

# Argumenten in het maatschappelijke debat en politieke besluitvorming rond windenergie op zee

Mogelijkheden en beperkingen van MKBA's



# Argumenten in het maatschappelijke debat en politieke besluitvorming rond windenergie op zee

Mogelijkheden en beperkingen van MKBA's

**Door:**

Thomas Winkel, David de Jager en Afke Mulder (ECOFYS)  
Geert Warringa en Jasper Faber (CE Delft)

**Datum:** oktober 2014

**Projectnummer:** WIENL14500

© Ecofys 2014 in opdracht van: TKI Wind op Zee

## Samenvatting

### Achtergrond

Windenergie op zee vormt een belangrijk speerpunt van het Nederlandse energiebeleid. In het SER-Energieakkoord is vastgelegd dat het operationeel windvermogen op zee moet worden opgeschaald naar 4450 MW in 2023. Dit betekent dat er, aanvullend op de bestaande parken en hetgeen in voorbereiding is, vanaf 2015 voor in totaal 3450 MW moet worden gerealiseerd<sup>1</sup> (momenteel is er 228 MW geïnstalleerd). In het Nationaal Waterplan (NWP) en de ontwerp-Rijksstructuurvisie windenergie op zee zijn daartoe gebieden aangewezen waar windenergie op zee mogelijk is. Indien de gestelde ambities worden gehaald, dan kan de bijdrage van windenergie op zee oplopen tot zo'n 15-20% van de totale hoeveelheid hernieuwbare energie die nodig is voor het halen van de kabinetsdoelstelling van 16% hernieuwbare energie in 2023<sup>2</sup>.

De redenen voor het opnemen van windenergie op zee als speerpunt in het Nederlandse energie zijn divers. Het cluster van bedrijven rond 'wind op zee' wordt gezien als een economische groeisector en Nederland heeft met haar offshore kennis een goede uitgangspositie om haar exportpotentieel te vergroten. Wind op zee kan door leercurve-effecten op termijn een rendabele toepassing worden en daarmee bijdragen aan de transitie naar een betaalbare duurzame energievoorziening op de lange termijn. Investerings in deze sector kunnen daarmee economische kansen bieden. Hier wordt momenteel binnen het Topsectoren beleid (via de TKI wind op zee) aan gewerkt.

Ook levert wind op zee (net als veel andere vormen van duurzame energie) aanvullende maatschappelijke baten op, waaronder de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (CO<sub>2</sub>) (al is er discussie over de vraag of dit niet leidt tot een hogere uitstoot elders) en overige luchtverontreinigende stoffen, draagt het bij aan werkgelegenheid en leidt het tot een vergroting van de voorzieningszekerheid (vermindering van de import van energie).

Naast bovengenoemde positieve effecten, zijn er ook negatieve effecten als gevolg van een verdere uitrol van wind op zee. Hierbij gaat het o.a. om de thans nog hoge kosten van deze vorm van elektriciteitsopwekking, de concurrentie om ruimte met en mogelijke negatieve (economische) gevolgen voor de scheepvaart, de olie- en gaswinning, zand- en schelpwinning, op de mariene ecologie en horizonvervuiling (vooral relevant wanneer parken dichtbij de kust staan, met mogelijk negatieve effecten op het toerisme voor gebieden die uitkijken op deze parken). Tevens zijn er effecten en argumenten die een rol spelen in het maatschappelijke en politieke debat, maar zich lastig laten kwantificeren. Hierbij gaat het om zaken als beleving – en gezondheidseffecten bij omwonenden, de vermeende negatieve energiebalans van windturbines en het gebruik van (zeldzame) grondstoffen en materialen die nodig zijn voor de productie van windturbines.

<sup>1</sup> Een belangrijke voorwaarde die gesteld is in het Energieakkoord voor verdere opschaling, is een gemiddelde kostprijsreductie van wind op zee met 40% per megawattuur (MWh) te realiseren (t.o.v. 2010) over de periode 2014-2024 (conform het Energieakkoord en de Green Deal gesloten tussen het Rijk en de sector).

<sup>2</sup> Volgens berekeningen uitgevoerd door Ecofys voor deze studie.

## **Aanleiding en doel van de studie**

De laatste jaren is een aantal studies verschenen waarin de kosten en baten van windenergie tegen elkaar worden afgezet, bijvoorbeeld in zogenaamde maatschappelijke kosten-baten analyses (MKBA's). De resultaten van de studies lopen sterk uiteen: waar sommige studies concluderen dat windenergie hoge netto (maatschappelijke) kosten heeft, zien andere studies netto baten. De tegenstrijdige conclusies bemoeilijken de politieke besluitvorming.

Het doel van deze studie, die door ECOFYS en CE Delft is uitgevoerd voor de TKI Wind op Zee, is om de verschillende argumenten en overwegingen weer te geven die een rol spelen bij de rechtvaardiging van het ingeslagen beleid ten aanzien van windenergie op zee en in maatschappelijke discussies vaak terugkomen. De studie benoemt, bespreekt en geeft een waardering van de verschillende effecten en argumenten. Waar mogelijk en zinvol zijn deze gekwantificeerd om een gevoel te krijgen van hun (relatieve) impact op de kosten/baten verhouding. In alle andere gevallen worden de effecten kwalitatief behandeld en geven ze antwoord op de belangrijkste argumenten voor en tegen windenergie op zee.

## **Analyse van de bestaande MKBA studies**

De afgelopen jaren zijn er zes studies verschenen over de economische effecten van windenergie. Al deze studies zijn opgezet volgens de methodiek van de maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA). Een MKBA is een veel gebruikte methode om in te schatten of een bepaald project netto baten oplevert voor een relevant deel van de maatschappij. Uit onze analyse van deze studies blijkt dat er drie factoren zijn die de maatschappelijke kosten/baten verhouding van wind op zee in hoge mate bepalen. Twee daarvan zijn afhankelijk van de keuze van de systeemgrenzen (en van de werking van het Europese Emissiehandelsstelsel (ETS)), en één van autonome ontwikkelingen. We bespreken ze hieronder kort.

### **1. Het effect van wind op zee op het terugdringen van CO<sub>2</sub>-emissies**

De elektriciteit die uit wind op zee wordt opgewekt heeft geen directe CO<sub>2</sub> emissies. Het verdringt elektriciteit uit andere bronnen (in het algemeen centrales die op fossiele energiebronnen werken, maar in de toekomst mogelijk andere hernieuwbare energiebronnen) en daardoor nemen de emissies van de elektriciteitsopwekking af. De geanalyseerde studies nemen de lagere emissies echter niet altijd als een baat op. Dit hangt samen met de interpretatie van de gevolgen van het Europese Emissiehandelsstelsel (ETS). Dat stelt een plafond aan alle emissies uit grote industriële installaties en elektriciteitscentrales in de EU, wat tot gevolg heeft dat lagere emissies bij elektriciteitsopwekking ruimte biedt aan andere installaties om meer uit te stoten, zolang de totale emissies onder het plafond blijven. Met andere woorden, door elektriciteit uit windenergie (op zee) te produceren, hoeven andere (b.v. buitenlandse) partijen geen reducerende maatregelen te treffen. Hier is de scope van de analyse van belang. Bij een internationale scope zijn de uitgespaarde maatregelen in het buitenland baten, bij een nationale scope niet. De emissies in het EU ETS liggen echter al een aantal jaren onder het plafond, en zullen dat volgens de voorspellingen ook in de komende jaren blijven doen. Dat suggereert dat het plafond geen

directe invloed heeft op de totale emissies. Als dat inderdaad zo is, dan leidt wind op zee tot lagere emissies en moeten de baten daarvan worden opgenomen.

2. **De veronderstelde ontwikkeling van de kosten van wind op zee (leercurve-effecten)**  
Veel technieken doorlopen een leercurve, waardoor de kosten per eenheid dalen naarmate er meer eenheden zijn geproduceerd. Omdat wind op zee een jonge techniek is, is de onzekerheid over de steilheid van de leercurve relatief groot. Daarnaast is de snelheid waarmee de leercurve doorlopen wordt sterk afhankelijk van de bouw van nieuwe windparken en daarmee van (internationaal) beleid. De Nederlandse inspanning op het gebied van elektriciteitsproductie met wind op zee is in internationaal perspectief nog bescheiden. De bijdrage van Nederland aan het doorlopen van de leercurve is daarmee ook beperkt. (Dit geldt overigens niet voor het Nederlandse wind-op-zee industriële cluster, dat in Europa een groot marktaandeel heeft.) Daardoor is het in principe voordeliger voor de Nederlandse energie-eindverbruiker om te wachten tot, dankzij de inspanningen van andere landen, de kosten van windenergie verder zijn gedaald. Voor de Nederlandse economie als geheel kan het leveren van een bijdrage aan de internationale inspanning wel degelijk baten hebben: de kans op nieuwe bedrijvigheid neemt toe, en innovaties kunnen zich in Nederland verspreiden. Dergelijke langere-termijn baten zijn onzeker en moeilijk in te schatten, maar kunnen substantieel zijn.
3. **De veronderstelde ontwikkeling van de elektriciteitsprijs: energie(prijs)scenario**  
De verschillende MKBA's hanteren verschillende elektriciteitsprijzen en –prijsscenario's die uiteraard grote gevolgen hebben voor de berekening van de baten van wind op zee.

Met name het wel of niet meenemen van CO<sub>2</sub> baten (en de monetaire waarde die aan CO<sub>2</sub>-emissiereductie wordt toegekend), de kostenontwikkelingen van wind op zee en de veronderstelde ontwikkeling van de elektriciteitsprijs hebben een cruciale invloed op de maatschappelijke kosten/baten verhouding van windenergie op zee. Aanvullende maatschappelijke baten die gekwantificeerd kunnen worden, namelijk werkgelegenheid, voorzieningszekerheid en het terugdringen van vervuilende emissies, zijn relevant, maar in monetaire termen beperkter.

Andere effecten, die een mogelijk negatieve invloed hebben op de maatschappelijke waarde van wind op zee en dan met name op specifieke actoren en/of activiteiten, zijn scheepvaart, mariene ecologie, uitzichthinder/landschap, radarverstoring, CO<sub>2</sub> uitstoot bij aanleg en omvaren van schepen, zandwinning, afname concurrentiepositie van havens (bij omvaren), niet te winnen olie- en gasvoorraden en bereikbaarheid van helikopterplatforms. Deze effecten zijn zeer locatie-specifiek en afhankelijk van de vormgeving van de te onderzoeken alternatieven. Bij de keuze van locaties is het belangrijk om hier rekening mee te houden en de belangen steeds goed af te wegen.

Ook zijn er effecten en argumenten die een rol spelen in het maatschappelijke en politieke debat, maar geen onderdeel vormen van MKBA's, omdat ze zich moeilijk in deze context laten kwantificeren. Hierbij gaat het om zaken als belevings – en gezondheidseffecten bij betrokkenen in de hele toeleveringsketen van wind op zee. Soms worden de slechte arbeidsomstandigheden bij de winning van zeldzame aarden genoemd als een extra maatschappelijke kost. Dit issue vraagt nadrukkelijk om (internationale) aandacht en maatregelen, maar het is niet specifiek aan windenergie (op zee) gerelateerd. Bijvoorbeeld ook bij de winning van steenkool kan dit spelen.

Tenslotte worden soms ook argumenten naar voren gebracht, die objectief gezien onjuist zijn, danwel twijfelachtig en/of minder relevant. Voorbeelden hiervan zijn: Het maken van windturbines kost meer energie dan ze opleveren (bewezen onjuist). Windenergie zorgt ervoor dat conventionele (m.n. kolen) centrales vaker op deellast moeten draaien waardoor netto meer CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten (onbewezen stelling, weersproken in wetenschappelijke studies die de juiste geografische en temporele systeemgrenzen gebruiken). Een deel van de grondstoffen voor moderne windturbines is schaars (onjuist, hoewel tijdelijke schaarste voor kan komen, is er mede door hergebruik/recycling en technologische vernieuwing op lange termijn geen schaarste).

### **De scope van de analyse**

De analyse laat zien dat een belangrijk uitgangspunt, de scope van de studie is. Zowel bij de baten van CO<sub>2</sub> reductie als de baten van leercurve-effecten speelt deze scope een belangrijke rol. Normaal gesproken vormen bij investeringen op nationaal niveau alleen welvaartseffecten die binnen Nederland optreden het uitgangspunt (nationale scope). Effecten die optreden in het buitenland, worden doorgaans niet meegenomen. Dit houdt in dat baten van klimaatbeleid die optreden in het buitenland, zoals baten van uitgespaarde maatregelen elders in het EU-ETS of buitenlandse voordelen door kostprijzdalingen als gevolg van leercurve-effecten, niet worden meegenomen in de analyse. Deze nationale scope leidt tot beperkingen voor de toepasbaarheid van MKBA's bij vraagstukken die in internationaal verband moeten worden opgelost. Het klimaatbeleid en het duurzame-energiebeleid zijn ingebed in internationale en Europese afspraken. Een gecoördineerde actie is mede noodzakelijk omdat de kosten van klimaatmaatregelen voor rekening zijn van individuele landen en hun consumenten of belastingbetalers, terwijl de baten mondiaal zijn. Deze verdeling van kosten en baten leidt ertoe dat landen vanuit individueel perspectief geen rationele economische prikkel kunnen hebben om te investeren in klimaatmaatregelen, terwijl het vanuit mondiaal perspectief wel zou kunnen lonen om te investeren in klimaatmaatregelen. Met andere woorden: de coördinatie van de inspanningen is noodzakelijk om te voorkomen dat het sociale dilemma erin resulteert dat landen zich minder inspannen dan vanuit mondiaal welvaartsperspectief optimaal is. De verwevenheid van de Nederlandse inspanningen met die van andere landen resulteert er ook in dat de systeemgrenzen van een MKBA van opties binnen dit beleid moeilijk te definiëren zijn. Dit heeft tot gevolg dat de leereffecten en discussies over baten van uitgespaarde maatregelen elders in het EU-ETS, mogelijk ook vanuit een bredere systeemafbakening geanalyseerd zouden moeten worden.

### **Conclusie: de balans van kosten en baten**

Wat is de uiteindelijke balans? Wegen in algemene zin de baten van wind op zee op tegen de lasten? Deze studie laat zien dat het maatschappelijk debat niet altijd even genuanceerd omgaat met de beschikbare informatie en/of inzichten. Er zijn verschillen op methodologisch vlak, en er zijn onzekerheden en moeilijk te kwantificeren kosten en baten. Het is niet 'zwart/wit', er zijn 'appels en peren'. MKBA's dienen daarom slechts als onderbouwing voor de besluitvorming; niet als vervanging. Een oordeel over de balans vraagt daarom uiteindelijk om een politieke afweging. Met het

Energieakkoord hebben de belangrijkste actoren op energie- en maatschappelijk gebied deze afweging gemaakt en gekozen voor het verder uitbouwen van wind op zee.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Achtergrond	1
1.2 Aanleiding en doel van deze studie	2
1.3 Leeswijzer	2
<b>2 Analyse van bestaande studies, hun aannames en uitgangspunten</b>	<b>3</b>
2.1 Inleiding	3
2.2 Verschillen tussen studies	4
2.3 Investeringskosten, O&M kosten en elektriciteitsopbrengsten	5
2.4 Baten CO <sub>2</sub> -emissiereductie	6
2.5 Reductie luchtvervuilende emissies (NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , en fijn stof)	8
2.6 Werkgelegenheid	9
2.7 Voorzieningszekerheid	10
2.8 Bijdrage aan hernieuwbare energiedoelstelling: keuze referentiealternatief	11
2.9 Innovaties, leereffecten en exportpotentieel	13
2.10 Leveringszekerheid	14
2.11 Effect op elektriciteitsprijzen	15
2.12 Scheepvaart	16
2.13 Mariene ecologie	16
2.14 Uitzicht op zee/landschap en impact op toerisme	17
2.15 Niet te winnen olie – en gasvoorraden en bereikbaarheid van helikopterplatforms	18
2.16 Visserij	18
2.17 Radarverstoring	18
2.18 Toename CO <sub>2</sub> uitstoot bij omvaren van schepen	19
2.19 Afname concurrentiepositie van havens (bij omvaren)	19
2.20 Zandwinning	19
2.21 Overige effecten en argumenten die spelen in het maatschappelijke debat	19
2.22 Conclusies	21
<b>3 Een nadere beschouwing van de positieve en negatieve effecten en argumenten</b>	<b>22</b>
3.1 Inleiding	22
3.2 Invloed van aannames en het al dan niet meenemen van effecten op de maatschappelijke kosten-baten verhouding van wind op zee	22
3.3 Investeringskosten en jaarlijkse onderhoudskosten	25
3.4 Elektriciteitsopbrengsten en CO <sub>2</sub> -emissiereductie	26
3.5 Reductie luchtvervuilende emissies	27
3.6 Werkgelegenheid en voorzieningszekerheid	28



3.7	Bijdrage aan hernieuwbare energiedoelstelling: keuze referentiealternatief	28
3.8	Innovaties, leereffecten en exportpotentieel	29
3.9	Leveringszekerheid	30
3.10	Effect op elektriciteitsprijzen	30
3.11	Indirecte effecten/effecten andere activiteiten	30
3.12	Overige effecten en argumenten die spelen in het maatschappelijke debat	30
3.13	Overzicht: welvaartseffecten wind op zee	31
<b>4</b>	<b>Conclusies en reflectie</b>	<b>32</b>
	<b>Literatuurlijst</b>	<b>34</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Windenergie op zee vormt een belangrijk speerpunt van het Nederlandse energiebeleid. In het SER-Energieakkoord is vastgelegd dat het operationeel windvermogen op zee moet worden opgeschaald naar 4450 MW in 2023. Dit betekent dat er, aanvullend op de bestaande parken en hetgeen in voorbereiding is, vanaf 2015 voor in totaal 3450 MW moet worden gerealiseerd<sup>3</sup> (momenteel is er 228 MW geïnstalleerd). In het Nationaal Waterplan (NWP) en de ontwerp-Rijksstructuurvisie windenergie op zee zijn daartoe gebieden aangewezen waar windenergie op zee mogelijk is. Indien de gestelde ambities worden gehaald, dan kan de bijdrage van windenergie op zee oplopen tot zo'n 15-20% van de totale hoeveelheid hernieuwbare energie die nodig is voor het halen van de kabinetsdoelstelling van 16% hernieuwbare energie in 2023<sup>4</sup>.

Redenen voor het opnemen van windenergie op zee als speerpunt in het Nederlandse energie zijn divers. Het cluster van bedrijven rond 'wind op zee' wordt gezien als een economische groeisector en Nederland heeft met haar offshore kennis een goede uitgangspositie om haar exportpotentieel te vergroten. Wind op zee kan door leercurve-effecten op termijn een rendabele toepassing worden en daarmee bijdragen aan de transitie naar een betaalbare duurzame energievoorziening op de lange termijn. Investerings in deze sector kunnen daarmee economische kansen bieden. Hier wordt momenteel binnen het Topsectoren beleid (via de TKI wind op zee) aan gewerkt.

Ook levert wind op zee (net als veel andere vormen van duurzame energie) aanvullende maatschappelijke baten op, waaronder de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (CO<sub>2</sub>) (al is er discussie over de vraag of dit niet leidt tot een hogere uitstoot elders) en overige luchtverontreinigende stoffen, draagt het bij aan werkgelegenheid en leidt het tot een vergroting van de voorzieningszekerheid (vermindering van de import van energie).

Naast bovengenoemde positieve effecten, zijn er ook negatieve effecten als gevolg van een verdere uitrol van wind op zee. Hierbij gaat het o.a. om de hoge kosten van deze vorm van elektriciteitsopwekking, concurrentie om ruimte met en mogelijke negatieve (economische) gevolgen voor de scheepvaart, de olie- en gaswinning, zand- en schelpwinning, op de mariene ecologie en horizonvervuiling (vooral relevant wanneer parken dichtbij de kust staan, met mogelijk negatieve effecten op het toerisme voor gebieden die uitkijken op deze parken). Tevens zijn er effecten en argumenten die een rol spelen in het maatschappelijke en politieke debat, maar geen onderdeel vormen van MKBA's en laten zich lastig in deze context kwantificeren. Hierbij gaat het om zaken als beleving – en gezondheidseffecten bij omwonenden, de vermeende negatieve energiebalans van windturbines en het gebruik van (zeldzame) grondstoffen en materialen die nodig zijn voor de productie van windturbines.

<sup>3</sup> Een belangrijke voorwaarde die gesteld is in het Energieakkoord voor verdere opschaling, is een gemiddelde kostprijsreductie van wind op zee met 40% per megawattuur (MWh) te realiseren (t.o.v. 2010) over de periode 2014-2024 (conform het Energieakkoord en de Green Deal gesloten tussen het Rijk en de sector).

<sup>4</sup> Volgens berekeningen uitgevoerd door Ecofys voor deze studie.

## 1.2 Aanleiding en doel van deze studie

De laatste jaren is een aantal studies verschenen waarin de kosten en baten van windenergie tegen elkaar worden afgezet. De resultaten van de studies lopen sterk uiteen: waar sommige studies concluderen dat windenergie hoge netto kosten heeft, zien andere studies netto baten. De tegenstrijdige conclusies bemoeilijken de politieke besluitvorming.

Het doel van deze studie, die door ECOFYS en CE Delft is uitgevoerd voor de TKI Wind op Zee, is om een analyse te geven van de verschillende argumenten en overwegingen die een rol spelen bij de rechtvaardiging van het ingeslagen beleid ten aanzien van windenergie op zee en in maatschappelijke discussies vaak terugkomen.

De studie benoemt, bespreekt en geeft een waardering van de verschillende effecten en argumenten. Waar mogelijk en zinvol zijn deze gekwantificeerd om een gevoel te krijgen van hun (relatieve) impact op de kosten/baten verhouding. In alle andere gevallen worden de effecten kwalitatief behandeld en geven ze antwoord op de belangrijkste argumenten voor en tegen windenergie op zee.. Op basis hiervan doen wij voorstellen voor toekomstige studies en discussies t.a.v. de te hanteren aannames, en vragen aandacht voor de belangrijkste parameters voor het bepalen van de maatschappelijke waarde van windenergie op zee.

Deze studie is heel nadrukkelijk geen maatschappelijke kosten-baten analyse voor wind op zee. Wel illustreren de onderzoekers de effecten van bepaalde aannames en uitgangspunten op de kosten – en baten verhouding van wind op zee. Dit geeft de gevoeligheden weer ten aanzien van het wel – en niet meenemen van bepaalde effecten, de kwantitatieve aannames die worden gehanteerd en de scope van studies.

## 1.3 Leeswijzer

- Hoofdstuk 2: Wat zijn positieve en negatieve effecten en argumenten en (hoe) worden deze meegenomen en behandeld in bestaande studies en in het maatschappelijke en politieke debat?
- Hoofdstuk 3: Welke effecten zijn het meest bepalend en doorslaggevend en hebben de grootste impact op de maatschappelijke waarde (kosten/baten verhouding) van windenergie op zee? Wat stellen wij voor t.a.v. de te hanteren aannames, uitgangspunten voor toekomstige studies/discussies? Wat (is zinvol te) kwantificeren en wat niet?
- Hoofdstuk 4: Conclusies en reflectie. De balans van kosten en baten en de rol en beperkingen van MKBA's in politieke besluitvorming en het maatschappelijke debat.

## 2 Analyse van bestaande studies, hun aannames en uitgangspunten

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk geven wij een overzicht van de relevante (welvaarts)effecten<sup>5</sup> en bijbehorende aannames en uitgangspunten die bepalend zijn voor de maatschappelijke waarde (bepaling) van wind op zee. Dit overzicht is tot stand gekomen door een analyse van bestaande studies die maatschappelijke waarde van wind op zee (en land) in kaart hebben gebracht. Al deze studies zijn opgezet volgens de methodiek van de maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA<sup>6</sup>). Een MKBA is een veel gebruikte methode om in te schatten of een bepaald project netto baten oplevert voor een relevant deel van de maatschappij. De studies zijn opgezet aan de hand van de OEI leidraad en/of de Algemene Leidraad voor MKBAs. Deze leidraden schrijven de methodiek voor en de stappen die binnen een MKBA genomen moeten worden.

In Nederland zijn de afgelopen jaren de volgende maatschappelijke kosten-baten analyses (MKBA's) voor windenergie uitgevoerd:

- Het Centraal Plan Bureau in 2005 voor wind op zee (CPB, 2005) en recentelijk voor wind op land (CPB, 2013a, b) MKBA's uitgevoerd.
- Decisio (2010) heeft in 2010 een vergelijkbare analyse gemaakt voor wind op zee, waar het CPB weer een reactie op heeft gegeven (CPB, 2011).
- CE Delft heeft een MKBA opgesteld voor windenergie in Flevoland (CE Delft, 2012) en recentelijk voor Lage Weide (CE Delft, 2013).
- ARCADIS en Rebel Group hebben voor de Vereniging van Nederlandse gemeenten een MKBA opgesteld voor lokale hernieuwbare energieopwekking inclusief wind op land (VNG, 2013);
- Momenteel voert Decisio in opdracht van het ministerie van EZ een MKBA uit voor wind op zee specifiek gericht op wind op zee – dicht bij de kust.

De invalshoeken van waaruit studies worden gedaan zijn echter vaak anders en gebruikte aannames lopen uiteen. Er bestaat verschil tussen welke effecten wel en welke niet worden meegenomen, en de manier waarop dit gebeurt. Zo zijn er bijvoorbeeld verschillen in de mate waarin CO<sub>2</sub> baten en voorzieningszekerheid zijn opgenomen. Deze verschillen kunnen een grote invloed op de uitkomst hebben (zie hoofdstuk 3) en dit komt de eenduidigheid en consistentie niet ten goede.

Paragraaf 2.2 bevat een inleidend overzicht. In de rest van het hoofdstuk gaan we nader in op de verschillende welvaartseffecten en gehanteerde aannames en uitgangspunten in bestaande studies.

<sup>5</sup> (Welvaarts)effecten betreffen zowel financiële als niet-financiële effecten van een project of een beleidsmaatregel op de welvaart van een land of een regio.

<sup>6</sup> Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een hulpmiddel bij maatschappelijke en beleidsmatige beslissingen. Alle effecten van een beslissing (zowel positieve als negatieve) worden in de MKBA op een rij gezet en zoveel mogelijk in geld uitgedrukt. Op die manier kan worden vastgesteld of de maatschappelijke baten hoger zijn dan de kosten, en zo ja, wat het maatschappelijk rendement van een investering is. Op basis hiervan kunnen bestuurders beleidsalternatieven afwegen; MKBA's kunnen een bijdrage leveren aan de onderbouwing van besluiten.

## 2.2 Verschillen tussen studies

De verschillen tussen studies in termen van uitgangspunten en welvaartseffecten zijn weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1 De belangrijkste verschillen in uitgangspunten en welvaartseffecten in bestaande studies**

	Wind op zee CPB (2005)	Wind op zee Decisio (2010)	Wind op land CPB (2013)	Wind op land CE Delft (2012)	Wind op land CE Delft (2013)	Wind op land VNG (2013)
Bereik van de studie	Nationaal	Nationaal	Nationaal	Provinciaal	Lokaal en nationaal	Nationaal
Investeringskosten	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
O&M kosten	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
Elektriciteits-Opbrengsten	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
Hernieuwbare doelstelling in referentiealternatief	Losgelaten <sup>7</sup>	Losgelaten	Losgelaten	Losgelaten	Aan vastgehouden	Aan vastgehouden
CO <sub>2</sub> -reductie	Baten zijn nul	Baten zijn nul	Baten zijn nul	Baten zijn nul	Baten zijn nul	Baten zijn nul
Voorzieningszekerheid	Gevoeligheid analyse	Niet gekwantifice	Gevoeligheid analyse	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
Overige emissies	Opgenomen	Geen baten opgenomen	Opgenomen	Geen baten opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
Effecten op elektriciteitsprijzen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen
Werkgelegenheidseffecten	Baten zijn nul	Baten zijn nul	Baten zijn nul	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
Innovatie-/leereffecten	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen	Geen baten opgenomen
Leveringszekerheid	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen	Opgenomen
Effecten scheepvaart	Geen kosten opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Mariene ecologische effecten	Opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Uitzicht zee / landschap, impact toerisme	Opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Niet te winnen olie – en gasvoorraden en bereikbaarheid van helikopterplatforms	Geen kosten opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Visserij	Geen kosten opgenomen					
Radarverstoring	Geen kosten opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Toename CO <sub>2</sub> uitstoot bij omvaren van	Geen kosten opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

<sup>7</sup> Wel zijn baten opgenomen voor kosten van vermeden maatregelen binnen EU-ETS.

	Wind op zee CPB (2005)	Wind op zee Decisio (2010)	Wind op land CPB (2013)	Wind op land CE Delft (2012)	Wind op land CE Delft (2013)	Wind op land VNG (2013)
Afname concurrentiepositie van havens	Geen kosten opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Zandwinning	Geen kosten opgenomen	Opgenomen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Overige effecten	Niet opgenomen	Niet opgenomen	Niet opgenomen	Niet opgenomen	Niet opgenomen	Niet opgenomen

De tabel hierboven laat zien dat de verschillen in uitgangspunten tussen de verschillende studies groot zijn. Zo verschillen de studies in het al dan niet vasthouden aan de hernieuwbare doelstelling in het referentiealternatief, werkgelegenheid, reductie van overige emissies, scheepvaart en zandwinning.

Geen van de studies neemt vermeden schadekosten van CO<sub>2</sub>-reducties mee (in de hoofdanalyse).<sup>8</sup> Ook zijn in geen van de studies baten opgenomen die gerelateerd zijn aan een (mogelijk) lagere elektriciteitsprijs door hernieuwbare energie.

In de navolgende paragrafen bespreken we elk van de welvaartseffecten en argumenten en geven aan waar grote verschillen in uitgangspunten of manieren van meenemen van deze effecten bestaan.

### 2.3 Investeringskosten, O&M kosten en elektriciteitsopbrengsten

In alle studies uit tabel 1 zijn de financiële effecten meegenomen. De financiële effecten bestaan uit investeringskosten, jaarlijkse kosten voor onderhoud en bediening (O&M) en opbrengsten door de verkoop van elektriciteit. Omdat deze kosten in alle MKBA's zijn opgenomen, en bovendien jaarlijks fluctueren en verschillen tussen wind op land en wind op zee, gaan we hier niet nader in op de financiële business case. Het uitgangspunt is uiteraard een correct uitgevoerde financiële business case, gebaseerd op de meest betrouwbare en recente marktinformatie beschikbaar op het moment dat de MKBA wordt uitgevoerd.

De belangrijkste aannames hebben betrekking op de hoogte van investeringskosten (samenhangend met leereffecten), de gehanteerde energie(prijs)scenario's en op de veronderstelde leercurve/kostprijsontwikkeling. De kostprijs van windenergie op zee verandert onder invloed van de innovaties (het doorlopen van de leercurve), maar ook door schommelingen in de prijzen van de belangrijkste materialen (met name staal en koper) en componenten. In het algemeen worden verschillen in kostprijs en energieprijsscenario's in een gevoeligheidsanalyse geadresseerd.

<sup>8</sup> Een uitzondering vormt CPB (2005), waarin in één van de scenario's emissiereductie in de periode na 2020 is verondersteld. Er zijn echter geen baten opgenomen voor deze emissiereductie, omdat de vermeden schadekosten nihil zijn verondersteld onder de aannames van dit scenario.

## 2.4 Baten CO<sub>2</sub>-emissiereductie

Windenergie op zee draagt bij aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-emissies, maar er is discussie over de vraag of de projectalternatieven ten opzichte van de referentie-alternatieven onder een Europees emissiehandelssysteem (EU-ETS) daadwerkelijk en netto CO<sub>2</sub>-emissies reduceren. Belangrijk hierbij is wederom de keuze van het referentiealternatief (zie paragraaf 2.8). Als in het referentiealternatief wordt gekozen om de doelstelling op een andere manier in te vullen dan wind op zee, treedt in de regel geen extra CO<sub>2</sub> reductie op<sup>9</sup>. Immers, er vindt een equivalente reductie plaats in het referentiealternatief. Dit is aangenomen in CPB (2005), CE Delft (2013) en VNG (2013).

Ook als er geen alternatieve maatregelen worden getroffen in het referentiealternatief (CPB 2013, Decisio 2010, CE Delft 2012), is het de vraag of er feitelijke CO<sub>2</sub>-emissiereductie van hernieuwbare elektriciteit plaatsvindt in Europa. De discussie is te splitsen in drie onderdelen:

- Wordt er daadwerkelijk minder CO<sub>2</sub> geëmitteerd door de inzet van hernieuwbare productie-eenheden die opereren in de context van een Europees emissiehandel-systeem (EU-ETS)?
- Indien dat het geval is, hoe is de emissiereductie te bepalen?
- Welke waarde moet aan deze vermeden emissie worden toegekend?

### A. Wel of geen CO<sub>2</sub>-emissiereductie?

De elektriciteitssector valt onder het EU-ETS. Binnen het emissiehandelssysteem zit er een plafond op de totale Europese uitstoot van CO<sub>2</sub>. Dit plafond wordt binnen dit beleidsinstrument periodiek vastgesteld. Volgens de standaardredenering heeft de inzet van hernieuwbare energie op korte termijn geen invloed op de totale omvang van de uitstoot. Immers, emissiereductie door hernieuwbare energie zorgt ervoor dat elders binnen het EU-ETS weer meer kan worden uitgestoten, gegeven het vastgestelde plafond (het zogenaamde 'waterbed-argument').

Er zijn echter argumenten waarom er wel sprake kan zijn van feitelijke emissiereducties en/of waarom het wel als effect meegenomen dient te worden in MKBA's:

1. **Het plafond heeft geen effect op de emissies.** Bij de waterbed-argumentatie wordt geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat de totale emissies onder het plafond uitkomen. Momenteel liggen de daadwerkelijke emissies al enige jaren onder het (jaarlijkse) plafond<sup>10</sup>. De aanname dat de daadwerkelijke emissies gelijk zijn aan het plafond gaat dus niet per definitie op. Dit betekent dat emissiereducties niet altijd elders ingevuld worden. Volgens de meest recente PRIMES referentie scenario's zal de totale CO<sub>2</sub> emissie in 2020 lager zijn dan het plafond. Kennelijk is het plafond niet van doorslaggevende invloed op het emissieniveau. Windenergie op zee zal er daarom voor zorgen dat totale emissies in 2020 nog verder onder plafond uitkomen: er is wel een netto-impact op de CO<sub>2</sub> emissies. Ook is het niet uitgesloten dat ook in 2030 de totale emissies in de EU lager zijn dan het plafond. In dat geval treden ook na 2020 emissiereducties op. Momenteel onderhandelen de Europese Commissie, het Europees Parlement en de Europese Raad nog over het ETS plafond in 2030. Hier kan tegenin worden gebracht dat deelnemers rechten kunnen 'bankken' en later alsnog uitstoten. Hierdoor wordt in de periode 2020-2030 extra uitgestoten en de emissiereductie voor 2020 teniet gedaan. Als de emissiereductie in 2030 niet onder het plafond zal uitkomen, is er daarom tot 2030 geen sprake van feitelijke emissiereductie. Daar staat echter weer tegenover

<sup>9</sup> Bij biomassa hoeft dit niet het geval te zijn, omdat extra uitstoot buiten Europa op kan treden door de zogenaamde ILUC-effecten.

<sup>10</sup> Zie EEA, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-trading-viewer>

dat in de onderhandelingen over het 2030 plafond de huidige emissies en de prognose voor 2020 en 2030 een belangrijke rol spelen. Het wordt makkelijker in 2030 het plafond scherper te stellen als de totale emissies in 2020 lager uitkomen dan het plafond. Dit wordt bijvoorbeeld geïllustreerd door de huidige discussie rondom het EU ETS systeem om naast de beslissing om CO<sub>2</sub>-certificaten (tijdelijk) uit de markt te halen, eventueel ook het plafond sneller te laten dalen, als gevolg van het feit dat de emissies al enkele jaren onder het plafond liggen en er dus een overschot aan emissierechten is. Een scherpere doelstelling betekent dan dat er mogelijk ook CO<sub>2</sub> baten zijn in de periode tot 2030.

- Het plafond heeft wel effect op de emissies, maar leidt tot baten elders.** Bij het waterbedargument is ook de scope van belang. Bij investeringen op nationaal niveau vormen alleen welvaartseffecten die binnen Nederland optreden het uitgangspunt (nationale scope). Economische voordelen van windenergie die optreden in het buitenland, zoals vermeden kosten voor reductiemaatregelen of voordelen door lagere CO<sub>2</sub> prijzen<sup>11</sup>, worden doorgaans niet meegenomen. De nationale scope leidt tot beperkingen voor de toepasbaarheid van MKBA's bij vraagstukken die in internationaal verband moeten worden opgelost. Immers, een gecoördineerde actie is noodzakelijk om in Europees verband de klimaatdoelstellingen te behalen. Door een toename van duurzame energie daalt de vraag naar emissierechten en daarmee de prijs. Dit is gunstig voor bedrijven die emissierechten moeten aankopen. Als andere landen, vanuit een nationaal perspectief, zouden besluiten hun duurzame energiedoelstellingen los te laten, zou dit betekenen dat ook Nederlandse deelnemers hogere kosten zouden krijgen voor de aankoop van hun CO<sub>2</sub> rechten. De vraag is daarom of een bredere scope niet wenselijk zou zijn in de analyse.
- Het voortbestaan van het EU ETS is onzeker.** De EU-ETS is een beleidsinstrument en kan deze onder politieke druk worden stopgezet of aangepast, bijvoorbeeld in 2020 (alhoewel dat laatste niet erg waarschijnlijk is). CPB (2013) houdt hier rekening mee door in de gevoeligheidsanalyse vermeden schadekosten van CO<sub>2</sub> op te nemen bij het geval van stopzetting van EU-ETS.
- Ten slotte kan bij een alternatieve invulling, bijvoorbeeld door biomassa (in plaats van wind op zee) de uitstoot buiten de EU stijgen door zogenaamde ILUC-effecten<sup>12</sup>.

Concluderend: het is niet zeker of het ETS plafond daadwerkelijk effect heeft op de emissies. Als het geen effect heeft, heeft wind op zee een positieve baten van lagere emissies. Als het wel een effect heeft, bepaalt de scope of de baten van lagere investeringen in de industrie wel of niet meegenomen worden.

## **B. Vaststellen van de omvang van eventueel vermeden CO<sub>2</sub>-emissies**

Als aan hernieuwbare elektriciteit de CO<sub>2</sub>-emissiereducties kunnen worden toegerekend, is de volgende vraag hoe de grootte daarvan dan vast te stellen. Is de referentie de elektriciteitsproductiemix, of zijn dat specifieke technologieën die verdrongen worden. Uit studies in het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten blijkt dat voornamelijk gasturbines worden verdrongen. De vraag is of dit te veralgemeniseren is tot heel (Noordwest) Europa.

<sup>11</sup> Immers, windenergie in Nederland zorgt ervoor dat elders binnen EU-ETS geen reductiemaatregelen genomen hoeven te worden of dat de CO<sub>2</sub> prijs daalt door een lagere vraag naar rechten.

<sup>12</sup> Indirect Land Use Change (ILUC)



### C. Vaststellen van de waarde van vermeden CO<sub>2</sub>-emissies

Voor de waarde van de vermeden CO<sub>2</sub>-emissies kan de waarde van de geprognostiseerde emissierechten worden gekozen, of kan worden uitgegaan van vermeden schadekosten. Een overzicht van de schadekosten, op basis van een groot aantal internationale studies, is bijvoorbeeld weergegeven in CE Delft (2010), MIRA (2010) en UBA (2012).

Een discussie die hierbij speelt is dat de baten van een ton CO<sub>2</sub> reductie globaal zijn en slechts voor een klein deel ten gunste komen van Nederland. Bij een nationale scope kan daarom worden beargumenteerd dat de baten van een ton CO<sub>2</sub> reductie voor Nederland een fractie zijn van de wereldwijde baten. Een tegenargument is dat klimaatverandering een mondiaal probleem is waarbij een gezamenlijke samenwerking noodzakelijk is om het probleem op te lossen. Het treffen van reducerende maatregelen in een land kan daarmee een ander land bewegen om ook reducerende maatregelen te treffen. Dit argument wordt gehanteerd door de auteurs van het 'White house report on the social costs of carbon' (IWG, 2013) om toch de wereldwijde baten per ton CO<sub>2</sub> reductie toe te kennen bij een analyse op nationale scope<sup>13</sup>.

#### Conclusie

In de bestudeerde studies zijn geen vermeden schadekosten meegenomen in de hoofdanalyse (de waarde is op 0 €/tCO<sub>2</sub> gezet). Wel worden vermeden schadekosten opgenomen in CPB (2013) in de gevoeligheidsanalyse, onder de aanname dat EU-ETS geen doorgang vindt na 2020.

In de buitenlandse literatuur zijn er voorbeelden van studies waarin vermeden schadekosten wel zijn opgenomen. Zo hanteert het Belgische Federaal Planbureau (2013) voor de periode 2020 tot 2050 schadekosten die variëren van 18-73 (2020) tot 130-300 (2050) €/tCO<sub>2</sub>. In deze studie zijn lange termijn ontwikkelingen van het Belgische energiesysteem tot 2050 geanalyseerd.

## 2.5 Reductie luchtvervuilende emissies (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, en fijn stof)

In conventionele elektriciteitsopwekking worden naast CO<sub>2</sub> ook NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, en fijn stof (PM<sub>10</sub>) uitgestoten. Bij wind op zee komen deze emissies in de gebruiksfase niet vrij. Hoeveel emissies uiteindelijk worden vermeden binnen Nederland, hangt af van het luchtkwaliteitsbeleid en de aard van de elektriciteitsproductie die wordt verdrongen door wind op zee.

Wanneer windturbines eenmaal operationeel zijn, zijn de marginale kosten beperkt. Dit houdt in dat windturbines helemaal vooraan in de 'merit order' geplaatst worden; ze worden altijd als eerste ingezet. De productie die hiermee verdrongen wordt, kan afkomstig zijn uit gas- of kolencentrales (al dan niet in combinatie met biomassa). Omdat de uitstoot tussen gas- en kolencentrales verschilt, zijn de vermeden emissies afhankelijk van de aard van de productie die wordt verdrongen. Daarnaast is het gevoerde luchtkwaliteitsbeleid van belang. Het nationale beleid is erop gericht om te voldoen aan de nationale emissieplafonds uit de NEC-richtlijn en aan de Europese luchtkwaliteitsnormen.<sup>14</sup> De NEC-richtlijnen geven nationale plafonds voor de uitstoot van zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), en fijn stof (PM<sub>10</sub>). Door deze plafonds is het ook mogelijk dat er netto geen reductie plaatsvindt, maar dat door wind op zee elders binnen Nederland maatregelen kunnen worden

<sup>13</sup> <http://www.economist.com/blogs/freeexchange/2014/06/novel-accounting-greenhouse-gas-regulations>

<sup>14</sup> De Europese luchtkwaliteitsnormen zijn lokaal en geven weer waar concentraties niet boven mogen komen. Voor een nadere toelichting zie <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0230-Nationale-luchtkwaliteit%3A-beleid.html?i=14-65>

uitgespaard om te voldoen aan deze normen. Dit hangt ervan af, in hoeverre de plafonds de emissies beïnvloeden. Voor NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> liggen de emissies op of boven de plafonds en is het daarom aannemelijk dat lagere emissies bij elektriciteitsopwekking zouden leiden tot hogere emissies elders. Voor SO<sub>2</sub>, NMVOS zijn de emissies veel lager dan de plafonds en daardoor is het onwaarschijnlijk dat die emissies zullen stijgen als gevolg van lagere emissies in de elektriciteitsopwekking. Ook de kosten van uitgespaarde maatregelen zijn baten voor de Nederlandse maatschappij.

De baten van overige emissies worden verschillend per studie meegenomen. In CPB (2005), CPB (2013), CE Delft (2013)<sup>15</sup> en VNG (2013) zijn deze baten wel opgenomen, alhoewel CPB (2013) werkt met een range waarbij de baten ook nul kunnen zijn. In CE Delft (2012) zijn vanwege de provinciale scope geen baten opgenomen voor de reductie van overige emissies (aangenomen is dat vooral productie buiten Flevoland wordt verdrongen). In Decisio (2010) zijn ook geen baten opgenomen voor de reductie van overige emissies, omdat onbekend is hoe verschuivingen van emissies optreden.

Het lijkt ons aannemelijk dat bij een toename van wind op zee marginale productie wordt verdrongen van centrales die wel emissies uitstoten. Baten dienen daarom opgenomen te worden. Omdat het moeilijk is exact te voorspellen welke emissies worden verdrongen, zou bijvoorbeeld de gemiddelde uitstoot van het Nederlandse elektriciteitspark gehanteerd kunnen worden. Hierbij wordt aangesloten bij het protocol monitoring hernieuwbare energie (substitutiemethode). Omdat het moeilijk is te bepalen of daadwerkelijke fysieke uitstoot wordt vermeden, of andere maatregelen worden voorkomen om aan de NEC-plafonds te voldoen, zouden de baten zowel op basis van schade- als preventiekosten gewaardeerd kunnen worden.

## 2.6 Werkgelegenheid

De realisatie van windparken op zee zullen leiden tot werkgelegenheid in de hele waardeketen van wind op zee. Voor Nederland zal het daarbij waarschijnlijk vooral gaan om de offshore service sector, de productie van masten, assemblage, installatie en daaraan gerelateerde (ontwikkelings-)diensten en het onderhoud van windparken, aangezien de daadwerkelijke productie van de windturbines (grotendeels) in het buitenland plaats zal vinden. De vraag in hoeverre deze extra werkgelegenheid ook leidt tot positieve welvaartseffecten voor de BV Nederland is afhankelijk van de vraag of de gecreëerde banen additioneel zijn. Als de banen worden ingevuld door werknemers die anders elders een baan zouden hebben, is er geen sprake van additionele werkgelegenheid en dus ook niet van een positief welvaartseffect.

CPB (2005), CPB (2013) en Decisio (2010) concluderen dat investeringen in windparken (in zee of op land) op de lange termijn niet leiden tot additionele werkgelegenheid. CE Delft (2013), CE Delft (2012) en VNG (2013) gaan er daarentegen vanuit dat investeringen in windparken wel leidt tot additionele werkgelegenheid. Bij CE Delft (2012; 2013) gaat het dan om de werkgelegenheid m.b.t. de installatie en het onderhoud van de windturbines, terwijl de VNG (2013) alleen de werkgelegenheid in de pre-exploitatiefase (onderzoek en ontwikkeling/realisatie windturbines) meeneemt. Beide studies erkennen dat er bij de werkgelegenheid als gevolg van de realisatie van windparken sprake is van verdringing: extra mensen werkzaam in de windenergiesector leidt tot

<sup>15</sup> CE Delft (2013) presenteert uitkomsten zowel op lokaal als nationaal niveau. Op nationaal niveau zijn wel baten opgenomen.

minder werknemers in andere sectoren. Maar in tegenstelling tot de CPB en Decisio studies wordt geen 100% verdringing verondersteld, maar 90% in CE Delft (2013) en 50% in VNG (2013), wat leidt tot (beperkte) netto werkgelegenheidseffecten. Deze resultaten liggen in lijn met de resultaten van verschillende internationale studies naar de werkgelegenheidseffecten van investeringen in hernieuwbare energie (o.a. Fraunhofer et al., 2009; ECF, 2013); deze studies vinden – meestal gebaseerd op berekeningen met economische modellen – dat investeringen in hernieuwbare energie leiden tot beperkte werkgelegenheidseffecten op de lange termijn.

Ook Cambridge Econometrics (2012) komt op basis van modelberekeningen tot de conclusie dat investeringen in wind op zee in de UK leidt tot beperkte positieve werkgelegenheidseffecten voor de UK.

In de literatuur is er brede overeenstemming dat de werkgelegenheidseffecten op de korte termijn groter zijn dan op de lange termijn (zie bijvoorbeeld Cambridge Econometrics, 2012; Fraunhofer et al., 2009). Zeker gezien de huidige economische situatie en de daarbij horende relatief hoge werkloosheid in Nederland kunnen investeringen in windparken op de korte termijn leiden tot additionele banen.

## 2.7 Voorzieningszekerheid

Windenergie (en hernieuwbare energie in het algemeen) leidt tot een diversificatie van energiebronnen voor de Nederlandse energievoorziening, en tot geringere afhankelijkheid van gas en andere fossiele brandstoffen. Dit kan leiden tot gemiddeld meer voorspelbare kosten van het productiepark. Immers, het grootste deel van kosten van hernieuwbare energie (investeringskosten en onderhoudskosten) is bekend, terwijl de kostprijs van kolen- en gascentrales afhankelijk is van onzekere en (op lange termijn) onvoorspelbare brandstofprijzen. Door diversificatie van energiebronnen neemt ook de energie-afhankelijkheid af van landen als Rusland of het Midden-Oosten. Dit zijn belangrijke (geo – en energie)politieke overwegingen ten faveure van hernieuwbare energie, inclusief windenergie op zee.

De mate waarin de baten van voorzieningszekerheid wordt meegenomen verschilt per studie. In CPB (2005) en CPB (2013) zijn de baten opgenomen in de gevoeligheidsanalyse, door een 1% lagere risico-opslag te hanteren voor de baten. In VNG (2013) is ook een 1% lagere risico-opslag gehanteerd voor de baten, maar zijn deze in de hoofdresultaten opgenomen. In CE Delft (2012) zijn de baten kwalitatief opgenomen en in CE Delft (2013), kwantitatief op basis van waarden berekend in Awerbuch and Sauter (2006).<sup>16</sup> In Decisio (2013) zijn de baten voor voorzieningszekerheid niet meegenomen.

ECN (2006) heeft voor het Nederlandse elektriciteitspark de baten van voorzieningszekerheid onderzocht. Zij concluderen dat hernieuwbare energie een positieve bijdrage levert aan voorzieningszekerheid: *"Results suggest that, in both scenarios, policy variants with high promotion of renewable energy generation are attractive from a socio-economic perspective. Portfolio (cost) risk*

<sup>16</sup> Awerbuch en Sauter (2006) komen op basis van een statistische analyse tot de conclusie dat een stijging van 10% hernieuwbare energie leidt tot \$49 mln tot \$90 mln minder verlies aan economische output. Het welvaartseffect bedraagt daarmee zo'n \$ 200 per kW geïnstalleerd vermogen windturbines of zonnepanelen.

*can be reduced significantly (i.e. by up to 20%) through diversification with a key role for renewables."*

In CPB (2005) en CPB (2013) wordt betoogd dat de wetenschappelijke discussie over het al dan niet optreden van baten voor voorzieningszekerheid nog geen eenduidige conclusie heeft opgeleverd. Daarom zijn in deze studies de baten opgenomen in een gevoeligheidsanalyse.

Gerelateerd aan het vervangen van fossiele energiebronnen door hernieuwbare bronnen en aanvullende redenen om als maatschappij te kiezen voor hernieuwbare energiebronnen (waaronder windenergie op zee) zijn gerelateerd aan de risico's die verbonden zijn aan milieu en sociale problemen die kunnen ontstaan bij de winning van fossiele energie. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om negatieve milieu effecten als gevolg van oliewinning (e.g. in Nigeria, Alaska, de Golf van Mexico) en gezondheidsproblemen - en sterfte bij de winning van kolen in mijnen. Daarnaast zijn er risico's verbonden aan het transport van fossiele brandstoffen (lekkende pijpleidingen, tankers etc.) en van nucleair afval. Bij hernieuwbare energie bronnen (en windenergie) spelen ook negatieve milieu - en sociale effecten, zij het in mindere mate. Hierop gaan wij in hoofdstuk 2.21 nader in.

## 2.8 Bijdrage aan hernieuwbare energiedoelstelling: keuze referentiealternatief

De Europese Unie heeft als doel dat in 2020, 20% van het totale energieverbruik hernieuwbaar wordt opgewekt. In dit kader is de Hernieuwbare Energie Richtlijn in december 2008 vastgesteld door de Europese Commissie en het Europees Parlement en geldt voor alle lidstaten. De EU doelstelling (20%) is vertaald naar doelen voor de verschillende lidstaten. Nederland heeft een juridisch bindende doelstelling om 14% hernieuwbare energie op te wekken in 2020. De klimaatdoelstelling voor Europa is een 20% emissiereductie in 2020 ten opzichte van de emissies in 1990. Deze doelstelling is vertaald in een reductietraject voor de ETS-sectoren, en door de lidstaten voor de niet-ETS sectoren. Wind op zee levert een bijdrage aan een transitie naar een schonere energievoorziening en de realisatie van de internationale en nationale hernieuwbare energiedoelstellingen en klimaatdoelstellingen. De vraag is of, en zo ja welke, welvaartseffecten hiermee samenhangen.

De aard van de baten hangen sterk samen met de manier waarop er met de hernieuwbare energiedoelstelling wordt omgegaan in het zogenaamde referentiealternatief (of nulalternatief). Het referentiealternatief wordt door de Algemene Leidraad MKBA (CPB en PBL, 2013) voorgeschreven als de meest waarschijnlijk te achten situatie als er geen windpark op zee komt. Mogelijke invullingen voor een MKBA wind op zee zijn:

1. De doelstelling wordt op een andere manier ingevuld dan door wind op zee. Voorbeelden zijn extra inzet van biomassa in kolencentrales of het gebruik van coöperatie mechanismen zoals omschreven in de Hernieuwbare Energie Richtlijn;<sup>17</sup>
2. Er worden geen alternatieve maatregelen voor windenergie op zee genomen. Dit houdt impliciet in dat Nederland de doelstelling niet haalt en/of loslaat, en ook de eventuele consequenties die daaraan verbonden zijn accepteert.

<sup>17</sup> Onder de coöperatie mechanismen wordt verstaan: statistische uitruil, het gezamenlijk ontwikkelen van projecten, en het opzetten van gezamenlijke subsidie/ondersteuningsregelingen.

Bij de eerste invulling van het referentiealternatief bestaan de baten voor dit effect uit vermeden kosten voor de alternatieve maatregelen die genomen hadden moeten worden om de doelstelling op een andere manier te behalen. Voorbeelden zijn meerkosten voor biomassa of de uitruil van statistieken met landen die boven hun hernieuwbare energie doelstelling produceren.

Bij de tweede invulling van het referentiealternatief zijn de baten meer verschillend van aard en moeilijker te kwantificeren, omdat de gevolgen onduidelijker zijn. De Nederlandse doelstelling voor hernieuwbare energie is vastgelegd als een 'bindend nationaal streefcijfer' in de richtlijn hernieuwbare energie (2009/28/EG), die op zijn beurt een onderdeel is van het klimaat- en energiepakket waaraan de Europese lidstaten zich in 2009 hebben gecommitteerd (20-20-20 in 2020). Wanneer Nederland zich aan deze verplichting zou onttrekken, zou dat verschillende gevolgen kunnen hebben. Zo is het mogelijk dat de Europese Commissie een boete oplegt aan Nederland. Ook is het denkbaar dat wanneer Nederland zich eenzijdig onttrekt aan een toezegging, dit gevolgen heeft op andere dossiers. De kosten van de boetes op de consequenties op andere dossiers zijn onmogelijk te kwantificeren, maar daarom niet minder reëel.

#### **De geanalyseerde studies hanteren een verschillend referentiealternatief**

In CPB (2013) is expliciet de aanname gehanteerd dat er geen alternatieve maatregelen genomen worden. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat Nederland voor een EU boete kan opdraaien door het loslaten van de doelstelling. De hoogte van deze boete is echter onbekend en niet gekwantificeerd (ook niet opgenomen als PM post), waardoor de baten gerelateerd aan het behalen van de hernieuwbare energiedoelstelling bij realisatie van wind op zee buiten beeld blijven.

In CPB (2005), CE Delft (2013) en VNG (2013) is wel (impliciet) invulling gegeven aan alternatieve maatregelen. In CPB (2005) zijn de baten gebaseerd op vermeden aankoop van emissierechten die Nederland aan moet schaffen. In CE Delft (2013) zijn de baten gebaseerd op de vermeden kosten van alternatieve maatregelen die (in dit geval) de gemeente Utrecht of de nationale overheid zou moeten treffen om haar doelstelling te behalen. In VNG (2013) zijn de baten op lokaal niveau gebaseerd op basis van lokale preferenties; op nationaal en Europees niveau op basis van uitgespaarde kosten voor alternatieve maatregelen.

De opzet van CE Delft (2012) is zodanig dat er op het punt van de Europese hernieuwbare energiedoelstelling geen invulling hoeft te worden gegeven aan het referentiescenario. Deze studie gaat uit van een provinciale scope (Flevoland), waarbij is aangenomen dat in het referentiealternatief extra windenergie buiten Flevoland wordt gerealiseerd. Vanwege de provinciale scope hoeven de vermeden kosten van het behalen van een nationale doelstelling niet in beeld gebracht te worden. In Decisio (2010) wordt de uitgevoerde analyse geen MKBA maar een maatschappelijke kosten effectiviteitsanalyse (MKEA) genoemd; de centrale vraag is hier dus anders, namelijk hoe Nederland het goedkoopst aan de gegeven doelstelling kan voldoen. Hierbij heeft de studie zich echter beperkt tot verschillende alternatieven voor windenergie op zee. Andere maatregelen zijn buiten beschouwing gelaten.

## Conclusie

Zoals blijkt uit dit korte overzicht, verschillen de studies in de keuze van het referentie-alternatief. Bij een keuze van het loslaten van de hernieuwbare energiedoelstelling zijn de negatieve gevolgen echter (meestal) niet gekwantificeerd.

Als gekozen wordt voor een referentiealternatief waarbij de hernieuwbare doelstelling wordt losgelaten, moeten de negatieve consequenties voor Nederland in kaart worden gebracht. Deze effecten zijn divers van aard en waarschijnlijk moeilijk te kwantificeren, maar mogelijk wel van cruciaal belang om vanuit welvaartstheoretisch perspectief een investering in hernieuwbare energie te rechtvaardigen.

Wanneer in het referentiealternatief wordt vastgehouden aan de hernieuwbare energiedoelstelling, krijgt de analyse meer het karakter van een maatschappelijke kosteneffectiviteitsanalyse. Hoe verhouden de maatschappelijke kosten en baten zich tot alternatieven om de hernieuwbare energiedoelstelling te behalen?

De vraag is dus of gekozen moet worden voor een referentiealternatief waarbij de hernieuwbare energiedoelstelling wordt losgelaten of niet. Op basis van het recente SER akkoord en het regeerakkoord lijkt het er echter niet op dat Nederland de doelstelling zou loslaten. Het opnemen van uitgespaarde kosten voor alternatieve maatregelen als baten van windenergie op zee lijkt daarom de te verkiezen optie. Dit kunnen bijvoorbeeld uitgespaarde kosten zijn voor de inzet van biomassa of voor de inzet van coöperatie mechanismen. Hierbij moeten alle relevante kosten en baten ten opzichte van dit alternatief in kaart worden gebracht. Zo kan bij biomassa de CO<sub>2</sub> uitstoot buiten de EU stijgen, als gevolg van zogenaamde ILUC effecten.

## 2.9 Innovaties, leereffecten en exportpotentieel

Een toename van de wereldwijde vraag naar windenergie kan innovaties stimuleren. De globale R&D uitgaven voor windenergie in 2012 zijn geraamd op 1,7 miljard dollar (GMHB, 2013). De Nederlandse publieke R&D uitgaven voor windenergie bedroegen in 2010 en 2011 respectievelijk €32 mln. en €11 mln. (IEA Database). Op Europees niveau waren de R&D uitgaven geschat op meer dan €1 miljard. Door innovaties kan de kostprijs van windenergie dalen, en concurrerender maken ten opzichte van conventionele opwekkingsvormen. Door windenergie op zee toe te passen draagt Nederland bij aan de wereldwijde vraag naar hernieuwbare energie en kan hiermee indirect innovaties stimuleren. Wanneer op langere termijn de Nederlandse industrie een relatief groot marktaandeel weet te bemachtigen, zullen deze 'investeringen' in ontwikkeling kunnen worden terugverdiend op langere termijn. Maar of dit het geval zal zijn, en zo ja, in welke mate is moeilijk vast te stellen. Dit effect is echter in geen van de hier beschouwde literatuur opgenomen omdat het effect moeilijk te kwantificeren is.

Het welvaartseffect van leercurve-effecten kan in potentie groot zijn. Door innovaties kunnen de kosten van toekomstige duurzame energiemaatregelen dalen. Ook hier is de scope van de analyse van belang. In het buitenland zal ook worden geprofiteerd worden van lagere kosten van duurzame energiemaatregelen. Hier speelt mee dat een gecoördineerde actie noodzakelijk is, om te voorkomen

dat landen op elkaar wachten om de voordelen van innovaties te benutten, zonder bij te dragen aan de kosten voor het doorlopen van het leercurve traject.

## 2.10 Leveringszekerheid

Windenergie is in tegenstelling tot energie uit gas- en kolencentrales een variabele energiebron. De productie is afhankelijk van de mate waarin het waait. Hierdoor neemt de onzekerheid in de totale Nederlandse elektriciteitsproductie toe door wind op zee.

Met deze onzekerheid hangen verschillende kosten samen, namelijk:

1. Kosten voor reservevermogen;
2. Kosten voor balanceringsvermogen;
3. Kosten samenhangend met profieffecten.

Ten eerste is er meer behoefte aan reservevermogen. Reservevermogen is extra productievermogen dat in reserve gehouden moet worden om elk moment en onder alle omstandigheden een betrouwbare energievoorziening te kunnen verzorgen. De kosten van reservevermogen zijn geschat op 1% van het opgestelde windvermogen bij een windpenetratie van 10% (ECN, 2013a).

Ten tweede nemen de kosten voor balanceringsvermogen toe. Balanceringsvermogen houdt de capaciteit in die noodzakelijk is om continu de balans tussen vraag en aanbod in stand te houden. De kosten voor balanceringsvermogen zijn geraamd op € 1,3 per MWh (ECN, 2013a). Omdat de kosten van onbalans door Tennet in rekening worden gebracht, worden deze kosten vergoed in de SDE+ subsidies. In de onderbouwing voor de hoogte van deze vergoeding gaat men in ECN (2013b) uit van hogere waarden dan de €1,3 per MWh geraamd in ECN, 2013a (€ 4,11 per MWh in 2012 wat overeenkomt met 8,6% van de APX prijs).

Tenslotte zijn er kosten die samenhangen met het profieffect. Omdat een windmolen relatief veel elektriciteit produceert op momenten dat de prijs van elektriciteit laag is (bijvoorbeeld 's nachts), zijn de opbrengsten relatief lager dan de gemiddelde elektriciteitsprijs. Daar komt bij dat de omvang van het opgestelde windvermogen een niveau bereikt heeft waarbij de voorspelde windproductie al een merkbaar effect op de marktprijzen heeft (ECN, 2013 b).

ECN (2013a) schat de hoogte van de profielkosten in de toekomst hoger in dan de kosten van reservevermogen en onbalansvermogen. In 2030 zijn de kosten voor reservevermogen van netintegratie van windenergie in Nederland geraamd op € 3 mln tot € 26 mln, de balanceringskosten op € 17 mln tot € 140 mln terwijl de profielkosten € 76 mln tot € 1.449 mln bedragen. Ook profielkosten worden vergoed met de SDE+ subsidies. Voor het jaar 2012 zijn de profielkosten geraamd op € 1,84 per MWh. Dit is 3,84% van de APX prijs en lager dan de vergoeding voor onbalansvermogen (ECN 2013a).

Omdat profielkosten en kosten voor balanceringsvermogen vergoed worden vanuit de SDE+ subsidie, zijn deze kosten geïnternaliseerd in de business case van windenergie. In de meeste studies zijn deze kosten daarom (impliciet of expliciet) meegenomen door een afslag te hanteren op de elektriciteitsopbrengsten. In CE Delft (2012, 2013) wordt een afslag gehanteerd van € 8 per MWh. In Decisio (2010) gaat men uit van een onbalanskorting van 7% van de elektriciteitsprijs, in VNG (2013)

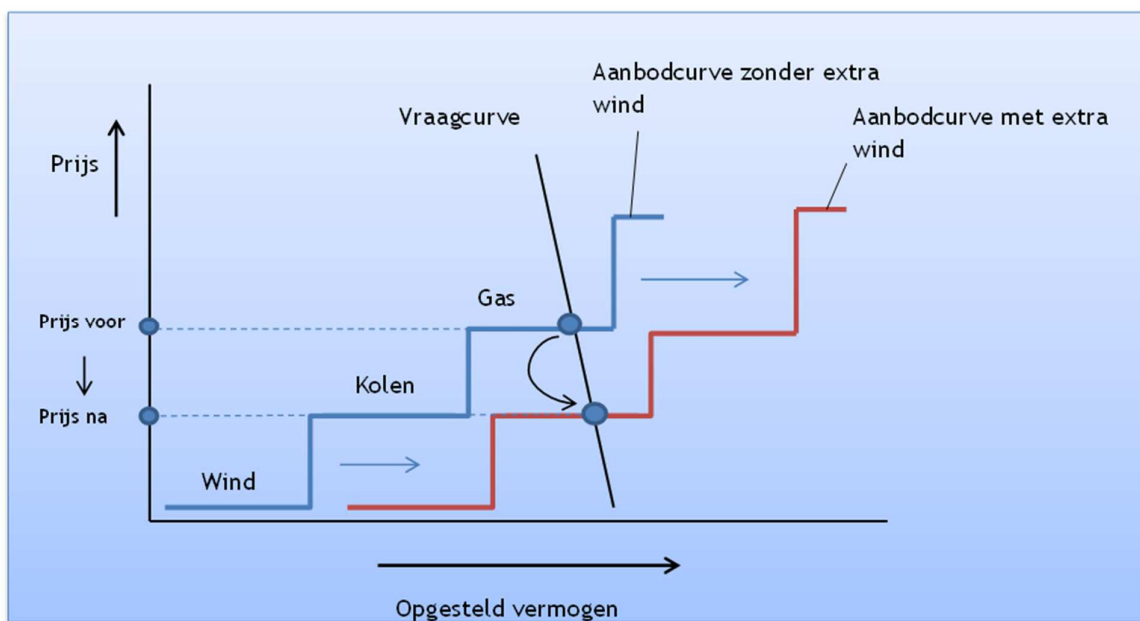


bedraagt deze 10%. Ook in CPB (2013) zijn de kosten voor reservecapaciteit verdisconteerd in een afslag op de elektriciteitsprijs.<sup>18</sup> De afslag is geraamd op 17% van de elektriciteitsprijs in 2015 oplopend naar 41% in 2040. In CPB (2005) wordt uitgegaan van reservecapaciteit die 5% tot 6% van de totale investerings- en onderhoudskosten bedragen.

Bij het hanteren van de afslag op de elektriciteitsprijs is het belangrijk om een duidelijk onderscheid te maken tussen kosten van het profieffect, en reserve-/balanceringsvermogen. Alhoewel kosten voor het profieffect van belang zijn voor de business case (en vergoed worden door de SDE+ subsidie), is het de vraag of deze ook vanuit maatschappelijk perspectief opgenomen dienen te worden. Immers, de lagere opbrengsten voor producenten van windenergie door het optreden van het profieffect komen ten gunste van de afnemers van windenergie. Vanuit maatschappelijk perspectief kan daarom ook worden beargumenteerd dat deze kosten per saldo nul zijn. Kosten voor onbalans- en reservevermogen zijn wel kosten vanuit maatschappelijk perspectief en dienen in de MKBA opgenomen te worden.

## 2.11 Effect op elektriciteitsprijzen

Elektriciteit gegenereerd door windturbines staat vooraan in de 'merit order' vanwege de lage marginale kosten en wordt deze elektriciteit dus in principe altijd als eerste ingezet. Dit betekent dat de aanbodcurve van elektriciteit, in ieder geval op de korte termijn, naar rechts verschuift indien er meer wind wordt opgesteld. Omdat de elektriciteitsprijs wordt bepaald op het snijpunt van de vraag- en aanbodcurve, kan deze verschuiving leiden tot een lagere elektriciteitsprijs. Dit is grafisch weergegeven in Figuur 1.



**Figuur 1 Impact van windenergie op de elektriciteitsprijs (korte termijn)**

<sup>18</sup> Zie p 15 CPB (2013).



De vraag is in hoeverre dit prijs verlagende effect in de praktijk ook daadwerkelijk optreedt. In CPB (2005) zijn geen baten opgenomen, omdat het effect als beperkt wordt verondersteld. Mulder en Scholtens (2013) concluderen dat zonne- en windenergie in Nederland inderdaad de stroomprijs drukken, maar dat dit effect vooralsnog beperkt is. Als de windkracht in Nederland en Duitsland met 1% toenam daalde de gemiddelde dagelijkse APX elektriciteitsprijs 2008-2011 met respectievelijk zo'n 0,01% en 0,03%. Wel wordt in deze studie verwacht dat een sterker drukkend effect gaat optreden bij een verdere groei van hernieuwbare energie in Nederland. Buitenlandse studies veronderstellen een sterker effect voor hun markten. Tveten et al (2013) concluderen dat door zonne-energie de gemiddelde Duitse elektriciteitsprijs met 7% is gedaald tussen 2010 en 2011. McConell et al (2013) observeren een daling tussen de 8,6% en 12% in de Australische markt als gevolg van zonne-energie. Deze auteurs stellen zelfs dat prijsdalingen de kosten van subsidies in Australië meer dan compenseren. Dit impliceert een grote batenpost.

De baten van een lagere elektriciteitsprijs zijn in zekere zin een herverdelingseffect. Immers, de lagere prijzen zijn gunstig voor afnemers van elektriciteit, maar gaan ten koste van de aanbieders (zie paragraaf 2.10 profielkosten).

Op basis van resultaten van buitenlandse studies blijkt dat het effect in potentie groot kan zijn. Het is daarom aan te bevelen dit effect in ieder geval kwalitatief op te nemen in toekomstige kosten baten onderzoeken van wind op zee (als PM-post). Hierbij zou dan ook rekening gehouden moeten worden met het negatieve welvaartseffect van het marktversturende effect van subsidies, de zogenaamde *deadweight loss*. Dit effect is in de meeste MKBA's niet opgenomen. Wel wordt deze benoemd in CPB (2005), maar niet gekwantificeerd.

## 2.12 Scheepvaart

Het plaatsen van turbines in zee en het mogelijke moeten verleggen van scheepvaartroutes brengt twee mogelijke effecten voor de scheepvaart met zich mee. Allereerst leidt het veranderen van scheepvaartroutes tot een verandering van de vaarafstand en daarmee kosten voor de scheepvaart als gevolg van brandstofkosten en operationele kosten van vaaruren. Daarnaast kan een verandering in de scheepvaartroutes ook leiden tot een verandering van de veiligheid op zee. Het risico op aanvaringen met andere schepen kan toe- of afnemen.

In Decisio (2010) zijn negatieve effecten gekwantificeerd en opgenomen gerelateerd aan het omvaren en veiligheid. In CPB (2005) zijn geen effecten opgenomen, omdat de parken onderwerp van studie buiten bestaande routes zijn aangelegd. Het effect op scheepvaart is locatie specifiek en daarom afhankelijk van de vormgeving van de te onderzoeken alternatieven.

## 2.13 Mariene ecologie

Ecologische effecten zijn beide kwalitatief gewaardeerd in Decisio (2010) en CPB (2005). Gegeven de huidige onzekerheid van monetaire waardering van ecologische effecten, is het waarschijnlijk te prefereren om mariene ecologische effecten kwalitatief te waarderen, bijvoorbeeld door aan te sluiten bij een MER beoordeling (als deze wordt uitgevoerd). Effecten zijn in veel gevallen zeer locatie-

specifiek. Zo is het bekend dat geluid bij de bouw van parken (en de schokgolven) mogelijk negatieve effecten heeft op het vis – en bodemleven. Ook kunnen mogelijke trillingen tijdens het in bedrijf zijn van turbines gevolgen hebben, maar deze effecten zijn nog niet goed in kaart gebracht (en vergt meerjarige monitoring)<sup>19</sup>.

Effecten op de mariene ecologie zijn overigens niet per se negatief. Zo laat een studie uitgevoerd door de St. Andrews University zien dat offshore windparken een belangrijk voedingsgebied vormen voor zeehonden<sup>20</sup>. Eerder onderzoek naar het windpark bij Egmond liet al zien dat vissen goed gedijen in windpark gebieden omdat, in ieder geval wanneer de parket er staan, het relatief rustige stukken zee en schuilgebieden vormen waar de natuur zich kan ontwikkelen (in windparken mag niet gevaren en gevestigd worden). Hetzelfde geldt voor boorplatformen en onderzeese pijpleidingen die ook schuilplaatsen bieden. Mogelijke lange termijn effecten van windenergie op zee op de mariene ecologie vergen studies uitgevoerd over meerdere jaren (meerjarige monitoring) en zijn door de jonge leeftijd van bestaande parken daarom nog niet beschikbaar.

## 2.14 Uitzicht op zee/landschap en impact op toerisme

Als windturbines dicht bij de kust worden geplaatst kan dit negatieve effecten hebben op het landschap. Strandrecreanten kunnen zich storen aan het verlies van vrij zicht en het strand minder gaan waarderen, wat uiteindelijk ook het strandbezoek kan doen afnemen. Ook kunnen prijzen van (vakantie)huizen aan zee kunnen dalen door het verdwijnen van vrij zicht. Anderzijds is ook niet uit te sluiten dat er mensen zijn die windturbines juist positief waarderen.

Recentelijk zijn de negatieve effecten van wind op zee in kaart gebracht van plaatsing binnen de 12 mijlszone in een studie van Buck Consultants (Buck 2013). De afname van toerisme in deze studie is gebaseerd op een uitgevoerde enquête ZKA (2013).<sup>21</sup> De voorspellende waarde van dergelijke studies is onduidelijk. Voor het windpark voor Egmond aan Zee (10-18 km) werd een vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd, maar is achteraf niet vast te stellen dat er enig aantoonbaar negatief effect op toerisme heeft plaatsgevonden. Een recente vierjarige Duitse studie uitgevoerd door de Martin Luther King Universiteit laat zien dat Duitsers die langs de kust wonen overwegend positief staan tegenover windenergie op zee omdat het banen naar de regio brengt. Ook toeristen blijken niet of nauwelijks hinder te ondervinden van windparken op zee<sup>22</sup>.

Omdat het effect op uitzicht subjectief, moeilijk kwantificeerbaar en veel beperkter is voor plaatsing buiten de 12 mijlszone (locatie specifiek), is het effect zowel in CPB (2005) en Decisio (2010) kwalitatief gewaardeerd.

<sup>19</sup> Zie ook <http://www.noordzee.nl/bibliotheek/windparkenopzee/> voor een overzicht van de huidige stand van zaken en kennis m.b.t. mariene effecten en windenergie op zee.

<sup>20</sup> Russell et al. (2014) Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. Current Biology Vol. 24, issue 14. pR638–R639, 21 July 2014

<sup>21</sup> In deze studie zijn bezoekers foto's voorgelegd van plaatsing van windturbines op 3 nautische mijlen (bijna 6 km), 7 nautische mijlen (ongeveer 13 km) en 12 nautische mijlen (ruim 22 km).

<sup>22</sup> [http://pressemitteilungen.pr.uni-halle.de/index.php?modus=pmanzeige&pm\\_id=2299](http://pressemitteilungen.pr.uni-halle.de/index.php?modus=pmanzeige&pm_id=2299) August 2014.

## 2.15 Niet te winnen olie – en gasvoorraden en bereikbaarheid van helikopterplatforms

Op zo'n 150 plekken in het Nederlandse deel van de Noordzee vindt momenteel olie- en gaswinning plaats, of bevinden zich nog niet gewonnen olie- en gasvelden (Decisio 2010). De komst van windparken kan gevolgen hebben voor diverse olie- en gaswinningplaatsen. Zo kan de bereikbaarheid van bestaande platforms afnemen, worden nieuw aan te boren velden mogelijk onbereikbaar en kan dit weer leiden tot meerkosten om nieuwe velden te kunnen exploiteren.

De gevolgen voor bestaande olie- en gasvelden blijven beperkt tot niet noemenswaardig bij een slimme locatiekeuze. Decisio (2010) geeft wel aan dat (toekomstige) platforms slechter per helikopter bereikbaar worden door windmolenparken in de nabijheid. Deze kosten zijn niet gewaardeerd.

Een effect dat wel door Decisio is gewaardeerd, is de gederfde inkomsten voor olie – en gaswinning indien, door de aanwezigheid van windturbineparken in deze gebieden en de verplaatsing van scheepvaartroutes, de winning van olie- en gas 'prospects' onmogelijk wordt of dat er schuin moet worden geboord om winning mogelijk te maken.

Voor beide effecten geldt dat ze middels een juiste inpassing tot op zeker hoogte te beperken zijn (met name voor bestaande gas – en olie winlocaties) en dat deze zeer locatie-specifiek zijn.

## 2.16 Visserij

Door de plaatsing van windmolenparken kunnen bepaalde delen van de Noordzee minder - of ontoegankelijk worden voor vissers. De mate waarin deze negatieve effecten optreden hangt af van de locaties van windparken (al dan niet in visrijke gebieden of op de route) en of medegebruik (vissen tussen de windmolens) is toegestaan of niet. De gevolgen voor de visserij zijn beperkt in vergelijking met de meeste kostenposten. Waar deze kosten in vergelijking tot de totale maatschappelijke kosten zeer klein zijn, kan dit voor de individuele visser wel een behoorlijke last zijn. Voor de visserij zal het toestaan van medegebruik van grotere invloed zijn op de uiteindelijke effecten. Decisio (2010) heeft de effecten voor verschillende windparkvarianten gekwantificeerd.

## 2.17 Radarverstoring

Door de plaatsing van windmolenparken in zee kunnen radio – en radarsystemen van Defensie, Schiphol en de zeehavens (en van individuele vlieg – en vaartuigen etc.) voor de waarneming en begeleiding van inkomend en uitgaand verkeer worden verstoord en voor blinde radarvlekken kunnen leiden. Dergelijke problemen kunnen worden verholpen maar kunnen mogelijk leiden tot extra investeringen in radio – en radarsystemen. De kosten voor aanpassingen van dergelijke systemen bedragen naar verwachting enkele miljoenen. De kosten voor aanpassing van het systeem kan in bovengenoemde gevallen een relevante kostenpost zijn, maar deze zullen op maatschappelijk niveau niet leiden tot een andere afweging van de te onderzoeken alternatieven. Decisio (2010) benoemd dit effect wel maar kwantificeert het verder niet.

## 2.18 Toename CO<sub>2</sub> uitstoot bij omvaren van schepen

Door de aanleg van windparken op zee kan het zijn dat, afhankelijk van de gekozen locatie van de parken, schepen moeten omvaren, waardoor extra brandstof wordt verbruikt wat leidt tot meer uitstoot van schadelijke stoffen door de scheepvaart. De CO<sub>2</sub>-uitstoot van het omvaren van schepen hangt direct samen met het indirecte effect van het omvaren. De rangschikking voor dit externe effect is dan ook exact gelijk aan het indirecte effect van het omvaren. Naast CO<sub>2</sub>-uitstoot, neemt ook de uitstoot van andere schadelijke stoffen, zoals zwaveldioxide en stikstofoxiden toe door het omvaren. Dit effect is locatie specifiek en afhankelijk van de vormgeving van de te onderzoeken alternatieven. Decisio (2010) kwantificeert dit effect voor de onderzochte varianten. Andere studies nemen dit niet mee.

## 2.19 Afname concurrentiepositie van havens (bij omvaren)

De aanleg van de windenergiegebieden kan gevolgen hebben voor de Nederlandse havens, met name voor Rotterdam en Amsterdam. Zo kan omvaren leiden tot hogere kosten en een slechtere concurrentiepositie van de haven en zonder voldoende gunstig gelegen ankergebieden kan de efficiëntie van havens achteruit gaan. Omvaren of verplaatsen van ankergebieden kan een negatief effect hebben op de bereikbaarheid en daarmee de concurrentiepositie van de haven.

Dit effect is locatie specifiek en afhankelijk van de vormgeving van de te onderzoeken alternatieven. Decisio (2010) kwantificeert dit effect voor de onderzochte varianten. Andere bestaande studies nemen dit niet mee.

## 2.20 Zandwinning

Door de plaatsing van windparken in zee kunnen zandwinlocaties onbereikbaar worden waardoor baggeraars moeten omvaren. Ook dit effect is zeer locatie specifiek en afhankelijk van de vormgeving van de te onderzoeken alternatieven. Zo wordt zand voornamelijk gewonnen binnen de 12-mijlszone en hierbuiten amper. Decisio (2010) kwantificeert de gemoeide kosten en geeft aan dat alleen in de ontwikkelingsinvulling waarbij veel parken (binnen of) tegen de 12-mijlslijn aan liggen, er kosten van enige omvang te verwachten zijn (tot enkele miljoenen op jaarbasis). Op maatschappelijk niveau zijn deze kosten marginaal.

## 2.21 Overige effecten en argumenten die spelen in het maatschappelijke debat

Naast de hierboven genoemde effecten, zijn er argumenten die vaak terugkomen in het maatschappelijke debat over windenergie. Hierbij gaat het om beleving – en gezondheidseffecten bij omwonenden, de vermeende negatieve energiebalans van windturbines en het gebruik van (zeldzame) grondstoffen en materialen die nodig zijn voor de productie van windturbines. Dergelijke effecten of argumenten vormen geen onderdeel van MKBA's en laten zich lastig kwantificeren.

### **Beleving - en gezondheidseffecten**

Er zijn mensen die beweren dat windmolens schadelijk zijn voor de gezondheid. Het gaat hierbij vooral om (laagfrequent)geluid en (elektromagnetische) straling als gevolg van het wonen in de nabijheid van windmolens. Deze argumenten worden aangehaald door tegenstanders van windenergie op land, maar komen soms ook terug in discussies over het nut en de noodzaak van windenergie op zee.

Ten aanzien van de relatie tussen geluid en gezondheid gaat het om klachten over verstoring van de slaap, migraine en verstoring van het evenwichtsorgaan. Sommige mensen ervaren hinder (zoals irritatie, boosheid en onbehagen) als zij het gevoel hebben dat hun omgevings- of levenskwaliteit verslechtert door de plaatsing van windturbines in hun nabije omgeving. Hierdoor kunnen gezondheidsklachten ontstaan.

Een recent onderzoek door het RIVM (2014) concludeert dat er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om de invloed van windturbines op de slaap te kunnen beoordelen. Ze geven voorlopig aan dat bij een geluid lager dan 45dB, er doorgaans geen sprake is van een verstoring van de slaap. In vergunningen is reeds vastgelegd dat turbines dit geluidsniveau niet mogen overschrijden.

Voor andere genoemde directe effecten op de gezondheid is geen of onvoldoende bewijs, aldus het RIVM. Dit geldt ook voor elektromagnetische straling, waarvoor geen wetenschappelijke aanwijzingen dat dit daadwerkelijk gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Er is veel onderzoek gedaan naar straling door conventionele elektriciteitscentrales en hoogspanningsleidingen en hierbij zijn de negatieve effecten voor de volksgezondheid niet bewezen.

Beleving en gezondheidseffecten vallen doorgaans buiten de scope van MKBA's maar spelen zoals gezegd een grote rol in het maatschappelijke en politieke debat over windenergie. Het mag duidelijk zijn dat deze effecten niet van toepassing zijn op wind op zee.

### **De energiebalans van windturbines: levenscyclusanalyses**

Critici van windenergie noemen soms als argument dat de productie (en transport, installatie, onderhoud, afbreken etc.) van turbines meer energie (en CO<sub>2</sub>) kost dan dat een windturbine over zijn levensduur opbrengt (de zg. energiebalans). Dit argument is niet juist. Levenscyclusanalyses (LCA's) laten zien dat de 'energieterugverdientijd' aanzienlijk korter is dan de tijd die een turbine in bedrijf is. LCA's beschouwen de milieu impact van het winnen van grondstoffen (staal, koper, plastics, cement etc.), het transport, de productie, installatie, onderhoud en het weer afbreken en recyclen, over de gehele levensduur van een product.

De resultaten van een recente Amerikaanse wetenschappelijke studie (Haapala et al. 2014), waarin een levenscyclusanalyse is uitgevoerd van 2 Megawatt turbines, wijzen op een energierugverdientijd van 5 tot 8 maanden voor turbines die een gemiddelde levensduur van 20 jaar hebben. Met andere woorden, de netto energiewinst vindt plaats over een periode van grofweg 19,5 jaar. De balans valt positief uit en een windturbine levert dus veel meer op aan energie dan het kost.

### **(Schaarse) grondstoffen en windenergie**

Soms worden er zorgen geuit over het materiaalgebruik van windenergie (voor turbines, masten, funderingen etc.). Argumenten die vaak terugkomen in het maatschappelijke debat zijn gerelateerd aan de volgende zaken:

- Voor de productie van windturbines is, net zoals veel producten, een aanzienlijke hoeveelheid staal nodig. Wind energie op zee is meer staal-intensief dan windenergie op land doordat de funderingen op de zeebodem voornamelijk uit staal bestaan (hoewel ook betonnen constructies gebruikt worden). Het aandeel staal dat gebruikt wordt voor windturbines en funderingen neemt toe met toenemende aandelen wind op zee. In verhouding tot andere toepassingen van staal, bijvoorbeeld in gebouwen, is de benodigde hoeveelheid staal echter beperkt. IJzererts is geen zeldzame grondstof en laat zich vrij gemakkelijk recyclen<sup>23</sup>, maar door een als maar toenemende mondiale vraag en de unieke eigenschappen van staal, kan er wel krapte ontstaan in het aanbod. Dit past in een bredere discussie over het duurzaam omgaan met natuurlijke hulpbronnen.
- Voor windturbines worden, net zoals in veel andere (elektronische) producten, (potentieel) schaarse materialen gebruikt. Hierbij gaat het om grondstoffen, waaronder mangaan, molybdeen, nikkel, zeldzame aarden en chroom. Met name zogenaamde 'permanent magnet turbines' bevatten relatief meer potentieel schaarse materialen dan standaard turbines. Door materiaal innovatie zal het materiaalgebruik af moeten nemen. Soms worden de slechte arbeidsomstandigheden bij de winning van zeldzame aarden genoemd als een extra maatschappelijke kost. Dit issue vraagt nadrukkelijk om (internationale) aandacht en maatregelen, maar het is niet specifiek aan windenergie (op zee) gerelateerd. Bijvoorbeeld ook bij de winning van steenkool kan dit spelen.

## 2.22 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn bestaande studies die de positieve en negatieve maatschappelijke effecten van windenergie nader hebben onderzocht en gekwantificeerd besproken. Al deze studies zijn opgezet volgens de methodiek van de maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA). Een MKBA is een veel gebruikte methode om in te schatten of een bepaald project netto baten oplevert voor een relevant deel van de maatschappij. De studies zijn allemaal opgezet aan de hand van de OEI leidraad en/of de Algemene Leidraad voor MKBA's. In dit hoofdstuk hebben we laten zien dat de uitgangspunten tussen MKBA's aanzienlijk kunnen verschillen.

Naast een beschouwing van de argumenten of effecten die doorgaans worden meegenomen in MKBA's, laat dit hoofdstuk zien dat er tevens aanvullende effecten zijn die geen onderdeel vormen van MKBA's, maar wel een rol spelen in het maatschappelijke en politieke debat over windenergie op zee. Dergelijke argumenten zijn in dit hoofdstuk besproken.

In het volgende hoofdstuk wordt nader ingegaan op de invloed van de verschillende positieve en negatieve effecten op de maatschappelijke kosten/baten verhouding van windenergie op zee. Waar mogelijk en zinvol zijn effecten gekwantificeerd om een gevoel te krijgen van hun (relatieve) impact op de kosten/baten verhouding. In alle andere gevallen worden de effecten en argumenten kwalitatief behandeld.

<sup>23</sup> N.B. Bij het afbreken van windparken op zee blijven er soms delen van de monopiles staan omdat deze lastig zijn te verwijderen. Dergelijke delen worden dus niet gerecycled. Verdere innovatie kan hier mogelijk verandering in aanbrengen.

## 3 Een nadere beschouwing van de positieve en negatieve effecten en argumenten

### 3.1 Inleiding

De keuze van de aannames en het al dan niet meenemen van bepaalde effecten hebben een belangrijke invloed op de maatschappelijke waarde en de kosten-baten verhouding van windenergie op zee.

In dit hoofdstuk analyseren de onderzoekers allereerst globaal welke invloed de belangrijkste effecten en aannames uit hoofdstuk 2 hebben op de maatschappelijke waarde van wind op zee. We voeren geen MKBA uit, maar geven op basis van kengetallen een inschatting van de invloed van de aannames en (welvaarts)effecten op de (hoogte van) de maatschappelijke waarde van wind op zee. Uit deze kwantitatieve analyse blijkt dat het al dan niet meenemen van CO<sub>2</sub> baten, de veronderstelde ontwikkeling van de elektriciteitsprijs en van de kostenontwikkelingen (leereffecten) van wind op zee een cruciale invloed hebben op de maatschappelijke kosten/baten verhouding van windenergie op zee. Op basis van de analyse worden er voorstellen gedaan voor te hanteren aannames en uitgangspunten.

In het tweede deel van dit hoofdstuk worden alle effecten en argumenten afzonderlijk langsgelopen en behandeld. Hierbij wordt ingegaan op het belang (de mate van invloed op de maatschappelijke waarde), de te hanteren aannames, wat (zinvol) te kwantificeren is en hoe dit in toekomstige studies en discussies kan worden meegenomen.

### 3.2 Invloed van aannames en het al dan niet meenemen van effecten op de maatschappelijke kosten-baten verhouding van wind op zee

Om een eerste indicatie te geven van de invloed van de aannames en het al dan niet meenemen van bepaalde effecten en argumenten over de maatschappelijke waarde van wind op zee, is een aantal illustratieve berekeningen uitgevoerd voor een willekeurig geïnstalleerde capaciteit aan windenergie in 2020. Dit is geen volledige kosten-baten analyse en dient slechts als indicatie van de orde grootte van de verschillende welvaartseffecten en hun invloed op de uitkomst.

De jaarlijkse effecten zijn contant gemaakt met een discontovoet van 5,5%; voor CO<sub>2</sub> reductie zijn de jaarlijkse effecten gediscoteerd met 4%, omdat klimaatverandering een effect is met een onomkeerbaar karakter en daarom de risico-opslag gehalveerd moet worden (zie advies Ministerie van Financiën; merk overigens op dat er goede redenen zijn om de discontovoet voor CO<sub>2</sub> veel lager te kiezen).<sup>24</sup> Het gehanteerde prijspeil is 2013.

<sup>24</sup> Ministerie van Financiën, 2011 Kamerbrief: Reële risicovrije discontovoet en risico-opslag in maatschappelijke kostenbatenanalyses. 24 augustus 2011 Den Haag : Ministerie van Financiën, 2011; M.D. Davidson (2012). Intergenerational justice: how reasonable man discounts climate damage. Sustainability, 4(1), 106-122. 10.3390/su4010106



In Tabel 2 is inzichtelijk gemaakt hoe de verschillende batenposten zich grofweg verhouden tot de kosten (uitgedrukt in percentages). De kosten van windenergie op zee bestaan uit investeringskosten en jaarlijkse O&M kosten. De baten bestaan uit opbrengsten van elektriciteit, reductie van CO<sub>2</sub> uitstoot en overige emissies, voorzieningszekerheid en werkgelegenheid. De baten van CO<sub>2</sub> reductie zijn gebaseerd op schaduw prijzen gehanteerd in MIRA (2010), UBA (2012) en CE Delft (2010). De overige effecten zijn moeilijk kwantificeerbaar of zeer locatie-specifiek (zie Tabel 5) en daarom niet in het monetaire saldo opgenomen. Wel worden alle effecten verderop in dit hoofdstuk één-voor-één besproken, inclusief hun (potentiële) invloed op de kosten/baten verhouding van windenergie op zee.

**Tabel 2 Relatieve welvaartseffecten bij verschillende aannamen t.o.v. de totale kosten voor wind op zee.**

	Geen CO <sub>2</sub> baten (waterbed-effect)	Baten bij CO <sub>2</sub> prijs €45 tot €79/ton (CE 2010)	Baten bij CO <sub>2</sub> prijs €65 tot €180/ton (Mira 2010)	Baten bij CO <sub>2</sub> prijs €123 tot €220/ton (UBA 2012)
<b>Kosten</b>				
Investeringskosten	75%	75%	75%	75%
Jaarlijkse O&M kosten	25%	25%	25%	25%
	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Baten</b>				
Elektriciteitsopbrengsten	67%	67%	67%	67%
CO <sub>2</sub> baten	0%	30%	55%	79%
Baten overige emissies	10%	10%	10%	10%
Voorzieningszekerheid	4%	4%	4%	4%
Werkgelegenheid	4%	4%	4%	4%
	<b>85%</b>	<b>114%</b>	<b>139%</b>	<b>164%</b>

De bovenstaande tabel laat zien dat als aan alle te kwantificeren baten (elektriciteitsopbrengsten, CO<sub>2</sub> baten, baten overige emissies, voorzieningszekerheid en werkgelegenheid) een monetaire waarde wordt toegekend, de maatschappelijke baten ongeveer gelijk of groter zijn dan de kosten.

Elektriciteitsopbrengsten en CO<sub>2</sub> reductie zijn de belangrijkste maatschappelijke batenposten. De overige positieve welvaartseffecten zijn relatief bescheiden ten opzichte van de eerste twee. De figuur laat zien dat het al dan niet opnemen van CO<sub>2</sub> baten een cruciale invloed heeft op de uitkomsten van de MKBA. Zonder de baten van CO<sub>2</sub> reductie valt de MKBA per saldo negatief uit, terwijl de MKBA nog steeds positief zou uitvallen bij het hanteren van schaduw prijzen uit MIRA (2010) en UBA (2012), als overige emissies, voorzieningszekerheid en werkgelegenheid niet als batenpost worden opgenomen.

Aan de kwantitatieve analyse liggen de volgende aannames ten grondslag (Tabel 3).

**Tabel 3 Welvaartseffecten en aangenomen waarden voor 2020 en 2040 (prijspeil 2013)**

Welvaartseffect	Waarde 2020	Waarde 2040	Eenheid	Bron
<b>Kosten</b>				
Investeringskosten	3,5	-	MC / MW	ECN en KEMA 2013



Jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten		0,1	0,1	M€ / MW/jaar	ECN en KEMA 2013
<b>Baten</b>					
Elektriciteitsopbrengsten (prijs)		64	98	€ / MWh	ECN 2013
Opbrengsten gecorrigeerd voor afslag variabiliteit		58	88	€ / MWh	Eigen raming
Baten CO <sub>2</sub> emissiereductie	Schaduwprijs CO <sub>2</sub> (MIRA)	65	180	€ / ton	MIRA2010
	Schaduwprijs CO <sub>2</sub> (UBA)	123	220	€ / ton	UBA 2012
	Schaduwprijs CO <sub>2</sub> (CE)	45	79	€ / ton	CE 2010
Voorzieningszekerheid		0,2	-	€ mln	Awerbuch en Sauter 2006
Werkgelegenheid	Installatie	22	-	Fte/MW	ECOFYS 2014
	Beheer en onderhoud	0,3	0,3	Fte/MW/jaar	ECOFYS 2014
Baten reductie overige emissies	Schaduwprijs NO <sub>x</sub> (preventiekosten)	9,8	13,7	€/ton	CE 2010
	Schaduwprijs SO <sub>2</sub> (schadekosten)	17,3	24,2	€/ton	CE 2010
	Schaduwprijs PM (preventiekosten)	56,2	78,7	€/ton	CE 2010

Bij de investeringskosten en jaarlijkse onderhoudskosten is uitgegaan van de bedragen gehanteerd in het ECN rekenmodel voor de bepaling van de SDE+ subsidie in 2014. De investeringskosten bedragen € 3,5 mln per MW; de jaarlijks onderhoudskosten bedragen € 0,1 mln per MW. Deze aanname heeft een grote invloed op de uitkomst van de MKBA. Mocht er (door leereffecten) sprake zijn van een kostprijsreductie tussen nu en 2020, dan dalen de kosten per eenheid geproduceerde elektriciteit. In het SER-akkoord is bijvoorbeeld uitgegaan van een kostenreductie van 40% (SER, 2013). Het gaat hierbij om een reductie van 40% van de Levelised Cost of Energy (LCOE). Dit houdt in dat de totale kosten (investeringskosten en O&M kosten) per gerealiseerde MWh met 40% dalen. Deze daling kan deels worden bereikt door een verhoging van de elektriciteitsoutput per windturbine (bij gelijkblijvende kosten). Bij gelijkblijvende kosten en een verhoging van de elektriciteitsoutput, zouden de elektriciteitsopbrengsten stijgen met een factor 1,67<sup>25</sup> om een relatieve reductie van 40% van de kosten per kWh te realiseren. In dit geval zijn de baten van windenergie op zee exclusief CO<sub>2</sub> baten groter dan de kosten.

Als de elektriciteitsoutput gelijk blijft, zou een daling van de LCOE met 40% inhouden dat de investeringskosten en O&M kosten met 40% dalen. Ook hiermee zouden de kosten lager zijn dan de baten van windenergie op zee zonder CO<sub>2</sub> reductie.

Bij de baten zijn met name de elektriciteitsprijs en CO<sub>2</sub> prijs de belangrijkste variabelen. In de berekeningen is uitgegaan van een elektriciteitsprijs van 64 €/MWh in 2020 die stijgt naar 98 €/MWh in 2040. Gecorrigeerd voor een afslageffect voor variabele levering (10%, zie paragraaf 3,9), bedraagt de elektriciteitsopbrengst 58 tot 88 €/MWh. Onder deze aannames zijn de baten van elektriciteit 67% ten opzichte van de totale kosten (uitgaande van SDE+ subsidie 2014). Als echter

<sup>25</sup> Een fictief rekenvoorbeeld maakt dit duidelijk. Stel dat de kosten € 10.000 bedragen en de elektriciteitsoutput 100 MWh, dan zijn de kosten 100 euro per MWh. Een reductie van 40% houdt in dat de kosten nog maar 60 euro per MWh bedragen in de nieuwe situatie. De output moet daarom met een factor 100 / 60 omhoog om een reductie te realiseren van 100 euro per MWh naar 60 euro per MWh. Een factor van 100/60 is gelijk aan 1,67.

de aannname wordt gehanteerd dat de (reële) elektriciteitsprijs gelijk blijft aan het huidige niveau van ongeveer 50 €/MWh, dan dalen de opbrengsten van 67% naar 43% van de totale kosten. Hierdoor valt de MKBA negatiever uit.

Voor wat betreft de CO<sub>2</sub> prijs en bijbehorende baten: de hoogte van schaduwrijzen verschillen sterk tussen de studies. Schaduwprijzen aanbevolen in CE (2010) bedragen zo'n 45 tot 79 €/tCO<sub>2</sub>, dit is omgerekend zo'n 21 tot 36 €/MWh.<sup>26</sup> Bij deze schaduwrijzen compenseren de CO<sub>2</sub> baten 30% van de totale kosten. De aanbevolen CO<sub>2</sub> prijs loopt in MIRA (2010) op van 65 naar 180 €/tCO<sub>2</sub>.<sup>27</sup> Dit resulteert in een batenpost die 55% ten opzichte van de kosten bedraagt. Als gerekend wordt met Duitse schaduwrijzen (UBA 2012), is het effect nog groter. Bij een schaduwrijz van 123 tot 220 €/tCO<sub>2</sub>, omgerekend 56 tot 101 €/MWh, bedragen de baten van CO<sub>2</sub> reductie bijna 80% ten opzichte van de totale kosten. De totale baten zijn in dit geval zo'n 164% ten opzichte van de kosten. Omgerekend per MWh, is het effect van CO<sub>2</sub> reductie relatief groter dan het effect van elektriciteitsopbrengsten. Dit omdat de discontovoet voor CO<sub>2</sub> reductie lager is (4% voor CO<sub>2</sub> reductie versus 5,5% voor elektriciteitsopbrengsten, zie bovenaan paragraaf 3.2). Hierdoor tellen de toekomstige baten per van CO<sub>2</sub> reductie relatief zwaarder mee.

De impact van de andere welvaartseffecten is beperkter. De welvaartsbaten van overige emissies bedragen grofweg 10% van de kosten. Voor NO<sub>x</sub> en PM10 zijn preventiekosten gehanteerd; voor SO<sub>2</sub> schadekosten (gebaseerd op CE Delft, 2010). Als voor NO<sub>x</sub> en PM10 schadekosten worden gehanteerd in plaats van preventiekosten<sup>28</sup> dan blijft de relatieve batenpost gelijk (10%).

De ordegraote van voorzieningszekerheid<sup>29</sup> en werkgelegenheid<sup>30</sup> is relatief beperkt. Deze welvaartseffecten bedragen beide zo'n 4% van de totale kosten. Verschillen in aannames voor deze effecten hebben een veel kleinere invloed dan de overige welvaartseffecten.

In de volgende paragrafen worden alle positieve en negatieve effecten afzonderlijk besproken, inclusief de effecten die in deze studie niet zijn gekwantificeerd. Hierbij wordt nader ingegaan op het belang (de mate van invloed op de maatschappelijke waarde en kosten/baten verhouding) en de te hanteren aannames. Er wordt per effect of argument een onderbouwing gegeven hoe dit in toekomstige studies en discussies kan worden meegenomen.

### 3.3 Investeringskosten en jaarlijkse onderhoudskosten

De investeringskosten, jaarlijkse kosten en elektriciteitsopbrengsten vormen de business case van windenergie op zee. Opbrengsten van SDE+ subsidies zijn niet inbegrepen vanuit een

<sup>26</sup> Bij een emissiefactor van het huidige park van 0,46 ton CO<sub>2</sub> per MWh

<sup>27</sup> Dit is omgerekend een baat van 30 €/MWh in 2020 tot 82 €/MWh in 2040.

<sup>28</sup> Omdat er geen doelstelling is voor SO<sub>2</sub>, achten wij het niet zinvol om een gevoeligheidsanalyse op te nemen met schadekosten in plaats van preventiekosten voor SO<sub>2</sub>

<sup>29</sup> Op basis van Awerbuch en Sauter (2006) bedraagt de positieve baat van voorzieningszekerheid (afgerond) € 0,2 mln. Dit is zo'n 4% van de totale kosten. Als in plaats van deze waarde een afslag op de discontovoet van 1% wordt gehanteerd op de elektriciteitsopbrengsten (conform CPB, 2005), dan levert dit een vergelijkbare batenpost op (€ 0,2 mln).

<sup>30</sup> Bij de bepaling van de werkgelegenheidseffecten is uitgegaan van een verdringingseffect van 50% (de helft van de werkgelegenheid wordt ingevuld door werklozen). Bij een maximale verdringing (100%) zouden de baten van werkgelegenheid verdubbelen. Dit heeft echter geen doorslaggevende invloed op het omslagpunt (al dan niet een positieve MKBA). De getallen zijn door Ecofys berekend in 2014 op basis van gedetailleerde gegevens van wind op zee projecten in Nederland en daarbuiten. De waarden komen goed overeen met bestaande literatuur.

maatschappelijke kosten/baten perspectief, omdat de opbrengsten voor de exploitant ten koste gaan van bedrijven en consumenten die een opslag op de elektriciteitsrekening moeten betalen. Omdat wind op zee zonder subsidies niet rendabel geëxploiteerd kan worden, is de business case exclusief subsidies per saldo negatief. De business case is afhankelijk van de exacte specificaties van een windmolenpark (zoals bijvoorbeeld locatie, type turbine, windsnelheid) en moet worden opgesteld op basis van een zo betrouwbaar mogelijke inschatting van de kosten en opbrengsten van het park. Hierbij geldt ook de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs. Onzekerheden kunnen worden geadresseerd in een gevoeligheidsanalyse.

Wind op zee kent een andere leercurve dan massa-geproduceerde technologieën zoals zonnepanelen. Gezien de ontwikkelingsfase van wind op zee, is de onzekerheid over de steilheid van de leercurve relatief groot. Daarnaast is de snelheid waarmee de leercurve doorlopen wordt sterk afhankelijk van (internationaal) beleid. De Nederlandse thuismarkt voor wind op zee is in internationaal perspectief beperkt. Desalniettemin zijn Nederlandse bedrijven internationaal sterk vertegenwoordigd en zeer actief in het buitenland. Hierbij gaat het met name om activiteiten die gerelateerd zijn aan funderingen, installatie, beheer en onderhoud, transport en logistiek.

De vraag is, of Nederland een bijdrage wil leveren aan de innovatie in de keten. Door dat te doen, draagt het ook bij aan innovatie en is de kans groter dat de innovaties en bedrijvigheid zich in Nederland verspreiden dan wanneer Nederland wacht tot de inspanning van andere landen ertoe zal leiden dat de kostprijs van wind op zee daalt.

Bij de berekening van investeringskosten en jaarlijkse onderhoudskosten in paragraaf 3.2 is uitgegaan van de bedragen gehanteerd in het ECN rekenmodel voor de bepaling van de SDE+ subsidie in 2014 (zie paragraaf 3.2). In het SER-akkoord is bijvoorbeeld uitgegaan van een kostenreductie van 40% (SER, 2013). Het gaat hierbij om een reductie van 40% van de Levelised Cost of Energy (LCOE). Dit houdt in dat de totale kosten (investeringskosten en O&M kosten) per gerealiseerde MWh met 40% dalen. Hierdoor zouden de kosten van windenergie op zee lager komen te liggen dan de baten van windenergie op zee zonder CO<sub>2</sub> reductie.

### 3.4 Elektriciteitsopbrengsten en CO<sub>2</sub>-emissiereductie

Bij de baten zijn met name de elektriciteitsprijs en CO<sub>2</sub> prijs de belangrijkste variabelen en vormen de potentieel grootste batenposten voor windenergie op zee.

Onder de aannames zoals gepresenteerd in paragraaf 3.2 zijn de baten van elektriciteit 67% ten opzichte van de totale kosten. Als echter de aanname wordt gehanteerd dat de (reële) elektriciteitsprijs gelijk blijft op het huidige niveau van ongeveer 50 €/MWh, dan dalen de opbrengsten (gecorrigeerd voor het afslageffect) van 67% (PBL/ECN Update referentieraming 2012) naar 43% van de totale kosten. Hierdoor valt de maatschappelijke kosten/baten verhouding negatiever uit.

Samen met elektriciteitsopbrengsten zijn CO<sub>2</sub> baten relatief de grootste batenpost. Zoals eerder beschreven, zijn de CO<sub>2</sub> - baten sterk afhankelijk van de mate waarin sprake zal zijn van het waterbedeffect en de mate waarin windenergie invloed heeft op onderhandelingen over doelstellingen

van het EU-ETS plafond. Hiertoe zou een range van baten opgenomen kunnen worden in de hoofdresultaten met de volgende uitersten:

1. De plaatsing van windmolens leidt niet tot CO<sub>2</sub> reductie vanwege het waterbed-effect: de baten voor Nederland zijn nul;
2. De plaatsing van windmolens leidt wel tot CO<sub>2</sub> reductie, bijvoorbeeld omdat de Europese emissies ook zonder additionele duurzame energie onder het EU-ETS plafond uitkomen en omdat dit leidt tot strengere doelen in de toekomst. De emissiereductie bepalen we op basis van de gemiddelde CO<sub>2</sub> uitstoot van het Nederlandse elektriciteitspark.

Zoals in paragraaf 3.2 besproken, verschilt de hoogte van schaduwrijzen sterk tussen studies MIRA (2010), UBA (2012) of CE (2010). Dit resulteert in baten die qua omvang ook sterk uiteenlopen. In de onderstaande tabel zijn de gehanteerde schaduwrijzen gegeven en hun verhouding tot de totale kosten.

**Tabel 4 Schaduwrijzen en hun verhouding tot de totale kosten**

Schaduwrijzen	Baten van CO <sub>2</sub> reductie ten opzichte van de totale kosten (%)
Schaduwrijns CO <sub>2</sub> (MIRA, 2010): 65-180 €/tCO <sub>2</sub>	55%
Schaduwrijns CO <sub>2</sub> (UBA, 2012): 123-220 €/tCO <sub>2</sub>	79%
Schaduwrijns CO <sub>2</sub> (CE, 2010): 45-79 €/tCO <sub>2</sub>	30%

De impact van de overige welvaartseffecten die zijn gekwantificeerd in deze studie is beperkter. Hierbij gaat het om de maatschappelijke baten t.a.v. de reductie van vervuilende emissies, bijdrage aan de voorzieningszekerheid en werkgelegenheid. Deze effecten worden hieronder behandeld.

### 3.5 Reductie luchtvervuilende emissies

De welvaartsbaten van vervuilende emissies bedragen volgens berekeningen gemaakt voor deze studie, grofweg 10% van de kosten onder verschillende aannamen.

Om de reductie van vervuilende emissies te bepalen, stellen we voor verdringing van de gemiddelde uitstoot van het Nederlandse elektriciteitspark te hanteren en/of de uitstoot bij extra inzet van biomassa. Hierbij wordt aangesloten bij het protocol monitoring hernieuwbare energie (substitutiemethode). Voor NO<sub>x</sub> en PM10 liggen de emissies op of boven de plafonds en is het daarom aannemelijk dat lagere emissies bij elektriciteitsopwekking zouden leiden tot hogere emissies elders. Voor SO<sub>2</sub>, NMVOS zijn de emissies veel lager dan de plafonds en daardoor is het onwaarschijnlijk dat die emissies zullen stijgen als gevolg van lagere emissies in de elektriciteitsopwekking. De emissies van NO<sub>x</sub> en PM10 kunnen daarom worden gebaseerd op basis van preventiekosten; de emissies van SO<sub>2</sub> en NMVOS op basis van vermeden schadekosten. Zie Tabel 3.

### 3.6 Werkgelegenheid en voorzieningszekerheid

De maatschappelijke baten voorzieningszekerheid<sup>31</sup> en werkgelegenheid<sup>32</sup> zijn relatief beperkt. Deze welvaartseffecten bedragen volgens onze berekeningen beide zo'n 4% van de totale maatschappelijke kosten. Verschillen in aannames voor deze effecten hebben een veel kleinere invloed dan voor de bovengenoemde welvaartseffecten geldt.

Er is discussie over het al dan niet opnemen van werkgelegenheidsbaten. Deze hangen sterk af van de mate waarin (op de korte termijn) verdringingseffecten optreden. In de literatuur is er brede overeenstemming dat de werkgelegenheidseffecten op de korte termijn groter zijn dan op de lange termijn (zie bijvoorbeeld Cambridge Econometrics, 2012; Fraunhofer et al., 2009). Het voorstel is daarom om te werken met ranges in de hoofdresultaten.

Vanwege de discussies over het al dan niet optreden van baten voor voorzieningszekerheid, zou ook hiervoor een range opgenomen kunnen worden in de hoofdresultaten. Te hanteren waarden kunnen zijn:

1. nul;
2. \$200 / kW geïnstalleerd vermogen windenergie (Awerbuch and Sauter, 2006);
3. Baten die optreden bij een verlaging van de risico-opslag op de discontovoet met 1%<sup>33</sup>.

### 3.7 Bijdrage aan hernieuwbare energiedoelstelling: keuze referentiealternatief

De belangrijkste vraag is of er in het referentiealternatief al dan niet sprake is van alternatieve projecten om de hernieuwbare energiedoelstelling te behalen. Om de consequenties van de keuze te laten zien, kunnen de effecten van windenergie op zee worden afgezet ten opzichte van verschillende alternatieven, zoals:

1. geen alternatieve opwekking duurzame energie (accepteren dat Nederland zijn duurzame-energie-doelstelling niet haalt)<sup>34</sup>;
2. Een equivalente hoeveelheid hernieuwbare energieopwekking door biomassa;
3. Een equivalente hoeveelheid hernieuwbare energieopwekking door aankoop van rechten via coöperatie mechanismen.

De keuze van het referentiealternatief heeft ook een belangrijke invloed op de uitkomsten. In bovenstaande berekeningen zijn de effecten afgezet ten opzichte van een alternatief waarin er geen alternatieve duurzame energie wordt opgewekt. Het is binnen de scope van dit onderzoek niet

<sup>31</sup> Op basis van Awerbuch en Sauter (2006) bedraagt de positieve baat van voorzieningszekerheid (afgerond) € 0,2 mln. Dit is zo'n 4% van de totale kosten. Als in plaats van deze waarde een afslag op de discontovoet van 1% wordt gehanteerd op de elektriciteitsopbrengsten (conform CPB, 2005), dan levert dit een vergelijkbare batenpost op (€ 0,2 mln).

<sup>32</sup> Bij de bepaling van de werkgelegenheidseffecten is uitgegaan van een verdringingseffect van 50% (de helft van de werkgelegenheid wordt ingevuld door werklozen). Bij een maximale verdringing (100%) zouden de baten van werkgelegenheid verdubbelen. Dit heeft echter geen doorslaggevende invloed op het omslagpunt (al dan niet een positieve MKBA).

<sup>33</sup> Een optie zou daarom kunnen zijn om met ranges voor lagere risico-opslag als gevolg van voorzieningszekerheid te werken in de hoofdanalyse, op eenzelfde manier als bijvoorbeeld ook is gebeurd in CPB (2013) voor de baten van overige emissies.

<sup>34</sup> Het niet voldoen aan de juridisch bindende duurzame energie doelstelling kan politieke consequenties hebben met eventuele negatieve welvaartseffecten voor Nederland tot gevolg. Dit effect treedt alleen op bij het referentiealternatief 'nietsdoen' en kan zich uiten in boetes of repercussies op andere onderhandelingsdossiers. Deze effecten zijn echter moeilijk te kwantificeren, mede omdat de hoogte van deze boetes of andere repercussies niet bekend zijn.

mogelijk geweest om alle welvaartseffecten van bijvoorbeeld bijstook van biomassa en/of aankoop van rechten via coöperatiemechanismen in kaart te brengen. Een eerste voorzichtige inschatting in Ecofys (2010) laat zien dat de kosten van de aankoop van credits uit het buitenland ongeveer 50 tot 100 €/MWh bedragen. De bovenkant van deze kostenrange is gelijk aan de huidige onrendabele top voor windenergie op zee; de onderkant van de range is beduidend lager. Echter, het is sterk de vraag of de aankoop van rechten een realistisch alternatief is voor de middellange en lange termijn, omdat er naar verwachting weinig landen zijn met een overschot aan rechten in 2020.

De onrendabele top van windenergie op zee is op dit moment bijna nog twee keer zo hoog als die van de bijstook van biomassa<sup>35</sup>. Biomassa bijstook is op dit moment daarom een goedkopere optie om te voldoen aan de hernieuwbare energiedoelstelling. Hier staat echter tegenover dat de CO<sub>2</sub> reductie door biomassa lager en minder zeker is (CE Delft, 2013). Ook is er naar verwachting minder sprake van leercurve effecten (de kosten worden vooral bepaald door de prijs van biomassa). Deze effecten kunnen in toekomstige studies worden gekwantificeerd waarbij de effecten van windenergie op zee kunnen worden afgezet ten opzichte van de alternatieven.

Dit hoofdstuk laat zien dat het al dan niet meenemen van bepaalde effecten en aannames over deze effecten hebben een belangrijke invloed op de maatschappelijke kosten en baten verhouding van wind op zee. De belangrijkste en bepalende factoren zijn het al dan niet opnemen van CO<sub>2</sub>-emissiereductie baten (en zo ja, de hoogte ervan), de hoogte van de elektriciteitsprijs en het al dan niet optreden van kostprijsreducties (leercurve-effecten). De maatschappelijke baten reductie van vervuilende emissies, werkgelegenheid en voorzieningszekerheid zijn aanwezig, maar op maatschappelijk niveau (netto) relatief beperkt ten opzichte van de baten door CO<sub>2</sub>-emissiereductie, onzeker zijn en hebben daarmee een grote bandbreedte.

Hierbij moet in ogenschouw worden genomen dat een aantal welvaartseffecten moeilijk zijn te kwantificeren of zeer locatie specifiek zijn, maar ook een rol spelen in de maatschappelijke en politieke afweging voor wind op zee. Deze effecten worden behandeld in de volgende paragrafen.

### 3.8 Innovaties, leereffecten en exportpotentieel

De mate waarin leercurve-effecten optreden hangt ook samen met de uitrol van windenergie op zee in internationaal verband. De impact van leercurve-effecten kan in potentie zeer groot zijn (zie paragraaf 3.3 investeringskosten). De Nederlandse bijdrage aan leercurve-effecten is waarschijnlijk relatief bescheiden en moeilijk te kwantificeren. Echter, zoals in hoofdstuk 2 al is benoemd, is de scope van de analyse hierbij van groot belang.

Wanneer op langere termijn de Nederlandse industrie een relatief groot (internationaal)marktaandeel weet te bemachtigen, zullen deze 'investerings' in ontwikkeling kunnen worden terugverdiend op langere termijn. Maar of dit het geval zal zijn, en zo ja, in welke mate is moeilijk te voorspellen door een grote mate van onzekerheid en afhankelijkheden. Dit effect valt doorgaans buiten het bereik van maatschappelijke kosten/baten analyses (zie hoofdstuk 2). Het is zeer lastig te kwantificeren.

<sup>35</sup> Uitgaande van een onrendabele top van 11 EURct/kWh voor wind op zee en 6 EURct/kWh voor biomassa bijstook.

### 3.9 Leveringszekerheid

Zoals weergegeven in hoofdstuk 2 maken profielkosten en kosten voor reservevermogen en balanceringsvermogen onderdeel uit van het effect leveringszekerheid. Hierbij is het discutabel of de kosten door het profieffect meegenomen dienen te worden in de MKBA. Wel dienen kosten voor reserve- en balanceringsvermogen opgenomen te worden (zie paragraaf 2.10). Hiertoe worden verschillende waarden gehanteerd in de huidige MKBA's, variërend van € 8 per MWh constant over de hele levensduur (CE Delft 2012, 2013), 7% van de elektriciteitsprijs Decisio (2010), 10% van de elektriciteitsprijs (VNG, 2010) tot 5% tot 6% van de totale investerings- en onderhoudskosten (CPB, 2005). Nader onderzoek is noodzakelijk om de hoogte van deze kosten preciezer te definiëren. In het rekenvoorbeeld gaan we uit van een afslag van 10% op de elektriciteitsopbrengsten.

### 3.10 Effect op elektriciteitsprijzen

Door duurzame energie kan de elektriciteitsprijs dalen. Een eventueel opwaarts effect door opslag voor bekostiging van de SDE+ subsidie hoeven niet in beschouwing te worden genomen, om dezelfde reden dat SDE+ subsidies niet in de business case zijn opgenomen. Vanwege het ontbreken van kwantitatieve gegevens over de relatie tussen geïnstalleerd vermogen duurzame energie en de Nederlandse elektriciteitsprijs, is het moeilijk om dit effect kwantitatief te waarderen. Het effect wordt echter al impliciet meegenomen door geen afslag op de elektriciteitsprijs te hanteren die samenhangt met verminderde opbrengsten door het profieffect (zie paragraaf 3.9 en 2.10).

### 3.11 Indirecte effecten/effecten andere activiteiten

Aanvullende, meer indirecte effecten en effecten op andere (economische) activiteiten, die een rol spelen in de maatschappelijke en politieke keuze voor wind op zee, zijn mogelijke negatieve effecten voor de scheepvaart, mariene ecologie, uitzichtbinder/landschap, radarverstoring, CO<sub>2</sub> uitstoot bij aanleg en omvaren van schepen, zandwinning, afname concurrentiepositie van havens (bij omvaren), niet te winnen olie- en gasvoorraden en bereikbaarheid helikopterplatforms.

Deze effecten zijn zeer locatie-specifiek en afhankelijk van de vormgeving van de te onderzoeken alternatieven. In het algemeen kan gesteld worden dat deze effecten op maatschappelijke niveau klein zijn. Het verdient de aanbeveling om deze effecten voor afzonderlijke projecten en in locatiestudies in beschouwing te nemen en in ieder geval kwalitatief te waarderen.

### 3.12 Overige effecten en argumenten die spelen in het maatschappelijke debat

Naast de reeds genoemde effecten, zijn er argumenten die vaak terugkomen in het maatschappelijke debat over windenergie. Hierbij gaat het om beleving – en gezondheidseffecten bij omwonenden, de vermeende negatieve energiebalans van windturbines en het gebruik van (zeldzame) grondstoffen en materialen die nodig zijn voor de productie van windturbines. Zoals in hoofdstuk 2 aangegeven, vormen dergelijke effecten of argumenten geen onderdeel van MKBA's en laten zich lastig in deze context kwantificeren. Daar waar beleving – en gezondheidseffecten bij omwonenden niet van toepassing is op windenergie op zee en de energiebalans van windturbines wel degelijk positief



uitvalt, is het gebruik van zeldzame grondstoffen en materialen voor windturbines en het feit dat deze soms onder slechte arbeidsomstandigheden gewonnen worden, wel een issue dat meer (internationale) aandacht verdient, net zoals het schaarser worden van vrijwel alle grondstoffen (zeldzaam of niet) en natuurlijke hulpbronnen. Dergelijke zaken zijn echter niet specifiek aan windenergie (op zee) gerelateerd.

### 3.13 Overzicht: welvaartseffecten wind op zee

Een samenvattend overzicht van de welvaartseffecten, hun waardering (kwantitatief of kwalitatief) en de invloed op de kosten/baten verhouding is hieronder weergegeven in Tabel 5.

**Tabel 5 Samenvatten overzicht welvaartseffecten wind op zee en hun invloed**

Effecten	Kwantitatief en kwalitatieve waardering?	Positief of negatief welvaartseffect?
Investeringskosten, jaarlijkse kosten en elektriciteitsopbrengsten (exclusief SDE+)	Kwantitatief	Per saldo negatief
Baten CO <sub>2</sub> -emissiereductie	Kwantitatief	Nul of Positief
Reductie luchtvervuilende emissies	Kwantitatief	Positief
Werkgelegenheid	Kwantitatief	Nul of Positief
Voorzieningszekerheid	Kwantitatief	Nul of Positief
Leveringszekerheid	Kwantitatief	Negatief
Bijdrage aan hernieuwbare energie doelstelling (keuze referentiealternatief)	Kwantitatief/kwalitatief	Nul of Positief
Innovaties, leereffecten en exportpotentieel	Kwalitatief	Nul of Positief
Effect op elektriciteitsprijzen	Kwalitatief	Positief
Effecten scheepvaart	Kwantitatief	Negatief
Mariene ecologie	Kwantitatief	Negatief
Uitzichthinder/landschap	Kwantitatief	Negatief
Niet te winnen olie – en gasvoorraden en bereikbaarheid van helikopterplatforms olie en gaswinning	Kwantitatief	Negatief
Visserij	Kwantitatief	Negatief
Radarverstoring	Kwantitatief	Negatief
Toename CO <sub>2</sub> uitstoot bij omvaren van schepen	Kwantitatief	Negatief
Afname concurrentiepositie van havens (bij omvaren)	Kwantitatief	Negatief
Zandwinning	Kwantitatief	Negatief
Beleving – en gezondheidseffecten omwonenden	Niet van toepassing	Niet van toepassing
Energiebalans van windturbines	Kwantitatief	Positief
Gebruik (zeldzame) grondstoffen en materialen	Kwalitatief/kwantitatief	Negatief



## 4 Conclusies en reflectie

Deze studie laat zien dat vooral het wel of niet meenemen van CO<sub>2</sub> baten (en de monetaire waarde die aan CO<sub>2</sub>-emissiereductie wordt toegekend), de veronderstelde ontwikkeling van de elektriciteitsprijs en van de kostenontwikkelingen van wind op zee (leercurve-effecten) een doorslaggevende invloed hebben op de maatschappelijke kosten/baten verhouding van windenergie op zee. Aanvullende maatschappelijke baten die gekwantificeerd zijn, namelijk werkgelegenheid, voorzieningszekerheid en het terugdringen van luchtvervuilende emissies, zijn zeer relevant maar op maatschappelijk niveau en in monetaire termen aanzienlijk beperkter.

De belangrijkste genoemde keuzes en overwegingen (CO<sub>2</sub> baten en leercurve-effecten) hebben te maken met de afbakening van het systeem waarbinnen de maatschappelijke effecten worden geanalyseerd. Het klimaatbeleid is internationaal gecoördineerd om het sociale dilemma te overwinnen en om te voorkomen dat landen zich als *free riders* opstellen. Een *free-rider* is in dit geval een land dat profiteert van de inspanningen van andere landen zonder ervoor te betalen. De keuzes hierboven hebben dan ook uiteindelijk te maken met het antwoord op een vraag die de MKBA methodiek ontstijgt: wordt er uitgegaan van Nederland als *free rider* of levert Nederland een bijdrage aan de internationale inspanning in het vertrouwen dat het uiteindelijk van die internationale inspanning zal profiteren? (zie ook Kader 1 hierbeneden).

Naast bovengenoemde positieve effecten, zijn er ook negatieve effecten als gevolg van een verdere uitrol van wind op zee. Hierbij gaat het o.a. om de hoge kosten van deze vorm van elektriciteitsopwekking, concurrentie om ruimte met en mogelijke negatieve (economische) gevolgen voor de scheepvaart, de olie- en gaswinning, zand- en schelpwinning, op de mariene ecologie en horizonvervuiling (vooral relevant wanneer parken dichtbij de kust staan, met mogelijk negatieve effecten op het toerisme voor gebieden die uitkijken op deze parken). Tevens zijn er effecten en argumenten die een rol spelen in het maatschappelijke en politieke debat, maar geen onderdeel vormen van MKBA's en zich lastig in deze context laten kwantificeren. Hierbij gaat het om zaken als beleving – en gezondheidseffecten bij omwonenden, de vermeende negatieve energiebalans van windturbines en het gebruik van (zeldzame) grondstoffen en materialen die nodig zijn voor de productie van windturbines. In hoofdstuk 2 en 3 zijn deze argumenten behandeld en op waarde geschat.

Wat is de uiteindelijke balans? Wegen in algemene zin de voordelen van wind op zee op tegen de nadelen? Deze studie laat zien dat er om dit te beoordelen grote verschillen zijn op methodologisch vlak, er zijn onzekerheden en moeilijk te kwantificeren kosten en baten. Het is niet 'zwart/wit' en er zijn 'appels en peren'. Maatschappelijke kosten en baten analyses faciliteren slechts een deel van politieke besluitvorming en het maatschappelijke debat en dienen daarom slechts als onderbouwing voor de besluitvorming; niet als vervanging. Een oordeel over de balans vraagt daarom uiteindelijk om een politieke afweging. De studie wijst er tevens op dat het maatschappelijk debat niet altijd even genuanceerd omgaat met de beschikbare informatie en/of inzichten. Door een overzicht te hebben gegeven van de effecten van de keuze voor wind op zee en de argumenten voor en tegen te hebben benoemd en beoordeeld, hopen de onderzoekers dat dit rapport een goede basis vormt voor geïnformeerde discussies over windenergie op zee.

#### Kader 1 beperkingen en systeemgrenzen van MKBA's

Het antwoord op de vraag of de maatschappelijke voordelen van windenergie op zee opwegen tegen de maatschappelijke kosten is meden afhankelijk van wat wel en niet wordt meegewogen, en dat is op zijn beurt weer afhankelijk van hoe de MKBA omgaat met het sociale dilemma en de daarmee samenhangende systeemgrenzen.

Om met het laatste te beginnen: klimaatverandering is een probleem waarvan de oplossing bemoeilijkt wordt door het sociale dilemma: als een land zijn emissies beperkt, vallen de meeste baten daarvan toe aan andere landen. Andersom heeft elk land er voordeel bij als andere landen hun emissies beperken. Voor elk individueel land is het dus rationeel om geen kosten te maken om emissies te reduceren, maar om zich als *free rider* op te stellen. Als echter iedereen een *free rider* is, kan klimaatverandering niet worden tegengegaan.

De stimulering van innovaties kampt met soortgelijke belemmeringen. Toepassing van technologie resulteert vaak in dalende kosten door zogenaamde leereffecten. Wind op zee kan alleen rendabel worden als de kosten verder afnemen. Dat vergt echter investeringen in wind op zee die op dit moment niet renderen. Voor elk land afzonderlijk is het rationeel om die investeringen niet te doen, maar om een energietransitie te bewerkstelligen, is het noodzakelijk dat de investeringen wel plaatsvinden.

Een oplossing voor het sociale dilemma is internationale coördinatie. Om die reden hebben landen zich verbonden aan de UNFCCC en het Kyoto Protocol om emissies te reduceren. Binnen Europa zijn er afspraken gemaakt over de verdeling van de broeikasgasemissies en de opwekking van energie uit duurzame bronnen. Deze afspraken hebben niet alleen tot doel om het sociale dilemma tegen te gaan, maar ook om de kosten van de inspanning eerlijk te verdelen.

Door de internationale coördinatie geeft Nederland enerzijds handelingsvrijheid op – het kan bijvoorbeeld niet meer vrij kiezen welk percentage energie het opwekt uit hernieuwbare bronnen – , anderzijds mag het vertrouwen op wederkerigheid – inspanningen van Nederland om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren, of om de kosten van hernieuwbare energie omlaag te brengen, zullen doorgaans ook in andere landen gevolgd worden. Daardoor heeft Nederland evenzeer baat bij de inspanningen van andere landen als andere landen dat hebben van Nederlandse inspanningen.

In de internationale coördinatie heeft het EU ETS nog een ander effect. Het stelt een maximum aan de emissies van alle grote industriële installaties in Europa, maar het geeft elke afzonderlijke installatie de vrijheid om zijn emissieniveau te bepalen, zolang het collectief onder het plafond blijft.

Omdat in de huidige praktijk in Nederlandse MKBA's een nationale scope wordt gehanteerd, worden vermeden kosten voor emissie reducerende maatregelen (of lagere kosten voor CO<sub>2</sub> rechten) elders in Europa niet meegenomen. Hetzelfde geldt voor de buitenlandse baten door leercurve-effecten. De vraag is daarom of een ruimere scope gehanteerd zou moeten worden in Nederlandse MKBA's, om tegemoet te komen aan het sociale dilemma.

## Literatuurlijst

Awerbuch and Sauter (2006)

Exploiting the oil-GDP effect to support renewables deployment. Shimon Awerbuch and Raphael Sauter In: Energy Policy, Vol. 34, no.17(2006); p. 2805-2819

Buck (2013)

Windmolenparken dicht op de kust – de impact op recreatie en toerisme. Buck Consultants International Nijmegen, 4 februari 2014

CE Delft (2010)

Handboek Schaduwrijzen: Waardering en weging van emissies en milieueffecten. S.M. (Sander) de Bruyn, M.H. (Marisa) Korteland, A.Z. (Agnieszka) Markowska, M.D. (Marc) Davidson, F.L. (Femke) de Jong, M. (Mart) Bles, M.N. (Maartje) Sevenster Delft, CE Delft, maart 2010

CE Delft (2012)

MKBA windenergie Flevoland. G.E.A. (Geert) Warringa, M.J. (Martijn) Blom, M. (Mart) Bles, Delft, CE Delft, februari 2012

CE Delft (2013)

MKBA windenergie Lage Weide. G.E.A. (Geert) Warringa, M.J. (Martijn) Blom, M.J. (Marnix) Koopman, Delft, CE Delft, april 2013

CPB (2005)

Windenergie op de Noordzee; een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Annemiek Verrips, Hage de Vries, Ad Seebregts en Mark Lijesen. Centraal Planbureau. September 2005 ISBN 90-5833-232-2

CPB (2011)

Second opinion MKEA van ruimtelijke opties voor offshore Windenergie. Eugene Verkade, CPB, 19 april 2011, Den Haag.

CPB (2013)

KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land. KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land. CPB Notitie, 14 juni 2013, Den Haag.

CPB en PBL (2013)

Algemene leidraad voor Maatschappelijke Kosten Baten Analyse. Gerbert Romijn, Gusta Renes, CPB/PBL Den Haag, 2013.

CPB et al (2000)

Evaluatie van infrastructuurprojecten, Leidraad voor kosten-batenanalyse. Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Decisio (2010)

Maatschappelijke Kosteneffectiviteit van ruimtelijke opties voor offshore Windenergie. Niels Hoefsloot, Menno de Pater en Gerwin van der Meulen. Decisio, Amsterdam, 2010

ECN (2006)

Application of portfolio analysis to the Dutch generating mix. J.C. Jansen  
L.W.M. Beurskens X. van Tilburg ECN-C--05-100 Februari 2006,

ECN (2013,a)

Kosten van het inpassen van grote hoeveelheden zon en wind in de Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Nieuwenhout, F.D.J.. Petten, 8 mei 2013.

ECN (2013, b)

Profiel- en onbalanskosten van windenergie in 2012. F.D.J. Nieuwenhout, A.J. Brand, S.M. Lensink.  
28 maart, 2013.

ECN (2013c)

Update Referentieraming. ECN april 2013

ECN en KEMA (2013)

Eindadvies basisbedragen SDE+ 2014. Sander Lensink. Luuk Beurskens, Michiel Hekkenberg,  
Christine van Zuijlen en Hamid Mozaffarian, Gerben Jans, Anne-Marie Taris en Hans Wassenaar  
September 2013 ECN-E--13-050

Ecofys (2010)

Costs and risks of the import of RES statistics by the Dutch government. Corinna Klessmann, David de Jager, Malte Gephart, Thomas Winkel. Utrecht, 29 November 2012

GMHB (2013)

Global Trends in Renewable Energy Investment 2013, Frankfurt School of Finance & Management  
gGmbH 2013, produced in collaboration with Bloomberg New Energy Finance.

Haapala, Karl R., Prempreeda, P. (2014)

Comparative life cycle assessment of 2.0 MW wind turbines. *International Journal of Sustainable Manufacturing*, 2014 DOI: [10.1504/IJSM.2014.062496](https://doi.org/10.1504/IJSM.2014.062496)

IWG (2013)

Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866 Interagency. Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. May 2013

McConnell (2013)

Retrospective modeling of the merit-order effect on wholesale electricity prices from distributed photovoltaic generation in the Australian National Electricity Market, McConnell, D., P. Hearps, D. Eales, M. Sandiford, R. Dunn, M. Wright, L. Bateman, 2013. *Energy Policy* (58) 17-27.

Ministerie van Financiën (2011)

Kamerbrief: Reële risicovrije discontovoet en risico-opslag in maatschappelijke kostenbatenanalyses.  
24 augustus 2011

MIRA (2010)

Actualisering van de externe milieuschadetekosten (algemeen voor Vlaanderen) met betrekking tot luchtverontreiniging en klimaatverandering. Leo De Nocker, Hans Michiels, Felix Deutsch, Wouter Lefebvre, Jurgen Buekers, Rudi Torfs (2010), studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/03, VITO.

Mulder en Scholtens (2013)

De invloed van wind en zon op stroomprijzen. Machiel Mulder, Bert Scholtens. In ESB, Jaargang 98 (4664 & 4665) 12 juli 2013

RIVM (2014)

RIVM 2014. Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden. Update 2013. van Kamp I, Dusseldorp A, van den Berg GP, Hagens WI, Slob MJA. RIVM Rapport 200000001.

SER (2013)

Energieakkoord voor duurzame groei. Sociaal-Economische Raad, Den Haag, september 2013. ISBN 978-94-6134-057-3

Tveten (2013)

Solar feed-in tariffs and the merit order effect: A report of the German electricity market. Tveten, A.G., T.F. Bolkesjø, T. Martinsen and H. Hvarnes, 2013. Energy Policy, (61) 761-770.

UBA (2012)

Schatzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr. Empfehlungen des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, August 2012.

VNG (2013)

Lokaal energie: decentrale duurzame elektriciteit  
Business case en maatschappelijke kosten-batenanalyse. Vereniging Nederlandse Gemeenten, 16 januari, 2013.

ZKA (2013)

Onderzoek effecten Wind op Zee op recreatie en toerisme. ZKA Consultants & Planners. Waalwijk, 19 november 2013

X

# ECOFYS

sustainable energy for everyone

X

# ECOFYS



sustainable energy for everyone



ECOFYS Netherlands B.V.  
Kanaalweg 15G  
3526 KL Utrecht  
T: +31 (0) 30 662-3300  
F: +31 (0) 30 662-3301  
E: [info@ecofys.com](mailto:info@ecofys.com)  
I: [www.ecofys.com](http://www.ecofys.com)