

CPB Achtergronddocument

‘KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land, achtergrondinformatie’

Behorend bij de CPB Notitie

‘KBA Structuurvisie 6000 MW Windenergie op land’

14 Juni 2013

Annemiek Verrips
Centraal Planbureau
A.S.Verrips@cpb.nl

Rob Aalbers
Centraal Planbureau
R.F.T.Aalbers@cpb.nl

Free Huizinga
Centraal Planbureau
F.H.Huizinga@cpb.nl

Korte samenvatting

Op verzoek van de ministeries van EZ en I&M heeft het CPB een maatschappelijke kosten-batenanalyse (KBA) uitgevoerd van de Rijksstructuurvisie 6000 MW Windenergie op land. Het CPB is daarbij ondersteund door het Energie Onderzoek Centrum Nederland (ECN). Aanleiding vormt de bijdrage van Nederland aan de Europese afspraken om per 2020 14% (16% in het Regeerakkoord) hernieuwbare energie te realiseren en de CO₂-uitstoot te reduceren met 20% ten opzichte van 1990.

De maatschappelijke kosten en baten van het project om 3500 MW aan windenergie op land bij te plaatsen zijn ongeveer met elkaar in evenwicht, afgezien van gevolgen van het mogelijk niet halen van de Europese doelstelling voor hernieuwbare energie en potentieel grote effecten voor het landschap. De onzekerheden zijn echter groot. Daarnaast is dit neutrale saldo de som van een negatief saldo aan het begin en een positief saldo na een aantal jaren. Op basis van de KBA concludeert het CPB dat uitstel van het project met ongeveer 5 jaar maatschappelijk gezien de beste optie is.

Uitstel heeft geen of nagenoeg geen effect op achterliggende doelen voor het klimaatbeleid, milieu, voorzieningszekerheid en kennisaccumulatie via leereffecten. Wel is het mogelijk dat het niet halen van de EU-doelstelling boetes tot gevolg heeft.

Abstract

At the request of the ministries of Economic Affairs and Infrastructure and the Environment, CPB made a cost-benefit analysis of the Governmental Structural Vision 6000MW Wind Energy on land (*Rijksstructuurvisie 6000 MW Windenergie op land*). ECN (the Energy Research Centrum for the Netherlands) provided valuable support for this study. The study is with reference to the Dutch contribution to the European agreement to realize 14% (16% in the coalition agreement of the current government) renewable energy in 2020 and to reduce CO₂ emissions by 20% compared to 1990.

The cost and benefits to society of the project to add 3500MW wind energy on land are about equal, apart from consequences of possibly not reaching the EU renewable energy goal and potentially large effects on the landscape. The uncertainties are, however, big. In addition, the neutral cost-benefit balance is the sum of a deficit at the beginning and a surplus later on. On the basis of the cost-benefit analysis, CPB concludes that delay of the project with about years is the best option from a societal point of view.

Delay has virtually no consequences for the underlying goals for climate policy, the environment, the reliability supply of energy en knowledge accumulation through learning. It is possible that not reaching the EU-goal results in fines.

Inhoud

Ten geleide—8

Samenvatting en Conclusies—9

Uitstel project Wind op land maatschappelijk de beste optie—9

De business case—10

Overige elementen in de KBA—17

Overzicht van de KBA-uitkomsten—20

1 Inleiding—23

2 Uitgangspunten studie—25

2.1 Probleemstelling—25

2.2 Uitgangspunten KBA—25

2.2.1 Prijspeil, disconteringsvoet en tijdschhorizon—25

2.3 Scenario's—26

2.4 Projectafbakening en nulalternatief—26

3 Projectalternatieven—28

4 Investerings-, onderhouds- en ruimtekosten—31

4.1 Investeringskosten windenergie op land—31

4.1.1 Investeringskosten—31

4.1.2 Leereffecten—31

4.2 Onderhouds- en ruimtekosten—32

4.3 Netinpassing—32

5 De marktwaarde van een kWh windenergie—34

5.1 Het profieffect—34

5.2 Kosten vaste onderhoudskosten gascentrales buiten gebruik—36

5.3 Reservercapaciteit—37

6 Bedrijfseconomische baten—38

6.1 Opbrengsten verkoop elektriciteit—38

7 De businesscase van windparken in verschillende provincies—40

8	Maatschappelijke effecten buiten de business case—	44
8.1	Emissie van CO ₂ —	44
8.2	Emissies: NO _x , SO _x , fijnstof (pm10)—	44
8.3	Effecten op landschap, natuur en recreatie—	47
8.4	Effecten voor de werkgelegenheid—	49
8.5	Effecten op prijzen onroerend goed—	50
9	Overzicht van kosten en baten—	53
10	Gevoeligheidsanalyses—	56
Bijlage A—59		
Bijlage B Waardering CO ₂ in wereld zonder ETS—60		
Bijlage C Effecten voor de voorzieningszekerheid—63		
Literatuurlijst—64		

Ten geleide

Op verzoek van de ministeries van Economische Zaken (EZ) en Infrastructuur en Milieu (I&M) heeft het CPB een maatschappelijke kosten-batenanalyse (KBA) uitgevoerd van de Rijksstructuurvisie 6000 MW Windenergie op land (SVWOL). Het CPB is daarbij ondersteund door het Energie Onderzoek Centrum Nederland (ECN). Aanleiding van de SVWOL vormt de bijdrage van Nederland aan de Europese afspraken om per 2020 14% (16% in het Regeerakkoord) hernieuwbare energie te realiseren en de CO₂-uitstoot te reduceren met 20% ten opzichte van 1990. De SVWOL is eind maart in de Ministerraad vastgesteld en aan de Tweede Kamer aangeboden. Daarna volgt een inspraakronde die eind 2013 zal leiden tot een definitief besluit over de SVWOL.

ECN heeft zich gericht op de energietechnische component van de studie. Het CPB heeft de KBA uitgevoerd en is eindverantwoordelijk voor de studie.

Van het CPB werkten naast projectleider Annemiek Verrips ook Rob Aalbers, Free Huizinga, Peter Arts en Adri den Ouden mee aan de studie. Jannie Droog en Jeannette Verbruggen hebben op diverse fronten ondersteuning verleend. Johannes Bollen en Gijsbert Zwart hebben het onderzoek van commentaar voorzien. Sander Lensink en Frans Nieuwenhout leverden de bijdrage van ECN.

We willen iedereen die tijd heeft vrijgemaakt om een bijdrage aan de studie te leveren, daarvoor hartelijk bedanken.

dr.G.M.M. Gelauff
Onderdirecteur CPB

Samenvatting en Conclusies

Op verzoek van de ministeries van EZ en I&M heeft het CPB een maatschappelijke kosten-batenanalyse (KBA) uitgevoerd van de Rijksstructuurvisie 6000 MW Windenergie op land (SVWOL). Het CPB is daarbij ondersteund door het Energie Onderzoek Centrum Nederland (ECN). Aanleiding vormt de bijdrage van Nederland aan de Europese afspraken om per 2020 14% (16% in het Regeerakkoord) hernieuwbare energie te realiseren en de CO₂-uitstoot te reduceren met 20% ten opzichte van 1990. Deze notitie geeft de resultaten weer van een KBA van het bijplaatsen van 3500 MW windenergie op land tussen 2015 en 2020.

Uitstel project Wind op land maatschappelijk de beste optie

De maatschappelijke kosten en baten van het project om 3500 MW aan windenergie op land bij te plaatsen zijn ongeveer met elkaar in evenwicht, afgezien van gevolgen van het mogelijk niet halen van de Europese doelstelling voor hernieuwbare energie en potentieel grote effecten voor het landschap. De onzekerheden zijn echter groot. Daarnaast is dit neutrale saldo de som van een negatief saldo aan het begin en een positief saldo na een aantal jaren. Op basis van de KBA concludeert het CPB dat uitstel van het project met ongeveer 5 jaar maatschappelijk gezien de beste optie is.

De reden voor het negatieve saldo in de eerste jaren is de combinatie van de economische crisis waardoor de vraag naar energie laag is en de al bestaande en nog groeiende overcapaciteit. Zo blijft de elektriciteitsvraag door de (voortgaande) economische crises ver achter bij de in het vorige decennium geformuleerde verwachtingen. Het gevolg is dat de vele nieuwe en gereviseerde centrales die de afgelopen jaren reeds in bedrijf zijn of binnenkort in bedrijf zullen worden genomen, grotendeels zonder afnemers zitten.

Tegelijkertijd heeft de Amerikaanse schaliegasrevolutie de Europese elektriciteitsprijzen verder onder druk gezet. De wereldmarkt wordt overspoeld door kolen, omdat de Amerikaanse centrales overschakelen naar aardgas. Dit aanbod van kolen heeft in Europa geleid tot een grotere inzet van kolencentrales. Daarnaast voert vooral Duitsland een ambitieus investeringsprogramma door voor hernieuwbare energie. Door deze combinatie van factoren zijn de elektriciteitsprijzen op dit moment zo laag, dat elke uitbreiding van de productiecapaciteit verliesgevend is. Dat geldt ook voor wind op land.

De verwachting is dat de elektriciteitsprijzen substantieel zullen stijgen in de toekomst door afname van de overcapaciteit en stijging van de CO₂-emissiehandelprijzen. Die verwachting is echter met grote onzekerheden omgeven. Wanneer het herstel van de prijzen plaatsvindt en met welk tempo is onzeker. Uitstel heeft daarmee het additionele voordeel dat beter kan worden ingespeeld op de prijsontwikkelingen in de elektriciteitsmarkt.

Hoeveel uitstel? Dat is op voorhand lastig exact te voorspellen, juist vanwege de onzekerheden in de elektriciteitsprijzen. Daarnaast zijn er grote verschillen tussen de provincies. In Friesland waait het het hardst en zijn de opbrengsten het hoogst. Plaatsing van extra windmolens is in die provincie dan ook het eerst winstgevend zo rond 2020. Windparken in Overijssel, Limburg en Noord-Brabant zijn naar verwachting niet voor 2040 rendabel te exploiteren. Een gefaseerde invoering van het project, afhankelijk van de toekomstige prijsontwikkeling, ligt dan ook voor de hand.

Een mogelijk argument tegen uitstel is dat uitvoering van het project conform de planning 1,5%-punt bijdraagt aan het bereiken van de duurzaamheidsdoelstelling van 14 of 16% in 2020. Uitstel van het project maakt het lastiger om die doelstelling te halen. Uitstel heeft echter geen of nagenoeg geen effect op achterliggende doelen voor het klimaatbeleid, milieu, voorzieningszekerheid en kennisaccumulatie via leereffecten. Behalve potentieel grote effecten voor het landschap zijn de effecten buiten de business case relatief zeer beperkt.

Wel is het mogelijk dat het niet halen van de doelstelling hoge boetes tot gevolg heeft. In het geval dat de doelstelling niet gehaald wordt en de boetes erg hoog zouden zijn, zou een analyse moeten worden uitgevoerd naar de goedkoopste manier om die doelstelling alsnog te halen, waarbij naast wind op land ook andere opties worden bekeken. Daarbij moeten dan ook de eveneens mogelijk grote effecten op het landschap die met wind op land gepaard gaan meegenomen worden in de afweging.

Voor de staatskas is uitstel gunstig, omdat er dan minder subsidies verstrekt hoeven te worden. De verliezen die de windparkexploitanten in de eerste jaren lijden, worden door de overheid vergoed via SDE+-subsidies. Met uitstel worden deze verliezen kleiner, waardoor het overheidsbeslag daalt. Uiteindelijk zijn, voor een aantal provincies, naar verwachting helemaal geen SDE+-subsidies meer nodig, omdat windenergie op land op termijn bedrijfseconomisch rendabel wordt vanwege de verwachte stijging van de elektriciteitsprijzen.

De business case

Het KBA-saldo wordt sterk gedomineerd door de posten in de puur financiële business case. Daarom behandelen we deze posten eerst. Het saldo van financieel-economische kosten en baten is ongeveer nul, maar heeft wel een grote onzekerheidsmarge.

Hoogte van elektriciteitsprijzen cruciaal voor de uitkomsten

De uitkomsten zijn erg gevoelig voor de geraamde elektriciteitsprijzen gedurende de levensduur van het project. Er is sprake van een groot risico: een kleine daling van de elektriciteitsprijs maakt de business case van wind op land onrendabel. In het basispad is gerekend onder de aanname dat de ETS na 2020 blijft voortbestaan en de CO₂-prijs langzaam

stijgt van 5 euro per ton in 2015 tot 38 euro per ton in 2030 en later. Elektriciteitsprijzen¹ stijgen van 6,3 ct/kWh in 2015 naar uiteindelijk 9,8 ct/kWh in 2040.² In gevoeligheidsanalyses is gerekend met een prijspad waarin de emissiehandelprijs van CO₂ gedurende de hele periode blijft steken op 5 euro/ton en met een prijspad waar de CO₂-prijzen vanaf 2030 stijgen tot 52 euro/ton. De business case verslechtert in het eerste geval met 0,6 mld euro netto contante waarde (NCW) en verbetert in het tweede geval met 0,5 mld euro NCW.

Opbrengsten windenergie substantieel omlaag door profieffect

Een kWh windenergie is gemiddeld genomen beduidend minder waard dan de elektriciteitsprijzen uit de Referentieraming,³ omdat een windmolen relatief veel elektriciteit produceert op momenten dat de prijs van elektriciteit laag is. Een windmolen produceert alleen elektriciteit als het waait. Als het waait is het totale aanbod aan elektriciteit groter en dus de prijs van elektriciteit lager dan wanneer het niet waait. Dit effect wordt het profieffect genoemd. Hoe hoger het percentage windenergie (onshore en offshore) in de West-Europese elektriciteitsmarkt, hoe groter dit effect.⁴ Het profieffect neemt gedurende de projectperiode sterk toe, vanwege de voorziene groei van de windcapaciteit (vooral in het buitenland). In 2015 bedraagt de gemiddelde prijs van een kWh windenergie 83% van de elektriciteitsprijs³, in 2040 is dat 59%.

In de KBA is rekening gehouden met het profieffect. In gevoeligheidsanalyses is een analyse gemaakt van de omvang van dit effect als het buitenland minder investeert in wind (lagere windpenetratie). De business case voor wind op land verbetert dan met 0,4 mld euro.

Dit profieffect bij windenergie geldt ook voor windenergie op zee. Een verdere toename van windenergie op zee vergroot het profieffect. Een substantiële toename van zonne-energie zou het profieffect juist enigszins kunnen temperen, omdat als het hard waait, de zon vaak minder schijnt en de toename van het aanbod van wind dus deels gecompenseerd wordt door de afname van het aanbod door zon. De business case voor wind op land verbetert dan met 0,2 mld euro.

Een indicatie van het optimale investeringsmoment en van de waarde van uitstel per provincie

Zoals hierboven vermeld is het KBA-saldo de som van een negatief saldo aan het begin en een positief saldo na enkele jaren. Dit betekent dat uitstel (een latere startdatum) een hoger rendement oplevert. De intuïtie hiervoor kan het beste worden weergegeven via onderstaande twee grafieken voor een gestileerde voorbeeldsituatie.

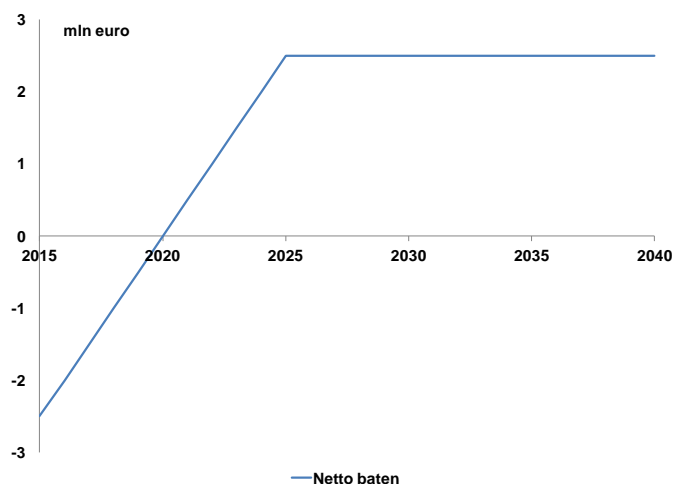
¹ Met de elektriciteitsprijzen wordt in deze notitie consequent de prijs voor basislast bedoeld, dat is de gemiddelde prijs van een levering van 1 kWh gedurende het hele jaar.

² Update Referentieraming ECN april 2013. Alle prijzen zijn reëel, prijspeil 2013.

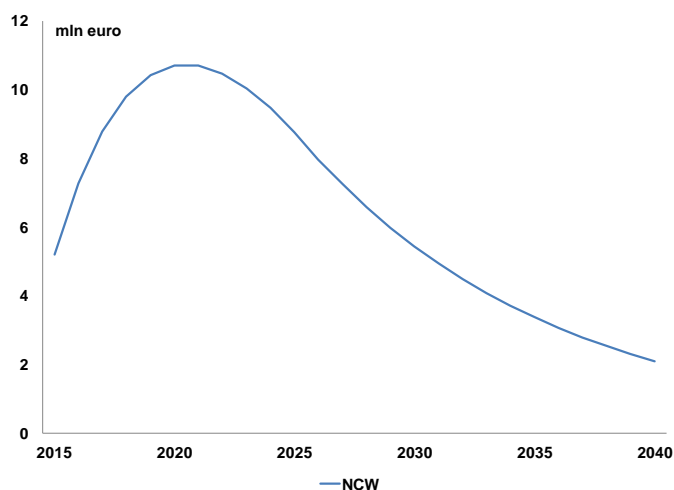
³ Basislastprijs, zie voetnoot 1.

⁴ In de analyse zijn de ontwikkelingen in de elektriciteitsmarkt in Nederland, België, Duitsland en Frankrijk betrokken.

Figuur 1.1 Netto baten op jaarbasis



Figuur 1.2 NCW als functie van de startdatum



In figuur 1.1 zijn de netto baten (baten minus kosten) van het project per jaar weergegeven vanaf 2015. In de eerste jaren zijn de netto baten negatief, maar ze stijgen in de tijd door de stijgende elektriciteitsprijzen en vanaf 2020 zijn ze positief. In dit voorbeeld is de elektriciteitsmarkt vanaf 2025 in evenwicht en daarom zijn de netto baten vanaf dat jaar constant (in reële termen, dus gecorrigeerd voor inflatie). Figuur 1.2 geeft de NCW van het project weer afhankelijk van de startdatum.⁵ Als het project start in 2015, is de NCW van het project gelijk aan de verdisconteerde som van de netto baten vanaf 2015. De NCW bevat dus zowel alle verliezen in de beginjaren als de winstjaren vanaf 2020. In dit voorbeeld wegen de winsten in de later jaren zwaarder dan de verliezen in de beginjaren, zodat de NCW voor 2015 positief is. Dit is weergegeven via de positieve waarde van de NCW in 2015 in figuur 1.2.

Als het project in 2016 begint, dus met een jaar uitstel, is de NCW gelijk aan de verdisconteerde waarde van de netto baten vanaf 2016. Het verschil met de situatie waarin

⁵ Bij alle netto contante waardeberekeningen zijn baten kosten verdisconteerd naar het jaar 2013 en wordt uitgegaan van een gelijke horizon van 20 jaar, de economische levensduur van een windmolen.

het project in 2015 start, is dat de negatieve netto bate in 2015 niet meer meetelt. Daarom is de NCW als het project in 2016 start hoger dan bij de start in 2015. De NCW-curve is bij 2016 dus hoger dan bij 2015.

Als het project nog een jaar wordt uitgesteld en in 2017 begint, telt ook het jaar 2016 niet mee in de berekening van de NCW van het project. Omdat in 2016 nog steeds verlies wordt geleden, is de NCW bij start in 2017 nog hoger dan bij start in 2016. De NCW-lijn stijgt daarom nog verder.

Dit gaat zo door tot en met 2020. Als het project start in 2020 worden alle verliesjaren daarvoor overgeslagen en is de NCW van het project gestegen tot de waarde in figuur 1.2 bij 2020.

Omdat 2020 het *breakeven*jaar is met netto baten van nul, maakt het niet uit of het project in 2020 of in 2021 begint. In beide gevallen is de NCW de verdisconteerde waarde van de winsten vanaf 2021. De NCW voor start in 2020 en start in 2021 is dus even hoog.

Verder uitstel heeft geen zin en leidt tot een lagere NCW van het project. Er worden nu immers jaren overgeslagen met positieve netto baten. De NCW daalt dan ook vanaf 2021. Hoe langer het project verder wordt uitgesteld, hoe meer winstgevende jaren worden overgeslagen. Uiteindelijk daalt de NCW van het project tot vrijwel nul, omdat de winstgevende jaren die nog wel worden meegenomen zo ver in de toekomst liggen, dat de contante waarde van die netto baten ongeveer nul is.

De optimale startdatum is de datum waarop de NCW van het project het hoogst is, dus waar de lijn in figuur 1.2 het hoogst is. De optimale startdatum is dus 2020 of 2021.

Om de intuïtie zo duidelijk mogelijk te maken, is in dit voorbeeld bewust gekozen voor een situatie waarin de NCW al positief is als het project start in 2015, dus zonder uitstel. Dus ook als het project onmiddellijk start, levert het project een positieve bijdrage aan de welvaart. Toch is uitstel beter. Bij uitstel levert het project namelijk een nog hogere bijdrage aan de welvaart op.

Merk tevens op dat we voor de bepaling van de optimale startdatum alleen figuur 1.2 nodig hebben. De optimale startdatum is de datum waarop de NCW van het project het hoogst is, dus de datum waarin de lijn in figuur 1.2 het hoogst is.

Voor de staatskas is uitstel gunstig, omdat er dan minder subsidies verstrekt hoeven te worden. De verliezen die de windparkexploitanten in de eerste jaren lijden, worden door de overheid vergoed via SDE+-subsidies. Met uitstel worden deze verliezen kleiner, waardoor het overheidsbeslag daalt. Uiteindelijk zijn, voor een aantal provincies, naar verwachting helemaal geen SDE+-subsidies meer nodig, omdat windenergie op land op termijn bedrijfseconomisch rendabel wordt vanwege de verwachte stijging van de elektriciteitsprijzen. Wel rijst de vraag waarom de overheid überhaupt subsidie zou verlenen als de business case positief is. Hier komen we later op terug.

Verschillen per provincie

De KBA voor een windmolenpark op een bepaalde locatie hangt af van hoe hard het gemiddeld waait op die plek, en dat verschilt per provincie. Om het effect daarvan te illustreren, hebben we de NCW berekend van het plaatsen van 100 MW extra capaciteit in verschillende provincies.

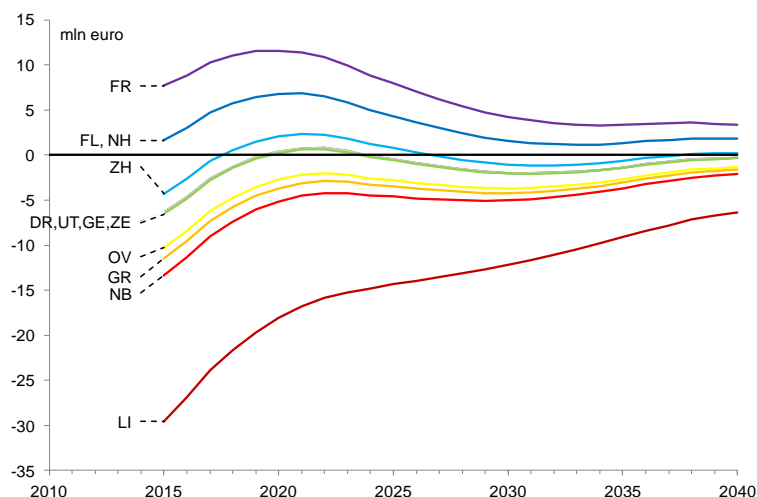
Om de berekeningen binnen de perken te houden hebben we bij de berekening van die NCW alleen de posten van de business case meegenomen. De NCW geeft dus alleen het bedrijfseconomische resultaat weer. Er wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met eventuele baten van luchtkwaliteit en voorzieningszekerheid. Evenmin is rekening gehouden met de kostendaling van onroerend goed en de aantasting van natuur en landschap. Als we deze zaken wel zouden meenemen, zou dit echter geen significant ander beeld opleveren, afgezien van gevolgen van het mogelijk niet halen van bovengenoemde Europese afspraken en potentieel grote effecten voor het landschap.

Conform bovenstaande intuïtie hangt de NCW van de extra capaciteit af van het jaar waarin het geplaatst wordt. We hebben de NCW per provincie berekend voor plaatsing in elk van de jaren 2015-2040. Dit levert voor elk van de provincies een grafiek op zoals in figuur 1.2. Het totaalbeeld is weergegeven in figuur 1.3. De figuur bevat 12 lijnen, een voor elk van de provincies. Elke lijn geeft de NCW (van de business case) van plaatsing van 100 MW in de betreffende provincie in het aangegeven jaar.

De berekeningen zijn gebaseerd op de windsnelheden in de gebieden die zijn aangewezen in de SVWOL aangevuld met additionele locaties die nodig zijn om de totale 6000 MW capaciteit te kunnen bereiken. Deze additionele locaties zijn door het ECN bepaald op basis van het Interprovinciaal Overleg uit 2012. Daarbinnen heeft ECN de meest geschikte locaties gekozen. Voor provincies waar geen specifieke gebieden in de SVWOL zijn aangegeven, is gerekend met de gemiddelde windsnelheid in die provincie.

De bovenste lijn heeft betrekking op Friesland. De lijn begint in 2015 en geeft aan dat plaatsing van die 100 MW in 2015 een positief saldo heeft van ongeveer 8 mln euro. De lijn stijgt eerst, wat aangeeft dat plaatsing in een later jaar tot een hogere NCW leidt. De contante waarde is het hoogst rond 2019, daarna daalt deze weer. De grafiek geeft dus aan dat de contante waarde het hoogst is als de 100 MW rond 2019 geplaatst wordt.

Figuur 1.3 NCW business case 100 MW windenergie op land in de startjaren 2015-2040 in verschillende provincies



De NCW van de business case van windparken in Friesland is veruit het gunstigst, gevolgd door de provincies Flevoland en Noord-Holland. Deze provincies hebben, bij gemaakte veronderstellingen, een positieve NCW bij plaatsing in elk van de jaren in de periode 2015-2040.

De verschillen tussen provincies zijn relatief groot. Zo kennen windparken in de provincies Limburg, Noord-Brabant en Overijssel, bij de gemaakte veronderstellingen in de KBA, een negatieve NCW, ongeacht het jaar van plaatsing. De omvang van de NCW van de business case is verder afhankelijk van het moment van plaatsing en neemt grosso modo af in de tijd.⁶

Voor Friesland, Flevoland en Noord-Holland is de NCW positief ongeacht de startdatum van het project, dus ook bij investering conform planning in 2015. Zoals hierboven beargumenteerd wil dit echter *niet* zeggen dat het verstandig is om al in 2015 te investeren in windparken in deze provincies. Het meest gunstige startjaar is immers het punt van de curve waar het bedrijfseconomische rendement het hoogst is, dus rond 2019-2020.

Voor alle provincies stijgt de NCW van de bedrijfseconomische opbrengsten in de beginjaren. Dit betekent dat uitstel (een latere startdatum) voor alle provincies een hogere NCW van de business case oplevert. Voor de meest windrijke provincies is dat rond het jaar 2020, maar de grafiek geeft aan het optimale startjaar wel verschilt per provincie. De provincies met de hoogste curve hebben ook de eerste optimale startdatum. De intuïtie hiervoor is dat in provincies waar het minder hard waait, het langer duurt voordat het project rendabel is. Het ligt dan ook voor de hand om het project gefaseerd in te voeren, te beginnen met de locaties waar het het hardst waait (zoals Friesland) en daarna verder met andere locaties afhankelijk van de toekomstige ontwikkeling van de elektriciteitsprijzen.

⁶ De afname in de tijd waarbij de resultaten voor bijna alle provincies naar ongeveer dezelfde waarde tenderen, is het gevolg van de discontering over de tijd met 5,5%. Een park met een gunstig rendement dat pas in 2040 gebouwd zal worden, heeft verdisconteerd naar vandaag een relatief beperkte waarde.

Deze curves zijn slechts illustratief voor de KBA en zijn niet bedoeld en geschikt om het exacte optimale investeringsjaar uit af te lezen. Het 'optimum' zal met name afhangen van het uiteindelijke verloop van de elektriciteitsprijzen en daarover bestaan inherent onzekerheden. Daarom is ook in de gevoeligheidsanalyses van de KBA met alternatieve prijspaden gerekend. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de tijd die nodig is om de windmolens te plaatsen en aan te sluiten. Het verloop van de curves ondersteunt wel de conclusie dat uitstel en gefaseerde uitvoering van het project vanuit het oogpunt van kosten en baten maatschappelijk de beste optie is.

De figuur laat tevens zien dat het project (bedrijfseconomisch) rendabeler wordt als de locaties voor de windmolenparken (deels) verschuiven naar de provincies waar het meer waait. Als dat onmogelijk is, bijvoorbeeld vanwege ruimtelijke inpassingproblemen, zou het zinvol zijn om de geplande bouw van windmolenparken te schrappen in provincies waar wind op land waarschijnlijk nooit rendabel wordt.

SDE+-subsidies en een positieve business case?

Als er voor bepaalde locaties inderdaad sprake is van een positieve business case rijst de vraag waarom er voor die locaties nog SDE+-subsidies nodig zijn. Waarom staan bedrijven op dit moment niet in de rij om in Friesland ook zonder subsidie een windpark te willen exploiteren?

Een mogelijk antwoord is dat onze analyse van de business case te optimistisch is. Dat zou kunnen. We wijzen zelf al op veel onzekerheden over de prijs van elektriciteit: aan de vraagkant onder andere het (tempo van het) herstel van de economische groei, aan de aanbodkant het tempo van de afname van de overcapaciteit en andere factoren zoals het effect van schaliegas. Mogelijk is onze inschatting van het rendement van wind gewoon te hoog. Dat zou betekenen dat in figuur 1.1 de curve omlaag gaat zodat het breakeven punt naar rechts verschuift. In figuur 2.1 leidt dat tot een later optimaal moment van investeren (de curve verschuift naar beneden en naar rechts). Dus naarmate de markt terecht aangeeft dat wind minder rendabel is dan in onze KBA naar voren komt, wordt het argument voor uitstel sterker.

Een mogelijk ander antwoord is dat de bedrijven een hogere risico-aversie hebben dan de overheid en dat de business case vanuit het oogpunt van bedrijven dus negatiever is dan hier berekend. Een gevolg hiervan kan zijn dat de bedrijven maximale terugverdientijden hanteren die korter zijn dan de levensduur van windmolens. Ten slotte kunnen bedrijven in de huidige economische crisis extra voorzichtig zijn en/of kan de kredietverlening in deze tijd moeizamer verlopen dan normaal.

Hoe dan ook, deze bedrijfsmatige redenen voor niet investeren zijn echter op zich geen reden voor een SDE+-subsidie. De al dan niet maatschappelijk optimale voorzichtigheid geldt immers voor veel private investeringen. De staalindustrie bijvoorbeeld kampt ook met overcapaciteit, lage prijzen en onzekere vooruitzichten. De SDE+-regeling is niet in het leven geroepen om in deze zakelijke afwegingen te interveniëren.

De legitimiteit voor de SDE+-subsidies moet dus elders gezocht worden. Daar komen we in de volgende paragraaf op terug.

Overige elementen in de KBA

De kosten en baten buiten de business case zijn relatief beperkt, met uitzondering van het mogelijk niet halen van de doelstelling van 14% hernieuwbare energie in 2020 en de effecten voor het landschap. In deze paragraaf worden deze kosten en baten besproken.

Uitstel betekent 1,5%-punt minder hernieuwbare energie in 2020

De 6000 MW wind op land levert in 2020 ca. 16,8 TWh elektriciteit op jaarbasis, ca. 13% van de verwachte elektriciteitsconsumptie in 2020 (en 2,5% van het totale energetisch eindverbruik). In het Regeerakkoord is de ambitie voor hernieuwbare energie in 2020 opgeschroefd van 14% van het energetisch eindgebruik uit de EU-richtlijn voor Hernieuwbare Energie uit 2009 naar 16%. Het verschil tussen project- en referentiealternatief van 3500 MW windenergie op land draagt 1,5%-punt bij aan het bereiken van die duurzaamheidsdoelstelling. Zonder dit project wordt het lastiger om de doelstellingen voor hernieuwbare energie in 2020 te halen.

Uitstel heeft geen effect op achterliggende doelen maar leidt mogelijk wel tot boetes

De duurzaamheidsdoelstelling is geen doel op zich maar een middel om een bijdrage te leveren aan de reductie van CO₂, het vergroten van de voorzieningszekerheid door de afhankelijkheid van conventionele bronnen te verkleinen en om kennis-spillovers ten aanzien van leereffecten te bewerkstelligen. Hoewel door uitstel het aandeel hernieuwbare energie daalt, is er echter nauwelijks effect op deze achterliggende doelen. De totale uitstoot van CO₂ wordt niet beïnvloed door het project, tenzij in het onwaarschijnlijke geval het ETS na 2020 ophoudt te bestaan (zie hierna). De baten voor de voorzieningszekerheid zijn onzeker en treden sowieso niet voor 2020 op, omdat op dit moment sprake is van overcapaciteit. De leereffecten van wind op land zijn zeer beperkt. Andere externe effecten zijn erg bescheiden. De effecten voor CO₂, de voorzieningszekerheid en externe effecten worden hieronder nader toegelicht. Wel is het mogelijk dat het niet halen van de doelstelling hoge boetes tot gevolg heeft. In het geval dat de doelstelling niet gehaald wordt en de boetes erg hoog zouden zijn, zou een analyse moeten worden uitgevoerd naar de goedkoopste manier om die doelstelling alsnog te halen, waarbij naast wind op land ook andere opties worden bekeken.

Windenergie levert geen CO₂-reductie in een wereld met emissiehandel

Het effect van een windpark in Nederland op de CO₂-uitstoot in de EU moet worden bekeken in de context van het emissiehandelsysteem (ETS), waar de CO₂-uitstoot wordt bepaald door het afgesproken *plafond*. Binnen deze context heeft een windpark in Nederland *geen* invloed op de totale uitstoot van CO₂ in de EU. De vermeden uitstoot in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief impliceert alleen maar dat er minder emissierechten hoeven te worden aangeschaft door de elektriciteitsproducenten, waardoor de vraag naar en dus de

prijs van emissierechten daalt. Dit leidt vervolgens tot extra vraag naar emissierechten bij andere bedrijven in de EU, zodat de totale CO₂-uitstoot in de EU niet verandert. Het project draagt binnen het ETS dus *niet* bij aan een reductie van de CO₂-uitstoot. De totale emissies blijven gelijk aan het vastgestelde plafond. In de KBA zijn de baten voor CO₂-reductie dan ook nihil.

Maatschappelijke rentabiliteit windenergie neemt toe in wereld zonder emissiehandel

In een wereld zonder emissiehandel zal uitvoering van het project wél effecten hebben op de uitstoot van CO₂. Tot 2020 zal het ETS in ieder geval blijven voortbestaan. De kans dat het ETS na 2020 wordt verlaten, lijkt zeer gering. De reductie van CO₂ die in dat geval plaatsvindt, is gewaardeerd tegen schadekosten van 20 tot 50 euro/ton, met een jaarlijkse stijging van 1,1%, op basis van de literatuur. De baten van de reductie van CO₂ zijn weergegeven in een gevoeligheidsanalyse en bedragen ca. 0,2-1,5 mld euro NCW.

Baten vermeden emissies luchtkwaliteit beperkt

Stikstofoxiden (NO_x), zwaveloxiden (SO_x) en fijnstof (pm10) hebben negatieve effecten voor milieu en gezondheid. Bij de elektriciteitsproductie door windturbines komen deze stoffen niet vrij, terwijl dit bij conventionele bronnen (gas en kolen) wel het geval is. Hoeveel emissies uiteindelijk worden vermeden, hangt af van het gevoerde klimaatbeleid, het luchtkwaliteitsbeleid en de ontwikkelingen binnen de elektriciteitsmarkt. De NCW van de waardering van deze vermeden emissies bedragen tezamen 0-ca. 0,25 mld euro (maximaal ca. 4% van de elektriciteitsbaten).

Baten voor de voorzieningszekerheid onzeker

De introductie van windenergie leidt tot een diversificatie van energiebronnen voor de Nederlandse energievoorziening, en tot geringere afhankelijkheid van gas en, meer in het algemeen, van fossiele brandstoffen. Deze diversificatie zou mogelijk tot uitdrukking kunnen worden gebracht door een afslag van de disconteringsvoet, hetgeen het KBA-saldo zou verhogen. De baten zijn weergegeven in een gevoeligheidsanalyse, omdat de wetenschappelijke discussie over de validiteit van deze redenering nog geen eenduidige conclusie heeft opgeleverd. De baten stijgen in dat geval met ca. 0,4 mld euro (ca. 7% van de verwachte elektriciteitsopbrengsten).

Effecten voor landschap en natuur zijn in potentie groot

De gevolgen voor het landschap en natuur zijn locatiegebonden. Vanwege de hoogte van de windmolens van 100 meter zijn de gevolgen voor het landschap wijd reikend. Voor de natuur zijn gevolgen voor vogels en met name vleermuizen te verwachten. Een deel van de zoekgebieden voor grootschalige windenergie maakt deel uit van Natura 2000-gebieden of de ecologische hoofdstructuur (EHS). Ook ligt een deel in aangewezen 'stiltegebieden'. Een monetaariseren van de effecten voor landschap en natuur is niet goed mogelijk. De KBA verwijst voor de effecten naar de PlanMER. De PlanMER geeft een indicatie dat de effecten voor landschap en natuur in potentie groot zijn. De effecten voor recreatie zijn waarschijnlijk gering.

Effecten voor de werkgelegenheid nihil

Het project creëert zeker banen. Voor het effect op de welvaart is het echter van belang of die banen additioneel zijn. Als bijvoorbeeld de mensen die in dit project gaan werken anders elders een baan zouden hebben, is er geen sprake van additionele werkgelegenheid en dus ook niet van een positief welvaartseffect. Voor de langere termijn geldt dat de werkgelegenheid in Nederland bepaald wordt door het arbeidsaanbod en institutionele factoren. Dit project heeft daar geen effect op en daarom ook niet op de totale werkgelegenheid. Dus op de langere termijn (zodra de economische crisis weer voorbij is) is er geen netto welvaartseffect via extra werkgelegenheid.

Op de korte termijn zou er in principe vanwege de mogelijk nog hoge werkloosheid, vanaf 2015 wel een positief effect kunnen zijn als het project ertoe zou bijdragen dat het economische herstel wat sneller verloopt. Echter, vanwege de SDE+-constructie is dit zeer onwaarschijnlijk. Het totale subsidiebedrag van de SDE+-regeling is namelijk vast. Dus als dit project doorgaat, gaat een ander innovatieproject niet door en omgekeerd. Zelfs al zou de SDE+-regeling als geheel bijdragen aan een versnelling van het economische herstel, geldt dat niet voor dit afzonderlijke project. De welvaartsbatens van de werkgelegenheid verbonden aan dit project zijn dus nihil.

Effecten van waardedaling van onroerend goed zijn beperkt

De kosten van mogelijke waardedalingen van onroerend goed in de nabijheid van windparken zijn relatief beperkt met ca. 60 mln euro NCW, ca. 1,5% van de investeringskosten. Binnen een straal van 1,1 km van een windmolen is vanuit de literatuur een gemiddelde daling van onroerendgoedprijzen van 4-5% denkbaar, wat overeenkomt met ca. 9000 euro per woning. Waardedalingen buiten deze straal zijn voor de KBA verwaarloosbaar. Omdat de nieuw te bouwen windmolens van 100 meter beduidend hoger zijn dan bestaande windmolens, zijn de berekende effecten verhoogd met 50%. In 1/3 van de zoekgebieden in de SVWOL is de nabijheid van woonbebouwing een aandachtspunt.

De legitimiteit van SDE+-subsidies

Zoals in de vorige paragraaf beschreven, moet de legitimiteit voor een SDE+-subsidie voor dit project buiten de posten van de business case gezocht worden. In deze paragraaf is gebleken dat er twee mogelijk grote verschillen zijn tussen de private en de maatschappelijke afweging. Ten eerste de mogelijke EU-boetes voor het niet halen van de 14% doelstelling voor hernieuwbare energie in 2020. Zulke boetes worden opgelegd aan de Staat en private bedrijven houden hier dus geen rekening mee. Daar staat tegenover dat er mogelijk grote negatieve effecten op het landschap zijn, waar bedrijven eveneens geen rekening mee houden. Het eerste effect pleit voor subsidies, het tweede ertegen.

Daarnaast geldt dat ook als het effect van de EU-boetes domineert er zoals gezegd eigenlijk een analyse moeten worden uitgevoerd naar de goedkoopste manier om die doelstelling alsnog te halen, waarbij naast wind op land ook andere opties worden bekeken. Al met al is de noodzaak voor de subsidies voor dit project dus onduidelijk.

Overzicht van de KBA-uitkomsten

De volgende tabellen geven de KBA-resultaten weer in het basispad en de effecten op het saldo van een aantal gevoeligheidsanalyses.

Tabel 1.1 Overzicht kosten en baten projectalternatief ten opzichte van nulalternatief (NCW in mld euro)

	Kosten	Baten	
Investeringskosten	3,7	Elektriciteitsopbrengsten zonder rekening met profieffect	8,3
Onderhouds- en pachtkosten	2	Afslag ivm profieffect	-2,5
Additionele netwerkkosten	0,03	Netto elektriciteitsopbrengsten	5,8
Kosten reservecapaciteit	0,03		
Totale financieel-economische kosten	5,8	Totaal financieel-economische opbrengsten	5,8
Saldo financieel-economische kosten en baten			0
Kosten natuur en landschap	pm	Werkgelegenheid	0
Kosten prijsdaling onroerend goed	0,06		
		Reductie CO ₂ -emissies	0
		Reductie NO _x -emissies	0-0,16
		Reductie SO _x -emissies	0-0,04
		Reductie pm10-emissies	0-0,04
Totale kosten	5,8+pm	Totale baten	5,87-6
Saldo kosten en baten			-0,1-pm tot +0,2-pm

Tabel 1.2 Effect van gevoeligheidsanalyses op KBA-saldo (NCW in mld euro)

	NCW (mld euro)		
	Wijziging KBA-saldo	Fin-ec saldo	Saldo KBA
Lager prijspad	-0,6	-0,6	-0,7 tot -0,4-pm
Hoger prijspad	+0,5	+0,5	+0,3 tot +0,6-pm
Lagere windpenetratie	+0,4	+0,4	+0,2 tot +0,5-pm
Daling profieffect door zonne-energie	+0,2	+0,2	+0,1 tot +0,4-pm
10% lagere opbrengsten	-0,6	-0,6	-0,7 tot -0,4-pm
Baten vermeden CO ₂	+0,2 tot +1,5	-0,7	+0,1 tot +1,7-pm
Baten voorzieningszekerheid	+0,4	0	+0,3 tot +0,6-pm
Hogere leereffecten	0	0	-0,1 tot +0,2-pm

Saldo KBA

De NCW van de financieel-economische kosten en baten zijn met elkaar in evenwicht. Het saldo van maatschappelijke baten en kosten bedraagt ca. -0,1 tot +0,2 mld euro NCW minus een pm-post voor de kosten voor natuur en landschap. Deze kosten voor natuur en landschap hebben we niet in euro's kunnen uitdrukken maar zijn potentieel wel hoog.

Financieel-economische kosten

De kosten zijn opgebouwd uit ca. 3,7 mld euro aan investeringskosten, 2 mld euro aan onderhouds- en pachtkosten en relatief bescheiden bedragen voor additionele netwerkkosten op plaatsen waar aansluitpunten ver van de windparken zijn verwijderd en kosten voor reservecapaciteit. De kosten van de reservecapaciteit is een geringe post voor onverwachte uitval van windparken door defecten. De kosten voor reservecapaciteit, omdat het niet altijd waait, zijn besloten in het zogenaamde profieffect, een reductie op de baten van elektriciteitsopbrengsten. Bij de investerings- en onderhoudskosten is rekening gehouden met leereffecten, waardoor investerings- en onderhoudskosten van windparken in beperkte mate goedkoper worden in de toekomst.

Financieel economische baten

De NCW van de elektriciteitsopbrengsten die hier tegenover staan, bedragen ca. 5,7 mld euro. Een kWh windenergie is gemiddeld genomen beduidend minder waard dan de elektriciteitsprijs⁷ uit de Referentieraming van ECN, omdat een windmolen relatief veel elektriciteit produceert op momenten dat de prijs van elektriciteit laag is. Dit is het profieffect. De relatieve omvang van dit profieffect neemt toe naarmate de windpenetratie toeneemt. In deze KBA brengt dit effect een afslag op de elektriciteitsopbrengsten zonder profieffect van ca. 30% teweeg.

Maatschappelijke effecten buiten de business case

Naast de financieel-economische kosten en baten kan een aantal maatschappelijke effecten worden onderscheiden. De kosten van mogelijke waardedalingen van onroerend goed in de nabijheid van windparken is relatief beperkt met ca. 60 mln euro NCW. De kosten voor natuur en landschap zijn sterk locatie-afhankelijk en zijn in potentie groot. Deze post staat op pm, omdat het niet goed mogelijk is om deze kosten te waarderen. De baten van werkgelegenheid zijn nihil. Bij het voortbestaan van het ETS blijven de totale emissies aan CO₂ gelijk aan het vastgestelde plafond. In de KBA zijn de baten voor CO₂-reductie dan ook nihil. De geraamde baten van de reductie van de emissies van stikstofoxiden, zwaveloxiden en fijn stof (NO_x, SO_x en pm10) bedragen tezamen 0-0,25 mld euro NCW.

Gevoeligheidsanalyses

Er is een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd, waarvan de effecten op het KBA-saldo in tabel 2.2 is weergegeven. Het gaat om de volgende analyses:

- Lager prijspad: De CO₂-emissiehandelprijzen blijven tot 2040 op het niveau van 5 euro/ton. De elektriciteitsprijs⁸ stijgt van 6,3 ct/kWh in 2015 naar 7,1 ct/kWh in 2020 en uiteindelijk 8,3 ct/kWh in 2040.
- Hoger prijspad: De CO₂-emissiehandelprijzen stijgen naar 52 euro/ton vanaf 2030. De elektriciteitsprijs⁹ stijgt van 6,3 ct/kWh in 2015 naar 8,4 ct/kWh in 2020 en uiteindelijk 10,4 ct/kWh in 2040.⁹

⁷ Basislastprijs.

⁸ Basislastprijs.

⁹ Beide prijspaden zijn afkomstig uit een update van de Referentieraming van ECN van april 2013.

- Lagere windpenetratie: Indien de groei van windparken in het buitenland twee maal zo traag zou gaan dan geraamd in het basispad, daalt de invloed van het profieffect. De elektriciteitsopbrengsten nemen dan toe.
- Daling profieffect door zonne-energie: Bij een substantieel aandeel aan zonne-energie in de elektriciteitsopwekking in plaats van conventionele opwekking, neemt het profieffect van windenergie met maximaal 10% af. De elektriciteitsopbrengsten nemen dan toe.
- 10% lagere opbrengsten: In de berekeningen is geen rekening gehouden met bijvoorbeeld hoogtebeperkingen en andere mogelijke beperkingen. De elektriciteitsproductie zou hierdoor ca. 10% lager uit kunnen vallen dan geraamd in het basispad. De bedrijfseconomische opbrengsten nemen dan navenant af.
- Baten vermeden CO₂: De kans dat het ETS na 2020 wordt verlaten, lijkt zeer gering. In het geval het ETS ophoudt te bestaan, treden wel effecten op voor de uitstoot van CO₂. Deze hangen af van de schadekosten van CO₂ waarmee wordt gerekend.
- Baten voorzieningszekerheid: De introductie van windenergie leidt tot een diversificatie van energiebronnen voor de Nederlandse energievoorziening. Deze diversificatie zou mogelijk tot uitdrukking kunnen worden gebracht door een afslag van de disconteringsvoet.
- Hogere leereffecten: In de gevoeligheidsanalyse is ervan uitgegaan dat de leereffecten twee maal zo snel gaan als in de KBA is aangenomen.

1 Inleiding

Het Rijk heeft een ambitie vastgelegd van 6000 Megawatt (MW) geïnstalleerd windvermogen op land in 2020, als bijdrage aan de Europese afspraken om per 2020 14% hernieuwbare energie te realiseren en de CO₂-uitstoot te reduceren met 20% ten opzichte van 1990. In het Regeerakkoord is de ambitie voor hernieuwbare energie in 2020 opgeschroefd naar 16%. Op basis van ruimtelijke reserveringen van provincies wil het Rijk (ministeries EZ en I&M) concentratiegebieden aanwijzen voor grootschalige windenergie. Een *Rijksstructuurvisie Windenergie op Land (SVWOL)* moet daarbij het ruimtelijk afwegingskader bieden om, indien de markt daarom vraagt, voor windparken van minimaal 100MW (15-30 windmolens) de procedures te versnellen met de Rijkscoördinatieregeling.

Doel van de SVWOL is het bieden van een rijksvisie op de ruimtelijke mogelijkheden voor grootschalige windenergie op land om doorgroei te accommoderen naar 6000 MW windenergie op land in 2020. De SVWOL bevat een kaart met gebieden waar grootschalige windenergie mogelijk is. De SVWOL is de uitwerking van de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) zoals aangekondigd in de brief aan de Tweede Kamer van 14 juni 2011.¹⁰ De gebieden liggen in drie regio's: Noordoost Nederland, IJsselmeergebied en de Zuidwestelijke Delta. De voorkeur gaat uit naar grote haven- en industriegebieden, grootschalige open agrarische productielandschappen, in en langs grote wateren en langs wegen en spoorlijnen.

Een Plan-MER heeft de effecten voor milieu, natuur en landschap in kaart gebracht. Daarbij zijn drie alternatieven onderzocht: alternatief 'maximale opbrengst', alternatief 'natuur' en alternatief 'landschap en beleving' die verschillen in de mate van randvoorwaarden die worden gesteld. Daarnaast is een nulalternatief opgesteld om inzichtelijk te maken wat de effecten zouden zijn als er geen SVWOL zou komen. Op basis van deze analyse is een voorkeursalternatief (VKA) vastgesteld. Dit voorkeursalternatief is leidend voor de SVWOL en deze KBA.

Op 5 juli 2012 is de Motie Dijkers aangenomen in de Tweede Kamer. De motie verzoekt de regering met de provincies prestatieafspraken te maken waarin een verdeling van de 6000 MW wordt geborgd en uitgesplitst in taakstellingen per provincie en deze afspraken op te nemen in een SVWOL.

De ministeries van I&M en EZ hebben het CPB verzocht een maatschappelijke kosten-batenanalyse (KBA) op te stellen van de plannen voor 6000 MW windenergie op land conform de SVWOL. Het CPB voert deze analyse uit met ondersteuning van ECN. De SVWOL is eind maart in de Ministerraad vastgesteld en is tevens aan de Tweede Kamer aangeboden. Hierna volgt een inspraakronde die eind 2013 zal leiden tot een definitief besluit over de SVWOL.

¹⁰ Tweede Kamer, 2012, TK 2011-2012, 32 660, nr. 17.

Hoofdstuk 2 zet de uitgangspunten van de studie uiteen, waaronder de probleemstelling en het nulalternatief. Hoofdstuk 3 besteedt aandacht aan het projectalternatief. Hoofdstuk 4 handelt over de bedrijfseconomische kosten van het project, terwijl hoofdstuk 5 dieper ingaat op de marktwaarde van elektriciteit uit windenergie en de rol van het zogenaamde profieffect. Hoofdstuk 6 behandelt de bedrijfseconomische baten van het project. In hoofdstuk 7 wordt gekeken naar de businesscase van windparken in verschillende provincies. In hoofdstuk 8 passeren de maatschappelijke effecten van het project buiten de business case de revue, waarna in hoofdstuk 9 een overzicht volgt van kosten en baten van het project. Hoofdstuk 10 is gewijd aan gevoeligheidsanalyses. De samenvatting en conclusies zijn weergegeven aan het begin van dit document.

2 Uitgangspunten studie

2.1 Probleemstelling

Het doel van het project is op hoofdlijnen inzicht te geven in de kosten en baten van de ambitie van 6000 MW windenergie op land conform de SVWOL.

Vanwege de beperkte doorlooptijd bevat de KBA geen analyse van andere vormen van hernieuwbare energie of andere opties om CO₂-uitstoot te reduceren of energie te besparen.

In de EU-richtlijn voor Hernieuwbare Energie uit 2009 is vastgelegd dat 14% van het bruto energetisch eindverbruik van energie in Nederland in 2020 afkomstig moet zijn van hernieuwbare energiebronnen. Dit is een gezamenlijk besluit van de regeringen van de EU-landen en het Europees Parlement. In het Regeerakkoord is de ambitie voor hernieuwbare energie in 2020 opgeschroefd naar 16%.

In Nederland is in 2011 ca. 4% van de energievoorziening afkomstig uit duurzame energiebronnen. 15,5% van de hernieuwbare energie in dat jaar werd opgewekt met windenergie op land. Begin 2012 bedroeg het opgestelde vermogen wind op land ca 2140 MW.

Wat is een KBA?

Een kosten-batenanalyse (KBA) is een analyse van de maatschappelijk kosten en baten van een bepaald project of voorstel. De KBA, is goed verankerd in de economische wetenschap en kent een lange historie. De welvaartseconomie vormt het theoretisch kader van de KBA. De theorie hanteert hierbij een breed welvaartsbegrip. Niet alleen financieel-economische effecten, maar ook andere zaken waar mensen waarde aan toekennen, zoals natuur, milieu en gezondheid, spelen een rol. Het gaat dus uitdrukkelijk om *alle relevante* kosten en baten, ook als deze niet of niet goed in geld kunnen worden uitgedrukt. Als bij de uitvoering van een project de totale baten voor alle mensen in een samenleving groter zijn dan de totale lasten, wordt verondersteld dat de samenleving er als geheel op vooruitgaat. Het CPB voert KBA's uit volgens de OEI-leidraad (CPB, NEI, 2000, en aanvullingen).

2.2 Uitgangspunten KBA

2.2.1 Prijspeil, disconteringsvoet en tijdshorizon

Alle kosten en baten die in een geldbedrag kunnen worden uitgedrukt, worden in deze studie weergegeven in netto contante waarden (NCW) in 2013. Het prijspeil is 2013.

Disconteringsvoet

Conform het voorschrift van de Tweede Kamer (2009) is uitgegaan van een risicovrije disconteringsvoet van 2,5% en de standaardrisicopremie. 3%, waarmee de disconteringsvoet uitkomt op 5,5%, behalve voor onderstaande specifieke posten.

Voor projecteffecten waarbij langetermijnonomkeerbare effecten spelen, kan de standaard risico-opslag van 3% gehalveerd worden. Voor die effecten geldt dan een disconteringsvoet van 4%. Deze lagere disconteringsvoet is in de KBA gehanteerd voor de baten van vermeden emissies van CO₂, NO_x, SO_x en pm10 (fijnstof).

Om de effecten voor de voorzieningszekerheid te analyseren, is een afslag van de disconteringsvoet gehanteerd voor de financieel-economische baten. Deze analyse wordt uiteengezet in hoofdstuk 10.

Tijdshorizon

De kosten en baten zijn berekend tot en met 2040.

2.3 Scenario's

Een scenario is een consistent en plausibel toekomstbeeld. Scenario's dienen om de invloed van mogelijke ontwikkelingen van buitenaf op de KBA-uitkomsten inzichtelijker te maken. In de beschikbare tijd bleek het niet goed mogelijk om de uitkomsten in meerdere scenario's te presenteren. In deze KBA is uitgegaan van de aannames uit de meest recente Referentieraming van ECN (ECN en PBL, 2012) die ten behoeve van de analyse van de verkiezingsprogramma's in 2012 is geactualiseerd en in april 2013 opnieuw is geüpdatet. Om *wel* de invloed van exogene ontwikkelingen op de uitkomsten van de KBA inzichtelijk te maken, is gebruik gemaakt van een aantal gevoeligheidsanalyses. Deze analyses bieden inzicht in de invloed van verschillende parameters op de KBA-uitkomsten.

2.4 Projectafbakening en nulalternatief

Letterlijk gesproken bestaat het project uit het reserveren van land en het geven van SDE+-subsidies voor bedrijven die als ze dat willen in die gebieden windmolens willen plaatsen. Het project zelf omvat dus niet het plaatsen van de windmolens, alleen het stimuleren ervan. Het zijn de elektriciteitsbedrijven die beslissen of ze met deze stimulans het plaatsen van windmolens voldoende rendabel achten om tot investeren over te gaan. Het kan dus zijn dat er ondanks dit project helemaal geen windmolens geplaatst zullen worden, namelijk als elektriciteitsbedrijven zelfs met subsidies investeren in wind op land niet rendabel achten.

Het kan echter ook zijn dat blijkt dat in de toekomst wind op land zo rendabel is, dat bedrijven zelfs zonder subsidies windmolens zouden aanleggen. Zoals in de latere hoofdstukken van deze KBA zal blijken, is het rendement van wind op land zo onzeker dat

het zowel mogelijk is dat wind op land zonder subsidies rendabel is voor de elektriciteitsbedrijven als dat het zelfs met subsidies voor hen niet rendabel is. Dus, zowel met als zonder het project kunnen er wel of geen windmolens geplaatst worden.

Standaard meet een KBA de maatschappelijke kosten en baten van het uitvoeren van een project ten opzichte van een nulalternatief waarin dat project niet wordt uitgevoerd. In dit geval is deze opstelling wat problematisch. Het project is immers het stimuleren van het plaatsen van windmolens, niet het daadwerkelijk plaatsen ervan. Het is dus niet op voorhand duidelijk wat er in het nulalternatief noch in het projectalternatief daadwerkelijk gebeurt. Dit zou de KBA en de interpretatie ervan bijzonder onoverzichtelijk maken.

Daarom hebben we ervoor gekozen om in deze KBA twee werelden te vergelijken: een waarin de windmolens niet geplaatst worden en een waarin ze wel geplaatst worden. De KBA leest daarom alsof het project ook het plaatsen van windmolens omvat. Vervolgens wordt gekeken wat het private en maatschappelijke rendement van die windmolens is en wordt bekeken of het plaatsen ervan *privaat en/of maatschappelijk* rendabel is. Van daaruit redeneren we terug naar de vraag of het eigenlijke project, het reserveren van land en het aanbieden van SDE+-subsidies, nuttig en nodig is.

De praktische uitwerking hiervan is dat we het projectalternatief met windmolens vergelijken met een nulalternatief zonder windmolens waarin:

- Reeds vergunde windmolenparken of plannen voor windmolenparken in een *vergevorderd* stadium worden geplaatst.
- De bestaande subsidieregeling wordt voortgezet voor bestaande en reeds vergunde windmolens voor de economische levensduur van de molen.
- Nu reeds bestaande windmolens, waarvan de economische levensduur verstreken is, worden vervangen.

Naast de bestaande en vergunde windmolens zullen tot 2020 *geen* nieuwe vergunningen worden afgegeven voor de installatie van windmolens. In het nulalternatief nemen we dus aan dat er geen vergunningen worden afgegeven voor nieuwe windparken. Het gevolg daarvan is dat het geïnstalleerd vermogen in het nulalternatief niet verder toeneemt, zelfs als elektriciteitsmaatschappijen ze ook zonder subsidies zouden willen plaatsen.

In het nulalternatief omvat het vermogen wind op land in 2020 in Nederland 2536 MW. Dit is ca. 400 MW meer dan op dit moment. Dit vermogen wordt tot 2033 op peil gehouden met vervangingsinvesteringen van nu reeds bestaande windmolens. De windmolens die in 2013-2020 geplaatst zijn, worden niet vervangen, waarmee het opgesteld vermogen in de jaren 2033-2040 gestaag daalt. Het nulalternatief is door ECN opgesteld op basis van informatie van de NWEA.¹¹ In het nulalternatief is 2536 MW opgesteld in 2020. Een verdeling van de 2536 MW naar provincies is weergegeven in hoofdstuk 3 in tabel 3.1 naast de invulling van het projectalternatief.

¹¹ NWEA, 2011, Visiedocument Ruimte voor Wind op Land, juni 2011.

3 Projectalternatieven

In de KBA wordt het project dus de facto geïnterpreteerd als het plaatsen en vervangen van windmolens op land conform de SVWOL, en het bod dat het Interprovinciaal Overleg (IPO) in 2012 heeft gedaan voor een verdeling van windparken naar provincies.¹² Het IPO-bod is blijven steken op 5715 MW. ECN heeft op basis van informatie van de NWEA¹³ en eigen expertise de resterende 285 MW verdeeld, zodat in 2020 6000 MW windenergie op land in Nederland is aangenomen in het projectalternatief. Een overzicht van de locaties voor grootschalige windparken, zoals voorgesteld in de SVWOL die deel uitmaken van het voorkeursalternatief (VKA) uit de Plan-MER, is weergegeven in bijlage A.¹⁴ De gebieden zijn weergegeven op de volgende pagina.

Tabel 3.1 Overzicht vermogen wind op land project- en nulalternatief per provincie

	Projectalternatief		Nulalternatief
	IPO	KBA	KBA
Provincie	MW	MW	MW
Friesland	525	630	134
Groningen	850	850	300
Drenthe	280	280	0
Overijssel	80	130	24
Noord-Holland	580	625	253
Flevoland	1370	1370	1111
Zuid-Holland	730	730	250
Utrecht	60	60	13
Gelderland	210	210	43
Zeeland	550	550	290
Noord-Brabant	420	505	114
Limburg	60	60	4
Totaal	5715	6000	2536

De toevoeging van de 3500 MW windenergie in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief is verdeeld over de jaren 2015-2020. Voor de economische levensduur van windmolens is voor de huidige windmolens (tot 2013) uitgegaan van gemiddeld 15 jaar. Voor nieuwe windmolens (vanaf 2013) is uitgegaan van een economische levensduur van gemiddeld 20 jaar. In zowel project- als nulalternatief zullen bestaande windmolens, waarvan de economische levensduur is verstreken, tot 2027 worden vervangen door nieuwe

¹² IPO 2012, <http://www.ipo.nl/nieuws/verdeling-6000-mw-windenergie-over-de-provincies>.

¹³ NWEA, 2011, Visiedocument Ruimte voor Wind op Land, juni 2011.

¹⁴ Het potentieel op te stellen vermogen in de locaties uit het VKA voor grootschalige windenergie bedraagt grofweg slechts de helft van de 6000 MW. Voor de locaties van de plaatsing van windparken buiten deze gebieden is uitgegaan van 'daarvoor geschikte gebieden in de provincie' conform de verdeling van het IPO over de provincies.



Kaart 1: Gebieden voor grootschalige windenergie



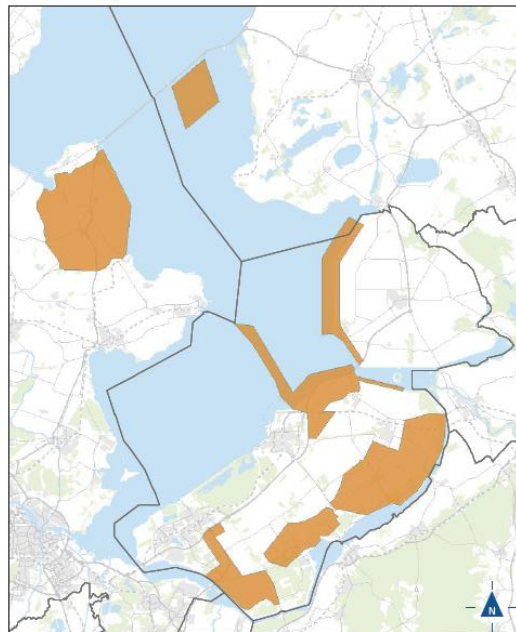
Noordoost Nederland




Zuidwest Nederland



IJsselmeergebied



 Gebieden voor Grootschalige Windenergie
 Eems Dollardverdraggebied

windmolens (met een groter vermogen, een hogere ashoogte, een hogere jaaropbrengst en een levensduur van 20 jaar). De jaarlijkse productie van de windparken is dus het hoogst in de jaren 2027-2033 wanneer alle nu reeds bestaande windmolens zijn vervangen door nieuwe windmolens, en de levensduur van de windmolens die in 2013 zijn geplaatst nog niet is verstreken. De windmolens die in 2013-2020 geplaatst zijn, worden niet vervangen, waarmee het opgesteld vermogen in de jaren 2033-2040 gestaag daalt.

De 6000 Megawatt windenergie op land levert in 2020 ca. 16,8 Terawattuur (TWh) elektriciteit op jaarbasis. Dit is ca. 13% van de verwachte elektriciteitsconsumptie in 2020 (en 2,5% van het totale energetisch eindverbruik). Het projectalternatief omvat 3500 MW meer windenergie dan het nulalternatief. Uitvoering van het projectalternatief draagt 1,5 %-punt bij aan de doelstelling voor hernieuwbare energie-opwekking van 14 (of 16) %. De nieuwe windturbines zijn ca. 100 m hoog en hebben een vermogen tussen de 3 en 6 MW.

De KBA werkt het projectalternatief uit als één integraal project met plaatsing van alle beoogde windmolen in bovenstaand locaties. Echter, omdat het rendement van windmolens afhangt van de gemiddelde windkracht ter plekke zijn er mogelijk wel grote verschillen in het rendement per locatie. Om inzicht te geven in die regionale verschillen in uitkomsten, is in hoofdstuk 7 een separate analyse uitgevoerd van de plaatsing van windparken in verschillende provincies.

4 Investerings-, onderhouds- en ruimtekosten

4.1 Investeringskosten windenergie op land

4.1.1 Investeringskosten

De investeringskosten voor windenergie op land bedragen op dit moment gemiddeld 1386 euro/KW,¹⁵ De windturbine-investeringskosten bedragen 71% hiervan. Overige investeringskosten bestaan uit kosten voor fundatie, elektrische infrastructuur in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, grondverwervingskosten, bouwrente en verzekeringskosten tijdens de bouw. Voor de kosten van netaansluiting zijn de gemiddelde aansluitkosten gebruikt behorend bij een maximale afstand tussen windpark en aansluitpunt van 5 km. Voor die windparken in de Plan-MER waarbij de afstand tot het net groter is dan 5 km is, zijn de additionele aansluitkosten in paragraaf 4.3 weergegeven.

De investeringskosten zijn in principe locatieafhankelijk, vanwege verschillen in heikosten, inpassingskosten of het feit dat er op sommige locaties beperkingen gelden wat betreft bouwhoogtes. Deze verschillen zijn gezien het tijdsbestek van de studie niet meegenomen.

4.1.2 Leereffecten

Voor windenergie op land worden nog leereffecten verwacht, zij het in beperkte mate. De toekomstige kostenontwikkeling van windenergie op land wordt bepaald door de ontwikkeling van de (wereldwijd) geplaatste capaciteit en de zogenaamde 'progress ratio'. De 'progress ratio' is het percentage waarmee de kosten dalen als het wereldwijd opgestelde vermogen verdubbelt.

In de KBA is gewerkt met indexcijfers. Deze geven de relatieve reële kostenontwikkeling weer ten opzichte van 2013. De progress ratio is verondersteld op 5%.¹⁶ De ontwikkeling van het cumulatief opgestelde vermogen is gebaseerd op Pure Power van EWEA (2011). Deze kostenindexcijfers kunnen zowel op de investerings- als op de onderhoudskosten¹⁷ worden toegepast.

De investerings- en onderhoudskosten van windparken dalen volgens deze aannames met ca. 6% in 2035 ten opzichte van 2013. Vanwege onzekerheden in deze aannames is in hoofdstuk 10 een gevoeligheidsanalyse voor de leercurven uitgevoerd

¹⁵ ECN, 2013 o.b.v. berekeningen SDE+.

¹⁶ IEA, WEO 2012.

¹⁷ De onderhoudskosten van het moment van plaatsing van de windmolens is bepalend. Van windmolens die reeds zijn geplaatst, is aangenomen dat de onderhoudskosten niet meer dalen in de toekomst.

De NCW van de investeringskosten van het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief bedraagt 3,7 mld euro.

4.2 Onderhouds- en ruimtekosten

De onderhouds- en ruimtekosten voor windenergie op land zijn verdeeld in een variabele en een vaste component. De variabele onderhoudskosten bestaan uit garantie- en onderhoudscontracten en worden geraamd op 1,1 eurocent/kWh. Daarbij komen de grondkosten (in de vorm van pacht), die geraamd zijn op 0,53 eurocent/kWh, waarmee de totale *variabele* onderhouds- en ruimtekosten op 1,63 eurocent/kWh komen.

De *vaste* jaarlijkse onderhoudskosten zijn geraamd op 15,3 euro/kW.¹⁸ Hier zijn kosten inbegrepen voor diverse verzekeringen, netinstandhoudingskosten, beheer en land- en wegenonderhoud.

De maatschappelijke kosten van het gebruik van de grond die de windparken (en toegangswegen) innemen, bedragen feitelijk de alternatieve opbrengst van de grond, in het geval van landbouwgrond de gedeerde landbouwopbrengsten. De pachtkosten behoeven hier niet gelijk aan te zijn. In deze KBA is voor de benadering van de maatschappelijke kosten van het grondgebruik uitgegaan van de pachtkosten.

De onderhoudskosten van windenergie op land dalen in de tijd door leereffecten met gelijke snelheid als de daling van de investeringskosten. Alleen de reële pachtkosten blijven constant.

De NCW van de onderhouds- en ruimtekosten van het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief bedragen 2 mld euro (1,6 mld euro variabele en 0,4 mld euro vaste onderhouds- en ruimtekosten).

4.3 Netinpassing

Om het transport van gegenereerde elektriciteit mogelijk te maken, moet er op een aantal plaatsen een verzwaring van het hoogspanningsnet plaatsvinden. Deze verzwaringen moeten tijdig zijn gerealiseerd, opdat het transportnet op elk moment het aanbod kan verwerken.

In de investeringskosten is een bedrag opgenomen voor de kosten van netaansluiting tot een maximale afstand tussen windpark en aansluitpunt van 5 km. Voor een aantal windparken bedraagt de afstand tot het net meer dan 5 km. Voor deze parken zijn de additionele

¹⁸ ECN, 2013 o.b.v. berekeningen SDE+.

aansluitkosten per provincie berekend en in 2017 aan de investeringskosten toegevoegd. De additionele aansluitkosten zijn geraamd op 0,5 mln euro/km.¹⁹ De NCW van de kosten van additionele netverzwaring bedragen 31 mln euro. Dit is minder dan 1% van de NCW van de investerings- en onderhoudskosten.

¹⁹ Luis Olmos et al, Improgress Report; Case studies of distribution areas, WP4 D5, p 133.

5 De marktwaarde van een kWh windenergie

De gemiddelde prijs per kWh voor windenergie ligt ver onder de gemiddelde kWh prijs voor basislast.²⁰ Dit hoofdstuk bespreekt waarom een kWh windenergie zoveel minder waard is dan een kWh basislast. Daarnaast wordt ingegaan op de additionele kosten voor reservecapaciteit als gevolg van het uitbreiden van het geïnstalleerd vermogen wind op land van 2500 MW tot 6000 MW.

5.1 Het profieffect

Hirth heeft recentelijk een analyse gemaakt van de marktwaarde van variabele hernieuwbare energie op de Noordwest Europese elektriciteitsmarkt.²¹ De analyse behelst zowel wind- als zonne-energie (zonPV) en kijkt expliciet naar de vraag in welke mate de waarde van windenergie wordt beïnvloed door de penetratie ervan. De penetratie is daarbij gedefinieerd als het aandeel windenergie in de totale productie van elektriciteit.²²

Elektriciteitsprijzen fluctueren zowel over de dag als over de seizoenen. Zo is de prijs van elektriciteit overdag hoger dan in de nacht en in de winter hoger dan in de zomer. De waarde van een door een windmolen geproduceerde elektriciteit is dan ook afhankelijk van het tijdstip waarop windmolens hun elektriciteit produceren. Dit effect wordt het profieffect genoemd. Dit profieffect is gedefinieerd als de gemiddelde opbrengst per kWh voor een bepaalde technologie, zeg wind, ten opzichte van de prijs voor basislast. Bijvoorbeeld bij een profieffect van 110% is de gemiddelde opbrengst per kWh van windenergie vanwege deze timing effecten 10% hoger dan de basislastprijs, en bij een profieffect van 70% is die opbrengst 30% lager.

Voor Noordwest Europa geldt dat het aanbod van windenergie in de winter hoger is dan in de zomer en in de nacht hoger dan overdag. Een windmolen profiteert dus van de hogere prijzen in de winter, maar heeft last van de lagere prijzen in de nacht. Daarnaast hangt de prijs van elektriciteit af van de windsnelheid. Een windmolen produceert alleen elektriciteit als het waait. Als het waait is het totale aanbod aan elektriciteit groter en dus de prijs van elektriciteit lager dan wanneer het niet waait.

Hoe hoger het percentage windenergie (onshore en offshore) in de West-Europese elektriciteitsmarkt, hoe groter dit effect. Het netto-profieffect (het saldo van

²⁰ Met de elektriciteitsprijzen wordt in deze KBA consequent de prijs voor basislast bedoeld, dat is de gemiddelde prijs van een levering van 1 kWh gedurende het hele jaar.

²¹ L. Hirth, 2013, The Market Value of Variable Renewables, Energy Economics, vol. 38, 218-236.

²² In een recent ECN-rapport wordt een profieffect met een vergelijkbare omvang gevonden voor wind in Nederland (Nieuwenhout en Brand, ECN, 2013).

bovengenoemden drie factoren) is daarmee in sterke mate afhankelijk is van de penetratiegraad van windenergie. Volgens Hirth is de gemiddelde opbrengst van een kWh wind bij een geringe penetratiegraad ca 10% hoger dan de prijs voor basislast, omdat wind in dat geval kan profiteren van een gunstig seizoensaanbod. Naarmate de penetratiegraad van windenergie stijgt, slaat de balans al snel om. Zo is de gemiddelde opbrengst van een kWh wind al bij een penetratiegraad van ongeveer 3% gelijk aan de prijs van basislast, terwijl bij een penetratiegraad van 30% de opbrengst van een kWh wind slechts 52% van de basislastprijs is.

Nu maakt het voor de omvang van het profieffect uit of naar de middellange of lange termijn wordt gekeken, omdat over een langere tijdsperiode de productiecapaciteit zich meer kan aanpassen aan de hogere windpenetratie. Dit betekent dat het profieffect op de lange termijn lager is dan op de middellange termijn.

Behalve van de termijn die in ogenschouw wordt genomen, is het profieffect voor windenergie ook afhankelijk van de penetratie van met zonnecellen opgewekte energie. Dit komt omdat de productie van windenergie en zonne-energie een geringe negatieve correlatie kennen. Als het hard waait, is er immers minder zonlicht en andersom. Zo laat Hirth (2013) zien dat bij een substantieel aandeel van zonne-energie in de elektriciteitsopwekking het profieffect van windenergie met maximaal 10% afneemt.

Tabel 5.1 geeft het profieffect van windenergie bij verschillende penetratiegraden van windenergie in de elektriciteitsmix en voor twee verschillende termijnen (middellange en lange) weer. Voor de analyse in de KBA is gerekend met een profieffect van de middellange termijn in 2015 met een lineaire afname naar een profieffect op lange termijn in 2040.

Tabel 5.1 Profieffect windenergie bij verschillende penetratiegraden windenergie

	10%	20%	30%	35%
Middellange termijn	0,84	0,66	0,52	0,45
Lange termijn	0,86	0,74	0,64	0,59

Voor de bepaling van het profieffect voor windenergie in Nederland is, behalve de windpenetratie in Nederland, ook de windpenetratie in de ons omringende landen (Duitsland, België en Frankrijk) van belang. In deze landen wordt immers ook volop geïnvesteerd in windparken en deze markten zijn goed geïntegreerd als gevolg van de bestaande interconnectiecapaciteit. Cruciaal daarbij is dat het aanbod van windenergie in Nederland in behoorlijke mate gecorreleerd is met het aanbod van windenergie in het omringende buitenland. Anders gezegd: als het in Nederland niet hard waait, is de kans groot dat het in de buurlanden ook niet zo hard waait. Vanwege de invloed van transportverliezen zijn de elektriciteitsmarkten in andere landen buiten beschouwing gelaten. In de KBA is de windpenetratie voor Nederland, Duitsland, België en Frankrijk als totaal als uitgangspunt genomen bij de berekening van het profieffect.

Om de windpenetratie in Duitsland, België en Frankrijk te bepalen, is in deze KBA gebruik gemaakt van cijfers van EWEA (2011) over zowel het verwachte opgestelde vermogen

windenergie als de elektriciteitsproductie op basis van windenergie, onshore en offshore. EWEA presenteert de verwachte toename van windenergie in de afzonderlijke Europese landen in 2020 en een verwachte totale hoeveelheid onshore en offshore windenergie in Europa in 2030. In de analyse is verondersteld dat de hoeveelheid windenergie (onshore en offshore) in Duitsland, België en Frankrijk tussen 2020 en 2030 toeneemt met de gemiddelde verwachte groeivoet in Europa tussen 2020 en 2030 op basis van de verwachtingen in het EWEA-rapport. Voor de groei van offshore windenergie is na 2030 verondersteld dat deze halveert tot 2035, waarna stabilisatie optreedt. Voor Nederland is uitgegaan van het nulalternatief: 2500 MW in 2020, op peil gehouden in de jaren daarna. Voor offshore windenergie is voor Nederland uitgegaan van 700 MW windenergie op zee in 2020. Ook die wordt in de jaren daarna op peil gehouden. De totale elektriciteitsproductie uit windenergie in de vier landen is gedeeld door de verwachte totale elektriciteitsconsumptie in de vier landen, wederom op basis van EWEA. In hoofdstuk 11 is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op basis van andere aannames over de groei van windenergie. In hetzelfde hoofdstuk is tevens een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij rekening is gehouden met een afname van het profieffect door toename van de penetratie van zonne-energie.

De penetratie van windenergie in de vier landen samen is voor een aantal steekjaren uiteengezet in tabel 5.2. De tabel laat zien dat de elektriciteitsopbrengsten uit wind door het profieffect sterk afnemen. In 2015 is deze 'korting' op de basislastprijs 17%, terwijl deze in 2040 opgelopen is naar ruim 40%.

Tabel 5.2 Profieffect windenergie en verwachte windpenetratie in de tijd

	2015	2020	2030	2040
Verwachte windpenetratie	9%	14%	27%	35%
Profieffect	83%	79%	65%	59%

In hoofdstuk 6 wordt bij de berekening van de elektriciteitsopbrengsten de NCW van het profieffect uiteengezet.

5.2 Kosten vaste onderhoudskosten gascentrales buiten gebruik

Het profieffect uit de vorige subparagraaf heeft betrekking op het nulalternatief. Door de uitbreiding van de geïnstalleerde capaciteit wind naar 6000 MW in het projectalternatief zal echter de omvang van het profieffect (gering) stijgen. Verder zal de uitbreiding van deze capaciteit de prijzen op de elektriciteitsmarkt verder onder druk zetten.

Voor deze KBA beschikt het CPB alleen over een prijspad onder het nulalternatief. Daarom bepalen we het effect van de uitbreiding van wind op land van 2500 naar 6000 MW als volgt. De extra 3500 MW wind produceert op jaarbasis ongeveer 10 TWh. In de praktijk zal deze extra productie vooral leiden tot de verdringing van (net opgeleverde) gascentrales. We nemen aan dat deze gascentrales gedurende de levensduur van de windmolens tijdelijk

buiten gebruik worden gesteld, waardoor de eigenaren alleen nog de vaste O&M (onderhoud en maintenance)kosten hebben. Na deze periode worden ze weer in gebruik genomen. Als gevolg van het 'in de mottenballen zetten' van deze capaciteit zullen de prijzen in het projectalternatief min of meer vergelijkbaar zijn aan de prijzen in het nulalternatief. De vaste O&M kosten worden geschat op 12,5 euro per kW.²³ Verder nemen we aan dat er ca 30% op deze vaste O&M kosten bespaard kan worden. De NCW van deze kosten bedragen in totaal 183 mln euro. Omdat deze kosten uiteindelijk tot uitdrukking komen in de elektriciteitsprijzen is ervoor gekozen om deze op te nemen als onderdeel van het profieffect.

5.3 Reservercapaciteit

Het profieffect geeft de 'korting' op de basislastprijs weer voor normale schommelingen in het aanbod van windenergie. Het op deze wijze berekende profieffect houdt echter - vanwege de zeldzaamheid van dergelijke gebeurtenissen - vrijwel geen rekening met lastminuteschommelingen in het windaanbod en evenmin met uitval van windparken, bijvoorbeeld als gevolg van een kabelbreuk. Voor dit soort gebeurtenissen moet de nationale netbeheerder extra reservevermogen achter de hand houden. Deze reservercapaciteit wordt gefinancierd via een opslag op de transporttarieven. In de KBA kan voor de reservercapaciteit met een relatief bescheiden post worden volstaan.

In deze KBA zijn de kosten verbonden aan deze reservercapaciteit bepaald op basis van de 'Germany 2010/1-hour ahead forecast errors'.²⁴ Uit deze studie blijkt dat bij 10% windpenetratie de additioneel benodigde reservercapaciteit 1% van het toegevoegde windvermogen bedraagt.

De kosten van het aanhouden van reservercapaciteit bedragen 850 \$/kW in 2020.²⁵ Voor de levensduur van reservercapaciteit is uitgegaan van 25 jaar. Bij een disconteringsvoet van 5,5% bedragen de kosten van reservercapaciteit 46,9 euro/kW/jaar.

De NCW van de benodigde reservercapaciteit in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief zijn daarmee begroot op 31 mln euro.

²³ Zie G.J. Blanford, J.H. Merrick en D. Young, 2012, A Clean Energy Standard Analysis with the US-REGEN Model, EPRI.

²⁴ Zie figuur 10 op blz. 29 in Holttinen et al., 2012, Design and operation of power systems with large amounts of wind power, IEA Task 25.

²⁵ ETSAP technology data sheets: <http://iea-etsap.org/web/ThanksDI.asp?file=E02>. Voor de euro/dollarkoers is gerekend met een verhouding van 1:1,35 (koers februari 2013).

6 Bedrijfseconomische baten

6.1 Opbrengsten verkoop elektriciteit

De bedrijfseconomische baten van de opwekking van elektriciteit uit duurzame energiebronnen in de projectalternatieven omvatten de opbrengsten van die elektriciteit.

Elektriciteitsprijzen

De elektriciteitsprijzen zijn geraamd op basis van een update van april 2013 van de Referentieraming van ECN uit 2012.²⁶ Er is in het basisscenario gerekend met reële elektriciteitsprijzen, prijspeil 2013, zoals weergegeven voor enkele steekjaren in onderstaande tabel.²⁷ De stijging van de elektriciteitsprijzen in de tijd is ingegeven door een verwachte stijging van de CO₂-emissieprijzen en een verwachte stijging van de aardgasprijzen.

Tabel 6.1 Geraamde elektriciteitsprijzen basispad in de tijd

	2015	2020	2030	2040
Prijs euroct/kWh	7	7,4	9,3	9,8

Vanwege de grote onzekerheden die met de geraamde elektriciteitsprijzen gepaard gaan en het doorslaggevende belang voor de uitkomsten, is in gevoeligheidsanalyses in hoofdstuk 10 gerekend met afwijkende elektriciteitsprijzen.

Vollasturen

In Nederland waait het in de ene provincie gemiddeld beduidend harder dan in een andere provincie. De elektriciteitsopbrengsten van de windparken verschillen daarom per locatie. ECN heeft op basis van de locaties van de voorgestelde windparken en de daar geldende gemiddelde windsnelheden de productie per jaar bepaald. Deze jaarproductie is vervolgens omgerekend naar het aantal *vollasturen* op jaarbasis per provincie.

Het aantal vollasturen van een turbine is het aantal uren waarbij de molen, draaiend op vol vermogen, dezelfde productie zou realiseren als die jaarproductie. Hoe hoger het aantal vollasturen, hoe hoger de elektriciteitsproductie. Het aantal vollasturen is in Nederland het hoogst in Friesland met gemiddeld 3524 en het laagst in Noord-Brabant en Limburg met respectievelijk 3027 en 2643.

De berekeningen per provincie zijn gebaseerd op de gemiddelde windsnelheden²⁸ in de gebieden die zijn aangewezen in de SVWOL aangevuld met additionele locaties die nodig zijn om de totale 6000 MW capaciteit te kunnen bereiken. Deze additionele locaties zijn door het ECN bepaald op basis van het Interprovinciaal Overleg uit 2012. Daarbinnen heeft ECN de

²⁶ ECN, 2013 o.b.v. IEA, 2013, WEO 2012.

²⁷ De elektriciteitsprijzen zijn gebaseerd op 24-uurslast, de basisprijzen.

²⁸ Hiervoor is uitgegaan van de mediaan, het 50% percentiel.

meest geschikte locaties gekozen. Voor provincies waar geen specifieke gebieden in de SVWOL zijn aangegeven, is gerekend met de gemiddelde windsnelheid in die provincie. Verder is uitgegaan van 10% aan elektrische en mechanische en zogenaamde zogverliezen.²⁹

Elektriciteitsopbrengsten

6000 MW windenergie op land in het projectalternatief levert in 2020 naar verwachting een elektriciteitsopbrengst van 16,7 TWh, stijgend naar 17,5 TWh in 2027, waarna de opbrengst vanaf 2033 weer daalt. Het verschil tussen de opbrengst in 2020 en 2027 heeft te maken met een verschil in elektriciteitsopbrengst tussen reeds bestaande en nieuwe windmolens. Omdat nieuwe windmolens hoger zijn dan bestaande windmolens, leveren nieuwe windmolens per MW meer elektriciteit dan bestaande windmolens. Op grotere hoogte waait het namelijk harder. In 2027 zijn alle bestaande windmolens in het project- en nulalternatief vervangen door nieuwe windmolens.

In het nulalternatief leveren de ca. 2.500 MW windenergie op land in 2020 ca. 6,7 TWh, stijgend naar ca. 7,5 TWh in 2027 om na 2033 te dalen.

Uitkomsten elektriciteitsopbrengsten

De NCW van de elektriciteitsinkomsten in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief, zonder rekening te houden met het profieffect, bedragen ca. 8,3 mld euro.

Zoals uiteengezet in het vorige hoofdstuk moet bij een variabele energiebron als windenergie rekening worden gehouden met het profieffect. De NCW van de reductie van elektriciteitsopbrengsten als gevolg van het profieffect bedraagt ca. 2,5 mld euro. De afslag op de elektriciteitsopbrengsten ten gevolge van het profieffect bedraagt ca. 30%.³⁰

De NCW van de elektriciteitsopbrengsten in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief, rekening houdend met het profieffect, bedragen ca. 5,8 mld euro.

²⁹ Zogverliezen van windmolens treden op door turbulentie in de lucht veroorzaakt door de nabijheid van andere windmolens of andere objecten. Gebaseerd op basisbedragen in de SDE+, S. Lensink et al. ECN en Kema.

³⁰ Merk op dat de methode waarop de baten van windenergie in deze KBA zijn bepaald verschilt van de methode die destijds in de KBA Windenergie op de Noordzee (2005) is gebruikt. Beide benaderingen leiden overigens tot vergelijkbare uitkomsten. Meer specifiek zijn de integratiekosten van windenergie in deze KBA bepaald op basis van marktprijzen. Het gaat dan zowel om de negatieve correlatie van windenergie met de vraag op dagbasis, als om de fluctuaties van wind over de dagen (soms waait het hard, soms niet). Deze wijze van waarden leidt ertoe dat de integratiekosten van windenergie als een negatieve post aan de batenkant terecht komen. Daarnaast is er een bijna verwaarloosbare post voor 'calamiteiten', zoals het plotseling wegvallen van wind of het doorsnijden van een kabel. In de KBA Windenergie op de Noordzee uit 2005 zijn de integratiekosten van windenergie berekend op basis van de kosten van het aanhouden van reservecapaciteit om fluctuaties in het aanbod van windenergie op te vangen. Deze wijze van waarden leidt ertoe dat de integratiekosten van windenergie als een positieve post aan de batenkant terecht komt. Tot slot moet worden opgemerkt dat de omvang van deze integratiekosten tussen beide KBA's enorm verschilt. In 2005 hadden de integratiekosten van windenergie nog een beperkte omvang, omdat de penetratie van windenergie in Noordwest Europa gedurende de projectperiode veel geringer was.

7 De businesscase van windparken in verschillende provincies

Om inzicht te geven in de bedrijfseconomische rentabiliteit van windparken en het verloop daarvan in de tijd en de regionale verschillen daarbinnen tussen provincies, is ter illustratie een additionele KBA-analyse uitgevoerd van het uitvoeren van een project van 100 MW in de twaalf provincies in de jaren 2015-2040. De plaatsing van 100 MW is onderdeel van de plaatsing van 6000 MW conform de SVWOL. Ieder individueel project wordt uitgevoerd ten opzichte van het nulalternatief.

Voor de analyse zijn voor iedere provincie 26 verschillende KBA's uitgevoerd, ieder met een verschillend startjaar. Als voorbeeld is Friesland genomen. De eerste KBA betreft plaatsing van 100 MW wind op land in 2015, waarbij de financieel-economische kosten en baten die met dit project in de jaren 2015-2034 (levensduur van het project) gepaard gaan met 5,5% zijn verdisconteerd naar het jaar 2013. De tweede KBA betreft de plaatsing van 100 MW wind op land in 2016. Ook nu zijn de financieel-economische kosten en baten van dit project in de jaren 2016-2035 met 5,5% verdisconteerd naar het jaar 2013. Et cetera tot en met 2040. Daarbij is aangenomen dat na de levensduur van het project niet nogmaals wordt geïnvesteerd.³¹

Onder financieel-economische kosten en baten wordt verstaan: investeringskosten³², netwerkkosten, onderhouds- en ruimtekosten, kosten van reservecapaciteit en de opbrengsten van elektriciteitsverkoop waarbij rekening wordt gehouden met het profieffect. Voor de omvang van het profieffect is aangesloten bij de aannames die zijn gemaakt bij de berekening van dit effect in het basis-KBA-overzicht. In de analyse is gerekend met de elektriciteitsprijzen uit het middenprijspad uit de Referentieraming van ECN.³³ Bij de bepaling van de elektriciteitsopbrengsten is rekening gehouden met de verschillen in de verwachte opbrengst van windenergie tussen de provincies. De windcondities in de ene provincie zijn namelijk aanmerkelijk gunstiger dan de windcondities in de andere provincie.

De berekeningen zijn gebaseerd op de windsnelheden in de gebieden die zijn aangewezen in de SVWOL aangevuld met additionele locaties die nodig zijn om de totale 6000 MW capaciteit te kunnen bereiken. Deze additionele locaties zijn door het ECN bepaald op basis van het Interprovinciaal Overleg uit 2012. Daarbinnen heeft ECN de meest geschikte locaties gekozen. Voor provincies waar geen specifieke gebieden in de SVWOL zijn aangegeven, is gerekend met de gemiddelde windsnelheid in die provincie.

³¹ Een analyse waarbij wel na 20 jaar opnieuw werd geïnvesteerd, leidde niet tot andere uitkomsten.

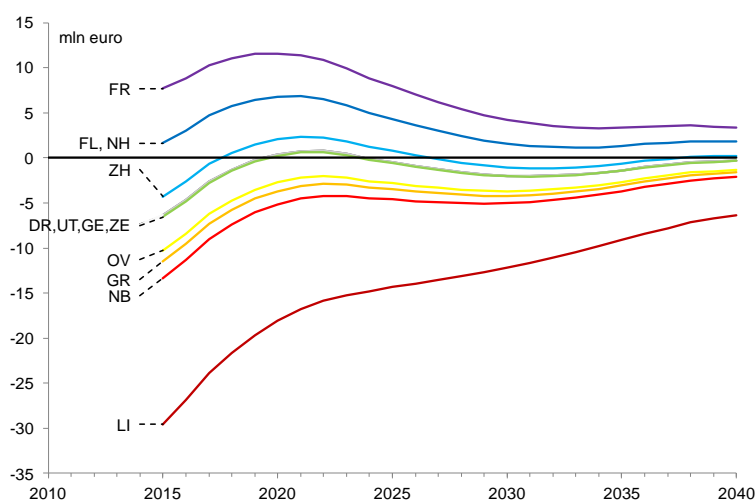
³² Er is in het tijdsbestek van deze KBA geen rekening gehouden met verschillen in investeringskosten tussen provincies, bijvoorbeeld door heikosten of andersoortige kosten die lokaal verschillen.

³³ Elektriciteitsprijzen na 2040 zijn reëel constant in de tijd verondersteld.

Voor de hoogte van de investeringskosten en onderhoudskosten is uitgegaan van de initiële waarden uit deze KBA waarbij leereffecten optreden zoals beschreven in paragraaf 4.1. De onderhoudskosten van windmolens nemen niet meer in de tijd af zodra deze zijn geplaatst. Met andere woorden, voor een project van 100 MW dat start in 2020 is uitgegaan van de onderhoudskosten per MW en kWh die gelden voor 2020.

In de volgende figuur is de NCW van de geraamde financieel-economische baten minus de financieel-economische kosten van de verschillende projecten met startjaren 2015-2040 in de verschillende provincies weergegeven. Om de berekeningen binnen de perken te houden, hebben we bij de berekening van die NCW alleen de posten van de business case meegenomen. De NCW geeft dus alleen het bedrijfseconomische resultaat weer. Er wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met eventuele baten van luchtkwaliteit en voorzieningszekerheid. Evenmin is rekening gehouden met de kostendaling van onroerend goed en de aantasting van natuur en landschap. Als we deze zaken wel zouden meenemen, zou dit echter geen significant ander beeld opleveren, afgezien van gevolgen van het mogelijk niet halen van bovengenoemde Europese afspraken en potentieel grote effecten voor het landschap.

Figuur 7.1 Saldo businesscase 100 MW windenergie op land in de startjaren 2015-2040 in verschillende provincies



In deze figuur die illustratief is als onderdeel van de KBA valt een aantal zaken op:

De NCW van de business case van windparken in Friesland is veruit het gunstigst, gevolgd door de provincies Flevoland en Noord-Holland. Deze provincies hebben, bij gemaakte veronderstellingen, een positieve NCW bij plaatsing in elk van de jaren in de periode 2015-2040.

De verschillen tussen provincies zijn relatief groot. Zo kennen windparken in de provincies Limburg, Noord-Brabant en Overijssel, bij de gemaakte veronderstellingen in de KBA, een negatieve NCW, ongeacht het jaar van plaatsing. De omvang van de NCW van de business case is verder afhankelijk van het moment van plaatsing en neemt grosso modo af in de tijd.

Het verloop van de NCW van de business case van een windpark ten opzichte van het jaar van plaatsing is voor alle provincies (met uitzondering van Limburg waar parken een fors negatief rendement kennen) min of meer gelijk. In de eerste jaren stijgt het rendement om daarna weer af te nemen. De afname in de tijd waarbij de resultaten voor bijna alle provincies naar ongeveer zelfde waarde tenderen, is het gevolg van de discontering over de tijd met 5,5%. Een park met een gunstig rendement dat pas in 2040 gebouwd zal worden, heeft verdisconteerd naar vandaag een relatief beperkte waarde. Interessanter is de stijging van de NCW van de business case in de beginjaren. Dit is het gevolg van het feit dat in de eerste jaren de elektriciteitsprijzen relatief laag zijn, met name door de op dit moment bestaande overcapaciteit op de elektriciteitsmarkt en daarnaast vanwege erg lage emissiehandel Prijzen. Hierdoor zijn de kosten in de eerste jaren hoger dan de baten.³⁴ De elektriciteitsprijzen zullen naar verwachting gaan stijgen door een afname van de overcapaciteit in de markt, een stijgende vraag en een verwachte stijging van de emissiehandel Prijzen, conform de Referentieraming van ECN. Na een aantal jaren is de elektriciteitsprijs dermate gestegen dat de jaarlijkse bedrijfseconomische kosten en baten aan elkaar gelijk zijn. In de jaren daarna wordt 'winst' gemaakt.

Voor Friesland, Flevoland en Noord-Holland is de NCW positief ongeacht de startdatum van het project, dus ook bij investering conform planning in 2015. Zoals hierboven beargumenteerd wil dit echter *niet* zeggen dat het verstandig is om al in 2015 te investeren in windparken in deze provincies. Het meest gunstige startjaar is immers het punt van de curve waar het bedrijfseconomische rendement het hoogst is, dus rond 2019-2020. In dat geval investeer je wanneer er geen verliezen worden geleden in de eerste jaren omdat de elektriciteitsbaten niet opwegen tegen de kosten. In die jaren zijn SDE+-subsidies nodig om de kosten te dekken. De benodigde SDE+-subsidies nemen af naarmate de elektriciteitsprijzen stijgen tot uiteindelijk nul als de bedrijfseconomische baten opwegen tegen de kosten³⁵.

Voor alle provincies stijgt de NCW van de bedrijfseconomische opbrengsten in de beginjaren. Dit betekent dat uitstel (een latere startdatum) voor alle provincies een hogere NCW van de business case oplevert. Voor de meest windrijke provincies is dat rond het jaar 2020, maar de grafiek geeft aan het optimale startjaar wel verschilt per provincie. De provincies met de hoogste curve hebben ook de eerste optimale startdatum. De intuïtie hiervoor is dat in provincies waar het minder hard waait, het langer duurt voordat het project rendabel is. Het ligt dan ook voor de hand om het project gefaseerd in te voeren, te beginnen met de locaties waar het het hardst waait (zoals Friesland) en daarna verder met andere locaties afhankelijk van de toekomstige ontwikkeling van de elektriciteitsprijzen.

³⁴ Het gaat hier niet om 'aanloopverliezen' vanwege investeringen of 'de kost gaat voor de baat uit'. De investeringen worden over de gehele periode uitgesmeerd. De onderhoudskosten zijn gelijk tijdens de gehele levensduur van het project. Alleen de omvang van de baten variëren in de tijd.

³⁵ Vanwege de systematiek van de SDE+-subsidies zal dit niet exact gelijk zijn aan de kosten en baten zoals berekend in deze KBA.

Deze curves zijn slechts illustratief voor de KBA en zijn niet bedoeld en geschikt om het exacte optimale investeringsjaar uit af te lezen. Het 'optimum' zal met name afhangen van het uiteindelijke verloop van de elektriciteitsprijzen en daarover bestaan inherent onzekerheden. Daarom is ook in de gevoeligheidsanalyses van de KBA met alternatieve prijspaden gerekend. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de tijd die nodig is om de windmolens te plaatsen en aan te sluiten. Het verloop van de curves ondersteunt wel de conclusie dat uitstel en gefaseerde uitvoering van het project vanuit het oogpunt van kosten en baten maatschappelijk de beste optie is.

De figuur laat tevens zien dat het project (bedrijfseconomisch) rendabeler wordt als de locaties voor de windmolenparken (deels) verschuiven naar de provincies waar het meer waait. Als dat onmogelijk is, bijvoorbeeld vanwege ruimtelijke inpassingproblemen, zou het zinvol zijn om de geplande bouw van windmolenparken te schrappen in provincies waar wind op land waarschijnlijk nooit rendabel wordt.

8 Maatschappelijke effecten buiten de business case

8.1 Emissie van CO₂

Het effect van een windpark in Nederland op de CO₂-uitstoot in de EU moet worden bekeken in de context van het emissiehandelsstelsel (ETS), waar de CO₂-uitstoot wordt bepaald door het afgesproken *plafond*. Binnen deze context heeft een windpark in Nederland *geen* invloed op de totale uitstoot van CO₂ in de EU. De vermeden uitstoot in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief impliceert alleen maar dat er minder emissierechten hoeven te worden aangeschaft door de elektriciteitsproducenten, waardoor de vraag naar en dus de prijs van emissierechten daalt. Dit leidt vervolgens tot extra vraag naar emissierechten bij andere bedrijven in de EU, zodat de totale CO₂-uitstoot in de EU niet verandert.

De prijs van de emissierechten is afhankelijk van het gestelde plafond en van de vraag naar emissierechten in de deelnemende landen. Hoe strakker de plafonds, hoe hoger de emissieprijzen. Met stringenter doelstellingen komen namelijk relatief duurere oplossingen in beeld. Met het aantal deelnemende landen wijzigt zowel de hoeveelheid CO₂ die gereduceerd zou moeten worden conform de afgesproken plafonds in het emissiehandelssysteem als het aantal mogelijkheden om CO₂-emissies te reduceren. Belangrijk voor de KBA is de constatering dat de vermeden aankoop van emissierechten, net als andere bedrijfseconomische kosten en baten, door bedrijven in de elektriciteitsprijs wordt geïnternaliseerd.

Het project draagt binnen het ETS dus *niet* bij aan een reductie van de CO₂-uitstoot. De totale emissies blijven gelijk aan het vastgestelde plafond. In de KBA zijn de baten voor CO₂-reductie dan ook nihil. In een gevoeligheidsanalyse in hoofdstuk 10 is de situatie geanalyseerd waarbij na 2020 het ETS wordt verlaten.

8.2 Emissies: NO_x, SO_x, fijnstof (pm10)

De productie van elektriciteit in kolen- en gascentrales, maar ook de inzet van biomassa gaan gepaard met de emissie van NO_x, SO_x en pm10. De uitstoot van deze stoffen per opgewekte kWh is afhankelijk van de technologie en de ouderdom van de centrale. Bij de elektriciteitsproductie door windturbines komen deze stoffen niet vrij. Stikstofoxiden en zwaveloxiden zijn schadelijk voor het milieu en in bepaalde concentraties ook voor de gezondheid. Ook fijnstof heeft negatieve effecten op de gezondheid. NO_x, SO_x en pm10 worden ook wel 'luchtkwaliteitemissies' genoemd.

Verschillen in niveaus van emissies tussen project- en nulalternatief zijn gewaardeerd met behulp van schaduwrijzen conform de meest recente studie van CE Delft uit 2010^{36,37}. Voor de uitstoot van NO_x en SO_x is gerekend met *preventiekosten*, omdat hiervoor op nationaal niveau normen voor de uitstoot bestaan. Voor fijnstof, pm10, waarvoor alleen normen bestaan voor de concentratie en niet voor de uitstoot op nationaal niveau, is gerekend met *schadeprijzen*.³⁸ De gebruikte schaduwrijzen zijn weergegeven in tabel 8.1.

Tabel 8.1 Waardering emissies NO_x, SO_x en pm10 in de KBA (in euro/kg), prijspeil 2012

	Waardering emissies (euro/kg)
NO _x (stikstofoxiden)	9,4
SO _x (zwaveloxiden)	5,4
Pm10 (fijn stof)	44,3

De schaduwrijzen die gebaseerd zijn op *preventiekosten* zijn constant in de tijd verondersteld. Naar verwachting zullen de kosten om emissies te vermijden door technologische ontwikkeling in de toekomst afnemen. Er zijn echter ook ontwikkelingen die ervoor zorgen dat de vermindingskosten zullen toenemen. De groei van de economie zal gepaard gaan met een hogere uitstoot van emissies. Hierdoor neemt de totale hoeveelheid te reduceren emissies en daarmee de vermindingskosten om deze te reduceren toe. Daarnaast is het waarschijnlijk dat met een toenemende welvaart een groter belang wordt toegekend aan het reduceren van schadelijke emissies, waardoor normen zullen worden aangescherpt en de marginale kosten van vermindering zullen toenemen. Des te meer je wilt reduceren, des te duurder zullen de opties om dat te bewerkstelligen uitvallen. We maken de (groe) aanname dat de positieve en negatieve effecten elkaar opheffen.

De *schadeprijs* voor pm10 neemt in de toekomst toe, omdat mensen een positieve inkomenselasticiteit hebben voor milieukwaliteit. De geleden schade ten gevolge van de uitstoot van pm10 wordt hierdoor in de toekomst hoger gewaardeerd, omdat het reële inkomen van mensen in de toekomst toeneemt. In CE (2010) is uitgegaan van een inkomenselasticiteit voor milieukwaliteit van 0,85. Deze inkomenselasticiteit is vermenigvuldigd met 1,3% als gemiddelde economische groei van het RC- en GE-scenario samen, resulterend in een jaarlijkse stijging van 1,1%.

³⁶ Het prijspeil van 2008 uit deze studie is met de consumentenprijsindexcijfers van de afgelopen jaren vertaald naar het prijspeil van 2012.

³⁷ De emissies die gemoeid zijn met de bouw of sloop van windturbines, maar ook van elektriciteitscentrales, zijn niet meegenomen. Uit een EU-studie (1998) blijkt dat de uitstoot van NO_x en SO_x die gepaard gaat met de bouw van elektriciteitscentrales, transport, afvalverwerking, winning van bronnen en dergelijke, slechts enkele procenten bedraagt van de emissies die toegerekend worden aan de elektriciteitsopwekking (dezelfde orde van grootte als de emissies van NO_x en SO_x die gepaard gaan met de bouw en sloop van windturbines).

³⁸ Dit is conform de methodiek in het Handboek Schaduwrijzen van CE Delft uit 2010. Voor fijnstof bestaan knelpunten op lokaal niveau waar de concentratie de normen overschrijft. Emissies die worden vermeden op plaatsen in Nederland waar geen knelpunten bestaan wat betreft de concentraties, leiden niet tot maatregelen die genomen moeten worden om de concentratie aan fijnstof te vermijden, maar tot gezondheidswinsten door een lagere hoeveelheid aan fijnstof. De marginale gezondheidseffecten van fijnstof worden in de literatuur redelijk constant verondersteld, dat wil zeggen bij hoge concentraties aan fijnstof heeft een toe- of afname van de hoeveelheid fijnstof geen ander effect op de gezondheid dan eenzelfde toe- of afname in een gebied met een veel lagere concentratie.

Waardering vermeden emissies van NO_x, SO_x en pm10

Uitvoering van het project heeft wel consequenties voor de uitstoot van NO_x, SO_x en pm10. Het verschil in uitstoot tussen het project- en nulalternatief is berekend met het model POWERS. De emissies zijn gewaardeerd tegen de schaduw prijzen uit tabel 8.1.

Voor projecteffecten waarbij langetermijnonomkeerbare effecten spelen, kan de standaard risico-opslag van 3% gehalveerd worden. Voor die effecten geldt dan een disconteringsvoet van $2,5+1,5 = 4\%$. Deze lagere disconteringsvoet van 4% is toegepast bij het disconteren van de emissies van NO_x, SO_x en pm10.

De NCW van de waardering van het verschil in uitstoot van NO_x in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief bedraagt 157 mln euro; voor de uitstoot van SO_x bedraagt deze NCW 37 mln euro en voor de uitstoot van pm10 bedraagt deze NCW 40 mln euro.

De NCW van de waardering van vermeden emissies gerelateerd aan luchtkwaliteit bedragen tezamen ca. *0,25 mld euro*. Dit komt overeen met ca 4% van de NCW van de elektriciteitsbaten.

Nu zullen in de praktijk de vermeden emissies en daarmee de baten hiervan lager zijn. Door het (huidige) luchtkwaliteitsbeleid op basis van plafonds van emissies en maximaal toegestane concentraties zal de 'vrijgekomen ruimte' voor het uitstoten van emissies voor een deel worden opgevuld door andere activiteiten. Voor deze activiteiten werd eerst bijvoorbeeld geen vergunning afgegeven of gold een beperking vanwege de uitstoot van luchtkwaliteitemissies. Door uitvoering van het projectalternatief nemen emissies af en kan de vergunning voor een marginale activiteit wel worden gegeven of worden beperkingen versoepeld, waarmee de vermeden uitstoot voor een deel teniet wordt gedaan. Deze opvulling van de 'vrijgekomen ruimte' zal met name spelen in het stedelijk gebied. Zo zouden bijvoorbeeld snelheidsbeperkingen om te voldoen aan de luchtkwaliteitsnormen kunnen worden versoepeld als de uitstoot van schadelijke stoffen afneemt. Er zijn legio mogelijkheden. Het feit dat een marginale activiteit in het projectalternatief wel doorgang kan vinden, is overigens wel een welvaartswinst. Ervan uitgaande dat de normen niet zo stringent gesteld zijn dat de preventiekosten hoger zijn dan de schadekosten, is die welvaartswinst lager dan de welvaartswinst van de initieel vermeden emissies.

Luchtkwaliteit is overigens deels een regionaal probleem. Uiteindelijk maakt het - tot op zekere hoogte³⁹ - niet uit waar de emissies plaatsvinden, ook als er verplaatsing van de emissies naar het buitenland zou plaatsvinden. 60% van de schadelijke stoffen voor de luchtkwaliteit in Nederland zijn afkomstig uit het buitenland, tegelijk exporteren wij een soortgelijk aandeel naar het buitenland.

Conclusie uit bovenstaande redenering is dat de berekende 0,25 mld euro aan baten van vermeden luchtkwaliteitemissies een bovengrens betreft.

³⁹ Voor fijnstof kunnen lokaal de concentraties een probleem voor de gezondheid vormen. Deze problematiek speelt voornamelijk bij verkeer en vervoer.

8.3 Effecten op landschap, natuur en recreatie

De effecten in deze paragraaf betreffen fysieke gevolgen van windturbines op de natuur of het landschap.⁴⁰ De effecten zijn gebaseerd op de Plan-MER.⁴¹ De Plan-MER maakt effecten inzichtelijk voor de gebieden uit de SVWOL op het terrein van landschap, cultuurhistorie en archeologie, natuur (Natura 2000, EHS en vleermuizen), veiligheid (risicobronnen), hinder (geluid en slagschaduw) en ruimtegebruik (toerisme, netwerk). Omdat de effecten voor landschap en natuur verder reiken dan voor bestaande bewoners in de nabijheid van een windpark, worden deze effecten in beeld gebracht, los van een potentiële waardedaling van onroerend goed die bewoners dichtbij een windpark ondervinden.

Landschap

Moderne windturbines van 100 meter hoog - bijna zo hoog als de Domtoren - zijn bij heldere atmosferische condities en in open landschappen vanaf ongeveer 10 km goed zichtbaar. De aanleg van windparken hebben daarom belangrijke effecten voor het landschap in Nederland. De plaatsingsprincipes die worden gehanteerd bij de aanleg van windparken zijn een doorvertaling van de Rijksadviseur van het Landschap met aandacht voor aansluiting bij het landschap en afstand tussen parken.

De Plan-MER concludeert over de gevolgen voor het landschap in de voorgestelde locaties in zowel Zuidwest-Nederland als voor het IJsselmeergebied dat “in veel gebieden een kans bestaat dat cultuurhistorische of landschappelijke waarden worden aangetast”. De Plan-MER constateert ook positieve kansen voor het landschap door windenergie. Voor Noordwest-Nederland concludeert de Plan-MER dat er “kansen liggen om al bestaande associaties van een windrijk industrie- en havengebied verder te versterken”, maar dat er ook “kans bestaat op aantasting van de karakteristieke openheid”.

Natuur

Windparken hebben met name effecten voor vogels⁴² en vleermuizen. De Plan-MER concludeert op het gebied van natuur bij de voorgestelde locaties in Zuidwest-Nederland dat alle gebieden deels of volledig binnen de externe werking van Natura 2000-gebied liggen. De kans op effecten is hier groot en vormt daarmee een belangrijk aandachtspunt. Voor de hele regio geldt dat er mogelijke effecten zijn op belangrijke vleermuizensoorten. Verder ligt een deel van de gebieden Krammersluizen en Goeree-Overflakkee in een aangewezen stiltegebied. Het geluid dat windmolens voortbrengen kan die stiltegebieden verstoren.

Over de voorgestelde locaties in het IJsselmeergebied concludeert de Plan-MER dat de grootste kans op effecten voor de natuur geldt voor Afsluitdijk en IJsselmeerdijk door de ligging of grenzend aan Natura 2000 en EHS-gebied IJsselmeer. De gebieden in de

⁴⁰ Effecten die verband houden met de uitstoot van emissies zijn immers al gewaardeerd. Het meenemen van mogelijke gevolgen voor flora en fauna door de uitstoot van SO₂ of NO_x zou leiden tot dubbeltellingen.

⁴¹ Plan-MER versie 1 maart 2013.

⁴² Uit onderzoek is gebleken dat grote windturbines van meer dan 1,5 MW maar iets meer vogelslachtoffers veroorzaken dan kleinere turbines. Een onderzoek van Nuon en de Vogelbescherming uit 2005 komt tot een schatting van ca. 50.000 vogelslachtoffers per jaar door de 1700 windturbines die Nederland in 2005 telde (Akershoek et al., 2005).

Flevopolder en Wieringermeer vallen voor een (beperkt) deel binnen de externe werking van Natura 2000-gebied. Voor de hele regio geldt dat er mogelijke effecten zijn op belangrijke vleermuissoorten.

In Noordoost-Nederland geldt de grootste kans op effecten voor de natuur voor de Groninger havens die zich deels binnen de werking van Natura 2000-gebied bevinden. Ook voor deze regio geldt dat er mogelijke effecten zijn op belangrijke vleermuissoorten.

Gebieden waar significante effecten op Natura 2000-gebieden niet zijn uit te sluiten, maken geen deel uit van het VKA uit de Plan-MER.

Voor de effecten voor vleermuizen valt op dat 11 van de 16 gebieden uit het VKA een maximaal negatieve score kennen in de Plan-MER voor alle inrichtingsvarianten. Dit betekent dat er mogelijke negatieve gevolgen zijn voor belangrijke en relatief zeldzame vleermuissoorten. Slechts 2 van de 16 gebieden scoren op dit punt neutraal.

Toerisme en recreatie

De windparken hebben een effect op het landschap en mogelijk daarmee op de recreatie. De Plan-MER kijkt naar toerisme en stelt dat “er geen onderzoeken zijn die aantonen dat windturbines afbreuk doen aan de aantrekkingskracht op toerisme cq het toeristisch verdienpotentieel”.⁴³ Desalniettemin geven zij in toeristisch relevante gebieden waar windparken worden geplaatst de mogelijke gevolgen voor de recreatie als aandachtspunt mee.

Voor zover er effecten zouden optreden, moet nog bedacht worden dat dit vanuit nationaal perspectief voor een deel om een verschuiving gaat, recreanten recreëren op een andere plek. Dit impliceert dan wel een beperkt welvaartsverlies, omdat sommige recreanten zonder uitvoering van het project op de plaats van hun eerste keus zouden recreëren. Dit kan ook een grotere reisafstand tot gevolg hebben.

De effecten van het plaatsen van windparken op land op de recreatie zijn naar verwachting verwaarloosbaar. In specifieke gebieden zouden de effecten mogelijk een aandachtspunt vormen.

Landschap, natuur en recreatie in de KBA

Mogelijke gevolgen voor het landschap en natuur zijn locatiegebonden. Gezien de hoogte van de windmolens van 100 meter heeft de aanleg van windparken daarom belangrijke effecten voor het landschap in Nederland. De consequenties voor het landschap zijn ook erg afhankelijk van de uiteindelijke opstelling van de windparken. Een waardering van deze diverse effecten is niet goed mogelijk. De KBA verwijst voor de gevolgen voor het landschap en natuur en de aandachtspunten bij de vormgeving van de parken naar de Plan-MER.⁴⁴ De

⁴³ Plan MER, p. 36.

⁴⁴ Strikt bezien hanteert de Plan-MER een ander referentiealternatief dan het nulalternatief in deze KBA. Voor het beoordelen van de effecten voor landschap en natuur met een sterk lokaal karakter, weergegeven als effecten van kwalitatieve aard, is dit verschil in perspectief niet van belang.

Plan-MER doet geen uitspraken over de landschappelijke (en andere effecten) van de plaatsing van windparken buiten de voorgestelde grootschalige parken (die ca. 50% van de totale plaatsing aan windenergie in het projectalternatief omvat⁴⁵). Omdat niet bekend is waar deze windparken uiteindelijk zullen worden gerealiseerd (anders dan de verdeling daarvan over de provincies), kan in de KBA hierover ook geen nadere uitspraken worden gedaan.

In de tabel in bijlage A is een overzicht opgenomen van de gebieden die in het VKA zijn opgenomen. Daarbij is in de eerste kolom het potentieel aan windenergie opgenomen (na een 'zeef' met 'harde' randvoorwaarden met betrekking tot bijvoorbeeld woningen, veiligheid en radarverstoring) en in de tweede kolom het potentieel bij minimale effecten voor natuur en landschap. Dit laatste potentieel bedraagt ruim 20% van het eerste gemeten potentieel. Dit tezamen met de constatering dat de helft van de onderzochte gebieden vanwege effecten voor met name natuur en landschap is afgevallen voor het VKA geeft wel een indicatie dat er belangrijke effecten voor natuur en landschap te verwachten zijn om rekening mee te houden.

Omdat de effecten voor recreatie waarschijnlijk gering zijn, zijn die in de KBA niet meegenomen.

8.4 Effecten voor de werkgelegenheid

Het project creëert zeker banen. Voor het effect op de welvaart is het echter van belang of die banen additioneel zijn. Als bijvoorbeeld de mensen die in dit project gaan werken anders elders een baan zouden hebben, is er geen sprake van additionele werkgelegenheid en dus ook niet van een positief welvaartseffect. Voor de langere termijn geldt dat de werkgelegenheid in Nederland bepaald wordt door het arbeidsaanbod en institutionele factoren. Dit project heeft daar geen effect op en daarom ook niet op de totale werkgelegenheid. Dus op de langere termijn (zodra de economische crisis weer voorbij is) is er geen netto welvaartseffect via extra werkgelegenheid.

Op de korte termijn zou er in principe vanwege de mogelijk nog hoge werkloosheid, vanaf 2015 wel een positief effect kunnen zijn als het project ertoe zou bijdragen dat het economische herstel wat sneller verloopt. Echter, vanwege de SDE+-constructie is dit zeer onwaarschijnlijk. Het totale subsidiebedrag van de SDE+-regeling is namelijk vast. Dus als dit project doorgaat, gaat een ander innovatieproject niet door en omgekeerd. Zelfs al zou de SDE+-regeling als geheel bijdragen aan een versnelling van het economische herstel, geldt dat niet voor dit afzonderlijke project.

De welvaartsbatens van de werkgelegenheid verbonden aan dit project zijn dus nihil.

⁴⁵ De Plan-MER analyseert een groter aantal gebieden, waarvan de helft niet is opgenomen in het VKA, met name omwille van grote effecten voor landschap en natuur en in mindere mate vanwege grote hinder voor omwonenden. In een deel van deze gebieden die niet in het VKA zijn opgenomen, is wel ruimte voor kleinschaliger inpassing van windenergie.

8.5 Effecten op prijzen onroerend goed

De prijzen van onroerend goed kunnen dalen door de nabijheid van windmolens. Redenen voor de daling zijn gelegen in de geluidshinder (met mogelijk effecten voor de gezondheid)⁴⁶, de slagschaduw van windmolens en het zicht op windmolens. Vanwege de geluidshinder mag binnen een afstand van 400-500 meter van de turbine geen woning worden gebouwd. De draaiende rotorbladen en de windturbine zelf veroorzaken schaduw. Binnen een afstand van 12 maal de ashoogte kan hinder worden ondervonden van de schaduwwerking van de turbine.⁴⁸

De volgende box bevat een literatuuroverzicht van effecten op de waarden van onroerend goed van de nabijheid van windmolens. Op basis van dit literatuuroverzicht is in deze KBA gerekend met een gemiddelde waardedaling per woning binnen een straal van 1100 meter van een windturbine van 9000 euro.

Effecten prijzen onroerend goed door windenergie in de literatuur

In Nederland is in opdracht van Agentschap NL onderzoek verricht naar planschade door windturbines (SAOZ, 2012). In Nederland is een verzoek om vergoeding van planschade door de komst van windturbines slechts sporadisch voorgekomen. In een beperkt aantal gevallen is geadviseerd tot het toekennen van een vergoeding. Het gaat om waardeverminderingen van minder dan 5% van de maatgevende waarde van de betrokken objecten.

Daarnaast is eveneens in opdracht van het Agentschap NL de invloed van windturbines op de waarde van onroerend goed geanalyseerd (Bosch en Van Rijn, 2012). Bij 17 van 19 geanalyseerde rechterlijke uitspraken vond de rechter waardedaling door het windproject aanneemelijk. Bij 5 van de 17 had de gemeente de waardedaling al doorberekend. Bij de overige 12 gevallen werd de WOZ-waarde aangepast met 8-50% (50% waardedaling in geval van een afstand van minder dan 200 m van een turbine, bij de meeste gevallen bedroeg de toegekende waardedaling ca. 10%). Met uitzondering van één uitspraak is geen van de rechterlijke uitspraken gebaseerd op onderzoek naar werkelijke gerealiseerde woningtransacties. De basis is 'gezond verstand' en jurisprudentie. De invloed van de nabijheid van windturbines op de waarde van onroerend goed is hierdoor niet goed te baseren op de toegekende waardedalingen in de praktijk.

Uit drie van de door Rigo bekeken buitenlandse studies uit 2008-2012 (waaronder Hoen et al., 2009) naar de invloed van windprojecten op de waarde van onroerend goed blijkt niet dat er een significant negatief effect optreedt door windturbines. De andere twee studies geven wel een significant effect, maar er kan geen eenduidige relatie worden bepaald tussen de afstand tot windturbines of het aantal en de waardedaling van onroerend goed. De Amerikaanse studie van Heintzelman en Tuttle (2011) komt op een waardedaling van 10-15%.

Een studie van Meyerhof et al. (2010) vergelijkt twee Duitse regio's om de landschapsexternaliteiten van windenergie op land te meten. Uit de studie volgt dat de betalingsbereidheid groot is om van 750 naar 1100 meter vanaf een windturbine te verhuizen, maar dat de betalingsbereidheid van 1100 naar 1500 meter veel kleiner is. Op basis van deze analyse is in de KBA Windenergie Flevoland uitgegaan van een welvaartsverlies van 15 euro/jaar voor huishoudens tussen 1100 en 1500 meter. Bij een disconteringsvoet van 5,5% en een tijdshorizon van 30 jaar, komt dit overeen met ca 200 euro eenmalig welvaartsverlies per huishouden. Buiten een straal van 1500 meter wordt geen welvaartsverlies verondersteld.

⁴⁶ Nissenbaum, Aramini en Hanning, 2011.

⁴⁷ K. Pijl onder supervisie van A.C. Buyse, Universiteit Utrecht, 2012.

⁴⁸ RPB, 2003.

Potentiële waardedaling onroerend goed in de KBA

Hoe groot zou de waardedaling van onroerend goed kunnen zijn. De volgende analyse geeft een ruwe indicatie.

Stel dat een windpark bestaat uit 20 windmolens, en dat 15 (75%) hiervan aan de buitenrand van het windpark liggen en 5 middenin het park. Deze windmolens middenin het park zijn niet relevant voor een potentiële waardedaling van onroerend goed. Potentiële waardedalingen van onroerend goed komen voor binnen een straal van 1,1 km rond de 15 'buitenste' windmolens. De oppervlakte van een straal van 1,1 km per windmolen bedraagt 3,8 km². Het deel van deze oppervlakte aan de kant van het windpark is niet relevant voor potentiële waardedalingen van onroerend goed, omdat middenin een windpark zich geen woningen zullen bevinden.⁴⁹ Verder wordt aangenomen dat grofweg de helft van de resterende oppervlaktes rond de windmolens overlapt met de oppervlaktes van andere windmolens binnen dat park. Met deze aannames ligt om een windpark met 20 windmolens een gebied van ca 15 km² waarbinnen potentiële waardedalingen van onroerend goed kunnen optreden.

De vraag is dan hoeveel woningen zich gemiddeld zullen bevinden binnen deze 15 km² in het landelijk gebied waar de windparken worden geplaatst en dan alleen voor de gebieden waar bebouwing in de nabijheid aanwezig is. Een paar honderd woningen lijkt dan wel een bovengrens, wat zou neerkomen zo'n 200 maal 9000 euro = 1,8 miljoen euro. 3 mln euro is dus al een ruime schatting. Ten opzichte van de investeringskosten van dit park van 139 mln euro (in 2013) komt dit neer op ca. 2%.

Hoeveel parken hebben omliggende bebouwing?

De Plan-MER analyseert mogelijke gevolgen voor geluidshinder door de aanleg van windparken op de voorgestelde locaties. Voor de voorgestelde gebieden in Zuidwest-Nederland ligt het gebied op Goeree-Overflakkee en de Rotterdamse Haven relatief dichtbij woonbebouwing, waardoor er kans op geluidshinder en slagschaduw bestaat. In het IJsselmeergebied zijn rond de IJsselmeerdijken verspreid liggende woningen aanwezig, waardoor geluidshinder en slagschaduw een aandachtspunt vormt bij de verdere inrichting van het project. In de Flevopolders en de polder Wieringermeer bestaat ook veel verspreid liggende bebouwing, maar de hinder lijkt beheersbaar door een adequate invulling van het park in kleinere clusters. Voor Noordoost-Nederland geldt dat bij N33 en Eemshaven de kans op geluidshinder en slagschaduw groot is door de nabij liggende aaneengesloten bebouwing.

In grofweg 1/3 van de gebieden die in het Voorkeursalternatief (VKA) zijn voorgesteld (rekening houdend met het potentieel in die gebieden) bestaan volgens de Plan-MER aandachtspunten voor mogelijke geluidshinder en hinder door slagschaduw door de nabijheid van woonbebouwing. Indien de eerder aangenomen 2% van de investeringskosten als mogelijke waardedaling van onroerend goed wordt vermenigvuldigd met 1/3, omdat in 2/3 van de onderzochte gebieden geen woonbebouwing in de nabijheid aanwezig is, resteert

⁴⁹ Indien zich wel woningen bevinden, dan zullen deze waarschijnlijk moeten worden gesloopt en komen de kosten van sloop bij de investeringskosten van een windpark.

een effect van grofweg 1% van de investeringskosten. Dit komt overeen met ca. 40 mln euro NCW.

Nu zijn de effecten op de prijzen van onroerend goed gebaseerd op onderzoek uit het verleden. De nieuw te bouwen windmolens zijn met 100 meter beduidend hoger dan bestaande windmolens. De effecten zullen om die reden naar verwachting hoger zijn. Als benadering wordt in de KBA uitgegaan van een stijging van de effecten met 50%.

Het effect dat in de KBA is opgenomen voor deze post bedraagt daarmee *ca. 60 mln euro NCW*, ca. 1,5% van de NCW van de investeringskosten van het hele project.

De effecten van de daling van de prijzen van onroerend goed in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief zijn op nationale schaal beperkt. Dit laat onverlet dat bij de nadere invulling en vormgeving van de windparken de nabijheid van woonbebouwing en de potentiële effecten die kunnen optreden als belangrijk aandachtspunt moeten worden meegenomen. Op specifieke locaties kunnen deze effecten bij een niet adequate invulling wel een substantieel deel uitmaken van de totale kosten.

Ten slotte moet nog worden opgemerkt dat windparken een belemmering kunnen vormen voor woonuitbreidingsplannen in de toekomst. Voor de ruimtelijke ordening betekent dit een uitbreiding van restricties voor verstedelijking. Deze effecten lijken niet groot in het rurale gebied waar de windparken worden geplaatst en zijn in de KBA niet gewaardeerd. Het effect zal een grotere rol gaan spelen naarmate meer windparken worden aangelegd. Bij de invulling van windparken kan hiermee rekening worden gehouden.

9 Overzicht van kosten en baten

In dit hoofdstuk volgt een overzicht van de totale kosten en baten van het projectalternatief 6000 MW windenergie op land ten opzichte van het nulalternatief. Alle bedragen zijn in NCW voor 2013. De bedragen van vermeden emissies zijn verdisconteerd met 4%. De overige baten zijn verdisconteerd met 5,5%.

Financieel-economische kosten

De NCW van de business case van de aanleg en onderhoud van 6000 MW windenergie op land in 2020 ten opzichte van het nulalternatief waarbij ca 2500 MW windenergie op land wordt geplaatst bedragen ca 5,8 mld euro. Deze kosten zijn opgebouwd uit ca 3,7 mld euro aan investeringskosten, 2 mld euro aan onderhouds- en ruimtekosten en relatief bescheiden bedragen voor additionele netwerkkosten op plaatsen waar aansluitpunten ver van de windparken zijn verwijderd (ca. 30 mln euro) en kosten voor reservecapaciteit (ca. 30 mln euro). Bij de investerings- en onderhoudskosten is rekening gehouden met het optreden van leereffecten, waardoor investerings- en onderhoudskosten van windparken in de toekomst beperkt goedkoper worden.

Financieel-economische baten

De NCW van de elektriciteitsopbrengsten die hier tegenover staan bedragen ca. 5,7 mld euro. Hierbij is uitgegaan van een reële elektriciteitsprijs voor basislast van 6,3 ct/kWh in 2015, stijgend naar 7,4 ct/kWh in 2020, 9,3 ct/kWh in 2030 en 9,8 ct/kWh in 2040. De effecten op het KBA-saldo van andere aannames voor de elektriciteitsprijzen worden uiteengezet in hoofdstuk 11. Een kWh windenergie is gemiddeld genomen beduidend minder waard dan de basislastprijs, omdat een windmolen relatief veel elektriciteit produceert op momenten dat de prijs van elektriciteit laag is. Een windmolen produceert alleen elektriciteit als het waait. Als het waait is het totale aanbod aan elektriciteit groter en dus de prijs van elektriciteit lager dan wanneer het niet waait. Dit effect wordt het profieffect genoemd. De relatieve omvang van dit profieffect neemt toe naarmate de windpenetratie toeneemt. In deze KBA brengt dit effect een afslag op de elektriciteitsopbrengsten zonder profieffect van ca. 30% teweeg.

Saldo van financieel-economische kosten en baten

De NCW van de financieel-economische kosten en baten zijn ongeveer met elkaar in evenwicht.

Maatschappelijke kosten en baten buiten de business case

Naast de financieel-economische kosten en baten kan een aantal additionele maatschappelijke effecten worden onderscheiden.

De kosten van mogelijke waardedalingen van onroerend goed in de nabijheid van windparken is relatief beperkt met ca. 60 mln euro NCW.

De kosten voor natuur en landschap zijn sterk locatie-afhankelijk en zijn in potentie groot. Voor deze kosten wordt verwezen naar de Plan-MER. Het is niet goed mogelijk om deze kosten te waarderen.

De baten van werkgelegenheid zijn nihil.

De geraamde baten van de reductie van de emissies van stikstofdioxide, zwaveloxiden en fijnstof (NO_x, SO_x en pm10) in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief bedragen tezamen 0-ca. 0,25 mld euro NCW. De omvang van deze baten is afhankelijk van de vormgeving van het klimaatbeleid en het luchtkwaliteitsbeleid in Europa.

In de periode dat emissiehandel in CO₂-rechten bestaat, zijn de kosten die leveranciers hiervoor moeten betalen verdisconteerd in de elektriciteitsprijs. Het project draagt in die situatie *niet* bij aan een reductie van de CO₂-uitstoot maar verdringt andere activiteiten om CO₂ te reduceren. In de KBA zijn de baten voor CO₂-reductie nihil. In een wereld *zonder* emissiehandel zal uitvoering van het project wél effecten hebben op de uitstoot van CO₂. Deze effecten zijn uiteengezet in de gevoeligheidsanalyses in hoofdstuk 10.

Saldo van baten en kosten

Het saldo van baten en kosten bedraagt ca. -0,1 tot +0,2 mld euro NCW minus een pm-post voor de kosten voor natuur en landschap.

Tabel 9.1 Overzicht kosten en baten projectalternatief ten opzichte van nulalternatief (NCW in mld euro)

Kosten		Baten	
Investeringskosten	3,7	Elektriciteitsopbrengsten zonder rekening met profieffect	8,3
Onderhouds- en pachtkosten	2	Afslag ivm profieffect	-2,5
Additionele netwerkkosten	0,03	Netto Elektriciteitsopbrengsten	5,8
Kosten reservecapaciteit	0,03		
Totale financieel-economische kosten	5,8	Totaal financieel-economische opbrengsten	5,8
Saldo financieel-economische kosten en baten			0
Kosten natuur en landschap	pm	Werkgelegenheid	0
Kosten prijsdaling onroerend goed	0,06		
		Reductie CO ₂ -emissies	0
		Reductie NO _x -emissies	0-0,16
		Reductie SO _x -emissies	0-0,04
		Reductie pm10-emissies	0-0,04
Totale kosten	5,8+pm	Totale baten	5,87-6
Saldo kosten en baten			-0,1-pm tot +0,2-pm

10 Gevoeligheidsanalyses

In dit hoofdstuk worden de invloed van andere aannames over belangrijke parameters op de KBA-uitkomsten geanalyseerd. Het gaat dan om de gevoeligheid van de KBA voor exogene ontwikkelingen en de robuustheid van de KBA-uitkomsten.

De aannames over de elektriciteitsprijzen hebben verreweg het grootste effect op de KBA-uitkomsten. De windpenetratie in Nederland en de ons omringende landen speelt een belangrijke rol. Daarnaast is er een aantal andere aannames en ontwikkelingen die potentieel invloed hebben op de KBA-uitkomsten. Hieronder volgt een overzicht van de onderwerpen waarmee gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd:

1. De elektriciteitsprijzen.
2. De windpenetratie in Nederland en omringende landen.
3. De ontwikkeling van zonne-energie.
4. Een lagere elektriciteitsproductie
5. De waardering van CO₂ in een wereld zonder ETS.
6. De waardering van effecten voor de voorzieningszekerheid.
7. De ontwikkeling van leereffecten.

Elektriciteitsprijzen

De hoogte van de elektriciteitsprijzen die producenten ontvangen bij verkoop van de elektriciteit die de windparken produceren en de ontwikkeling van die prijzen in de tijd zijn van doorslaggevende invloed op de uitkomsten van de KBA. ECN heeft in april 2013 een update gemaakt van de Referentieraming die gebruikt is bij de analyse van de Verkiezingsprogramma's in 2012. Hierin zijn drie prijspaden van elektriciteitsprijzen doorgerekend. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de elektriciteitsprijzen in een aantal steekjaren van de verschillende prijspaden.

Tabel 10.1 Geraamde elektriciteitsprijzen in drie prijspaden in verschillende steekjaren (in ct/kWh)

	2015	2020	2030	2040
Lager prijspad	6,3	7,1	7,9	8,3
Middenprijspad	6,3	7,4	9,3	9,8
Hoger prijspad	6,3	8,4	10,0	10,4

In de basis-KBA-tabel in hoofdstuk 9 is uitgegaan van het middenprijspad. De bedrijfseconomische opbrengsten nemen met ca. 0,6 mld euro af indien wordt uitgegaan van het lagere prijspad en nemen met ca. 0,5 mld euro toe indien wordt uitgegaan van een hoger prijspad. De ramingen geven de gevoeligheid van de uitkomsten op de elektriciteitsprijzen weer, het is niet bedoeld als bandbreedte van de resultaten. Het lagere prijspad is niet het laagst denkbare prijspad, die marktinformatie is niet voorhanden.

Tabel 10.2 Effect NCW KBA-saldo van verschillende prijspaden

	Wijziging KBA-saldo	Saldo fin-ec kosten	Saldo KBA
Lager prijspad	-0,6	-0,7	-0,7 tot -0,5-pm
Hoger prijspad	+0,5	+0,4	+0,4 tot +0,6-pm

Profieffect: lagere windpenetratie en invloed van zonne-energie

In het basispad is uitgegaan van een groei van onshore en offshore windenergie in de ons omringende landen op basis van de geraamde groeicijfers van EWEA. Indien wordt uitgegaan dat de groei van windparken twee maal zo traag gaat dan geraamd, daalt de invloed van het profieffect. De bedrijfseconomische baten stijgen in dat geval met ca. 0,4 mld euro.

Als windenergie in combinatie met zonne-energie wordt beschouwd, neemt het profieffect enigszins af. Dit komt omdat de productie van windenergie en zonne-energie een geringe negatieve correlatie kennen. Bij een substantieel aandeel aan zonne-energie in de elektriciteitsopwekking, neemt het profieffect van windenergie met maximaal 10% af. Indien wordt uitgegaan van een afname van het profieffect van 10% vanaf 2025 (afname ingegroeid vanaf 2020), dan daalt het profieffect in de KBA met ca. 0,2 mld euro. Dit komt overeen met eenzelfde stijging van de bedrijfseconomische baten.

Lagere elektriciteitsproductie

ECN heeft in de berekeningen om te komen tot de elektriciteitsproductie van de windparken geen rekening gehouden met bijvoorbeeld hoogtebeperkingen die in een provincie kunnen bestaan. De elektriciteitsproductie komt, bij andere aannames, ca. 10% lager uit dan geraamd in het KBA-basispad. De bedrijfseconomische opbrengsten nemen dan navenant af met ca. 0,6 mld euro.

De waardering van CO₂ in een wereld zonder ETS

In een wereld zonder emissiehandel zal uitvoering van het project wél effecten hebben op de uitstoot van CO₂. Tot 2020 zal het ETS in ieder geval blijven voortbestaan. De kans dat het ETS na 2020 wordt verlaten lijkt zeer gering. Baten zijn daarom weergegeven in een gevoeligheidsanalyse. In bijlage B is een analyse weergegeven van de waardering van vermeden CO₂-uitstoot in een wereld zonder ETS. De reductie van CO₂ is gewaardeerd tegen schadekosten van 20, 25 en 50 euro/ton, stijgend met 1,1% per jaar vanaf 2013. De baten zijn verdisconteerd met 4%. De baten bedragen NCW 0,2-1,5 mld euro. Deze baten bestaan uit de baten van een lagere uitstoot aan CO₂ minus de gedeerde bedrijfseconomische opbrengsten vanwege een daling van de elektriciteitsprijzen.

Zonder ETS is de business case voor wind op land dus slechter, maar het maatschappelijke saldo juist hoger dan met ETS. Zonder ETS is nut en noodzaak voor subsidies dus hoger dan met ETS. Dit is logisch omdat ETS de negatieve externe effecten van CO₂-uitstoot in de marktprijzen internaliseert, zodat er de markt een deel van deze externaliteiten al vanzelf meeneemt.

Voorzieningszekerheid

De waardering van effecten voor de voorzieningszekerheid is uiteengezet in bijlage C. In de KBA komen de baten voor de voorzieningszekerheid tot uitdrukking in een gevoeligheidsanalyse door een afslag van de disconteringsvoet van 0,8% van de baten uit elektriciteitsverkoop uit windenergie na 2020. De wetenschappelijke discussie over de validiteit van deze aanpak heeft echter nog geen eenduidige conclusie opgeleverd. Daarom zijn deze baten weergegeven in een gevoeligheidsanalyse en niet in de KBA zelf. De baten zijn bij een afslag van de disconteringsvoet van 0,8% ca. 0,4 mld euro NCW hoger dan zonder de afslag.

Leereffecten

Indien wordt uitgegaan dat de leereffecten tweemaal zo snel gaan dan in de KBA is aangenomen, dalen de investerings- en onderhoudskosten samen met slechts ca. 50 mln euro NCW. Omdat de windparken geplaatst worden in de jaren 2015-2020 en de leerratio gering is, is de invloed van hogere leereffecten op het KBA-saldo erg beperkt.

In tabel 10.3 is een overzicht gegeven van de invloed op het KBA-saldo van de verschillende gevoeligheidsanalyses.

Tabel 10.3 Effect van gevoeligheidsanalyses op KBA-saldo (NCW in mld euro)

	NCW (mld euro)		
	Wijziging KBA-saldo	Fin-ec saldo	Saldo KBA
Lager prijspad	-0,6	-0,6	-0,7 tot -0,4-pm
Hoger prijspad	+0,5	+0,5	+0,3 tot +0,6-pm
Lagere windpenetratie	+0,4	+0,4	+0,2 tot +0,5-pm
Daling profieffect door zonne-energie	+0,2	+0,2	+0,1 tot +0,4-pm
10% lagere opbrengsten	-0,6	-0,6	-0,7 tot -0,4-pm
Baten vermeden CO ₂	+0,2 tot +1,5	-0,7	+0,1 tot +1,7-pm
Baten voorzieningszekerheid	+0,4	0	+0,3 tot +0,6-pm
Hogere leereffecten	0	0	-0,1 tot +0,2-pm

Bijlage A

Tabel **Potentieel vermogen grootschalige windparken volgens de Plan-MER na de 'harde zeef'⁵⁰ en bij 'minimale milieueffecten van 10%'**

	MW na harde zeef	MW bij minimale effecten / 10%
Zuidwest Nederland		
Krammersluizen	80	27
Goeree Overflakkee	524	43
Rotterdamse Haven	234	211
Tweede Maasvlakte	120	108
IJsselmeergebied		
Hoge Vaart Dronten	864	191
IJsselmeerdijken	574	107
Afsluitdijk	720	1
Lelystad Oost	149	31
Wieringermeer	918	217
Zuidelijk Flevoland	372	85
A27-Eemmeerdijk	209	61
Noordoost Nederland		
Aa en Hunze/Borger Odoorn	495	48
N33 (lijn)	34	13
Delfzijl	105	95
Eemshaven	74	41
Totaal gebieden	5472	1279

⁵⁰ 'zeef' met 'harde' randvoorwaarden met betrekking tot bijvoorbeeld woningen, veiligheid en radarverstoring.

Bijlage B Waardering CO₂ in wereld zonder ETS

Mocht het ETS systeem in 2020 de facto of de jure niet meer bestaan en er een wereld *zonder* emissiehandel zou ontstaan, dan heeft uitvoering van het projectalternatief in vergelijking tot het nulalternatief wél effecten hebben op de uitstoot van CO₂. In die situatie is geen emissieplafond en dragen projecten die elektriciteit opwekken, zonder daarbij CO₂ uit te stoten, bij aan de mondiale reductie van CO₂.⁵¹

Met het model POWERS van ECN is geanalyseerd welke typen centrales in het projectalternatief niet worden ingezet als gevolg van de toegenomen productie van windenergie. Windenergie blijkt voornamelijk elektriciteitsopwekking door gascentrales te verdringen (ca 75%) en in geringere mate ook elektriciteitsopwekking door kolencentrales (ca 25%). Indien er geen emissiehandelssysteem zou bestaan, bedraagt de vermeden uitstoot van CO₂ in het projectalternatief ten opzichte van het nulalternatief maximaal 4,5-5 Mton/jaar.

Waardering van CO₂ in de literatuur

CO₂ is een van de broeikasgassen die klimaatverandering teweeg brengt. In de literatuur is veel geschreven hoe de schade als gevolg van CO₂-uitstoot gewaardeerd kan worden. Grofweg zijn er twee methoden om emissies te waarderen: de preventiekosten- en schadekostenmethode. De *preventiekostenmethode* stelt dat de kosten van de duurste techniek om de uitstoot van de betreffende stof te reduceren om de overheidsdoelstellingen (normen) te behalen, relevant zijn voor de waardering van CO₂. Dit is gebruikelijk voor stoffen waarvoor normen voor de uitstoot bestaan. Indien voor een stof geen normen voor de uitstoot bestaan, worden emissies in KBA's gewaardeerd met behulp van de *schadekostenmethode*. Waardering vindt dan plaats aan de hand van een inschatting van de schade die ontstaat (aan gezondheid en milieu) door de emissie van een extra eenheid CO₂, de zogenaamde marginale schade. Hieronder volgt een beknopt overzicht uit de literatuur over de waardering van CO₂, samengevat in de navolgende tabel.

⁵¹ In de analyse is geabstraheerd van zogenaamde 'keteneffecten'. De CO₂-uitstoot die gemoeid is met de bouw of sloop van windturbines, het transport van kolen, of de bouw en sloop van elektriciteitscentrales zijn niet meegenomen. Uit een EU-studie (1998) blijkt dat de CO₂-uitstoot die gepaard gaat met winning en transport van conventionele energiebronnen, de bouw van de elektriciteitscentrale en afvalverwerking ca. 10% bedraagt van de CO₂-uitstoot die vrijkomt bij de elektriciteitsproductie. De hoeveelheid CO₂-emissies die gepaard gaat met de bouw en sloop van windturbines is voor windenergie op land (omgerekend naar kWh) ca 2% van de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie van een kWh in een kolencentrale en 4% van een door een gascentrale opgewekte kWh.

Waardering van CO₂ in de literatuur

Nordhaus (2008) maakt gebruik van het zogenaamde DICE-model, een economisch groeimodel. Het model bevat een verwachtingswaarde van schade met een kleine kans op een grote klimaatcatastrofe die gebaseerd is op de oordelen van experts¹. CO₂-emissies zijn een functie van het wereldwijde BNP-niveau en de koolstofintensiteit van de economische output. Die intensiteit neemt af door technologische ontwikkeling. De schadefunctie relateert gemiddelde temperatuur aan economische output via een kwadratische functie, waardoor klimaatschade meer dan lineair toeneemt als de temperatuur stijgt. De schadeposten houden impliciet rekening met adaptatie. Nordhaus geeft een schatting van de schadeprijs van CO₂ van 8 euro/ton (in 2010).

In het PAGE-model is de economische groei van invloed op de broeikasgasemissies die volgens een klimaatmodule een temperatuurstijging teweeg brengt. De schade die deze stijging met zich meebrengt omvat economische en niet-economische categorieën en consequenties van catastroferisico's voor verschillende regio's. De schade wordt per regio berekend als een fractie verloren economische output, die afhankelijk is van de temperatuurstijging via een machtfunctie. Adaptatie is expliciet gemodelleerd. Het PAGE-model is ontwikkeld door Hope in 2006. Hij kwam tot een schadeprijs van 5 euro/ton CO₂ (2006). Stern, die met zijn Stern Review een belangrijke rol heeft gespeeld in het klimaatdebat, komt met hetzelfde model door andere aannames (bijvoorbeeld over de disconteringsvoet) op 85 euro/ton CO₂ (2007).

ECN heeft twee varianten gehanteerd voor de waardering van CO₂, te weten 'EU laag' en 'EU hoog'. In EU hoog geldt een emissiereductiedoelstelling van 30% en een CO₂-prijs van 50 euro/ton in 2020. In 'EU laag' geldt een emissiereductiedoelstelling van 20% en een CO₂-prijs van 20 euro/ton in 2020 (beide prijspeil 2007). Als centrale waarde is gekozen voor 25 euro/ton CO₂ op basis van prognoses uit het NEEDS-project uit 2008. Het Handboek Schaduwrijzen (CE, 2010) waardeert de 'preventiekosten' van CO₂ op 20-50 euro/ton, met een centrale waarde van 25 euro/ton.

In 2012 is een literatuurstudie uitgevoerd door de VU en het IVM (Bergh, J. van de en W. Botzen, VU, 2012) naar de waardering van CO₂. De studie is een meta-analyse van de maatschappelijke kosten van de uitstoot van CO₂ van 232 studies. De gemiddelde waarde uit de studies bedraagt 41 euro/ton CO₂, de mediane waardering bedraagt 24 euro/ton CO₂.

Tabel **Overzicht waardering CO₂-uitstoot in de literatuur**

	Euro/ton	Prijspeil
Nordhaus	8	2010
Hope	5	2006
Stern	85	2007
ECN EU laag	20	2007
ECN EU hoog	50	2007
NEEDS centraal	25	2008
CE laag	20	2010
CE hoog	50	2010
CE centraal	25	2010
VU/IVM gemiddeld	41	2012
VU/IVM mediaan	24	2012

Waardering CO₂ in de toekomst

De schade van CO₂-emissies neemt toe in de tijd. Dit heeft te maken met het feit dat de schade als gevolg van CO₂ sneller stijgt dan de CO₂-uitstoot. Met andere woorden: de marginale schade van CO₂ is stijgend in de concentratie van CO₂. De waardering stijgt in de KBA in de tijd met 1,1% per jaar, evenals de waardering van de vermeden uitstoot van pm10 in paragraaf 8.2

De bedragen zijn verdisconteerd met een lagere disconteringsvoet van $2,5+1,5=4\%$. De risico-opslag is namelijk gehalveerd voor deze milieu-effecten zoals betoogd in paragraaf 8.2.

Waardering vermeden emissies CO₂ in wereld zonder ETS

De reductie van CO₂ is gewaardeerd tegen schadekosten van 20, 25 en 50 euro/ton (stijgend met 1,1% in de toekomst vanaf 2013) op basis van het literatuuroverzicht.

In de situatie zonder ETS dalen de elektriciteitsprijzen na 2020 ten opzichte van het basispad (omdat er geen kosten meer worden gemaakt voor de aankoop van emissierechten bij de productie van conventionele elektriciteit). Hierdoor daalt het rendement van wind op land met *ca. 0,7 mld euro NCW*. Deze kosten worden afgetrokken van de CO₂-baten.

De uiteindelijke CO₂-baten bedragen in een situatie zonder ETS na 2020 bedragen, afhankelijk van de schadekosten waarmee gerekend wordt, *0,2-1,5 mld euro NCW*.

Zonder ETS is het maatschappelijke saldo dus hoger. Vanwege de daling van de daling van de elektriciteitsprijzen is de business case echter slechter. Zonder ETS is nut en noodzaak voor subsidies daarom hoger dan met ETS. Dit is logisch omdat ETS de negatieve externe effecten van CO₂-uitstoot in de marktprijzen internaliseert, zodat er de markt (een deel van) deze externaliteiten al meeneemt.

Bijlage C Effecten voor de voorzieningszekerheid

Een toename van windenergie bij de productie van elektriciteit maakt Nederland minder afhankelijk van conventionele energiebronnen. Dit is gunstig voor de voorzieningszekerheid. Voorzieningszekerheid vormt een belangrijke drijfveer achter het beleid voor duurzame energie. De baten voor de voorzieningszekerheid van windenergie zijn bepaald conform de studie Windenergie op de Noordzee uit 2005.⁵²

De introductie van windenergie in het Nederlandse elektriciteitsproductiepark leidt tot een diversificatie van energiebronnen voor de Nederlandse energievoorziening, en tot geringere afhankelijkheid van gas, en meer in het algemeen van fossiele brandstoffen. Diversificatie van energiebronnen voor elektriciteitsproductie kan maatschappelijke baten opleveren. In de eerste plaats kan het niet-diversificeerbare risico van windenergieprojecten afwijken van dit risico in investering in conventionele centrales. Een lager niet-diversificeerbaar risico leidt tot een lagere disconteringsvoet voor toekomstige kosten en baten. De contante waarde van opbrengsten van elektriciteitsverkoop uit windproductie is dan hoger.

Het niet-diversificeerbare risico van elektriciteitsproductie uit windenergie lijkt al met al lager dan dit risico in conventionele elektriciteitsproductie, zodat de vereiste marktrendementen op dergelijke investeringen tevens lager zullen zijn. De wetenschappelijke discussie over de validiteit van deze redenering heeft nog geen eenduidige conclusie opgeleverd.

Ten tweede biedt een investering in windenergie een verzekering tegen pieken in gasprijzen. In de KBA komen deze baten tot uiting in de opbrengsten uit elektriciteitsverkoop: de verwachte toekomstige elektriciteitsprijzen bevatten immers een component die mogelijke prijspielen vertegenwoordigt. Voor dit effect behoeft dus geen aparte post te worden opgenomen. Indirecte effecten van een lagere afhankelijkheid van fossiele brandstoffen door toename van het aandeel van windenergie zouden kunnen optreden als door marktfalen elders in de economie additionele kosten optreden bij prijsschokken in de brandstofmarkt, die niet geïnternaliseerd worden via de prijzen van gas of elektriciteit zelf. Empirische aanwijzingen voor externe effecten op dit gebied zijn echter zwak.

In de KBA komen de baten voor de voorzieningszekerheid tot uitdrukking door een afslag van de disconteringsvoet van 0,8% van de baten uit elektriciteitsverkoop uit windenergie.⁵³ Deze afslag komt qua omvang overeen met het effect uit een gevoeligheidsanalyse in de KBA Windenergie op de Noordzee. De baten zijn bij een afslag van de disconteringsvoet van 0,8% ca. *0,4 mld euro NCW* hoger dan zonder de afslag.

⁵² A.S. Verrips et al. CPB, 2005, KBA Windenergie op de Noordzee.

⁵³ Vanwege de op dit moment bestaande overcapaciteit is voor de eerste jaren niet gerekend met een effect voor de voorzieningszekerheid. Dit heeft weinig effect op de uitkomst.

Literatuurlijst

Acres Wageningen UR, A. Terbijhe, K. Oltmer en M. van der Voort, 2009, Spin-off Windenergie, een onderzoek naar de economische, duurzaamheids- en regionale effecten van windenergie.

Akershoek K, F. van Dijk, F. Schenk, 2005, Aanvaringsrisico's van vogels met moderne grote windturbines, Studentenverslag van slachtofferonderzoek in drie windparken in Nederland, Bureau Waardenburg bv, Van Hall instituut, Universiteit Wageningen..

Awerbuch, S. en M. Berger, 2003, Applying portfolio theory to EU electricity planning and policy-making IEA/EET Working Paper, EET/2003/03.

Awerbuch, 2003, The True Cost of Fossil-Fired Electricity in the EU: a CAPM-based Approach, Mimeo 2003.

Bergh, J, van de, en W. Botzen, Vrije Universiteit Amsterdam, 2012, Waardering van de Maatschappelijke Kosten van CO2-emissies.

Blanford, G.J. et. al., 2012, A Clean Energy Standard Analysis with the US-REGEN Model.

Bohi et al., 1996, *The Economics of Energy Security*, Kluwer Academics Publisher.

Bosch & Van Rijn i.o.v. Agentschap NL, 2012, De invloed van windturbines op de waarde van onroerend goed Analyse van jurisprudentie.

CBS, 2012, Hernieuwbare Energie in Nederland 2011.

CBS, 2012, De Economische Radar van de Duurzame Energiesector.

CE, 2010, Handboek Schaduwrijzen en bijlagen.

CE Delft G.E.A. Warringa, M.J. Blom en M. Bles, 2012, MKBA Windenergie Flevoland.

Commissie Risicowaardering, 2003, Risicowaardering bij publieke investeringsprojecten.

Cie MER, 2013, Plan-MER Structuurvisie Windenergie op Land, versie 1 maart 2013.

Cie MER, 2012, Notitie Reikwijdte en Detailniveau - Plan-MER Structuurvisie Windenergie op Land.

Cie MER, 2012, Hoofdlijnennotitie Reikwijdte en Detailniveau van het Plan-MER voor de Structuurvisie Windenergie op Land, versie 20 juli 2012.

ECN, K. Schoots, 2010, Innovatie en leercurven Rapportage naar aanleiding van kennisvragen Werkgroep Energie en Klimaat.

ECN, 2012, Referentieraming.

EWEA, 2011, Pure Power wind energy targets for 2020 and 2030.

Europese Commissie, DG XII, Science, research and development, 1998, volume XX, national implementation.

Europese Commissie, DG XII, Science, research and development, 1998, methodology report.

Hirth, L., 2013, Accepted manuscript in Energy Economics 2013, The Market Value of Variable Renewables.

Hoen, B. et al., Ernest Orlando Lawrence Berkely National Laboratory, 2009, The impact of Wind Power Projects on Residential Property Values in the Unites States: a Multi-Site Hedonic Analysis.

Holttinen et al., 2012, Design and operation of power systems with large amounts of wind power, IEA Task 25.

IEA wind task 25, 2011, Final summary report phase two 2009-2011.

IEA, 2013, World Energy Outlook 2012.

IEA, 2012, World Energy Outlook 2011.

IPO, 2012, <http://www.ipo.nl/nieuws/verdeling-6000-mw-windenergie-over-de-provincies>.

Meyerhoff, J., C. Ohl en V. Hartje, Technische Universiteit Berlijn en Helmholtz Centre for Environmental Research, 2009, Landscape externalities from onshore wind power.

Ministerie I&M en Ministerie EZ, 2013, Structuurvisie Windenergie op land versie 26 februari 2013.

Ministerie I&M en Ministerie EZ, 2011, Plan van Aanpak Structuurvisie Windenergie op land versie 24 juni 2011.

Nagl, S., M. Fürsch en D. Lindenberger, 2012, The costs of electricity systems with a high share of fluctuating renewables - a stochastic investment and dispatch optimization model for Europe, EWI Working Paper, No 01/2012.

Nieuwenhout F.D.J. en A.J. Brand, 2013, The impact of wind power on APX day-ahead electricity prices – VVM Intermittency project, ECN rapport ECN-E—13-010.

Nordhaus, W., Department of Economics, Yale University, 2010, Economic Aspects of Global Warming in a Post-Copenhagen Environment.

NWEA, 2011, Visiedocument Ruimte voor Wind op Land, juni 2011.

K. Pijl onder supervisie van A.C. Buyse, Universiteit Utrecht, 2012, Wind Turbine Noise Effects of Human's Health and Well-being, the European Human Rights perspective.

Planbureau voor de Leefomgeving, M. Verdonk en ECN, W. Wetzels, 2012, Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012 Energie en emissies in de jaren 2012-2020.

Scheele-Goedhart, R.J. i.o.v. Agentschap NL, 2012, Windturbines en woningwaarden Inventarisatie internationale literatuur.

RPB, 2003, *Energie is ruimte*, NAI Uitgevers, Rotterdam.

SAOZ Adviseurs in onroerende zaken i.o.v. Agentschap NL, 2012, Onderzoek Planschade door Windturbines.

Sims, S. en P. Dent, Oxford Brookes University, 2008, Roots 2008, Modelling the impact on house prices in the UK.

Tweede Kamer, 2012, Motie van het lid Dijkers TK 29 023 nr. 134.

Tweede Kamer, 2012, TK 2011-2012, 32 660, nr. 17.

Verrips, A.S., et al., CPB, 2005, KBA Windenergie op de Noordzee.