

**MKBA Windenergie binnen de 12-mijlszone**

*Maatschappelijke afweging van windenergie op  
zee binnen en buiten de 12-mijlszone*

OPGESTELD IN OPDRACHT VAN:

Ministerie van Economische Zaken

OPGESTELD DOOR:

Decisio BV



Witteveen+Bos



Adres: Valkenburgerstraat 212  
1011 ND Amsterdam  
Telefoon: 020 – 67 00 562  
Fax: 020 – 47 01 180  
E-mail: [info@decisio.nl](mailto:info@decisio.nl)  
Website: [www.decisio.nl](http://www.decisio.nl)

TITEL RAPPORT:

MKBA Windenergie binnen de 12-mijlszone. Maatschappelijke afweging van windenergie op zee binnen en buiten de 12-mijlszone

STATUS RAPPORT:

Eindrapport

DATUM:

6 maart 2014

OPDRACHTGEVER:

Ministerie van Economische Zaken

PROJECTTEAM DECISIO:

Niels Hoefsloot ([n.hoefsloot@decisio.nl](mailto:n.hoefsloot@decisio.nl)), Menno de Pater, Mathieu Wijnen, Daan van Gent

PROJECTTEAM WITTEVEEN+BOS:

Ruben Abma, Elisabeth Ruijgrok, Ilse Nelisse-Rovers

## Inhoud

|                                                                |               |
|----------------------------------------------------------------|---------------|
| Samenvatting                                                   | i             |
| S1 Inleiding.....                                              | i             |
| S2 Zoekgebieden binnen de 12-mijlszone .....                   | i             |
| S3 Varianten.....                                              | iii           |
| S4 Effecten .....                                              | iv            |
| S5 Resultaten.....                                             | vii           |
| S6 Conclusie.....                                              | xvi           |
| <br>1 Inleiding                                                | <br><b>1</b>  |
| <br>2 Probleemanalyse, projectalternatieven en varianten       | <br><b>4</b>  |
| 2.1 Probleemanalyse .....                                      | 4             |
| 2.2 Uitbreiden binnen of buiten de 12-mijlszone .....          | 6             |
| 2.2.1 Varianten 4.450 MW .....                                 | 10            |
| 2.2.2 Varianten 6.000 MW .....                                 | 10            |
| 2.2.3 Potentiële knelpunten binnen de 12-mijlszone.....        | 12            |
| 2.3 Scenario's en gevoeligheidsanalyses .....                  | 16            |
| 2.3.1 Scenario's kostprijsontwikkeling windenergie op zee..... | 16            |
| 2.3.2 Gevoeligheidsanalyses .....                              | 17            |
| <br>3 Directe effecten/business case                           | <br><b>19</b> |
| 3.1 Opbouw business case.....                                  | 19            |
| 3.1.1 Aanlegkosten.....                                        | 19            |
| 3.1.2 Exploitatie.....                                         | 20            |
| 3.2 Resultaten business case .....                             | 21            |
| 3.3 Subsidies.....                                             | 23            |
| <br>4 Indirecte effecten                                       | <br><b>26</b> |
| 4.1 Zandwinning.....                                           | 26            |
| 4.1.1 Vraag naar zand ten behoeve van kustsuppletie .....      | 27            |
| 4.1.2 Vraag naar ophoog- en commercieel zand .....             | 28            |
| 4.1.3 Huidige zandwinlocaties.....                             | 28            |
| 4.1.4 Netto contante waarde effecten zandwinning .....         | 28            |
| 4.2 Scheepvaart.....                                           | 29            |
| 4.2.1 Interactie met Scheepvaart.....                          | 29            |
| 4.2.2 Effecten op de veiligheid .....                          | 30            |
| 4.2.3 Radarverstoring.....                                     | 30            |
| 4.3 Olie- en gaswinning.....                                   | 31            |
| 4.4 Visserij .....                                             | 32            |
| 4.5 Leidingen en kabels.....                                   | 34            |

|          |                                                                        |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6      | Defensie .....                                                         | 34        |
| 4.6.1    | Schietterrein Petten .....                                             | 34        |
| 4.6.2    | Oefengebied voor schepen en helikopters ('240Petten10') .....          | 35        |
| 4.6.3    | Overige aandachtspunten .....                                          | 35        |
| 4.6.4    | Conclusie defensiebelangen .....                                       | 35        |
| 4.7      | Restcapaciteit elektriciteitscentrales .....                           | 36        |
| 4.8      | Conclusies indirecte effecten .....                                    | 36        |
| <b>5</b> | <b>Externe effecten .....</b>                                          | <b>38</b> |
| 5.1      | Ecologie .....                                                         | 38        |
| 5.2      | Recreatie, toerisme en bewoners (zichthinder) .....                    | 43        |
| 5.2.1    | Recreatievaart .....                                                   | 43        |
| 5.2.2    | Strandrecreatie .....                                                  | 45        |
| 5.2.3    | Dagrecreatie .....                                                     | 46        |
| 5.2.4    | Verblijfsrecreatie .....                                               | 48        |
| 5.2.5    | Conclusie strandrecreatie .....                                        | 49        |
| 5.3      | Huizenprijzen .....                                                    | 50        |
| 5.4      | Conclusies externe effecten .....                                      | 50        |
| <b>6</b> | <b>Integrale vergelijking .....</b>                                    | <b>52</b> |
| 6.1      | Overzichtstabellen .....                                               | 52        |
| 6.1.1    | Resultaten 4.450 MW .....                                              | 52        |
| 6.1.2    | Resultaten 6.000 MW .....                                              | 53        |
| 6.2      | Gevoeligheidsanalyses .....                                            | 55        |
| 6.2.1    | Onderscheidende effecten binnen en buiten de 12mijlszone .....         | 55        |
| 6.2.2    | Algemene gevoeligheidsanalyses .....                                   | 58        |
|          | Literatuur .....                                                       | 62        |
|          | Bijlage 1: Samenstelling varianten .....                               | 64        |
|          | Bijlage 2: Uitgangspunten bij de berekeningen .....                    | 65        |
|          | Bijlage 3: Uitgangspunten bij de berekeningen effect zandwinning ..... | 70        |
|          | Bijlage 4: Effect op ecologie .....                                    | 74        |

## Samenvatting

### S1 Inleiding

Inzet van windenergie is een belangrijk instrument in de verduurzaming van onze energievoorziening. Ingegeven door Europese doelstellingen is in het Nationaal Waterplan (2009) de ambitie opgenomen om 6.000 Megawatt aan windenergie op de Noordzee op te wekken. De SER heeft onlangs het *Energieakkoord voor een duurzame groei* gepubliceerd, hierin onderschrijven verschillende (maatschappelijke) organisaties het belang van verduurzaming van de Nederlandse energievoorziening en daarbij wordt ingezet op een operationeel vermogen van 4.450 MW aan Wind op Zee in 2023. Op dit moment is er een opgesteld vermogen van 228 MW en een vergund vermogen van 729 MW, waaraan ook subsidie is toegekend. In de periode tot 2023 dient er dus nog ongeveer 3.500 MW (SER) aan vermogen windenergie op zee bij te komen.

Voorgaande studies bespraken windenergie op zee buiten de 12-mijlzone (23 kilometer of verder uit de kust). Begin 2013 is echter besloten om in aanvulling op de Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee, een haalbaarheidsstudie uit te voeren naar de (on)mogelijkheden van (en het draagvlak voor) windenergie *binnen* de 12-mijlszone. Opwekking binnen de 12-mijlszone kan namelijk voordeliger zijn. Het ruimtelijk medegebruik van de Noordzee binnen de 12-mijlszone is echter groter dan daarbuiten. Zo kunnen er conflicten zijn met scheepvaart, olie- en gaswinning, zandwinning, defensie en visserij. Bovendien kunnen er grotere effecten zijn op ecologie, toerisme en recreatie.

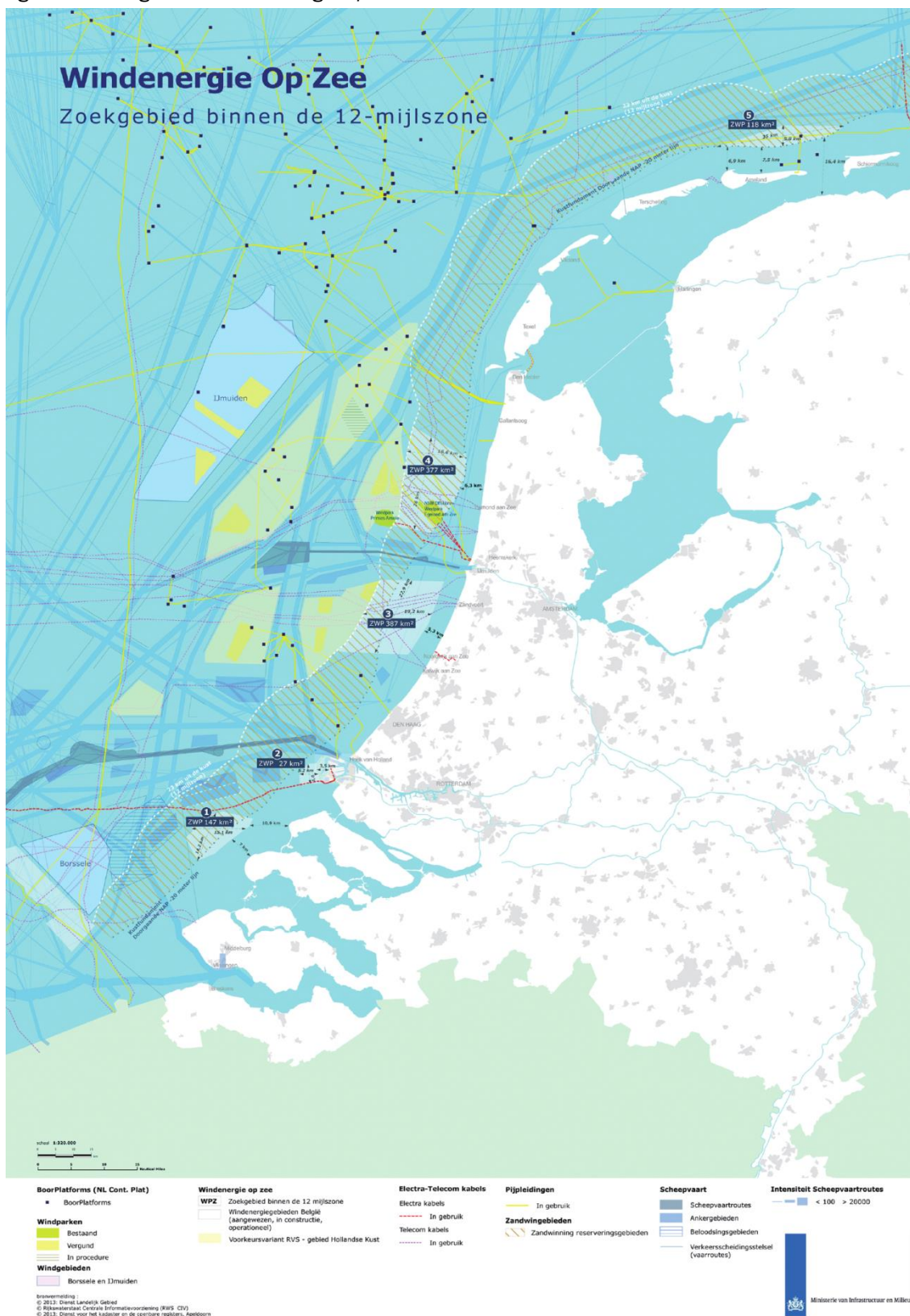
Deze maatschappelijke kosten batenanalyse (MKBA) maakt inzichtelijk wat de verschillen zijn in maatschappelijke kosten en baten van de realisatie van windmolenparken binnen en buiten de 12-mijlszone en welke zoekgebieden vanuit maatschappelijk perspectief het aantrekkelijkst zijn om te gebruiken voor windenergie bij verschillende productieniveaus.

Het resultaat van de gemonetariseerde maatschappelijke kosten en baten van windenergie binnen de 12-mijlszone is gunstiger dan buiten de 12-mijlszone. Dat wordt veroorzaakt door de lagere aanleg- en operationele kosten voor windmolenparken binnen de 12-mijlszone. De maatschappelijke kosten door negatieve gevolgen voor andere functies zijn wel hoger dan buiten de 12-mijlszone, maar compenseren in het algemeen niet voor het kostenverschil. Deze (maatschappelijke) kosten hebben onder meer te maken met zandwinning, recreatie, olie en gaswinning, ecologie en scheepvaart.

### S2 Zoekgebieden binnen de 12-mijlszone

In figuur S1 zijn de zoekgebieden voor windenergie op zee weergegeven naast een aantal andere ruimtelijke claims op de Noordzee.

Figuur S1 Zoekgebieden windenergie op zee

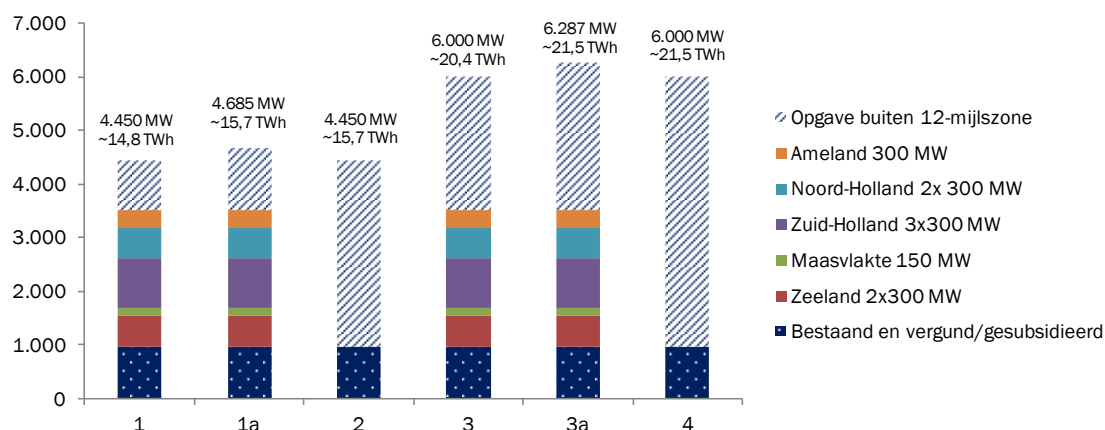


De vijf zoekgebieden binnen de 12-mijlszone zijn aangewezen op basis van de eerste fase van de haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheden van windenergie binnen de 12-mijlszone. Het betreft de gebieden, Zeeland (nabij Schouwen), Maasvlakte (bij de Tweede Maasvlakte), Zuid-Holland (tussen Noordwijk en Bloemendaal), Noord-Holland (tussen Egmond en Julianadorp) en Ameland (ten noorden van Ameland). Voor de ruimtebehoefte voor windenergie op zee wordt uitgegaan van een vuistregel van 6MW per km<sup>2</sup>. Met een inschatting gebaseerd op gegevens van ECN en inschattingen van het ministerie van IenM lijkt een opgesteld vermogen van maximaal 2.550 MW in de zoekgebieden binnen de 12-mijlszone realistisch. Dit is als uitgangspunt genomen in de MKBA.

### S3 Varianten

Voor de MKBA zijn 6 hoofdvarianten ontwikkeld die variëren in opgesteld vermogen, productieniveau en locatie binnen of buiten de 12-mijlszone. In figuur S2 is een grafiek opgenomen waarin de 6 varianten naast elkaar zijn gepresenteerd, hierin is weergegeven hoeveel TWh aan productie en hoeveel MW er gerealiseerd kan worden. Ook is zichtbaar waar dit vermogen gerealiseerd wordt.

Figuur S2 Opbouw varianten MKBA



#### Varianten 4.450 MW

- Variant 1: in deze variant wordt zo kosteneffectief als mogelijk 4.450 MW aan vermogen gerealiseerd. Hiervoor dienen in alle zoekgebieden binnen de 12-mijlszone windmolenparken gerealiseerd te worden tot een vermogen van 2.550 MW. Het overige vermogen is een opgave voor buiten de 12-mijlszone.
- Variant 1a: deze variant loopt gelijk op met variant 1, maar om tot het 'productie-equivalent' van variant 2 (15,7 TWh) te komen moet meer vermogen buiten de 12-mijlszone gerealiseerd worden dan in variant 1.
- Variant 2: deze variant wordt opgebouwd vanaf de huidige en vergunde parken waaraan ook subsidie is toegekend, naar 4.450 MW, volledig buiten de 12-mijlszone.



#### *Varianten 6.000 MW*

Volgens hetzelfde principe zijn drie varianten die in totaal opbouwen tot 6.000 MW vergeleken. Reden om ook deze varianten op te nemen is dat 6.000 MW een eerdere doelstelling van het NWP was, en dat het voor de hand ligt dat na het bereiken van de doelstellingen in het Energieakkoord de vraag naar windenergie op zee verder toe zal nemen.

- Variant 3: hierin worden nieuwe windmolenparken weer zoveel als mogelijk binnen de 12-mijlszone geplaatst.
- Variant 3a: loopt gelijk op met variant 3, maar om tot het 'productie-equivalent' van variant 4 te komen (21,5 TWh) moet extra vermogen buiten de 12-mijlszone gerealiseerd worden.
- Variant 4: deze variant wordt opgebouwd vanaf de huidige en vergunde parken (met subsidie), wederom volledig buiten de 12-mijlszone, maar nu tot 6.000 MW.

#### *Scenario's kostprijs windenergie*

Er is onderscheid gemaakt tussen twee scenario's voor de kostprijsdaling van windenergie, omdat in deze ontwikkelingen grote onzekerheden zitten. Het eerste scenario gaat uit van de veronderstellingen die ook ten grondslag liggen aan de berekeningen in het SER Energieakkoord, het tweede scenario sluit aan bij andere wetenschappelijke publicaties over trends en marktontwikkelingen in de windenergiesector, waarbij de kosten minder snel dalen dan in de aannames bij het Energieakkoord.

## **S4 Effecten**

De effecten in de MKBA zijn onderverdeeld in de business case voor windenergie op zee en effecten op andere functies op de Noordzee.

### **Business case**

De business case is opgebouwd uit de kosten voor investeringen, beheer en onderhoud, de opbrengsten uit exploitatie, een restwaarde voor funderingen en aansluitingen. Ook subsidies zijn onderdeel van de business case.

#### *Kosten van investeringen en beheer en onderhoud*

De benodigde investeringen om de windparken aan te leggen zijn afhankelijk van een aantal factoren. Zo heeft de afstand van een windpark tot een haven grote invloed op de kosten voor transport en aansluitkosten. Daarnaast speelt het type turbine en de fundering een belangrijke rol. De windsnelheid en waterdiepte bepalen welke typen optimaal zijn en dus welke kosten hiermee gemoeid zijn. Exploitatiekosten/beheer en onderhoud hangen af van de afstand tot havens en het aantal vollasturen.

#### *Exploitatieopbrengsten*

Exploitatieopbrengsten zijn afhankelijk van de energieprijzontwikkeling. Om deze te bepalen is aansluiting gezocht bij de uitgangspunten zoals gebruikt in het Energieakkoord en bij de CPB kosten-batenanalyse van Wind op Land. Bij het berekenen van de opbrengsten is rekening gehouden met het zogenaamde profieffect: windmolens produceren alleen energie op het moment dat het waait.



Dat is niet noodzakelijkerwijs het moment dat de vraag naar energie groot is, per definitie wel het moment dat het aanbod van windenergie het grootst is, ook in de ons omringende landen. Een groot aandeel aan windenergie in de energievoorziening zorgt voor relatief grote fluctuaties in de elektriciteitsprijs. De opbrengsten voor windenergie zijn lager dan de gemiddelde elektriciteitsprijs en naarmate het aandeel windenergie toeneemt in de totale elektriciteitsvoorziening, neemt ook dit effect toe. Dit profieffect heeft een neerwaartse druk op de elektriciteitsprijs die voor windenergie wordt betaald, die kan oplopen tot een derde van de gemiddelde elektriciteitsprijs (basislast).

#### *Subsidies*

Subsidies vormen een inkomensoverdracht (ze dekken het verschil tussen de kostprijs van windenergie en de marktprijs van elektriciteit per kWh) die in beginsel geen effect heeft op de uitkomsten van de MKBA. De kosten voor de overheid zijn de inkomsten voor het bedrijfsleven dat de parken exploiteert en bedragen bij elkaar opgeteld voor de 'BV Nederland' nul. Het gaat hier echter om zeer omvangrijke bedragen, zodat de uiteindelijke subsidiekosten zeer relevante beleidsinformatie opleveren. Deze worden daarom apart gepresenteerd.

#### *Restwaarde*

Er is uitgegaan van een hergebruik van funderingen en aansluitingen na een eerste levenscyclus van de turbines. In de business case is daarom een restwaarde voor deze onderdelen opgenomen. Voor de overige effecten (zie hieronder) is uitgegaan van een permanente verandering.

#### **Gevolgen voor andere functies**

##### *Zandwinning*

De kosten van zandwinning hangen sterk samen met de te overbruggen afstand van een zandwinlocatie naar een haven of de plaats waar gesuppleerd moet worden (het opspuiten van zand ten behoeve van het kustfundament). Zodra er windmolenparken binnen de 12-mijlszone geplaatst worden zal dat ervoor zorgen dat zandwinlocaties minder goed bereikbaar zijn en er om windmolenparken heen gevaren moet worden. De extra kosten voor omvaren gaan bij een aantal windmolenparken direct spelen. Bovendien gaat het winbare zand dat onder de windmolenparken gelegen is verloren, wat voor een kleinere zandvoorraad zorgt.

##### *Scheepvaart*

Op de Noordzee zijn scheepvaartroutes en ankergebieden aangewezen. Rondom deze gebieden dient in principe een veiligheidszone van 2 nautische mijl aangehouden te worden. Op dit moment wordt gezien of maatwerk mogelijk is waardoor ook kleinere afstanden haalbaar zijn. De zoekgebieden zijn zo gekozen dat bestaande routes worden gerespecteerd en de veiligheidszone wordt aangehouden. Er zijn wel effecten op de veiligheid, zo is er een groter risico op aanvaringen doordat er extra obstakels zijn, wat voor met name driftende (stuurloze) schepen een risico kan zijn. Daarnaast is er een effect op radarverstoring indien er een turbine geplaatst wordt bij zoekgebied Zeeland. In de MKBA zijn de kosten voor een steunpost, om deze verstoring op te heffen, opgenomen.

#### *Olie- en gaswinning*

Voor de olie- en gasindustrie spelen twee factoren een rol. De bereikbaarheid van huidige platforms kan verslechteren door plaatsing van turbines en de verwachte olie- en gasvoorraden (prospects) kunnen onbereikbaar worden en daarmee niet meer te winnen zijn.

#### *Visserij*

Realisatie van windmolenparken in de Noordzee kan negatieve gevolgen hebben voor de visserij. Er zijn twee potentiële effecten. De visvangst zal afnemen, ook indien anders dan nu medegebruik beperkt wordt toegestaan, en vissers kunnen worden geconfronteerd met hogere productiekosten doordat ze om windmolenparken heen moeten varen.

#### *Leidingen en kabels*

In de Noordzee lopen tal van leidingen en kabels. Aantasting hiervan zou grote schade met zich kunnen meebrengen, bovendien spelen er knelpunten ten aanzien van onderhoud. Om die reden moet er een vrije zone rondom telecom- en elektriciteitskabels worden aangehouden van 1.500 meter en rondom pijpleidingen een vrije zone van ten minste 100 meter. Uitgangspunt is dat bij het plaatsen van windmolens in de windenergiegebieden voldoende afstand wordt gehouden tot kabels en leidingen.

#### *Defensie*

Op de Noordzee spelen meerdere defensiebelangen, zo zijn er onveilige zones van schietterreinen, aanvliegebieden voor de kust, oefengebieden voor schepen en voor schepen met helikopters. Bij de begrenzing van de zoekgebieden voor windenergie is rekening gehouden met de grenzen van deze gebieden. Alleen het zoekgebied Noord-Holland overlapt gedeeltelijk met een oefengebied. Defensie is echter bereid deze begrenzing aan te passen. Dit brengt wel kosten met zich mee, die in de MKBA zijn verwerkt.

#### *Ecologie*

Plaatsing van windturbines binnen de 12-mijlszone kan invloed hebben op de beschermde natuur binnen deze gebieden. De volgende beschermde natuurwaarden zijn onderzocht: de Vogel- en Habitatrichtlijngebieden die (deels) in of in de nabije omgeving van zoekgebieden liggen, de natuurbeschermingswet, de Flora- en faunawet en de OSPAR- en Bern-verdragen, de niet beschermde soorten of gebieden die cruciaal zijn voor wel beschermde soorten (foerageergebied, trekgebied, etc.) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie met twee relevante kwaliteitselementen (GES-elementen), namelijk invasieve soorten en onderwatergeluid.

Voor vrijwel alle soortgroepen is niet gedetailleerd genoeg bekend waar en wanneer de beschermde soorten voorkomen. Uitgaande van het voorzorgsprincipe (uit de KRM en Habitatrichtlijn) mogen enkel ingrepen gedaan worden die zeker geen negatief effect hebben op beschermde soorten en populaties. In het geval er mogelijk wel negatieve effecten te verwachten zijn, dient gemitigeerd en mogelijk gecompenseerd te worden. Effecten die leiden tot afname van de populatie (geluidshinder

tijdens aanleg, afname areaal foerageergebied, afname aantallen prooidieren, aanvaringen, verstoring) zijn niet toegestaan.

#### *Recreatie, toerisme en bewoners (zichthinder)*

Er zijn drie relevante effecten die op kunnen treden voor recreatie, toerisme en bewoners. Zo kunnen mogelijkheden voor de recreatievaart afnemen. Indien medegebruik bij de windmolenparken toegestaan wordt zal dit effect waarschijnlijk geringer zijn. Strandrecreanten kunnen zich storen aan het verlies van vrij zicht. Zij kunnen hierdoor het strand minder gaan waarderen, wat uiteindelijk ook het strandbezoek kan doen afnemen. Dit kan effect hebben op de inkomsten van recreatieondernemers en de kust economie als geheel. Aan de andere kant is het ook voor te stellen dat men de windmolens op zee een interessant uitzicht vindt geven. Ten slotte is het mogelijk dat prijzen van (vakantie)huizen aan zee dalen door het verdwijnen van vrij zicht.

## **S5 Resultaten**

In deze paragraaf presenteren we de resultaten van de MKBA. We gaan eerst in op de kosten van het aanleggen (turbines, funderingen, aansluiting intern en op het net, transport en bouw en een post voor overige kosten)<sup>1</sup> van windparken per zoekgebied, vervolgens worden de totale gemonetariseerde maatschappelijke kosten en baten per variant weergegeven en worden de subsidies gepresenteerd. Ten slotte gaan we in op de maatschappelijke effecten per zoekgebied en wordt een aantal gevoeligheidsanalyses gepresenteerd.

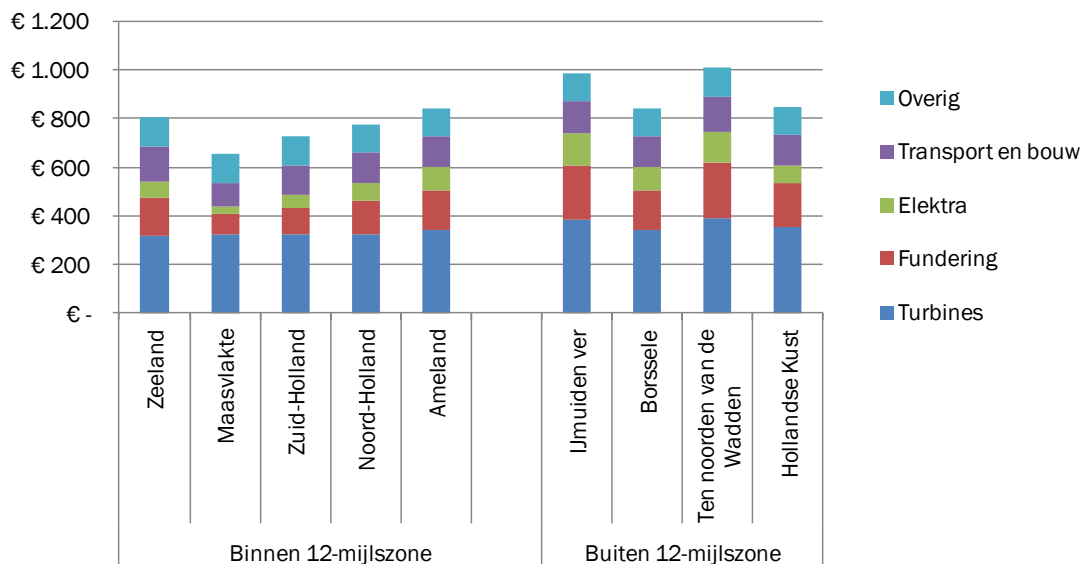
### **Kosten aanleggen windparken per zoekgebied**

Een belangrijk onderdeel in de business case zijn de kosten voor aanleg van de windmolenparken. Deze kosten zijn locatieafhankelijk: op plaatsen waar het hard waait worden andere turbines gebruikt dan op plaatsen waar het mindere hard waait. De wijze van funderen (en de kosten die hiermee samenhangen) is vooral afhankelijk van de waterdiepte. De kosten voor het aansluiten van een park worden hoger naarmate een park verder van een aansluitpunt op het landelijk hoogspanningsnet is gelegen. In figuur S3 is een indicatie gegeven van de verschillen in aanlegkosten voor een park met een vermogen van 300 MW.

---

<sup>1</sup> Overige kosten zijn bijv. voorbereidingskosten, geografisch/grond check, kosten voor monitoringsapparatuur etc.

Figuur S3 Gemiddelde kosten van aanleg windmolenpark in mln euro, prijspeil/kostenniveau 2015



Bron: ECN, bewerking Decisio – kosten Ameland zijn niet op dezelfde wijze berekend, maar gebaseerd op een eerdere inschatting van ECN.

De kosten van aansluiting (elektra) van de parken kennen relatief gezien de grootste verschillen: het aansluiten van een park in de buiten de 12-mijlszone gelegen gebieden 'IJmuiden ver' of 'ten noorden van de Wadden' kost 2 tot 2,5 keer zo veel als het aansluiten van een park voor de kust van Zuid Holland of Zeeland binnen de 12-mijlszone. Maar ook de kosten voor funderingen verschillen relatief sterk: dit heeft vooral te maken met waterdiepte en het gebruikte type turbine<sup>2</sup> waarbij de kosten buiten de 12-mijlszone op kunnen lopen tot het dubbele van de kosten binnen de 12-mijlszone. In absolute zin is er ook nog een groot verschil in de kosten van turbines: bij hardere wind (buiten de 12-mijlszone) kunnen grotere turbines worden ingezet met hogere rendementen. In aanlegkosten zijn deze echter wel duurder (in dit voorbeeld tot ca. 20%).

#### Resultaten gemonetariseerde maatschappelijke kosten en baten

Naast de aanlegkosten zijn ook de overige componenten van de business case berekend en de effecten op de overige functies. Door de effecten in de tijd uit te zetten en de in euro's uitgedrukte effecten contant te maken ontstaat een indicatie van het maatschappelijk rendement.

#### Resultaten varianten 4.450 MW

In tabel S1 is een overzicht van de resultaten voor de varianten die opbouwen naar 4.450 MW opgenomen.

<sup>2</sup> Per locatie wordt, rekening houdend met de waterdiepte en windsnelheid, in de modellen van ECN gezocht naar een optimale combinatie van turbine en fundering die tegen de laagste kosten per kWh elektriciteit kunnen produceren. Een duurdere fundering verdient zich dan terug door een efficiëntere turbine.

Tabel S1 Overzicht resultaten MKBA voor de varianten van 4.450 MW (in mln euro en NCW)\*

| Variant                                | Energieakkoord        |                       |                       | Trendmatig            |                       |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                        | 1                     | 1a                    | 2                     | 1                     | 1a                    | 2                     |
|                                        | 4.450 MW<br>~14,8 TWh | 4.685 MW<br>~15,7 TWh | 4.450 MW<br>~15,7 TWh | 4.450 MW<br>~14,8 TWh | 4.685 MW<br>~15,7 TWh | 4.450 MW<br>~15,7 TWh |
| <b>Businesscase</b>                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Investerings                           | -€ 6.319              | -€ 6.722              | -€ 7.344              | -€ 7.275              | -€ 7.762              | -€ 8.475              |
| B&O-kosten                             | -€ 2.875              | -€ 3.044              | -€ 3.027              | -€ 3.291              | -€ 3.499              | -€ 3.471              |
| Productieopbrengsten                   | € 5.739               | € 6.095               | € 6.109               | € 5.739               | € 6.095               | € 6.109               |
| Restwaarde                             | € 206                 | € 224                 | € 286                 | € 360                 | € 389                 | € 498                 |
| <b>Totaal businesscase</b>             | <b>-€ 3.249</b>       | <b>-€ 3.447</b>       | <b>-€ 3.976</b>       | <b>-€ 4.467</b>       | <b>-€ 4.776</b>       | <b>-€ 5.339</b>       |
| <b>Indirecte effecten</b>              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Zandwinning                            | -€ 22                 | -€ 22                 | € 0                   | -€ 22                 | -€ 22                 | € 0                   |
| Radar aanpassing                       | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   |
| Visserij                               | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  |
| Defensie                               | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   |
| Olie&gas                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal indirecte effecten</b>       | <b>-€ 70 -?</b>       | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 3 -?</b>        | <b>-€ 70</b>          | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 3 -?</b>        |
| <b>Externe effecten</b>                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Recreatie                              | -€ 349                | -€ 347                | -€ 144                | -€ 349                | -€ 347                | -€ 144                |
| Uitstoot elektriciteitscentrales       | € 0 - 357             | € 0 - 381             | € 0 - 382             | € 0 - 357             | € 0 - 381             | € 0 - 382             |
| Uitstoot tijdens aanleg                | -€ 56                 | -€ 59                 | -€ 56                 | -€ 56                 | -€ 59                 | -€ 56                 |
| Uitstoot zandwinning                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   |
| Scheepvaart veiligheid                 | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Ecologie                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal externe effecten</b>         | <b>-€ 414 -?</b>      | <b>-€ 416 -?</b>      | <b>-€ 200 -?</b>      | <b>-€ 414</b>         | <b>-€ 416 -?</b>      | <b>-€ 200 -?</b>      |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>-€ 57 -?</b>       | <b>-€ 34 -?</b>       | <b>€ 182 -?</b>       | <b>-€ 57 -?</b>       | <b>-€ 34 -?</b>       | <b>€ 182 -?</b>       |
| <b>Totaal</b>                          | <b>-€ 3.732 -?</b>    | <b>-€ 3.932 -?</b>    | <b>-€ 4.179 -?</b>    | <b>-€ 4.950 -?</b>    | <b>-€ 5.261 -?</b>    | <b>-€ 5.542 -?</b>    |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>-€ 3.375 -?</b>    | <b>-€ 3.551 -?</b>    | <b>-€ 3.797 -?</b>    | <b>-€ 4.593 -?</b>    | <b>-€ 4.880 -?</b>    | <b>-€ 5.160 -?</b>    |
| <b>B/K</b>                             | <b>0,41</b>           | <b>0,42</b>           | <b>0,43</b>           | <b>0,32</b>           | <b>0,32</b>           | <b>0,35</b>           |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>0,47</b>           | <b>0,47</b>           | <b>0,48</b>           | <b>0,37</b>           | <b>0,37</b>           | <b>0,39</b>           |

\* Ondanks de exact gelijke elektriciteitsproductie in TWh in de varianten 1a en 2 zijn de productieopbrengsten en de vermeden kosten van uitstoot elektriciteitscentrales (in contante waarden uitgedrukt) niet aan elkaar gelijk. Dit heeft te maken met de fasering: de parken met de laagste kosten worden het eerst aangelegd. Deze parken produceren minder elektriciteit per MW opgesteld vermogen dan de duurdere parken. In de eindsituatie is de productie van de varianten dus exact aan elkaar gelijk, maar tijdens de aanlegperiode is dat nog niet het geval.

Naast de in euro's uitgedrukte effecten is ook een aantal effecten in de tabel opgenomen met een vraagteken erbij. Dit betreft de effecten die maatschappelijk relevant zijn, maar waarvan de omvang (op dit moment) niet bekend is. Alle negatieve effecten in de tabel hebben een minteken, positieve effecten zijn positief. Alle effecten gesommeerd (de regel **Totaal**) laten het saldo van alle contante waarden in de tijd zien. Deze waarden zijn negatief wat betekent dat de gemonetariseerde en contant gemaakte baten niet opwegen tegen de kosten bij de gebruikte discontovoet van 5,5%. De baten-kostenverhouding (**B/K**) geeft de verhouding weer tussen de kosten en de baten/overige effecten. Indien deze kleiner is dan 1 dan zijn de contant gemaakte kosten groter dan de contant gemaakte baten.

Bij een productie-equivalent (waarmee variant 1a en 2 worden vergeleken) is het bouwen van windmolenparken binnen de 12-mijlszone gunstiger dan bouwen buiten de 12-mijlszone. In contante waarden gaat het om bedragen van 250 miljoen (energieakkoord scenario) tot ruim 280 miljoen euro (trendmatig scenario). Het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door lagere investerings-, beheer- en onderhoudskosten voor windmolenparken binnen de 12-mijlszone. De kosten voor indirecte en externe effecten zijn voor de varianten binnen de 12-mijlszone groter dan voor de varianten buiten de 12-mijlszone. Dit wordt veroorzaakt doordat het aanleggen van windmolenparken buiten de 12-mijlszone beperkte of geen effecten hebben op zandwinning, scheepvaart, defensie en recreatie. De niet gemonetariseerde effecten op olie en gas kunnen mogelijk een impact hebben op specifieke locaties, maar onduidelijk is of er een generiek verschil is tussen locaties binnen en buiten de 12-mijlszone. Het aanhouden van restcapaciteit bij bestaande elektriciteitscentrales kan nog substantiële kosten met zich meebrengen, maar is niet locatieafhankelijk, dus ook niet onderscheidend tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone. Effecten op de scheepvaartveiligheid treden ook in elk geval op: meer obstakels op zee maakt de kans op aanvaringen per definitie groter. Dit effect is naar verwachting beperkt onderscheidend tussen varianten.

#### *Resultaten varianten 6.000 MW*

Indien het opgestelde vermogen verder wordt uitgebreid naar 6.000 MW worden de verschillen tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone groter. Bij een productie-equivalent (waarmee variant 3a en 4 worden vergeleken) is het bouwen van windmolenparken binnen de 12-mijlszone ruim 415 miljoen euro (energieakkoord scenario) tot ruim 455 miljoen euro (trendmatig scenario) gunstiger dan bouwen buiten de 12-mijlszone. Ook hier wordt dat verschil veroorzaakt door lagere investerings-, beheer- en onderhoudskosten voor windmolenparken binnen de 12-mijlszone. In vergelijking met de 4.450 MW varianten zijn dezelfde windmolenparken binnen de 12-mijlszone, maar enkele extra (en duurdere) windmolenparken buiten de 12-mijlszone meegewogen, waardoor het verschil groter wordt.

De kosten voor indirecte en externe effecten in de varianten met 6.000 MW verschillen nauwelijks met die van de varianten met 4.450 MW, want het gaat om de aanleg van dezelfde windmolenparken binnen de 12-mijlszone. Dus ook voor de 6.000 MW variant geldt dat de indirecte en externe effecten binnen de 12-mijlszone groter zijn dan buiten de 12-mijlszone.

In tabel S2 is het volledige overzicht van de 6.000 MW varianten opgenomen.

Tabel S2 Overzicht resultaten MKBA voor de varianten van 6.000 MW (in mln euro en NCW)\*

| Variant                                | Energieakkoord        |                       |                       | Trendmatig            |                       |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                        | 3                     | 3a                    | 4                     | 3                     | 3a                    | 4                     |
|                                        | 6.000 MW<br>~20,4 TWh | 6.287 MW<br>~21,5 TWh | 6.000 MW<br>~21,5 TWh | 6.000 MW<br>~20,4 TWh | 6.287 MW<br>~21,5 TWh | 6.000 MW<br>~21,5 TWh |
| <b>Businesscase</b>                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Investerings                           | -€ 8.661              | -€ 9.043              | -€ 9.811              | -€ 10.389             | -€ 10.945             | -€ 11.812             |
| B&O-kosten                             | -€ 3.793              | -€ 3.946              | -€ 3.957              | -€ 4.513              | -€ 4.731              | -€ 4.731              |
| Productieopbrengsten                   | € 8.014               | € 8.406               | € 8.417               | € 8.014               | € 8.406               | € 8.417               |
| Restwaarde                             | € 323                 | € 344                 | € 417                 | € 554                 | € 589                 | € 711                 |
| <b>Totaal businesscase</b>             | <b>-€ 4.117</b>       | <b>-€ 4.239</b>       | <b>-€ 4.934</b>       | <b>-€ 6.334</b>       | <b>-€ 6.681</b>       | <b>-€ 7.416</b>       |
| <b>Indirecte effecten</b>              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Zandwinning                            | -€ 21                 | -€ 21                 | € 0                   | -€ 21                 | -€ 21                 | € 0                   |
| Radar aanpassing                       | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   |
| Visserij                               | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  |
| Defensie                               | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   |
| Olie&gas                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal indirecte effecten</b>       | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 4 -?</b>        | <b>-€ 69</b>          | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 4 -?</b>        |
| <b>Externe effecten</b>                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Recreatie                              | -€ 349                | -€ 349                | -€ 144                | -€ 349                | -€ 349                | -€ 144                |
| Emissies                               | € 0 - 514             | € 0 - 543             | € 0 - 543             | € 0 - 514             | € 0 - 543             | € 0 - 543             |
| Uitstoot tijdens aanleg                | -€ 78                 | -€ 81                 | -€ 78                 | -€ 78                 | -€ 81                 | -€ 78                 |
| Uitstoot zandwinning                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   |
| Scheepvaart veiligheid                 | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Ecologie                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal externe effecten</b>         | <b>-€ 435 -?</b>      | <b>-€ 439 -?</b>      | <b>-€ 222 -?</b>      | <b>-€ 435</b>         | <b>-€ 439 -?</b>      | <b>-€ 222 -?</b>      |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>€ 79 -?</b>        | <b>€ 104 -?</b>       | <b>€ 321 -?</b>       | <b>€ 79 -?</b>        | <b>€ 104 -?</b>       | <b>€ 321 -?</b>       |
| <b>Totaal</b>                          | <b>-€ 4.622 -?</b>    | <b>-€ 4.747 -?</b>    | <b>-€ 5.160 -?</b>    | <b>-€ 6.838 -?</b>    | <b>-€ 7.189 -?</b>    | <b>-€ 7.642 -?</b>    |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>-€ 4.108 -?</b>    | <b>-€ 4.204 -?</b>    | <b>-€ 4.617 -?</b>    | <b>-€ 6.325 -?</b>    | <b>-€ 6.646 -?</b>    | <b>-€ 7.099 -?</b>    |
| <b>B/K</b>                             | <b>0,47</b>           | <b>0,48</b>           | <b>0,47</b>           | <b>0,34</b>           | <b>0,34</b>           | <b>0,35</b>           |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>0,53</b>           | <b>0,54</b>           | <b>0,53</b>           | <b>0,39</b>           | <b>0,39</b>           | <b>0,40</b>           |

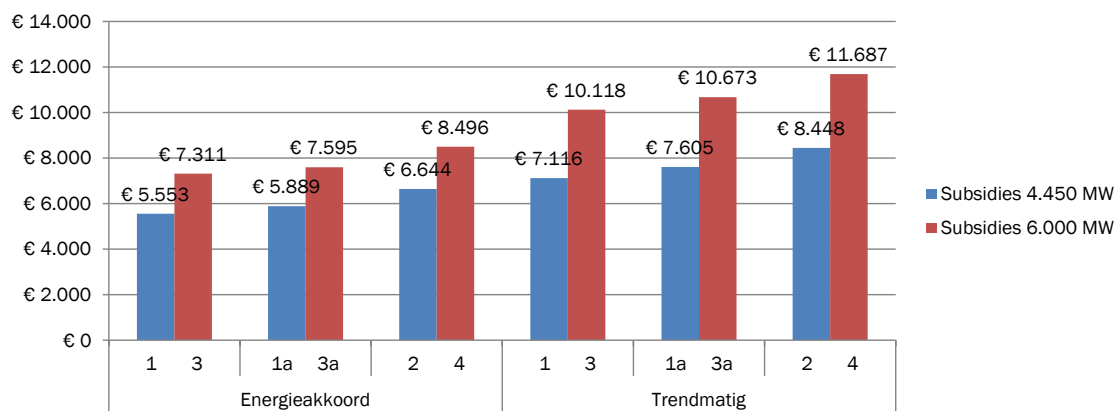
\* Zie voetnoot bij tabel S1 voor verklaring van het verschil in productieopbrengsten tussen varianten 3a en 4.

## Subsidies

In figuur S4 is het verschil tussen de kosten aan subsidies voor de verschillende varianten weergegeven. In de variant met 4.450 MW aan opgesteld vermogen is het contant gemaakte resultaat aan subsidies 756 miljoen (energieakkoord) tot 843 miljoen euro (trendmatig) gunstiger indien 2.550 MW aan vermogen binnen de 12-mijlszone wordt opgesteld. Bij een totaal vermogen van 6.000 MW is dit resultaat zelfs 901 miljoen (energieakkoord) tot 1.014 miljoen euro (trendmatig) gunstiger.

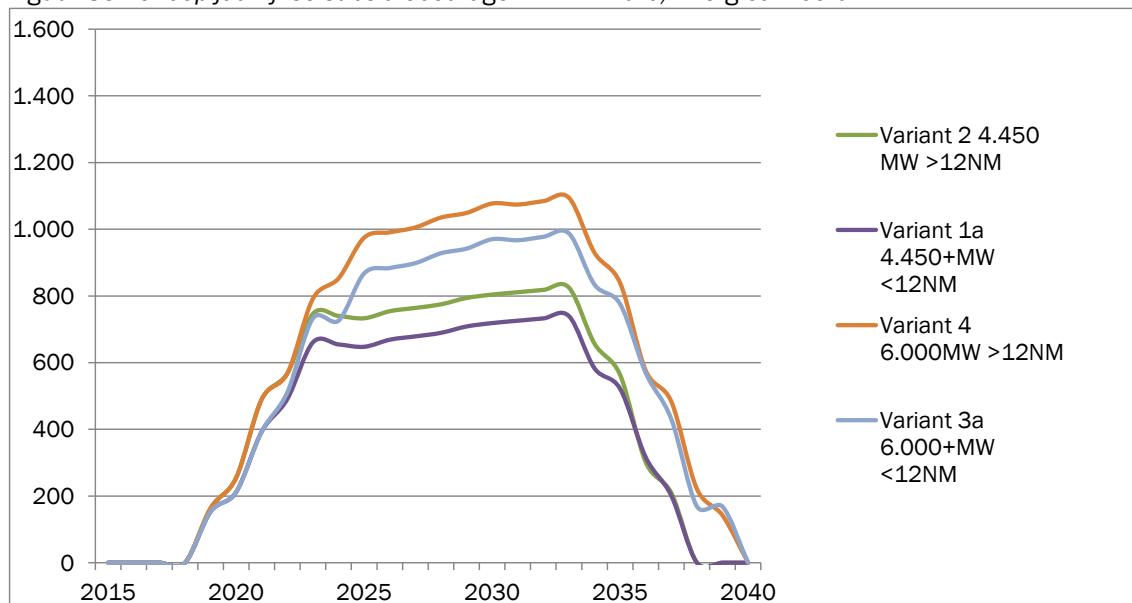


Figuur S4 Netto Contante Waarde subsidies in mln euro

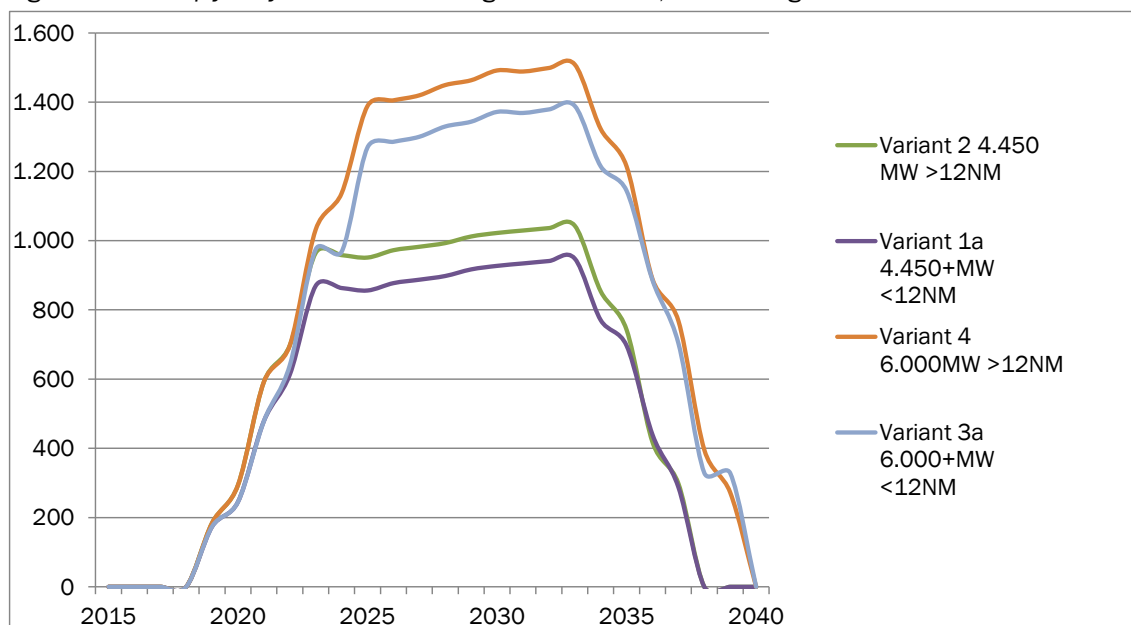


Het feit dat de subsidiebedragen netto contact hoger zijn dan de netto contante waarde uit de business case, heeft te maken met het feit dat het bedrijfsleven rekent met een hogere rendementseis (en dus hogere discontovoeten), dan de 5,5% waarmee in deze MKBA is gerekend. In onderstaande figuren is het verloop van de jaarlijkse subsidies weergegeven.

Figuur S5 Verloop jaarlijkse subsidiebedragen in mln Euro, Energieakkoord



Figuur S6 Verloop jaarlijkse subsidiebedragen in mln Euro, Trendmatig scenario



### Resultaten per zoekgebied

Figuur S7 maakt een onderlinge vergelijking tussen de zoekgebieden op de in de MKBA onderzochte effecten. Omdat de effecten 'restcapaciteit elektriciteitscentrales' en 'uitstoot elektriciteitscentrales' buiten de zoekgebieden optreden, zijn ze tussen de zoekgebieden onderling niet onderscheidend. Vandaar dat ze in de tabel neutraal zijn aangegeven met een 0.

Figuur S7 Zoekgebieden binnen de 12-mijlszone vergeleken

|                                        | Maasvlakte | Zeeland | Zuid-Holland | Noord-Holland | Ameland |
|----------------------------------------|------------|---------|--------------|---------------|---------|
| <b>Business case</b>                   |            |         |              |               |         |
| Business case                          | 1          | 5       | 2            | 3             | 4       |
| <b>Indirecte effecten</b>              |            |         |              |               |         |
| Zandwinning                            | 1          | 3       | 4            | 2             | 5       |
| Radar aanpassing                       | 1          | 2       | 1            | 1             | 1       |
| Visserij                               | 2          | 3       | 5            | 4             | 1       |
| Defensie                               | 1          | 1       | 1            | 2             | 1       |
| Olie&gas                               | ?          | ?       | ?            | ?             | ?       |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | 0          | 0       | 0            | 0             | 0       |
| <b>Externe effecten</b>                |            |         |              |               |         |
| Recreatie                              | 1          | 2       | 4            | 3             | 2       |
| Uitstoot elektriciteitscentrales       | 0          | 0       | 0            | 0             | 0       |
| Uitstoot tijdens aanleg                | 1          | 1       | 1            | 1             | 1       |
| Uitstoot zandwinning                   | 1          | 3       | 4            | 2             | 5       |
| Scheepvaart veiligheid                 | ?          | ?       | ?            | ?             | ?       |
| Ecologie                               | 5          | 4       | 2            | 1             | 3       |

Door de lagere kosten van aanleg en exploitatie valt de business case voor parken in de zoekgebieden binnen de 12-mijlszone in alle gevallen gunstiger uit in vergelijking met een gemiddelde van

parken buiten de 12-mijlszone<sup>3</sup>. Deze verschillen zijn van een zodanige omvang dat ze de negatieve effecten op andere functies overtreffen. Tussen zoekgebieden binnen de 12-mijlszone onderling zijn er echter belangrijke verschillen en zelfs binnen zoekgebieden kunnen nog aanzienlijke verschillen zijn:

- **Maasvlakte:** de business case van een park is hier het gunstigst van alle zoekgebieden en de negatieve effecten zijn in het algemeen beperkt. Op ecologie scoort dit zoekgebied echter het minst gunstig van allemaal. Ten aanzien van het effect op de visserij scoort dit gebied alleen minder goed dan Ameland.
- **Zeeland:** de business case is in Zeeland het minst gunstig, al zijn er aanwijzingen dat er binnen het zoekgebied nog aanzienlijke verschillen kunnen zijn. Aandachtspunten zijn hier zandwinning, het aanpassen van de radarpost voor de scheepvaart, ecologie en visserij. Aangezien kustrecreatie een belangrijke pijler onder de Zeeuwse economie is, zijn hier zeker ook effecten te verwachten. Het aantal bezoekers in vergelijking tot een aantal andere zoekgebieden is echter relatief beperkt, waardoor dit effect in relatie tot andere zoekgebieden in absolute zin minder is. De ranking in de tabel betekent dus geenszins dat hier geen effect is.
- **Zuid-Holland:** de business case is hier relatief gunstig (na Maasvlakte het beste), maar het effect op zandwinning is hier relatief sterk. Daarnaast is ook het effect op (vooral dag-) recreatie hier fors en scoort het gebied wat betreft visserij ook het minst gunstig. Het effect op ecologie is relatief beperkt.
- **Noord-Holland:** de uitkomst van de business case komt uit in het midden van de onderzochte gebieden: beter dan Ameland en Zeeland, maar iets minder dan Maasvlakte en Zuid-Holland. Ook hier spelen recreatieve effecten, zandwinning en visserij een rol. Daarnaast zijn er aanpassingen nodig aan oefengebieden voor defensie. De ecologische effecten zijn in dit zoekgebied naar verhouding het kleinst.
- **Ameland:** De business case is hier relatief ongunstig in vergelijking met de andere zoekgebieden. Daarnaast zal realisatie van windenergie in dit zoekgebied negatieve consequenties hebben voor zandwinning en ecologie. Vanwege de aard van het toerisme en de status van het waddengebied als werelderfgoed zal het plaatsen van windmolenparken voor de kust van Ameland zorgen voor negatieve effecten op recreatie. Dit effect is niet terug te zien in de ranking in de tabel. De relatief 'lage' score wordt veroorzaakt door het feit dat er ten opzichte van de overige zoekgebieden een relatief beperkt aantal bezoekers is.

### Gevoeligheidsanalyses

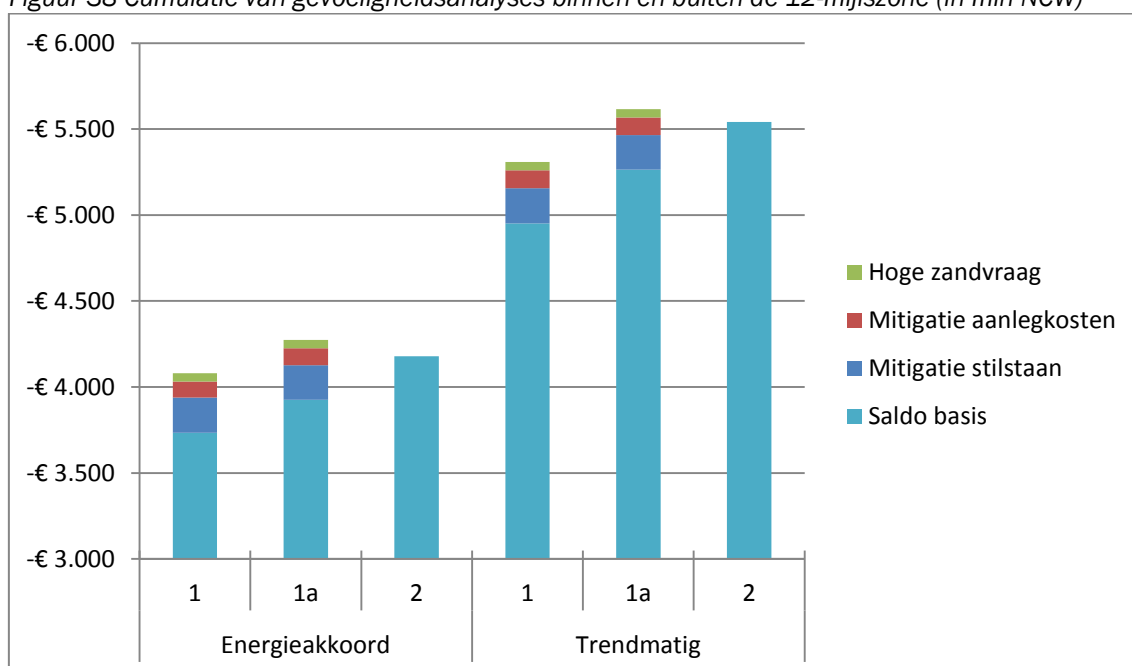
De berekeningen in een MKBA zijn gebaseerd op veronderstellingen over toekomstige ontwikkelingen. Deze veronderstellingen zijn deels onzeker: van veel effecten is wel duidelijk dat ze zullen optreden, maar niet exact de mate waarin. Vandaar dat in een MKBA vaak wordt gewerkt met gevoeligheidsanalyses: door voor specifieke variabelen andere waarden aan te nemen ontstaat een inzicht

<sup>3</sup> Dit is een gemiddelde (qua kosten) van de meest gunstige gebieden buiten de 12-mijlszone (Borsselle en Hollandse Kust) die nodig zijn om tot 4.450 MW te komen. Indien de opgave op termijn groter wordt, dan zijn ook parken in verder gelegen gebieden nodig (bijvoorbeeld IJmuiden ver en ten noorden van de Wadden) om tot de gewenste doelstellingen te komen. In dat geval worden de gemiddelde kosten van parken buiten de 12-mijlszone dus groter en dus wordt bouwen binnen de 12-mijlszone relatief aantrekkelijker.

op de gevolgen voor de uitkomsten. In deze samenvatting presenteren we alleen de gevoeligheidsanalyses die een onderscheidend effect hebben binnen en buiten de 12-mijlszone. De volgende gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd:

- Het stilzetten van de turbines tijdens hoge dichtheden van trekvogels (Zeeland en Maasvlakte 4 weken, de overige varianten 2 weken).
- De investeringskosten van alternatieve funderingstechnieken met bellenschermen en mitigerende maatregelen ten behoeve van natuur / ecologie.
- Een scenario met een hoge zandvraag.

*Figuur S8 Cumulatie van gevoeligheidsanalyses binnen en buiten de 12-mijlszone (in mln NCW)*



De gecumuleerde effecten zijn aan de hand van de gemonetariseerde maatschappelijke kosten en baten weergegeven in figuur S8. De in de gevoeligheidsanalyse meegewogen variabelen hebben enkel invloed op de varianten binnen de 12-mijlszone. Het blijkt dat door een cumulatie van effecten bouwen binnen de 12-mijlszone minder gunstig kan worden dan de bouwen buiten de 12-mijlszone. Zo zorgt een hogere zandvraag ervoor dat zandwinschepen eerder en verder moeten omvaren, zijn de investeringskosten voor alternatieve funderingen en andere maatregelen hoger en is de productieopbrengst bij het stilzetten van turbines lager.

De gevoeligheidsanalyses hebben per zoekgebied een verschillend effect. Zo heeft een mogelijk hogere zandvraag vooral effect op de gebieden Ameland, Zuid-Holland en Zeeland en is het risico van stilzetten van turbines vooral van invloed op zoekgebieden Zeeland en de Maasvlakte.

## S6 Conclusie

Het realiseren van 2.550 MW aan windmolenparken binnen de 12-mijlszone is, kijkend naar de gemonetariseerde effecten in de MKBA, gunstiger dan het realiseren van hetzelfde vermogen buiten de 12-mijlszone. De Netto Contante Waarde van dit verschil bedraagt € 250 miljoen tot € 280 miljoen en kan verder oplopen tot ca. € 455 miljoen, wanneer tot 6.000 MW wordt gebouwd. Zeker vanuit een kosten oogpunt (business case, subsidies) is het de moeite waard de opties binnen 12-mijlszone verder te onderzoeken (vooral Maasvlakte, Zuid-Holland en Noord-Holland hebben relatief lage kosten). Het is mogelijk in een vervolg een vanuit kosten oogpunt optimale strategie vorm te geven van gebieden binnen en buiten de 12-mijlszone met de laagste kosten. Het totale rendement van de investering zal dan nog verbeteren ten opzichte van de in deze MKBA gepresenteerde waarden.

De gevoeligheidsanalyses die onderscheidend zijn tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone laten zien dat de kosten voordelen door maatschappelijke nadelen (deels) teniet kunnen worden gedaan. Dit zal sterker in sommige gebieden spelen dan in andere. De vijf onderzochte zoekgebieden kennen allemaal knelpunten, waardoor de maatschappelijk negatieve effecten tussen de zoekgebieden onderling sterk kunnen verschillen. Het verdient aanbeveling nader te onderzoeken op welke locaties dit echt reële risico's zijn, en waar dit minder zal spelen.

De MKBA brengt welvaartseffecten op nationaal niveau in beeld. Eventuele effecten op de werkgelegenheid in kustgemeenten zijn daarom ook niet meegenomen in de MKBA (dit wordt als een 'verdelingeffect' gezien in de MKBA). Dit is echter op verschillende locaties een belangrijk aandachtspunt, en ook hierin kunnen de locaties onderscheidend zijn. Het verdient daarom aanbeveling hier de nodige aandacht aan te besteden.

## 1 Inleiding

### Aanleiding

Een belangrijk instrument in de verduurzaming van onze energievoorziening is de inzet van windenergie. In 2012 bedroeg het aandeel duurzame (of hernieuwbare) energie 4,7 procent van het nationale energieverbruik. Ingegeven door de Europese doelstelling om in 2020 minimaal voor 14% duurzaam in onze energiebehoefte te voorzien, is in het huidige regeerakkoord de doelstelling opgenomen om in 2020 16 procent van onze energie duurzaam op te wekken<sup>4</sup>. Windenergie (op land en op zee) kan een belangrijke bijdrage leveren aan het behalen van deze doelstelling en in dit kader ging in 2011 de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE+) voor duurzame energie van start. Deze subsidieregeling stimuleert de opwekking van duurzame energie door bedrijven en (non-profit) instellingen. Ook bij de productie van windenergie komt een ondernemer of instelling in aanmerking voor subsidie. Het doel van de regeling is om zo veel mogelijk duurzame energie op te wekken per euro, door de goedkoopste vormen te subsidiëren.



Om aan Europese doelstellingen te voldoen is in het Nationaal Waterplan (2009) de ambitie opgenomen om 6.000 MW aan windenergie op de Noordzee op te wekken. Dit betekent een oppervlak van minimaal 1.000 km<sup>2</sup> aan windmolenparken en het is ruim 26 keer zo veel als de 228 MW die momenteel staat opgesteld (op zee). Voor de realisatie van windenergie op zee zijn in het Nationaal Waterplan al enkele gebieden aangewezen en in de Structuurvisie Wind op Zee komen er nog een aantal bij. Het gaat om gebieden voor de Hollandse kust, ten noorden van het Waddengebied, nabij Borssele en verder op zee ('IJmuiden ver').

Onlangs is door de SER het *Energieakkoord voor een duurzame groei* gepubliceerd. In dit akkoord onderschrijven verschillende (maatschappelijke) organisaties (o.a. de energiebedrijven, werkgevers en werknemers, natuur- en milieuorganisaties, de rijksoverheid en diverse brancheorganisaties) het belang van een verduurzaming van de Nederlandse Energievoorziening. Voor windenergie op Zee wordt daarbij ingezet op een operationeel vermogen van 4.450 MW in 2023.

Tot nu toe ging de discussie over gebieden *buiten* de 12-mijlszone (23 kilometer of verder uit de kust). Echter, begin 2013 is besloten om in aanvulling op de Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee, een haalbaarheidsstudie uit te voeren, die de (on)mogelijkheden van (en het draagvlak voor) wind-

---

<sup>4</sup> Volgens de Europese Commissie moet Nederland voor 2020 minimaal 14 procent duurzaam produceren. In het regeerakkoord staat dat Nederland voor 2020 16 procent duurzaam wil produceren en in 2050 zelfs 100 procent. Inmiddels wordt op initiatief van de SER door bedrijfsleven, milieubeweging en vakbonden ook gewerkt aan het 'energieakkoord', waarin het 16 procentstreven is verschoven naar 2023.

energie binnen de 12-mijlszone inzichtelijk maakt. Want opwekking van windenergie binnen de 12-mijlszone kan voordeliger zijn, maar is niet overal mogelijk. In dit rapport bespreken we de mogelijkheden en de maatschappelijke kosten en baten van het aanleggen van windmolenparken binnen de 12-mijlszone in vergelijking tot de mogelijkheden verder weg op zee.

#### *Probleemstelling*

De veronderstelling is dat het realiseren van windenergie dicht bij de kust voordeliger is dan verder weg op zee. Dichtbij de Nederlandse kust spelen echter ook belangen van uiteenlopende partijen die de beschikbare ruimte en te behalen (kosten)voordelen inperken. Zo dient de scheepvaart vlot en veilig de havens te bereiken en worden rondom scheepvaartroutes veiligheidszones aangehouden. Er lopen diverse routes voor visserij en recreatievaart langs de Nederlandse kust. Daarnaast zou 'horizonvervuiling' een negatieve invloed kunnen hebben op de beleving van de kust en het toerisme. Bovendien moet er rekening gehouden worden met de bodemstructuur en ecologie en met gebieden die in gebruik zijn voor bijvoorbeeld de zandwinning, winning van olie en gas en defensie-doelinden. En voor de business case van windenergie winning speelt de afstand tussen een windpark en de aansluiting op het elektriciteitsnetwerk een belangrijke rol; hoe langer de kabel, hoe duurder de aanleg van een windpark.

Voor een evenwichtige afweging van dergelijke belangen en de vergelijking van uitkomsten binnen en buiten de 12-mijlszone is een MKBA gewenst. De MKBA is een hulpmiddel bij besluitvorming. De resultaten uit de MKBA leveren de benodigde informatie op voor een vergaand inzicht in de omvang en betekenis van de verschillende belangen. De MKBA maakt helder welke consequenties de verschillende alternatieven (bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone) hebben op de aanlegkosten en de functies en gebruiksmogelijkheden van de Noordzee. Weliswaar draait de uiteindelijke, politieke besluitvorming vaak om het afwegen van belangen op een ideologische basis, maar met informatie uit een MKBA kan de discussie verder worden gestructureerd en kunnen afwegingen transparant worden gemaakt.

De hoofdvraag in deze MKBA luidt als volgt:

- Wat zijn de verschillen in maatschappelijke kosten en baten van de realisatie van windmolenparken binnen en buiten de 12-mijlszone?
- Welke locaties zijn vanuit maatschappelijk perspectief het aantrekkelijkst om te gebruiken voor windenergie bij verschillende productieniveaus?

#### *Wat is een KBA?*

Een kosten-batenanalyse is een economische projectbeoordeling. De informatie hieruit kan bijdragen aan de nut- en noodzaakdiscussie, en het maken van keuzes tussen de projectalternatieven- en varianten. In een KBA worden ongelijksoortige effecten (bijvoorbeeld bereikbaarheid, natuur, economie) met elkaar vergeleken. Het opstellen van maatschappelijke kosten-batenanalyses vindt zijn oorsprong in de wens om overheidsinvesteringen te verantwoorden. De financiële opbrengsten van een project zijn in veel gevallen ontoereikend om de investeringskosten terug te verdienen, maar gunstige gevolgen voor de welvaart van Nederland als geheel, voor specifieke doelgroepen of bij-

voorbeeld voor natuur en milieu kunnen de investeringen vanuit maatschappelijk perspectief toch rechtvaardigen.

De vergelijking van de diverse effecten wordt gemaakt door ze allemaal zo veel mogelijk onder dezelfde noemer te scharen. Hiertoe worden alle effecten zo veel mogelijk 'gemonetariseerd'. Dat betekent dat deze effecten aan de hand van verschillende economische waarderingsmethoden in euro's worden uitgedrukt. In bijlage 2 is de verantwoording bij de waarderings- en berekeningen opgenomen.

De analyses in een MKBA brengen ook de gevolgen voor verschillende belanghebbenden in beeld. Wanneer voor- en tegenstanders van projecten tegenover elkaar staan, vaak beiden met goede argumenten, kan een MKBA bijdragen aan het objectiveren van standpunten en het wegen van belangen.

Het resultaat van een MKBA biedt daarmee de mogelijkheid tot:

1. *Het vergelijken van projectalternatieven.* De kosten-batenanalyse is bij uitstek geschikt om verschillende projectalternatieven systematisch naast elkaar te zetten en informatie te verschaffen ten behoeve van de afweging tussen verschillende alternatieven.
2. *Een integrale afweging van verschillende effecten.* Alle relevante voor- en nadelen van een investeringsproject worden achterhaald en zo goed mogelijk gekwantificeerd. Aan zo veel mogelijk effecten wordt een (geld)waardering gekoppeld. Effecten die niet in geld zijn uit te drukken, worden apart vermeld. Deze effecten blijven buiten het financiële rendementscijfer maar worden wel zo veel mogelijk gewaardeerd en beschreven.
3. *Aandacht voor de verdeling van kosten en baten.* Fysieke projecten leiden vaak tot hinder voor omwonenden, terwijl de voordelen in eerste instantie aan gebruikers toe vallen. Verder is het van belang of de effecten voor de regio of vooral landelijk zijn.
4. *In kaart brengen van onzekerheden en risico's.* In een KBA wordt op verschillende manieren met economische onzekerheden en risico's rekening gehouden. De KBA moet een beleidsbeslissing ondersteunen die gebaseerd is op een 'calculated risk'.

#### *Leeswijzer*

In dit rapport komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Hoofdstuk 2: probleemanalyse, ruimtelijke inrichting windmolenparken, gebruikte scenario's
- De effecten die te verwachten zijn, inclusief de waardering van deze effecten, onderverdeeld naar directe (hoofdstuk 3), indirecte (hoofdstuk 4) en externe effecten (hoofdstuk 5).
- Hoofdstuk 6: integrale overzichtstabellen van de verschillende alternatieven en varianten. Met daarin aandacht voor een aantal gevoeligheidsanalyses.



## 2 Probleemanalyse, projectalternatieven en varianten

In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de probleemanalyse. Vervolgens worden het nul- en de projectalternatieven besproken, in de KBA worden de verschillende effecten van deze alternatieven uitgewerkt. Ten slotte komt het gebruik van twee verschillende scenario's in de KBA aan bod.

### 2.1 Probleemanalyse

#### *Energietransitie op termijn onafwendbaar*

In "The Limits to growth: a global challenge" dat in 1972 door de Club van Rome werd gepubliceerd wordt een beeld geschetst van een 21ste eeuw waarin grondstoffen uitgeput raken en de vervuiling toeneemt met uiteindelijke zeer negatieve gevolgen voor onze economie, gezondheid en leefomgeving. Deze voorspellingen zijn vooralsnog niet uitgekomen, maar een aantal principes die in het rapport zijn geschetst zijn onverminderd actueel: schaarse natuurlijke hulpbronnen raken op termijn uitgeput. Voor de traditionele 'grijze' energievoorziening betekent dit dat prijzen zullen stijgen en dat we steeds afhankelijker worden van het buitenland. De inzet van duurzame energie kan deze trend doorbreken. Daar komt bij dat de verbranding van fossiele brandstoffen in aanzienlijke mate bijdraagt aan de uitstoot van CO<sub>2</sub>. Er is steeds sterker bewijs dat deze emissies een belangrijke oorzaak zijn van klimaatverandering. Duurzame energie kent dat bezwaar niet.

Op de lange termijn is een duurzamere energievoorziening onafwendbaar. Maar ook op kortere termijn kan een verduurzaming van onze energievoorziening leiden tot positieve effecten: een geringere bijdrage aan klimaatverandering, geen afhankelijkheid van andere landen, en mogelijk kansen voor Nederlandse bedrijven.

#### *Windenergie als 'hoofdleverancier' van duurzame energie*

Voor een grootschalige inzet van duurzame energie zal een combinatie nodig zijn van wind-, zonne- en andere energiebronnen. Naar verwachting zal windenergie een zeer aanzienlijke bijdrage kunnen leveren in de verduurzaming van onze energievoorziening. Dit zal echter samen gaan met een aanzienlijke ruimtelijke claim. Turbines dienen bij voorkeur ruim verspreid te worden opgesteld om de wind optimaal te benutten. Indien ze dicht op elkaar geplaatst worden, leveren ze minder vermogen door het zogenoemde 'zog'- effect. Tegelijkertijd is het noodzakelijk dat de parken een bepaalde minimumomvang hebben om de (kabel)infrastructuur rendabel aan te kunnen leggen, zeker op zee, waar geen uitgebreid aansluitnetwerk aanwezig is.

Locaties ver weg op zee bieden veel ruimte en er zijn geen omwonenden, bijkomend voordeel is dat het er vrijwel altijd flink waait. Daar staat tegenover dat de aanleg en het onderhoud van windmolenparken ver weg op zee relatief duur zijn: aansluitkabels moeten tot ver vanaf de kust worden doorgetrokken en het is een eind varen om op de locaties te komen. Het is ook mogelijk windmolenparken dichtbij de kust aan te leggen, dat is goedkoper maar heeft een aantal nadelen ten opzichte van ver weg op zee (minder harde wind, hinder voor omwonenden of recreanten). 'Concurrentie'

met andere ruimtelijke functies is er zowel binnen als buiten de 12-mijlszone, maar per functie en locatie zullen er andere gevolgen zijn.

#### *Ruimtelijke functies binnen en buiten de 12-mijlszone*

Bij de afweging van windmolenparken voor de kust of buiten de 12-mijlszone speelt een groot aantal factoren een rol. Allereerst zijn er de investeringskosten. Hoe verder de windmolenparken uit de kust verwijderd zijn en hoe verder de parken verwijderd zijn van aansluitingsmogelijkheden op het hoogspanningsnet, hoe hoger de investeringskosten. Ook het beheer en onderhoud is goedkoper naarmate turbines dicht op de kust staan. Daar staat tegenover dat hoe dicht de parken op de kust liggen, hoe meer we te maken hebben met bijvoorbeeld zichthinder, hetgeen schadelijk kan zijn voor bijvoorbeeld de zichtbeleving van toeristen en bewoners. Dit veroorzaakt niet alleen een afname van de beleving, maar er is mogelijk ook een schadelijk effect op de van toerisme afhankelijke 'kusteconomie' (in haar vele facetten).

Een andere, belangrijke factor is de scheepvaart. Deze dient vlot en veilig de havens te kunnen bereiken. Daarbij zijn er ook ankergebieden waar schepen moeten kunnen liggen; tussen deze gebieden en de windmolens wordt een minimale afstand gehandhaafd. Indien scheepvaartroutes moeten worden verplaatst vanwege de locatie van de windmolenparken, kan dit betekenen dat schepen moeten omvaren en hogere kosten maken. Bij een eventuele verplaatsing van scheepvaartroutes moet, naast bestaande obstakels, ook rekening gehouden worden met geplande obstakels. De mogelijkheid bestaat dat bijvoorbeeld reeds toegewezen locaties voor windmolenparken op zee een knelpunt gaan vormen.

Voor de visserij geldt bovendien dat de windenergiegebieden direct in hun visgebied kunnen liggen. Daar komt bij dat Nederlandse vissers exclusieve rechten hebben voor de visserij in de kustwateren van het Nederlandse deel van de Noordzee. Windmolenparken dicht op de kust treffen Nederlandse vissers dus bovengemiddeld, wat nadelig is voor hun concurrentiepositie.

Zandwinning is ook een activiteit van belang op de Noordzee. Zandwinning en het opspuiten ervan (suppletie) voor en op de kust is van groot belang voor de kustverdediging. Daarnaast wordt er ook 'commercieel' zand gewonnen dat vooral als ophoogzand bij bouwprojecten wordt gebruikt. Winning mag niet binnen de doorgaande -20 NAP lijn plaatsvinden (vanwege de aantasting van het kustfundament), maar vindt daarbuiten vervolgens wel zo dicht mogelijk bij de kust plaats, vanwege de sterk oplopende (transport)kosten. Wanneer winlocaties door windmolenparken niet meer beschikbaar zijn betekent dit dat er verder moet worden gevaren en dus dat zandwinning, en daarmee het onderhoud van de kust en de bouw, duurder wordt.

Olie- en gaswinning spelen ook een belangrijke rol op zee. In 2007 stonden er 143 boorplatforms in de Noordzee<sup>5</sup>. Indien windmolenparken worden geplaatst in gebieden waar olie- of gaswinning kan

---

<sup>5</sup> Bron: <http://www.ecomare.nl/ecomare-encyclopedie/mens-en-milieu/delfstoffenwinning/mijnbouw-op-zee/boorplatforms/>

plaatsvinden gaan hiermee ongebruikte grondstoffen verloren. Versneld leeghalen van deze velden is een optie, maar brengt ook extra kosten met zich mee. Bovendien is rondom de platforms een veiligheidszone van 500 meter vereist op basis van de Mijnbouwwet. Indien er helikopters kunnen landen op het platform dient er in beginsel een obstakelvrije zone van 5 nautische mijlen rond het platform te zijn.

Naast deze economische belangen zijn er ook delen van de Noordzee die een belangrijke ecologische waarde vertegenwoordigen (Natura 2000). Maar ook buiten de Natura 2000 gebieden kan ecologische schade optreden bij de aanleg en/of het gebruik van windmolenparken. Een mogelijk belangrijke belemmering voor de locatiekeuze vormen de routes van trekvogels. Weliswaar kan hiermee rekening worden gehouden door het periodiek stilzetten van molens, maar dat heeft uiteraard consequenties voor de exploitatie en dus de kosten en opbrengsten. Daarnaast speelt dat zeezoogdieren uiterst gevoelig zijn voor geluidsoverlast, en dan vooral bij de aanleg. Dit kan consequenties hebben voor de bouw van windmolenparken in de gebieden waar deze dieren leven.

Een ander aandachtspunt vormen de defensiegebieden die op zee zijn aangewezen. Medegebruik door vaste objecten is in de defensiegebieden in beginsel niet mogelijk vanuit veiligheidsoogpunt. Windmolenparken op deze locaties zijn dus alleen mogelijk als deze gebieden worden verplaatst. Een overzicht van het huidige ruimtegebruik op de Noordzee en de zoekgebieden voor windmolenparken binnen de 12-mijlszone is weergegeven in onderstaande figuur uit de Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen de 12-mijlszone.

## 2.2 Uitbreiden binnen of buiten de 12-mijlszone

In een maatschappelijke kosten-batenanalyse worden verschillende toekomstige opties (projecten of projectalternatieven) afgezet tegen een toekomstige situatie waarin het 'project' geen doorgang vindt (deze situatie is het zogenaamde 'nulalternatief'). Cruciaal bij het uitwerken van het nulalternatief is de vraag wat de situatie in de toekomst zal zijn zonder het project. Het is meestal meer dan 'niets doen' en ook meer dan 'bestaand beleid'. In dit geval is echter gekozen voor een vooral praktische invulling om tegemoet te komen aan de beleidsvragen die spelen bij het realiseren van windmolenparken binnen en buiten de 12-mijlszone (zie kader).

#### Aandachtspunten nul- en projectalternatieven en -varianten

De in Nederland gebruikte richtlijnen stellen eisen aan nul- en projectalternatieven in KBA's. Over het nulalternatief stelt de OEI-leidraad: *Het nulalternatief is het beste alternatief voor het project. Het is dus niet 'niets doen' en ook niet per definitie 'bestaand beleid'. Als beste, alternatieve besteding van investeringsmiddelen wordt vaak een risicovrije belegging tegen 4% reële rente gebruikt. De beste, alternatieve beleidsinvulling kan bijvoorbeeld bestaan uit benuttingsmaatregelen of uit kleinere investeringen.* Een 'project' is volgens de OEI leidraad: *de kleinst mogelijke verzameling van onderling samenhangende investeringen die naar verwachting technisch uitvoerbaar en economisch haalbaar is.* En: *het projectalternatief is de verwachte ontwikkeling van de (nationale) samenleving in de situatie dat het project wordt uitgevoerd (in enigerlei variant).*

Dit zijn in de context van de afweging van windenergiegebieden binnen en buiten de 12-mijlszone lastig in te vullen definities. Omdat de aanleiding van de beleidsvraag is dat de financiële kosten binnen de 12-mijlszone hoogstwaarschijnlijk lager zijn, is ons inziens de meest relevante beleidsvraag of ook het saldo aan maatschappelijke kosten en baten beter is als alle belangen en effecten worden meegenomen. In deze studie is daarom deze vraag als leidend beschouwd, zonder al te veel stil te staan bij de vraag of daarmee het nulalternatief 'realistisch' is en voldoet aan de definities.

#### Nulalternatief

Als nulalternatief gaan we uit van een situatie waarin er geen verdere ontwikkeling plaats vindt van windmolenparken op zee. Dat betekent dat er in de toekomst alleen de nu reeds bestaande parken zijn (prinses Amalia en Egmond aan Zee), aangevuld met parken waarvoor een vergunning is afgegeven, maar die nog niet zijn gerealiseerd. Daarmee komt het op zee opgestelde vermogen in 2020 op 957 MW (228 MW staat er nu al, 729 MW is vergund en krijgt subsidie)<sup>6</sup>.

Om de vergelijking te kunnen maken tussen de opties binnen en buiten de 12-mijlszone is een nadere invulling nodig van locaties waar de windmolenparken mogelijk komen. Hiertoe zijn uiteindelijk twee varianten van opgestelde vermogens onderzocht: opbouwend tot 4.450 MW conform het SER-akkoord en opbouwend tot 6.000 MW. Omdat de windsnelheden niet overal hetzelfde zijn (verder op zee waait het harder) is daarnaast ook een vergelijking gemaakt van deze opgestelde vermogens buiten de 12-mijlszone, met een *productie-equivalent* binnen de 12-mijlszone: voor dezelfde energieproductie binnen de 12-mijlszone zijn meer windmolens nodig. Het opgestelde vermogen in deze varianten is daarom hoger.

#### Zoekgebieden

In de eerste fase van de haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheden van windenergie binnen de 12-mijlszone zijn vijf zoekgebieden aangewezen:

1. Voor de Zeeuwse kust nabij Schouwen: het gebied 'Zeeland' met een oppervlakte van 147 km<sup>2</sup>.
2. Bij de Tweede Maasvlakte: het gebied 'Maasvlakte' met een oppervlakte van 27 km<sup>2</sup>.
3. Voor de kust van Zuid-Holland en Noord-Holland (tussen Noordwijk en Bloemendaal): het gebied 'Zuid-Holland' met een oppervlakte van 387 km<sup>2</sup>.

<sup>6</sup> Bestaande parken zijn: Prinses Amalia (120 MW) en Egmond aan Zee (108 MW). Vergunningen en subsidies zijn verleend aan de ontwikkeling van Luchterduinen/Q10 (129 MW) voor de Hollandse kust en aan Buitengaats en Zee-energie (samen Gemini genaamd, in totaal 600 MW) boven de wadden.

4. Voor de kust van Noord-Holland (tussen Egmond en Julianadorp): het gebied 'Noord-Holland' met een oppervlakte van 377 km<sup>2</sup>. Binnen dit zoekgebied spelen defensiebelangen, om die reden kan het gebied slechts deels worden benut.
5. Ten noorden van de Waddeneilanden (voor de kust van Ameland): het gebied 'Ameland' met een oppervlakte van 118 km<sup>2</sup>.

De zoekgebieden beslaan in totaal 1.056 km<sup>2</sup>, het zal in de praktijk echter niet haalbaar zijn deze zoekgebieden helemaal vol te bouwen met windmolenparken. In deze MKBA zijn daarom ruime marges als uitgangspunt gekozen voor de mogelijke vulling van de zoekgebieden.

In Figuur 2.1 zijn de zoekgebieden weergegeven naast een aantal andere ruimtelijke claims op de Noordzee. De lichtblauwe gebieden zijn de zoekgebieden voor 'Wind op Zee'. De lichtblauwe gebieden nabij de kust (met de donkerblauwe labels) zijn de vijf zoekgebieden binnen de 12-mijlszone. De groene vlekken zijn de bestaande windmolenparken 'Prinses Amalia' en 'Egmond aan Zee', de lichtgele vlekken zijn windmolenparken die vergund zijn, maar nog niet gerealiseerd.

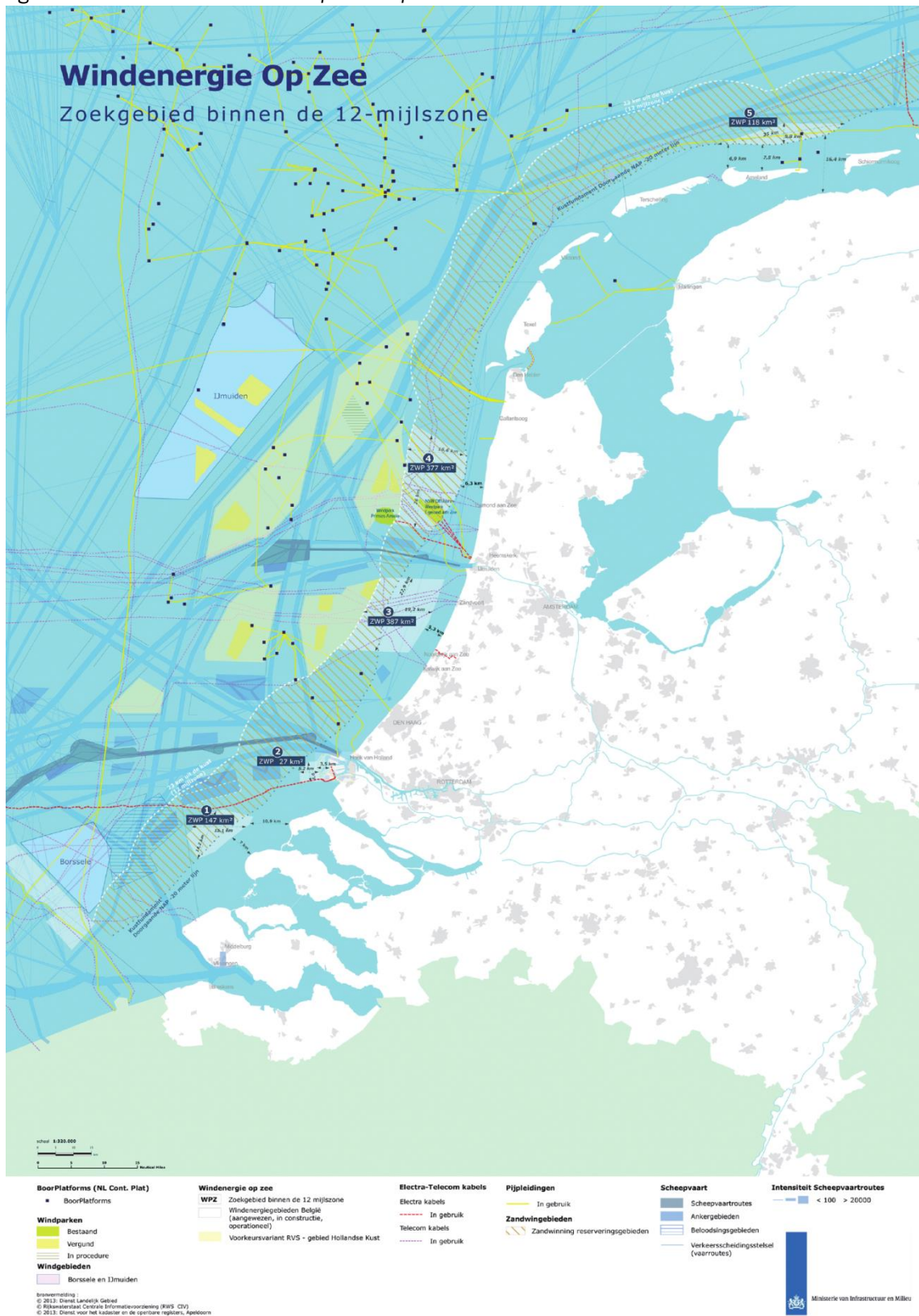
De verschillende zoekgebieden binnen de 12-mijlszone variëren qua omvang. Het gebied bij de Maasvlakte is compact, de zoekgebieden voor de Hollandse kust zijn fors groter, die voor de kust van Zeeland en boven de Wadden houden hiertussen het midden. Voor de ruimtebehoefte voor windenergie op zee wordt uitgegaan van 6MW per km<sup>2</sup>. Daarmee zou in theorie meer dan 6.000 MW binnen de 12-mijlszone zijn te realiseren. In de praktijk zorgen enkele ruimtelijke claims op de Noordzee (bijvoorbeeld bestaande windmolenparken) ervoor dat slechts delen van de zoekgebieden te gebruiken zijn. Naar verwachting is een opgesteld vermogen van in totaal ongeveer 2.550 MW realistisch<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Dit is gebaseerd op gegevens van ECN, (presentatie dd 25 juli 2013), en inschattingen van het ministerie van Infrastructuur en Milieu van de aanpassingen die nog aan de zoekgebieden worden gedaan.



Figuur 2.1 Zoeklocaties windmolenparken op zee



### 2.2.1 Varianten 4.450 MW

Om zo kosteneffectief mogelijk aan 4.450 MW vermogen van windenergie op zee te komen dienen in alle zoekgebieden windmolenparken gerealiseerd te worden tot een vermogen van 2.550 MW. Bij een bestaand en gepland vermogen van 957 MW op dit moment, zal dan nog eens 943 MW buiten de 12-mijlszone moeten komen. Dit is de opbouw van variant 1. In variant 2 wordt vanaf de huidige bestaande en vergunde parken van 957 MW opgebouwd naar 4.450 MW, volledig buiten de 12-mijlszone. Vervolgens is gekeken met welke parken en omvang tot het 'productie-equivalent' van variant 2 gekomen kan worden binnen de 12-mijlszone. Omdat het verder op zee harder waait is er uiteindelijk meer vermogen nodig om tot dezelfde elektriciteitsproductie te komen als in variant 2. Dit is bij benadering ongeveer 4.684 MW. Samengevat gaat het dan om de volgende varianten.

- Variant 1: bestaande en vergunde parken (957 MW) aangevuld tot 4.450 MW zo veel mogelijk *binnen* de 12-mijlszone. Het aandeel buiten de 12-mijlszone wordt zo dicht mogelijk bij de kust gesitueerd.
- Variant 2: bestaande en vergunde parken aangevuld tot 4.450 MW *buiten* de 12-mijlszone.
- Variant 1a: bestaande en vergunde parken opbouwend tot het productie-equivalent van variant 2, zo veel mogelijk binnen de 12-mijlszone.

Tabel 2.1 Varianten met een vermogen van 4.450 MW of gelijkwaardig productieniveau

|                                       | 1<br>4.450 MW binnen 12-<br>mijlszone | 2<br>4.450 MW buiten 12-<br>mijlszone | 1a<br>4.684 MW binnen 12-<br>mijlszone |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Opgesteld vermogen                    | 4.450 MW                              | 4.450 MW                              | 4.684 MW                               |
| Productie op jaarbasis                | ~14,9 TWh                             | ~15,7 TWh                             | ~15,7 TWh                              |
| Ruimtebeslag                          | 742 km <sup>2</sup>                   | 742 km <sup>2</sup>                   | 781 km <sup>2</sup>                    |
| Opgesteld vermogen in<br>zoekgebieden |                                       |                                       |                                        |
| Zeeland                               | 600 MW                                | 0 MW                                  | 600 MW                                 |
| Maasvlakte                            | 150 MW                                | 0 MW                                  | 150 MW                                 |
| Zuid-Holland                          | 900 MW                                | 0 MW                                  | 900 MW                                 |
| Noord-Holland                         | 600 MW                                | 0 MW                                  | 600 MW                                 |
| Ameland                               | 300 MW                                | 0 MW                                  | 300 MW                                 |
| Actueel                               | 957 MW                                | 957 MW                                | 957 MW                                 |
| Opgave buiten 12NM                    | 943 MW                                | 3.493 MW                              | 1.177 MW                               |
| Totaal                                | 4.450 MW                              | 4.450 MW                              | 4.684 MW                               |

In bijlage 1 is een indicatief overzicht opgenomen van de locaties waar windparken ongeveer gesitueerd zouden kunnen zijn. Onder andere de waterdiepten en afstanden tot de kust van deze locaties zijn bepalend voor de kosten, de windsnelheden voor de opbrengsten.

### 2.2.2 Varianten 6.000 MW

Volgens hetzelfde principe vergelijken we drie varianten die in totaal opbouwen tot 6.000 MW. Niet alleen was dit een eerdere doelstelling, maar ook ligt het voor de hand dat na het bereiken van de doelstellingen in het Energieakkoord de vraag naar windenergie op zee verder toe zal nemen. In variant 3 worden nieuwe windmolenparken zo veel als mogelijk binnen de 12-mijlszone geplaatst, in

variant 4 weer erbuiten. In variant 3a komen weer meer parken buiten 12-mijlszone om tot een gelijk productieniveau met variant 4 te komen.

- Variant 3: bestaande en vergunde parken (957 MW) aangevuld tot 6.000 MW (in 2024) zo veel mogelijk *binnen* de 12-mijlszone. Het aandeel buiten de 12-mijlszone wordt zo dicht mogelijk bij de kust gesitueerd/tegen zo laag mogelijke kosten gerealiseerd.
- Variant 4: bestaande en vergunde parken aangevuld tot 6.000 MW in 2023 *buiten* de 12-mijlszone.
- Variant 3a: bestaande en vergunde parken opbouwend tot het productie-equivalent van variant 4, maar dan weer zo veel mogelijk binnen de 12-mijlszone.

Tabel 2.2 Varianten met een vermogen van 6.000 MW of gelijkwaardige productie<sup>8</sup>

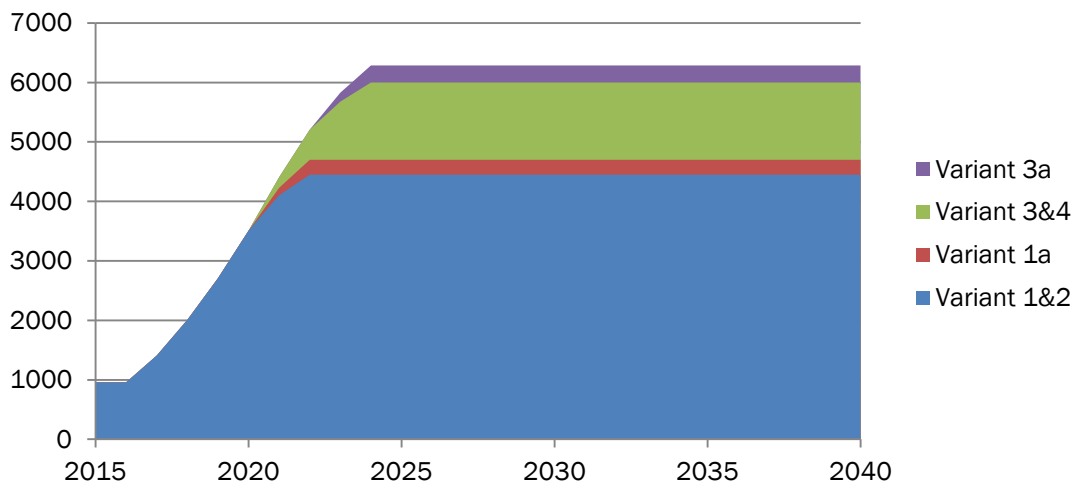
|                                           | 3                            | 4                            | 3a                           |
|-------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                           | 6.000 MW binnen 12-mijlszone | 6.000 MW buiten 12-mijlszone | 6.287 MW binnen 12-mijlszone |
| <b>Opgesteld vermogen</b>                 | 6.000 MW                     | 6.000 MW                     | 6.287 MW                     |
| <b>Productie op jaarbasis</b>             | ~20,4 TWh                    | ~21,5 TWh                    | ~21,5 TWh                    |
| <b>Ruimtebeslag</b>                       | ~1.000 km <sup>2</sup>       | ~1.000 km <sup>2</sup>       | ~1.048 km <sup>2</sup>       |
| <b>Opgesteld vermogen in zoekgebieden</b> |                              |                              |                              |
| Zeeland                                   | 600 MW                       | 0 MW                         | 600 MW                       |
| Maasvlakte                                | 150 MW                       | 0 MW                         | 150 MW                       |
| Zuid-Holland                              | 900 MW                       | 0 MW                         | 900 MW                       |
| Noord-Holland                             | 600 MW                       | 0 MW                         | 600 MW                       |
| Ameland                                   | 300 MW                       | 0 MW                         | 300 MW                       |
| <b>Actueel</b>                            | 957 MW                       | 957 MW                       | 957 MW                       |
| <b>Opgave buiten 12NM</b>                 | 2.493 MW                     | 5.043 MW                     | 2.780 MW                     |
| <b>Totaal</b>                             | <b>6.000 MW</b>              | <b>6.000 MW</b>              | <b>6.287 MW</b>              |

In Figuur 2.2 is aangegeven hoe het opgestelde vermogen zich ontwikkelt in de verschillende varianten. Daarbij is ervan uitgegaan dat de parken met de laagste kosten eerst gerealiseerd worden. In praktijk is het goed denkbaar dat de parken die al vergund zijn (deze zijn buiten de 12-mijlszone gelegen) eerder operationeel zullen zijn dan parken binnen de 12-mijlszone waarvoor alle procedures nog moeten starten.

<sup>8</sup> ECN heeft een analyse gemaakt van de aanleg en productiekosten van windenergie in 9 gebieden (binnen en buiten de 12-mijlszone), waarin de vulling is afgestemd met het ministerie van Economische zaken. Hierin is het zoekgebied boven Ameland binnen de 12-mijlszone niet opgenomen, de overige zoekgebieden wel. Deze 'vulling' is hierop gebaseerd. Bron: presentatie ECN, dd 25 juli 2013.



Figuur 2.2 Opgesteld vermogen Windenergie op Zee



### 2.2.3 Potentiële knelpunten binnen de 12-mijlszone

In de analyse van kosten en opbrengsten is ECN uitgegaan van parken met een omvang van 300 MW of 400 MW. Bij 6 MW per km<sup>2</sup> gaat het dan om parken met een oppervlakte van 50 km<sup>2</sup> en 67km<sup>2</sup>. In deze subparagraaf gaan we nader in op de mogelijke inpassing van dergelijke parken en de potentiële knelpunten per zoekgebied.

Figuur 2.3 Legenda bij kaarten van de zoekgebieden



Bron: Rijkswaterstaat.

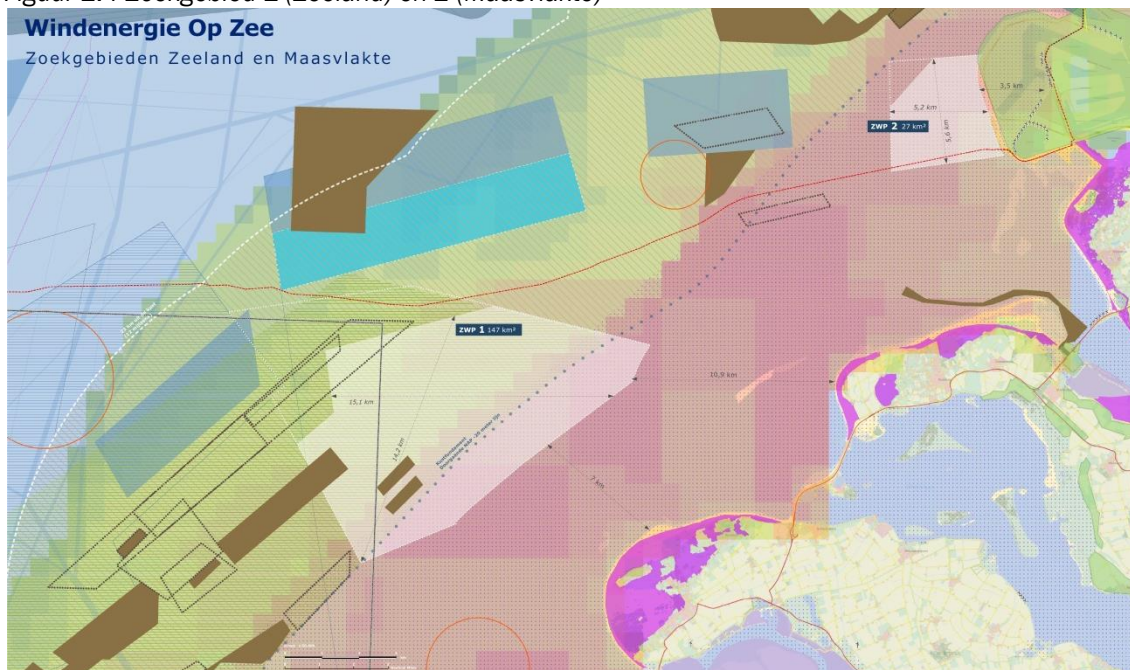
### *Zeeland*

Het zoekgebied Zeeland meet 147 km<sup>2</sup> en kan daarmee ruimte bieden aan 2 parken van 300 MW. Gezamenlijk zullen die ongeveer 68% van het zoekgebied beslaan. In dit gebied kunnen knelpunten optreden ten aanzien van scheepvaart, zandwinning, ecologie, recreatie en toerisme/bewoners.

### *Maasvlakte*

Het gebied Maasvlakte is met slechts 27 km<sup>2</sup> te klein voor een park van 300 MW. Naar verwachting kan maximaal 150 MW geplaatst worden. Hiermee is het ruimtebeslag 93%. In dit gebied kunnen er knelpunten optreden ten aanzien van de scheepvaart, een elektriciteitskabel en ecologie. Verder zijn hier weinig knelpunten te verwachten.

*Figuur 2.4 Zoekgebied 1 (Zeeland) en 2 (Maasvlakte)*



Bron: Rijkswaterstaat

### *Zuid-Holland*

Bij plaatsing van drie parken van 300 MW in het zoekgebied Zuid-Holland (387 km<sup>2</sup>) beslaan de windmolenparken ongeveer 39% van de fysieke ruimte in het zoekgebied. Potentiële knelpunten in dit gebied hebben vooral betrekking op een aantal telecom en elektra kabels, zandwinning, recreatie en toerisme/bewoners.

Figuur 2.5 Zoekgebied 3 Zuid-Holland

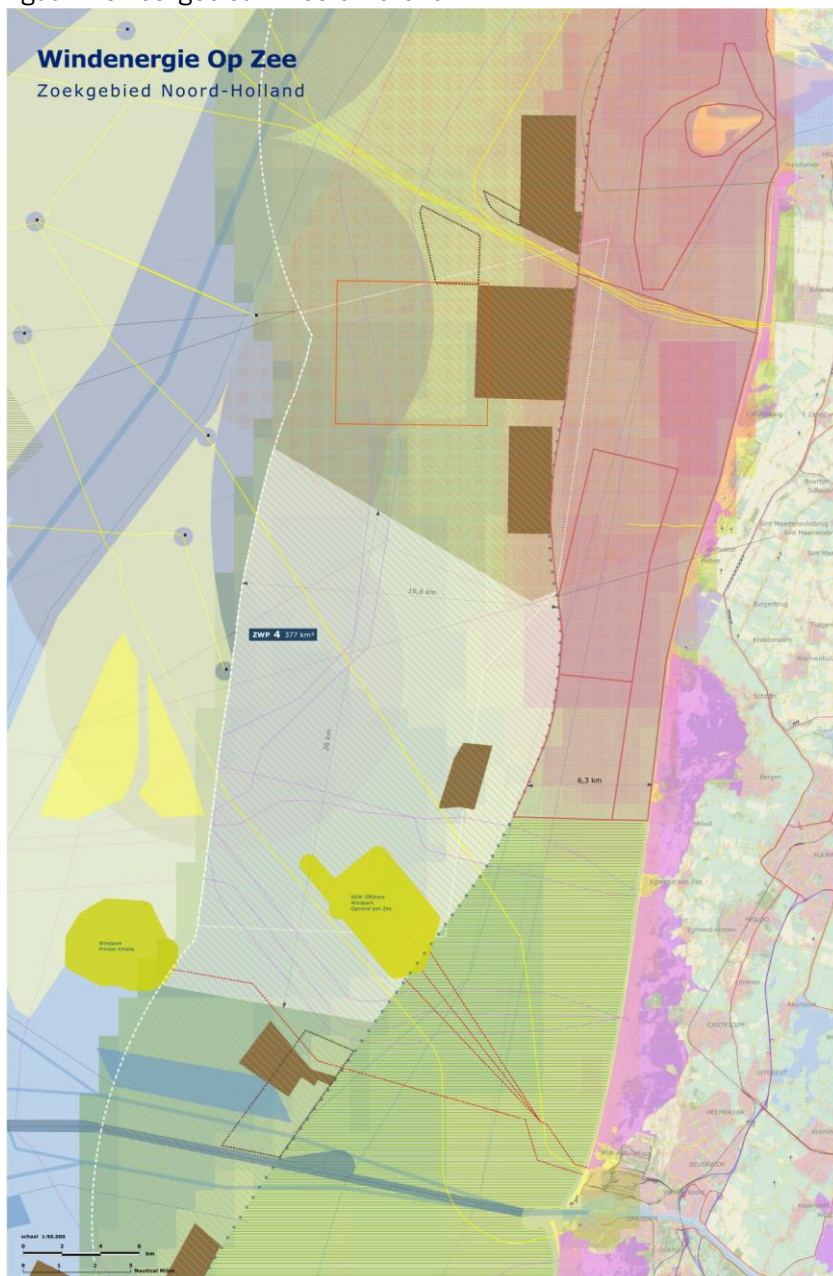


Bron: Rijkswaterstaat.

#### Noord-Holland

Het zoekgebied Noord-Holland beslaat 377 km<sup>2</sup>, maar is voor een deel in gebruik bij Defensie. Dat legt in het noordelijk deel van het zoekgebied een ruimtelijke beperking op. Bij plaatsing van twee parken van 300 MW in dit gebied is het ruimtebeslag 27%. Windmolenparken zullen vooral nabij de bestaande parken Amalia en Egmond aan Zee worden geplaatst. Knelpunten naast defensie en de reeds bestaande windmolenparken zijn in dit gebied: zandwinning, olie en gas, telecom kabels, ecologie en recreatie en toerisme/bewoners.

Figuur 2.6 Zoekgebied 4 Noord-Holland



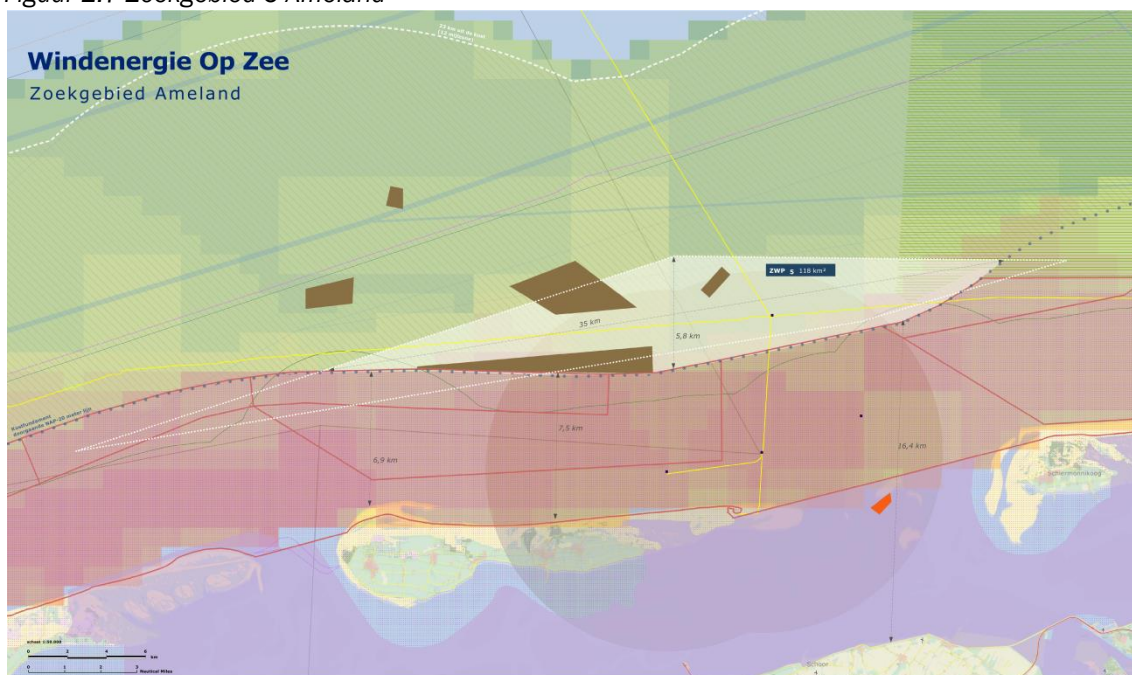
Bron: Rijkswaterstaat.



### Ameland

Het zoekgebied voor de kust van Ameland meet 118 km<sup>2</sup>. Het aanleggen van één windmolenpark van 300 MW heeft een ruimtebeslag van 42%. Knelpunten in dit gebied zijn: zandwinning, olie en gas, ecologie en recreatie en toerisme.

Figuur 2.7 Zoekgebied 5 Ameland



Bron: Rijkswaterstaat.

In het volgende hoofdstuk gaan we na hoe de *business case* eruit ziet voor de opwekking van windenergie, wanneer zo veel mogelijk ruimte in deze gebieden wordt gereserveerd voor windmolens, en hoe dit zich verhoudt tot de *business case* van een zelfde opgesteld vermogen aan windenergie op zee (of productie), maar dan volledig buiten de 12-mijlszone. In de daaropvolgende hoofdstukken gaan we in op de knelpunten die optreden met andere functies in de zoekgebieden en de mogelijke kosten en baten daarvan.

## 2.3 Scenario's en gevoeligheidsanalyses

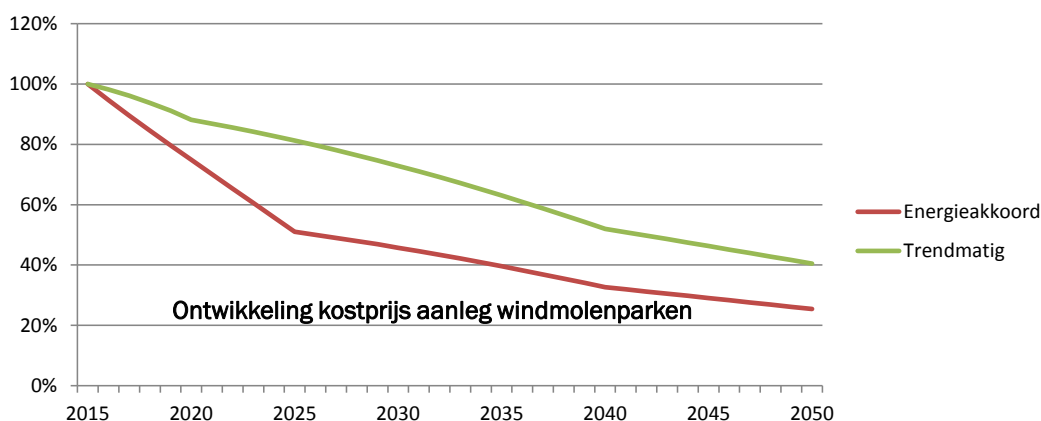
### 2.3.1 Scenario's kostprijsontwikkeling windenergie op zee

Voor het bepalen van de kosten en baten van windenergie op zee binnen en buiten de 12-mijlszone, is het noodzakelijk aannames te doen over toekomstige ontwikkelingen. Het gaat dan bijvoorbeeld om de algemene energieprijzontwikkeling, de kostprijsontwikkeling in de aanleg van windmolenparken, de wisselwerking tussen de elektriciteitsmix en de marktprijs voor energie. In deze ontwikkelingen zitten grote onzekerheden.

In deze MKBA is ervoor gekozen met twee scenario's te rekenen voor de ontwikkeling van de kostprijs van windenergie. De overige onzekerheden komen in gevoeligheidsanalyses aan bod. Het eerste scenario gaat uit van de veronderstellingen die ten grondslag liggen aan de berekeningen in het Energieakkoord, het tweede scenario sluit aan bij andere wetenschappelijke publicaties over trends en marktontwikkelingen in de windenergiesector, waarbij de kostprijsdaling minder snel gaat dan in de aannames bij het Energieakkoord. In deze MKBA gebruiken we voor de twee ontwikkelpaden de termen "Energieakkoord scenario" en "Trendmatig scenario".

De kostprijs van windenergie zal naar verwachting op termijn dalen. In het Energieakkoord wordt uitgegaan van een kostendaling van 40% (in lopende prijzen) de komende 10 jaar. Vaak worden 'leereffecten' gerelateerd aan de wereldwijde ontwikkeling van de techniek. Daarbij is de veronderstelling dat hoe vaker iets wordt gedaan, hoe efficiënter het wordt. In het trendmatige scenario zijn we van deze veronderstelling uitgegaan, waarbij de ontwikkeling van het wereldwijd opgestelde vermogen op zee is gebaseerd op IEA en EWEA en de 'progress ratio' is ontleent aan Brattle Group, die een gemiddelde kostprijsreductie van 6,5% schatten bij verdubbeling van het wereldwijd geïnstalleerd vermogen<sup>9</sup>.

Figuur 2.8 Ontwikkeling aanlegkosten windmolenparken in twee scenario's



### 2.3.2 Gevoeligheidsanalyses

#### Ontwikkeling elektriciteitsprijs

De ontwikkeling van de elektriciteitsprijs waarmee is gerekend in het energieakkoord is lager dan die waarmee is gerekend in de analyses voor bijvoorbeeld Wind op Land<sup>10</sup>. Volgens PBL/ECN is de belangrijkste oorzaak hiervan een sterkere groei van hernieuwbare energie in Duitsland, gevolgd door een lagere raming voor de CO<sub>2</sub>-prijs. In een gevoeligheidsanalyse laten we zien wat het effect is van hogere elektriciteitsprijzen aan de hand van de prijsontwikkelingen die ook zijn opgenomen in de studie Wind op Land.

<sup>9</sup> Bron: Brattle Group; Weiss et al. (2013), IEA (2012) en EWEA (2011). Zie ook bijlage 2.

<sup>10</sup> CPB 2013.

### *Profieffect*

Een andere belangrijke ontwikkeling die samengaat met de grootschalige opwekking van duurzame energie is het zogenaamde 'profieffect'. Windmolens produceren alleen energie op het moment dat het waait. Dat is niet noodzakelijkerwijs het moment dat de vraag naar energie groot is, per definitie wel het moment dat het aanbod van windenergie het grootst is, ook in de ons omringende landen. Een groot aandeel aan windenergie in de energievoorziening zorgt voor relatief grote fluctuaties in de elektriciteitsprijs. De opbrengsten voor windenergie zijn lager dan de gemiddelde elektriciteitsprijs en naarmate het aandeel windenergie toeneemt in de totale elektriciteitsvoorziening, neemt ook dit effect toe. Dit profieffect heeft een neerwaarts effect op de elektriciteitsprijs die voor windenergie wordt betaald, dat kan oplopen tot een derde van de gemiddelde elektriciteitsprijs (basislast). Een uitgebreidere toelichting is opgenomen in bijlage 2. In een gevoeligheidsanalyse laten we de gevolgen van een groter en kleiner profieffect zien.

### *Overige gevoeligheidsanalyses*

- Andere discontovoet: De hoogte van de discontovoet bepaalt de huidige waarde van toekomstige effecten.
- Grotere vraag naar zand: bij een sneller stijgende vraag naar zand (bijvoorbeeld voor kustversterking als gevolg van klimaatverandering) zullen beschikbare voorraden eerder opraken en zullen de kosten hiervan stijgen.
- Ecologische waarden binnen de 12-mijlszone kunnen er voor zorgen dat er mitigerende maatregelen bij aanleg en beheer nodig zijn. Dit is een risico voor de kosten en/of de opbrengsten. Deze risico's bestaan ook op locaties buiten de 12-mijlszone, maar zijn groter erbinnen.
- In een gevoeligheidsanalyse wordt gekeken naar de mogelijk impact van 'stopcontacten' op zee.
- Cumulatie van effecten: wanneer een groot aantal parken binnen de 12-mijlszone komt, zullen de sommigen negatieve indirecte en externe effecten cumuleren, waarbij het totaaleffect groter kan zijn dan de som van de effecten van individuele parken.



### 3 Directe effecten/business case

De directe effecten zijn de (bedoelde) effecten die rechtstreeks met het project te maken hebben. In het geval van de aanleg van windmolenparken gaat het dan vooral om de energieopwekking en exploitatie van de parken en uiteraard de stichtingskosten.

#### 3.1 Opbouw business case

De business case is onder meer gebaseerd op berekeningen van ECN. In de berekeningen is onderscheid gemaakt naar de kosten van aanleg (turbines, kabels, etc.), onderhoud, exploitatie en wat de opbrengsten van windenergie zijn (met toekomstige ontwikkeling). In bijlage 2 zijn de uitgangspunten en kengetallen die hiervoor zijn gebruikt opgenomen.

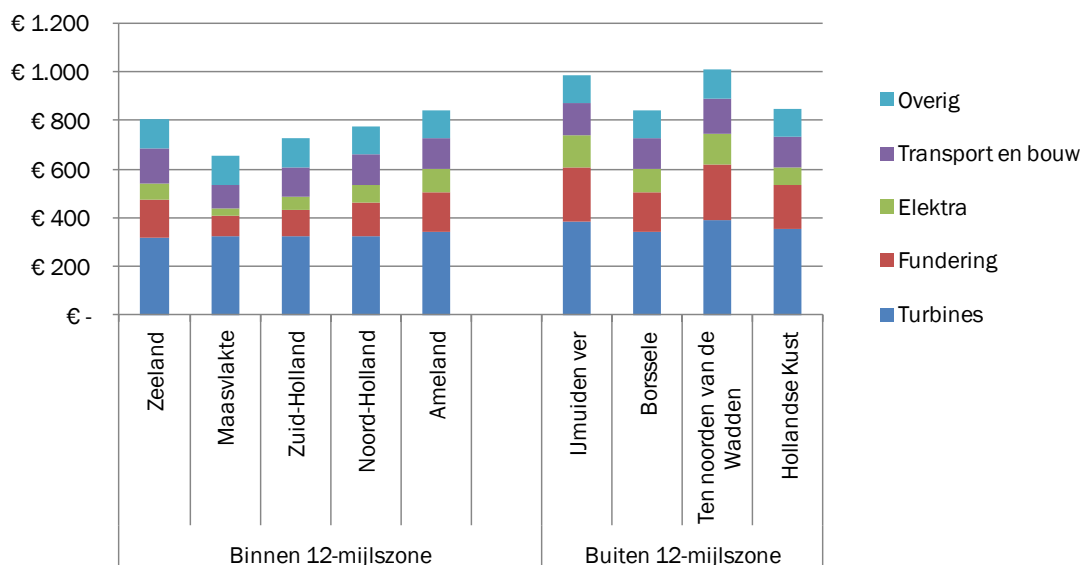
##### 3.1.1 Aanlegkosten

De **aanlegkosten** zijn opgebouwd uit verschillende componenten. De kosten van de verschillende componenten zijn afhankelijk van een aantal variabelen.

- Het type turbine speelt een rol in de investeringskosten. ECN rekent met drie typen turbines. Het gebruikte type turbine kan per locatie (door verschil in windsnelheden en waterdiepte) verschillen. Het gebruikte type turbine is ook afhankelijk van de funderingstechniek. Niet iedere turbine past op ieder type fundering. Het gebruikte type is de turbine die (in combinatie met de gebruikte fundering) tegen de laagste kostprijs per kWh stroom kan produceren.
- Er zijn drie funderingen die gebruikt kunnen worden voor windenergie op zee: de jacket, monopile en tripod. In de meeste gevallen is de monopile de goedkoopste methode om windturbines te plaatsen. Hiervoor moet wel geheid worden, wat tot ecologische schade kan leiden door geluidseffecten op zee-zoogdieren en vislarven.
- De afstand tot een haven is van invloed op de kosten voor transport. De afstand tot een aansluitpunt op land bepaalt de aansluitkosten van de windmolenparken.
- De waterdiepte heeft invloed op de kosten van de turbines en de fundering.

In Figuur 3.1 is een overzicht opgenomen van de gemiddelde door ECN geraamde aanlegkosten voor een aantal (fictieve) parken van 300 MW in een aantal gebieden binnen en buiten de 12-mijlszone.

Figuur 3.1 “break down’ gemiddelde aanlegkosten park 300 MW in geselecteerde gebieden



Bron: ECN, bewerking Decisio – kosten Ameland zijn niet op dezelfde wijze berekend, maar gebaseerd op een eerdere inschatting van ECN.

Relatief gezien veroorzaken de kosten van aansluiting (elektra) van de parken de grootste verschillen tussen de zoekgebieden: het aansluiten van een park in de buiten de 12-mijlszone gelegen gebieden ‘IJmuiden ver’ of ‘ten noorden van de Wadden’ kost 2 tot 2,5 keer zo veel als het aansluiten van een park voor de kust van Zuid Holland of Zeeland binnen de 12-mijlszone. Maar ook de kosten voor funderingen kennen relatief grote verschillen: dit heeft vooral te maken met de waterdiepte en het type turbine<sup>11</sup>, waarbij de kosten buiten de 12-mijlszone op kunnen lopen tot 2 keer de kosten erbinnen. In absolute zin is er ook nog een groot verschil in de kosten van turbines: bij hardere wind (buiten de 12-mijlszone) kunnen grotere turbines worden ingezet met hogere rendementen. In aanlegkosten zijn deze echter wel duurder (in dit voorbeeld tot circa 20%).

### 3.1.2 Exploitatie

De hoogte van de **exploitatiekosten** hangt af van:

- De afstand tot havens.
- Het aantal vollasturen.

De **opbrengsten** zijn afhankelijk van de energieprijzontwikkeling. Hiervoor is aansluiting gezocht bij de uitgangspunten die ook zijn gebruikt in de doorrekening van het Energieakkoord<sup>12</sup>. Bij de opbrengsten is ook rekening gehouden met het ‘profiel effect’: het effect dat windmolens energie produceren als het waait, niet op het moment dat de vraag groot is. De opbrengsten voor windenergie

<sup>11</sup> Per locatie wordt, rekening houdend met de waterdiepte en windsnelheid, in de modellen van ECN gezocht naar een optimale combinatie van turbine en fundering die tegen de laagste kosten per kWh elektriciteit kunnen produceren. Een duurdere fundering verdient zich dan terug door een efficiëntere turbine.

<sup>12</sup> PBL/ECN (2013)

zijn lager dan de gemiddelde elektriciteitsprijs en naarmate het aandeel windenergie toeneemt in de totale elektriciteitsvoorziening, neemt ook dit effect toe. Dit profieffect heeft een neerwaartse druk op de elektriciteitsprijs die voor windenergie wordt betaald en kan oplopen tot een derde van de gemiddelde elektriciteitsprijs (basislast). Zie paragraaf 2.3 en de uitgebreidere toelichting in bijlage 2.

## 3.2 Resultaten business case

### *Investeringskosten lager binnen de 12-mijlszone*

De investeringskosten in de varianten waarin uiteindelijk 4.450 MW (of een gelijkwaardig productie-niveau) wordt bereikt liggen tussen de € 7,2 miljard en € 9,7 miljard. Zo veel mogelijk binnen de 12-mijlszone bouwen is daarbij goedkoper dan alleen erbuiten. Indien wordt opgebouwd naar 4.450 MW bedragen de kosten € 7,2 miljard tot € 8,3 miljard. Indien alleen buiten de 12-mijlszone wordt gebouwd bedragen de aanlegkosten afgerond € 8,3 miljard tot € 9,7 miljard. Dan is wel de productie hoger. Om tot een zelfde productieniveau binnen de 12-mijlszone te komen zijn investeringen nodig van € 7,7 miljard tot € 8,9 miljard. Dat is ca. € 675 miljoen tot € 775 miljoen (ongeveer 8,7%) minder dan dezelfde productie buiten de 12-mijlszone.

### *Beheer en onderhoud nauwelijks onderscheidend*

De beheer en onderhoudskosten zijn eveneens lager binnen de 12-mijlszone dan daarbuiten. Maar wanneer extra windmolens geplaatst worden om hetzelfde productieniveau te halen als 4.450 MW volledig buiten de 12-mijlszone, dan verdwijnt dit voordeel.

*Tabel 3.1 Business case Windparken op zee varianten 4.450MW*

| Business case                      | Energieakkoord                 |                                |                                | Trendmatig                     |                                |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                    | 1                              | 1a                             | 2                              | 1                              | 1a                             | 2                              |
|                                    | 4.450 MW<br>~14,8 TWh<br><12NM | 4.685 MW<br>~15,7 TWh<br><12NM | 4.450 MW<br>~15,7 TWh<br>>12NM | 4.450 MW<br>~14,8 TWh<br><12NM | 4.685 MW<br>~15,7 TWh<br><12NM | 4.450 MW<br>~15,7 TWh<br>>12NM |
| Investeringskosten nominaal mln. € | -€ 7.156                       | -€ 7.670                       | -€ 8.344                       | -€ 8.274                       | -€ 8.893                       | -€ 9.669                       |
| Jaarlijkse productie in TWh*       | 11,7                           | 12,5                           | 12,5                           | 11,7                           | 12,5                           | 12,5                           |
| B&O kosten mln. € / jaar           | -€ 282                         | -€ 301                         | -€ 298                         | -€ 324                         | -€ 347                         | -€ 343                         |
| Productieopbrengsten mln. € / jaar | € 541                          | € 580                          | € 579                          | € 541                          | € 580                          | € 579                          |
| Restwaarde nominaal                | € 718                          | € 783                          | € 997                          | € 1.254                        | € 1.365                        | € 1.735                        |

\* NB: dit is de extra productie t.o.v. het nulalternatief, en wijkt daarmee af van de totale productie van windenergie op zee in Tabel 2.1 en Tabel 2.2. Verschil in opbrengsten tussen 1a en 2 zijn afrondingsverschillen.

De varianten die opbouwen tot 6.000 MW (of een gelijkwaardig productieniveau) laten hetzelfde beeld zien, al zijn de absolute waarden uiteraard hoger. In totaal liggen de aanlegkosten tussen € 10,3 miljard en € 14,1 miljard. De beheer- en onderhoudskosten zijn ongeveer gelijk voor de varianten waarin een gelijk productieniveau wordt gerealiseerd binnen en buiten de 12-mijlszone. De verschillen ten opzichte van de varianten met 4.450 MW zijn kleiner: dit heeft te maken met het feit dat een groter aandeel van het totaal opgesteld vermogen buiten de 12-mijlszone is voorzien. Het aantal

parken, de locaties en opgestelde vermogens binnen de 12-mijlszone zijn identiek aan die in de varianten die opbouwen naar 4.450 MW.

*Tabel 3.2 Business case Windparken op zee varianten 6.000 MW (in mln. €)*

| Business case                      | Energieakkoord                 |                                |                                | Trendmatig                     |                                |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                    | 3                              | 3a                             | 4                              | 3                              | 3a                             | 4                              |
|                                    | 6.000 MW<br>~20,4 TWh<br><12NM | 6.287 MW<br>~21,5 TWh<br><12NM | 6.000 MW<br>~21,5 TWh<br>>12NM | 6.000 MW<br>~20,4 TWh<br><12NM | 6.287 MW<br>~21,5 TWh<br><12NM | 6.000 MW<br>~21,5 TWh<br>>12NM |
| Investeringskosten nominaal mln. € | -€ 10.274                      | -€ 10.815                      | -€ 11.646                      | -€ 12.432                      | -€ 13.219                      | -€ 14.148                      |
| Jaarlijkse productie in TWh*       | 17,3                           | 18,3                           | 18,3                           | 17,3                           | 18,3                           | 18,3                           |
| B&O kosten mln. € / jaar           | -€ 388                         | -€ 407                         | -€ 407                         | -€ 466                         | -€ 492                         | -€ 491                         |
| Productieopbrengsten mln. € / jaar | € 799                          | € 833                          | € 832                          | € 799                          | € 833                          | € 832                          |
| Restwaarde nominaal                | € 1.187                        | € 1.279                        | € 1.535                        | € 2.030                        | € 2.181                        | € 2.610                        |

\* NB: dit is de extra productie t.o.v. het nulalternatief, en wijkt daarmee af van de totale productie van windenergie op zee in Tabel 2.1 en Tabel 2.2. Verschil in opbrengsten tussen 3a en 4 zijn afrondingsverschillen.

Wanneer deze kosten en opbrengsten contant worden gemaakt en rekening wordt gehouden met de restwaarde van funderingen en aansluitingen (zie bijlage 2 voor uitgangspunten over tijdshorizon en discontovoet), dan resulteren de waarden in Tabel 3.3 voor de 4.450 MW varianten en de waarden in Tabel 3.4 voor de 6.000 MW varianten.

*Tabel 3.3 Business case Windparken op zee 4.450 MW (CW, in mln. €)*

| Business case         | Energieakkoord                 |                                |                                | Trendmatig                     |                                |                                |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                       | 1                              | 1a                             | 2                              | 1                              | 1a                             | 2                              |
|                       | 4.450 MW<br>~14,8 TWh<br><12NM | 4.685 MW<br>~15,7 TWh<br><12NM | 4.450 MW<br>~15,7 TWh<br>>12NM | 4.450 MW<br>~14,8 TWh<br><12NM | 4.685 MW<br>~15,7 TWh<br><12NM | 4.450 MW<br>~15,7 TWh<br>>12NM |
| Investeringskosten    | -€ 6.319                       | -€ 6.722                       | -€ 7.344                       | -€ 7.275                       | -€ 7.762                       | -€ 8.475                       |
| B&O kosten            | -€ 2.875                       | -€ 3.044                       | -€ 3.027                       | -€ 3.291                       | -€ 3.499                       | -€ 3.471                       |
| Productieopbrengsten  | € 5.739                        | € 6.095                        | € 6.109                        | € 5.739                        | € 6.095                        | € 6.109                        |
| Restwaarde            | € 206                          | € 224                          | € 286                          | € 360                          | € 389                          | € 498                          |
| <b>Totaal</b>         | <b>-€ 3.249</b>                | <b>-€ 3.447</b>                | <b>-€ 3.976</b>                | <b>-€ 4.467</b>                | <b>-€ 4.776</b>                | <b>-€ 5.339</b>                |
| <b>Baten / kosten</b> | <b>0,49</b>                    | <b>0,49</b>                    | <b>0,46</b>                    | <b>0,39</b>                    | <b>0,38</b>                    | <b>0,37</b>                    |

\* Verschil in productieopbrengsten tussen 1a en 2 is het gevolg van fasering. Parken met de laagste kosten worden als eerste aangelegd. Deze hebben ook de laagste productie per MW opgesteld vermogen. Na aanleg van alle parken is de productie gelijk, maar tijdens de aanlegperiode zijn er verschillen tussen varianten 1a en 2.

Tabel 3.4 Business case Windparken op zee 6.000 MW (CW, in mln. €)

| Business case         | Energieakkoord                 |                                |                                | Trendmatig                     |                                |                                |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                       | 3                              | 3a                             | 4                              | 3                              | 3a                             | 4                              |
|                       | 6.000 MW<br>~20,4 TWh<br><12NM | 6.287 MW<br>~21,5 TWh<br><12NM | 6.000 MW<br>~21,5 TWh<br>>12NM | 6.000 MW<br>~20,4 TWh<br><12NM | 6.287 MW<br>~21,5 TWh<br><12NM | 6.000 MW<br>~21,5 TWh<br>>12NM |
| Investeringskosten    | -€ 8.661                       | -€ 9.043                       | -€ 9.811                       | -€ 10.389                      | -€ 10.945                      | -€ 11.812                      |
| B&O kosten            | -€ 3.793                       | -€ 3.946                       | -€ 3.957                       | -€ 4.513                       | -€ 4.731                       | -€ 4.731                       |
| Productieopbrengsten  | € 8.014                        | € 8.406                        | € 8.417                        | € 8.014                        | € 8.406                        | € 8.417                        |
| Restwaarde            | € 323                          | € 344                          | € 417                          | € 554                          | € 589                          | € 711                          |
| <b>Totaal</b>         | <b>-€ 4.117</b>                | <b>-€ 4.239</b>                | <b>-€ 4.934</b>                | <b>-€ 6.334</b>                | <b>-€ 6.681</b>                | <b>-€ 7.416</b>                |
| <b>Baten / kosten</b> | <b>0,52</b>                    | <b>0,53</b>                    | <b>0,50</b>                    | <b>0,39</b>                    | <b>0,39</b>                    | <b>0,37</b>                    |

\* Verschil in productieopbrengsten tussen 3a en 4 is het gevolg van fasering. Parken met de laagste kosten worden als eerste aangelegd. Deze hebben ook de laagste productie per MW opgesteld vermogen. Na aanleg van alle parken is de productie gelijk, maar tijdens de aanlegperiode zijn er verschillen tussen varianten 1a en 2.

De varianten binnen de 12-mijlszone laten in alle gevallen een hoger rendement zien. In absolute zin is de contante waarde van de kosten en opbrengsten van de varianten met een gelijkwaardige productie binnen de 12-mijlszone ruim € 0,5 miljard (4.450 MW) tot ruim € 0,7 miljard hoger (6.000 MW). In het 'trendmatige' scenario zijn de resultaten lager (de kosten zijn hoger) dan bij de veronderstellingen die ten grondslag liggen aan het Energieakkoord. Het verschil tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone is groter. Bouwen binnen de 12-mijlszone is relatief gunstiger bij de veronderstellingen in het 'Trendmatig' scenario.

#### Business case naar zoekgebied binnen de 12-mijlszone

De investeringen zijn het meest bepalend in de rangorde van de uitkomst van de business case per zoekgebied. Alleen Zeeland en Ameland zijn gewisseld van positie door de iets hogere productieopbrengsten bij Ameland. Hierbij dient aangetekend te worden dat er binnen zoekgebieden grote verschillen bestaan in kosten en opbrengsten voor verschillende mogelijke locaties van parken. Het onderstaande overzicht geeft een eerste indicatie waarbij de gegevens van Ameland op een andere wijze zijn ingeschat dan van de overige zoekgebieden. Gemiddeld is de business case van parken binnen de 12-mijlszone gunstiger dan die van buiten de 12-mijlszone, maar ook hiervoor geldt dat er relatief goedkope parken mogelijk zijn buiten de 12-mijlszone en relatief dure parken binnen de zoekgebieden. Er zijn dan ook nog verdere optimalisaties van de business case mogelijk.

Tabel 3.5 Rangorde business case van zoekgebieden binnen de 12-mijlszone

|                      | Maasvlakte | Zeeland | Zuid-Holland | Noord-Holland | Ameland |
|----------------------|------------|---------|--------------|---------------|---------|
| <b>Business case</b> |            |         |              |               |         |
| Business case        | 1          | 5       | 2            | 3             | 4       |

### 3.3 Subsidies

Subsidies vormen een inkomensoverdracht die in beginsel geen effect heeft op de uitkomsten van de MKBA. De kosten voor de overheid zijn de inkomsten voor het bedrijfsleven dat de parken exploi-

teert en bedragen bij elkaar opgeteld voor de 'BV Nederland' nul<sup>13</sup>. Het jaarlijkse subsidiebedrag (prijsspeil 2015) in 2030 bij de 4.450 MW varianten is binnen de 12-mijlszone € 661 miljoen (variant 1a, energieakkoord) tot € 869 miljoen (variant 1a, trendmatig) en buiten de 12-mijlszone € 747 miljoen (variant 2, energieakkoord) tot € 965 miljoen (variant 2, trendmatig). Bij de 6.000 MW varianten gaat het om maximale subsidiebedragen van € 970 miljoen (variant 3a, energieakkoord) en € 1,4 miljard (variant 3a, trendmatig) en € 970 miljoen (variant 4, energieakkoord) tot bijna € 1,5 miljard (variant 4, trendmatig) buiten de 12-mijlszone. Dit is het verschil in subsidie met het nulalternatief, dus exclusief de subsidie voor de 957 MW die reeds toegekend is.

*Tabel 3.6 Subsidies (mln Euro, prijspeil 2015) in 4.450 MW varianten*

| Subsidies                  | Energieakkoord |         |         | Trendmatig |         |         |
|----------------------------|----------------|---------|---------|------------|---------|---------|
|                            | 1              | 1a      | 2       | 1          | 1a      | 2       |
| Subsidies CW               | € 5.553        | € 5.889 | € 6.644 | € 7.116    | € 7.605 | € 8.448 |
| Subsidies per jaar in 2015 | € 0            | € 0     | € 0     | € 0        | € 0     | € 0     |
| Subsidies per jaar in 2023 | € 621          | € 661   | € 747   | € 809      | € 869   | € 965   |
| Subsidies per jaar in 2030 | € 674          | € 719   | € 804   | € 863      | € 927   | € 1.022 |

*Tabel 3.7 Subsidies (mln Euro, prijspeil 2015) in 6.000 MW varianten*

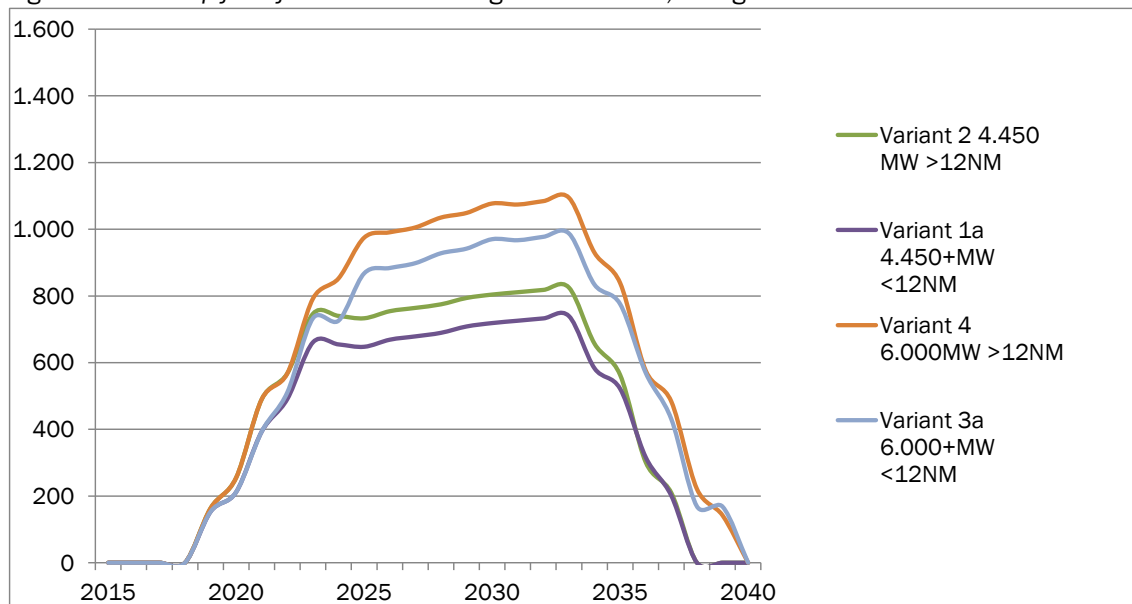
| Subsidies                  | Energieakkoord |         |         | Trendmatig |          |          |
|----------------------------|----------------|---------|---------|------------|----------|----------|
|                            | 3              | 3a      | 4       | 3          | 3a       | 4        |
| Subsidies CW               | € 7.311        | € 7.595 | € 8.496 | € 10.118   | € 10.673 | € 11.687 |
| Subsidies per jaar in 2015 | € 0            | € 0     | € 0     | € 0        | € 0      | € 0      |
| Subsidies per jaar in 2023 | € 733          | € 733   | € 792   | € 975      | € 975    | € 1.032  |
| Subsidies per jaar in 2030 | € 917          | € 970   | € 1.077 | € 1.280    | € 1.372  | € 1.492  |

Het feit dat de subsidiebedragen contact gemaakt hoger zijn dan de contante waarde uit de business case, heeft te maken met het feit dat het bedrijfsleven rekent met een hogere rendementseis (en dus hogere discontovoeten), dan de 5,5% discontovoet waar in deze MKBA mee wordt gerekend. In onderstaande figuren is het verloop van de jaarlijkse subsidies weergegeven.

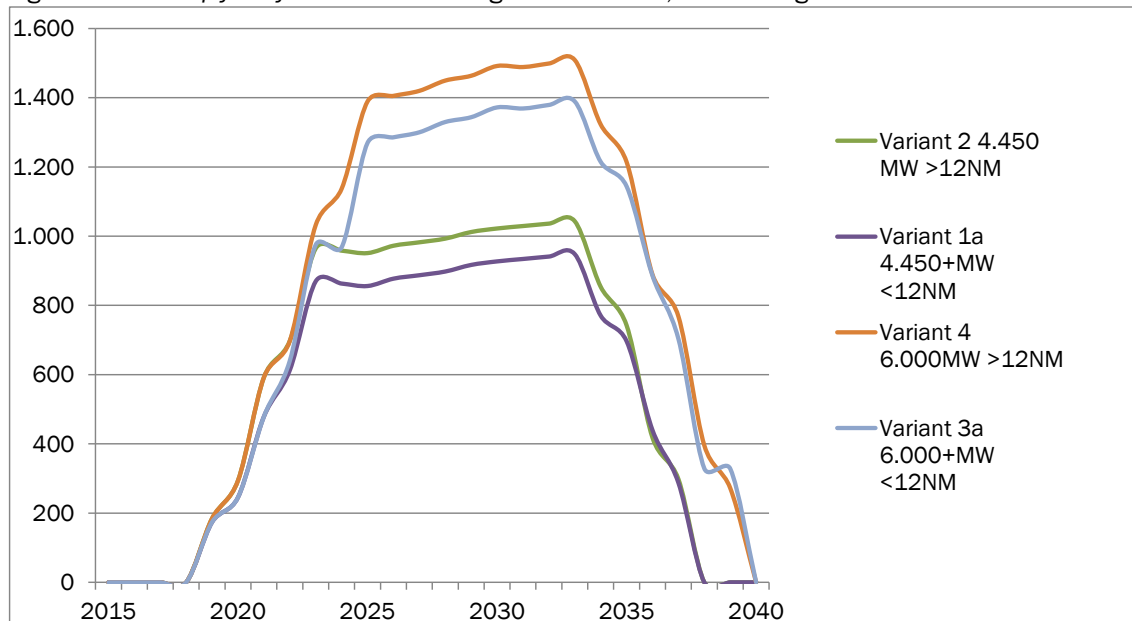
<sup>13</sup> Indien de exploitant een buitenlandse partij is, hebben er wel welvaartseffecten plaats op nationale schaal. Eventuele versturende factoren van de subsidies, zoals de kosten om deze uit te geven, zijn niet meegenomen in de MKBA.



Figuur 3.2 Verloop jaarlijkse subsidiebedragen in mln Euro, Energieakkoord



Figuur 3.3 Verloop jaarlijkse subsidiebedragen in mln Euro, Trendmatig scenario



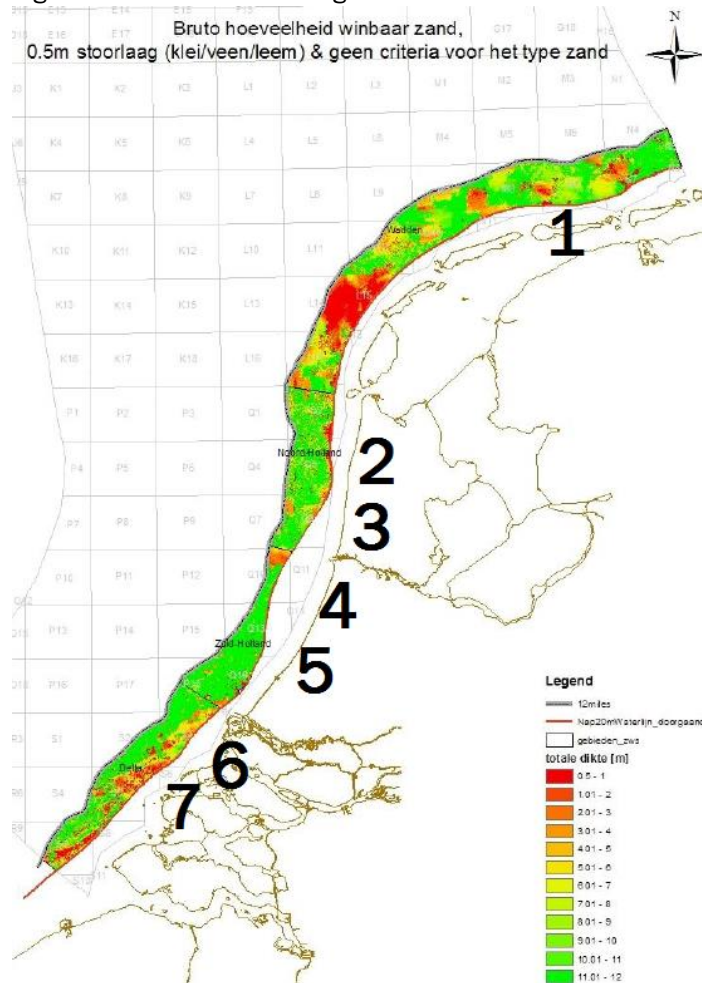
## 4 Indirecte effecten

De indirecte effecten die optreden na het plaatsen van windmolenparken binnen en buiten de 12-mijlszone komen in dit hoofdstuk aan bod. De indirecte effecten zijn een afgeleide van de directe effecten en treden op andere markten op. We onderscheiden in dit hoofdstuk achtereenvolgens effecten op zandwinning, scheepvaart, olie- en gaswinning, visserij, leidingen en kabels en defensie.

### 4.1 Zandwinning

Zandwinning heeft voornamelijk plaats in het gebied tussen de doorgaande NAP -20 meter dieptelijn en de 12-mijlszonegrens. Het gebied vanaf het strand tot en met de doorgaande NAP -20 meter dieptelijn wordt het kustfundament genoemd. Het kustfundament dient als onderdeel van de kustverdediging met de zeespiegel mee te stijgen. Er kan daarom geen zand gewonnen worden binnen de doorgaande NAP -20 meter dieptelijn. Omdat de kosten van zandwinning een directe relatie hebben met de afstand tot de kust, wordt zo dicht mogelijk bij de plaats van bestemming tegen deze doorgaande NAP -20 meter dieptelijn zand gewonnen. Hoewel er ook een grote zandvoorraad buiten de 12-mijlszone ligt, wordt hier bijna geen zand gewonnen, in het geval windparken binnen de 12-mijlszone gerealiseerd worden kan de prioriteit tot winning buiten de zone wel toenemen.

Figuur 4.1 Winbaar zand langs de Nederlandse kust



Om de effecten van het plaatsen van windparken op zandwinning te bepalen is van een aantal uitgangspunten uitgegaan:

- De productiekosten van zandwinning op zee liggen op ongeveer €2,90 per kubieke meter op 15 kilometer van de kust.

- Zandwinschepen moeten altijd om windparken heen varen, of er moet een corridor door een windpark heen zijn.
- Elke kilometer verder van de kust af stijgen de kosten van zandwinning met ca. 10 cent<sup>14</sup>. Dit zijn de zogenaamde omvaarkosten.
- Aan weerszijde van kabels en leidingen kan in een omtrek van 500 meter geen zand gewonnen worden.
- Er is geen natuurlijke aanwas van zand op plekken waar zand gewonnen is.
- Zandwinning vindt in principe zo dicht mogelijk op de kust plaats, al speelt ook kwaliteit van het zand een rol. Uitgangspunt is dat hoe dichter een windmolenpark op de kust wordt gebouwd, hoe eerder de goedkoopste zandvoorraad is uitgeput, en er verder of omgevaren moet worden<sup>15</sup>.

#### 4.1.1 Vraag naar zand ten behoeve van kustsuppletie

In figuur 4.1 is een kaart van de Nederlandse kust weergegeven. Hierop is de hoeveelheid winbaar zand tussen het gebied van de doorgaande NAP -20 meter lijn en de 12 mijlszone ingetekend. De nummers 1 tot en met 7 corresponderen met plaatsen waar de komende jaren ten behoeve van kustsuppletie zandvraag is én die relevant zijn voor de zoekgebieden windenergie op zee binnen de 12-mijlszone<sup>16</sup>. In bijlage 3 (tabel B3.1) is de ontwikkeling van de vraag naar het aantal kubieke meters zand voor kustsuppletie weergegeven in twee scenario's (hoog en laag), de berekeningen zijn gebaseerd op de huidige vraag.

De zoekgebieden Ameland, Noord-Holland (Petten en Bergen-Egmond bij elkaar opgeteld) en Zeeland (Goeree en Schouwen) kennen een relatief hoge zandvraag, respectievelijk meer dan 11, 14 en 6 procent van de totale suppletiezandvraag voor de Nederlandse kust. Binnen deze zoekgebieden zijn ook enkele reeds bestaande zandwingebieden gelegen. De overige relevante kustplaatsen kennen een minder grote vraag naar suppletiezand (Zandvoort en Katwijk-Noordwijk, beiden 4,3 procent).

De verwachte ontwikkeling van de totale vraag naar suppletiezand voor de Nederlandse kust is tot het jaar 2100 ingeschat<sup>17</sup>. Daarbij is onderscheid gemaakt naar een laag en een hoog scenario. In het lage scenario is de vraag naar suppletiezand over de gehele periode 20 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, in het hoge scenario is dat tot 2025 20 miljoen m<sup>3</sup> en daarna 40 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Ervan uitgaande dat de huidige verhoudingen ten aanzien van de zandvraag hetzelfde blijven, is voor beide scenario's berekend hoeveel zand er op de verschillende locaties langs de kust nodig is in de periode 2013-

<sup>14</sup> Blueconomy (2009) geeft hiervoor een waarde van 9 cent per m<sup>3</sup>. RWS hanteert inmiddels als vuistregel 10 cent. Dit bedrag wordt ook door de sector als vuistregel gebruikt.

<sup>15</sup> Hierbij speelt dus het risico dat een windmolenpark wordt gebouwd boven of vlak voor een zandwingebied met hoge kwaliteit. Om de zandwingebieden met de hoogste zandkwaliteit te bereiken zou het zo kunnen zijn dat dan nog eerder omgevaren moeten worden.

<sup>16</sup> Het gaat om de volgende kustplaatsen: Ameland, Petten, Bergen-Egmond, Zandvoort, Katwijk-Noordwijk, Goeree Overflakkee en Schouwen.

<sup>17</sup> 'Strategie planmatige zandwinning' Ecorys et al. (2011) in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Noordzee.

2100. Uitgaande van deze scenario's is de vraag naar zand in de verschillende zoekgebieden voor windenergie binnen de 12-mijlszone ingeschat. In het zoekgebied Ameland (tussen de 204 en 381 miljoen m<sup>3</sup>), Noord-Holland (tussen de 258 en 481 miljoen m<sup>3</sup>) en Zeeland (tussen de 150 en 280 miljoen m<sup>3</sup>) is de vraag het grootst. Voor het zoekgebied Zuid-Holland is de zandvraag lager (tussen 75 miljoen m<sup>3</sup> en 160 miljoen m<sup>3</sup>).

#### **4.1.2 Vraag naar ophoog- en commercieel zand**

Naast zand dat nodig is ter versterking van de kustlijn (suppletie) is er vraag naar ophoog / commercieel zand, dit zand wordt voornamelijk gewonnen in de buurt van havens (in verband met overslag- en transportfaciliteiten). Uit de MER Winning ophoogzand Noordzee 2008-2017 blijkt hoe groot de vraag naar ophoogzand momenteel is. In de studie van Ecorys<sup>18</sup> zijn wederom twee scenario's berekend voor de ontwikkeling van de vraag naar ophoogzand. Op basis van deze cijfers hebben wij voor de betreffende gebieden de vraag naar ophoogzand tot 2100 berekend (zie bijlage 3, tabel B3.2).

In een laag scenario is de vraag naar ophoog- en commercieel zand tot het jaar 2100 13 miljoen m<sup>3</sup> per jaar is. In een hoog scenario is de vraag tot 2025 13 miljoen m<sup>3</sup> en vanaf 2025 25 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De vraag naar ophoogzand zal in de toekomst enigszins afnemen. Voor Rotterdam is de huidige vraag bijvoorbeeld 9 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, maar in het lage scenario is dat 4,67 miljoen m<sup>3</sup> en zelfs in het hoge scenario is de vraag iets lager dan de huidige 9 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Het zijn voornamelijk de havens van Rotterdam en IJmuiden/Amsterdam die momenteel een grote vraag naar ophoogzand kennen.

#### **4.1.3 Huidige zandwinlocaties**

Naast de toekomstige vraag naar zand zijn ook actuele zandwinlocaties relevant. Hiervan liggen er een aantal binnen de zoekgebieden voor wind op zee binnen de 12-mijlszone. Dit geldt voor de zoekgebieden Zeeland, Zuid-Holland, Noord-Holland en Ameland. Zolang deze locaties vergund zijn en er zand gewonnen wordt, kunnen hier geen windparken geplaatst worden.

#### **4.1.4 Netto contante waarde effecten zandwinning**

Door de plaatsing van windmolenparken zal een aantal locaties voor zandwinning niet meer beschikbaar zijn. In deze gevallen zal winning op de dan meest aantrekkelijke locatie plaatsvinden. Deze locatie is echter wel verder weg gelegen en dus duurder dan de oorspronkelijke 'voorkeurslocatie'. De 'omvaarkosten' voor zandwinning vormen dan een negatief maatschappelijk effect. De effecten zijn berekend per zoekgebied en per scenario (hoog en laag), waarin is uitgegaan van het feit dat alle windparken binnen dit zoekgebied gerealiseerd worden. In tabel 4.1 zijn de kosten voor dit effect op de zandwinning opgenomen. In bijlage 3 is een toelichting gegeven op het berekenen van de NCW voor zandwinning.

---

<sup>18</sup> 'Strategie planmatige zandwinning' Ecorys et al. (2011) in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Noordzee.

Tabel 4.1 Kosten Zandwinning in mln Euro

| Zandwinning                      | 1            | 1a           | 2            | 3            | 3a           | 4            |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Per jaar in 2030 (mln. €)</b> | <b>€ 1,1</b> | <b>€ 1,1</b> | <b>€ 0,0</b> | <b>€ 1,1</b> | <b>€ 1,1</b> | <b>€ 0,0</b> |
| Direct bij windparken            | € 1,1        | € 1,1        | € 0,0        | € 1,1        | € 1,1        | € 0,0        |
| Cumulatie-effect                 | € 0,0        | € 0,0        | € 0,0        | € 0,0        | € 0,0        | € 0,0        |
| <b>Contante Waarde</b>           | <b>€ 22</b>  | <b>€ 22</b>  | <b>€ 0</b>   | <b>€ 21</b>  | <b>€ 21</b>  | <b>€ 0</b>   |
| Direct bij windparken            | € 19         | € 19         | € 0          | € 18         | € 18         | € 0          |
| Cumulatie-effect                 | € 3          | € 3          | € 0          | € 3          | € 3          | € 0          |

De kosten voor zandwinning spelen enkel binnen de 12 mijlszone. Daarom is er geen verschil in de jaarlijkse effecten tussen de 4.450 MW of 6.000 MW varianten, in beide varianten wordt namelijk evenveel vermogen binnen de 12-mijlszone geplaatst: doordat de aanlegfasering van de parken binnen de 12-mijlszone niet exact gelijk loopt, is er wel een klein verschil in netto contante waarde. In het lage zandvraagscenario zijn de jaarlijkse kosten in 2030 ongeveer € 1,1 miljoen, het betreft hier omvaarkosten voor de drie windparken in Zuid-Holland en Ameland. Er komen veel extra kosten bij wanneer rond 2045 de cumulatieve effecten gaan spelen (ongeveer € 1,8 miljoen per jaar). In het hoge scenario zijn de jaarlijkse kosten in 2030 ongeveer € 5,9 miljoen euro, het betreft hier omvaarkosten voor de drie windparken in Zuid-Holland en Ameland, bovendien spelen hier cumulatieve effecten. Vanaf 2030 komen er kosten voor het windpark Schouwen en vanaf 2050 voor één van de windparken in Noord-Holland bij.

De totale vraag naar suppletiezand overtreft de vraag naar ophoog/commercieel zand. Het plaatsen van windmolens sorteert om die reden vooral effect op het gebied van suppletiezand. In een laag zandvraagscenario geldt dat 93 procent van de kosten veroorzaakt worden door suppletiezand. In een hoog zandvraagscenario zijn de effecten voor ophoog/commercieel zand relatief wat groter, maar komt nog steeds 86 procent van de kosten voor rekening van de vraag naar suppletiezand.

## 4.2 Scheepvaart

### 4.2.1 Interactie met Scheepvaart

Scheepvaart maakt op de Noordzee gebruik van scheepvaartroutes en ankergebieden. In principe dient vanaf deze routes een veiligheidszone van 2 nautische mijl te worden aangehouden. In theorie is het ook mogelijk scheepvaartroutes te verleggen, waardoor vaarafstanden kunnen veranderen en daarmee ook de kosten, als gevolg van brandstofkosten en operationele kosten van vaaruren. Dit ligt echter niet voor de hand, aangezien Nederland onlangs al het Scheepvaartstelsel heeft gewijzigd. De zoekgebieden zijn zo gekozen dat de bestaande routes worden gerespecteerd. Bovendien wordt op dit moment gewerkt aan een afwegingskader om te bepalen of er op bepaalde plekken maatwerk mogelijk is en van de veiligheidszone van 2 nautische mijl kan worden afgeweken. Er zal echter altijd een minimale afstand van 500 meter nodig zijn. Binnen de 12-mijlszone gaat het voor de scheepvaart vooral om de toegang tot de havens. Er wordt ook rekening gehouden met routes voor visserij, recreatievaart en scheepvaart dicht langs de kust tussen de havens van Nederland, België en Duitsland.

#### 4.2.2 Effecten op de veiligheid

Het risico op aanvaringen met andere schepen kan toenemen. Het plaatsen van turbines op zee zorgt per definitie voor een hoger risico op aanvaringen. Er komen extra obstakels waarmee schepen in botsing kunnen komen. Met name voor driftende (stuurloze) schepen is dit een risico. Ten opzichte van het nulalternatief is de ordegrrootte van de waarde die in de Maatschappelijk Kosten-effectiviteitsanalyse in 2010 op basis van modelanalyses door MARIN is berekend ongeveer € 3,8 miljoen en € 5,6 miljoen per jaar bij 6.000 MW<sup>19</sup>. In contante waarden zijn dit bedragen tussen € 50 miljoen en € 80 miljoen. Dit effect is gemiddeld circa 10% tot 20% kleiner bij varianten waarin ook binnen de 12-mijlszone wordt gebouwd. Voor de varianten in deze MKBA is dit aspect niet nader onderzocht en presenteren we dit als een negatief effect (met -?).

Ook kan, wanneer kleinere niet routegebonden schepen (zoals vissers- en recreatieschepen) door de parken mogen varen, extra gevaar ontstaan, doordat deze schepen niet goed op de radar te zien zijn. Dit effect is niet meegenomen omdat het uitgangspunt is dat er geen medegebruik plaats heeft.

#### 4.2.3 Radarverstoring

Indien er windmolenparken in het zoekgebied Zeeland worden geplaatst heeft dit consequenties voor de radarpost voor de Scheepvaart bij Zeeland. De radar wordt verstoord door de turbines. Dit kan worden voorkomen door een steunpost aan te leggen. Naar schatting zijn de kosten hiervoor eenmalig € 25 mln. Daarnaast zijn er beheer en onderhoudskosten van jaarlijks ca. € 0,4 mln<sup>20</sup>.

Tabel 4.2 Effecten scheepvaart in mln Euro, varianten 4.450 MW

|                                  |           | 1        | 1a       | 2        |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                                  |           | 4.450 MW | 4.694 MW | 4.450 MW |
|                                  |           | < 12NM   | < 12NM   | > 12NM   |
| Frequentie                       |           |          |          |          |
| Investeringskosten radar         | Eenmalig  | € 25,0   | € 25,0   | € -      |
| Kosten beheer en onderhoud radar | Jaarlijks | € 0,4    | € 0,4    | € -      |
| Scheepvaart veiligheid           |           | -?       | -?       | -?       |
| Contante waarde radar aanpassing |           | € 27,0   | € 27,0   | € -      |

De effecten voor de varianten met 6.000 MW zijn identiek, aangezien de effecten enkel optreden binnen de 12-mijlszone en er in beide varianten evenveel vermogen binnen de 12-mijlszone wordt opgebouwd.

<sup>19</sup> Zie Decisio (2010)

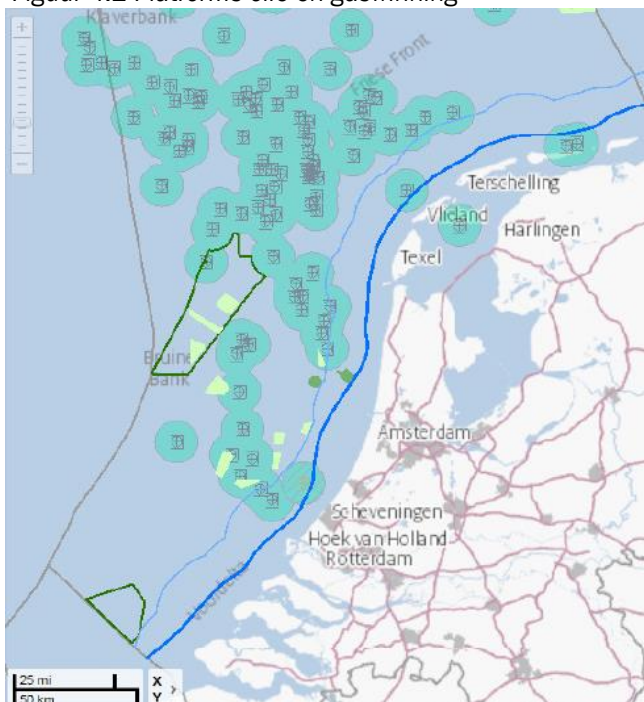
<sup>20</sup> Opgave Ministerie van Infrastructuur en Milieu/RWS.



### 4.3 Olie- en gaswinning

Op bijna 150 locaties in het Nederlandse deel van de Noordzee zijn boorplatforms aanwezig. Op een aantal plaatsen kan de bereikbaarheid van platforms bij de aanleg van windmolenparken worden bemoeilijkt. Dit geldt ook voor eventuele toekomstige platforms. Dit effect speelt vooral bij platforms die per helikopter bereikbaar moeten zijn. Normaliter mag er in een straal van 5 nautische mijl rondom een dergelijk platform niet worden gebouwd. Gebeurt dit wel, dan zijn platforms niet onder alle weersomstandigheden goed bereikbaar. Hierdoor kan het zijn dat de productie langer stil komt te liggen in geval van storingen. Ook kan het voorkomen dat werknemers minder snel kunnen worden afgelost dan gepland. In de praktijk zijn er echter steeds meer onbemande platforms en vaak is 'maatwerk' mogelijk waardoor de kosten van dit effect worden geminimaliseerd.

Figuur 4.2 Platforms olie en gaswinning



Een aantal platforms is binnenkort uitgeteerd en zal dan worden ontmanteld. Voor de platforms nabij de zoekgebieden voor windenergie binnen de 12-mijlszone geldt dat het merendeel naar verwachting tussen 2015 en 2022 uitgeteerd zullen zijn. Alleen de platforms bij Ameland zullen naar verwachting tot na 2040 blijven produceren. Enkele platforms (met name in de buurt van de Maasvlakte) kunnen wellicht voor de opslag van CO<sub>2</sub> gebruikt worden. Vooralsnog is niet duidelijk om welke dat gaat en of het bemande platforms zijn. Onbemande platforms zijn in principe makkelijker te combineren met windenergie dan bemande. Voor mogelijk nieuwe velden geldt dat deze ook veel meer met onbemande platforms worden geëxploiteerd, in verband met kostenafwegingen<sup>21</sup>. Naar de platforms lopen ook pijpleidingen om gewonnen gas en olie af te voeren, zie hiervoor paragraaf 4.5.

In de MKEA uit 2010 is er een waardering opgenomen voor misgelopen inkomsten uit olie en gasprospecten, die niet meer bereikbaar zouden zijn na aanleg van de windmolenparken. De kosten die met dit effect gepaard gingen lieten een zeer grote bandbreedte zien: van minder dan 30 miljoen euro tot bijna 575 mln euro. De grote verschillen tussen ruimtelijke opties werden daarbij vooral veroorzaakt door aanpassingen van het scheepvaartstelsel die per variant verschilden. Inmiddels is het scheepvaartstelsel aangepast waardoor dit geen onderscheid meer is in de varianten. De in-

<sup>21</sup> Bron: Ministerie van Economische Zaken (2013)



schatting van het ministerie van Economische Zaken is dat vanuit mijnbouwperspectief inpassing waarschijnlijk altijd wel mogelijk is. In sommige gevallen zijn er mogelijk extra kosten (bijvoorbeeld voor schuin boren). Dit effect wordt daarom als negatief (- ?) effect meegenomen in deze MKBA.

#### 4.4 Visserij

De realisatie van windmolenparken in de Noordzee kan negatieve impact hebben op de visserij. De effecten worden geoperationaliseerd aan de hand van twee kostenposten:

- afname van de visvangst;
- hogere productiekosten door extra vaarkilometers.

Als er windmolenparken op bestaande visgronden worden gerealiseerd (zonder gelegenheid voor medegebruik) dan zullen vissers moeten uitwijken naar alternatieve visgronden. De kans is groot dat de opbrengsten hier lager zijn, want het zijn niet de eerste keus visgronden. Als de totale visvangst wel gelijk blijft (door het benutten van een gelijkgebleven visquotum) dan kunnen minder aantrekkelijke visgronden tot hogere productiekosten leiden. Verplaatsing van visserijinspanning naar nieuwe gebieden gaat gepaard met een efficiëntieverlies van gemiddeld 10%<sup>22</sup>. In een studie naar de effecten voor de visserij bij de aanleg van windmolenparken binnen de 12 mijlszone is per zoekgebied bepaald wat de visserijopbrengsten zijn<sup>23</sup>. In tabel 4.7 staat het opbrengstverlies per zoekgebied. Per km<sup>2</sup> zijn de opbrengsten in de zoekgebieden 3 en 4 het hoogst. De visopbrengsten in het zoekgebied Ameland zijn per km<sup>2</sup> beduidend lager dan in de andere zoekgebieden.

Tabel 4.3 Verlies aan toegevoegde waarde visserij in de 5 zoekgebieden

|                  | Oppervlakte<br>( km <sup>2</sup> ) | opbrengst<br>(euro/ km <sup>2</sup> ) | 10% verlies<br>(euro/jr) | euro/jr   |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------|
| 1. Zeeland       | 100                                | 1.968                                 | 197                      | € 19.680  |
| 2. Maasvlakte    | 25                                 | 1.367                                 | 137                      | € 3.417   |
| 3. Zuid-Holland  | 150                                | 3.191                                 | 319                      | € 47.870  |
| 4. Noord-Holland | 100                                | 3.129                                 | 313                      | € 31.287  |
| 5. Ameland       | 50                                 | 561                                   | 56                       | € 2.805   |
| Totaal           |                                    |                                       |                          | € 105.058 |

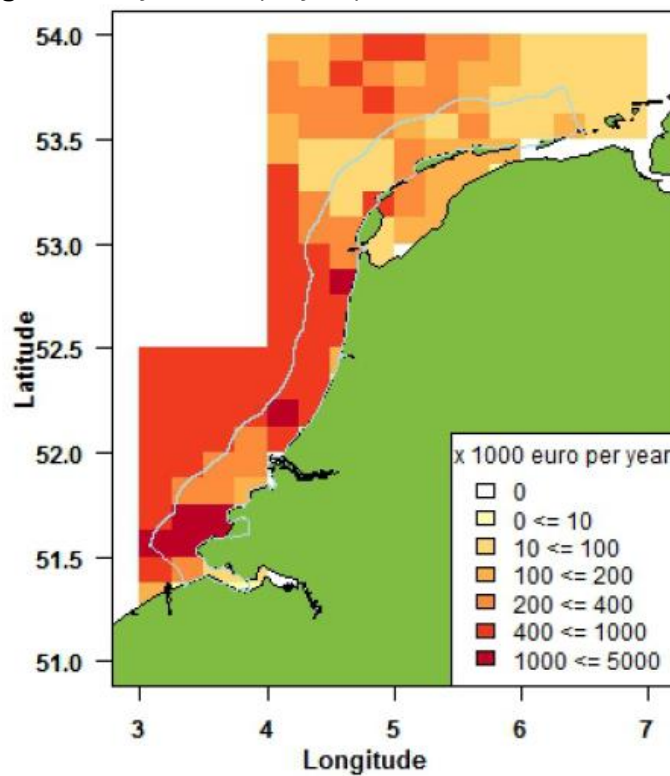
Ook buiten de 12 mijlszone treedt er efficiëntieverlies voor de visserij op. Uit een studie van het LEI (2010)<sup>24</sup> is de impact op de visserij buiten de 12 mijlszone bekend. Eén van de varianten uit deze studie had een negatieve impact op de bruto toegevoegde waarde van de visserij van EUR 130.000,- per jaar bij een realisatie van 3.000 MW buiten de 12 mijlszone. Dit komt overeen met circa EUR 260,- per km<sup>2</sup>. Dit effect is van dezelfde ordegrrootte als het efficiëntieverlies binnen de 12 mijlszone. In figuur 4.2 wordt dit beeld bevestigd.

<sup>22</sup> Bron: Oostenbrugge et al (2006)

<sup>23</sup> Hintzen et.al., 2013

<sup>24</sup> De cijfers voor buiten de 12 mijlszone zijn gebaseerd op de vangstjaren 2006-2008. Dat zijn andere jaren dan bij bepaling van de opbrengstverliezen in de zoekgebieden (vangstjaren 2010-2012).

Figuur 4.3 Opbrengsten visserij in euro's per jaar per km<sup>2</sup>



Bron: Hintzen et.al. (2013).

Een tweede effect is dat vissers om de windmolenparken heen moeten varen en daardoor extra vaarkilometers moeten maken. De extra vaarafstand is afhankelijk van omvang en vormgeving van het windmolenpark, maar zal naar verwachting beperkt van omvang zijn (ordegrootte 5-15 km per doorvaart). Dit negatieve effect valt te voorkomen door de windmolenparken verder uit de kust te plaatsen (meer mogelijkheden tot aanpassing van de route) of de windmolenparken doorvaarbaar aan te leggen.

Tabel 4.4 Kosten visserij in mln Euro varianten 4.450 MW

|                    |           | Varianten 4.450 MW      |                          |                         | Varianten 6.000 MW      |                          |                         |
|--------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                    |           | 1<br>4.450 MW<br>< 12NM | 1a<br>4.694 MW<br>< 12NM | 2<br>4.450 MW<br>> 12NM | 3<br>6.000 MW<br>< 12NM | 3a<br>6.287 MW<br>< 12NM | 4<br>6.000 MW<br>> 12NM |
| Efficiëntieverlies |           |                         |                          |                         |                         |                          |                         |
| visserij           | Jaarlijks | € 0,20                  | € 0,19                   | € 0,18                  | € 0,25                  | € 0,26                   | € 0,25                  |
| Omvaan             |           |                         |                          |                         |                         |                          |                         |
| viskotters         | Jaarlijks | -?                      | -?                       | -?                      | -?                      | -?                       | -?                      |
| Contante waarde    |           | € 2,80                  | € 3,30                   | € 3,20                  | € 3,80                  | € 4,30                   | € 3,80                  |

In tabel 4.8 staat het overzicht van de kosten en baten voor de visserij voor de verschillende alternatieven. Het negatieve effect op de visserij lijkt op basis van efficiëntieverlies in de visgebieden beperkt van omvang. Voor individuele vissers kan de realisatie wel behoorlijke impact hebben. Het cumulatief sluiten van alle zoekgebieden zal zorgen voor een opbrengstverlies bij ongeveer 350

schepen<sup>25</sup>. Van deze schepen zullen 230-240 schepen opbrengstverlies lijden van 0 tot 10%, 80 schepen lijden opbrengstverlies van 10 tot 20% en 2 schepen meer dan 20%. Bij de projectalternatieven 1 en 3 worden weliswaar niet de gehele zoekgebieden voor visserij afgesloten, maar het geeft wel aan dat veel ondernemers te maken krijgen met efficiëntieverlies.

## 4.5 Leidingen en kabels

In de Noordzee lopen tal van leidingen en kabels. Rondom telecom- en elektriciteitskabels moet een afstand van 1.500 meter vrij blijven (500 meter aan de ene kant en 1.000 meter aan de andere kant). Deze kabels moeten voor onderhoud namelijk uit de zee gelift worden. Bij het zoeken naar ruimte voor windparken binnen de zoekgebieden zal hiermee rekening moeten worden gehouden. Eventueel kunnen deze kabels wel omgelegd / verlegd worden, dat zal extra kosten met zich meebrengen.

Ook rondom pijpleidingen dient een vrije zone aangehouden te worden we gaan hierbij uit van ten minste 100 meter<sup>26</sup>. Pijpleidingen liggen meer in de zeebodem verankerd dan kabels en onderhoud van de leidingen vindt onder water plaats, vandaar dat de vrije zone minder groot hoeft te zijn.

Door inpassing kunnen potentiële knelpunten worden omzeild: naar verwachting is er in de hier geschetste varianten voldoende ruimte om windmolenparken in te passen met in achtneming van de veiligheidszones. Er zullen om die reden waarschijnlijk geen extra (maatschappelijke) kosten gemaakt hoeven worden.

## 4.6 Defensie

Het zoekgebied voor de Noord-Hollandse kust kent meerdere defensiebelangen: verschillende, elkaar deels overlappende onveilige zones van schietterreinen (Petten, fort Erfprins); een vlieggebied (EHR-8) voor de kust (helikopters); oefengebieden voor schepen en voor schepen met helikopters (mijnen, schieten, deklandingen etc.). Aanleg van windmolenparken zouden deze 'onveilige gebieden' voor Defensie onbruikbaar maken.

### 4.6.1 Schietterrein Petten

Bij Petten nabij het zoekgebied Noord-Holland ligt een militair terrein dat in gebruik is voor schietoefeningen boven zee. Vanaf dit terrein in de duinen tot even buiten de 12-mijlszone ligt een zogenaamde 'onveilige zone', die op dit moment een deel van het zoekgebied voor de Noord-Hollandse kust boven het bestaande park Egmond aan Zee beslaat. Het is echter denkbaar dit gebied naar het Noorden te verleggen. Hiertoe moeten fysieke aanpassingen aan het terrein in de duinen bij Petten worden gedaan. Op dit moment zijn hier meerdere locaties en platforms nabij het ECN Petten in

---

<sup>25</sup> Zo concluderen Hintzen et al. (2013).

<sup>26</sup> Bron: ministerie van IenM.

gebruik. Bij een herinrichting zou een nieuw hoofdschietplatform worden aangelegd waarvan de schootsrichting meer richting het noorden ligt. De meest zuidelijke locatie ('Petten KM') zal hiertoe worden aangepast waarbij een nieuw platform wordt aangelegd met bijbehorend gebouw en ontsluiting. Alle schietactiviteiten kunnen dan vanaf deze ene locatie worden uitgevoerd waarbij slechts één oude locatie buiten dit terrein moet worden aangehouden voor een mobiele radarinstallatie. De overige platforms die op dit moment in gebruik zijn ('Petten KL') kunnen worden verwijderd.

Naar verwachting kost het herinrichten van dit terrein ongeveer € 2 miljoen. Aangezien dit in kwetsbaar gebied ligt dient inpassing zorgvuldig te gebeuren en moeten de nodige procedures worden doorlopen en vergunningen worden aangevraagd. Naar verwachting zal dit in ieder geval 2 jaar in beslag nemen. Wanneer de onveilige zone op deze manier naar het noorden wordt 'gekanteld', dan is dit voor windmolenparken in de zuidelijke helft van het zoekgebied voor Noord-Holland geen belemmering meer. In een stuk van het noordelijke gebied zijn windmolenparken ook dan nog steeds niet mogelijk.

#### 4.6.2 Oefengebied voor schepen en helikopters ('240Petten10')

Hetzelfde gebied wordt ook als oefengebied voor helikopters en schepen gebruikt. Dit gebeurt circa negen weken per jaar. Indien dit niet meer mogelijk is zullen schepen en helikopters moeten uitwijken naar locaties waar dan nog wel genoeg vrije ruimte beschikbaar is. Naar verwachting zullen ze dan 2 tot 3 keer zo ver moeten vliegen/varen. De operationele kosten hiervan schat Defensie op circa € 0,75 miljoen per jaar.

#### 4.6.3 Overige aandachtspunten

In de Zeeuwse Delta wordt daarnaast weleens geoefend met mijnen, de kosten om dit op een andere locatie te doen zijn echter verwaarloosbaar.

#### 4.6.4 Conclusie defensiebelangen

Tabel 4.5 Kosten Defensiebelangen in mln Euro

|                            |           | Varianten |          |          |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|----------|
|                            |           | 1         | 1a       | 2        |
|                            |           | 4.450 MW  | 4.694 MW | 4.450 MW |
|                            |           | < 12NM    | < 12NM   | > 12NM   |
| Frequentie                 |           |           |          |          |
| Kosten herinrichten Petten | Eenmalig  | € 2,0     | € 2,0    | € -      |
| Kosten omvaren             | Jaarlijks | € 0,75    | € 0,75   | € -      |
| Contante waarde            |           | € 16,0    | € 16,0   | € -      |

Bij het bouwen van windmolenparken binnen de 12-mijlszone spelen defensiebelangen vooral een rol in zoekgebied Noord-Holland. Het knelpunt kan wel worden opgelost door het terrein bij Petten aan te passen en de oefeningen met helikopters en schepen te verplaatsen. De kosten hiervan zijn eenmalig € 2 miljoen voor de herinrichting van het terrein bij Petten en jaarlijks € 0,75 miljoen euro voor het omvaren en omvliegen. Voor de varianten met 6.000 MW gelden dezelfde effecten.

#### 4.7 Restcapaciteit elektriciteitscentrales

Schommelingen in het aanbod van windenergie zorgen voor een effect op de prijs, dit is meegenomen in het zogenaamde 'profiel effect'. Het is echter denkbaar dat onvoorziene gebeurtenissen zorgen voor nog meer schommelingen in de elektriciteitsprijs naarmate het aandeel van windenergie toeneemt. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om uitval van windparken, bijvoorbeeld als gevolg van een kabelbreuk. Het is daarom nodig extra reservevermogen beschikbaar te hebben. Daarnaast is er nog een ander mogelijk effect op andere elektriciteitscentrales: namelijk de (tijdelijke) buitengebruikstelling vanwege overcapaciteit. Op dit moment is onduidelijk hoe groot de kosten zijn die hiermee gepaard gaan en hoe deze zich verhouden tot het prijspad in het Energieakkoord. Om deze reden is dit effect hier als een negatieve post met onbekende omvang gepresenteerd (-?).

#### 4.8 Conclusies indirecte effecten

Windmolenparken binnen de 12-mijlszone leiden tot hogere indirecte kosten dan windparken buiten de 12-mijlszone. Met name de effecten op het gebied van zandwinning, kosten om radarverstoring bij Zeeland te voorkomen en de aanpassingen aan het defensiegebied bij Petten liggen hieraan ten grondslag.

Tabel 4.6 Overzicht indirecte effecten

| Indirecte effecten                     | 1            | 1a           | 2           | 3            | 3a           | 4           |
|----------------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Zandwinning                            | -€ 22        | -€ 22        | € 0         | -€ 21        | -€ 21        | € 0         |
| Radar aanpassing                       | -€ 27        | -€ 27        | € 0         | -€ 27        | -€ 27        | € 0         |
| Scheepvaart veiligheid*                | - ?          | - ?          | - ?         | - ?          | - ?          | - ?         |
| Visserij                               | -€ 3         | -€ 3         | -€ 3        | -€ 4         | -€ 4         | -€ 4        |
| Defensie                               | -€ 16        | -€ 16        | € 0         | -€ 16        | -€ 16        | € 0         |
| Olie&gas                               | - ?          | - ?          | - ?         | - ?          | - ?          | - ?         |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | - ?          | - ?          | - ?         | - ?          | - ?          | - ?         |
| <b>Totaal indirecte effecten</b>       | <b>-€ 70</b> | <b>-€ 69</b> | <b>-€ 3</b> | <b>-€ 69</b> | <b>-€ 69</b> | <b>-€ 4</b> |

\* In de samenvattende hoofdtabel van het rapport beschouwen we scheepvaartveiligheid als extern effect. Omdat in dit hoofdstuk de belangrijkste scheepvaarteffecten zijn beschreven (het effect op de recreatievaart en de relatie met de scheepvaartveiligheid is in hoofdstuk 5 uiteengezet), krijgt het hier een plaats.

Het onderstaande overzicht vat samen hoe de zoekgebieden binnen de 12-mijlszone zich ten opzichte van elkaar verhouden. Dit is op basis van de gemiddelden van het zoekgebied, binnen de zoekgebieden zijn er mogelijk locaties grotere en kleinere indirecte effecten mogelijk. Voor olie en gas en de scheepvaartveiligheid zijn de effecten onbekend. Radarverstoring en aanpassing van defensie terrein spelen maar op één locatie. De effecten op visserij en zandwinning zijn duidelijk onderscheidend, maar in absolute zin zijn de effecten op de visserij zeer beperkt.

Tabel 4.7 Rangorde indirecte effecten van zoekgebied binnen de 12-mijlszone

|                                        | Maasvlakte | Zeeland | Zuid-Holland | Noord-Holland | Ameland |
|----------------------------------------|------------|---------|--------------|---------------|---------|
| <b>Indirecte effecten</b>              |            |         |              |               |         |
| Zandwinning                            | 1          | 3       | 4            | 2             | 5       |
| Radar aanpassing                       | 1          | 2       | 1            | 1             | 1       |
| Scheepvaart veiligheid                 | ?          | ?       | ?            | ?             | ?       |
| Visserij                               | 2          | 3       | 5            | 4             | 1       |
| Defensie                               | 1          | 1       | 1            | 2             | 1       |
| Olie&gas                               | ?          | ?       | ?            | ?             | ?       |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | 0          | 0       | 0            | 0             | 0       |

## 5 Externe effecten

In dit hoofdstuk gaan wij nader in op de externe effecten die het plaatsen van windmolenparken met zich meebrengen. Externe effecten zijn effecten op derden die hiervoor in principe niet worden gecompenseerd. De effecten in deze MKBA zijn wel zoveel mogelijk gemonetariseerd. Het plaatsen van windmolenparken brengt externe effecten met zich mee voor ecologie, recreatie, toerisme en bewoners en huizenprijzen.

### 5.1 Ecologie

In deze paragraaf is onderzocht wat de effecten zijn van windmolenparken in vijf zoekgebieden binnen de 12-mijlszone op de beschermde natuur. Onder beschermde natuurwaarden vallen:

- De beschermde natuur in de Vogel- en Habitatrichtlijngebieden en gebieden onder de Natuurbeschermingswet die (deels) in of in de nabije omgeving van de zoekgebieden liggen;
- De beschermde soorten uit de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Flora- en faunawet en de OSPAR- en Bern-verdragen.
- Niet beschermde soorten of gebieden die cruciaal zijn voor wel beschermde soorten (foerageergebied, trekgebied, etc.). Hieronder valt ook de zogenaamde externe werking;
- De Kaderrichtlijn Mariene Strategie met de twee relevante kwaliteitselementen (GES-elementen) 2 (Invasieve soorten) en 11 (Onderwatergeluid).

Voor vrijwel alle soortgroepen is niet gedetailleerd genoeg bekend waar en wanneer de beschermde soorten voorkomen. In sommige gevallen zijn tegenstrijdige resultaten gevonden wat betreft negatieve effecten van de windmolens (bijv. wel of geen negatief effect windmolens op zeehonden). Uitgaande van het voorzorgsprincipe (uit de KRM en Habitatrichtlijn) dienen enkel maatregelen genomen te worden die zeker geen negatief effect zullen hebben op beschermde soorten en populaties. In het andere geval (mogelijk wel negatieve effecten) dient gemitigeerd en mogelijk gecompenseerd te worden. Directe of indirecte doding van soorten (geluidshinder tijdens aanleg, afname areaal foerageergebied, afname aantallen prooidieren, aanvaringen) is niet toegestaan. Ook verstoring is niet toegestaan, met name tijdens kritieke momenten (bijv. hoge dichtheden jonge vis, migratiegolf vleermuizen) of op kritieke locaties (bijv. rustgebied zeehonden). In het geval negatieve effecten met mitigatie niet 100% zijn te voorkomen, is compensatie verplicht.

In elk zoekgebied zijn er wel meerdere aandachtspunten voor beschermde soorten. Er is niet één zoekgebied waarin windmolens geen negatieve effecten hebben. De zoekgebieden waar de minst negatieve effecten zullen optreden zijn:

- Gebied 3 en het zuidelijke deel van gebied 4 (de bestaande windmolens liggen ook al in dit gebied);
- Buiten de 20 meter zone;
- Buiten de 12-mijlszone;
- Buiten de begrenzing van natura 2000-gebieden.



Welke afstand aangehouden moet worden vanaf de genoemde zones, is niet duidelijk. Voor vogels gaat het om minimaal enkele honderden meters (500 m), maar voor zeezoogdieren kan dat veel verder zijn in verband met hun scherpe gehoor (kilometers).

Windmolens plaatsen binnen een Natura 2000-gebied is sterk af te raden in verband met directe en indirecte effecten op de instandhoudingsdoelen van voor windmolens gevoelige soorten (trekvoegels, zee-eenden, zeehond, etc.). Bij plaatsing buiten de Natura 2000-begrenzing kan er nog steeds wel sprake zijn van externe werking. Daarnaast is er sprake van beschermde soorten onder de Flora- en faunawet of de bijlagen van de Habitatrichtlijn.

In tabel 5.1 is de beoordeling voor ecologie samengevat. Het beschrijft per zoekgebied en per probleemveld de knelpunten met bijbehorende mogelijkheden voor mitigatie en compensatie.

*Tabel 5.1 Knelpunten per zoekgebied en soortgroep met mogelijkheden voor mitigatie en compensatie*

| Probleemveld       | 1 Zeeland                                                                                                                                                                                           | 2 Maasvlakte                                                            | 3 Zuid-Holland                          | 4 Noord-Holland                         | 5 Ameland                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Zee-eenden</b>  |                                                                                                                                                                                                     |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
| knelpunt           | Afschrikkende werking molens waardoor schelpenbanken minder bereikbaar worden met nadruk op gebied 5, maar effecten in overige gebieden zijn op termijn niet uit te sluiten                         |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
| mitigatie          | Bouw molens op ruime afstand van de 20 meter-zone (maximale diepte voor foerageren)<br>Bouw in de minst kritische periode (laagste aantallen vogels)<br>Bij voorkeur niet bouwen in zoekgebied 5    |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
| compensatie        | creëer nieuwe ondiepe fourageergebieden, houdt rekening met Comp. MV-II                                                                                                                             | creëer nieuwe ondiepe fourageergebieden, houdt rekening met Comp. MV-II | creëer nieuwe ondiepe fourageergebieden | creëer nieuwe ondiepe fourageergebieden | creëer nieuwe ondiepe fourageergebieden, houdt rekening met VIBEG |
| <b>Zeevogels</b>   |                                                                                                                                                                                                     |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
| knelpunt           | alle trekvoegels (met name dwergmeeuw en stern)                                                                                                                                                     |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
|                    |                                                                                                                                                                                                     | overwinterende vogels (met name futen, en duikers)                      |                                         |                                         |                                                                   |
| mitigatie          | Bouw molens op ruime afstand van de 20 meter-zone (maximale diepte voor foerageren)<br>Bouw in de minst kritische periode (laagste aantallen vogels)<br>Kies voor vogelvriendelijke molenopstelling |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
| compensatie        | creëer extra rust- en fourageergebieden                                                                                                                                                             |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
|                    | houdt rekening met Comp. MV-II                                                                                                                                                                      | houdt rekening met Comp. MV-II                                          |                                         |                                         | houdt rekening met VIBEG                                          |
| <b>Broedvogels</b> |                                                                                                                                                                                                     |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |
| knelpunt           | Externe werking                                                                                                                                                                                     | Externe werking                                                         |                                         | Externe werking (noordelijke deel)      | Externe werking                                                   |
| mitigatie          | Zie zeevogels - Voorkeur voor bouwen in zoekgebied 3                                                                                                                                                |                                                                         |                                         |                                         |                                                                   |

| Probleemveld      | 1 Zeeland                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2 Maasvlakte                                               | 3 Zuid-Holland | 4 Noord-Holland                                           | 5 Ameland                         |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| compensatie       | Zie zeevogels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                            |                |                                                           |                                   |
| <b>Trekvogels</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |                |                                                           |                                   |
| knelpunt          | Zeer intensieve vogeltrek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Zeer intensieve vogeltrek                                  | Vogeltrek      | Meerdere trekroutes, kleine zwaan, kleine restpopulaties? | Vogeltrek, kleine restpopulaties? |
| mitigatie         | Bouw buiten de 12-mijlszone<br>Kies voor vogelvriendelijke molenopstelling<br>Wieken stilzetten bij hoge concentraties trekvogels<br>Lichtmarkeringen plaatsen (wetswijziging nodig)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                            |                |                                                           |                                   |
| compensatie       | Bedreigingen in overwinterings- en overzomeringsgebieden aanpakken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                            |                |                                                           |                                   |
| <b>Vissen</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |                |                                                           |                                   |
| knelpunt          | Fysieke schade heien, migratieknelpunten door bekabeling (?)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                            |                |                                                           |                                   |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hoge dichtheden voor ingang Nieuwe-Waterweg en Haringvliet |                |                                                           |                                   |
| mitigatie         | Geluidsarme funderingstechnieken toepassen (gravity based funderen, palen boren of drillen)<br>Geluid isoleren door bellenschermen (zoals in Duitsland, maar beperkt effect)<br>Niet heien in periodes met veel instroom van vislarven of trekperiodes van migrerende vissoorten fint en elft (april-mei), zeeprk (mei-juni) en rivierprk (november-januari)<br>Electromagnetisch veld rondom bekabeling beperken door het type kabel (afschermende mantel) of het afdekken van de kabel met sediment (dieper leggen)<br>Niet bouwen op locatie 2 |                                                            |                |                                                           |                                   |
| compensatie       | Oplossen andere knelpunten voor vis: visserijdruk, vismigratieknelpunten tussen binnen- en buitenwater, visserij-vrije zones inrichten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |                |                                                           |                                   |
| <b>Zeehonden</b>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |                |                                                           |                                   |
| knelpunt          | Verstoring rustgebied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                            |                | Verstoring rustgebied (noordoostpunt zoekgebied)          |                                   |
|                   | Inbreuk op omvang foerageergebied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                            |                |                                                           |                                   |
|                   | Migratieknelpunt Wadden- Delta?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |                |                                                           |                                   |
|                   | Onderwatergeluid bij aanleg (gebruiksfase?)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                            |                |                                                           |                                   |
| mitigatie         | Bouw ver uit de kust (minimale afstand?)<br>Beperk geluidsverstoring (fysieke schade en verstoring) tijdens de bouw (zie onder vissen)<br>Niet bouwen tijdens meest kritische momenten voor de populatie (wanneer?)<br>Geen voorkeur uit te spreken voor één van de zoekgebieden                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                            |                |                                                           |                                   |
|                   | Bouw op ruime afstand van rustgebieden (afstand?)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                            |                | Bouw in zuidelijke deel zoekgebied                        |                                   |
| compensatie       | Realisatie van extra rustgebieden (in Voordelta worden al rustgebieden ingesteld)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                            |                |                                                           |                                   |

| Probleemveld                                          | 1 Zeeland                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2 Maasvlakte                                         | 3 Zuid-Holland                  | 4 Noord-Holland | 5 Ameland |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------|
|                                                       | Extra bescherming van de rust, werp- en zooggebieden die er al zijn<br>Wegnemen van knelpunten voor de populaties van zeehonden (bijvoorbeeld het beperken van bijvangsten in netten en fuiken, bijdrage leveren aan bestaand OSPAR-beleid)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                      |                                 |                 |           |
| <b>Bruinvissen</b>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                 |                 |           |
| knelpunt                                              | Fysieke schade of verstoring door geluid tijdens aanleg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                      |                                 |                 |           |
| mitigatie                                             | Beperk geluidsverstoring (fysieke schade en verstoring) tijdens de bouw (zie onder vissen)<br>Niet bouwen tijdens meest kritische momenten voor de populatie (wanneer?)<br>Geen voorkeur voor één van de zoekgebieden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                      |                                 |                 |           |
| compensatie                                           | terugdringen van bijvangsten bij de visserij (bijdragen leveren aan bestaand OSPAR-beleid)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                      |                                 |                 |           |
| <b>Vleermuizen</b>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                 |                 |           |
| knelpunt                                              | trek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                      |                                 |                 |           |
|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | migratie dwergvleermuizen uit Noord- en Zuid-Holland |                                 |                 |           |
|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Overwinterringsgebied Meijendel                      | Overwinterringsgebied Meijendel |                 |           |
| mitigatie                                             | Tijdelijk stopzetten van de molens wanneer hoge dichtheden aan vleermuizen gedetecteerd worden (eerste helft of de hele nacht in de maanden augustus - oktober)<br>Het gebruiken van kleinere windmolens (minder hoog, tenzij het aantal molens dan omhoog moet om eenzelfde energieopbrengst te garanderen).<br>Vogelvriendelijke inrichting toepassen, zoals beschreven onder 'zeevogels en broedvogels'<br>Niet bouwen op de meest kritische locaties 2, 3 en 4<br><br>Mogelijk effectief (onderzoek nodig):<br>- Afschrikken met licht of geluid.<br>- Wieken pas laten draaien bij hogere windsnelheden |                                                      |                                 |                 |           |
| compensatie                                           | Andere bedreigingen wegnemen en de groei en gezondheid van populaties op land te stimuleren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                 |                 |           |
| <b>Onderwatergeluid</b>                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                 |                 |           |
| integraal verwerkt bij de hierboven opgenomen soorten |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                 |                 |           |
| <b>Invasieve soorten</b>                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                 |                 |           |
| knelpunt                                              | stortsteen en fundering vormt leefgebied voor invasieve exoten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                      |                                 |                 |           |
| mitigatie                                             | Monitoring en bestrijding<br>Geen onderscheid te maken tussen zoekgebieden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                      |                                 |                 |           |
| compensatie                                           | Is mogelijk als bekend is welke beschermde soorten door nieuwe exoten benadeeld worden. Er kunnen dan stimuleringsmaatregelen genomen worden voor die specifieke soorten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                      |                                 |                 |           |

#### Windmolenparken buiten de 12 mijlszone

Bij het bouwen van windmolens buiten de 12 mijlszone vallen een aantal knelpunten weg, zoals de impact op zee-eenden en trekvogels. Andere knelpunten treden ook op buiten de 12 mijlszone, maar

in mindere mate. Dit geldt voor de impact op broedvogels, zeevogels, zeehonden, bruinvissen en vleermuizen. Deze soorten komen zowel binnen- als buiten de 12 mijlszone voor. Binnen de 12 mijlszone zijn de concentraties wel hoger, bijvoorbeeld omdat de kustzone gebruikt wordt als migratieroute. Voor de impact op vissen is er niet of nauwelijks verschil ten aanzien van het bouwen van windmolenparken binnen- of buiten de 12 mijlszone.

In tabel 5.2 staat een overzicht van de effecten op de ecologie voor de projectalternatieven. In deze tabel is aangegeven of er positieve effecten (+), negatieve (-) of sterk negatieve (--) effecten te verwachten zijn. In de tabel is te zien dat er zowel binnen als buiten de 12 mijlszone effecten op de ecologie zijn. De alternatieven met windmolenparken binnen de 12 mijlszone hebben wel sterkere negatieve effecten. De soortgroepen zeevogels, broedvogels, zeehonden, bruinvissen en vleermuizen komen dicht bij de kust in hogere concentraties voor dan verder uit de kust. Negatieve effecten door afschrikkende werking en verstoring bij aanleg werken hierdoor sterker door. Ook zijn er dicht bij de kust meer migratieroutes (trekvogels, zeehonden, bruinvissen en vleermuizen).

*Tabel 5.2 Effecten ecologie voor de projectalternatieven varianten 4.450*

|                   | <b>1</b><br><b>4.450 MW</b><br><b>&lt; 12NM</b> | <b>1a</b><br><b>4.694 MW</b><br><b>&lt; 12NM</b> | <b>2</b><br><b>4.450 MW</b><br><b>&gt; 12NM</b> |
|-------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Zee-eenden        | -                                               | -                                                | 0                                               |
| Zeevogels         | --                                              | --                                               | -                                               |
| Broedvogels       | --                                              | --                                               | -                                               |
| Trekvogels        | --                                              | --                                               | 0                                               |
| Vissen            | 0/-                                             | 0/-                                              | 0/-                                             |
| Zeehonden         | --                                              | --                                               | -                                               |
| Bruinvissen       | --                                              | --                                               | -                                               |
| Vleermuizen       | --                                              | --                                               | -                                               |
| Invasieve soorten | 0                                               | 0                                                | 0                                               |

De varianten van 6.000 MW hebben vergelijkbare effecten en het energieakkoord en trendmatige scenario verschillen ten aanzien van deze effecten onderling ook niet.

#### *Mitigatie en compensatie*

Een groot deel van de knelpunten heeft betrekking op verstoring bij uitvoer van de werkzaamheden. Een mitigerende maatregel kan dan zijn om in de minst kritische periode te bouwen. Als deze maatregel voor alle soortgroepen wordt toegepast wordt de bouwperiode per jaar wel sterk ingeperkt. De maatregel om niet in de minst kritische periode te bouwen wordt voorgesteld bij: zee-eenden, zeevogels, broedvogels, vissen, zeehonden, bruinvissen en vleermuizen. Of er voldoende bouwtijd overblijft valt voor het huidige detailniveau niet te beantwoorden. Het advies is om niet op voorhand uit te zoeken hoe groot de geschikte periode is, want die is waarschijnlijk te kort. De aanpak is dan als volgt: kies een periode van uitvoering, schat de effecten in en compenseer die. Het is dan uiteraard wel gunstig om een periode te kiezen waarin je weinig schade aanricht. Dat zou je per locatie moeten uitzoeken.

Een andere mitigerende maatregel is het beperken van de geluidsoverlast bij het heien van de fundering. Dit is mogelijk door het geluid te isoleren met behulp van bellenschermen of door er voor te zorgen dat er bij start van de funderingswerkzaamheden niet/nauwelijks dieren in de directe omgeving zijn. De kosten voor aanvullende maatregelen zijn ongeveer 1,5% van de totale aanlegkosten. Deze maatregelen zou je zowel binnen- als ook buiten de 12 mijlszone moeten toepassen (geen onderscheidende maatregel). Als blijkt dat deze maatregelen onvoldoende werken, dan is binnen de 12 mijlszone de noodzaak om over te gaan op alternatieve funderingstechnieken wel groter (omdat het knelpunt daar groter is). In de gevoeligheidsanalyse staat een indicatie van de meerkosten voor toepassing van deze technieken.

Tot slot zijn er maatregelen om negatieve effecten op migratie (van vooral trekvogels) te beperken. Te denken valt aan een vogelvriendelijke opstelling van de windmolens, met mogelijkheden om tussen de molens door te vliegen. Als deze maatregel onvoldoende werkt kan het zijn dat molens bij hoge dichtheden van trekvogels tijdelijk stil gezet moeten worden. In de gevoeligheidsanalyse staat uitgewerkt wat de ordegrrootte van de opbrengstverliezen bij uitvoer van deze maatregel is.

## 5.2 Recreatie, toerisme en bewoners (zichthinder)

Voor recreatie, toerisme en bewoners zijn er drie relevante effecten die kunnen optreden:

- Mogelijkheden voor de recreatievaart kunnen worden beperkt, of wellicht juist uitgebreid indien medegebruik bij de windmolenparken mogelijk is;
- Strandrecreanten kunnen zich storen aan het verlies van vrij zicht. Zij kunnen hierdoor het strand minder gaan waarderen, wat uiteindelijk ook het strandbezoek kan doen afnemen. Aan de andere kant is het ook voor te stellen dat men de windmolens op zee een interessant uitzicht vindt geven;
- Prijzen van (vakantie)huizen aan zee kunnen dalen door het verdwijnen van vrij zicht.

### 5.2.1 Recreatievaart

De recreatievaart op de Noordzee vindt plaats dicht langs de kust en tussen de havens van Nederland, België, Engeland, Schotland, Denemarken, Duitsland of Noorwegen. Jachthavens langs de Noordzeekust zijn onder andere aanwezig in Lauwersoog, Ameland, Terschelling, Vlieland, Texel, Harlingen, Den Helder, IJmuiden, Scheveningen, Rotterdam, Neeltje Jans, Vlissingen en Breskens<sup>27</sup>.

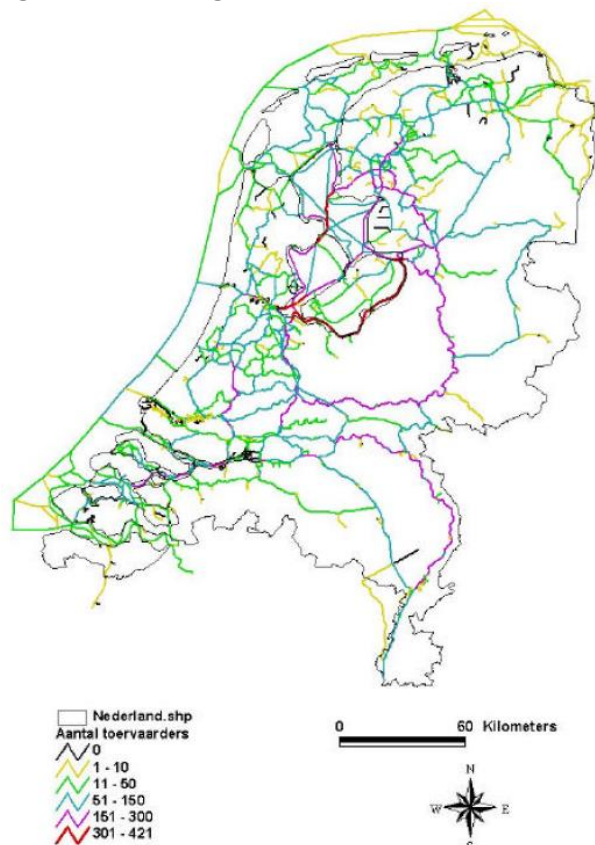
Bruikbare gegevens over het recreatieve gebruik van de Noordzee zijn niet gevonden. De ANWB, het CBS, de recreatieschappen en provincies zijn benaderd maar geen van deze organisaties monitort of heeft informatie over de intensiteit van recreatie op de Noordzee<sup>28</sup>. Wel is op basis van een studie van Goossen en Langers (2002) inzicht te geven in de mate van gebruik van de vaartroutes langs de Noordzeekust, dit is weergegeven in figuur 5.1. In deze studie zijn 421 toervaarders gevraagd om hun

<sup>27</sup> Bron: <http://www.anwbwatersport.nl/jachthavens/zoek-jachthavens-op-kaart.html>

<sup>28</sup> Bron: Tauw, Inventarisatie Gebruik Noordzee, 2009

vaarroutes aan te geven. Uit deze studie komt ook naar voren dat de routes langs de Noordzeekust voornamelijk door zeilschepen wordt gebruikt en in mindere mate door motorboten.

*Figuur 5.1 Verdeling aantal toervaarders per vaarroute*



Windenergie is niet mogelijk in scheepvaartroutes en ankergebieden. Daarnaast moet rondom de scheepvaartroutes en de ankergebieden een veiligheidszone van 2 nautische mijl worden aangehouden. Op dit moment wordt gewerkt aan een afwegingskader om te bepalen of er op bepaalde plekken maatwerk mogelijk is om van deze 2 nautische mijl af te wijken<sup>29</sup>. Er zal echter altijd een minimale afstand van 500 meter nodig zijn. Dit betekent dat er altijd vaarroutes beschikbaar blijven - ook voor de recreatievaart.

Watersporters mijden in principe scheepvaartroutes in verband met drukte. Dit betekent dat door de bouw van windparken op zee binnen de twaalf mijlszone de vaarmogelijkheden buiten de scheepvaartroutes afnemen. Dicht bij de kust vindt de meeste recreatievaart plaats, dus hoe dichterbij de kust windmolenparken worden gebouwd, des te meer effect dit heeft op de recreatievaart. Watersporters mijden liever ook de windmolenparken. Bij calamiteiten, zoals plotselinge weersverslechteringen of drukte op een scheepvaartroute, willen zij het liefst zo snel mogelijk veilig water of een haven

<sup>29</sup> Bron: Economische Zaken, Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen 12-mijlszone, 2013

bereiken en zo nodig ook door een windmolenpark kunnen varen<sup>30</sup>. Binnen aangewezen windenergiegebieden kunnen (tijdelijke) corridors worden vrijgehouden voor de kleine niet-routegebonden scheepvaart<sup>31</sup>. Hiervoor wordt zoveel mogelijk aangesloten bij kabel- en leidingtracés. Er kunnen speciale procedures worden vastgesteld voor verkeersbegeleiding tijdens onderhoudswerkzaamheden aan deze kabels en leidingen.

De recreatiebeleving van watersporters wordt mogelijk wel beïnvloed door de aanwezigheid van de windmolenparken, maar hier is nog geen specifiek onderzoek naar gedaan. In de studie Recreatietoervaart van Alterra (2002) is wel onderzoek gedaan naar de redenen voor de vaarkeuze in een regio<sup>32</sup>. Voor de regio “Wadden” (Waddenzee en Noordzeekust) zijn als de belangrijkste drie redenen naar voren gekomen: 1) natuur en landschap, 2) rust en ruimte en 3) gevarieerd vaarwater. De aanwezigheid van windmolenparken in de 12-mijls zone zal een negatief effect hebben op de beleving van natuur en landschap en de beleving van rust en ruimte. Kortom, naar verwachting zal door de bouw van de windmolenparken de recreatieve beleving afnemen.

De conclusie is dat de vaarmogelijkheden voor watersporters op de Noordzee afnemen bij de bouw van windmolenparken dicht bij de kust. Het aantal vaardagen voor recreatievaart blijft naar verwachting gelijk, want routes blijven altijd beschikbaar voor de recreatievaart. De beleving van de watersporters wordt mogelijk wel beïnvloed door bouw van de windturbines. De mate waarin deze wordt beïnvloed is niet bekend.

### 5.2.2 Strandrecreatie

In Nederland zijn er gemiddeld 20,8 miljoen strandbezoeken per jaar<sup>33</sup>. Op basis van het aantal inwoners is het aantal strandbezoeken per strandlocatie vastgesteld. Ruim de helft van de strandbezoeken vindt plaats in de grote badplaatsen, zoals weergegeven in onderstaande tabel 5.3.

Tabel 5.3 Gemiddeld aantal strandbezoeken per locatie.

| nr. | Strandlocatie       | Aantal bezoekers per jaar<br>(miljoen) |
|-----|---------------------|----------------------------------------|
| 1   | Scheveningen        | 3,4                                    |
| 2   | Bloemendaal aan Zee | 1,8                                    |
| 3   | Kijkduin            | 1,8                                    |
| 4   | Katwijk aan Zee     | 1,3                                    |
| 5   | Zandvoort aan Zee   | 1,2                                    |

Naar de effecten van offshore windmolenparken op toerisme en recreatie is nog weinig onderzoek gedaan. Offshore windmolenparken bestaan nog niet lang en zijn er niet in grote getale gerealiseerd. In Engeland is het toerisme in Great Yarmouth toegenomen na het plaatsen van offshore windmo-

<sup>30</sup> Bron: [http://www.noordzeeloket.nl/functies-en-gebruik/interacties\\_gerbuiksfuncties/recreatie/](http://www.noordzeeloket.nl/functies-en-gebruik/interacties_gerbuiksfuncties/recreatie/)

<sup>31</sup> Bron: Economische Zaken, Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen 12-mijlszone, 2013

<sup>32</sup> Bron: Alterra, Recreatietoervaart, 2002.

<sup>33</sup> Gemiddelde waarde van strandbezoek voor de jaren 2006 t/m 2009 op basis van gegevens van CVTO.



lenparken<sup>34</sup>. Het offshore windpark Scroby Sands ligt op 2 kilometer van de kust. Er staan meer mensen positief dan negatief tegenover het plaatsen van de windmolens<sup>35</sup>, maar er zijn ook mensen die aangeven juist een ander strand op te gaan zoeken.

Uit een onderzoek naar de beleving van grote wateren<sup>36</sup> komt naar voren dat windturbines altijd tot een significante verlaging van de aantrekkelijkheid van de omgeving leiden. Bij de beoordeling zijn foto's met en zonder windturbines beoordeeld. Bij deze beoordeling is ook onderscheid gemaakt tussen windturbines dicht bij de kust en windturbines verder uit de kust. Uit de beoordeling komt naar voren dat windturbines dicht bij de kust de meeste impact hebben op de verlaging van de aantrekkelijkheid van de omgeving.

Recentelijk is in opdracht van het ministerie van Economische zaken en het ministerie van Infrastructuur en Milieu door ZKA onderzoek uitgevoerd naar de recreatieve beleving van strandbezoekers bij realisatie van windmolenparken op zee<sup>37</sup>. In dit onderzoek werd proefpersonen drie foto's van een windmolenpark op zee getoond, respectievelijk op 6, 13 en 22 km afstand van het strand. Naar aanleiding van de foto's werden de respondenten vragen gesteld over hun beleving van het strand en de zee. Uit het onderzoek blijkt dat een windpark op 6 kilometer voor de kust voor 38% van de dagrecreanten en 26% van de vakantiegangers een negatieve invloed heeft op de beleving. Dit effect neemt af bij toenemende afstand van het windpark tot aan de kust. De overige respondenten geven aan dat een windmolenpark voor de kust een neutrale of zelfs positieve invloed op hun beleving van de kust heeft.

De gegevens uit dit onderzoek zijn tevens ingezet om te bepalen hoe groot het gemonetariseerde effect van het verlies aan beleving is (negatieve baat van plaatsing windmolenpark binnen de 12 mijlzone).

### 5.2.3 Dagrecreatie

Voor het bepalen van de economische waarde van het verlies aan recreatieve beleving bij dagrecreanten is onderscheid gemaakt in vier typen recreanten:

1. 'Onaangetast': deze bezoekers hebben geen 'last' van de windmolens voor de kust. Zij beleven de aanwezigheid van het windmolenpark als neutraal of positief en blijven gewoon recreatief van het strand gebruik maken. Omdat hun beleving en hun gedrag niet is aangetast, is er geen negatieve baat van de windmolens op zee voor deze groep recreanten;
2. De 'wegblijvers' gaan niet meer recreëren langs de kust. Waar zij voorheen bereid waren te reizen om een dagtocht langs de kust te maken doen zij dit nu niet meer. De belevingswaarde voor

<sup>34</sup> Bron: Zeelenbergen, Universiteit Groningen (2006), *Quick scan: the state of affairs of offshore wind energy projects in the North Sea region*

<sup>35</sup> Bron: [http://www.econw.com/reports/Economic-Impacts-Kittias-Wind-Project\\_ECONorthwest.pdf](http://www.econw.com/reports/Economic-Impacts-Kittias-Wind-Project_ECONorthwest.pdf) en [www.offshorewind.de/page/fileadmin/offshore/documents/Politik\\_und\\_Wind/Tourismus/Cuxhaven/3e\\_Svensen.pdf](http://www.offshorewind.de/page/fileadmin/offshore/documents/Politik_und_Wind/Tourismus/Cuxhaven/3e_Svensen.pdf)

<sup>36</sup> Bron: De Vries en anderen (2008)

<sup>37</sup> ZKA Consultants & Planners (2013). *Onderzoek Effecten Wind op Zee op recreatie en toerisme*.

een strandbezoek gaat verloren. Ook de recreatieve bestedingen van deze groep recreanten blijven uit;

3. De 'omrijders' geven aan dat zij bij komst van een windmolenpark binnen de 12-mijlszone een strand verderop zullen bezoeken waar het uitzicht ongestoord is (zonder windmolenpark). Het aantal kilometers dat zij omrijden om zicht op de windmolens te vermijden is een indicatie van wat zij over hebben voor een vrij uitzicht over zee;
4. Tenslotte zijn er de groep 'aangetasten'. Dit zijn mensen die het strand blijven bezoeken maar die aangeven dat uitzicht op windmolens voor het strand hun beleving aantast. Zij hebben het bij hun bezoek minder naar hun zin door het aangetaste uitzicht.

De afstand van het windmolenpark op zee kan bepalen hoezeer het park de beleving aantast en daarmee ook wat voor gedrag een dagrecreant gaat vertonen. Daarom zijn per afstand (6, 13 en 22 km) het percentage recreanten in de vier groepen bepaald en het prijskaartje van het verlies aan recreatieve beleving. Deze uitkomsten staan in tabel 5.4.

*Tabel 5.4 Aandeel type recreant (%) per afstand van windmolenpark tot de kust (6, 13 en 22 km) en prijs van verminderde beleving van de kust (in € per bezoek).*

|                                                         | 6 km afstand |      | 13 km afstand |      | 22 km afstand |      | Totaal |
|---------------------------------------------------------|--------------|------|---------------|------|---------------|------|--------|
|                                                         | %            | €    | %             | €    | %             | €    | %      |
| Gevolg van windmolenpark binnen 12-mijlszone            |              |      |               |      |               |      |        |
| Geen invloed op beleving en gedrag (onaangetasten)      | 62%          | 0    | 72%           | 0    | 81%           | 0    | 72%    |
| Wegblijven van kustplaatsen (wegblijvers)               | 6%           | 6,69 | 2%            | 6,69 | 1%            | 6,69 | 3%     |
| Omrijden naar ander strand (omrijders)                  | 15%          | 2,50 | 13%           | 2,50 | 7%            | 2,50 | 12%    |
| Recreëren met verminderd plezier/beleving (aangetasten) | 16%          | 1,39 | 13%           | 0,69 | 11%           | 1,52 | 13%    |
| Totaal                                                  | 100%         |      | 100%          |      | 100%          |      | 100%   |

Voor de gepresenteerde prijskaartjes uit tabel 5.4 zijn twee economische waarderingsmethoden gehanteerd. Bij voorkeur is gebruik gemaakt van de reiskostenmethode. Hierbij worden gemaakte reiskosten als proxy gebruikt voor wat het waard is om het gebied te bezoeken. De achterliggende gedachte is dat als iemand een gebied erg mooi vindt (positieve beleving) hij of zij er verder voor wil rijden om het gebied te bezoeken. Ook andersom geldt; vermindering van de beleving van een gebied kan ervoor zorgen dat recreanten verder gaan rijden naar een mooier gebied. Deze methode is toegepast bij de 'wegblijvers' en de 'omrijders'. Voor de recreanten die wel naar het strand blijven gaan, maar hier wel hinder ondervinden door het aangetaste uitzicht is de reiskostenmethode niet toe te passen. Voor deze groep recreanten is de Willingness to Pay-methode (WTP) gehanteerd. Hierbij wordt respondent gevraagd wat zij over hebben voor het behoud (of de creatie) van een bepaald type gebied. In dit geval is de respondenten gevraagd wat zij ervoor over hebben om de wind-

molens verder uit de kust te plaatsen (met vrijer uitzicht over zee). Dit bedrag is daarmee een proxy voor het verlies aan beleving.

Wat betreft de vier groepen recreanten is de (vermindering van de) beleving van de kust in deze MKBA gemonetariseerd door:

1. Onaangetasten: prijskaartje is 0 € / bezoek. Zij ervaren immers geen vermindering van beleving;
2. Wegblijvers: reiskostenmethode. De reiskosten die zij nu maken is een indicatie voor de waarde van een recreatieve dagtocht. Doordat deze mensen aangeven dat zij wegblijven bij plaatsing van de windmolens gaat deze recreatieve waarde verloren. Daarnaast betekent het dat deze groep mensen ook geen bestedingen meer aan het strand doen. De gederfde winst voor de ondernemers aan het strand moet opgeteld worden bij de reiskostenmethode<sup>38</sup>.
3. Omrijders: reiskostenmethode. Het aantal kilometers dat zij omrijden is een proxy voor de vermindering aan beleving.
4. Aangetasten: WTP. Omdat zij hun gedrag niet aanpassen (geen verandering in reisafstanden) is de reiskostenmethode hier niet mogelijk. Voor deze categorie recreanten is gevraagd wat zij er voor over hebben als de windmolens verder weg geplaatst worden. Het aantal respondenten in deze categorie in de steekproef was uiteindelijk te klein om representatieve uitspraken over de betalingsbereidheid te doen.

Voor de verschillende zoekgebieden betekent dit de volgende baten:

*Tabel 5.5 Maatschappelijke kosten van vermindering beleving per zoekgebied en type recreant (in € / jaar x 1000)*

| Zoekgebied       | vermindering beleving 'Onaangetasten' | vermindering beleving 'Wegblijvers' | vermindering beleving 'Omrijders' | vermindering beleving 'Aangetasten' <sup>39</sup> |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1. Zeeland       | 0                                     | 233                                 | 336                               | -                                                 |
| 2. Maasvlakte    | 0                                     | 247                                 | 226                               | -                                                 |
| 3. Zuid-Holland  | 0                                     | 3.127                               | 3.423                             | -                                                 |
| 4. Noord-Holland | 0                                     | 931                                 | 2.081                             | -                                                 |
| 5. Ameland       | 0                                     | 235                                 | 346                               | -                                                 |

#### 5.2.4 Verblijfsrecreatie

Voor verblijfsrecreatie is de reiskostenmethode minder geschikt. De economische waarde van het verlies aan recreatieve beleving bij toeristen/ verblijfsrecreanten is bepaald aan de hand van hun betalingsbereidheid (WTP). Bij het bepalen van de economische waarde maken we onderscheid in 'onaangetasten' en 'aangetasten'.

<sup>38</sup> Er is nagegaan dat de reiskosten niet bij de bestedingen zijn inbegrepen. Hierdoor is voorkomen dat een dubbeltelling optreedt.

<sup>39</sup> De Willingness to Pay bedragen zijn gebaseerd op een kleine groep respondenten (n= 18, n= 11 en n= 11 voor windmolens op respectievelijk 6, 13 en 22 km). De bedragen worden daarom niet betrouwbaar genoeg geacht om te gebruiken in de berekening van de baat.

Tabel 5.6 Aandeel type vakantieganger (%) per afstand van windmolenpark tot de kust (6, 13 en 22 km) en prijs van verminderde beleving van de kust (in € per bezoek).

|               | 6 kilometer afstand |       | 13 kilometer afstand |       | 22 kilometer afstand |     |
|---------------|---------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-----|
|               | %                   | €     | %                    | €     | %                    | €   |
| onaangetasten | 62%                 | 0     | 75%                  | 0     | 84%                  | 0   |
| aangetasten   | 38%                 | 12,76 | 25%                  | 11,63 | 16%                  | 7,2 |

Bij het bepalen van het aantal vakanties per jaar in Nederland is gebruik gemaakt van cijfers uit het ContinuVakantieOnderzoek (CVO, 2011). Omdat vrijwel alle stranden te maken krijgen met uitzicht op windmolens op enige afstand in zee zijn alle vakanties in het Deltagebied en de Noordzeebadplaatsen meegenomen. Alleen de stranden van Texel, Vlieland en Terschelling zullen gevrijwaard blijven van uitzicht op een windmolenpark binnen de 12 mijlszone (bij de projectalternatieven 1 en 3). Het aantal vakanties op de Waddeneilanden is hiervoor gecorrigeerd. In totaal vinden er bijna 2,7 miljoen vakanties in kustplaatsen in Nederland plaats die op enige wijze te maken krijgen met een uitzicht op een windpark op zee (zie Tabel 5.7).

Tabel 5.7 Aantal vakanties in kustplaatsen met toekomstig uitzicht op windmolens in Nederland gebaseerd op CVO-cijfers 2011

|                     | Korte vakanties<br>(*1000) | Lange vakanties<br>(*1000) | Totaal aantal vakanties<br>(*1000) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Waddeneilanden      | 145,6                      | 234,8                      | 380,4                              |
| Deltagebied         | 313                        | 314                        | 627                                |
| Noordzeebadplaatsen | 606                        | 1.083                      | 1689                               |
| Totaal              | 1.064,6                    | 1.631,8                    | 2.696,4                            |

### 5.2.5 Conclusie strandrecreatie

Bij de projectalternatieven 1 en 3 komen de windmolenparken binnen de 12 mijlszone te staan en zullen de recreanten te maken krijgen met zicht op 6 km afstand of 13 km afstand vanaf de kust. Voor verreweg het grootste deel van de strandbezoeken gaat dit op (naar schatting 92%). Alleen de stranden op Texel, Terschelling, Vlieland blijven vrij van uitzicht op windmolens binnen 12 mijl. Wel zullen ook deze stranden te maken krijgen met uitzicht op 22 km van de kustlijn. Voor de projectalternatieven 2, 2a, 4 en 4a geldt dat de windmolenparken buiten de 12 mijlszone worden geplaatst. Hierbij geldt dat alle strandrecreanten en vakantiegangers te maken krijgen met uitzicht van windmolenparken op 22km van de kustlijn. Uit tabel 5.3 en 5.5 blijkt dat er een percentage recreanten (1% wegblijvers, 7% omrijders en 11% aangetasten) en vakantiegangers (16% aangetasten) is die aangeeft dat hun beleving van de kust ook met windmolens op 22 km uit de kust nog negatief beïnvloedt wordt. Dit heeft tot gevolg dat er ook in alternatief 2, 2a, 4 en 4a een negatieve baat door vermindering van de kustbeleving optreedt. Dit komt neer op een bedrag van 5,1 miljoen euro per jaar. In tabel 5.8 staan de gemonetariseerde effecten van het verlies aan recreatieve beleving.

Tabel 5.8 Kosten recreatieve beleving strandbezoek in mln Euro, varianten 4.450 MW

|                                |           | 1        | 1a       | 2        |
|--------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
|                                |           | 4.450 MW | 4.694 MW | 4.450 MW |
|                                |           | < 12NM   | < 12NM   | > 12NM   |
| Frequentie                     |           |          |          |          |
| Verlies aan dagrecreatie       | Jaarlijks | € 11,6   | € 11,6   | € 5,1    |
| Verlies aan verblijfsrecreatie | Jaarlijks | € 9,70   | € 9,70   | € 3,7    |
| Contante waarde                |           | € 349,0  | € 347,0  | € 144,0  |

De varianten met 6.000 MW en hebben dezelfde effecten, het energieakkoord en trendmatige scenario zijn niet onderscheidend.

### 5.3 Huizenprijzen

Door Brugman, Rouwendal en Levkovich (2013) is onderzocht of de aanwezigheid van windmolenparken op zee invloed heeft op de huizenprijzen van woningen met uitzicht op zee. Zij voerden deze studie uit aan de hand van de zogenoemde “repeated sales methode”, waarbij het gaat om transacties van woningen voor realisatie van de windmolenparken in vergelijking met transacties na realisatie van de windmolenparken. Doordat het om transacties van dezelfde woningen gaat worden mogelijke verschillen in overige prijsbepalende factoren uitgesloten (bijvoorbeeld kwaliteit van de woning). De studie is uitgevoerd voor woningen met uitzicht op het bestaande windmolenpark bij Egmond aan zee (op 15 km uit de kust). Er komen geen significante verschillen in woningwaarde naar voren als gevolg van dit windmolenpark. De uitkomsten zijn in lijn met eerder uitgevoerd onderzoek naar windmolens op land en met internationaal onderzoek<sup>40</sup>. Op basis van deze onderzoeken kan niet geconcludeerd worden dat er geen invloed op woningwaarden is. Mogelijk dat er bij een grotere steekproef wel een significant effect kan worden aangetoond. Verder heeft het onderzoek betrekking op een windmolenpark op circa 15 km uit de kust. Het is mogelijk dat een offshore windmolenpark dichterbij de kust wel aantoonbare impact op het woongenot heeft.

De uitkomsten van het onderzoek naar de huizenprijzen zijn opvallend in vergelijking met de effecten op recreatieve beleving. Dit laatste effect brengt een forse kostenpost met zich mee, terwijl er geen effect kan worden vastgesteld op de huizenprijzen. Op dit moment is er geen eenduidige verklaring voor dit verschil.

### 5.4 Conclusies externe effecten

De aanleg van windparken binnen de 12-mijlszone leidt tot grotere negatieve externe effecten dan buiten de 12-mijlszone. Van de in geld uit te drukken effecten zijn het effecten op recreatie en toerisme die zorgen voor de grootste verschillen. Op het gebied van ecologie leidt het bouwen binnen de 12-mijlszone ook tot grotere negatieve effecten.

<sup>40</sup> Bijvoorbeeld: Heintzelman & Tuttle, 2012; Hoen et. al., 2011; Sims & Dent, 2007; Sims et. al., 2008.

Tabel 5.6 Overzichtstabel externe effecten

| Externe effecten                 | 1                | 1a               | 2                | 3                | 3a               | 4                |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Recreatie                        | -€ 349           | -€ 347           | -€ 144           | -€ 349           | -€ 349           | -€ 144           |
| Uitstoot elektriciteitscentrales | € 0 - 357        | € 0 - 381        | € 0 - 382        | € 0 - 514        | € 0 - 543        | € 0 - 543        |
| Uitstoot tijdens aanleg          | -€ 56            | -€ 59            | -€ 56            | -€ 78            | -€ 81            | -€ 78            |
| Uitstoot zandwinning             | -€ 9             | -€ 9             | € 0              | -€ 9             | -€ 9             | € 0              |
| Ecologie                         | - ?              | - ?              | - ?              | - ?              | - ?              | - ?              |
| <b>Totaal externe effecten</b>   | <b>-€ 414 -?</b> | <b>-€ 416 -?</b> | <b>-€ 200 -?</b> | <b>-€ 435 -?</b> | <b>-€ 439 -?</b> | <b>-€ 222 -?</b> |
|                                  | <b>tot</b>       | <b>tot</b>       | <b>tot</b>       | <b>tot</b>       | <b>tot</b>       | <b>tot</b>       |
|                                  | <b>-€ 57 -?</b>  | <b>-€ 34 -?</b>  | <b>€ 182 -?</b>  | <b>€ 79 -?</b>   | <b>€ 104 -?</b>  | <b>€ 321 -?</b>  |

De Maasvlakte en Zeeland zijn de zoekgebieden met de grootste negatieve effecten op het gebied van ecologie. Op alle andere aspecten scoort de Maasvlakte goed. Windparken voor de kust van Zuid-Holland hebben de grootste negatieve impact op het toerisme, gevolgd door parken voor de kust van Noord-Holland. Hier liggen immers de badplaatsen met de meeste bezoekers. De kosten van uitstoot van zandwinning zijn gerelateerd aan de omvaarkosten die in hoofdstuk 4 zijn behandeld.

Tabel 5.7 Rangorde externe effecten zoekgebieden binnen de 12-mijlszone

| Externe effecten                 | Maasvlakte | Zeeland | Zuid-Holland | Noord-Holland | Ameland |
|----------------------------------|------------|---------|--------------|---------------|---------|
| Recreatie                        | 1          | 2       | 4            | 3             | 2       |
| Uitstoot elektriciteitscentrales | 0          | 0       | 0            | 0             | 0       |
| Uitstoot tijdens aanleg          | 1          | 1       | 1            | 1             | 1       |
| Uitstoot zandwinning             | 1          | 3       | 4            | 2             | 5       |
| Ecologie                         | 5          | 4       | 2            | 1             | 3       |

## 6 Integrale vergelijking

In dit hoofdstuk presenteren we een aantal overzichtstabellen voor de verschillende varianten binnen de MKBA. Hierin zijn de resultaten van alle effecten opgenomen. Daarnaast worden in paragraaf 6.2 een aantal gevoeligheidsanalyses besproken.

### 6.1 Overzichtstabellen

In deze paragraaf bespreken we de resultaten van de MKBA als geheel. Hierin bekijken we de 4.450 MW en 6.000 MW apart en bespreken we de verschillen tussen het energieakkoord scenario en Trendmatig scenario.

#### 6.1.1 Resultaten 4.450 MW

Tabel 6.1 Overzicht resultaten MKBA voor de varianten van 4.450 MW (in mln euro en NCW)

| Variant                                | Energieakkoord        |                       |                       | Trendmatig            |                       |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                        | 1                     | 1a                    | 2                     | 1                     | 1a                    | 2                     |
|                                        | 4.450 MW<br>~14,8 TWh | 4.685 MW<br>~15,7 TWh | 4.450 MW<br>~15,7 TWh | 4.450 MW<br>~14,8 TWh | 4.685 MW<br>~15,7 TWh | 4.450 MW<br>~15,7 TWh |
| <b>Businesscase</b>                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Investerings                           | -€ 6.319              | -€ 6.722              | -€ 7.344              | -€ 7.275              | -€ 7.762              | -€ 8.475              |
| B&O-kosten                             | -€ 2.875              | -€ 3.044              | -€ 3.027              | -€ 3.291              | -€ 3.499              | -€ 3.471              |
| Productieopbrengsten                   | € 5.739               | € 6.095               | € 6.109               | € 5.739               | € 6.095               | € 6.109               |
| Restwaarde                             | € 206                 | € 224                 | € 286                 | € 360                 | € 389                 | € 498                 |
| <b>Totaal businesscase</b>             | <b>-€ 3.249</b>       | <b>-€ 3.447</b>       | <b>-€ 3.976</b>       | <b>-€ 4.467</b>       | <b>-€ 4.776</b>       | <b>-€ 5.339</b>       |
| <b>Indirecte effecten</b>              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Zandwinning                            | -€ 22                 | -€ 22                 | € 0                   | -€ 22                 | -€ 22                 | € 0                   |
| Radar aanpassing                       | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   |
| Visserij                               | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  | -€ 3                  |
| Defensie                               | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   |
| Olie&gas                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal indirecte effecten</b>       | <b>-€ 70 -?</b>       | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 3 -?</b>        | <b>-€ 70</b>          | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 3 -?</b>        |
| <b>Externe effecten</b>                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Recreatie                              | -€ 349                | -€ 347                | -€ 144                | -€ 349                | -€ 347                | -€ 144                |
| Uitstoot elektriciteitscentrales       | € 0 - 357             | € 0 - 381             | € 0 - 382             | € 0 - 357             | € 0 - 381             | € 0 - 382             |
| Uitstoot tijdens aanleg                | -€ 56                 | -€ 59                 | -€ 56                 | -€ 56                 | -€ 59                 | -€ 56                 |
| Uitstoot zandwinning                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   |
| Scheepvaart veiligheid                 | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Ecologie                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
|                                        | <b>-€ 414 -?</b>      | <b>-€ 416 -?</b>      | <b>-€ 200 -?</b>      | <b>-€ 414</b>         | <b>-€ 416 -?</b>      | <b>-€ 200 -?</b>      |
| <b>Totaal externe effecten</b>         | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            |
|                                        | <b>-€ 57 -?</b>       | <b>-€ 34 -?</b>       | <b>€ 182 -?</b>       | <b>-€ 57 -?</b>       | <b>-€ 34 -?</b>       | <b>€ 182 -?</b>       |
| <b>Totaal</b>                          | <b>-€ 3.732 -?</b>    | <b>-€ 3.932 -?</b>    | <b>-€ 4.179 -?</b>    | <b>-€ 4.950 -?</b>    | <b>-€ 5.261 -?</b>    | <b>-€ 5.542 -?</b>    |
|                                        | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            |
|                                        | <b>-€ 3.375 -?</b>    | <b>-€ 3.551 -?</b>    | <b>-€ 3.797 -?</b>    | <b>-€ 4.593 -?</b>    | <b>-€ 4.880 -?</b>    | <b>-€ 5.160 -?</b>    |
| <b>B/K</b>                             | <b>0,41</b>           | <b>0,42</b>           | <b>0,43</b>           | <b>0,32</b>           | <b>0,32</b>           | <b>0,35</b>           |
|                                        | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            | <b>tot</b>            |
|                                        | <b>0,47</b>           | <b>0,47</b>           | <b>0,48</b>           | <b>0,37</b>           | <b>0,37</b>           | <b>0,39</b>           |

In tabel 6.1 zijn alle effecten voor de drie varianten van het 4.450 MW vermogen opgenomen. De meeste effecten hebben we kunnen moneteriseren. Het is voor de effecten op olie- en gaswinning,



de restcapaciteit van elektriciteitscentrales, de scheepvaart veiligheid en ecologie (op dit moment) niet gelukt of niet mogelijk om de omvang in te schatten. Alle negatieve effecten in de tabel hebben een minteken, positieve effecten zijn positief. Alle effecten gesommeerd (de regel 'totaal') laten het saldo van alle contante waarden in de tijd zien. Deze waarden zijn negatief wat betekent dat de gemonetariseerde en contant gemaakte baten niet opwegen tegen de kosten bij de gebruikte discontovoet van 5,5%. De baten-kostenverhouding (B/K) geeft de verhouding weer tussen de kosten en de baten/overige effecten. Indien deze kleiner is dan 1 dan zijn de contant gemaakte kosten groter dan de contant gemaakte baten.

Om het bouwen van windparken binnen en buiten de 12-mijlszone het best te vergelijken moet worden gekeken naar de resultaten van variant 1a en 2, hier is namelijk sprake van het zelfde productieniveau. De contante waarde van variant 1a (zoveel mogelijk bouwen binnen de 12-mijlszone) is in het energieakkoord scenario 250 miljoen euro gunstiger en in het trendmatige scenario 280 miljoen euro gunstiger dan variant 2 (bouwen buiten de 12-mijlszone). Voornaamste oorzaken van dit verschil zijn de lagere investerings-, beheer- en onderhoudskosten voor windmolenparken binnen de 12-mijlszone.

De kosten voor indirecte en externe effecten zijn voor de varianten binnen de 12-mijlszone wel groter dan voor de varianten daarbuiten. Er zijn namelijk geen of beperktere effecten waargenomen op zandwinning, scheepvaart, defensie en recreatie wanneer windmolenparken buiten de 12-mijlszone worden gerealiseerd. Er speelt daarnaast ook nog een aantal niet-gemonetariseerde indirecte en externe effecten. Zo kunnen de effecten op olie en gas mogelijk een impact hebben op specifieke locaties, maar het is onduidelijk of er een generiek verschil is tussen locaties binnen en buiten de 12-mijlszone. Het aanhouden van restcapaciteit bij bestaande elektriciteitscentrales kan nog substantiële kosten met zich meebrengen, maar is niet locatieafhankelijk, dus ook niet onderscheidend tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone. Effecten op de scheepvaartveiligheid treden ook op: meer obstakels op zee maakt de kans op aanvaringen per definitie groter. Dit effect is naar verwachting beperkt onderscheidend tussen de varianten.

### **6.1.2 Resultaten 6.000 MW**

Zodra het opgestelde vermogen verder wordt uitgebreid naar 6.000 MW worden de verschillen tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone groter. Reden hiervoor is dat het aanvullende vermogen van 1.150 MW buiten de 12-mijlszone geplaatst wordt, dit zorgt voor extra investerings-, beheer- en onderhoudskosten. De extra opbrengsten die het plaatsen van meer vermogen met zich mee brengt wegen niet op tegen de extra kosten, hierdoor worden de verschillen tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone, ten opzichte van de 4.450 MW varianten, nog groter. In tabel 6.2 is het volledige overzicht van de 6.000 MW varianten opgenomen.

Tabel 6.2 Overzicht resultaten MKBA voor de varianten van 6.000 MW (in mln euro en NCW)

| Variant                                | Energieakkoord        |                       |                       | Trendmatig            |                       |                       |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                        | 3                     | 3a                    | 4                     | 3                     | 3a                    | 4                     |
|                                        | 6.000 MW<br>~20,4 TWh | 6.287 MW<br>~21,5 TWh | 6.000 MW<br>~21,5 TWh | 6.000 MW<br>~20,4 TWh | 6.287 MW<br>~21,5 TWh | 6.000 MW<br>~21,5 TWh |
| <b>Businesscase</b>                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Investerings                           | -€ 8.661              | -€ 9.043              | -€ 9.811              | -€ 10.389             | -€ 10.945             | -€ 11.812             |
| B&O-kosten                             | -€ 3.793              | -€ 3.946              | -€ 3.957              | -€ 4.513              | -€ 4.731              | -€ 4.731              |
| Productieopbrengsten                   | € 8.014               | € 8.406               | € 8.417               | € 8.014               | € 8.406               | € 8.417               |
| Restwaarde                             | € 323                 | € 344                 | € 417                 | € 554                 | € 589                 | € 711                 |
| <b>Totaal businesscase</b>             | <b>-€ 4.117</b>       | <b>-€ 4.239</b>       | <b>-€ 4.934</b>       | <b>-€ 6.334</b>       | <b>-€ 6.681</b>       | <b>-€ 7.416</b>       |
| <b>Indirecte effecten</b>              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Zandwinning                            | -€ 21                 | -€ 21                 | € 0                   | -€ 21                 | -€ 21                 | € 0                   |
| Radar aanpassing                       | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   | -€ 27                 | -€ 27                 | € 0                   |
| Visserij                               | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  | -€ 4                  |
| Defensie                               | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   | -€ 16                 | -€ 16                 | € 0                   |
| Olie&gas                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Restcapaciteit elektriciteitscentrales | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal indirecte effecten</b>       | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 4 -?</b>        | <b>-€ 69</b>          | <b>-€ 69 -?</b>       | <b>-€ 4 -?</b>        |
| <b>Externe effecten</b>                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Recreatie                              | -€ 349                | -€ 349                | -€ 144                | -€ 349                | -€ 349                | -€ 144                |
| Emissies                               | € 0 - 514             | € 0 - 543             | € 0 - 543             | € 0 - 514             | € 0 - 543             | € 0 - 543             |
| Uitstoot tijdens aanleg                | -€ 78                 | -€ 81                 | -€ 78                 | -€ 78                 | -€ 81                 | -€ 78                 |
| Uitstoot zandwinning                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   | -€ 9                  | -€ 9                  | € 0                   |
| Scheepvaart veiligheid                 | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| Ecologie                               | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   | - ?                   |
| <b>Totaal externe effecten</b>         | <b>-€ 435 -?</b>      | <b>-€ 439 -?</b>      | <b>-€ 222 -?</b>      | <b>-€ 435</b>         | <b>-€ 439 -?</b>      | <b>-€ 222 -?</b>      |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>€ 79 -?</b>        | <b>€ 104 -?</b>       | <b>€ 321 -?</b>       | <b>€ 79 -?</b>        | <b>€ 104 -?</b>       | <b>€ 321 -?</b>       |
| <b>Totaal</b>                          | <b>-€ 4.622 -?</b>    | <b>-€ 4.747 -?</b>    | <b>-€ 5.160 -?</b>    | <b>-€ 6.838 -?</b>    | <b>-€ 7.189 -?</b>    | <b>-€ 7.642 -?</b>    |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>-€ 4.108 -?</b>    | <b>-€ 4.204 -?</b>    | <b>-€ 4.617 -?</b>    | <b>-€ 6.325 -?</b>    | <b>-€ 6.646 -?</b>    | <b>-€ 7.099 -?</b>    |
| <b>B/K</b>                             | <b>0,47</b>           | <b>0,48</b>           | <b>0,47</b>           | <b>0,34</b>           | <b>0,34</b>           | <b>0,35</b>           |
|                                        | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   | tot                   |
|                                        | <b>0,53</b>           | <b>0,54</b>           | <b>0,53</b>           | <b>0,39</b>           | <b>0,39</b>           | <b>0,40</b>           |

Bij een productie-equivalent (waarin de varianten 3a en 4 met elkaar worden vergeleken) is in het energieakkoord scenario het bouwen van windmolenparken binnen de 12-mijlszone ruim 415 miljoen euro gunstiger. In het trendmatige scenario is het bouwen binnen de 12-mijlszone ruim 455 miljoen euro gunstiger, dan bouwen daarbuiten.

De kosten voor indirecte en externe effecten in de 6.000 MW varianten verschillen nauwelijks met die van de varianten met 4.450 MW aan vermogen. De meeste effecten treden namelijk op binnen de 12-mijlszone en aangezien het in beide varianten om dezelfde windmolenparken binnen de 12-mijlszone gaat, zijn er nauwelijks verschillen in maatschappelijke kosten waargenomen. Enkel de negatieve baat voor visserij is iets groter in de 6.000 MW varianten dan in de 4.450 MW varianten. Ook voor de 6.000 MW varianten geldt dus dat de indirecte en externe effecten binnen de 12-mijlszone groter zijn dan buiten de 12-mijlszone.

## 6.2 Gevoeligheidsanalyses

De berekeningen in een MKBA zijn gebaseerd op veronderstellingen over toekomstige ontwikkelingen. Deze veronderstellingen zijn deels onzeker: van veel effecten is wel duidelijk dat ze zullen optreden, maar de mate waarin dat gebeurt is niet exact bekend. Vandaar dat in een MKBA vaak wordt gewerkt met gevoeligheidsanalyses: door voor specifieke variabelen andere waarden aan te nemen ontstaat een inzicht op de gevolgen voor de uitkomsten.

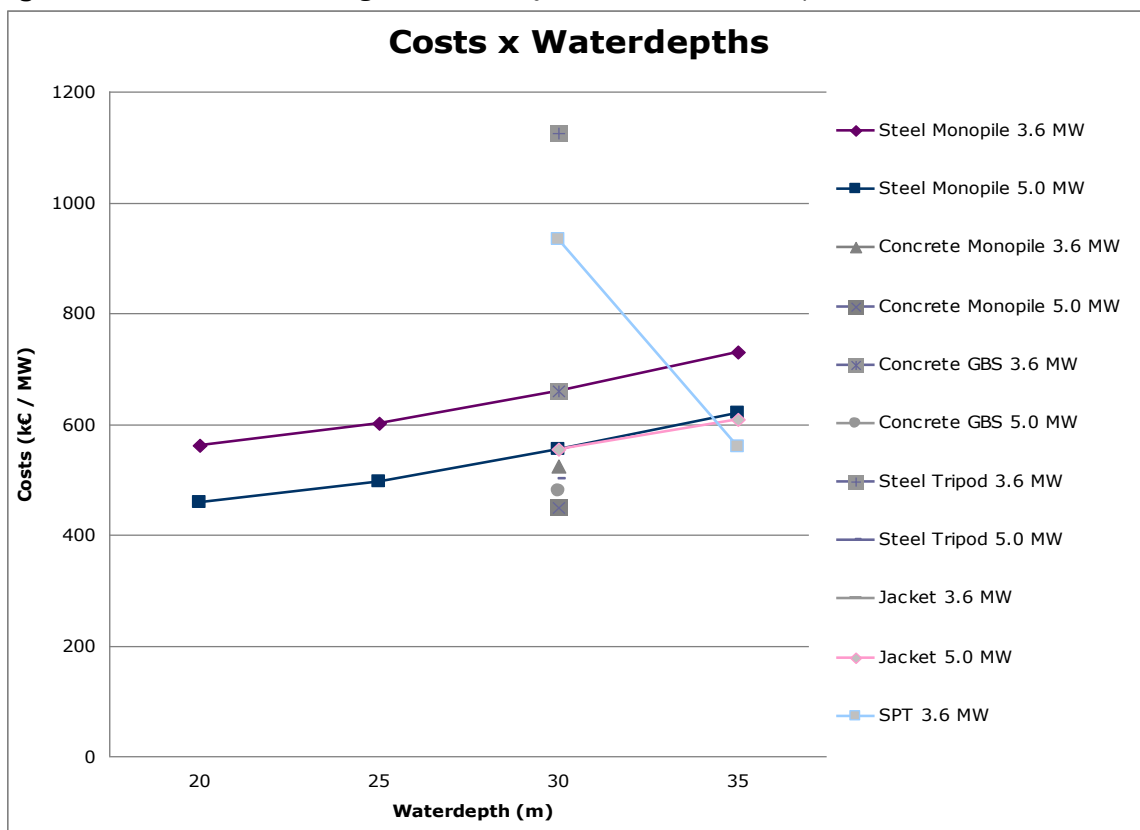
Hieronder presenteren we eerst een aantal gevoeligheidsanalyses die een onderscheidend effect hebben binnen en buiten de 12-mijlszone. Vervolgens presenteren we een aantal 'algemene' gevoeligheidsanalyses.

### 6.2.1 Onderscheidende effecten binnen en buiten de 12mijlszone

#### *Ecologie*

Als de mitigerende maatregelen voor het beperken van geluidverstoring bij het heien van een fundering onvoldoende blijken te werken, dan zullen mogelijk alternatieve funderingstechnieken moeten worden toegepast. In figuur 6.1 zijn de kosten voor verschillende funderingstechnieken bij verschillende waterdiepten weergegeven. De meeste gegevens zijn bekend bij een waterdiepte van 30 meter, omdat daar in Denemarken een pilot is uitgevoerd. De kosten voor een (geheide) monopile en alternatieve technieken (zoals een geboorde betonnen monopile of een gravity based system- GBS) zijn daar van dezelfde ordegrrootte. Sommige alternatieve funderingstechnieken zijn daar zelfs goedkoper. Dichter bij de kust is de waterdiepte over het algemeen kleiner. Hiervoor is geen kostenvergelijking met alternatieve funderingstechnieken voorhanden. De techniek van een stalen monopile is hier het goedkoopste. We nemen aan dat de kosten voor alternatieve funderingstechnieken bij kleinere waterdiepten gelijk blijft. De stalen monopile valt bij kleinere waterdiepten goedkoper uit te voeren. Het verschil is ordegrrootte € 50.000 per MW (bij een waterdiepte van circa 25 meter).

Figuur 6.1 Kosten voor funderingstechnieken bij verschillende waterdiepten



Bron: Kriegers Flak Offshore wind farm (presentatie T. Stallin, Vattenfall)

Bij de projectalternatieven 1 en 3 wordt er 2.550 MW binnen de 12 mijlszone gebouwd. Het effect van alternatieve funderingstechnieken is dat bouwen binnen de 12 mijlszone € 90 tot € 100 miljoen duurder wordt.

Als de mitigerende maatregel van een vogelvriendelijke opstelling van de windmolenparken onvoldoende werkt, dan zullen de windmolens mogelijk stilgezet moeten worden bij hoge dichtheden (trek)vogels. Hoe vaak die situatie zich voordoet is moeilijk in te schatten. Naar inschatting van een aantal ecologen gaat om circa 5 á 6 maanden per jaar met hoge dichtheden trekvogels (voorjaars- en najaarstrek), op deze dagen zouden de molens ca. 4 uur stopgezet moeten worden. Dit leidt in totaal tot 25-30 dagen stilstand per jaar. Voor de zoekgebieden Zeeland en Maasvlakte is de vogel-trek intensiever dan bij de overige zoekgebieden. Aanname is dat de parken bij Zeeland en Maasvlakte gedurende 4 weken per jaar worden stilgezet en in de zoekgebieden Ameland, Noord- en Zuid-Holland gedurende twee weken.

Aangezien de aanname is dat enkel windmolenparken binnen de 12-mijlszone worden stilgezet zorgt dat ervoor dat enkel de productieopbrengsten binnen de projectalternatieven 1 en 3 lager uitkomen. De productieopbrengsten binnen deze twee alternatieven vallen in het energieakkoord scenario ordegrrootte bijna € 200 miljoen contant waarde lager uit..

### *Scenario met een hoge zandvraag*

Bij het bespreken van de resultaten van de MKBA in paragraaf 6.1 is voor het indirecte effect *zandwinning* gebruik gemaakt van het lage zandvraagscenario. De vraag naar zand is afhankelijk van de mate van zeespiegelstijging. Wanneer de zeespiegelstijging in de toekomst groter is, zal er meer vraag naar zand zijn. Als gevoeligheidsanalyse werken we hier het scenario met een hogere zandvraag uit. De vraag naar zand zal in dat geval vanaf 2025 40 miljoen m<sup>3</sup> in plaats van 20 miljoen m<sup>3</sup> per jaar zijn.

Deze gevoeligheid heeft alleen invloed op de varianten waarin er binnen de 12-mijlszone windmolenparken gebouwd worden. Wanneer de vraag naar zand groter is zal eerder en langer om de geplande windmolenparken heen gevaren moeten worden. Dit brengt meer kosten eerder in de tijd met zich mee. De effecten spelen met name voor de zoekgebieden Ameland en Zuid-Holland, op de zoekgebieden Noord-Holland en Zeeland heeft het eveneens invloed. Bij het hoge zandvraagscenario zijn de meerkosten voor zandwinning in de varianten 1 en 3 naar schatting € 50 miljoen.

IJmuiden kent een vrij hoge vraag naar ophoog/commercieel zand (ongeveer 30 procent van het totaal). Als extra gevoeligheidsanalyse is meegenomen dat het zandwingebied voor de kust bij IJmuiden uitgeput raakt en men niet op meest gunstige locatie meer kan winnen. Gunstige locaties zouden in het geval van IJmuiden net buiten de 12-mijlszone of ten noorden of zuiden van het huidige zandwingebied kunnen liggen. Deze gebieden kunnen onbereikbaar worden vanwege ankergebieden, vaarroutes en leidingen en kabels buiten de 12-mijlszone en vanwege het plaatsen van windmolenparken. Indien dat het geval is zal nog verder naar het noorden of zuiden binnen de 12-mijlszone zand worden gewonnen. De extra kosten voor zandwinschepen omdat ze verder moeten varen zijn ter gevoeligheid in zowel het hoge als het lage scenario berekend:

- In een laag zandvraagscenario geldt dat de totale kosten voor het effect 'zandwinning' 2 procent hoger liggen, indien het effect bij IJmuiden een rol gaat spelen.
- In een hoog zandvraagscenario liggen de totale kosten voor het effect 'zandwinning' 12 procent hoger, indien het effect bij IJmuiden een rol gaat spelen.

### *Cumulatief effect onderscheidende gevoeligheidsanalyses*

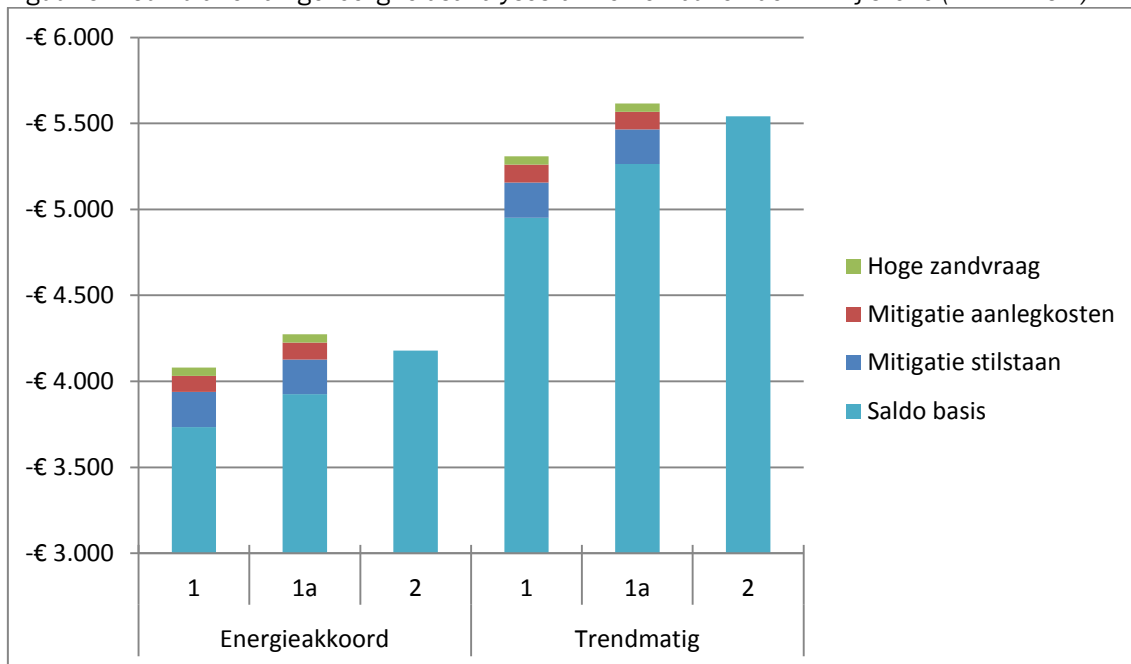
We hebben drie gevoeligheidsanalyses uitgevoerd die invloed hebben op de verschillen tussen bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone:

- Het stilzetten van de turbines tijdens hoge dichtheden van trekvogels.
- De investeringskosten van alternatieve funderingstechnieken.
- Een scenario met een hoge zandvraag.

In figuur 6.2 zijn de resultaten van deze drie gevoeligheidsanalyses bovenop het basissaldo weergegeven, gepresenteerde resultaten zijn de NCW. De gemonetariseerde maatschappelijke kosten en baten van de in de gevoeligheidsanalyse meegewogen variabelen hebben enkel invloed op de varianten binnen de 12-mijlszone. Wanneer de cumulatieve meerkosten uit de gevoeligheidsanalyses

gaan spelen, dan wordt bouwen binnen de 12-mijlszone minder gunstig dan wanneer niet binnen de 12-mijlszone gebouwd wordt<sup>41</sup>.

*Figuur 6.2 Cumulatie van gevoeligheidsanalyses binnen en buiten de 12-mijlszone (in mln NCW)*



De gevoeligheidsanalyses hebben per zoekgebied een verschillend effect. Zo zorgt een mogelijk hogere zandvraag vooral voor effect op de zoekgebieden Ameland, Zuid-Holland en Zeeland en is het risico van stilzetten van turbines vooral van invloed op de zoekgebieden Zeeland en Maasvlakte.

### 6.2.2 Algemene gevoeligheidsanalyses

Naast de onderscheidende effecten voor bouwen binnen en buiten de 12-mijlszone zijn er ook onzekerheden die betrekking hebben op de maatschappelijke kosten en baten van het opwekken van windenergie op zee in zijn algemeenheid.

#### Discontovoet

Standaard wordt in de MKBA gerekend met een discontovoet van 5,5% en een discontovoet van 4% voor effecten met een onomkeerbaar karakter, zoals CO<sub>2</sub>-uitstoot. In deze gevoeligheidsanalyse bekijken we het effect wanneer met een discontovoet van 1,5% hoger of lager wordt gerekend.

<sup>41</sup> NB: hierbij is niet het additionele effect voor de zandwinning bij IJmuiden, zoals beschreven bij zandwinning meegenomen.

Tabel 6.3 Aangepaste discontovoet 4450 MW varianten

| Variant                                  | Energieakkoord |             |             | Trendmatig  |             |             |
|------------------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                          | 1              | 1a          | 2           | 1           | 1a          | 2           |
| Saldo standaard discontovoet, mln. € NCW | -€ 3.734       | -€ 3.934    | -€ 4.179    | -€ 4.952    | -€ 5.263    | -€ 5.542    |
| Saldo discontovoet -1,5%, mln. € NCW     | -€ 3.511       | -€ 3.690    | -€ 3.810    | -€ 4.790    | -€ 5.089    | -€ 5.224    |
| Saldo discontovoet +1,5%, mln. € NCW     | -€ 3.914       | -€ 4.126    | -€ 4.442    | -€ 5.072    | -€ 5.387    | -€ 5.749    |
| <b>B/k standaard discontovoet</b>        | <b>0,41</b>    | <b>0,41</b> | <b>0,43</b> | <b>0,32</b> | <b>0,32</b> | <b>0,35</b> |
| B/k discontovoet -1,5%                   | 0,46           | 0,47        | 0,50        | 0,36        | 0,37        | 0,40        |
| B/k discontovoet +1,5%                   | 0,36           | 0,37        | 0,38        | 0,28        | 0,28        | 0,30        |

Tabel 6.4 Aangepaste discontovoet 6000 MW varianten

|                                          | Energieakkoord |             |             | Trendmatig  |             |             |
|------------------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                          | 3              | 3a          | 4           | 3           | 3a          | 4           |
| Saldo standaard discontovoet, mln. € NCW | -€ 4.623       | -€ 4.748    | -€ 5.160    | -€ 6.840    | -€ 7.191    | -€ 7.642    |
| Saldo discontovoet -1,5%, mln. € NCW     | -€ 4.213       | -€ 4.303    | -€ 4.595    | -€ 6.594    | -€ 6.937    | -€ 7.246    |
| Saldo discontovoet +1,5%, mln. € NCW     | -€ 4.918       | -€ 5.064    | -€ 5.541    | -€ 6.984    | -€ 7.331    | -€ 7.863    |
| <b>B/k standaard discontovoet</b>        | <b>0,47</b>    | <b>0,47</b> | <b>0,47</b> | <b>0,34</b> | <b>0,34</b> | <b>0,35</b> |
| B/k discontovoet -1,5%                   | 0,53           | 0,55        | 0,55        | 0,39        | 0,40        | 0,41        |
| B/k discontovoet +1,5%                   | 0,41           | 0,41        | 0,41        | 0,30        | 0,30        | 0,30        |

Een hogere discontovoet leidt tot een negatiever saldo omdat de opbrengsten die later in de tijd plaatsvinden lager worden gewaardeerd. Een lagere discontovoet leidt tot een minder negatief saldo.

#### Hoger prijspad

Het prijspad waarmee is gerekend en wat overeenstemt met de ramingen die gemaakt zijn voor het energieakkoord, is een relatief laag prijspad. Wanneer wordt aangesloten bij het hoge prijspad uit de KBA Wind op Land van het CPB, resulteert een fors positiever saldo. Ook de subsidiekosten vallen lager uit. Het effect is van een gelijke ordegrrootte voor de varianten binnen en buiten de twaalfmijlszone.

Tabel 6.5 Hoog prijspad elektriciteit 4450 MW varianten

| Variant                                       | Energieakkoord  |                 |                 | Trendmatig      |                 |                 |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                               | 1               | 1a              | 2               | 1               | 1a              | 2               |
| Productieopbrengsten basis                    | € 5.739         | € 6.095         | € 6.109         | € 5.739         | € 6.095         | € 6.109         |
| Productieopbrengsten hoge elektriciteitsprijs | € 7.387         | € 7.857         | € 7.871         | € 7.387         | € 7.857         | € 7.871         |
| <b>Verschil</b>                               | <b>€ 1.648</b>  | <b>€ 1.761</b>  | <b>€ 1.762</b>  | <b>€ 1.648</b>  | <b>€ 1.761</b>  | <b>€ 1.762</b>  |
| <b>NCW</b>                                    | <b>-€ 2.086</b> | <b>-€ 2.164</b> | <b>-€ 2.417</b> | <b>-€ 3.304</b> | <b>-€ 3.502</b> | <b>-€ 3.780</b> |
| <b>B/K</b>                                    | <b>0,67</b>     | <b>0,68</b>     | <b>0,67</b>     | <b>0,55</b>     | <b>0,55</b>     | <b>0,55</b>     |
| Subsidies basis                               | € 5.553         | € 5.891         | € 6.644         | € 7.116         | € 7.605         | € 8.448         |
| Subsidies hoge elektriciteitsprijs            | € 4.186         | € 4.427         | € 5.181         | € 5.749         | € 6.144         | € 6.984         |
| <b>Verschil</b>                               | <b>-€ 1.367</b> | <b>-€ 1.464</b> | <b>-€ 1.464</b> | <b>-€ 1.367</b> | <b>-€ 1.461</b> | <b>-€ 1.464</b> |



Tabel 6.6 Hoog prijspad elektriciteit 6000 MW varianten

|                                               | Energieakkoord  |                 |                 | Trendmatig      |                 |                 |
|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Variant                                       | 3               | 3a              | 4               | 3               | 3a              | 4               |
| Productieopbrengsten basis                    | € 8.014         | € 8.406         | € 8.417         | € 8.014         | € 8.406         | € 8.417         |
| Productieopbrengsten hoge elektriciteitsprijs | € 10.423        | € 10.952        | € 10.963        | € 10.423        | € 10.952        | € 10.963        |
| <b>Verschil</b>                               | <b>€ 2.409</b>  | <b>€ 2.546</b>  | <b>€ 2.546</b>  | <b>€ 2.409</b>  | <b>€ 2.546</b>  | <b>€ 2.546</b>  |
| <b>NCW</b>                                    | <b>-€ 2.215</b> | <b>-€ 2.203</b> | <b>-€ 2.613</b> | <b>-€ 4.431</b> | <b>-€ 4.645</b> | <b>-€ 5.095</b> |
| <b>B/K</b>                                    | <b>0,74</b>     | <b>0,76</b>     | <b>0,73</b>     | <b>0,57</b>     | <b>0,58</b>     | <b>0,57</b>     |
| Subsidies basis                               | € 7.311         | € 7.595         | € 8.496         | € 10.118        | € 10.673        | € 11.687        |
| Subsidies hoge elektriciteitsprijs            | € 5.295         | € 5.462         | € 6.363         | € 8.102         | € 8.541         | € 9.554         |
| <b>Verschil</b>                               | <b>-€ 2.016</b> | <b>-€ 2.133</b> | <b>-€ 2.133</b> | <b>-€ 2.016</b> | <b>-€ 2.133</b> | <b>-€ 2.133</b> |

Voor deze gevoeligheidsanalyse is het onderstaande hoge prijspad gebruikt.

Tabel 6.7 Ontwikkeling elektriciteitsprijs in twee scenario's

|                      | 2015 | 2020 | 2030  | 2040  |
|----------------------|------|------|-------|-------|
| <b>Basis</b>         | 5,38 | 6,33 | 7,18  | 7,44  |
| <b>Hoog prijspad</b> | 5,60 | 7,27 | 10,05 | 10,41 |

#### Profiel effect

Het profieffect is met enige onzekerheid omgeven. Zo heeft een groter aandeel van elektriciteit die wordt opgewekt zonne-energie een dempend effect, doordat het meestal niet hard waait als de zon schijnt. Dit vermindert schommelingen in de duurzame elektriciteitsopwekking die de voornaamste oorzaak voor het profieffect zijn. Daarnaast heeft elektriciteit opgewekt uit windparken op zee naar verwachting ook een kleiner profiel effect dan elektriciteitsparken op land: immers als het op land hard waait, waait het op zee ook. Maar als het op zee hard waait, hoeft het niet altijd op land hard te waaie. Daarmee is de piek in duurzame elektriciteitsproductie gemiddeld groter wanneer windmolens op land elektriciteit produceren dan voor de elektriciteitsproductie van windparken op zee. Daarmee zijn er redenen om aan te nemen dat het profieffect voor wind op zee kleiner is dan waar het CPB van is uitgaan in haar KBA wind op land, die ook ten grondslag ligt aan de berekeningen in deze MKBA.

ECN<sup>42</sup> heeft een analyse gemaakt die een kleiner profiel-effect voorspelt dan de door het CPB berekende profieffect. Dit kleinere profieffect is de basis voor deze gevoeligheidsanalyse.

Tabel 6.8 Ontwikkeling profieffect in twee scenario's

|                           | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 |
|---------------------------|------|------|------|------|
| <b>Windpenetratie</b>     | 8%   | 13%  | 25%  | 29%  |
| <b>Waardefactor basis</b> | 0,91 | 0,79 | 0,66 | 0,65 |
| <b>Waardefactor ECN</b>   | 0,90 | 0,81 | 0,72 | 0,73 |

<sup>42</sup> ECN (2013-2)

Een kleiner profiel effect leidt tot een positiever saldo in alle varianten en lagere subsidiekosten. Het effect is van een gelijke ordegrootte voor de varianten binnen en buiten de twaalfmijlszone.

Tabel 6.9 Kleiner profieleffect elektriciteit 4450 MW varianten

|                                          | Energieakkoord  |                 |                 | Trendmatig      |                 |                 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Variant                                  | 1               | 1a              | 2               | 1               | 1a              | 2               |
| Productieopbrengsten basis               | € 5.739         | € 6.095         | € 6.109         | € 5.739         | € 6.095         | € 6.109         |
| Productieopbrengsten lager profieleffect | € 6.192         | € 6.585         | € 6.597         | € 6.192         | € 6.585         | € 6.597         |
| <b>Verschil</b>                          | <b>€ 453</b>    | <b>€ 489</b>    | <b>€ 488</b>    | <b>€ 453</b>    | <b>€ 489</b>    | <b>€ 488</b>    |
| <b>NCW</b>                               | <b>-€ 3.281</b> | <b>-€ 3.445</b> | <b>-€ 3.690</b> | <b>-€ 4.499</b> | <b>-€ 4.774</b> | <b>-€ 5.053</b> |
| <b>B/K</b>                               | <b>0,48</b>     | <b>0,49</b>     | <b>0,50</b>     | <b>0,38</b>     | <b>0,38</b>     | <b>0,40</b>     |
| Subsidies basis                          | € 5.553         | € 5.889         | € 6.644         | € 7.116         | € 7.605         | € 8.448         |
| Subsidies lager profieleffect            | € 5.227         | € 5.534         | € 6.291         | € 6.790         | € 7.250         | € 8.094         |
| <b>Verschil</b>                          | <b>-€ 327</b>   | <b>-€ 355</b>   | <b>-€ 353</b>   | <b>-€ 327</b>   | <b>-€ 355</b>   | <b>-€ 353</b>   |

Tabel 6.10 Kleiner profieleffect elektriciteit 6000 MW varianten

|                                          | Energieakkoord  |                 |                 | Trendmatig      |                 |                 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Variant                                  | 3               | 3a              | 4               | 3               | 3a              | 4               |
| Productieopbrengsten basis               | € 8.014         | € 8.406         | € 8.417         | € 8.014         | € 8.406         | € 8.417         |
| Productieopbrengsten lager profieleffect | € 8.694         | € 9.132         | € 9.143         | € 8.694         | € 9.132         | € 9.143         |
| <b>Verschil</b>                          | <b>€ 680</b>    | <b>€ 726</b>    | <b>€ 726</b>    | <b>€ 680</b>    | <b>€ 726</b>    | <b>€ 726</b>    |
| <b>NCW</b>                               | <b>-€ 3.943</b> | <b>-€ 4.022</b> | <b>-€ 4.434</b> | <b>-€ 6.160</b> | <b>-€ 6.465</b> | <b>-€ 6.916</b> |
| <b>B/K</b>                               | <b>0,54</b>     | <b>0,56</b>     | <b>0,55</b>     | <b>0,41</b>     | <b>0,41</b>     | <b>0,41</b>     |
| Subsidies basis                          | € 7.311         | € 7.595         | € 8.496         | € 10.118        | € 10.673        | € 11.687        |
| Subsidies lager profieleffect            | € 6.803         | € 7.048         | € 7.950         | € 9.610         | € 10.126        | € 11.141        |
| <b>Verschil</b>                          | <b>-€ 508</b>   | <b>-€ 547</b>   | <b>-€ 546</b>   | <b>-€ 508</b>   | <b>-€ 547</b>   | <b>-€ 546</b>   |

## Literatuur

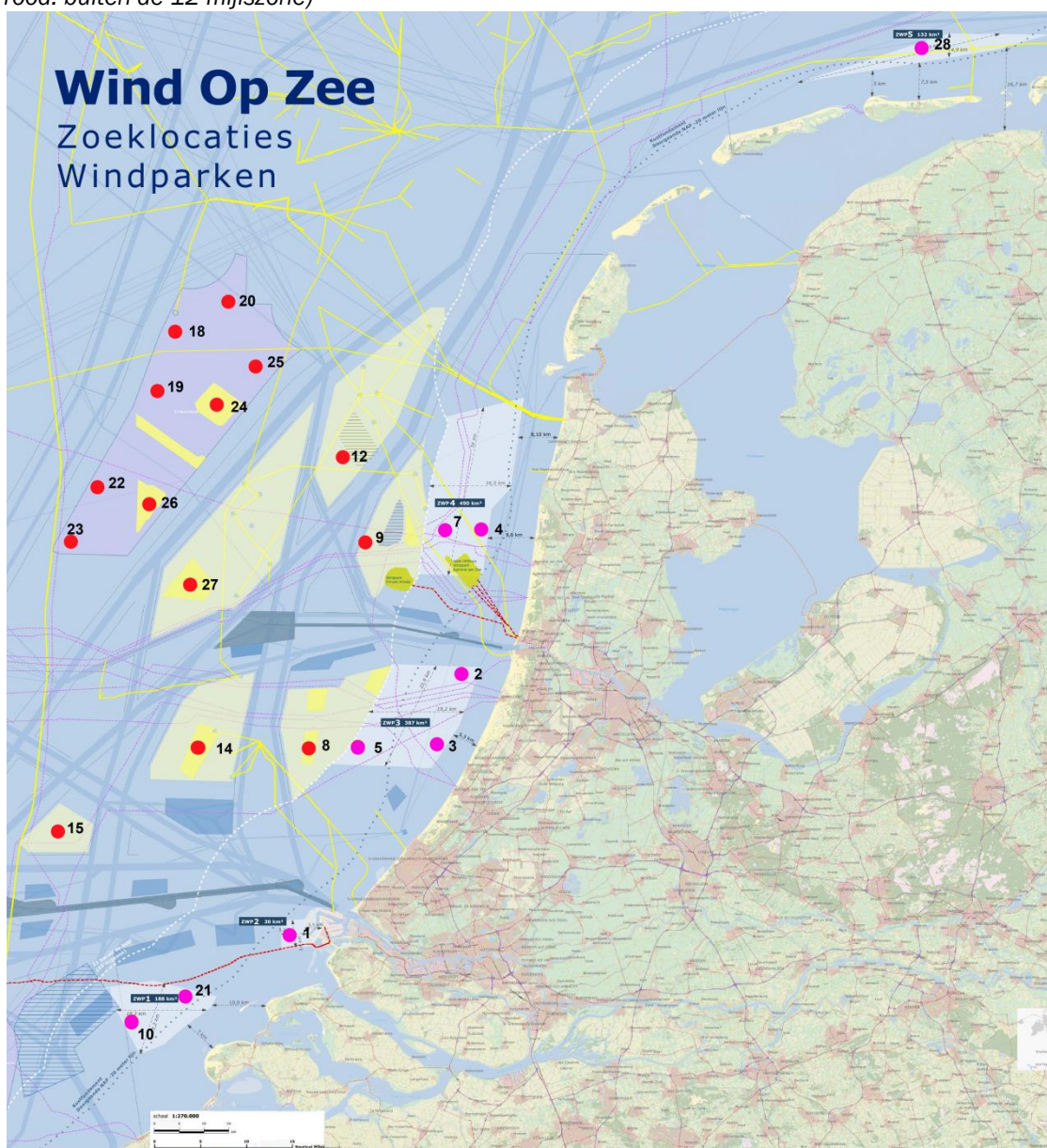
- Baerwalda E.F., J. Edworthyb, M. Holderc, R.M. R. Barclayd (2009). A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *Journal of Wildlife Management* 73(7):1077-1081. 2009.
- Blueconomy (2009), Economische en milieukundige effecten van de zandwinstrategie. In opdracht van Rijkswaterstaat dienst Noordzee.
- Brugman, L., Rouwendal, J. & Levkovich, O. (2013). Effecten van offshore windmolenparken op woningprijzen, VU, Kadaster.
- Decisio (2010). MKEA windenergie. In opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst.
- Duin, C.F. van, W. Gotjé, C.J. Jaspers & M. Kreft (2008). MER winning ophoogzand Noordzee 2008 t/m 2017. Grontmij in opdracht van Stichting La Mer.
- Duin, C.F. van, M. Vrij Peerdeman, C.J. Jaspers, A.M. Bucholc & S.C. Wessels (2012). MER winning suppletiezand Noordzee 2013 t/m 2017. Grontmij in opdracht van Rijkswaterstaat Noordzee
- ECN (2013). Resultaten inclusief Kabel en netaansluitingen voor Wind op Zee scenario's Fase II. Concept. Presentatie dd 25 juli 2013.
- ECN en PBL (2012). Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012.
- Ecorys (2011). Strategie planmatige zandwinning. In opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Noordzee.
- European Union (2011). EU Guidance on wind energy development in accordance with the EU nature legislation. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-18647-9. doi:10.2779/98894.
- EWEA (2011) Pure Power wind energy targets for 2020 and 2030.
- Goossen, C.M. & Langers, F. (2002). Recreatietoervaart; 9 jaar later. Alterra rapport P050, Wageningen.
- Heintzelman, M.D. & Tuttle, C.M. (2012) Values in the wind: a hedonic analysis of wind power facilities. *Land Economics* 88(3).
- Hintzen, N., Hamon, K., van der Hammen, T., Poos, J.J., de Graaf, M., Buisman, E. & Machiels, M. (2013). Effecten voor de visserij bij de aanleg van windmolenparken binnen de 12 mijlszone, IMARES Wageningen UR.
- Hirth, L. (2013). The Market Value of Variable Renewables. *Energy Economics* 38 (2013) 218–236.
- Hoen, B., Wiser, R., Cappers, P., Thayer, M. & Sethi, G. (2011). Wind energy facilities and residential properties: the effect of proximity and view on sales prices. *Journal of Real Estate Research* 33:3.
- IEA (2012), World energy outlook
- Leopold M.F., J. Cremer, S. Brasseur, K. Lucke, S. Geelhoed, R. van Bemmelen, S. Lagerveld, E. Winter, & M.M. Scholl (2013). Haalbaarheidsstudie wind op zee: vijf potentiële zoekgebieden binnen de 12-mijlszone vergeleken in relatie tot beschermde natuurwaarden. IMARES Wageningen UR. Rapport C132/13.

- Leopold M.F., E.M. Dijkman, E. Winter, R. Lensink, M.M. Scholl (2013). “Windenergie binnen 12 mijl” in relatie tot ecologie. IMARES Wageningen UR. Rapport C034b/13.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens III, W.W. (1972). The Limits to Growth. New York: Universe Books.
- Ministerie van Defensie (2013). Mogelijkheden en consequenties voor Defensie om ruimte te maken voor windparken in zoekgebied Noord-Hollandse kust binnen de Haalbaarheidsstudie windenergie 12 mijlszone.
- Ministerie van Economische Zaken (2013). Quickscan Haalbaarheidsstudie windparken binnen 12-mijlszone.
- NBTC-NIPO (2011). Continu Vakantie Onderzoek 2011.
- Oostenbrugge van, J.A.E., Powell, J.P., Smit, J.G.P., Taal, C., Vos de, B.I. & Poppe, K.J. (2006). Economische effecten van sluiting van het beoogde zeereservaat in de Voordelta voor het viscluster, Den Haag. LEI 1.06.02.
- PBL/ECN (2013) Uitgangspunten Referentiepadij bij de evaluatie van het SER-energieakkoord
- Polanen Petel van T., Geelhoed S., Meesters E. (2012). Harbour porpoise occurrence in relation to the Prinses Amaliawindpark. IMARES. Report number C177/10.
- SER (2013). Energieakkoord voor een duurzame groei.
- Sims, S. & Dent, P. (2007). Property stigma: wind farms are just the latest fashion. Journal of Property investment & Finance 25.
- Sims, S., Dent, P. & Reza Oskrochi, G. (2008). Modelling the impact of wind farms on house prices in the UK. International Journal of Strategic Property Management 12:4.
- Tauw (2009). Inventarisatie gebruik Noordzee.
- Verrips, A.S., Aalbers, R.F.T., Huizinga, F.H. (2013). KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land.
- Vries de, S., De Boer, T.A., Goossen, C.M. & van der Wulp (2008). De beleving van grote wateren; De invloed van een aantal man-made elementen onderzocht. Rapport 64 Wettelijke onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Vanagt T., Van de Moortel L. and Faasse M. (2013). Development of hard substrate fauna in the Princess Amalia Wind Farm. Monitoring 3.5 years after construction. eCOAST MARINE RESEARCH. eCOAST report 2011036.
- Weiss, J., Sarro, M. & Berkman, M. (2013). A Learning Investment-based Analysis of the Economic Potential for Offshore Wind: The case of the United States.
- Zeelenberg, Universiteit Groningen (2006). Quick scan: the state of affairs of offshore wind energy projects in the North Sea region.
- ZKA Consultants & Planners (2013). Onderzoek effecten Wind op Zee op recreatie en toerisme.

## Bijlage 1: Samenstelling varianten

De varianten zijn gebaseerd op inschattingen van ECN van de aanleg- en exploitatiekosten van verschillende fictieve parken. Hierbij zijn 9 parken onderscheiden die in de zoekgebieden binnen de 12-mijlszone liggen en 19 parken die buiten de 12-mijlszone liggen. In figuur B1.1 staan de indicatieve locaties van de parken met een stip op de kaart aangegeven (NB: het daadwerkelijk ruimtebeslag per park zal veel groter zijn dan de stippen op de kaart).

*Figuur B1.1 Indicatieve locaties potentiële windparken in de analyse (roze: binnen de 12-mijlszone, rood: buiten de 12-mijlszone)*



Bron: RWS, indicatieve locaties parken op basis van ECN. Niet op de kaart zijn de parken bij Borssele (6, 11 en 16 in de tabel) en die boven de wadden (13 en 17 in de tabel), allen buiten de 12-mijlszone).



## Bijlage 2: Uitgangspunten bij de berekeningen

De effecten worden in de MKBA zo veel mogelijk gemonetariseerd. Daarbij berekenen wij de netto contante waarden (zie voor uitleg hiervan de paragraaf 'netto contante waarde') van de verschillende effecten in de tijd. Voor de bepaling van de contante waarden dienen aannames gedaan te worden over het jaar waarin deze waarden worden berekend, de zichtperiode (tot wanneer worden de effecten meegerekend?), de fasering, de discontovoet en het prijspeil. In deze paragraaf worden deze uitgangspunten toegelicht.

### *Netto contante waarde*

Een lastig punt bij het vergelijken van de kosten en baten is het verschil in de periode waarin de effecten optreden. De investeringskosten worden gemaakt op het moment dat het project wordt uitgevoerd, terwijl de maatschappelijke effecten pas daarna optreden. Deze effecten treden dan echter wel voor alle jaren in de toekomst op. Om alle effecten met elkaar te kunnen vergelijken wordt gebruik gemaakt van contante waarden. Hiermee worden de toekomstige kosten en baten teruggerekend naar wat ze vandaag waard zouden zijn, zodat ze vergelijkbaar zijn.

De 'waarde' van bedragen later in de tijd is lager: het is aantrekkelijker om in 2015 duizend euro op de bank te hebben en daar dertig jaar rente op te krijgen dan om in het jaar 2045 duizend euro te hebben (nog afgezien van inflatie). Met andere woorden: duizend euro in 2045 is minder waard dan duizend euro in 2015.

Om de contante waarden te bepalen wordt gebruik gemaakt van een zogeheten disconto- of rentevoet. Hierdoor worden de huidige waarden (prijspeil 2015) van alle toekomstige kosten en baten teruggerekend naar wat ze vandaag waard zouden zijn. Het is gebruikelijk de effecten contant te maken over de periode vanaf het begin van de aanleg. De netto contante waarde is bepaald voor het startjaar van aanleg van het project.

### *Discontovoet*

Het is gebruikelijk uit te gaan van een risicovrije reële discontovoet van 2,5% en daarbovenop uit te gaan van een risico-opslag van 3% (samengesteld 5,5%). We stellen voor deze ook in deze analyse te gebruiken, met uitzondering van de op lange termijn onomkeerbare effecten. Daarvoor gaan we uit van 2,5 plus 1,5 procent (samengesteld 4 procent). Deze laatste categorie omvat in ieder geval CO<sub>2</sub>- NO<sub>x</sub>-, SO<sub>x</sub>- en PM<sub>10</sub> (fijnstof) emissies. Wat betreft CO<sub>2</sub>-emissies past hierbij de kanttekening dat hier bij een werkend CO<sub>2</sub>-emissierechten handelssysteem (ETS) geen effect kan worden verondersteld.

Daarnaast kunnen er onomkeerbare effecten optreden op de natuur, ecologie, cultuurhistorie/archeologie (scheepswrakken). Bij deze effecten speelt echter dat ze vaak lastig zijn te monetariseren en daardoor ook niet te maken hebben met een discontovoet.

### *Subsidies*

Een ander aandachtspunt in deze analyse is dat in de berekeningen van ECN voor de SDE subsidieafweging wordt uitgegaan van een andere (hogere) rendementseis voor de private geldschieters/initiatiefnemers. In praktijk komt dit neer op een *transfer* van publieke middelen naar private partijen. De subsidie is een inkomensoverdracht die in beginsel neutraal wordt gewaardeerd: de kosten voor de staat zijn de opbrengsten voor de private partijen.

### *Tijdshorizon*

Het is gebruikelijk om in een kosten-batenanalyse uit te gaan van een oneindige tijdshorizon. Voor de berekening van de 'business case' gaan we echter uit van één levenscyclus van de turbines, voor de componenten die langer meegaan berekenen we een restwaarde. De argumenten hiervoor zijn:

- Lange termijneffecten (waarbij de kosten dalen en de opbrengsten stijgen) vertroebelen het beeld van de investeringsbeslissing op korte termijn: veel positieve effecten treden pas op na herhalingsinvesteringen.
- Naarmate de zichtperiode langer wordt, worden ook de onzekerheden (o.a. over de ontwikkeling van elektriciteitsprijzen) groter.
- Ook de wisselwerking tussen het aandeel windenergie en de elektriciteitsprijzen wordt steeds sterker naarmate er meer windenergie is. Dit wijkt af van de ontwikkelingen in referentiepaden waarvan tot op heden wordt uitgegaan.

De restwaarde van kabels en funderingen is lineair bepaald (bij een levensduur van 40 jaar, is de restwaarde na 20 jaar de helft van de initiële aanlegkosten). Indien sprake is van een leereffect (bij kabels) is de lineair bepaalde restwaarde hiervoor gecorrigeerd. Dat er een restwaarde is, impliceert dat de funderingen en kabels worden hergebruikt en dat de locaties niet opnieuw beschikbaar komen voor andere functies. Dit is bij de berekening van de overige effecten ook zo meegenomen.

### *Leercurves*

Verwacht mag worden dat met de voortschrijdende techniek in ieder geval de investeringskosten verder zullen dalen. Mogelijk zullen ook de rendementen nog verder toenemen. Deze gezamenlijke verbetering zorgt ervoor dat bij parken die in de toekomst worden gebouwd goedkoper hun elektriciteit kunnen produceren<sup>43</sup>.

Voor de kostendalingen (en voor de ontwikkeling van de elektriciteitsprijzen, zie hoofdstuk 2) worden twee verschillende scenario's gepresenteerd: volgens de uitgangspunten die gebruikt zijn bij de berekeningen in het SER Energieakkoord en volgens een trendmatig pad dat aansluit bij onder andere de KBA Structuurvisie Wind op land. Het energieakkoord scenario gaat uit van een daling van de aanlegkosten van windmolenparken tussen 2014 en 2024 van 50%. In het trendmatige scenario gaan we uit van een 'progress ratio' van 6,5%. Dat houdt in dat per verdubbeling van het wereldwijd

---

<sup>43</sup> In deze KBA zijn de totale leereffecten vertaald in lagere investerings- en B&O-kosten. In praktijk zal de daling van productiekosten ook deels komen door een hogere productie, maar dit heeft geen invloed op het rendement of de B/K verhouding.



opgestelde vermogen de kosten van offshore-windenergie met 6,5% dalen. Dit is het gemiddelde van de leercurves van 3 tot 10 procent die gevonden zijn door de Brattle group<sup>44</sup>.

Voor de groei van het wereldwijd opgestelde vermogen is aangesloten bij de World Energy Outlook<sup>45</sup> tot 2040 en tussen 2040 en 2050 bij de geprognoseerde groeivoeten van EWEA<sup>46</sup>. Na 2050 is het opgestelde vermogen constant gehouden en hebben geen verdere prijsdalingen plaats. De onderstaande kostendalingen resulteren uit deze leercurves. Deze zijn weergegeven ten opzichte van het basisjaar 2015, waarvoor ECN de berekeningen heeft uitgevoerd.

*Tabel B2.1 Leercurve kosten windenergie in twee scenario's*

|                       | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 |
|-----------------------|------|------|------|------|
| <b>Energieakkoord</b> | 100% | 83%  | 55%  | 39%  |
| <b>Trendmatig</b>     | 100% | 88%  | 73%  | 52%  |

Het uitgangspunt bij de bovenstaande berekening is dat de kosten voor een reeds aangelegd park constant blijven. Dus de beheer en onderhoudskosten blijven voor 20 jaar op het niveau van het moment van aanleg van park. Na de herinvesteringen 20 jaar later, zullen deze kosten pas afnemen.

#### *Niet monetaire effecten in beeld brengen*

Indien bepaalde relevante maatschappelijke effecten niet kunnen worden gemonetariseerd, pogen we ze wel te kwantificeren in andere eenheden (bijvoorbeeld natuurbuilen). De kwantificering kan vervolgens worden opgenomen in de eindtabellen. Indien de effecten ook niet gekwantificeerd kunnen worden, zullen we ze kwalitatief proberen te duiden en waar mogelijk een *ranking* tussen varianten aangeven. Een ranking geeft meer informatie dan een weinig onderscheidend 'gematigd positief effect', bijvoorbeeld aangeduid met een '+'. Daarnaast zal zo veel mogelijk worden aangesloten bij de 'Handreiking Visualiseren van MKBA-resultaten' die op dit moment wordt opgesteld voor het "Ontwikkelprogramma KBA en besluitvorming".

#### *Ontwikkeling elektriciteitsprijs*

De ontwikkeling van de elektriciteitsprijs sluit aan bij het Energieakkoord.

*Tabel B2.2 Ontwikkeling elektriciteitsprijs*

|                       | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 |
|-----------------------|------|------|------|------|
| <b>Energieakkoord</b> | 5,4  | 6,3  | 7,2  | 7,4  |

Bron: opgave ministerie van Economische Zaken.

#### *Profieffect*

De elektriciteitsprijs voor windenergie is niet gelijk aan de base-load prijs, de gemiddelde elektriciteitsprijs. Dit heeft te maken met het zogenaamde profieffect: hoe meer energie er uit wind wordt opgewekt in Nederland en de ons omringende landen, hoe lager de prijs wordt die voor windenergie

<sup>44</sup> Weiss et al. (2013).

<sup>45</sup> IEA (2012).

<sup>46</sup> EWEA (2011).

wordt betaald. Als het hard waait in Nederland, waait het ook hard in Duitsland en Frankrijk. De productie ligt dus gelijktijdig hoog in al onze omringende landen. Behalve dat dit niet altijd het moment is waarop de energievraag groot is, drukt windenergie op dat moment de stroomprijs omlaag door de duurste vormen van opwekking te verdringen, zoals te zien is in figuur B2.0.1. Hoe hoger het opgestelde vermogen, hoe groter dit effect is.

Figuur B2.1 Effect verlaging elektriciteitsprijs bij grote hoeveelheden productie windenergie

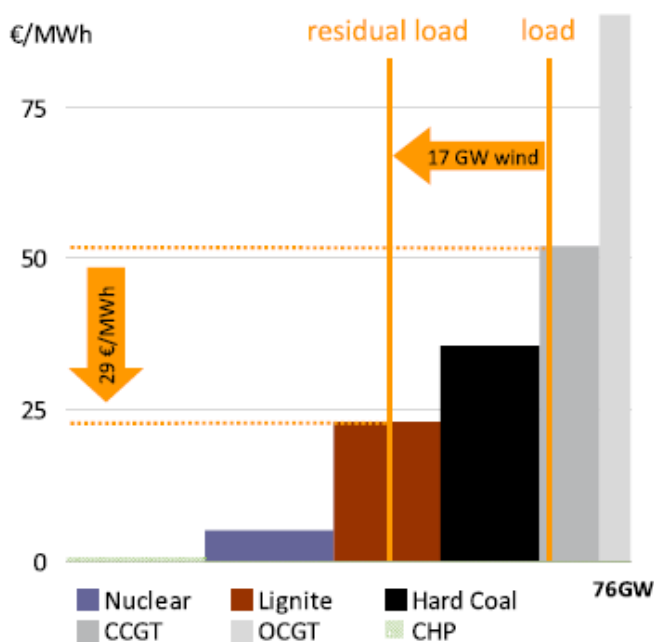
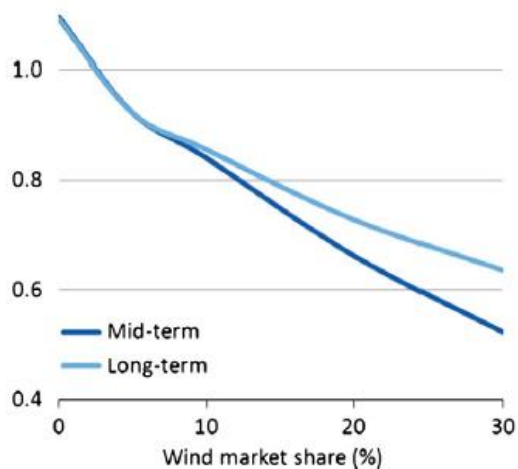


Fig. 2. Merit-order effect during a windy hour: VRE in-feed reduces the equilibrium price. Numbers are illustrative.

Bron: Hirth (2013)

De mate van dit effect is afhankelijk van de zogenaamde penetratiefactor: het aandeel energieproductie uit wind (zowel on- als offshore) in de totale energieproductie. Op de lange termijn is het profieffect beperkter dan op de korte termijn, doordat in de productiemix beter rekening gehouden kan worden met het wisselende aanbod van windenergie.

Figuur B2.2 Lange en korte termijn profieffect.



Voor de penetratiefactor is in deze KBA uitgegaan van de totale productie van windenergie in Duitsland, Nederland, België, Frankrijk en Luxemburg in verhouding tot de totale vraag naar elektriciteit in deze landen. Daarbij is aangesloten bij de prognoses van EWEA<sup>47</sup> voor zowel de windenergieproductie als de elektriciteitsvraag in deze landen tot 2030, waarbij de productie van Nederland constant is gehouden waar het offshore windenergie betreft. De uitgangspunten van het CPB<sup>48</sup> zijn gehanteerd waar het gaat om de ontwikkelingen na 2030: onshore windenergieproductie ontwikkelt zich tot 2050 in deze landen gelijk met de ontwikkeling in de EU-27-landen, offshore windenergie ontwikkelt zich tussen 2030 en 2035 met de helft van de groeivoet tussen 2020 en 2030 en blijft daarna constant.

Voor de verhouding tussen de waardefactor van elektriciteit en de windpenetratie is aangesloten bij het CPB in haar KBA voor wind op land, die gebaseerd is op Hirth (2013). De waardefactor geeft weer wat de verhouding tussen de base-load prijs en gemiddelde prijs voor windenergie is.

Tabel B2.3 profieffect

|                                    | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| <b>Windpenetratie</b>              | 8%   | 13%  | 25%  | 29%  |
| <b>Waardefactor nulalternatief</b> | 0,91 | 0,79 | 0,66 | 0,65 |

In de alternatieven verandert de penetratiefactor van windenergie. De waardefactor wordt hierop per variant aangepast. Het effect is echter beperkt, doordat het aandeel in de totale Duitse en Franse elektriciteitsproductie zeer beperkt is.

<sup>47</sup> EWEA (2011).

<sup>48</sup> Verrips et al. (2013).

### Bijlage 3: Uitgangspunten bij de berekeningen effect zandwinning

In de tabellen B3.1 en B3.2 is de vraag naar suppletie- en ophoog/commercieel zand opgenomen<sup>49</sup>. De vraag is uitgesplitst naar een laag en hoog scenario en per kustplaats gebaseerd op de huidige vraag naar zand.

Tabel B3.1 Vraag naar suppletiezand per kustplaats. Ontwikkelingen tot 2100 in verschillende scenario's (in miljoenen m<sup>3</sup>)

|                     | Huidig    |                             | Lage scenario       |                 | Hoge scenario     |                 |                     |                 |
|---------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
|                     | Per jaar  | Aandeel in totale zandvraag | Per jaar vanaf 2013 | Totaal tot 2100 | Per jaar tot 2025 | Totaal tot 2025 | Per jaar vanaf 2025 | Totaal tot 2100 |
| 1 Ameland           | 1,90      | 11,76%                      | 2,35                | 204,71          | 2,35              | 28,24           | 4,71                | 381,18          |
| 2 Petten            | 1,60      | 9,91%                       | 1,98                | 172,38          | 1,98              | 23,78           | 3,96                | 320,99          |
| 3 Bergen Egmond     | 0,80      | 4,95%                       | 0,99                | 86,19           | 0,99              | 11,89           | 1,98                | 160,50          |
| 4 Zandvoort         | 0,70      | 4,33%                       | 0,87                | 75,42           | 0,87              | 10,40           | 1,73                | 140,43          |
| 5 Katwijk Noordwijk | 0,70      | 4,33%                       | 0,87                | 75,42           | 0,87              | 10,40           | 1,73                | 140,43          |
| 6 Goeree            | 0,20      | 1,24%                       | 0,25                | 21,55           | 0,25              | 2,97            | 0,50                | 40,12           |
| 7 Schouwen          | 0,90      | 5,57%                       | 1,11                | 96,97           | 1,11              | 13,37           | 2,23                | 180,56          |
| Vlieland oost       | 1,20      | 7,43%                       | 1,49                | 129,29          | 1,49              | 17,83           | 2,97                | 240,74          |
| Texel               | 2,20      | 13,62%                      | 2,72                | 237,03          | 2,72              | 32,69           | 5,45                | 441,36          |
| Den Helder          | 0,90      | 5,57%                       | 1,11                | 96,97           | 1,11              | 13,37           | 2,23                | 180,56          |
| Julianadorp         | 0,15      | 0,93%                       | 0,19                | 16,16           | 0,19              | 2,23            | 0,37                | 30,09           |
| Callantsoog         | 0,80      | 4,95%                       | 0,99                | 86,19           | 0,99              | 11,89           | 1,98                | 160,50          |
| Heemskerk           | 0,60      | 3,72%                       | 0,74                | 64,64           | 0,74              | 8,92            | 1,49                | 120,37          |
| Delfland zuid       | 0,60      | 3,72%                       | 0,74                | 64,64           | 0,74              | 8,92            | 1,49                | 120,37          |
| Voorne              | 0,30      | 1,86%                       | 0,37                | 32,32           | 0,37              | 4,46            | 0,74                | 60,19           |
| Noord-Beveland      | 0,50      | 3,10%                       | 0,62                | 53,87           | 0,62              | 7,43            | 1,24                | 100,31          |
| Walcheren           | 1,75      | 10,84%                      | 2,17                | 188,54          | 2,17              | 26,01           | 4,33                | 351,08          |
| Zeeuws-Vlaanderen   | 0,35      | 2,17%                       | 0,43                | 37,71           | 0,43              | 5,20            | 0,87                | 70,22           |
| <b>TOTAAL:</b>      | <b>16</b> | <b>100,00%</b>              | <b>20</b>           | <b>1.740</b>    | <b>20</b>         | <b>240</b>      | <b>40</b>           | <b>3.240</b>    |

Tabel B3.2 Vraag naar ophoog / commercieel zand per kustplaats ontwikkelingen tot 2100 in verschillende scenario's (in miljoenen m<sup>3</sup>)

|               | Huidig    |             | Lage scenario |             | Hoge scenario     |            |                     |             |
|---------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------------|------------|---------------------|-------------|
|               | Per jaar  | % op totaal | Per jaar      | Tot 2100    | Per jaar tot 2025 | Tot 2025   | Per jaar vanaf 2025 | Tot 2100    |
| Ameland       | 0,35      | 1,4%        | 0,18          | 15,80       | 0,18              | 2,18       | 0,35                | 28,38       |
| Rottumeroog   | 0,35      | 1,4%        | 0,18          | 15,80       | 0,18              | 2,18       | 0,35                | 28,38       |
| Harlingen     | 0,35      | 1,4%        | 0,18          | 15,80       | 0,18              | 2,18       | 0,35                | 28,38       |
| Den Helder    | 2,00      | 8,0%        | 1,04          | 90,30       | 1,04              | 12,46      | 2,00                | 162,16      |
| IJmuiden      | 7,50      | 29,9%       | 3,89          | 338,62      | 3,89              | 46,71      | 7,49                | 608,08      |
| Rotterdam     | 9,00      | 35,9%       | 4,67          | 406,35      | 4,67              | 56,05      | 8,98                | 729,70      |
| Zeeland       | 5,50      | 22,0%       | 2,85          | 248,32      | 2,85              | 34,25      | 5,49                | 445,93      |
| <b>TOTAAL</b> | <b>25</b> | <b>100%</b> | <b>13</b>     | <b>1131</b> | <b>13</b>         | <b>156</b> | <b>25</b>           | <b>2031</b> |

<sup>49</sup> Op basis van voorspellingen uit MER's zandwinning en een rapport van Ecorys (2011).

## Toelichting berekening NCW zandwinning per zoekgebied.

### Lage scenario:

1. **Zeeland:** in het zoekgebied is ruimte voor twee mogelijke windparken van 300 MW, één in het zuidwesten ter hoogte van de kust van Schouwen (a) en één in het noordoosten ter hoogte van de kust van Goeree (b). Doordat de ligging van de twee parken zo specifiek voor twee verschillende kustsuppleergebieden is, benoemen we hieronder de effecten voor beide windparken apart:
  - a. De jaarlijkse suppletie voor Schouwen is 1,11 miljoen m<sup>3</sup>. De grootte van het windpark zorgt ervoor dat ongeveer de helft van de kustsuppletie hinder van plaatsing ondervindt. Er is nog potentie van 20 km<sup>2</sup> zandwinning met een geschatte baggerdiepte van 1 meter (dus 20 miljoen m<sup>3</sup>) tussen het windpark en de kust in. Om die reden hoeft pas na 34 jaar omgevaren te worden. De extra kosten voor de 1,11 miljoen m<sup>3</sup> suppletiezand bedragen vanaf dan ongeveer en gemiddeld €90.000 per jaar.
  - b. De jaarlijkse suppletie voor Goeree Overflakkee is 0,25 miljoen m<sup>3</sup>. De grootte van het windpark zorgt ervoor dat ongeveer 60 procent van de kustsuppletie voor Goeree hinder ondervindt van plaatsing. Er is een potentie voor zandwinning van ongeveer 30 km<sup>2</sup> met een geschatte gemiddelde baggerdiepte van 3 meter (dus ±90 miljoen m<sup>3</sup>) tussen het windpark en de kust in. Om die reden hoeft er pas na minimaal 600 jaar omgevaren te worden. Kosten voor omvaren spelen dus niet binnen dit onderzoek.
2. **Maasvlakte:** voor de kust van de tweede Maasvlakte hoeft geen zand gesuppleerd te worden. Om die reden zijn er geen omvaarkosten binnen dit zoekgebied wat betreft zandwinning.
3. **Zuid-Holland:** in het zoekgebied is ruimte voor drie mogelijke windparken van 300 MW, één in het noordoosten (a), één in het zuidoosten (b) en één in het westen (d) van het gebied. Hier speelt de vraag naar suppletiezand voor de kust van Zandvoort en Katwijk-Noordwijk. De mogelijke locaties van de windparken zorgt ervoor dat er direct omgevaren moet worden. De jaarlijkse suppletie voor de kust is 1,73 miljoen m<sup>3</sup>, de extra kosten voor omvaren hiervoor zijn ongeveer en gemiddeld €320.000 per jaar.
4. **Noord-Holland:** in het zoekgebied is mogelijk ruimte voor twee windparken van 300 MW, één in het westen (b) en één in het oosten (c) van het gebied. Hier speelt de vraag naar suppletiezand voor de kust van Bergen-Egmond en Petten. De jaarlijkse suppletie is 2,97 miljoen m<sup>3</sup>. De grootte van de windparken zorgt ervoor dat ongeveer een derde van de kustsuppletie hinder ondervindt van plaatsing. Er is nog een potentieel zandwingebed van respectievelijk 420 miljoen m<sup>3</sup> en 76 miljoen m<sup>3</sup> tussen de windparken en de kust in. Dat zorgt ervoor dat er pas na ongeveer 70 jaar hoeft te worden omgevaren. De extra kosten voor de suppletie van 2,97 miljoen m<sup>3</sup> per jaar zijn dan ongeveer en gemiddeld €220.000.
5. **Ameland:** de vraag naar suppleerzand voor de kust van Ameland is vrij stevig met 2,35 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, daarnaast kent Ameland een vraag naar ophoog / commercieel zand van 0,18 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. In dit gebied wordt mogelijk één windpark geplaatst van 300 MW. De grootte van dit park zorgt ervoor dat ongeveer 80 procent van de kustsuppletie hinder ondervindt van plaatsing. De extra kosten voor de 2,53 miljoen m<sup>3</sup> bedragen vanaf het plaatsen van windturbines direct ongeveer €800.000 per jaar.

#### Hoge scenario:

1. **Zeeland:** in het zoekgebied is ruimte voor twee mogelijke windparken van 300 MW, één in het zuidwesten ter hoogte van de kust van Schouwen (a) en één in het noordoosten ter hoogte van de kust van Goeree (b). Doordat de ligging van de twee parken zo specifiek voor de twee verschillende kustgebieden is, benoemen we hieronder de effecten voor beide windparken apart:
  - a. De jaarlijkse suppletie voor Schouwen is 2,07 miljoen m<sup>3</sup>. De grootte van het windpark zorgt ervoor dat ongeveer de helft van de kustsuppletie hinder van plaatsing ondervindt. Er is nog potentie van 20 km<sup>2</sup> zandwinning met een geschatte baggerdiepte van 1 meter (dus 20 miljoen m<sup>3</sup>) tussen het windpark en de kust in. Om die reden moet na 18 jaar omgevaren worden. De extra kosten voor de 2,07 miljoen m<sup>3</sup> suppletiezand bedragen vanaf dan ongeveer €160.000 per jaar.
  - b. De jaarlijkse suppletie voor Goeree Overflakkee is 0,46 miljoen m<sup>3</sup>. De grootte van het windpark zorgt ervoor dat ongeveer 60 procent van de kustsuppletie voor Goeree hinder ondervindt van plaatsing. Er is een potentie voor zandwinning van ongeveer 30 km<sup>2</sup> met een geschatte gemiddelde baggerdiepte van 3 meter (dus ±90 miljoen m<sup>3</sup>) tussen het windpark en de kust in. Om die reden hoeft er pas na minimaal 300 jaar omgevaren te worden. Kosten voor omvaren spelen dus niet binnen deze MKBA.
2. **Maasvlakte:** voor de kust van de tweede Maasvlakte hoeft geen zand gesuppleerd te worden. Om die reden zijn er geen omvaarkosten binnen dit zoekgebied wat betreft zandwinning.
3. **Zuid-Holland:** in het zoekgebied is ruimte voor drie mogelijke windparken van 300 MW, één in het noordoosten (a), één in het zuidoosten (b) en één in het westen (d) van het gebied. Hier speelt de vraag naar suppletiezand voor de kust van Zandvoort en Katwijk-Noordwijk. De mogelijke locaties van de windparken zorgt ervoor dat er direct omgevaren moet worden. De jaarlijkse suppletie voor de kust is 3,23 miljoen m<sup>3</sup>, de extra kosten voor omvaren hiervoor zijn ongeveer €600.000 per jaar.
4. **Noord-Holland:** in het zoekgebied is ruimte voor twee mogelijke windparken van 300 MW, één in het westen (b) en één in het oosten (c) van het gebied. Hier speelt de vraag naar suppletiezand voor de kust van Bergen-Egmond en Petten. De jaarlijkse suppletie is 5,53 miljoen m<sup>3</sup>. De grootte van de windparken zorgt ervoor dat ongeveer een derde van de kustsuppletie hinder ondervindt van plaatsing. Er is nog een potentieel zandwingebied van respectievelijk ongeveer 428 en 76 miljoen m<sup>3</sup> tussen de windparken en de kust in. Dat zorgt ervoor dat na ongeveer 38 jaar omgevaren moet worden. De extra kosten voor de suppletie van 5,53 miljoen m<sup>3</sup> per jaar zijn dan ongeveer €400.000.
5. **Ameland:** de vraag naar zand voor de kust van Ameland is vrij stevig met 4,38 miljoen m<sup>3</sup> per jaar voor een stuk kust van ongeveer 23 kilometer, bovendien heeft kent Ameland ook vraag naar ophoog / commercieel zand, namelijk 0,33 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. In dit gebied wordt één windpark geplaatst van 300 MW. De grootte van dit park zorgt ervoor dan ongeveer 80 procent van de kustsuppletie hinder ondervindt van plaatsing. De extra kosten voor de 4,71 miljoen m<sup>3</sup> bedragen direct ongeveer € 1,5 miljoen per jaar.

Naast extra omvaarkosten per individueel windpark op basis van de vraag naar zand voor de kust van het betreffende park, heeft het plaatsen van windmolenparken ook invloed op de overige kust-

plaatsen waar vraag naar zand is. Vandaar dat we een zogenaamd 'cumulatief effect' hebben berekend, deze komt bovenop de individuele omvaarkosten.

#### **Cumulatief effect zand**

Indien binnen de 12-mijlszone windmolenparken gerealiseerd worden, moet in een laag scenario circa 3,5 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar bij de Hollandse en Zeeuwse kust op andere locaties gewonnen worden, dan wanneer de windparken er niet zouden staan. Dit houdt in dat deze andere locaties ook eerder uitgeput zijn: er wordt immers veel zand (26 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in totaal) gewonnen voor de Hollandse en Zeeuwse kust, dus de kosten voor de zandwinning buiten de parken zullen ook stijgen.

De zandvoorraad binnen de 12-mijlszone voor de Hollandse en Zeeuwse kust is ongeveer 8.700 miljoen m<sup>3</sup>. Op het moment dat de windparken gebouwd worden, wordt bijna 700 miljoen m<sup>3</sup> dicht bij de kust gelegen zandwingsgebied niet meer bereikbaar (met een vraag van 3,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar kon hier nog voor meer dan 180 jaar worden gewonnen). De totale zandvoorraad buiten de windparken is 8.000 miljoen m<sup>3</sup>. Op basis van de huidige zandprijs valt af te leiden dat op dit moment gemiddeld 15 kilometer gevaren wordt om dit zand te bereiken. We gaan ervan uit dat de zandvoorraad gelijkmatig verspreid ligt over een afstand van 15 tot 25 kilometer varen, dus op elke kilometer afstand is circa 730 miljoen m<sup>3</sup> te winnen.

Zonder de windparken zou er 22,4 miljoen m<sup>3</sup> per jaar gewonnen moeten worden buiten de windparkgebieden, 5,5 miljoen m<sup>3</sup> wordt immers erbinnen gewonnen. Elke 33 jaar ( $732 / 22,4$ ) zou er dan een kilometer verder gevaren moeten worden en zouden de kosten van zandwinning stijgen. Nu moet er echter 26 miljoen m<sup>3</sup> worden gewonnen buiten de windparkgebieden. Daarmee moet iedere 28 jaar in plaats van 33 jaar verder worden gevaren. De kosten voor zandwinning stijgen dus sneller. Het verschil in kostenstijging wordt alleen toegepast op de 22,4 miljoen m<sup>3</sup>, de omvaarkosten voor de 3,5 miljoen m<sup>3</sup> zijn immers al meegenomen in de directe omvaarkosten. Tussen jaar 28 en jaar 33 zijn deze na realisatie van de windparken 10 cent per m<sup>3</sup> hoger, oftewel ruim 2 miljoen euro per jaar. Tussen jaar 56 en jaar 66 na realisatie treedt dit effect weer op<sup>50</sup>.

Voor het hoge zandwinscenario is dezelfde som gemaakt. Daarvoor geldt dat na realisatie iedere 15 jaar in plaats van iedere 19 jaar een kilometer verder gevaren moet worden om bij de dichtstbijzijnde zandvoorraad te komen.

---

<sup>50</sup> In de praktijk zal het patroon in kostenstijging geleidelijk plaatsvinden, maar deze berekening geeft een redelijke benadering van het kosteneffect buiten de windparkgebieden.



## Bijlage 4: Effect op ecologie

Deze bijlage sluit aan op paragraaf 5.1 over de externe effecten van ecologie. In deze paragraaf is een analyse gemaakt van de effecten van de windmolenparken in de vijf zoekgebieden op beschermde natuurwaarden in de Noordzee. Effecten zijn vertaald naar mitigerende en compenserende maatregelen. Inzicht in die maatregelen is nodig voor de kostenberekening en optimalisatie van de beschouwde variant.

Voor deze analyse is gebruik gemaakt van bestaande inventarisaties van beschermde natuurwaarden volgens de bestaande wet- en regelgeving ten aanzien van de bescherming van soorten en gebieden in de Noordzee. De hoofdbron hiervoor is een uitgebreide haalbaarheidsstudie van IMARES<sup>51</sup>, zij hebben de aanwezigheid van soorten en de effecten op de beschermde natuurwaarden van windmolenparken in de vijf potentiële zoekgebieden binnen de 12-mijlszone onderzocht.

Deze paragraaf geeft een korte opsomming van de beschermde natuurwaarden die door de windmolenparken beïnvloed worden. Vervolgens is aangegeven welke compensatie of mitigatie nodig is om de effecten te neutraliseren. De compensatie en mitigatie is overgenomen uit de studie van IMARES en is aangevuld met kennis van ecologen van Witteveen+Bos.

De beoordeling wordt op hoofdlijnen uitgevoerd, met een detailniveau dat past bij het verkennende karakter van deze studie. Kennishiaten zijn aangegeven, maar verder niet onderzocht. Ook uitgebreide locatiespecifieke inventarisaties en effectbepalingen zoals bij een passende beoordeling voor vergunningverlening in het kader van de Natuurbeschermingswet is binnen de context van deze MKBA niet mogelijk.

### B4.1 Beschermde natuurwaarden

Voor de beschermde natuurwaarden is IMARES in haar haalbaarheidstudie uitgegaan van:

- de beschermde natuur in de Vogel- en Habitatrichtlijngebieden die (deels) in of in de nabije omgeving van de zoekgebieden liggen;
- de beschermde soorten uit de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Flora- en faunawet en de OSPAR- en Bern-verdragen.

Daarnaast is rekening gehouden met de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) en de bijbehorende kwaliteits-elementen (GES-elementen). Relevant zijn de elementen 2 (Invasieve soorten) en 11 (Onderwatergeluid). Voor de volledige inventarisatie van de natuurwaarden verwijzen wij naar het IMARES-rapport en de achterliggende literatuur<sup>52</sup>. Hieronder geven we de hoofdlijnen weer.

---

<sup>51</sup> 'Haalbaarheidsstudie wind op zee: vijf potentiële zoekgebieden binnen de 12-mijlszone vergeleken in relatie tot beschermde natuurwaarden' (2013). IMARES Wageningen UR. Rapport C132/13.

<sup>52</sup> Bronnen: idem en "Windenergie binnen 12 mijl" in relatie tot ecologie. IMARES Wageningen UR. Rapport C034b/13 (2013).

Binnen de Nederlandse 12-mijlszone (ca. 22,2 km uit de kust) bevinden zich tussen de kustlijn en de NAP -20 meter dieptelijn van België tot Duitsland belangrijke natuurwaarden (zie kader). De kustzone kent echter niet over de volle lengte gebiedsbescherming. De vijf zoekgebieden liggen dan ook niet allemaal in een Natura 2000-gebied (zie tabel B4.1). Voor verschillende habitattypen, soorten en vogels in de Natura 2000-gebieden die wel in de zoekgebieden liggen, zijn instandhoudingsdoelen opgesteld (zie hiervoor de volgende paragrafen). De bescherming bestaat uit een verbod voor nieuwe initiatieven die de instandhouding van de soorten negatief beïnvloeden. Onder voorwaarden kan een initiatief toch doorgang vinden met voldoende mitigatie en eventueel compensatie.

Bij de MKBA gaan we uit van een startjaar 2016 voor het bouwen van de eerste windmolenparken. De vergunningverlening in het kader van ecologische aspecten zou haalbaar moeten zijn. Er staat een proceduuretijd van maximaal 6 maanden voor.

*Tabel B4.1 Zoekgebieden en de ligging ten opzichte van Natura 2000-gebieden in de Noordzee*

| Zoekgebied             | Natura 2000-gebied | status                           | overlap      |
|------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------|
| <b>1 Zeeland</b>       | Voordelta          | Vogelrichtlijn + Habitatrictlijn | gedeeltelijk |
| <b>2 Maasvlakte</b>    | Voordelta          | Vogelrichtlijn + Habitatrictlijn | geheel       |
| <b>3 Zuid-Holland</b>  | geen               | n.v.t.                           | n.v.t.       |
| <b>4 Noord-Holland</b> | Noordzeekustzone   | Vogelrichtlijn + Habitatrictlijn | gedeeltelijk |
| <b>5 Ameland</b>       | Noordzeekustzone   | Vogelrichtlijn + Habitatrictlijn | gedeeltelijk |

Buiten de Natura 2000-gebieden gelden geen instandhoudingsdoelen, wat niet wil zeggen dat er geen hoge natuurwaarden voorkomen. Vanuit natuurwetgeving bezien dient buiten de Natura 2000-gebieden daarom nog rekening gehouden te worden met de volgende soorten:

- beschermde soorten uit de Habitat- en Vogelrichtlijn, Flora- en faunawet en de European Bats Agreement. Relevant zijn alle Europese vogels en vleermuizen, zeezoogdieren (zeehond, bruinvis) en vissen;
- soorten die zelf geen bescherming genieten, zoals schelpdieren of vis, maar die toch beschermingswaardig zijn omdat ze een onmisbare voedselbron vormen voor wel beschermde, andere soorten. Dit geldt zowel voor beschermde soorten in het zoekgebied als voor soorten daarbuiten. Dat laatste geldt bijvoorbeeld voor soorten uit een nabijgelegen Natura 2000-gebied die voor hun bestaan sterk afhankelijk zijn van de voedselbeschikbaarheid in het zoekgebied. Ook al ligt dat Natura 2000-gebied niet in het zoekgebied, bijvoorbeeld in de kuststrook, dan nog kan aantasting van de voedselbeschikbaarheid in het zoekgebied de instandhouding van de soort in het Natura 2000-gebied in gevaar brengen. Men spreekt dan wel over “externe werking”.

#### **B4.2 Knelpunten, mitigatie en compensatie**

De effecten van windmolenparken op de beschermde natuur zijn door IMARES in kaart gebracht. Er zullen zowel positieve als negatieve effecten optreden. Daarnaast blijkt dat verschillende effecten niet zijn te kwantificeren. De knelpunten die IMARES wel kon vaststellen op de beschermde natuur, zijn opgenomen in tabel B4.2 Voor de uitgebreide analyse wordt verwezen naar het haalbaarheids-

onderzoek<sup>53</sup>. In de onderstaande paragrafen zijn de knelpunten puntsgewijs toegelicht en zo mogelijk aangevuld (zonder een uitgebreide literatuurstudie te verrichten) en is aangegeven of en hoe mitigatie of compensatie uitgevoerd kan worden, aangevuld met kennis van ecologen van Witteveen+Bos.

Tabel B4.2 specifieke en generieke knelpunten per zoekgebied kort samengevat<sup>54</sup>

| Probleemveld      | 1 Zeeland                                                  | 2 Maasvlakte                                                                                                  | 3 Zuid-Holland                                             | 4 Noord-Holland                                              | 5 Ameland                                                  |
|-------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Zee-eenden        | Comp. MV-II                                                | Comp. MV-II                                                                                                   |                                                            |                                                              | VIBEG                                                      |
| Zeevogels         | Duikers en dwergmeeuwen                                    | Duikers, dwergmeeuwen, alle kustnabije soorten                                                                | Duikers, futen en dwergmeeuwen                             | Duikers, futen en dwergmeeuwen                               | Duikers en dwergmeeuwen                                    |
| Broedvogels       | Externe werking                                            | Externe werking                                                                                               |                                                            | Externe werking (noordelijke deel)                           | Externe werking                                            |
| Trekvogels        | Zeer intensieve vogeltrek                                  | Zeer intensieve vogeltrek                                                                                     | Vogeltrek                                                  | Meerdere trek-routes, kleine zwaan, kleine restpopulaties(?) | Vogeltrek, kleine restpopulaties?                          |
| Vissen            | Fysieke schade heien, migratie-knelpunten door bekabeling  | Fysieke schade heien, migratie-knelpunten door bekabeling, locatie voor ingang Nieuwe-Waterweg en Haringvliet | Fysieke schade heien, migratie-knelpunten door bekabeling  | Fysieke schade heien, migratie-knelpunten door bekabeling    | Fysieke schade heien, migratie-knelpunten door bekabeling  |
| Zeehonden         | Inbreuk op omvang foerageergebied, verstoring rustgebieden | Barrière Delta?                                                                                               | Barrière Delta?                                            | Barrière Delta?                                              | Inbreuk op omvang foerageergebied                          |
| Bruinvissen       | Timing heien, fysieke schade heien, geluidsreductie aanleg | Timing heien, fysieke schade heien, geluidsreductie aanleg                                                    | Timing heien, fysieke schade heien, geluidsreductie aanleg | Timing heien, fysieke schade heien, geluidsreductie aanleg   | Timing heien, fysieke schade heien, geluidsreductie aanleg |
| Vleermuizen       | trek                                                       | Meijendel; trek                                                                                               | Meijendel; trek                                            | trek                                                         | trek                                                       |
| Onderwater-geluid | Nader te bepalen                                           | Nader te bepalen                                                                                              | Nader te bepalen                                           | Nader te bepalen                                             | Nader te bepalen                                           |
| Invasieve soorten | Monitoring, bestrijding                                    | Monitoring, schoonmaken                                                                                       | Monitoring, schoonmaken                                    | Monitoring, schoonmaken                                      | Monitoring, schoonmaken                                    |

### B4.3 Zee-eenden

In de bodem van de Noordzeekustzone bevinden zich lokaal dichte schelpenbanken die onder meer dienen als voedselbron voor zee-eenden en vissen. Dit heeft een aantrekkende werking op deze

<sup>53</sup> Haalbaarheidsstudie wind op zee: vijf potentiële zoekgebieden binnen de 12-mijlszone vergeleken in relatie tot beschermde natuurwaarden. IMARES Wageningen UR. Rapport C132/13 (2013).

<sup>54</sup> Bron: idem.

vogels. De diepte speelt hierin een rol. Zwarte zee-eenden kunnen tot wel 20 meter diep duiken om te foerageren op de schelpen.

Windmolens zullen waarschijnlijk geen negatief effect hebben op de schelpenbanken. Het is eerder de afschrikkende werking van de molens (beweging, geluid, object) die een negatief effect hebben. Aan de andere kant zijn er waarnemingen bekend van groepen zwarte zee-eenden die juist een molenspark binnengingen. De huidige verspreiding van de zwarte zee-eenden concentreert zich nu rondom zoekgebied Ameland. Maar er kan geen garantie gegeven worden dat de vogels hier in de toekomst nog zitten. Het voorkomen van de schelpenbanken is namelijk erg onvoorspelbaar. Deze kunnen zich over de hele kust verspreiden met steeds een ander verspreidingspatroon. Het voorkomen van de vogels zal daardoor kunnen verschuiven.

Voor de vraag of mitigatie dan wel compensatie nodig en mogelijk is, gaan we uit van de 'worst-case' dat de molens de vogels afschrikken en dat de vogels in alle zoekgebieden voorkomen, nu of in de toekomst. De molens zelf zijn niet minder afschrikwekkend te maken. **Mitigatie** is in dat geval mogelijk door de molens op voldoende afstand van de NAP -20 meter dieptelijn te plaatsen (welke afstand daarvoor gehanteerd moet worden, is niet duidelijk. Waarschijnlijk in orde grootte van 300-500 meter) en door de timing van bouwactiviteiten af te stemmen op de aanwezigheid van de eenden (niet bouwen in de wintermaanden).

**Compensatie** kan uitgevoerd worden door een geschikt foerageergebied te realiseren (voldoende ondiepe zones voor schelpenbanken in een rustig gebied van de Noordzee). Dit ligt echter gevoelig. Voor (onder meer) de Noordzeekustzone tussen Bergen (NH) en de Nederlands/Duitse grens is in 2012 het zogeheten VIBEG-akkoord (Visserij In Beschermde Gebieden) gesloten tussen een groot aantal partijen<sup>55</sup>. Hiermee worden de effecten van bodemberoerende visserij in stappen teruggedrongen zodat het habitat voor schelpdieren en zee-eenden zich kan herstellen. Een nieuwe activiteit in dit gebied, zoals een offshore windpark met compensatiegebieden in zoekgebied Noord-Holland of Ameland zal dus kritisch worden bekeken. Evenzo is in de Voordelta de visserijdruk verminderd als compensatie voor de aanleg van de Tweede Maasvlakte en zijn er speciale rustgebieden ingesteld voor de eenden. De aantallen eenden die van het gebied gebruik maken liggen echter sterk achter op de instandhoudingsdoelen. Ook voor de beide zoekgebieden in de Voordelta (Zeeland en Maasvlakte) geldt daarom dat inpassing van een windpark zal moeten worden ingebed in de langlopende beleidstrajecten omtrent de natuurdoelen in de desbetreffende Natura 2000-gebieden.

Voor de zoekgebieden Zuid- en Noord-Holland geldt deze problematiek in veel mindere mate. Weliswaar dragen de aantallen eenden die overwinteren voor de Hollandse kust bij aan het landelijke instandhoudingsdoel voor deze soort, maar de aantallen waren hier het laatste decennium laag en de beide zoekgebieden voor offshore windenergie vallen geheel (Zuid-Holland) of gedeeltelijk (Noord-

---

<sup>55</sup> Te weten: het Ministerie van EL&I, Stichting de Noordzee, Natuurmonumenten, WNF, Waddenvereniging, Productschap Vis, Vissersbond en VisNed.

Holland) buiten de aangewezen Natura 2000 gebieden. Mogelijk dat compensatie (mits buiten de VIBEG-zone) hier dan ook meer kans heeft.

#### B4.3 Zee- en broedvogels

Naast zee-eenden komen ook andere zee- en broedvogels voor<sup>56</sup>. Voor de effectstudie is onderscheid gemaakt tussen:

- langstrekkende zeevogels: foerageren/ overwinteren in zoekgebieden en vliegen door de hele 12-mijlszone, met name Zoekgebieden Maasvlakte, Zuid- en Noord-Holland zijn kritisch voor overwinterende vogels;
- zeevogels die broeden in eigen land: foerageren in zoekgebieden (externe werking), met name in de zoekgebieden Zeeland, Maasvlakte en Noord-Holland (noordelijke deel) en Ameland en niet of veel minder in Zuid- en Noord-Holland (zuidelijke deel).

De effecten van de windmolens op de vogels wordt bepaald door het al dan niet voorkomen in de zoekgebieden en de schade of verstoring die door de molens optreedt. Dat laatste verschilt sterk per soort. Aalscholvers worden bijvoorbeeld aangetrokken door windmolenparken, maar anderen schrikt het juist af of kunnen dodelijk getroffen worden door de molenwieken.

Door gebrek aan goede surveydata, is het voorkomen van de zeevogels niet goed bekend. De algemene lijn is dat de hoogste dichtheden aan broed- en overwinterende vogels voorkomen in het oostelijke deel van de 12-mijlszone. Hetzelfde geldt voor de dichtheid van de trekstroom van trekvogels. Deze is nabij de kust groter dan aan de buitenrand van de 12-mijlszone. Daarnaast is er nog onderscheid te maken in de zoekgebieden. Zoekgebieden Maasvlakte, Zuid- en Noord-Holland lijken, op basis van beperkte datasets, het meest kritisch voor overwinterende vogels (met name futen en duikers) die onder de kust foerageren. Met name Maasvlakte is kritisch voor deze soorten. Zeeland en Ameland liggen voor deze soorten nagenoeg buiten bereik. Zuid-Holland is voor broedvogels minder relevant. Voor trekvogels (met name de dwergmeeuw), zijn alle zoekgebieden kritisch.

**Mitigatie** bestaat net als bij de zee-eenden uit het plaatsen van windmolens buiten de 12-mijlszone. Er is op basis van beschikbare survey-data echter niet goed aan te geven hoe ver de molens van de 12-mijlszone verwijderd moeten zijn om negatieve effecten uit te sluiten. Verder is er verschil per zoekgebied in effect op de soortgroepen, maar er is niet één gebied die níet in een bepaald seizoen kritisch is voor een zeevogel<sup>57</sup>. Het concentreren van de inrichting in één of enkele gebieden lijkt dus geen optie te zijn als mitigatiemaatregel. Het starten van de bouw van parken buiten de kritische periode van de vogels (afhankelijk van de meest voorkomende soorten) is wel een mitigatiemaatregel voor de aanlegfase.

<sup>56</sup> Zoals: meeuwen, sterns, duikeenden, futen, jagers, etc.

<sup>57</sup> Bij de Voordelta (gebieden Maasvlakte en Zeeland) is de ruimte voor compenserende maatregelen eigenlijk al vrijwel volledig opgebruikt voor de Tweede Maasvlakte. Het is niet duidelijk in hoeverre hier nog maatregelen genomen kunnen worden. Gevolg is dat andere ingrepen met een verder negatief effect niet vergund kunnen worden.

Als laatste wordt door IMARES een mitigatieoptie aangedragen voor de trekvogels (geldt voor alle zoekgebieden). Effecten kunnen minder negatief gemaakt worden door bij de inrichting van het park rekening te houden met de vogels, bijvoorbeeld door een meer open park te realiseren (minder en/of kleinere molens), corridors te maken tussen compacte blokken (verdeling in blokken met tussenruimtes) en rijen parallel aan de heersende trekrichting te plaatsen (bijvoorbeeld parallel aan de kust).

**Compensatie** is mogelijk door realisatie van extra rust- en/of foerageergebieden (zie hierover de opmerking bij paragraaf B4.2).

Mitigatie en compensatie kunnen meer soortspecifiek gemaakt worden door meer onderzoek naar trekroutes en voorkomen van soorten. De vraag is echter of dat wat afdoet aan de boodschap van hierboven: binnen de 12-mijlszone zijn geen zoekgebieden die een heel jaar geen negatief effect hebben op meerdere soorten zeevogels. Er is dus niet één zoekgebied dat er positief uitspringt, er zal dus gezocht moeten worden naar een gebied met de minste negatieve effecten en dat zijn de zoekgebieden Zuid-Holland en het zuidelijk deel van zoekgebied Noord-Holland.

#### B4.4 Trekvogels

Naast de trekvogels die al besproken zijn onder het kopje 'zeevogels en broedvogels' onderscheid IMARES nog een algemene groep trekvogels<sup>58</sup>. Zoals hierboven al aangegeven, hebben alle zoekgebieden binnen de 12-mijlszone te maken met trekvogels, zij zijn met name geconcentreerd vlak onder de kust (relevant voor zoekgebied Maasvlakte wat het dichtste bij de kust ligt). Daarnaast zijn de soorten meer geconcentreerd in het zuiden (relevant voor Zeeland en Maasvlakte) en noorden (trekroute Waddenzee – Engeland, relevant voor (noordelijke deel) Ameland, met name voor de kleine zwaan).

Per jaar betreft het miljoenen trekvogels die langs de Nederlandse kustlijn trekken. Voor individuele windparken zijn de aanvaringen wellicht acceptabel, maar er zijn wel zorgen over steeds verder toenemende aantallen slachtoffers per soort in relatie tot de populatie (cumulatie) wanneer meer windparken in de kustzone zullen worden gebouwd, zowel in Nederland als in dezelfde trekroutes daarbuiten.

**Mitigatie** in de bouwfase is minder relevant dan mitigatie tijdens het gebruik. Mitigatie kan bestaan uit het stilzetten van molens tijdens de uren met zeer hoge trekdichtheden. De dichtheden kunnen met een vogelradar bepaald worden. Daarnaast kunnen lichtmarkeringen (groen licht; andere kleuren leiden tot verstoring van het richtingsgevoel) gebruikt worden om de molens te markeren. Hiervoor is echter een wetswijziging nodig omdat groene markeringslichten in verband met de veiligheid nu niet toegestaan zijn. Tenslotte geldt ook hier dat inrichting van de parken zelf vogelvriendelijk

---

<sup>58</sup> Waaronder zeevogels, watervogels, steltlopers en zangvogels (de doortrekkers die hier eventueel wat opvieten met de gestuwde trek meegaan).

gemaakt kan worden (zie onder “zeevogels en broedvogels”, paragraaf B4.3) en dat bouwen buiten de 12-mijlszone is aan te bevelen in verband met lagere dichtheden aan trekvogels.

Voor **compensatie** noemt IMARES geen opties. Maar dat zou eruit kunnen bestaan om bedreigingen in de overwinter- of overzomeringslocaties aan te pakken zodat meer vogels de vlucht kunnen maken en ook sterker aan de tocht beginnen (grotere overlevingskansen).

Zowel voor mitigatie als compensatie is weinig onderscheid te maken tussen de vijf zoekgebieden. Alleen zoekgebied Noord-Holland lijkt kritischer omdat er twee trekroutes samenkomen. De noordelijke zoekgebieden zijn mogelijk kritisch omdat er in de Waddenzee zeer kleine restpopulaties voorkomen. Een enkele aanvaring heeft dan al snel een groot effect. Onderzoek naar de trekroutes en meest kwetsbare soorten is echter nodig om een uitspraak te kunnen doen over de precieze effecten.

#### B4.5 Vissen

De effecten zijn onderverdeeld in:

- effecten tijdens de constructiefase: deze zijn nog in onderzoek. Dat betreft bijvoorbeeld het effect van heien (geluid) op (jonge) vis op de korte en langere termijn. Op zeer korte afstand loopt vis het risico op fysieke schade en op grotere afstanden vindt gedragsbeïnvloeding plaats;
- effecten tijdens de operationele fase: effecten zijn neutraal of positief. Het laatste door het zogenaamde ‘artificial reef effect’. Het gebruikte stortsteen en de fundering van de molens onder water zorgt voor nieuwe habitats die gunstig zijn voor verschillende vissen. Over andere effecten is nog te weinig bekend. Dat betreft het effect van de elektromagnetische velden rondom de kabels. Bekend is dat het invloed heeft, maar niet of het ook daadwerkelijk negatief uitwerkt op bepaalde soorten via bijvoorbeeld sturing van migratiepatronen langs de kust.

IMARES concludeert dat met name het heien tijdens de constructiefase en bekabeling haaks op de kust negatieve effecten zouden kunnen hebben in de vorm van fysieke schade en een beïnvloeding van de migratie van vissoorten. Met name voor het zoekgebied Maasvlakte zouden dergelijke negatieve effecten relevant zijn. Tijdens de trekperiode concentreren zich daar namelijk veel vissen rondom de riviermondingen (Nieuwe Waterweg, straks ook de Haringvlietsluizen). Hoe groot de effecten echter zijn, is nog een punt van onderzoek.

Voor **mitigatie** van het heien zijn er drie opties:

- niet heien maar gebruik maken van andere funderingstechnieken (gravity based funderen, boren of drillen van de palen);
- wel heien, maar bellenschermen aanbrengen als geluidsisolatie (is maar een zeer beperkte mitigatie);
- tijdelijk niet heien in periodes met veel instroom van vislarven of trekperiodes van migrerende vissoorten fint en elft (april-mei), zee prik (mei-juni) en rivier prik (november-januari).



Het effect van het elektromagnetisch veld rondom bekabeling zou beperkt kunnen worden door het type kabel (afschermende mantel) of het afdekken van de kabel met sediment (dieper leggen).

**Compensatie** is mogelijk door andere knelpunten voor een goede ontwikkeling van de visstand weg te nemen (minder visserijdruk, vismigratie tussen binnen- en buitenwateren verbeteren, visserijvrije zones inrichten).

#### B4.6 Zeehonden

Alle vijf de zoekgebieden liggen binnen het foerageer- en trekgebied van zowel de grijze als de gewone zeehond. Zeehonden kunnen honderden kilometers zwemmen en komen dus ook buiten de 12-mijlszone voor. Maar gemiddeld genomen besteden zeehonden het belangrijkste deel van hun leven binnen 50 km van hun ligplaatsen. Verder voeden ze zich vooral in de ondiepe zones nabij de kust.

Het voorkomen in de zoekgebieden verschilt qua functie (zie tabel B4.3) en qua aanwezigheid van belangrijke ligplaatsen in de omgeving. Verstoring bestaat uit onderwatergeluid tijdens aanleg (heien, scheepvaartbewegingen) en verstoring van trekroutes en nabijgelegen rustplaatsen en foerageergebieden (geluid, beweging, verlegging huidige scheepvaartroutes om nieuwe windmolenparken).

Tabel B4.3 Overzicht van de vijf zoekgebieden voor wind op zee en hun primaire functie voor de zeehonden<sup>59</sup>

| Zoekgebied    | Primaire functie |          |              |              | Geschatte aantallen Zeehonden |        |        |
|---------------|------------------|----------|--------------|--------------|-------------------------------|--------|--------|
|               | Foerageergebied  |          | Trekroute    | Ligplaatsen  | (foerageren en trekken)       |        |        |
|               | Delta            | Waddenze | Wadden-Delta | Waddengebied | In directe                    | Gewone | Grijze |
| Zeeland       | x                |          |              |              | x                             | 500    | 800    |
| Maasvlakte    | x                |          | x            |              | x                             | 500    | 800    |
| Zuid-Holland  |                  |          | x            |              |                               | 500    | 800    |
| Noord-Holland |                  |          | x            |              | x (vooral                     | 500    | 800    |
|               |                  | x        |              |              | noordoostpunt                 | 6500   | 3000   |
|               |                  |          |              |              | zoekgebied)                   |        |        |
| Ameland       |                  | x        |              | x            |                               | 6500   | 3000   |

Gezien de ligging van en het aantal aanwezige zeehonden in zoekgebied 5 (Ameland) zullen in dit gebied verreweg de meeste gewone zeehonden beïnvloed worden. Voor grijze zeehonden is dit door een gebrek aan gegevens nog minder duidelijk. Windparken in de zoekgebieden Maasvlakte, Zuid- en Noord-Holland hebben de grootste potentiële invloed op migratie van Waddenzee naar Delta en vice versa. Windparken in zoekgebied Noord-Holland (het dichtst bij de Waddenzee), Zuid- Holland en Maasvlakte (aan de noordpunt van de Voordelta) kunnen een barrièrewerking hebben. Zoekgebied Noord-Holland is van relatief groot belang voor zeehonden uit de westelijke Waddenzee als foerageergebied, zoekgebieden Zeeland en Maasvlakte als foerageergebied voor zeehonden in de Delta; daarbij liggen deze zoekgebieden en de noordoostpunt van zoekgebied Noord-Holland van alle

<sup>59</sup> Uit 'Haalbaarheidsstudie wind op zee: vijf potentiële zoekgebieden binnen de 12-mijlszone vergeleken in relatie tot beschermde natuurwaarden'. IMARES Wageningen UR. Rapport C132/13 (2013).

potentiële zoekgebieden verreweg het dichtst bij belangrijke ligplaatsen (verstoring tijdens aanleg en gebruik).

Vanwege de noodzaak van immigratie voor het in stand houden en verder laten groeien van de aantallen zeehonden in de Delta, moeten de zoekgebieden Maasvlakte, Zuid- en Noord-Holland worden beoordeeld in het licht van de voortdurende migratie naar het Deltagebied. Een barrière op deze migratieroute, ook in de vorm van verminderde kans tot verder zuidwaarts zwemmen, kan het voortbestaan van de beide soorten in de Delta bedreigen. Verminderde aantrekkelijkheid van de Voordelta door bouwactiviteiten en later door de aanwezigheid van windmolens kan eveneens negatieve effecten hebben op de aantallen dieren daar.

**Mitigatie** dient gericht te zijn op het onderwatergeluid (heien, aanbrengen stortsteen, scheepvaartbewegingen, geluid van de molen, etc.). Opties hiervoor zijn al opgenomen onder paragraaf B4.5. Daarnaast is het zinvol om zover mogelijk uit de kust te bouwen en zo ver mogelijk bij rustgebieden vandaan te blijven. Welke afstand voor dat laatste minimaal nodig is, is niet aangegeven.

De Voordelta is het eerste Natura 2000-gebied waarvoor een definitief vastgesteld beheerplan beschikbaar is. De maatregelen voor de instandhouding van de zeehond bestaan o.a. uit het instellen van vijf rustgebieden. De rust die de gebieden naar verwachting bieden, moet ervoor zorgen dat de populatie gewone zeehonden duurzaam in de Voordelta kan blijven, en concreet dat op termijn ten minste 200 dieren in de Nederlandse delta leven en daar ook hun jongen werpen en grootbrengen. **Compensatie** kan bestaan uit realisatie van extra rustgebieden bovenop wat er al in het beheerplan is opgenomen, extra bescherming van de rust, werp- en zooggebieden die er al zijn en het weg nemen van knelpunten voor de populaties van zeehonden (bijvoorbeeld het beperken van bijvangst in netten en fuiken).

#### B4.7 Bruinvissen

Bruinvissen komen overal in de Noordzee voor, van ver op zee tot vlak onder het strand binnen de 12-mijlszone. Het voorkomen in de kustzone vertoont een consistent seizoenspatroon met de hoogste aantallen in de late winter en het vroege voorjaar. De aantallen kunnen lokaal (op de schaal van een potentieel zoekgebied) en op korte termijn echter sterk fluctueren. Op basis van de op dit moment beschikbare bronnen is het niet mogelijk aan te geven of een van de potentiële zoekgebieden relatief arm of juist relatief rijk aan bruinvissen is.

De bruinvis is een van de meest gevoelige zeezoogdieren voor onderwatergeluid. Ze hebben een zeer gevoelig gehoor en gebruiken daarnaast echolocatie (actieve sonar) voor de navigatie en het jagen. Geluidsverstoring en schade aan hun gehoor bij te hoge decibels zijn levensbedreigend, omdat het hen beperkt in het vinden van voedsel.

Zoals bij zeehonden (paragraaf B4.6) al is aangegeven, treedt het grootste risico op bij het heien van de fundering van de windmolens in de aanlegfase. Er kan gehoorschade optreden door het harde geluid in nabijheid van de heilocatie. Maar ook verder weg van de locatie treedt verstoring op. Tij-

dens het heien is een leefgebied met een straal van 20 km rondom de aanleglocatie minder geschikt voor bruinvis. Het heien zelf is zelfs duizenden kilometers ver te horen, het precieze effect op bruinvissen is dan ook nog niet helemaal onderzocht. De verstoring neemt toe met de duur van het heien (grotere windparken) en de hoeveelheid locaties waar tegelijkertijd gewerkt wordt in de Noordzee, bijvoorbeeld in de vijf zoekgebieden (cumulatie).

Tijdens de gebruiksfase is het effect van geluidsverstoring aanzienlijk minder groot. En ook los van geluid heeft de aanwezigheid van windmolenparken op het voorkomen van bruinvissen niet of weinig effect (verschilt per onderzocht windmolenpark<sup>60</sup>).

In hoeverre de geluidsverstoring tot een significant negatief effect leidt voor de instandhouding van de soort in Natura 2000-gebieden en de Noordzee, is niet duidelijk. Gehoorschade dient wel ten alle tijden voorkomen te worden, omdat het indirect kan leiden tot het sterven van individuen.

**Mitigatie** is mogelijk door geluidsproductie tijdens de bouw, met name tijdens het heien, zoveel mogelijk te beperken, door aangepaste technieken toe te passen (alternatieven voor heien), door inzet van bellenschermen als er toch wordt geheid (beperkt effect) en door rekening te houden met de seizoenale presentie van de bruinvissen ter plaatse (die dan eerst goed moet worden uitgezocht).

**Compensatie** kan bestaan uit het terugdringen van bijvangsten bij de visserij (is al bestaand OSPAR-beleid).

#### B4.8 Vleermuizen

Windmolenparken kunnen een significant negatief effect hebben op vleermuispopulaties. Slachtoffers ontstaan door aanvaring met de molenwieken en de molen zelf en door het zogenaamd barotrauma (beschadigingen van de longen als gevolg van hoge drukverschillen in de nabijheid van de draaiende wieken).

Onderzoek naar vleermuizen op zee en in windmolenparken is nog maar kort geleden in gang gezet. Ondertussen is wel bekend dat er grote hoeveelheden vleermuizen en vleermuissoorten op zee én in windmolenparken kunnen voorkomen. In de twee Nederlandse offshore windparken werden met name ruige dwergvleermuizen en rosse vleermuizen waargenomen. De vleermuizen worden aange trokken door de windmolens om te foerageren. Ook binnen de Nederlandse 12-mijlszone komen vleermuizen voor. Nog niet bekend is of het om trekkende vleermuizen of om foeragerende vleermuizen uit nabijgelegen kolonies gaat (externe werking). Ook is nog niet duidelijk of er dichtheidsverschillen zijn binnen de 12-mijlszone. Er kunnen daarom geen zoekgebieden aangewezen worden waar meer of minder foeragerende of trekkende vleermuizen voor zouden komen. Bekend is dat in de maanden juli - september veel migrerende ruige dwergvleermuizen voorkomen in Noord en Zuid-Holland. Dat kan relevant zijn voor de zoekgebieden Maasvlakte, Zuid- en Noord-Holland. Zoekge-

---

<sup>60</sup> Bron: Harbour porpoise occurrence in relation to the Prinses Amaliawindpark. IMARES. Report number C177/10 (2012).

bieden Maasvlakte en Zuid-Holland zijn daarnaast relevant omdat ze in de buurt van Natura 2000-gebied Meijndel & Berkheide liggen, één van de belangrijkste overwinteringsgebieden van de meervleermuis in Nederland (met instandhoudingsdoelstellingen voor de meervleermuis: behoud omvang en kwaliteit leefgebied en behoud populatie).

Naar Duits voorbeeld kan **mitigatie** bestaan uit het tijdelijk stopzetten van de molens wanneer hoge dichtheden aan vleermuizen gedetecteerd worden, voornamelijk in de eerste helft of de hele nacht in de maanden augustus - oktober<sup>61</sup> (zie ook compensatie bij trekvogels). Het gebruiken van kleinere windmolens (minder hoog) vermindert ook het aantal aanvaringen (tenzij het aantal molens dan omhoog moet om eenzelfde energieopbrengst te garanderen<sup>62</sup>). Daarnaast hebben vleermuizen baat bij de vogelvriendelijke inrichting, zoals beschreven onder 'zeevogels en broedvogels'.

Andere opties zijn nog niet wetenschappelijk bewezen effectief, of effectief voor de situatie in de Noordzee. IMARES noemt bijvoorbeeld het afschrikken met licht of geluid. En uit een onderzoek in Noord-Amerika blijkt dat het grootste aantal aanvaringen plaatsvindt bij lage windsnelheden. Door windmolens zo in te stellen dat de wieken pas gaan draaien bij hogere windsnelheden (vanaf 3 m/s), kon het aantal aanvaringsslachtoffers in het experiment met 60% gereduceerd worden<sup>63</sup>. Voor de energieopbrengst van de molens had dit relatief weinig effect, omdat bij lage windsnelheden er ook weinig energie opgewekt wordt. Hoopvolle resultaten, maar onduidelijk is nog of dit één op één toepasbaar is voor de vleermuissoorten die in de Noordzee voorkomen.

**Compensatie** is mogelijk door andere bedreigingen weg te nemen en de groei en gezondheid van populaties op land te stimuleren. Dit kan bijvoorbeeld door meer kolonies op te nemen in beschermde gebieden (N2000) of door nieuwe, aantrekkelijke pleisterplaatsen te realiseren. Ook voldoende kraamkoloniemogelijkheden en voldoende foerageergebied op land stimuleren, zijn vormen van compensatie.

#### B4.9 Onderwatergeluid

Onderwatergeluid is één van de GES-elementen uit de KRM. Geluidsverstoring van organismen treedt op tijdens de aanleg en het gebruik van windmolenparken en is soortafhankelijk. Dit thema is uitgewerkt in de paragrafen over de soortgroepen vissen, zeehonden en bruinvissen.

Los van de dodelijke effecten van onderwatergeluid op verschillende soorten is niet duidelijk of onderwatergeluid een significant negatief effect heeft op populatieniveau of op de instandhoudingsdoelen van de Natura 2000-gebieden (schaal waarop KRM speelt), zoals behoud van omvang en

<sup>61</sup> Bron: EU Guidance on wind energy development in accordance with the EU nature legislation, European Union (2011).

<sup>62</sup> Bron: EU Guidance on wind energy development in accordance with the EU nature legislation, European Union (2011).

<sup>63</sup> Bron: A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. Journal of Wildlife Management 73(7):1077-1081 (2009).

kwaliteit van leefgebied of behoud of verbetering van populaties. In tabel 5.1 is daarom als knelpunt opgenomen dat niet duidelijk is wat het knelpunt is.

**Mitigatie** is bij de verschillende soortgroepen al genoemd. Voor **compensatie** noemen we nog het instellen van “no-noise-zones” als rustzone voor specifieke soorten. Waar die gebieden moeten komen en hoe groot die gebieden moeten zijn is echter nog niet onderzocht.

#### B4.10 Invasieve soorten

De Noordzee heeft te maken met een grote instroom van nieuwe soorten. Boeken over de fauna in de Noordzee lopen vrijwel continu achter. De meeste exoten geven geen problemen. Met invasieve soorten worden exoten bedoeld die zich door menselijke invloed buiten hun leefgebied vestigen en door hun explosieve groei een probleem vormen voor de populatie van soorten of het functioneren van ecosystemen. Ze concurreren inheemse soorten weg, eten ze op, infecteren ze met nieuwe ziektes of beïnvloeden de structuur van het ecosysteem zodanig dat de biodiversiteit afneemt. Invasieve soorten zijn daarom in de KRM opgenomen als één van de GES-elementen (GES 2).

Voor windmolenparken binnen de 12-mijlszone vormen invasieve soorten een aandachtspunt. Door het aanbrengen van gebiedsvreemde materialen (stortsteen en fundering) ontstaan nieuwe habitats in het zeegebied met verder zachte en zandige bodem. Dit heeft een positief effect op het aantal inheemse soorten, uitbreiding van leefgebied van soorten en de biomassa<sup>64</sup>. Anderzijds geeft het ook vestigingsmogelijkheden voor invasieve soorten die zich zonder die materialen niet of veel minder goed zouden vestigen in de Noordzee.

**Mitigatie** bestaat uit het frequent monitoren van het aangebrachte materiaal rondom de molenvoet en het verwijderen van invasieve exoten. Methodes hiervoor zijn nog in ontwikkeling. IMARES stelt voor om de verantwoording hiervoor bij de initiatiefnemer/windparkbeheerder neer te leggen (bijvoorbeeld via vergunningsvoorschriften). **Compensatie** is pas mogelijk als bekend is welke beschermde soorten door de exoten benadeeld worden. Er kunnen dan stimuleringsmaatregelen genomen worden voor die specifieke soorten.

---

<sup>64</sup> Bron: Development of hard substrate fauna in the Princess Amalia Wind Farm. Monitoring 3.5 years after construction. eCOAST MARINE RESEARCH. eCOAST report 2011036 (2013).