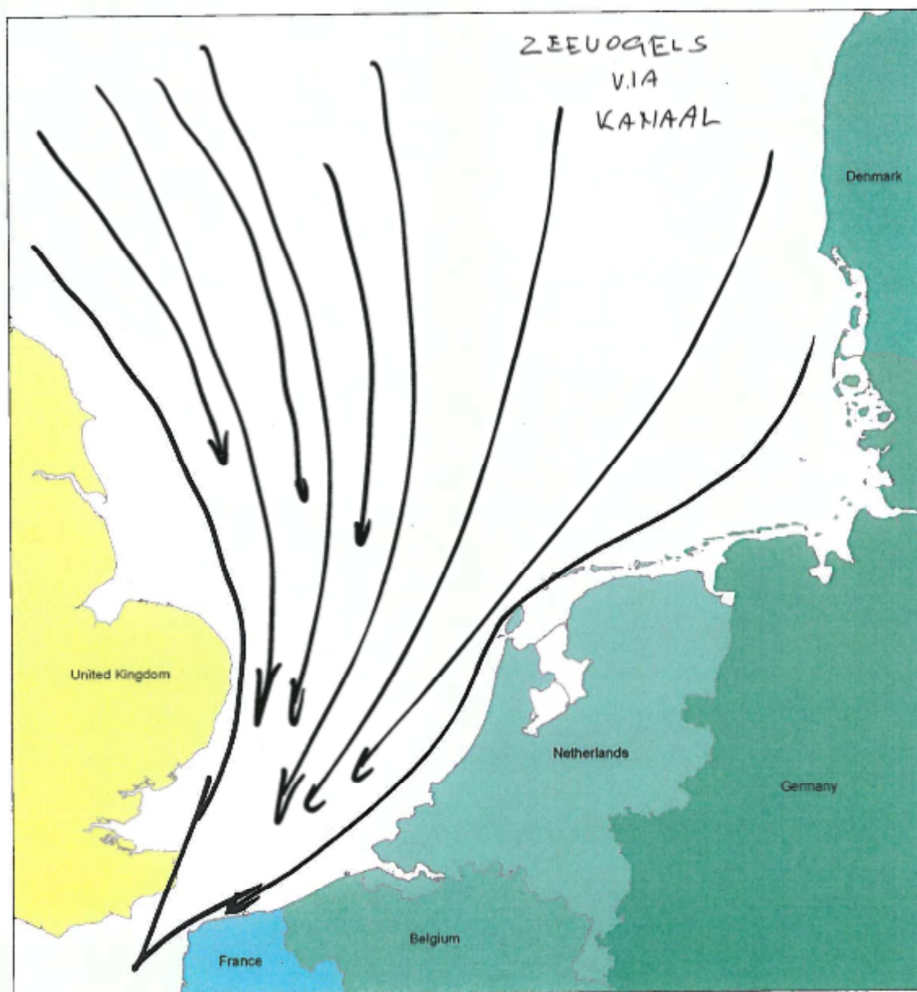
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49
info@buwa.nl www.buwa.nl

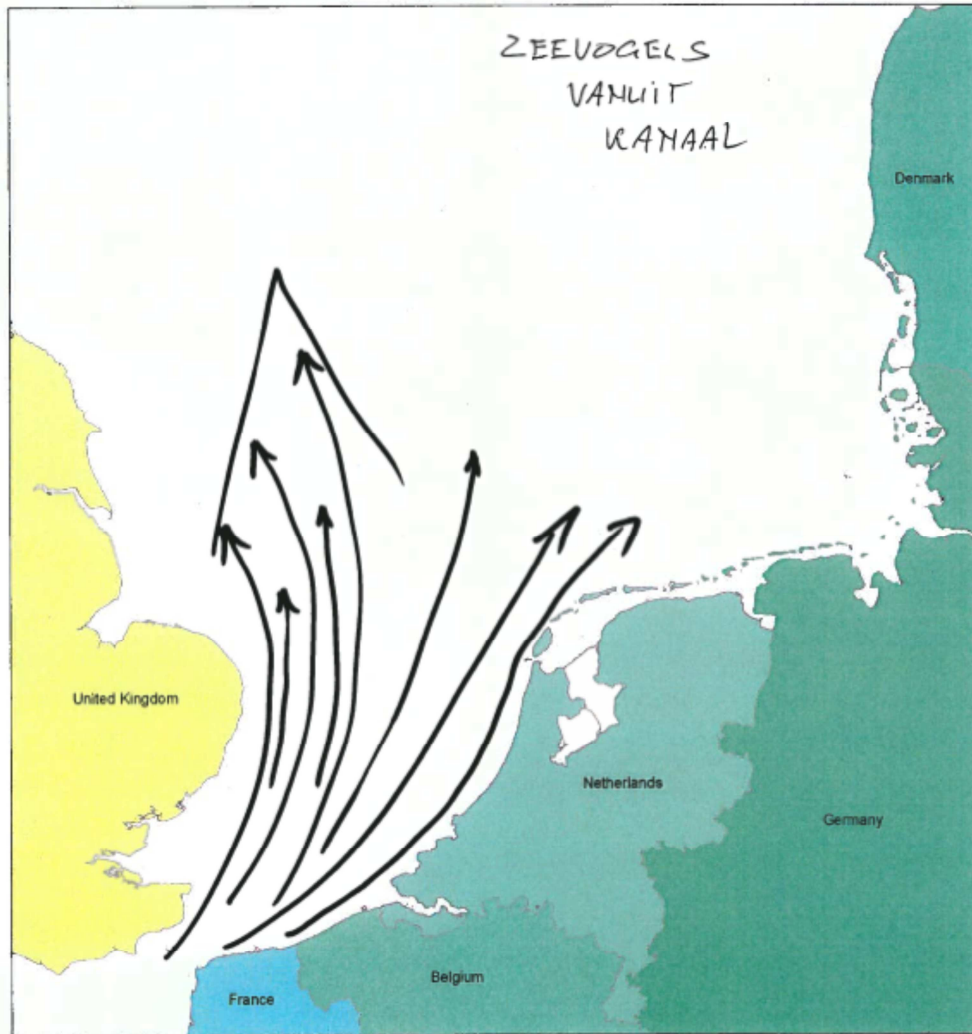
opdrachtgever: IMARES
28 februari 2013, notitie in project 13-083

Kaartbeelden: schetsen van de belangrijkste trekpatronen

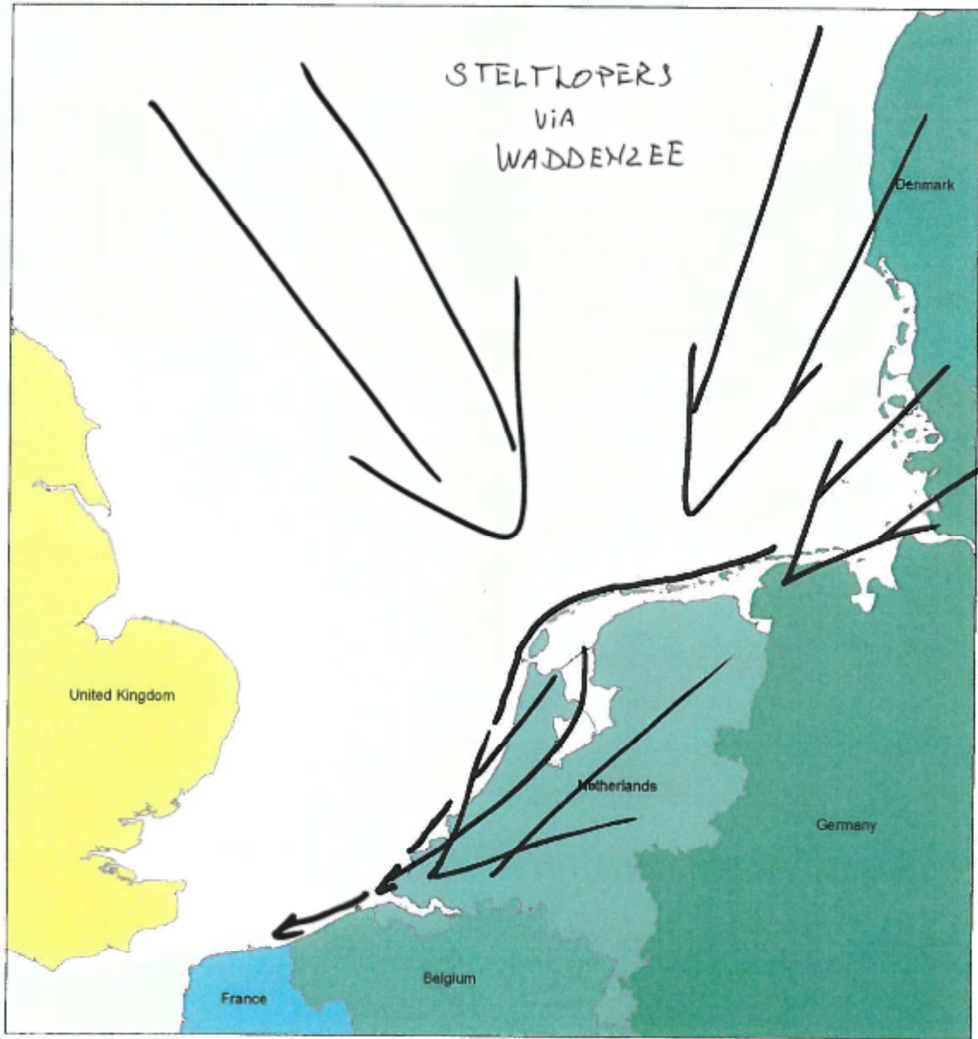
zeevogels
steltlopers (zijn ook watervogels)
watervogels
zangvogels
watervogels zoals kleine zwaan, kolgans, rotgans, smient, etc



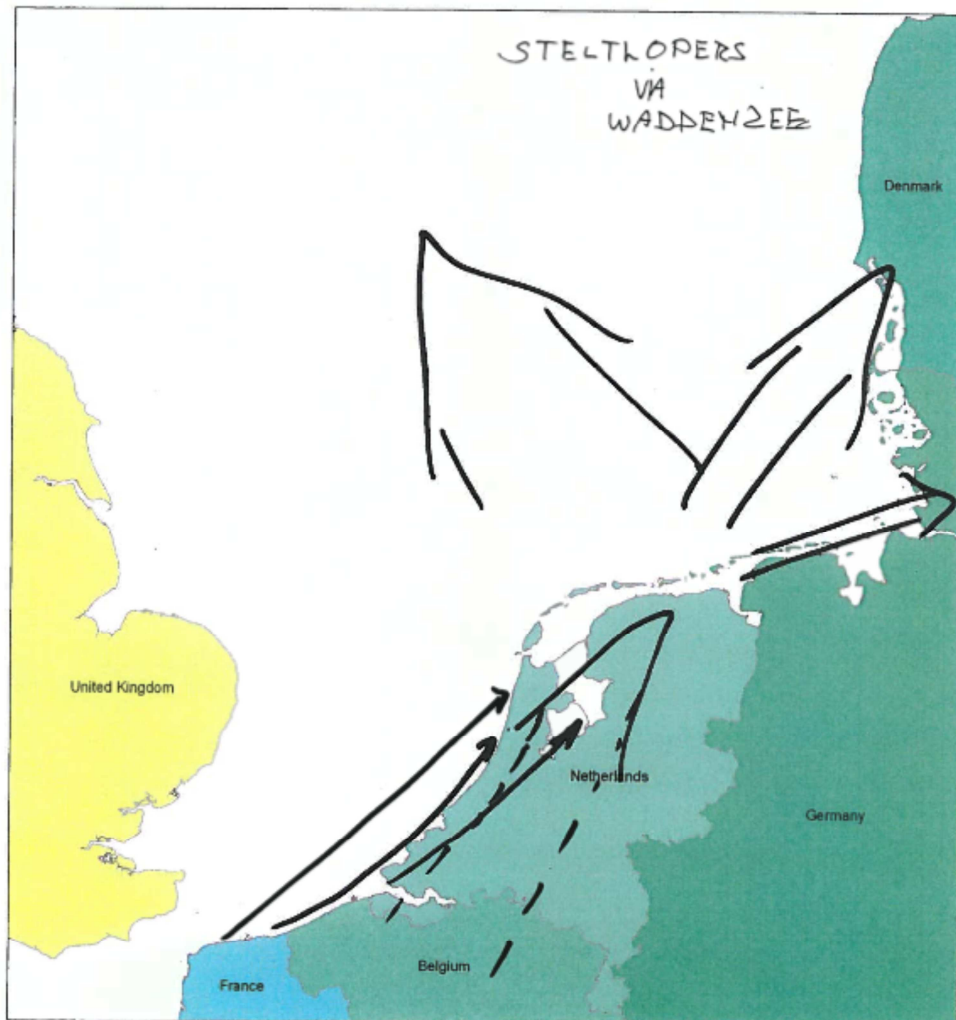
Figuur 1 Trek van zeevogels over de Noordzee in het najaar.



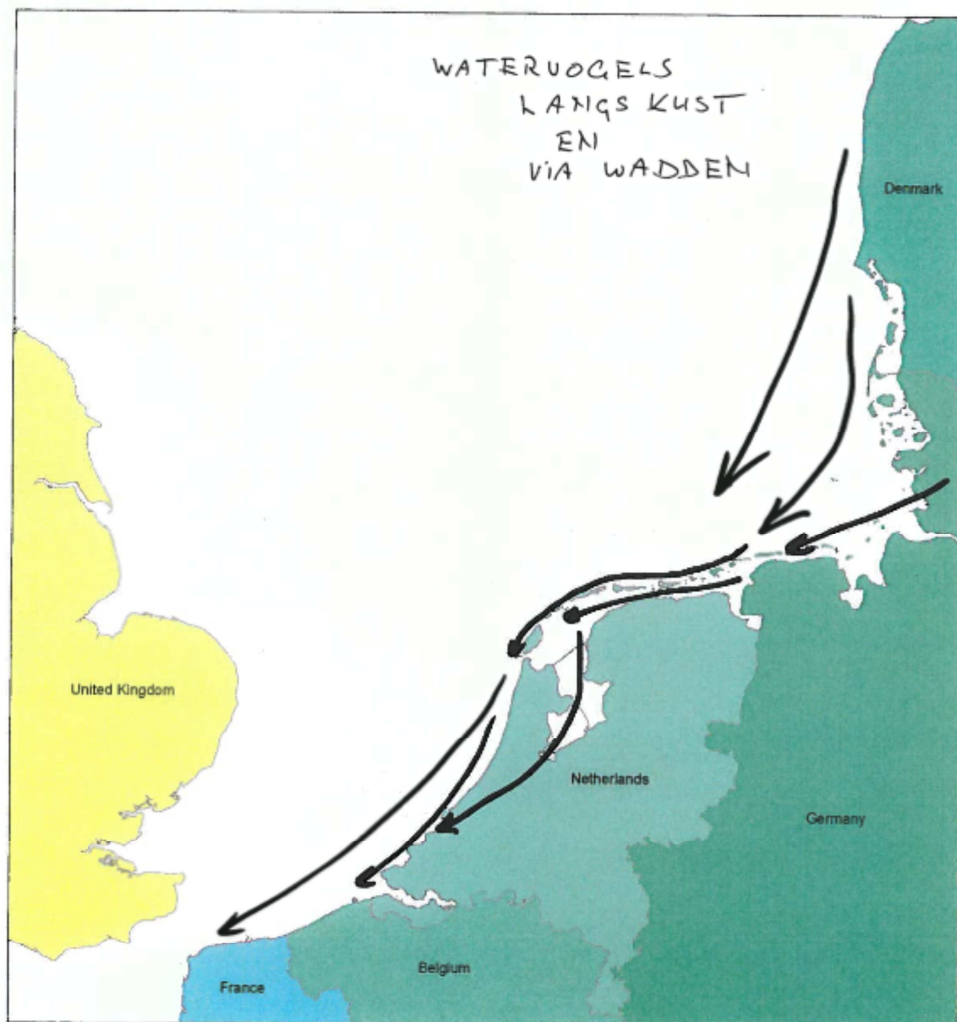
Figuur 2 *Trek van zeevogels over de Noordzee in het voorjaar.*



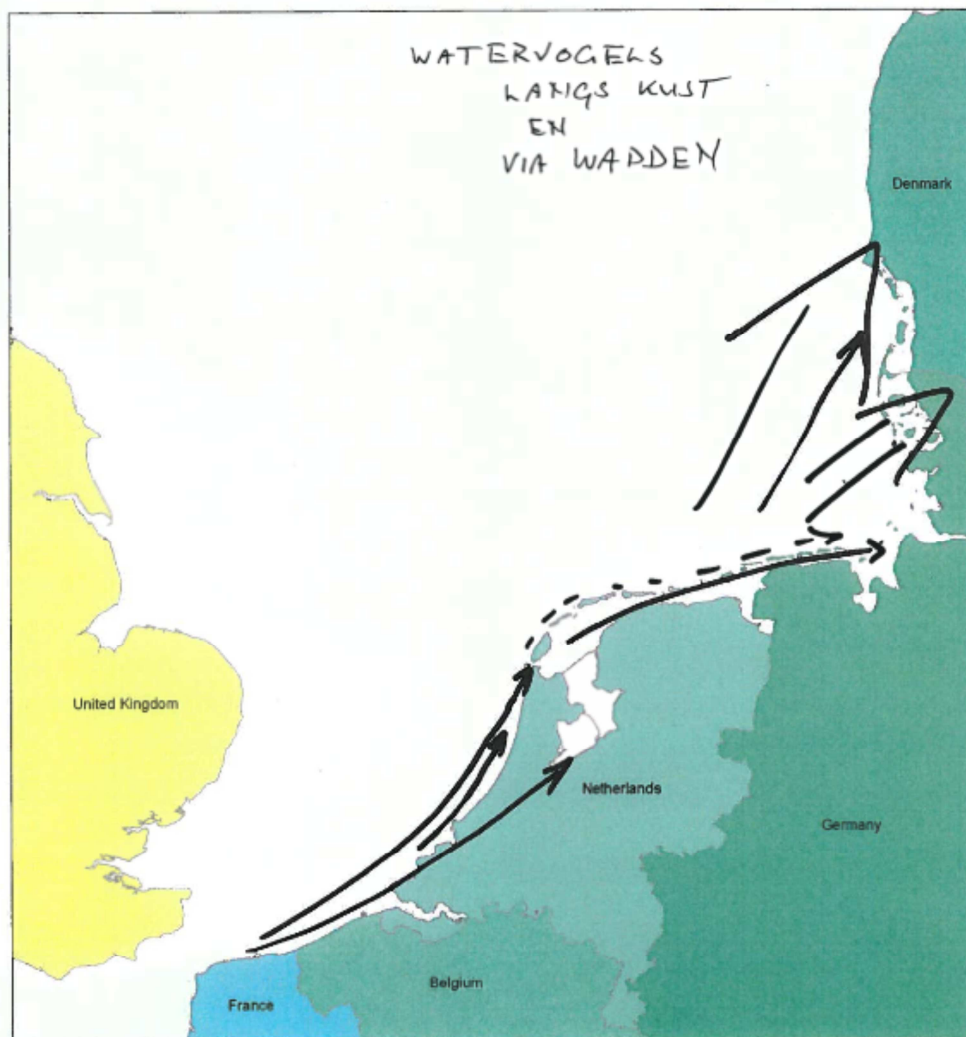
Figuur 3 *Trek van steltlopers over de Noordzee in het najaar.*



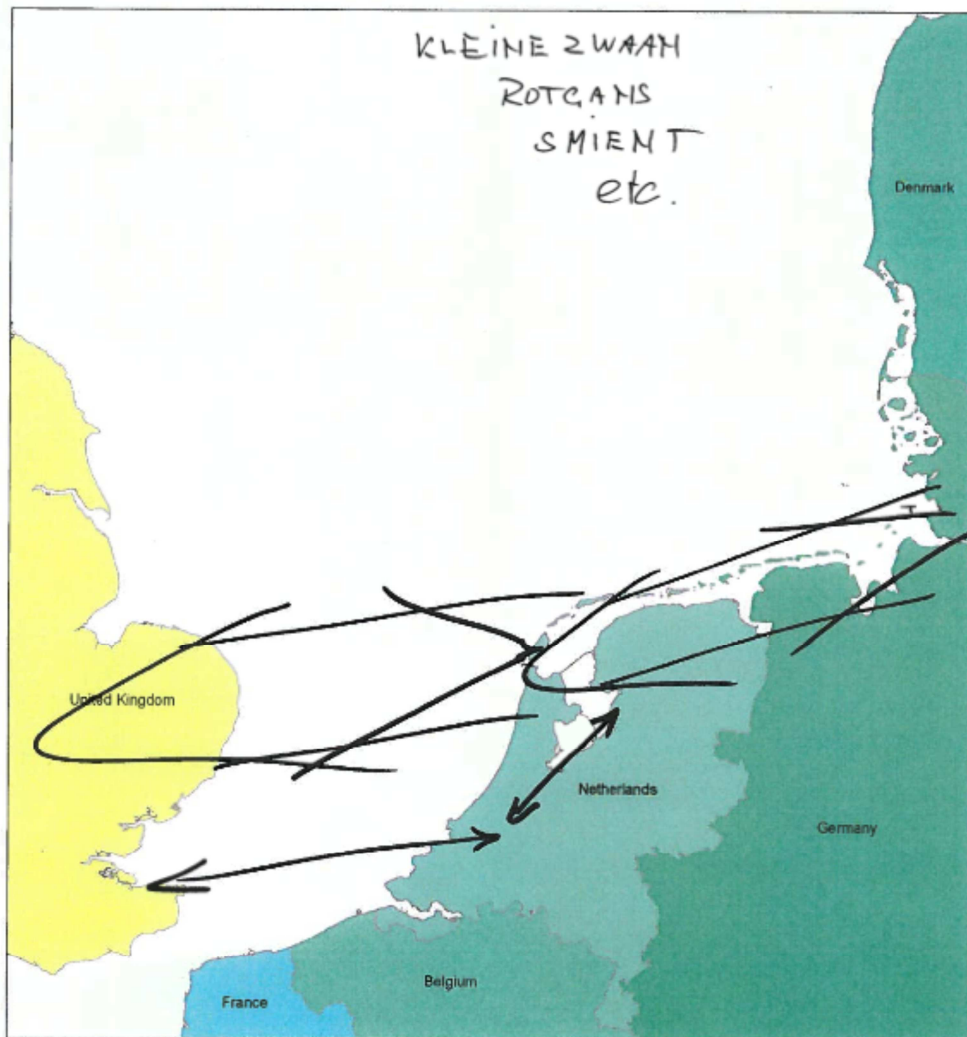
Figuur 4 *Trek van steltlopers over de Noordzee in het voorjaar.*



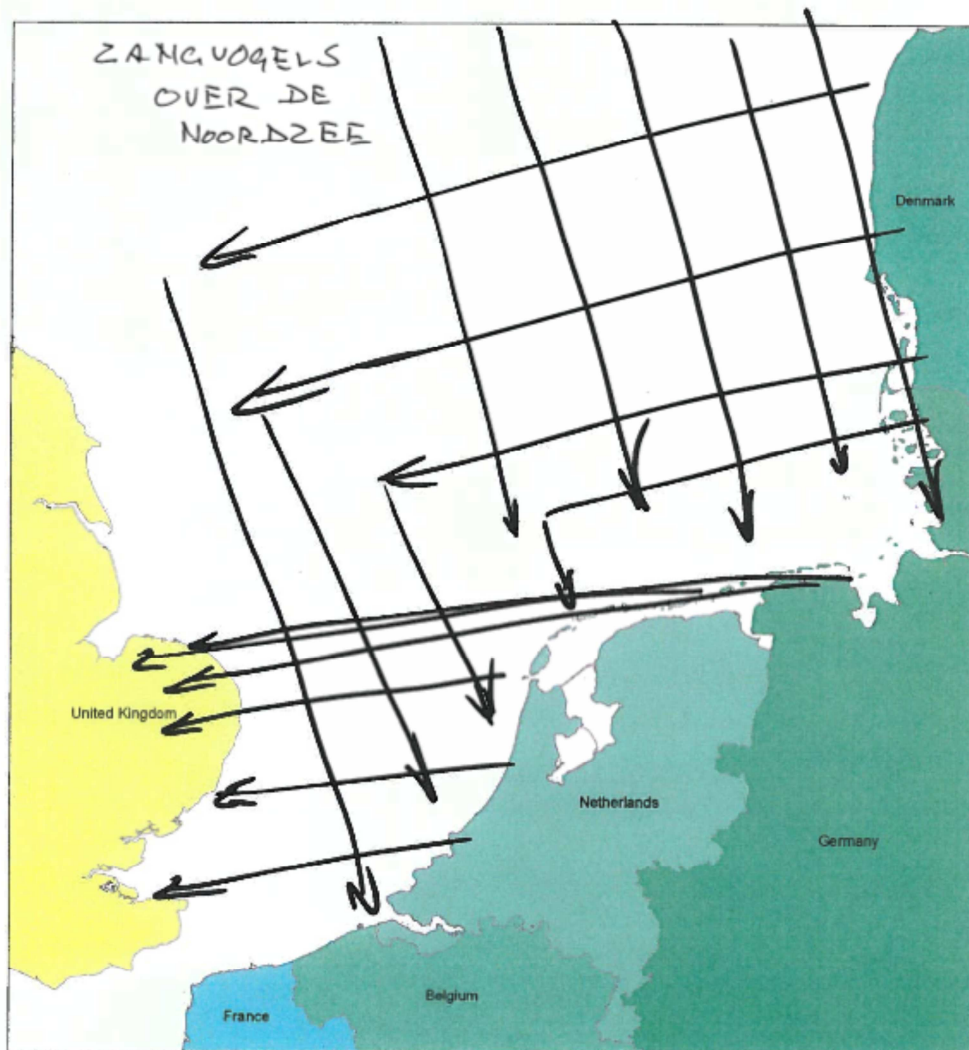
Figuur 5 *Trek van watervogels langs de kust in het najaar.*



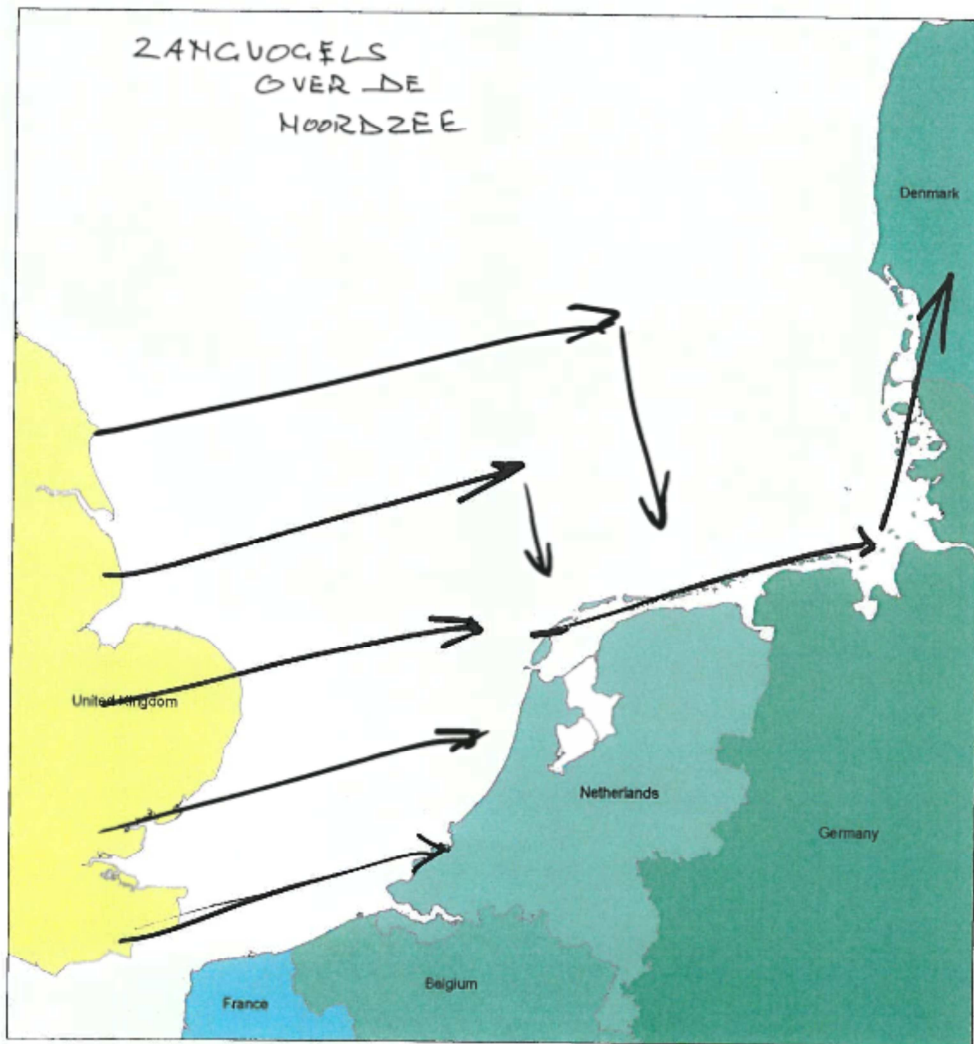
Figuur 6 *Trek van watervogels langs de kust in het najaar.*



Figuur 7 Trek van enkele soorten zwanen, ganzen en eenden over de Noordzee in het najaar en voorjaar.



Figuur 8 *Trek van zangvogels over de Noordzee in het najaar.*



Figuur 9 *Trek van zangvogels over de Noordzee in het voorjaar.*



Figuur 10 Trek van zangvogels over en va Nederland in het najaar.



Figuur 11 *Trek van zangvogels over en via Nederland in het voorjaar.*