

Windparken op de Noordzee: kansen en risico's voor de natuur

Oktober 2018 | Stichting De Noordzee

www.noordzee.nl

Stichting
De Noordzee

CBF
CENTRAAL BUREAU
FONDSENWERVING



In Noordwest-Europa is windenergie een van de belangrijkste bronnen van duurzame energie.

Auteurs

J. Vrooman, G. Schild, A.G. Rodriguez, F. van Hest.

Citatie

Vrooman, J., Schild, G., Rodriguez, A.G., van Hest, F., 2018. Windparken op de Noordzee: kansen en risico's voor de natuur. Stichting De Noordzee, Utrecht.

Beeld

Sander de Jong (Rijkswaterstaat), Carlos Minguell (OCEANA), Juan Cuetos (OCEANA), Frans Lemmens (EMS FILMS), Alba Rodriguez, Jip Vrooman en Udo van Dongen.

Stichting De Noordzee heeft zich de grootste moeite getroost om alle rechthebbenden van het gebruikte beeldmateriaal te achterhalen. Mocht een rechthebbende op gebruikt beeldmateriaal niet door de samensteller benaderd zijn, dan kan deze contact opnemen met Stichting De Noordzee.

Disclaimer

2018. © Stichting De Noordzee. De informatie in dit rapport is gebaseerd op de stand van zaken in oktober 2018. Voortschrijdend onderzoek leidt continu tot nieuwe inzichten, waardoor conclusies kunnen veranderen.



Jan-van-Gent, één van de soorten die hinder ondervinden van windparken op zee.

Inhoud

Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	6
1.2 Aanleiding en structuur van dit rapport	6
1.3 Windparken op zee.....	6
1.4 Noordzeenatuur onder druk	7
2. Risico's en oplossingsrichtingen.....	8
2.1 Risico's voor de natuur van windparken op zee	8
2.2 Schaal en cumulatie	9
2.3 Oplossingsrichtingen	10
3. Kansen en mogelijkheden om deze te benutten	20
3.1 Kansen voor de natuur van windparken op zee	20
3.2 Mogelijkheden voor het benutten van kansen.....	26
4. Belangrijke kennisleemten	27
4.1 Vragen op de korte termijn	27
4.2 Vragen op de langere termijn	27
5. Aanbevelingen Stichting De Noordzee	28
6. Tot slot.....	30
7. Bronnen.....	32



Klimaatverandering vraagt om vergaande maatregelen tegen CO₂-uitstoot en vóór meer duurzaam opgewekte energie.

Samenvatting

De Noordzee verandert: de komende jaren groeit het aantal windturbines op zee snel. Dat is een begrijpelijke ontwikkeling, want de klimaatverandering vraagt om vergaande maatregelen tegen CO₂-uitstoot en vóór meer duurzaam opgewekte energie. Voor Noordwest-Europa is de wind momenteel een van de belangrijkste bronnen van duurzame energie. En omdat op land de ruimte beperkt is, worden er steeds meer windparken op de Noordzee gebouwd. Dit is een enorme infrastructurele operatie, die zowel risico's als kansen voor de Noordzeenatuur met zich meebrengt (figuur 1).

De risico's

Wat zijn precies die risico's? Ten eerste kunnen vogels en vleermuizen in aanvaring komen met de turbines, of een deel van hun habitat verliezen. Ook ondervindt het onderwaterleven negatieve effecten tijdens de bouw van de windparken, vanwege het geluid tijdens het heien. Voor sommige risico's bestaan goede mitigatiemaatregelen, maar voor andere niet. Verder onderzoek en innovaties zijn nodig om de risico's van de grootschalige uitrol van 'wind op zee' beter in kaart te brengen, en binnen acceptabele grenzen te houden.

De kansen

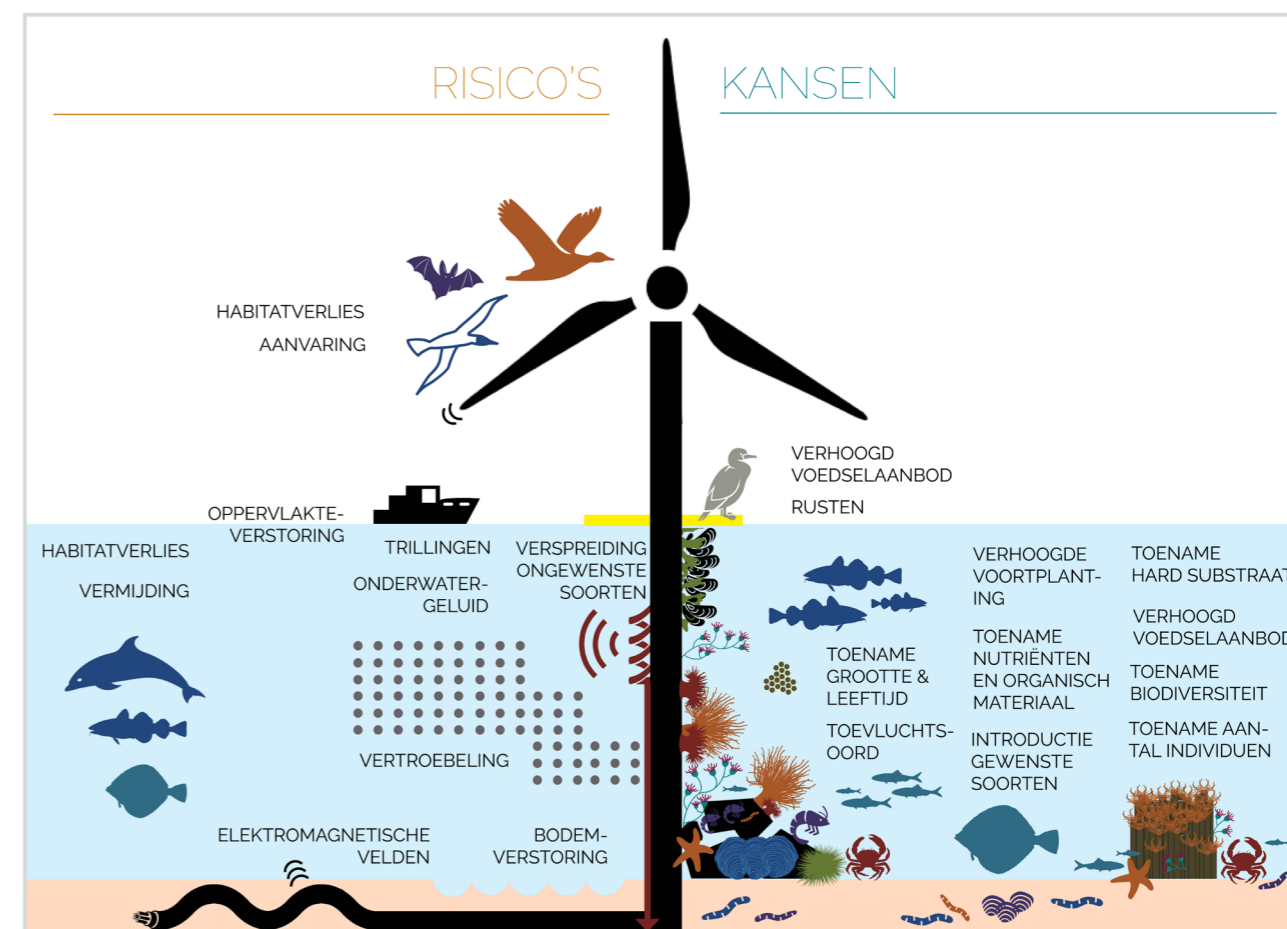
Naast risico's biedt de bouw van windparken ook kansen, bijvoorbeeld voor onderwater-natuur. Doordat 'bodemberoerende activiteiten' na de bouw bij de windparken verboden zijn, is er ruimte voor de ontwikkeling van de zeebodem en de karakteristieke Noordzee-fauna. Op het harde substraat van de turbines kunnen specifieke soorten zich vestigen. Door natuurherstel in de windparken actief te bevorderen, kunnen bijvoorbeeld oesterriffen zich herstellen; deze riffen waren vroeger op grote schaal aanwezig in de Noordzee. Ook voor het optimaal benutten van de kansen zijn onderzoek, experimenten met innovaties en zeker ook ondernemerschap nodig.

Meer kennis noodzakelijk

Er moeten nog veel kennisvragen worden beantwoord om de grootschalige ontwikkeling van windparken op zee in goede banen te leiden. Sommige hebben betrekking op de langetermijneffecten van grootschalige wind op zee, zoals effecten op windvelden en zeestromingen. Andere kennisvragen zijn veel acuter en gaan over de bescherming van soorten die nu al onder druk staan door wind op zee of andere oorzaken.

Voor een ecologisch verantwoorde uitrol van wind op zee en de herinrichting van de Noordzee die daarmee gepaard gaat, doet Stichting De Noordzee de volgende vijf aanbevelingen aan de overheid en windsector;

1. Investeer tijd en middelen in kennis;
2. Beperk de ecologische risico's van wind op zee;
3. Benut de ecologische kansen van wind op zee;
4. Ontwikkel een integraal masterplan voor de Noordzee;
5. Maak adaptief management mogelijk en pas het voorzorgsprincipe toe.



Figuur 1: Kansen en risico's voor de natuur van wind op zee. Auteur figuur: A.G. Rodriguez. Icoon credits: Noun Project - Roberto Colombo, GP, Pedro Santos, Funtastic, Vega Asensio, Jacqueline Fernandes, parkjisun, Brand Mania, anbilera adaleru, Laymik, Aleksandr Vector, Imogen Oh, Agne Alesiute, and Tatiana Belkina.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en structuur van dit rapport

De snelle ontwikkeling van windparken op de Noordzee stelt ons voor een grote uitdaging. Het wereldwijde klimaatprobleem dient aangepakt te worden, maar wel met respect voor lokale ecosystemen en bestaande belangen. De benodigde energietransitie, die voor een groot deel op de Noordzee plaatsvindt, brengt zowel risico's als kansen voor de Noordzeenatuur met zich mee. Met dit rapport beoogt Stichting De Noordzee een duidelijk overzicht te geven van de huidige kennis rondom de effecten van windparken op de ecologie van de Noordzee en mogelijke oplossingsrichtingen (hoofdstukken 2 & 3). Hiertoe is een uitgebreide literatuurstudie gedaan. De kennis is samengevat in figuren, en de belangrijkste effecten en onzekerheden worden toegelicht. In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste kennisleemten beschreven. Tot slot doet Stichting De Noordzee in hoofdstuk 5 een aantal aanbevelingen. Dit rapport pretendeert niet compleet te zijn en voortschrijdend onderzoek leidt continu tot nieuwe inzichten. Wel beoogt Stichting De Noordzee via dit rapport een gedegen bijdrage te leveren aan de lastige maar belangrijke discussie over het te voeren beleid rondom de grootschalige uitrol van windparken op de Noordzee.

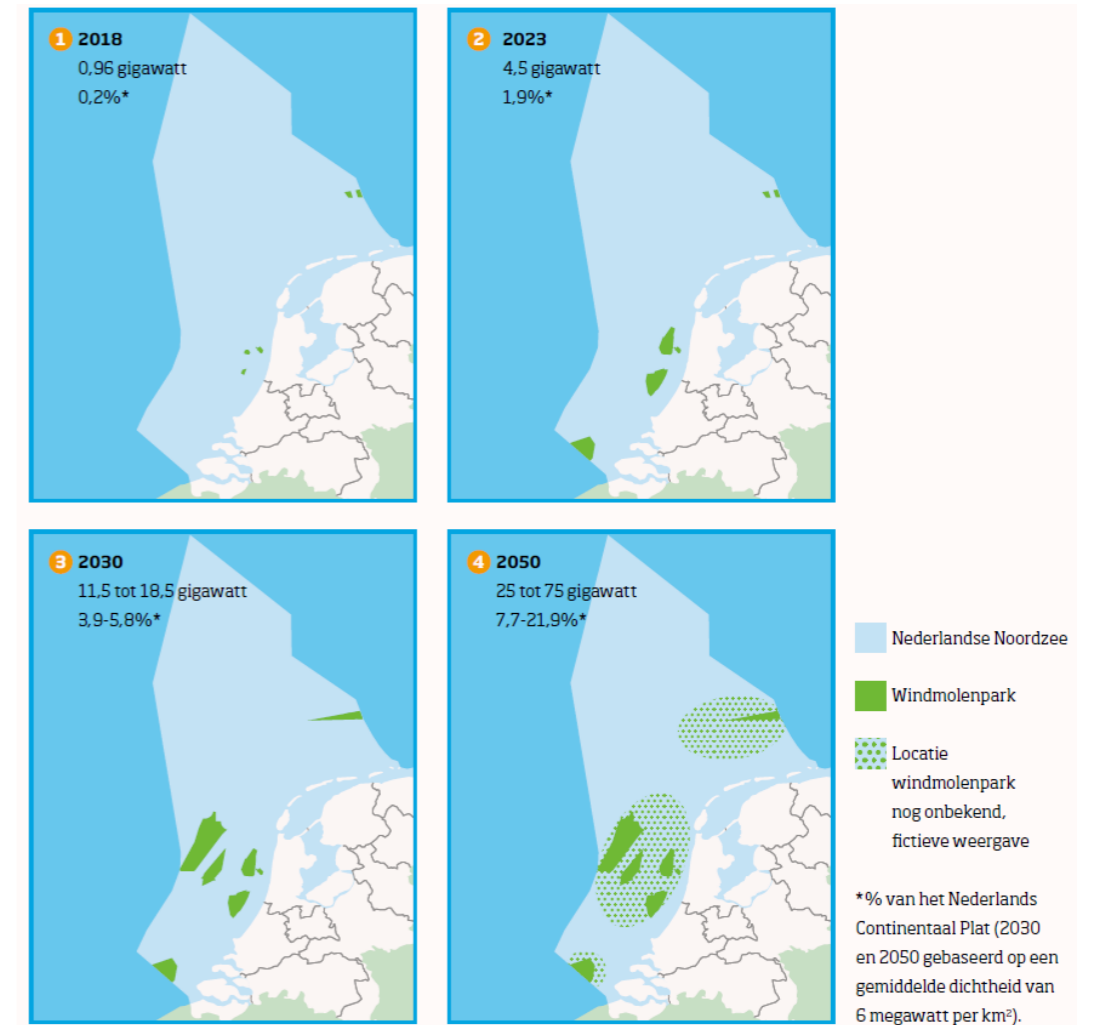
1.2 Windparken op zee

Het klimaat verandert. Dit heeft wereldwijd effect op lokale ecosystemen zoals de Noordzee.^[1] Zo blijkt dat de Noordzee twee keer zo snel opwarmt als de werelddoceanen.^[2] Om klimaatverandering tegen te gaan hebben landen afgesproken hun CO₂-uitstoot te reduceren.^[3] Hiervoor is een transitie naar duurzame vormen van energieopwekking nodig. In Noordwest-Europa is windenergie een van de belangrijkste bronnen van duurzame energie en aangezien de ruimte voor windparken op land beperkt is, wijken de Noordzeelanden steeds meer uit naar zee. Dit betekent dat op de Noordzee op steeds grotere schaal windparken worden gebouwd.^[4,5] Op de hele Noordzee stonden eind 2017 zo'n 3000 turbines, samen goed voor 11 gigawatt (GW) aan opgesteld windvermogen.^[6,7] Op de Nederlandse Noordzee stonden in datzelfde jaar 289 turbines, samen goed voor bijna 1 GW aan opgesteld vermogen. Om aan de in het Parijs-akkoordⁱ afgesproken klimaatdoelen te voldoen, zal het aantal geïnstalleerde windturbines op zee de komende jaren naar verwachting in steeds hoger tempo toenemen. Tot 2023 zal 3.5 GW aan extra opgesteld windvermogen worden bijgebouwd. De nu voorliggende plannen tot 2030 voorzien daar bovenop in nog eens 7 GW (figuur 2).^[5] Het is echter aannemelijk dat de ambitie voor de periode 2023-2030 zal worden verhoogd naar aanleiding van het klimaat- en energieakkoord waarover momenteel wordt onderhandeld. Voor 2050 rekt het Planbureau voor de Leefomgeving voor het Nederlandse deel van de Noordzee met scenario's van 25 tot 75 GW in 2050 (figuur 2). Hiervoor zijn naar verwachting in totaal zo'n 2500 tot 7500 turbines nodig.ⁱⁱ ^[8]

De bouw, het gebruik en de ontmanteling van windturbines op zee zorgen voor fysieke veranderingen in het water. Zo worden er palen en steenbestortingen in de bodem geplaatst, met draaiende wieken boven water. Er zal onderwatergeluid ontstaan, er worden elektriciteitskabels aangelegd en bodemberoerende visserij wordt waarschijnlijk uit de parken geweerd. Deze veranderingen bieden zowel risico's als kansen voor de Noordzeenatuur.

i Met het ondertekenen van het akkoord van Parijs (onderdeel van het klimaatverdrag, 2015), hebben 195 landen afgesproken te trachten de wereldwijde temperatuurstijging onder de 2 graden te houden t.o.v. pre-industriële waarden, en te streven naar een stijging van maximaal 1.5 graden.

ii Turbines van 10 megawatt (MW). Wanneer turbines groter worden, zijn er logischerwijs minder nodig om de benodigde hoeveelheid energie op te wekken. Wanneer uitgegaan wordt van een gemiddeld ruimtebeslag van 6MW aan geïnstalleerd vermogen per vierkante kilometer zullen windturbines voor deze scenario's in 2050 zo'n 4160 tot 12500 km² (25%) van de Nederlandse Noordzee beslaan.



Figuur 2: De verwachte groei van windenergie op de Nederlandse Noordzee tussen nu en 2050. Bron: Stichting De Noordzee en Natuur & Milieu.

1.3 Noordzeenatuur onder druk

De Noordzeenatuur is op dit moment, door voortdurend intensief gebruik, in een gedegradeerde staat. Zo is de bodem in grote delen verstoord en verarmd, wordt een aantal visbestanden niet duurzaam bevestigd en gaat het met bepaalde zeevogelpopulaties (zoals onder meer de grote stern, drieteenmeeuw, alk en kleine mantelmeeuw) niet goed.^[9-11] Biogene rifstructurenⁱⁱⁱ zijn voor een groot deel verdwenen, terwijl bijvoorbeeld oesterbanken in het verleden meer dan 20 procent van de Nederlandse Noordzeebodem besloegen.^[12]

Maar er is ook goed nieuws. Verschillende commerciële visbestanden bevinden zich in een gezonde staat, grootschalige afvaldumping op zee is succesvol aangepakt, en de aantallen zeehonden en bruinvissen nemen in het Nederlandse deel van de Noordzee toe.^[9] Op EU-niveau bestaan verplichtingen om de Noordzeenatuur in 2020 naar de 'Goede Milieu Toestand' (GMT) te brengen.^[13] Deze is voor verschillende componenten van het ecosysteem geformuleerd. Voorbeelden zijn: gezonde populaties van zeehonden en vogels, verbetering van de omvang, conditie en globale verspreiding van populaties van bodemsoorten, duurzaam bevestigde populaties van vissoorten en voldoende diversiteit aan verschillende habitattypen. Het uiteindelijke doel is "voor de huidige en toekomstige generaties, een gezonde milieutoestand en biodiversiteit van de Noordzee te hebben en veilig te stellen als een belangrijke bron voor de economie en de voedselvoorziening."^[14] Hier zijn we echter nog niet: ondanks verschillende positieve ontwikkelingen zal de GMT voor de meeste componenten naar verwachting niet in 2020 worden bereikt.^[9] De grootschalige uitrol van wind op zee zorgt daarbij voor extra druk op deze natuur, maar biedt ook kansen.

iii Rifstructuren opgebouwd uit levende dieren, zoals schelpdieren of kokerwormen.

2. Risico's en oplossingsrichtingen

2.1 Risico's voor de natuur van windparken op zee

Bij het inventariseren van de ecologische risico's van de ontwikkeling van windparken op zee, kan onderscheid gemaakt worden tussen de bouwfase, de operationele fase en de ontmantelingsfase. Daarnaast kan gekeken worden naar de verschillende soorten stressfactoren (zoals onderwatergeluid of aanvaringen) en naar effecten op verschillende soortgroepen (zoals zeezoogdieren of vogels).^[15, 16] Figuren 5 & 6 geven een overzicht van de bekende nadelige ecologische effecten voor de verschillende fasen op vijf soortgroepen: zeezoogdieren, vogels, vleermuizen, vissen en bodemdieren. De drukfactoren die momenteel als meest urgent worden beschouwd (onderwatergeluid, aanvaring en habitatverlies)^[17] zullen hieronder nader worden besproken.

2.1.1 Onderwatergeluid

Een van de eerste risico's bij de bouw van windparken is onderwatergeluid. Wanneer de funderingen worden geheid, zoals nu gebruikelijk is, kunnen bij de bron geluidsschokken van wel 260 dB ontstaan.^[18] Dit heeft negatieve effecten op zeezoogdieren, vissen en vislarven die zich in de nabijheid van de geluidsbron bevinden.^[15, 16, 19-27] Afhankelijk van de afstand tot de bron kan onderwatergeluid leiden tot verstoring van gedrag, tot gehoorschade of andere fysieke schade, en zelfs tot de dood. Zeezoogdieren gebruiken geluid voor communicatie, navigatie en het vinden van hun prooi, en kunnen heigeluid tot wel 100 km afstand horen.^[28] Onderzoek laat zien dat het effect van het onderwatergeluid door de bouw van de tot 2023 geplande windparken op de Noordzee op de populatie bruinvissen waarschijnlijk groter is dan volgens richtlijnen aanvaardbaar, en dat er mitigerende maatregelen genomen moeten worden om de effecten binnen geaccepteerde grenzen te houden (zie hoofdstuk 2.3).^[16, 29]

Ook tijdens de operationele fase ontstaat (continu) geluid, wat kan leiden tot onder andere ontwikkeling, gedragsverandering en verstoorde communicatie bij zeezoogdieren.^[16, 20, 25, 30, 31] Mogelijk zijn er ook dergelijke effecten op vissen en duikende zeevogels, al is hier nog weinig over bekend.^[16, 25, 26, 32] Maar ook vissen (en zelfs sommige bodemdieren) gebruiken geluid voor bijvoorbeeld voortplanting.^[26]

2.1.2 Aanvaring en habitatverlies

Tijdens de operationele fase vormt de kans op aanvaringen en op verstoring en/of verlies van habitat voor (migrerende) vogels en vleermuizen een groot risico.^[16, 19, 25, 33] Zeevogels die aangetrokken (of niet beïnvloed) worden door de aanwezigheid van windturbines, lopen kans tegen de draaiende rotorbladen aan te vliegen; zij sterven direct. Sommige zeevogels ontwijken de windparken en kunnen zo geschikte voedsel- en rustgronden verliezen. Ook verschillende soorten migrerende vogels en vleermuizen lopen kans tijdens hun trek tegen de rotorbladen aan te vliegen, of ze ontwijken ze en verliezen daarmee kostbare energie (figuur 3). Deze effecten kunnen leiden tot problemen op populatieniveau bij de toekomstige grootschalige uitrol van wind op zee. Om de negatieve effecten van windparken op zee op vogels en vleermuizen te beperken, en om te voorkomen dat populaties te sterk onder druk komen te staan, zijn mitigerende maatregelen nodig (zie hoofdstuk 2.3). Hiernaast staan de vogels en vleermuizen die, op basis van huidige modellen, de meeste risico's ondervinden van windparken op zee (tot 2023 en inclusief parken in het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Denemarken en België). Zonder maatregelen is het effect op deze soorten mogelijk zo groot dat populaties^{iv} worden bedreigd (zie kader Drempelwaarden).^[33, 34]

^{iv} Met 'populatie' doelen we op een groep dieren van dezelfde soort die in een bepaalde regio leven. In dit rapport doelen we meestal op de Zuidelijke Noordzee als regio (grotendeels van België tot halverwege Denemarken), dus de populatie zilvermeeuwen bevat dan alle zilvermeeuwen die op dat deel van de Noordzee (en de aangrenzende kust) leven. Bedreiging van deze populatie is dus niet per definitie hetzelfde als bedreiging van de soort.

Drempelwaarden

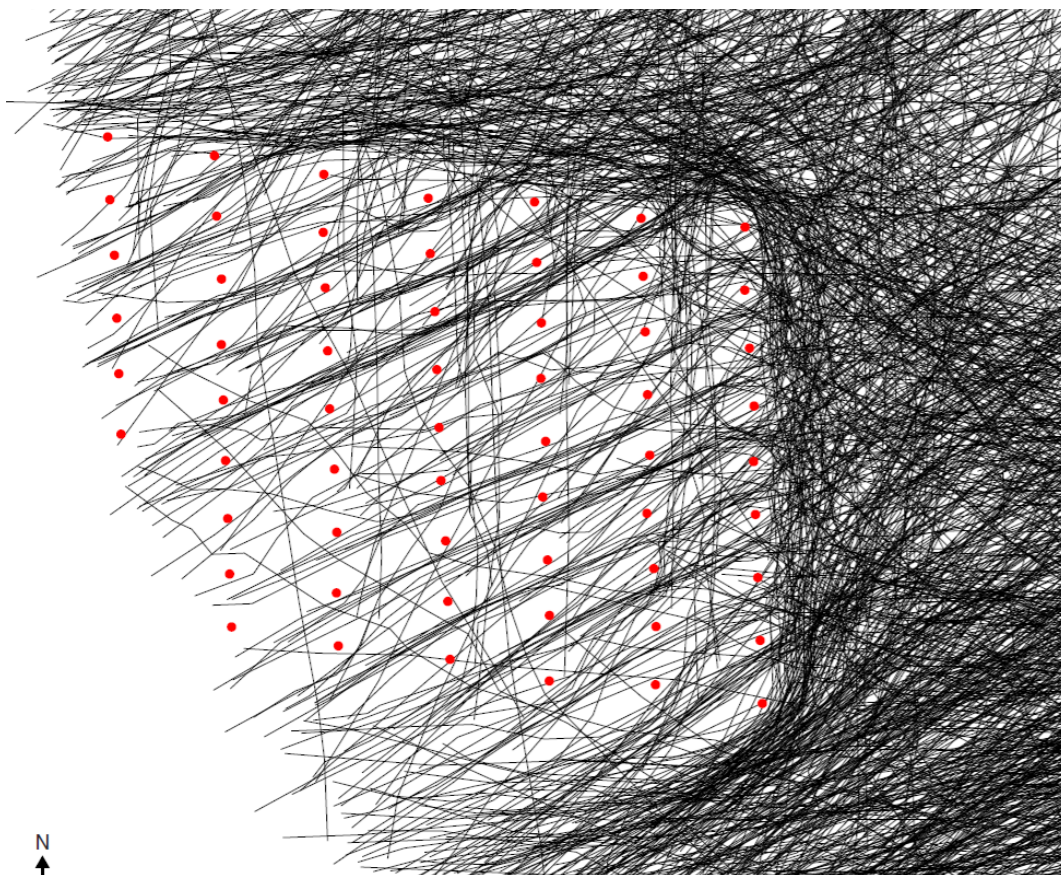
Om te bepalen of de populatie van een bepaalde soort te veel onder druk komt te staan, wordt door wetenschappers en beleidsmakers o.a. gebruikgemaakt van drempelwaarden. Het begrip 'Potential Biological Removal' (PBR) is hier een voorbeeld van. Dit is de maximaal toegestane sterfte door menselijk toedoen, boven op de natuurlijke sterfte, waarbij de populatie zijn optimale grootte kan behouden. Soorten waarvan de gemodelleerde sterfte boven 10 procent van de PBR uitkomt worden 'kwetsbaar' genoemd.^[33] Vooralsnog lijken volgens deze methode bijvoorbeeld de kleine en grote mantelmeeuw en de zilvermeeuw kwetsbaar voor de tot 2023 geplande windparken op zee (inclusief parken in het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Denemarken en België).^[17, 33] Een andere methode is het ORNIS-criterium: daarbij wordt additionele sterfte van meer dan één procent van de jaarlijkse natuurlijke sterfte als potentieel significant beschouwd, waarbij nadere analyse nodig is.^[16] Voor de bruinvis wordt weer een andere methodiek gebruikt. Voor Nederland is gesteld dat de populatiegrootte met maximaal 5 procent mag afnemen. Dit zou op dit moment de dood van maximaal 2250 bruinvissen betekenen. Uit huidige berekeningen blijkt dat, zonder mitigerende maatregelen, dit zeer waarschijnlijk wordt overschreden. Op basis van deze uitkomsten zijn dan ook mitigerende maatregelen voorgeschreven, zie hoofdstuk 2.3. Het is van belang op te merken dat dergelijke methodes de best beschikbare zijn, maar ze zijn niet altijd onomstreden en op veel aannames gebaseerd. Voortschrijdend inzicht zorgt er dan ook voor dat er in de toekomst mogelijk weer andere maten worden gebruikt. Ook wordt er geen rekening gehouden met positieve effecten die kunnen optreden zoals het vergroten van de beschikbaarheid van prooidieren.

Zeevogels	Trekvogels	Vleermuizen
Jan-van-Gent	Kleine zwaan	Rosse vleermuis
Grote jager	Zwarte stern	Ruige dwergvleermuis
Alk	Wulp	Tweekleurige vleermuis
Zeekoet	Kanoet	
Zilvermeeuw	Drieteenstrandloper	
Kleine mantelmeeuw	Spreeuw	
Grote mantelmeeuw	Rotgans	
Drieteenmeeuw	Bergeend	
Roodkeelduiker		

Meest kwetsbare soorten vogels en vleermuizen tot 2023, op basis van huidige modellen en analyses.
^[11, 25, 33]

2.2 Schaal en cumulatie

Eén van de grootste zorgen betreft de enorme schaal waarop windparken op zee worden ontwikkeld. Dit maakt het lastig de gevolgen te voorspellen. Waar kleine windparken ontweken kunnen worden, vormen grote windparken wellicht een barrière voor bepaalde (migrerende) vogels en andere dieren.^[25, 35, 36] De installatie van zoveel windturbines brengt daarnaast decennialang heigeluid met zich mee.^[37] Een ander mogelijk gevolg is dat soorten die hier van nature nog niet of minder kunnen voorkomen zich in groten getale vestigen op de palen, en zo de lokale soortensamenstelling veranderen.^[20, 38] Daarnaast is nog niet duidelijk hoe fysische kenmerken zoals bijvoorbeeld zeestromingen, het mixen van waterlagen, sedimentverplaatsing en windpatronen veranderen bij grootschalige uitrol, met alle eveneens onbekende gevolgen van dien.^[32, 39-41] Zo toonden satellietbeelden bijvoorbeeld aan dat zich grote sedimentpluimen kunnen vormen achter windmolens (figuur 4), wat gevolgen kan hebben voor het (eco)systeem.^[42, 43] Het is niet duidelijk of dit ongewenst is, maar bij opschaling kunnen er kantelpunten worden bereikt waarna het systeem onomkeerbaar verandert.



Figuur 3: Westelijke vliegpatronen van migrerende watervogels rondom een net geïnstalleerd windpark (rode punten geven turbines weer) voor de kust van Denemarken.^[44] Het is duidelijk dat veel vogels het windpark ontwijken.

Cumulatieve effecten

De ontwikkeling van windparken is niet de enige activiteit die druk uitoefent op de Noordzeenatuur. Ook visserij, scheepvaart, kustverdediging, de opsporing en winning van zand, olie en gas, het opruimen van explosieven, militaire oefeningen en andere activiteiten hebben effect op het leven in en boven de Noordzee. Een opstapeling van effecten – ‘cumulatie’ – kan gevolgen hebben die vaak lastig te voorspellen zijn.^[25, 45-50] Het is daarom van groot belang om de methoden om deze te voorspellen verder te ontwikkelen^[25], en daarnaast via een goed uitgevoerd integraal monitoringsprogramma voortdurend vinger aan de pols te houden.

2.3 Oplossingsrichtingen

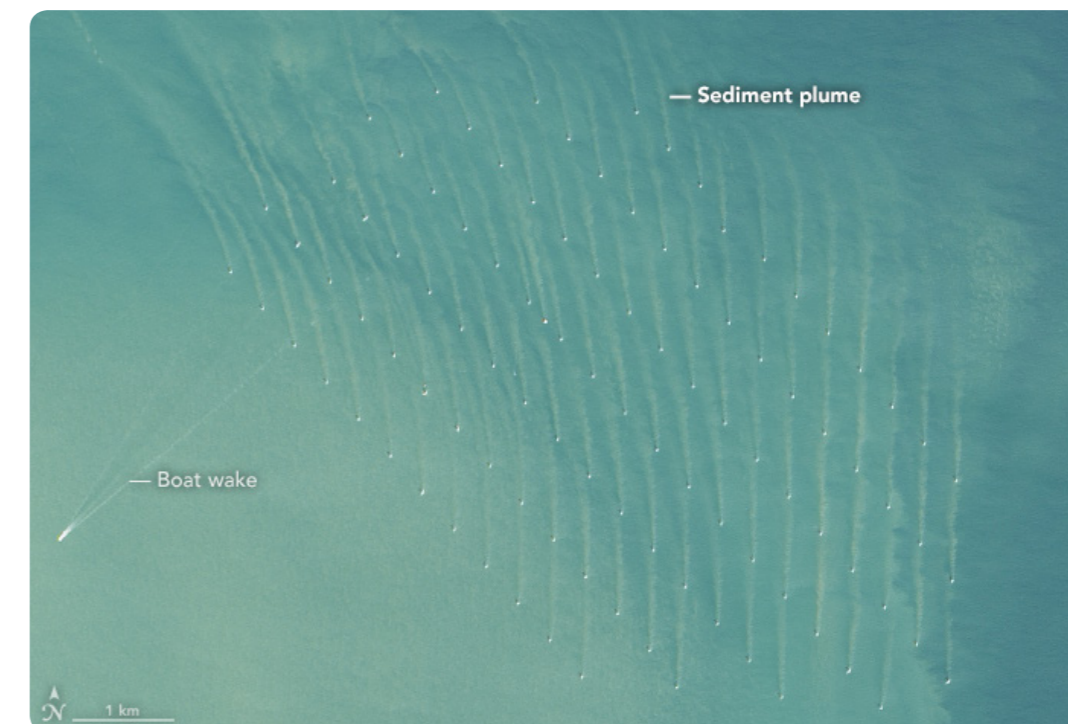
Er kunnen verschillende mitigerende maatregelen worden genomen om de negatieve impact van windturbines op beschermde (vogel)soorten of kwetsbare gebieden te verminderen. Sommige van deze mitigerende maatregelen worden al wettelijk voorgeschreven voor de eerstvolgende windparken die zullen worden gebouwd.^[16] Wanneer mitigerende maatregelen niet afdoende zijn om de gunstige staat van instandhouding van beschermde (vogel)soorten te behouden of om significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van beschermde gebieden uit te sluiten, dienen maatregelen te worden genomen om de negatieve effecten te compenseren.^[16, 51] De mogelijkheden om effecten te mitigeren of compenseren zijn weergegeven in figuur 8. Hieronder wordt een aantal belangrijke mogelijkheden toegelicht.

2.3.1 Mitigatie

Mitigatie kan grofweg op drie manieren plaatsvinden: impact voorkomen, intensiteit en/of schaal van de impact verminderen, en duur van de impact verkorten. Voor onderwatergeluid, een van de grotere drukfactoren, worden ten eerste geluidsnormen opgesteld. Om aan deze normen te voldoen moeten vervolgens (technische) maatregelen worden genomen die bijvoorbeeld het geluid isoleren of verminderen.^[16, 19, 20, 25, 52-54] Zo kan gebruik worden gemaakt van bellengordijnen rondom de palen, die het heigeluid in de aanlegfase gedeeltelijk absorberen en zo reduceren.^[54] Ook zijn de bouwers van nieuwe windparken verplicht een ‘soft start’ toe te passen, waarbij het heivermogen langzaam wordt opgevoerd, en om akoestische afschrikmiddelen (‘pingers’) te gebruiken. De combinatie van deze maatregelen moet dieren van tevoren ‘waarschuwen’ en ze de kans geven het gebied te verlaten.^[20] Er zijn ook alternatieven voor het heien van funderingen, zoals bijvoorbeeld palen die zich vastzuigen aan de bodem^[55], die vooralsnog nauwelijks gebruikt worden op de zuidelijke Noordzee. Maatregelen om botsingen van vogels met windturbines te voorkomen zijn bijvoorbeeld het uitkiezen van locaties waar lagere dichtheden (trek)vogels voorkomen (figuur 7), het gebruik van grotere turbines die verder uit elkaar staan, en het tijdelijk stilzetten van de molens tijdens massale vogeltrek.^[25, 33, 56]

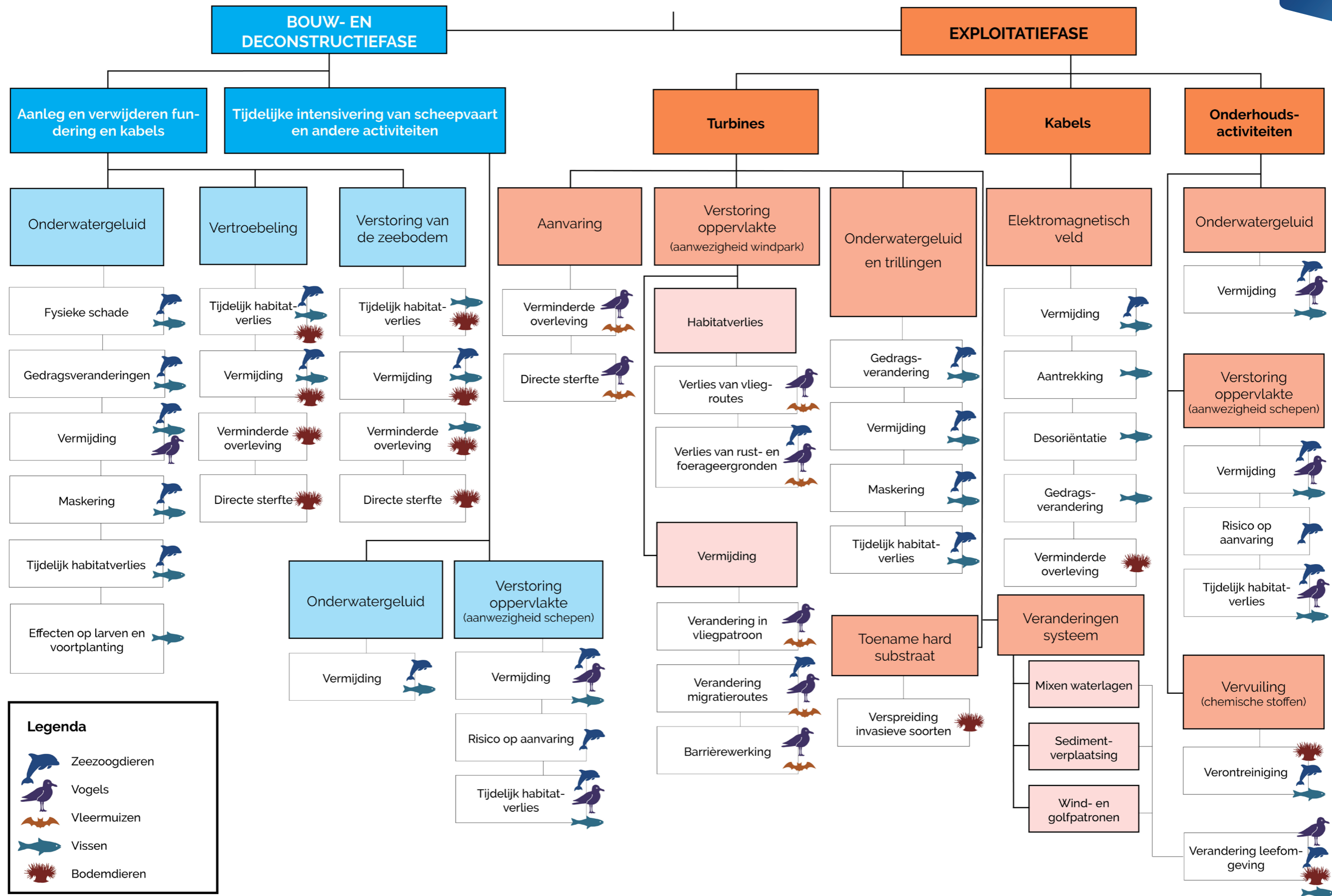
2.3.2 Compensatie

Compenserende maatregelen zijn maatregelen die buiten of onafhankelijk van een project worden genomen en die de negatieve effecten van een project of activiteit compenseren.^[16] Voorbeelden zijn het creëren van vergelijkbaar habitat op een alternatieve locatie, of het elders versterken van de (aangetaste) ecologische functies van het systeem of de getroffen populatie.^[16, 25, 56] Voor kwetsbare vogelsoorten kan het denkbaar zijn om betere of meer broedlocaties aan te bieden en maatregelen te nemen om het voedselaanbod te vergroten, om zo de populatie te versterken.^[33] In gevallen waar compensatiemaatregelen noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld omdat negatieve effecten niet te voorkomen zijn, zullen deze voorafgaand aan de realisatie van het project moeten worden geïmplementeerd.



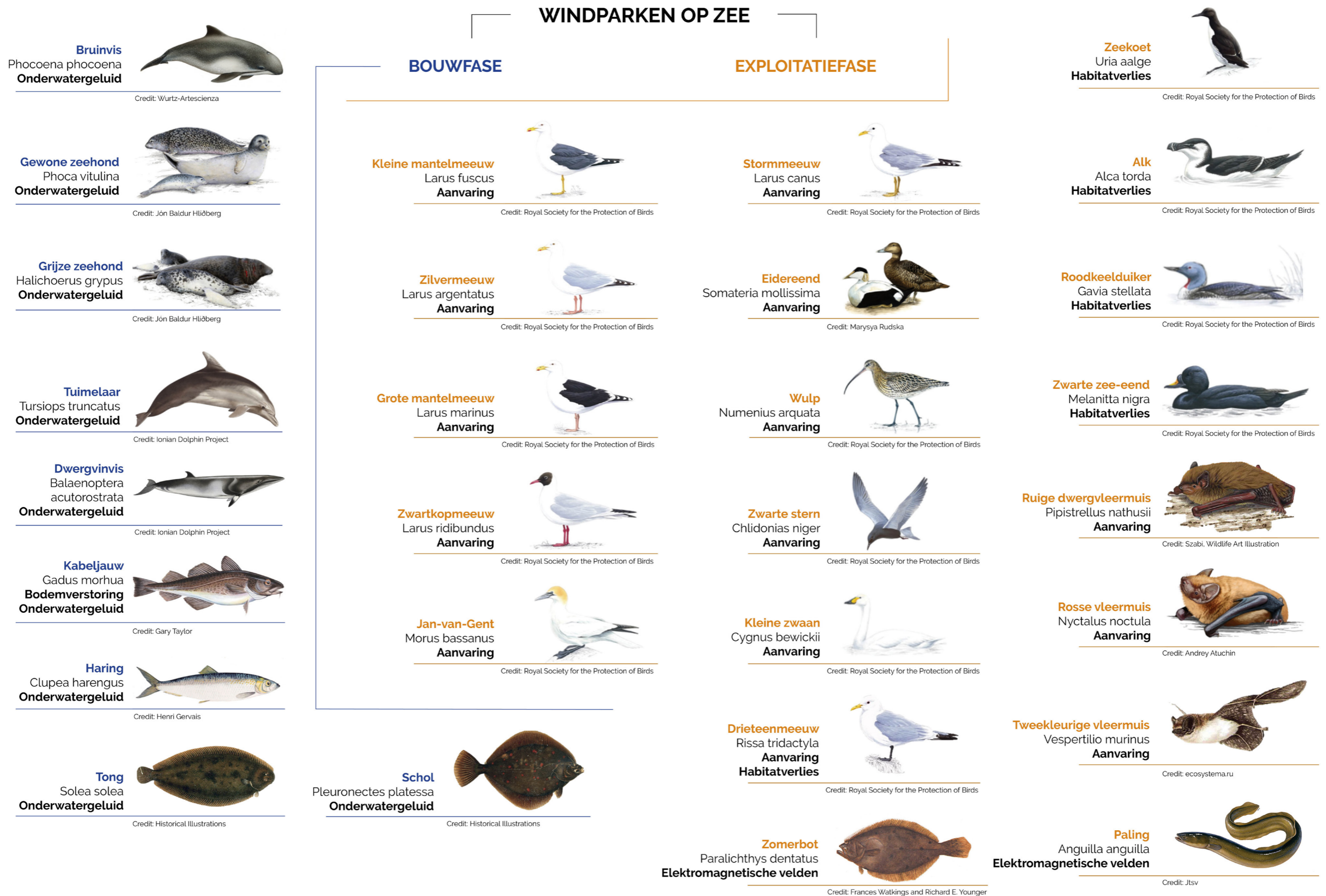
Figuur 4: Sedimentpluimen achter windturbines in het Thanet windpark, voor de kust van het Verenigd Koninkrijk. Bron: NASA's Earth Observatory.^[43]

RISICO'S VOOR DE NATUUR



Figuur 5: Risico's voor de natuur van windparken op zee. [15, 16, 19-25, 29, 30, 33-36, 44, 52, 57-88]

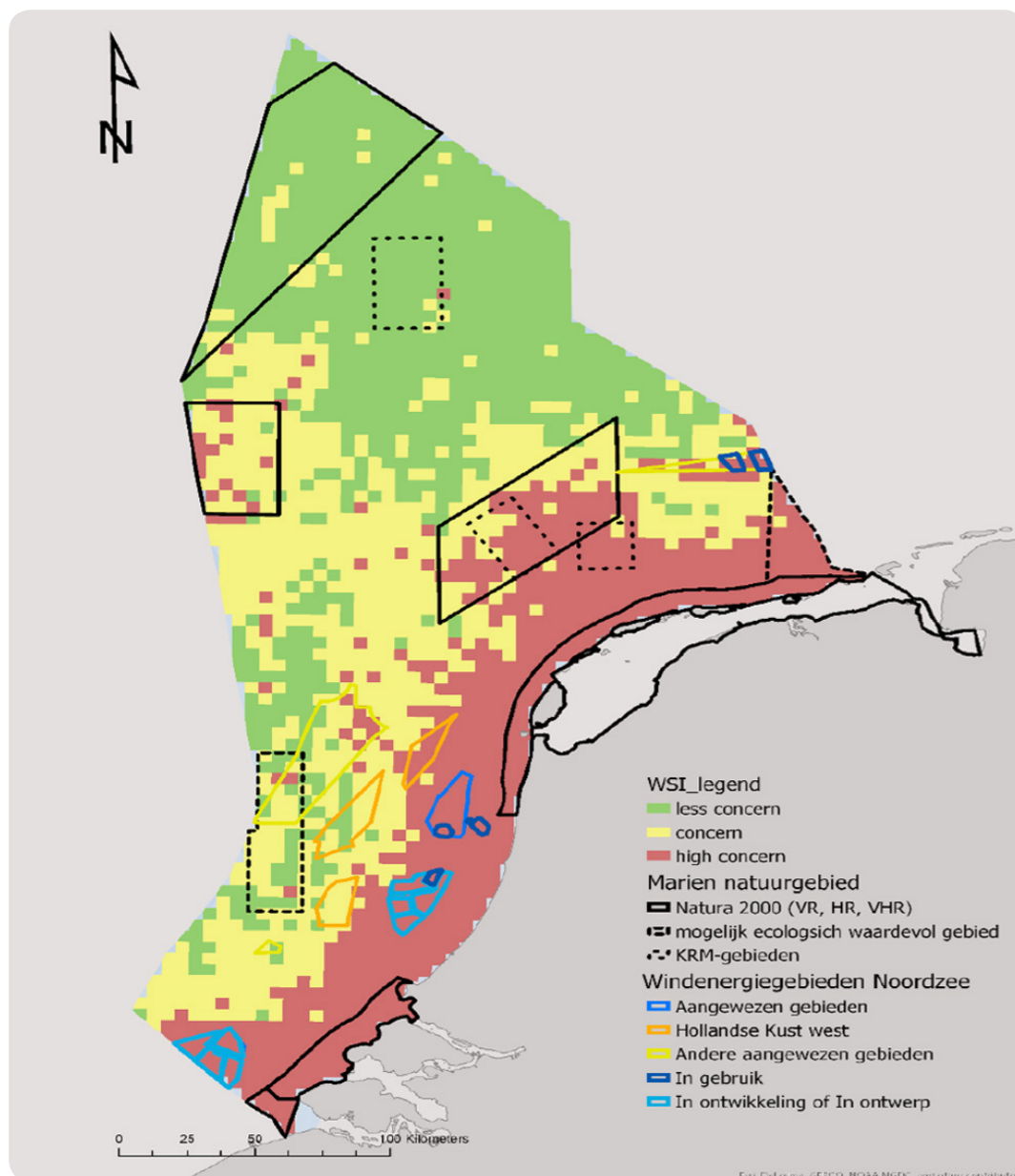
Auteur figuur: A.G. Rodriguez. Icoon credits: Noun Project – Christy Presler, Bonnie Beach, Visual Glow, and Vega Asensio.



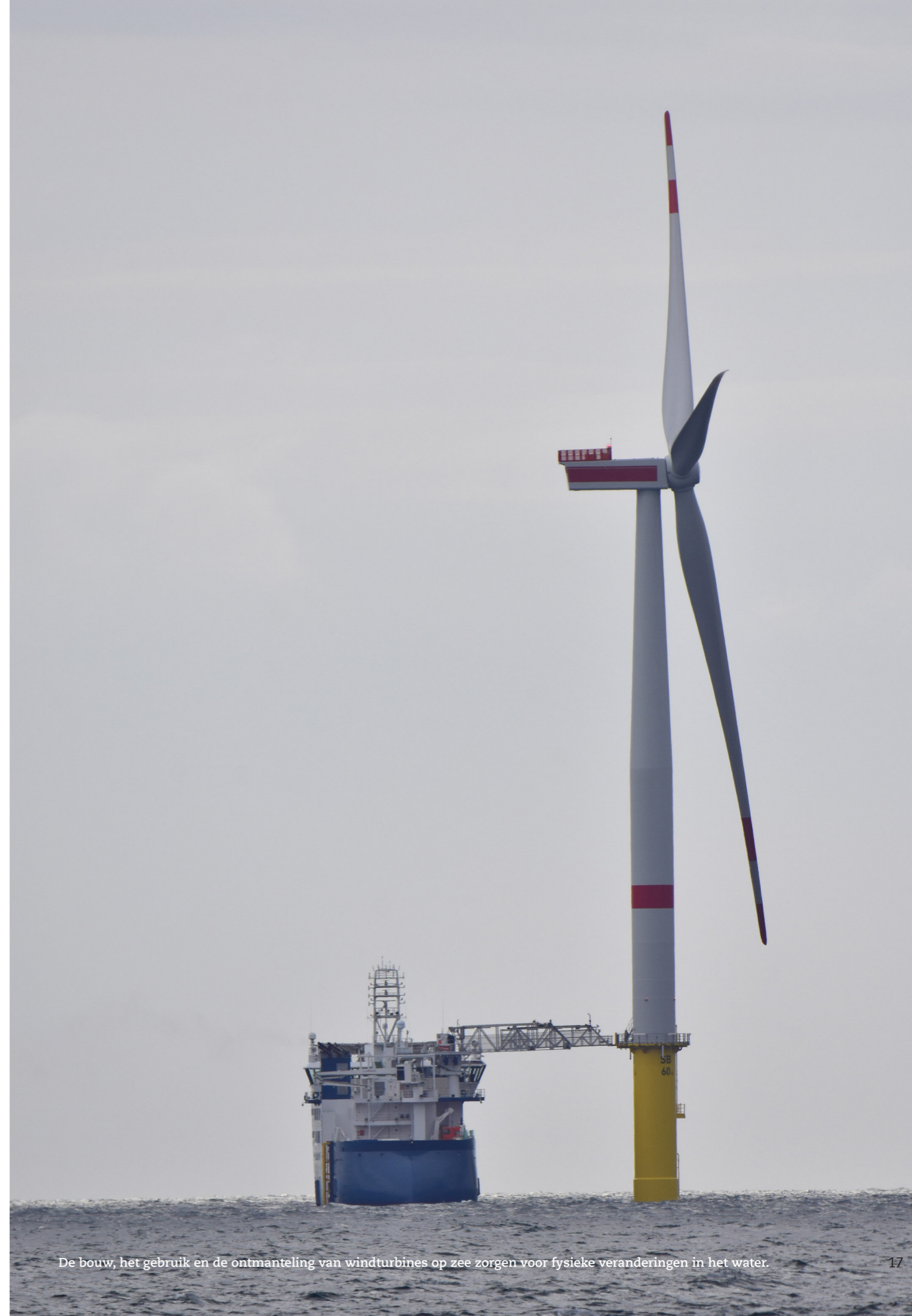
Figuur 6: Selectie van soorten die mogelijk risico's ondervinden van windparken op zee. Auteur figuur: A.G. Rodriguez.

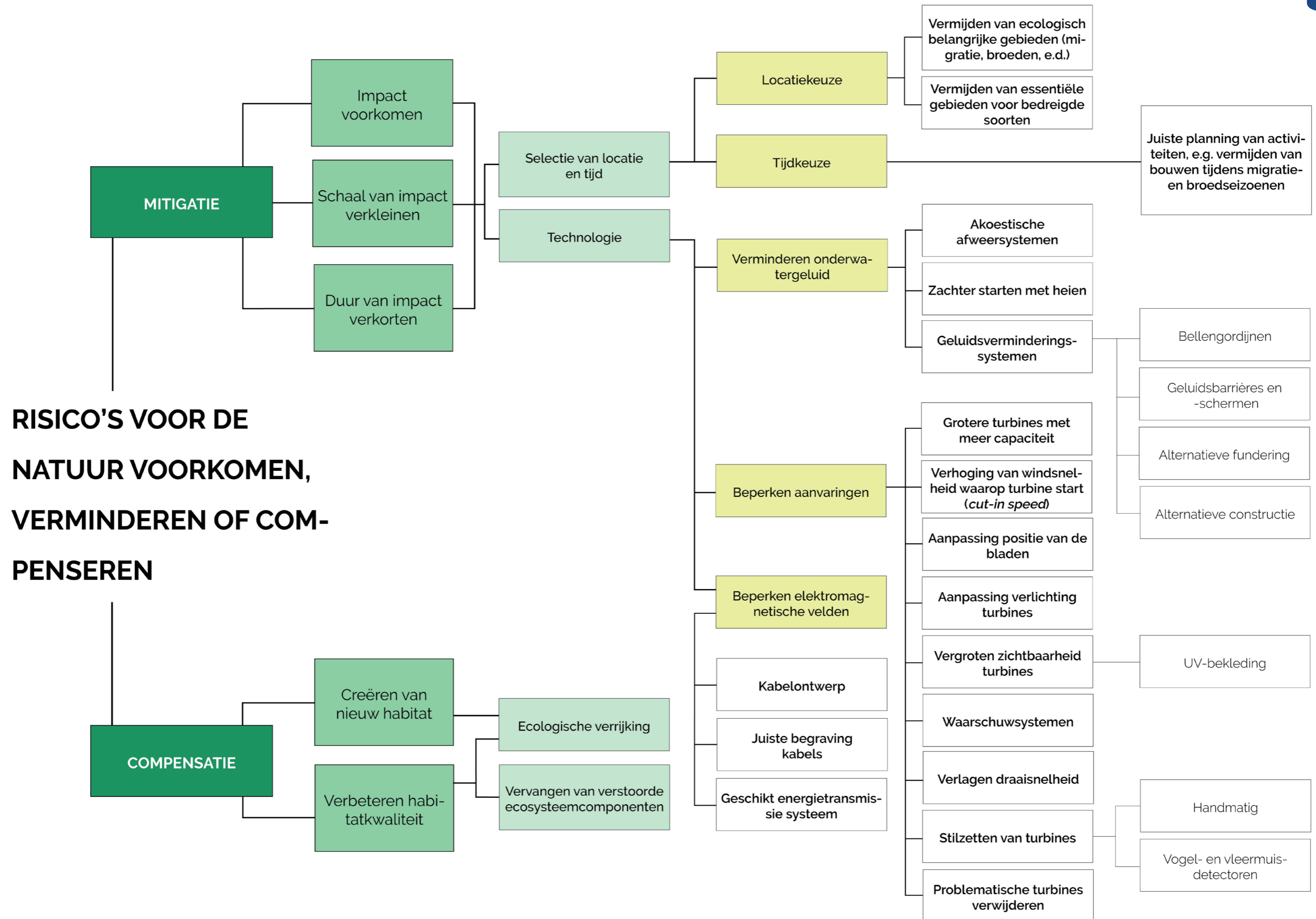
Energie-eiland

Om de op zee opgewekte energie naar land te transporteren is grootschalige infrastructuur nodig. Voor de windparken die de komende jaren gebouwd worden, geldt dat de opgewekte energie eerst naar platforms wordt getransporteerd. Daarvandaan gaat de energie via kabels naar land. Naarmate er meer windparken verder op zee worden gebouwd, kan het uit technisch en economisch oogpunt interessant worden om meer infrastructuur op zee te concentreren, bijvoorbeeld op een opgespoten of drijvend eiland.^[89] Hierover wordt op dit moment al door diverse partijen nagedacht.^[90] Net als de bouw en exploitatie van windparken, heeft ook de aanleg van deze elektriciteitsinfrastructuur effect op mariene ecologie. Het is vooralsnog onduidelijk of, wanneer en op welke manier dergelijke ideeën vorm zullen krijgen. Hier zal in deze brochure dan ook geen verdere aandacht aan worden besteed.



Figuur 7: Locatiekeuze kan een effectieve manier zijn om effecten op vogels te verminderen. Het bouwen van windparken in gebieden waar hoge aantallen kwetsbare zeevogels voorkomen zal zowel tot ernstiger verlies aan leefgebied als tot meer slachtoffers leiden dan het bouwen in gebieden met lagere aantallen zeevogels.^[91] De afbeelding hierboven toont de Windfarm Sensitivity Index, gebaseerd op het risico op aanvaring, habitatverlies en de dichtheid van 38 voor de Noordzee relevante zeevogelsoorten. Te zien is dat op basis van deze gegevens de kustzone gevoeliger is dan bijvoorbeeld de noordelijk gelegen gebieden.^[25, 33] Dit wil overigens niet zeggen dat in de groengekleurde regio's zonder problemen windparken kunnen worden gebouwd: het bouwen van windturbines in deze gebieden kan voor specifieke zeevogelsoorten nog steeds voor grote problemen zorgen.





Figuur 8: Mitigatie en compensatie. [16, 18-20, 25, 33, 51-54, 56, 58, 59, 71, 79, 92-97] Auteur figuur: A.G. Rodriguez.

3. Kansen en mogelijkheden om deze te benutten

3.1 Kansen voor de natuur van windparken op zee

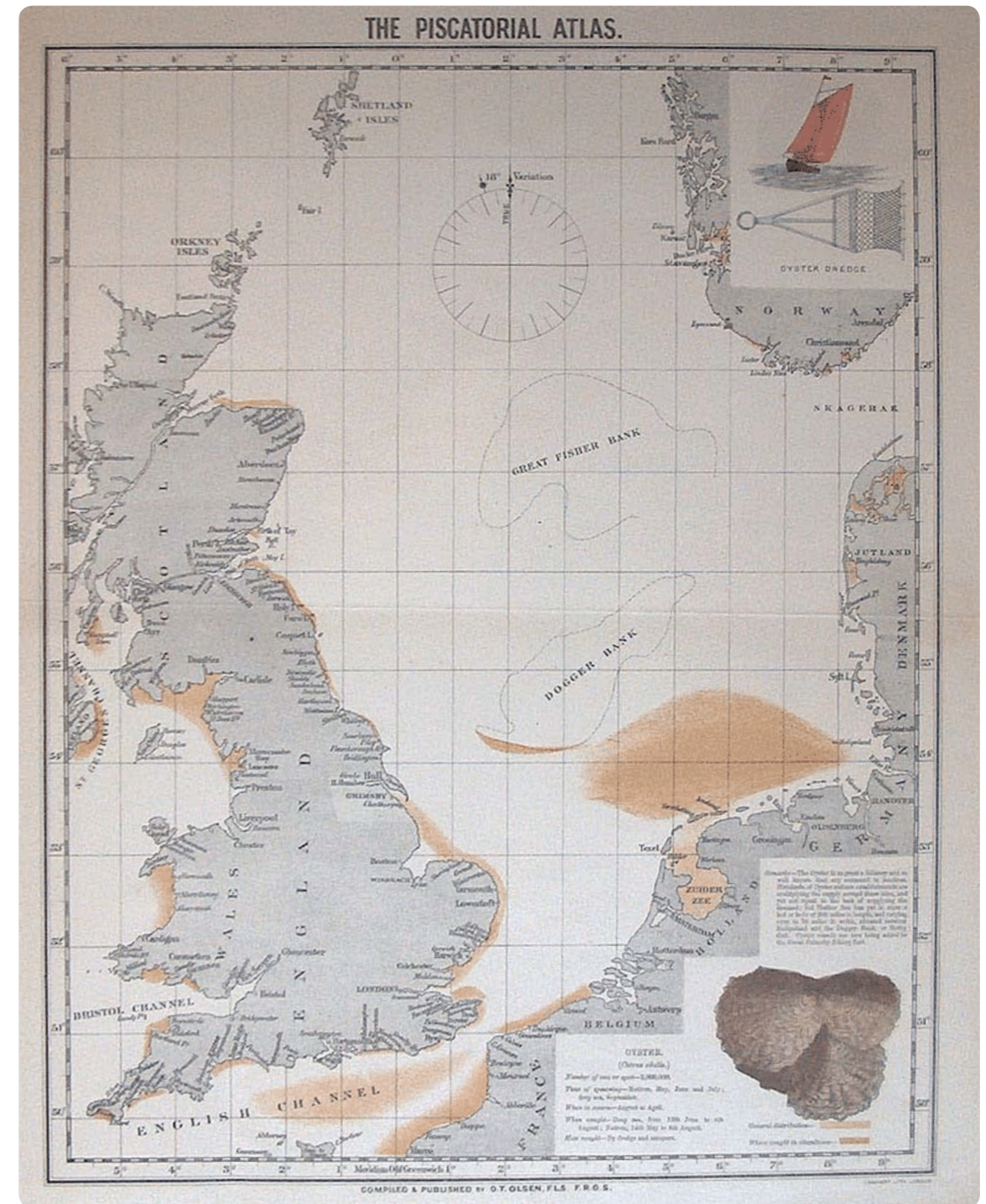
Naast bovengenoemde risico's bieden windparken ook kansen voor de Noordzeenatuur. Deze staan weergegeven in figuren 10 en 11. De belangrijkste kansen ontstaan door het uitsluiten van bodemberoerende visserij en de toename van andere habitattypen dan kale zandbodem. In onderstaande sectie worden deze kansen besproken.

3.1.1 Uitsluiting van bodemberoerende visserij

Bodemberoerende visserij is niet toegestaan binnen windparken vanwege de kans op schade aan kabels en andere infrastructuur. Hierdoor kan een windpark een (bodem)beschermende functie vervullen.^[15, 20, 25, 98] Tussen de turbines kunnen de zandbodem en de daar levende bodemdieren en vissen zich ontwikkelen.^[20, 98] Zo liet een onderzoek in een Belgisch windpark zien dat er na drie jaar kleine veranderingen waren in het gesloten gebied: bodemgarnalen, kokerwormen en het zeeboontje (een zee-egel), allen gevoelig voor bodemberoerende visserij, namen in aantallen toe.^[98] Andere onderzoeken laten echter weinig tot geen verandering zien van de aantallen bodemdieren op de zandbodem tussen de palen of de bodemvisgemeenschap na bijvoorbeeld twee en tien jaar.^[25, 60, 99-101] Dit kan verschillende oorzaken hebben: wellicht heeft de natuur na decennia van versterking meer tijd nodig om zich te ontwikkelen, is er geen bronpopulatie dichtbij genoeg aanwezig, of is de locatie van het windpark ongeschikt voor dergelijke ontwikkeling, bijvoorbeeld door te hoge natuurlijke dynamiek.^[99] Wanneer bodemberoerende visserij uitgesloten wordt, ontstaan echter wel kansen om actief herstel toe te passen (zie hoofdstuk 3.2).

3.1.2 Toename habitattypen

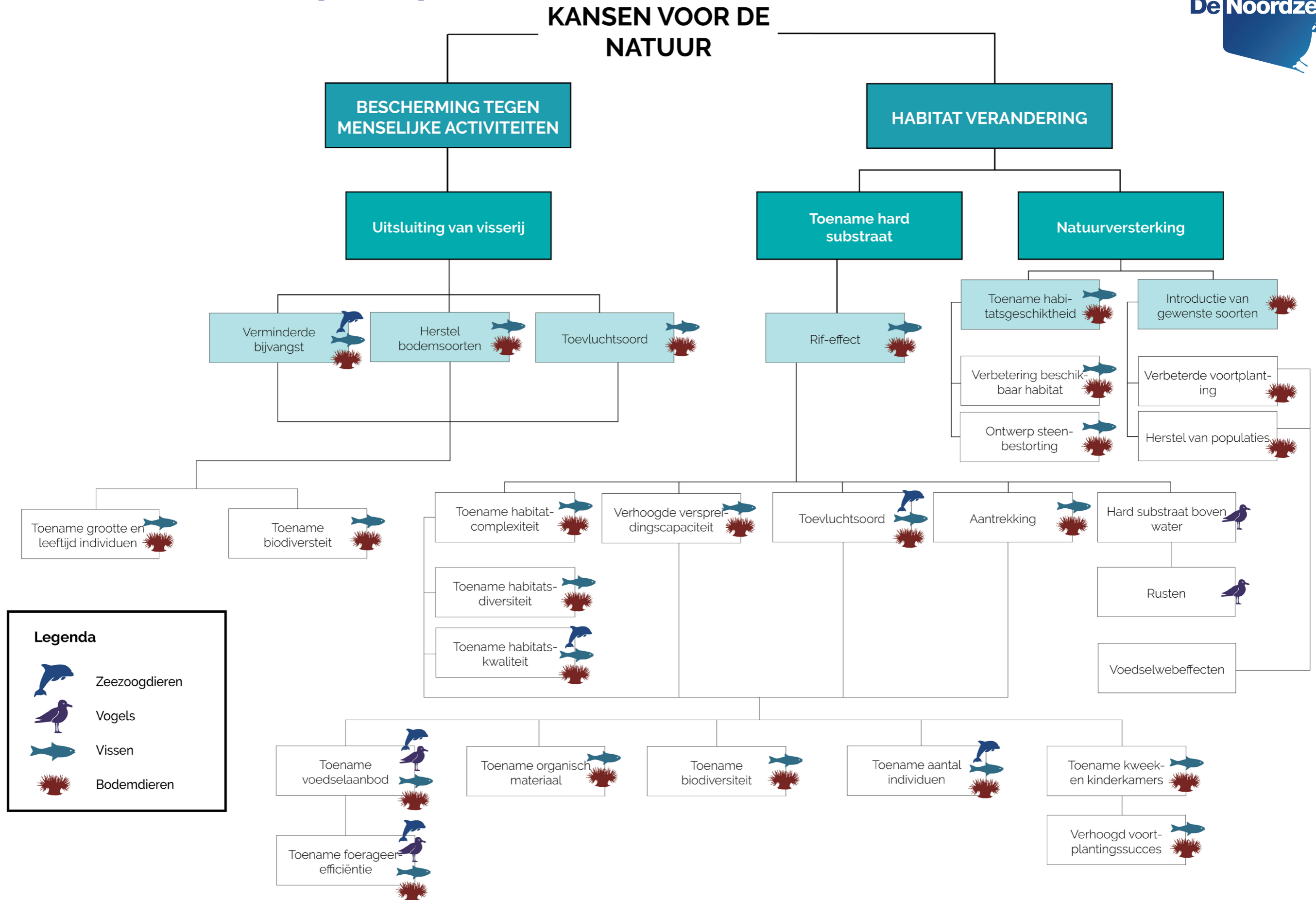
De palen en de steenbestorting eromheen zorgen, mogelijk in combinatie met actief herstel, voor toevoeging van hard substraat.^[20, 102] Vroeger waren grote stukken van de Noordzeebodem bedekt met hard substraat, in de vorm van bijvoorbeeld grote keien, oude veenlagen en schelpdier- of oesterbanken (figuur 9).^[38] Tegenwoordig komen deze nauwelijks meer voor. De steenbestortingen rond windturbines kunnen gedeeltelijk dezelfde functies vervullen als het natuurlijke harde substraat dat vroeger aanwezig was en dienen daarnaast als 'stepping stones' waarvandaan hardsubstraatsoorten zich weer verder kunnen verspreiden over de Noordzee.^[38, 102] Zo toonde onderzoek aan dat mosselen zich hechten aan de palen en zich zo verder op zee verspreiden.^[103] De schelpen die van de palen vallen bieden weer een aanhechtingsplek voor andere soorten, waardoor er mogelijk weer meer schelpdierbanken ontstaan.^[38, 103] Ook worden sommige vissen aangetrokken door het voedsel en de schuilplekken rond harde structuren; dit kan een toename in vissen zoals kabeljauw en steenbolc tot gevolg hebben.^[20, 25, 69, 104] Zeezoogdieren komen weer af op deze toename van zeeleven, dat voor hen dient als voedsel.^[15, 75, 105-107] Zo is er bijvoorbeeld foeragegedrag van zeehonden waargenomen in windparken.^[106]



Figuur 9: Historische kaart van oestergronden (oranje) op de Noordzee. Bron: Olsen, 1883.

v Windparken worden tot nu toe met name in ondiepe gebieden met veel natuurlijke dynamiek gebouwd.

vi Dit is mogelijk ook een risico: ook invasieve soorten kunnen zich zo verder verspreiden.







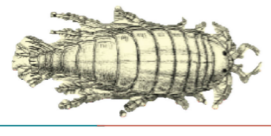


Figuur 10: Kansen voor de natuur van windparken op zee.^[15, 20, 22, 36, 38, 58, 60, 69, 75, 98, 102-133] Auteur figuur: A.G. Rodriguez.
 Icoon credit: Noun Project – Christy Presler, Bonnie Beach, and Vega Asensio

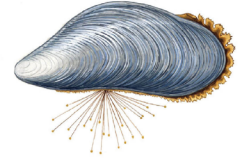


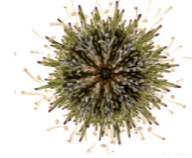

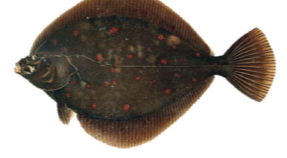
WINDPARKEN OP ZEE

UITSLUITING VISSERIJ

TOENAME HABITATTYPEN

- Kokerwormen**
Terebellidae sp.
Toename aantal

Credit: McIntosh, William Carmichael
- Borstelworm**
Spiophanes bombyx
Toename aantal

Credit: McIntosh
- Stevige strandschelp**
Spisula solida
Toename aantal

Credit: NOAA
- Zeeboontje**
Echinocyamus pusillus
Toename aantal

Credit: Jan Loricé
- Zandkokerworm**
Sabellaria spinulosa
Toename aantal

Credit: McIntosh, William Carmichael
- Bulldozerkreeftje**
Urothoe brevicornis
Toename aantal

Credit: B.A.R. Azman, C.W.H. Melvin
- Schelpkokerworm**
Lanice conchilega
Toename aantal

Credit: Anders Noren
- Tong**
Solea solea
Toename aantal

Credit: Historical Illustrations

- Gewone mossel**
Mytilus edulis
Toename aantal
Toename voortplantings-succes

Credit: Craig Zagata; Christy Young; Joanne Sountis; Melanie Kuehl
- Golfbrekeranemoon**
Diadumene cincta
Toename aantal

Credit: The Marine Biological Association of the United Kingdom
- Zeeanjelier**
Metridium senile
Toename aantal

Credit: Richard Polydore Nodder
- Kleine zeeappel**
Psammechinus miliaris
Toename aantal

Credit: Vattenkikaren
- Gewone zeester**
Asterias rubens
Toename aantal

Credit: Simon Riordan
- Schol**
Pleuronectes platessa
Toename aantal
Toename grootte

Credit: Frances Watkins and Richard E. Younger

- Vlokkreeftjes**
Jassa sp.
Toename aantal

Credit: MarLIN
- Zeedraden**
Obelia sp.
Toename aantal

Credit: E. Haeckel
- Gorgelpijppoliep**
Ectopleura larynx
Toename aantal



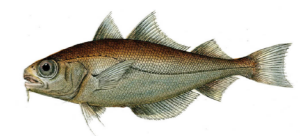






Credit: George Allman
- Harig mosdiertje**
Conopeum reticulum
Toename aantal

Credit: Richard Polydore Nodder
- Slibanemonen**
Sagartia sp.
Toename aantal

Credit: Smithsonian Marine Station at Fort Pierce
- Porseleinkrab**
Pisidia longicornis
Toename aantal

Credit: William Thomas Calman
- Noordzeekrab**
Cancer pagurus
Toename aantal

Credit: Historical Illustrations

- Zeepok**
Balanus sp.
Toename aantal

Credit: J. F. Hennig
- Kabeljauw**
Gadus morhua
Toename aantal

Credit: Gary Taylor
- Steenbolk**
Trisopterus luscus
Toename aantal

Credit: J. F. Hennig
- Horsmakreel**
Trachurus trachurus
Toename aantal

Credit: De Agostini
- Gewone zeedonderpad**
Myoxocephalus scorpius
Toename aantal

Credit: Krüger
- Klipvis**
Ctenolabrus rupestris
Toename aantal

Credit: Historical Illustrations
- Aalscholver**
Phalacrocorax carbo
Verhoogd voedselaanbod
Rustplek

Credit: Royal Society for the Protection of Birds
- Grijze zeehond**
Halichoerus grypus
Verhoogd voedselaanbod

Credit: Jón Baldur Hlíðberg
- Bruinvis**
Phocoena phocoena
Verhoogd voedselaanbod

Credit: Wurtz-Artescienza

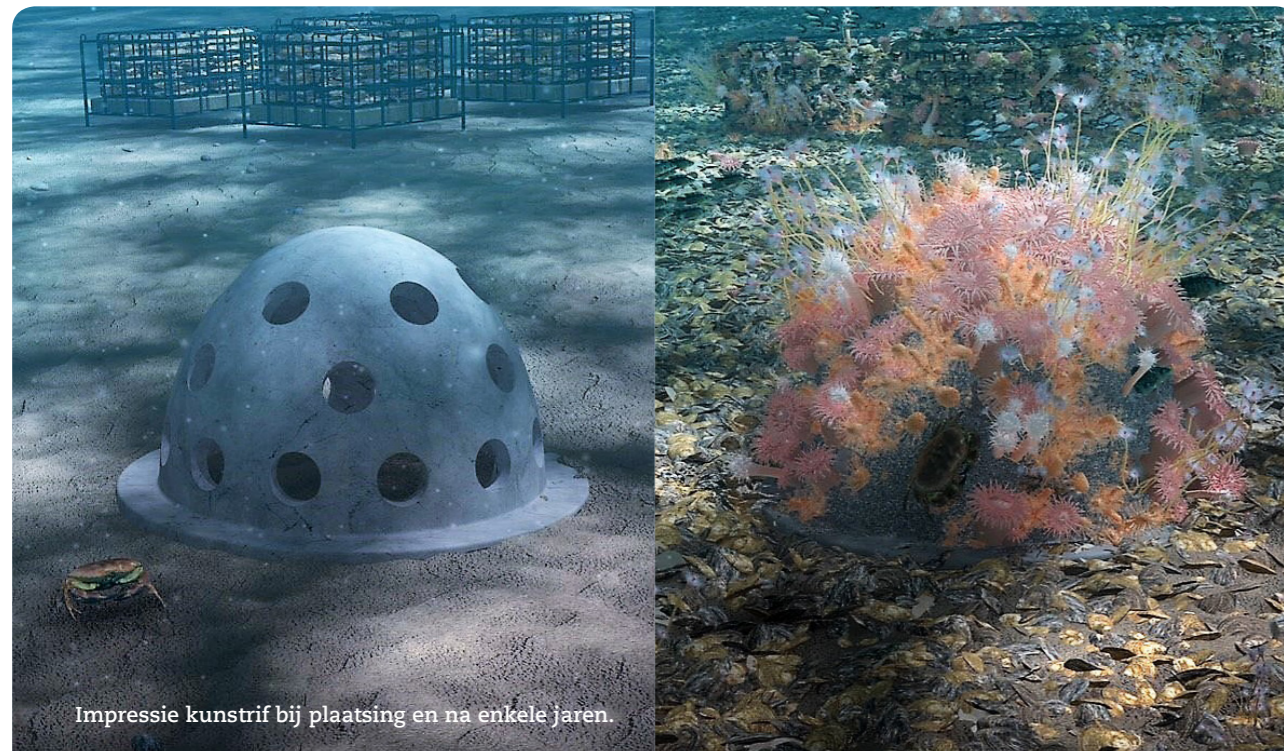
Figuur 11: Selectie van soorten die mogelijk kansen ondervinden van windparken op zee. Auteur figuur: A.G. Rodriguez.

3.2 Mogelijkheden voor het benutten van kansen

Om bovengenoemde ontwikkelingen te stimuleren, is het belangrijk bij het ontwerp en tijdens de bouw van een windpark al rekening te houden met deze kansen, en de turbinefunderingen zo te ontwerpen dat ze de kansen voor het zeeleven optimaliseren.^[102, 131] Zo wordt bijvoorbeeld verwacht dat bij optimaal ontwerp van de stortstenen de habitatgeschiktheid voor belangrijke soorten als kabeljauw toeneemt. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van grotere of juist kleinere stenen, meer gevarieerde 3D-vormen en geschikte materialen.^[131] Ook kunnen tussen de palen kunstmatige rifstructuren worden geïntroduceerd.

Herstel van het bodemleven in de Noordzee zal niet in alle gevallen vanzelf gaan. Actieve natuurversterkingsmaatregelen zijn daarom gewenst. Dit geldt in het bijzonder voor herstel van soorten die nog maar sporadisch voorkomen in de Noordzee, zoals de platte oester. Mogelijkheden voor herstel zijn bijvoorbeeld de introductie van dergelijke gewenste soorten, in combinatie met het aanbieden van geschikt substraat rondom de palen.^{[111,}

131, 132]



Impressie kunststof bij plaatsing en na enkele jaren.

De Rijke Noordzee

Samen met Natuur & Milieu, Eneco, Van Oord en de ASN Bank startte Stichting De Noordzee het project De Rijke Noordzee. Met dit project willen we ervoor zorgen dat de kansen die windparken bieden voor versterking van de onderwaternatuur ten volle worden benut. We willen levende riffen terugbrengen in de Noordzee door kunstriffen te plaatsen en rifbouwende soorten uit te zetten in windparken. Vanaf 2018 starten wij een pilotproject waarbij constructies met levende oesters worden geplaatst in windpark Eneco Luchterduinen. We monitoren de ontwikkeling van deze oesters en onderzoeken of ze zich succesvol voortplanten en op welke materialen ze zich het beste vestigen binnen het windpark. De kennis die we opdoen, passen we toe in nieuwe projecten en draagt bij aan een blauwdruk die gebruikt kan worden voor natuurversterking in alle toekomstige windparken.

www.derijkenoordzee.nl

4. Belangrijke kennisleemten

Hoewel er veel bekend is over de effecten van windparken op de ecologie van de Noordzee zijn er ook veel kennisleemten, in het bijzonder vanwege de enorme opschaling.^[25, 108] Deze zijn hier opgedeeld in vragen die acuut relevant zijn en soorten betreffen die nu al onder druk staan, en vragen die betrekking hebben op de langetermijneffecten van grootschalige wind op zee. Bij de berekening van ecologische effecten van wind op zee wordt veel gebruikt gemaakt van modellen, die gevoed worden met aannames. De onzekerheden waarmee de modellen worden gevoed leiden tot eveneens onzekere uitkomsten. Om al te grote effecten met zekerheid uit te kunnen sluiten wordt daarom veelal met *worst case*-scenario's gewerkt. Het is van groot belang voor de komende jaren dat cijfers en metingen uit het veld de gehanteerde aannames en modellen valideren en verbeteren.

4.1 Vragen op de korte termijn

Volgens huidige berekeningen staan bepaalde soorten nu al onder druk en zijn er acute kennisvragen, zoals:

- Wat zijn de daadwerkelijke aantallen slachtoffers vogels en vleermuizen door botsingen met windturbines, en wat zijn daarvan de effecten op de populaties?
- Wat zijn de indirecte effecten op populaties vogels, vleermuizen of zeezoogdieren door gedragsverandering, verstoring en habitatverlies?
- Wat zijn overige effecten en beperkende factoren die populaties van kwetsbare (vogel) soorten onder druk zetten? Welke maatregelen kunnen worden genomen om deze populaties beter te beschermen, dan wel te versterken?
- Welk effect heeft onderwatergeluid door heien of door draaiende turbines op vissen en hun larven?
- Wat is het effect van de elektromagnetische straling op haaien, roggen en andere soorten rond elektriciteitskabels op de bodem?

4.2 Vragen op de langere termijn

Op langere termijn kunnen vragen relevant worden die te maken hebben met de verwachte grootschaligheid van de ontwikkelingen. Deze vragen vereisen mogelijk ook vaker fundamenteel onderzoek. Zo moeten de methoden om cumulatieve effecten te onderzoeken verbeterd worden. Andere relevante vragen bij grootschalige uitrol op de lange termijn zijn bijvoorbeeld:

- Kan grootschalige ontwikkeling van windparken leiden tot structurele veranderingen in fysische eigenschappen als zeestromingen, het mixen van waterlagen, sedimentverplaatsing en windpatronen op de Noordzee? En wat zijn hiervan de eventuele effecten voor het ecosysteem?
- Wat zijn de effecten van grote populaties filtrerende schelpdieren op palen en stenen in de parken op de waterkwaliteit van de Noordzee?
- Kan de grootschalige uitrol van wind op zee en bijbehorende transportinfrastructuur leiden tot barrière-effecten voor mobiele soorten boven en onder water door aanwezigheid, geluid, vaarbewegingen en elektromagnetische straling rond kabels?
- Wat zijn mogelijke 'unknown unknowns', en hoe gaan we hier mee om in relatie tot snel lopende ontwikkelingen en veranderende gebruiksfuncties?

Bovengenoemde vragen vormen slechts een greep uit de kennisleemten die er zijn en er komen steeds nieuwe vragen bij. Een aantal vragen wordt binnen lopende onderzoeksprojecten opgepakt, voor andere zal onderzoek moeten worden opgezet.

5. Aanbevelingen Stichting De Noordzee

Wanneer de verdere ontwikkeling van windparken op zee zich voltrekt op de schaal en in het tempo zoals nu wordt voorspeld, zullen de ecologische effecten van windparken op zee sterk toenemen en zullen (meer) kwetsbare soorten verder onder druk komen te staan. Tegelijkertijd kunnen de kansen die windparken op zee bieden, wanneer deze op grote schaal worden benut, positief bijdragen aan de onderwaternatuur zoals door herstel van oesterriffen. De groei van het aantal windparken op zee zal daarnaast in toenemende mate leiden tot ruimtedruk op de Noordzee, wat grote gevolgen met zich meebrengt voor bestaande functies en gebruikers.

Om de verdere ontwikkeling van windparken op zee in goede banen te leiden doet Stichting De Noordzee de volgende vijf aanbevelingen aan de overheid en windsector:

1. Investeer tijd en middelen in kennis

- Verzamel voldoende actuele en gedetailleerde informatie over populaties en verspreiding van soorten die kwetsbaar zijn voor wind op zee.
- Maak inzichtelijk welke overige factoren in welke mate een remmende werking hebben op populatiegroottes en -groei van soorten die kwetsbaar zijn voor wind op zee.
- Zorg voor continue en gedetailleerde monitoring van de soorten en ecologische functies in en rondom de windparken.
- Investeer in pilotprojecten met bijvoorbeeld kunstmatig hard substraat of met natuurvriendelijkere stortstenen, om te onderzoeken hoe de kansen zo goed mogelijk benut kunnen worden.
- Werk internationaal samen om te komen tot een goede beoordeling(smethodiek) van cumulatieve effecten.

2. Beperk de ecologische risico's van wind op zee

- Verbeter de gezondheid van het systeem door maatregelen te implementeren die nodig zijn om de natuurdoelen te bereiken zoals opgesteld binnen de Vogel- en Habitatrictlijn en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie.
- Betrek informatie over de ecologische gevoeligheid van gebieden vroegtijdig en volwaardig bij ruimtelijke planvorming van windenergie op zee.
- Ontwikkel op basis van kennis over effecten en drukfactoren per kwetsbare soort een maatregelenpakket om populaties te beschermen, dan wel te versterken.
- Benut de innovatiekracht van de windsector om de negatieve effecten van windparken op ecologie drastisch te beperken. De overheid kan hiertoe stimuleringsmaatregelen nemen.
- Houd rekening met de langetermijnplannen voor wind op zee door nu reeds normen te stellen en maatregelen te treffen die genoeg ruimte bieden voor toekomstige ontwikkelingen.

3. Benut de ecologische kansen van wind op zee

- Sluit de windparken voor bodemberoerende visserij, om herstel van de zeebodem en onderwaternatuur een kans te geven.
- Benut de kansen die windparken bieden voor (actief) herstel van onderwaternatuur ten volle. Dit betekent dat bij het ontwerp en de bouw van windparken al rekening wordt gehouden met de gewenste natuurontwikkeling en in elk windpark maatregelen worden genomen die natuurherstel bevorderen, zoals de introductie van platte oesters.
- Gebruik windparken voor experimenten met duurzame vormen van voedselproductie die de ontwikkeling van onderwaternatuur niet in de weg staan, zoals zeewier- en schelpdierkweek en passieve visserij op bijvoorbeeld kreeften en krabben.

4. Ontwikkel een integraal masterplan voor de Noordzee

- Ontwikkel een integraal masterplan voor de Noordzee zodat een goede balans tussen al het menselijk gebruik – niet alleen wind op zee – bereikt wordt: zowel voor de Nederlandse als de gehele Noordzee.
- Zorg dat er voldoende regie is vanuit de overheid bij het ontwikkelen van een heldere ruimtelijke visie gebaseerd op adequate ecologische kennis, waarbij een gezond ecosysteem de basisvoorwaarde is voor al het gebruik. Maak hier ook voldoende budget en capaciteit voor vrij.
- Ondersteun de visserij financieel bij het doormaken van een transitie naar een vloot die qua aard en omvang past bij het nieuwe gebruik van de Noordzee.

5. Maak adaptief management mogelijk en pas het voorzorgsprincipe toe

- Maak adaptief management mogelijk, waarbij activiteiten tijdig bijgestuurd of zelfs gestaakt kunnen worden wanneer nieuwe inzichten en ontwikkelingen daar aanleiding toe geven. Hiervoor is het noodzakelijk dat wanneer toegewerkt wordt naar een langetermijndoel, iedere stap daarnaartoe ook op zichzelf waardevol is, en er voldoende ruimte is om bij te sturen.
- Handel bij onzekerheid over de effecten van activiteiten altijd volgens het voorzorgsprincipe, waarbij rekening gehouden wordt met een mogelijk negatief effect, en bijbehorende maatregelen worden getroffen.



Juweelanemonen kunnen profiteren van het toegevoegde hard substraat in windparken.

6. Tot slot

De grootschalige ontwikkeling van windparken op zee zal ingrijpende gevolgen hebben voor zowel de natuur als voor de ruimtelijke ordening op de Noordzee en daarmee voor alle Noordzeegebruikers. We staan hiermee voor een grote uitdaging. Integraal beleid is nodig om deze ontwikkelingen in goede banen te leiden. Naast risico's bieden deze ontwikkelingen kansen om een nieuwe balans te creëren, waarbij Noordzeenatuur en duurzaam gebruik samengaan. Deze balans is op dit moment nog niet gevonden en voorzichtigheid is daarom van groot belang bij deze grote ontwikkelingen.

We leven in het Antropoceen, waarbij de mens een steeds meer bepalende factor voor de biodiversiteit, de oceaan en het klimaat op aarde is. Stichting De Noordzee wil dat in het Antropoceen een goede balans wordt gevonden tussen menselijk gebruik en de Noordzeenatuur, bijvoorbeeld door activiteiten op de Noordzee ook de natuur te laten versterken. Door de substantiële groei van wind op zee worden we gedwongen de Noordzee opnieuw in te delen. Dit geeft ons de kans dit nu echt goed te doen. Zo kunnen windparken bijdragen aan een gezonde zee, die ons voorziet van duurzaam voedsel, duurzame energie en rijke natuur. En zo kunnen wij als waterland een voorbeeld zijn voor de rest van de wereld.



Door substantiële groei van wind op zee worden we gedwongen de Noordzee opnieuw in te delen.

Stichting De Noordzee is een onafhankelijke natuur- en milieuorganisatie en is dé organisatie als het gaat om bescherming en duurzaam gebruik van de Noordzee. Wij richten ons op vier doelen: Ruimte voor Natuur, Schone Zee, Duurzaam Voedsel en Natuurvriendelijke Energie. Samen met anderen werken wij aan een schone en gezonde Noordzee.

Samen voor een gezonde zee



Stichting De Noordzee
(North Sea Foundation)
Arthur van Schendelstraat 600
3511 MJ Utrecht
Nederland

P: +31 (0)30 2340016
F: +31 (0)30 2302830
E: info@noordzee.nl
W: www.noordzee.nl
f: /Stichting.De.Noordzee
t: @denoordzee

7. Bronnen

1. Intergovernmental panel on climate change (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. Rapportnr: 9291691437.

2. Deutsche Welle, (2017). *North Sea warming twice as fast as world's oceans*. Beschikbaar op: <https://www.dw.com/en/north-sea-warming-twice-as-fast-as-worlds-oceans/a-40427339> Geraadpleegd: Oktober 2018.

3. United Nations Framework Convention on Climate Change Summary of the Paris Agreement. Beschikbaar op: <http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-paris-agreement> Geraadpleegd: April 2018.

4. WindEurope (2017). *Wind energy in Europe: Outlook to 2020*.

5. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2018). *Kamerbrief Routekaart windenergie op zee 2030*. Beschikbaar op: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/03/27/kamerbrief-routekaart-windenergie-op-zee-2030>.

6. WindEurope (2018). *Offshore Wind in Europe. Key trends and statistics 2017*.

7. 4C Offshore Ltd (2018). *Offshore Wind Farms*. Beschikbaar op: <http://www.4c offshore.com/windfarms/> Geraadpleegd: Mei 2018.

8. Ros, J. en Daniëls, B. (2017). *Verkenning van klimaatdoelen. Van lange termijn beelden naar korte termijn actie*. PBL Planbureau voor de Leef-omgeving. Rapportnr: 2966.

9. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (2018). *Ontwerp Mariene Strategie (deel 1) Actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren. 2018-2024 Hoofddocument*.

10. Oskar Commission, (2017). *Intermediate Assessment 2017*. Beschikbaar op: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/biodiversity-status/marine-birds/> Geraadpleegd: Oktober 2018.

11. Platteeuw, M. (2018). *Persoonlijke communicatie*

12. Smaal, A.C. et al. (2015). *Feasibility of Flat Oyster (Ostrea edulis L.) restoration in the Dutch part of the North Sea*. IMARES. Rapportnr: C028/15.

13. European Union (2008). *Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance)*. Beschikbaar op: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0056>.

14. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, L.e.I. (2012). *Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, Deel 1*. Den Haag.

15. Schuster, E., Bulling, L., en Köppel, J. (2015). *Consolidating the state of knowledge: a synoptical review of wind energy's wildlife effects*. *Environmental management*, 56(2): p. 300-331.

16. Ministerie van Economische Zaken en Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). *Framework for assessing ecological and cumulative effects of offshore wind farms. Part A: Methods*.

17. Rijkswaterstaat (2016). *Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. uitrol Windenergie op zee. Deelrapport B: Beschrijving en beoordeling van cumulatieve effecten bij uitvoering van de Routekaart Windenergie op zee*. CONCEPTVERSIE Mei 2016.

18. Nedwell, J., Langworthy, J., en Howell, D. (2003). *Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise*. COWRIE. Rapportnr: ENG-01-2007.

19. Arends, E., Fajfer, M.J., en van der Bilt, S. (2013). *Passende Beoordeling Windpark Q4 west*. Pondera Consult. Rapportnr: 712006.

20. Bergström, L. et al. (2014). *Effects of offshore wind farms on marine wildlife—a generalized impact assessment*. *Environmental Research Letters*, 9(3): p. 034012.

21. De Haan, D. et al. (2007). *Underwater sound emissions and effects of the pile driving of the OWEZ wind farm facility near Egmond aan Zee*. IMARES Rapportnr: OWEZ_R_251 TC.

22. Gill, A.B. en Kimber, J.A. (2005). *The potential for cooperative management of elasmobranchs and offshore renewable energy development in UK waters*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(5): p. 1075-1081.

23. Bolle, L.J. et al., *Effect of pile-driving sounds on the survival of larval fish*, in *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. 2016, Springer. p. 91-100.

24. Casper, B.M. et al. (2013). *Recovery of barotrauma injuries resulting from exposure to pile driving sound in two sizes of hybrid striped bass*. *PLoS one*, 8(9): p. e73844.

25. Buij, R. et al. (2018). *Kwetsbare soorten voor energie-infrastructuur in Nederland*. Wageningen Environmental Research. Rapportnr: 2883.

26. Hawkins, T. (2018). *The impact of underwater noise on the marine environment*. North Sea Advisory Council - Ecosystem Working Group.

27. De Backer, A. et al. (2016). *Swim bladder barotrauma in Atlantic Cod when In Situ exposed to pile driving*. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2017. *Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: A continued move towards integration and quantification*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section.

28. Madsen, P.T. et al. (2006). *Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs*. *Marine Ecology Progress Series*, 309: p. 279-295.

29. Ministerie van Economische Zaken en Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). *Framework for assessing ecological and cumulative effects of offshore wind farms. Part B: Description and assessment of the cumulative effects of implementing the Roadmap for Offshore Wind Power*.

30. Premalatha, M., Abbasi, T., en Abbasi, S. (2014). *Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31: p. 270-288.

31. Nedwell, J. en Howell, D. (2004). *A review of offshore windfarm related underwater noise sources*. Rapportnr: 544R0308.

32. van der Molen, J. et al. (2014). *Predicting the large-scale consequences of offshore wind turbine array development on a North Sea ecosystem*. *Continental Shelf Research*, 85: p. 60-72.

33. Leopold, M.F. et al. (2014). *A first approach to deal with cumulative effects on birds and bats of offshore wind farms and other human activities in the Southern North Sea*. IMARES. Rapportnr: C166/14.

34. Krijgsveld, K. (2014). *Avoidance behaviour of birds around offshore wind farms. Overview of knowledge including effects of configuration*. Bureau Waardenburg. Rapportnr: 13-268.

35. Brasseur, S. et al. (2010). *Grey seals (Halichoerus grypus) in the Dutch North Sea: population ecology and effects of wind farms*. IMARES. Rapportnr: C137/10.

36. Kershaw, P. et al. (2012). *Evaluation of the current state of knowledge on potential cumulative effects from offshore wind farms (OWF) to inform marine planning and licensing*. Cefas (Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science) report to MMO, Lowestoft, Suffolk, UK.

37. Ainslie, M. et al. (2009). *Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea*. TNO. Rapportnr: TNO-DV 2009 C085.

38. Coolen, J.W. (2017). *North Sea Reefs. Benthic biodiversity of artificial and rocky reefs in the Southern North Sea*. pp. 138, 39.

39. Cazenave, P.W., Torres, R., en Allen, J.I. (2016). *Unstructured grid modelling of offshore wind farm impacts on seasonally stratified shelf seas*. *Progress in Oceanography*, 145: p. 25-41.

40. Paskyabi, M.B. en Fer, I. (2012). *Upper ocean response to large wind farm effect in the presence of surface gravity waves*. *Energy Procedia*, 24: p. 245-254.

41. Carpenter, J.R. et al. (2016). *Potential impacts of offshore wind farms on North Sea stratification*. *PLoS one*, 11(8): p. e0160830.

42. Vanhellemont, Q. en Ruddick, K.J.R.S.o.E. (2014). *Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8*. 145: p. 105-115.

43. NASA's Earth Observatory, (2015). *Offshore Wind Farms Make Wakes*. Beschikbaar op: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/89063/offshore-wind-farms-make-wakes> Geraadpleegd: Oktober 2018.

44. Desholm, M. (2006). *Wind farm related mortality among avian migrants-a remote sensing study and model analysis*. PhD Thesis. National Environmental Research Institute & University of Copenhagen.

45. Foley, M.M. et al. (2017). *The challenges and opportunities in cumulative effects assessment*. *Environmental Impact Assessment Review*, 62: p. 122-134.

46. Piet, G. et al. (2017). *Cumulative effects assessment: proof of concept marine mammals*. Wageningen Marine Research. Rapportnr: C002/17.

47. Willsteed, E. et al. (2017). *Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: Establishing common ground*. *Science of the Total Environment*, 577: p. 19-32.

48. Masden, E.A. et al. (2010). *Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: Developing a conceptual framework*. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1): p. 1-7.

49. Korpinen, S. en Andersen, J.H. (2016). *A global review of cumulative pressure and impact assessments in marine environments*. *Frontiers in Marine Science*, 3: p. 153.

50. Sinclair, A.J., Doelle, M., en Duinker, P.N. (2017). *Looking up, down, and sideways: Reconceiving cumulative effects assessment as a mindset*. *Environmental Impact Assessment Review*, 62: p. 183-194.

51. Elliott, M. en Cutts, N.D. (2004). *Marine habitats: loss and gain, mitigation and compensation*. *Marine Pollution Bulletin*, 49(9-10): p. 671-674.

52. Heinis, F. en de Jong, C. (2015). *Framework for assessing ecological and cumulative effects of offshore wind farms: cumulative effects of impulsive underwater sound on marine mammals*. TNO. Rapportnr: TNO 2015 R10335-A.

53. Nehls, G. et al. (2007). *Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms*. BioConsult SH, on behalf of COWRIE Ltd. Rapportnr: ENG-01-2007.

54. Tsouvalas, A. en Metrikine, A. (2016). *Noise reduction by the application of an air-bubble curtain in offshore pile driving*. *Journal of Sound and Vibration*, 371: p. 150-170.

55. Van Oord, (2018). *Van Oord installeert innovatieve suction-bucket-funderingen bij offshore windpark Deutsche Bucht*. Beschikbaar op: <https://www.vanoord.com/nl/nieuws/2018-van-oord-installeert-innovatieve-suction-bucket-funderingen-bij-offshore-windpark> Geraadpleegd: Oktober 2018.

56. Marques, A.T. et al. (2014). *Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies*. *Biological Conservation*, 179: p. 40-52.

57. Boon, A.R. et al. (2012). *A methodological update of the Framework for the Appropriate Assessment of the ecological effects of Offshore Windfarms at the Dutch Continental Shelf*. Deltares. Rapportnr: 1205107-000-ZKS-0018.

58. Snyder, B. en Kaiser, M.J. (2009). *Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy*. *Renewable Energy*, 34(6): p. 1567-1578.

59. Hammar, L., Wikström, A., en Molander, S. (2014). *Assessing ecological risks of offshore wind power on Kattegat cod*. *Renewable Energy*, 66: p. 414-424.

60. Lindeboom, H. et al. (2011). *Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation*. *Environmental Research Letters*, 6(3): p. 035101.

61. Bradbury, G. et al. (2014). *Mapping seabird sensitivity to offshore wind farms*. *PLoS one*, 9(9): p. e106366.

62. Masden, E.A. et al. (2009). *Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds*. *ICES Journal of marine Science*, 66(4): p. 746-753.

63. Masden, E. en Cook, A. (2016). *Avian collision risk models for wind energy impact assessments*. *Environmental Impact Assessment Review*, 56: p. 43-49.

64. van der Wal, J. et al. (2015). *2nd Iteration: effect of turbine capacity on collision numbers for three large gull species, based on revised density data, when assessing cumulative effects of offshore wind farms on birds in the southern North Sea*. IMARES. Rapportnr: Additional note to report C166/14.

65. May, R.F. (2015). *A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines*. *Biological Conservation*, 190: p. 179-187.

66. Dierschke, V., Furness, R.W., en Garthe, S. (2016). *Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction*. *Biological Conservation*, 202: p. 59-68.

67. Lagerveld, S. et al. (2017). *Bat flight analysis around wind turbines: a feasibility study*. Wageningen Marine Research. Rapportnr: C026/17.

68. Snoek, R. et al. (2016). *Potential effects of electromagnetic fields in the Dutch North Sea. Phase 1 – Desk Study*. Bureau Waardenburg. Rapportnr: 16-101.

69. van Hal, R. et al. (2012). *Monitoring-and Evaluation Program Near Shore Wind farm (MEP-NSW): Fish community*. IMARES. Rapportnr: C059/12.

70. Winter, H., Aarts, G., en Van Keeken, O. (2010). *Residence time and behaviour of sole and cod in the Offshore Wind farm Egmond aan Zee (OWEZ)*. IMARES. Rapportnr: OWEZ_R_265_T1_20100916.

71. de Haan, D. et al. (2007). *Background noise measurements for MEP-NSW: Baseline TO*. IMARES. Rapportnr: C049/07.

72. James, V., *Marine renewable energy: a global review of the extent of marine renewable energy developments, the developing technologies and possible conservation implications for cetaceans*. 2013, WDC, Brookfield House, 38 St Paul Street, Chippenham, Wiltshire SN15 1LJ UK Whale and Dolphin Conservation. ISBN: 1901386341.

73. Harwood, J. et al. (2014). *A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCoD) approach: Quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations*. *Scottish Marine and Freshwater Science*, 5(2).

74. Bailey, H. et al. (2010). *Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals*. *Marine Pollution Bulletin*, 60(6): p. 888-897.

75. Camphuysen, C. et al. (2004). *Towards Standardised Seabirds at Sea Census Techniques in Connection with Environmental Impact Assessments for Offshore Wind Farms in the UK: a comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds and their applicability to offshore wind farm assessments*. COWRIE Ltd. Rapportnr: BAM- 02-2002.
76. Kikuchi, R. (2010). Risk formulation for the sonic effects of offshore wind farms on fish in the EU region. *Marine pollution bulletin*, **60**(2): p. 172-177.
77. Schläppy, M.-L., Šaškov, A., en Dahlgren, T.G. (2014). Impact hypothesis for offshore wind farms: explanatory models for species distribution at extremely exposed rocky areas. *Continental Shelf Research*, **83**: p. 14-23.
78. Coates, D.A. et al. (2015). Rapid macrobenthic recovery after dredging activities in an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia*, **756**(1): p. 3-18.
79. Everaert, J. en Stienen, E.W. (2007). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. *Biodiversity and Conservation*, **16**(12): p. 3345-3359.
80. Busch, M. en Garthe, S. (2016). Approaching population thresholds in presence of uncertainty: Assessing displacement of seabirds from offshore wind farms. *Environmental Impact Assessment Review*, **56**: p. 31-42.
81. Vanermen, N. et al. (2013). *Bird monitoring at offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea Assessing seabird displacement effects*. Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek. Rapportnr: INBO.R.2013.755887.
82. Collier, M., Dirksen, S., en Krijgsveld, K. (2012). *A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines: Part 2: Feasibility study of systems to monitor collisions*. Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-03A. Bureau Waardenburg. Rapportnr: 11-215.
83. Johnston, A. et al. (2014). Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, **51**(1): p. 31-41.
84. Krijgsveld, K. et al. (2011). *Effect studies offshore wind farm Egmond aan Zee. Flux, flight altitude and behaviour of flying birds*. Bureau Waardenburg. Rapportnr: 10-219.
85. Cook, A. et al. (2012). *A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms*. British Trust for Ornithology. Rapportnr: 618.
86. Lagerveld, S. et al. (2016). *Bat activity at offshore wind farms LUD and PAWP in 2015*. IMARES. Rapportnr: C001/16.
87. Smyth, K. et al. (2015). Renewables-to-reefs?—Decommissioning options for the offshore wind power industry. *Marine pollution bulletin*, **90**(1-2): p. 247-258.
88. Vaissière, A.-C. et al. (2014). Biodiversity offsets for offshore wind farm projects: The current situation in Europe. *Marine Policy*, **48**: p. 172-183.
89. Croes, A. (2016). *Future North Sea Infrastructure. Enabling the change, one of the EnergyNL2050 puzzle pieces!* TenneT.
90. North Sea Wind Power Hub consortium (2018). Beschikbaar op: <https://northseawindpowerhub.eu/>.
91. Buij, R. *Kwetsbare soorten voor hernieuwbare energie-infrastructuur en het hoogspanningsnet in Nederland*. In *Energietransitie en Natuur bijeenkomst*, 2018, Den Haag.
92. Rajvanshi, A. (2008). *17 Mitigation and compensation in environmental assessment*, in *Environmental Assessment Lecturers' Handbook*, T.B. Fischer, et al., Editors. 2008.
93. United Nations University & RMIT University United Nations Environment Programme (UNEP) (2006). *7-2 Main Elements of Mitigation*. Environmental Impact Assessment, Course Module. <http://www.raymondsumouniversity.com/eia-local/page118.html>.
94. Dolman, S. en Simmonds, M. (2010). Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. *Marine Policy*, **34**(5): p. 1021-1027.
95. Würsig, B., Greene Jr, C., en Jefferson, T. (2000). Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine environmental research*, **49**(1): p. 79-93.
96. Lucke, K. et al. (2011). The use of an air bubble curtain to reduce the received sound levels for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, **130**(5): p. 3406-3412.
97. May, R. et al. (2015). Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **42**: p. 170-181.
98. Coates, D.A. et al. (2016). Short-term effects of fishery exclusion in offshore wind farms on macrofaunal communities in the Belgian part of the North Sea. *Fisheries research*, **179**: p. 131-138.
99. Jak, R. en Glorius, S.T. (2017). *Macrobenthos in offshore wind farms; A review of research, results, and relevance for future developments*. Wageningen Marine Research (University & Research centre). Rapportnr: C043/17.
100. Leeuwis, L., Klink, A.D., en E.C., V. (2018). *Benthic development in and around offshore wind farm Prinses Amalia Wind Park near the Dutch coastal zone before and after construction (2003-2017) - A statistical approach*. Eurofins AquaSense. Rapportnr: 4500264484.
101. Bergman, M.J. et al. (2014). Effects of a 5-year trawling ban on the local benthic community in a wind farm in the Dutch coastal zone. *ICES Journal of Marine Science*, **72**(3): p. 962-972.
102. Langhamer, O. (2012). Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: state of the art. *The Scientific World Journal*, **2012**.
103. Krone, R. et al. (2013). Epifauna dynamics at an offshore foundation—implications of future wind power farming in the North Sea. *Marine environmental research*, **85**: p. 1-12.
104. Wilhelmsson, D., Malm, T., en Öhman, M.C. (2006). The influence of offshore windpower on demersal fish. *ICES Journal of Marine Science*, **63**(5): p. 775-784.
105. Brasseur, S.M. en Kirkwood, R. (2015). *Seal monitoring and evaluation for the Gemini offshore windpark: Pre-construction, T0-2014*. IMARES. Rapportnr: C128/14.
106. Russell, D.J. et al. (2014). Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology*, **24**(14): p. R638-R639.
107. Vanermen, N. et al. (2015). Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia*, **756**(1): p. 51-61.
108. WOZEP project team (2016). *Offshore wind energy ecological programme (Wozep). Monitoring and research programme 2017-2021*. Rijkswaterstaat.
109. van Hal, R., Griffioen, A., en van Keeken, O. (2017). Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm. *Marine environmental research*, **126**: p. 26-36.
110. De Troch, M. et al. (2013). Energy profiling of demersal fish: A case-study in wind farm artificial reefs. *Marine environmental research*, **92**: p. 224-233.
111. Van Duren, L. et al. (2016). *Rijke riffen in de Noordzee: verkenning naar het stimuleren van natuurlijke riffen en gebruik van kunstmatig hard substraat*. Deltares. Rapportnr: 1221293-000.
112. Scheidat, M. et al. (2012). *Assessment of the Effects of the Offshore wind Farm Egmond aan Zee (OWEZ) for Harbour Porpoise (comparison T0 and T1)*. IMARES. Rapportnr: OWEZ_R_253_T1_2009MMDD_harbour_porpoises_draft.
113. Raoux, A. et al. (2017). Benthic and fish aggregation inside an offshore wind farm: Which effects on the trophic web functioning? *Ecological indicators*, **72**: p. 33-46.
114. Reubens, J. et al. (2013). Aggregation at windmill artificial reefs: CPUE of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and pouting (*Trisopterus luscus*) at different habitats in the Belgian part of the North Sea. *Fisheries Research*, **139**: p. 28-34.
115. van Deurs, M. et al. (2012). Short-and long-term effects of an offshore wind farm on three species of sandeel and their sand habitat. *Marine Ecology Progress Series*, **458**: p. 169-180.
116. van Hal, R. (2013). *Roundfish monitoring Princess amalia Wind Farm*. IMARES. Rapportnr: C117/13-A.
117. van Hal, R. (2014). *Demersal Fish Monitoring Princess Amalia Wind Farm*. IMARES. Rapportnr: C125/14.
118. Reubens, J.T. et al. (2013). Residency, site fidelity and habitat use of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at an offshore wind farm using acoustic telemetry. *Marine Environmental Research*, **90**: p. 128-135.
119. Reubens, J.T. et al. (2014). Diel variation in feeding and movement patterns of juvenile Atlantic cod at offshore wind farms. *Journal of Sea Research*, **85**: p. 214-221.
120. Leonhard, S.B., Stenberg, C., en Støttrup, J.G. (2011). *Effect of the Horns Rev 1 offshore wind farm on fish communities: follow-up seven years after construction*. DTU Aqua. Rapportnr: 246-2011.
121. Krone, R. et al. (2017). Mobile demersal megafauna at common offshore wind turbine foundations in the German Bight (North Sea) two years after deployment—increased production rate of Cancer pagurus. *Marine environmental research*, **123**: p. 53-61.
122. Coates, D.A. et al. (2014). Enrichment and shifts in macrobenthic assemblages in an offshore wind farm area in the Belgian part of the North Sea. *Marine environmental research*, **95**: p. 1-12.
123. Wilhelmsson, D. en Malm, T. (2008). Fouling assemblages on offshore wind power plants and adjacent substrata. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **79**(3): p. 459-466.
124. Bouma, S. en Lengkeek, W. (2009). *Development of underwater flora-and fauna communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee (OWEZ)*. Bureau Waardenburg. Rapportnr: 08-220.
125. Bouma, S. en Lengkeek, W. (2012). *Benthic communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). Including results of samples collected in scour hole*. Bureau Waardenburg. Rapportnr: OWEZ_R_266_T1_20120206_hard_substrate.
126. Linley, E. et al. (2007). *Review of the reef effects of offshore wind farm structures and their potential for enhancement and mitigation*. Report to Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform. PML Applications Ltd in association with Scottish Association of Marine Sciences (SAMS). Rapportnr: RFCA/005/00029P.
127. Pearce, B. et al. (2014). Repeated mapping of reefs constructed by *Sabellaria spinulosa* Leuckart 1849 at an offshore wind farm site. *Continental Shelf Research*, **83**: p. 3-13.
128. Bergman, M. et al. (2012). *Impact of OWEZ wind farm on the local macrobenthos community*. Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee. Rapportnr: OWEZ_R_261_T2_20121010.
129. Hammar, L., Perry, D., en Gullström, M. (2015). Offshore wind power for marine conservation. *Open Journal of Marine Science*, **6**(01): p. 66.
130. Inger, R. et al. (2009). Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology*, **46**(6): p. 1145-1153.
131. Lengkeek, W. et al. (2017). *Eco-friendly design of scour protection: potential enhancement of ecological functioning in offshore wind farms*. Bureau Waardenburg. Rapportnr: 17-001.
132. Smaal, A. et al. (2017). *Flat oysters on offshore wind farms: opportunities for the development of flat oyster populations on existing and planned wind farms in the Dutch section of the North Sea*. Wageningen Marine Research. Rapportnr: C052/17.
133. Schild, G. *Workshop report. In Technical workshop on flat oyster restoration. Including guidelines for offshore pilot projects*, 2017, Amsterdam