

Windmolens op zee op eigen (wind)kracht?



Eline Vonck

Bachelorscriptie

Economie & Bedrijfseconomie

Begeleider: Bauke Visser

09-08-2018

Inhoud

Samenvatting.....	3
Inleiding.....	5
Theoretisch kader.....	7
Overheidsingrijpen in het algemeen.....	7
Friedrich A. Hayek.....	7
Aba P. Lerner.....	7
Overheidsingrijpen met betrekking tot milieudoelstellingen.....	8
Optimaal klimaatbeleid.....	8
Beleidscriteria.....	9
Beleidsinstrumenten.....	10
Modelweergave.....	11
Politieke en sociale context.....	12
Het Parijs akkoord en de energietransitie.....	12
Het huidige subsidiesysteem.....	13
De ontwikkeling van windenergie.....	15
Tussensamenvatting.....	16
Analyse mogelijke kostenreducties.....	17
Technologie.....	17
Markt en productieketen.....	17
Financiën.....	17
Kostprijs berekening.....	18
Modelweergave.....	19
Analyse basis model.....	19
Resultaten kostreductie analyse tot 2020.....	20
Technologie.....	21
Markt en productieketen.....	23
Financiën.....	25
Samenvatting.....	27
Overheidsbeleid windenergie op zee.....	28
Voorstellen voor overheidsbeleid om kostenreducties te realiseren.....	29
Windmolen ontwerp verbeteren.....	29
Ondersteuningsstructuur windparken verbeteren.....	29
Levensduur windparken vergroten.....	30
Competitie bevorderen.....	30
Collaboratie: horizontaal en verticaal.....	31

Constructietijd windparken verlagen	31
Lagere kapitaalkosten door verlaagd risicopremie	32
Het risico van subsidieeloze windparken	32
Modelweergave.....	33
Conclusie en discussie	34
Conclusie	34
Discussie	35
Bibliografie	36

Samenvatting

Tijdens de klimaatconferentie in Parijs in 2015 is afgesproken dat de gemiddelde mondiale temperatuur slechts met maximaal 2 graden mag stijgen. De energietransitie van fossiele energie naar duurzame energie moet een belangrijke bijdrage leveren aan het behalen van deze doelstelling. Intensivering van windenergie op zee is - gebaseerd op groei- en schaalpotentie van deze energievorm een belangrijk onderdeel van de energietransitie. Tegen deze achtergrond gaat deze scriptie in op de volgende onderzoeksvraag:

Welke rol kan de overheid het beste vervullen met betrekking tot het stimuleren van windenergie om de doelstellingen van het Parijs-akkoord te realiseren op de lange termijn?

Uit de literatuur blijkt dat verschillende visies bestaan over de rol van de overheid ten aanzien van de markt en de voorwaarden voor overheidsingrijpen in de markt. Hierbij lijkt wel consensus te bestaan dat overheidsingrijpen nodig is voor het behoud van het klimaat en het milieu en het stimuleren van nieuwe technologie ten behoeve hiervan. Het klimaatbeleid kan nader worden uitgewerkt in beleidscriteria en beleidsinstrumenten die gezamenlijk een samenhangend beleid moeten opleveren.

De Nederlandse overheid heeft de afgelopen jaren een belangrijke bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van de markt voor windenergie op zee, met name door verschillende subsidieregelingen gericht op het aanvullen van exploitatietekorten. De markt voor windenergie op zee in Nederland is door deze ontwikkelingen over de afgelopen jaren reeds een stuk verbeterd, waardoor Nederland gezien kan worden als een van de meest toonaangevende landen binnen deze industrie. De grootste uitdaging om deze vorm van energie uit te kunnen laten groeien tot een van de meest dynamische sectoren binnen Nederland is echter het verlagen van de kostprijs van windenergie op zee. In het Energie akkoord van 2013 is aangegeven dat een kostenreductie van 40% vereist is voor windenergie op zee om een rol van betekenis in de energietransitie te spelen.

Uit onderzoek van TKI Wind op Zee, uitgevoerd door PwC en Ecofys, blijkt dat een kostenreductie op windenergie op zee van 40%, zoals gesteld in het Energie akkoord zeker mogelijk is. Op basis van de kostprijsanalyse binnen de verschillende componenten technologie, markt- en productieketen en financiën kan geconcludeerd worden dat over de periode 2010-2020 reeds een kostenreductie van ten minste 46% gerealiseerd kan worden. De belangrijkste kostenreducties kunnen worden gerealiseerd door technische innovaties, toename in competitie en verticale samenwerking binnen de productieketen, de inzet van Tennet als netwerkbeheerder op zee en een verlaging van financieringskosten als gevolg van afnemende risicoperceptie.

De overheid zou het beleid zo moeten inrichten dat het optimaal bijdraagt aan het realiseren van de geïdentificeerde kostenreducties, zodat windenergie op zee vanaf begin volgend decennium kostendekkend wordt zonder exploitatiesubsidies van de overheid. Om dit te realiseren is het aan te bevelen de inzet van de overheid de komende jaren – in plaats van exploitatiesubsidies – steeds meer te richten op innovatiesubsidies, faciliteren dat nieuwe toetreders de markt betreden, het aanstellen van Tennet als netwerkbeheerder op zee en het mogelijk maken van de inzet van instrumenten, zoals Power Purchase Agreements en garanties van oorsprong, om onzekerheden over de opbrengsten van windenergie op zee te reduceren. Op deze wijze vormt het klimaatbeleid een uitgebalanceerd geheel van milieubeleid, technologiebeleid en technologiebeleid.

Met een klimaatbeleid dat gericht is op bovenstaande speerpunten zal het windpark Hollandse Kust Zuid, dat als eerste zonder subsidie gerealiseerd gaat worden, zeker niet de uitzondering blijven.

Inleiding

“Windmolens draaien niet op wind, maar op subsidie”. Deze welbekende quote van Mark Rutte, de leider van de VVD, werd gebruikt tijdens de verkiezingscampagne van 2012. Met deze oneliner stelde meneer Rutte dat windmolens de burger enkel veel geld kosten, maar verder weinig opleveren. Dat windmolens tot nu toe altijd op subsidie hebben gedraaid is een feit. Ter compensatie van de hogere kosten ten opzichte van de inkomsten, die gevormd worden door het volume maal de elektriciteitsprijs, levert de overheid een subsidiebijdrage om deze vorm van duurzame energie te stimuleren (de Boer, 2016). Deze stimulering is van groot belang, omdat de CO₂ voetprint op de aarde in de afgelopen jaren flink is toegenomen. Deze toename kan leiden tot catastrofale gevolgen. Om deze reden werd in 2015 in Parijs de *United Nations Climate Change Conference* gehouden, met het doel om een wettelijk bindende universele overeenkomst te sluiten met als uitgangspunt het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen. Hierbij werd een target gesteld van een gemiddelde mondiale temperatuurstijging van maximaal 2 graden. Een van de grootste oorzaken van de temperatuurstijging is de CO₂ uitstoot door het gebruik van fossiele brandstoffen. De overstap van fossiele energie naar groene energie zou daarom een hulpmiddel kunnen zijn in het behalen van de CO₂ reducerende doelstellingen van dit klimaatakkoord (Davenport, Gillis, Chan, & Eddy, 2015).

Deze overgang van fossiele energie naar duurzame energie wordt ook wel de energietransitie genoemd. In Nederland zijn de doelstellingen betreffende deze energietransitie vastgelegd in het Energieakkoord voor duurzame groei dat is opgesteld door de Sociaal-Economische Raad (SER). Het uiteindelijke doel is om in 2050 in Nederland 80 tot 95% minder CO₂ uit te stoten ten opzichte van het CO₂ niveau in 1990. Om deze CO₂ reductie te kunnen realiseren is verduurzaming van de energievoorziening nodig (Sociaal-Economische Raad, 2013). Momenteel is windenergie de belangrijkste en ook snelst groeiende vorm van duurzame energie in Nederland. Dit onderzoek is daarom gericht op deze vorm van duurzame energie. Dit zal nog verder toegespitst worden op de specifieke vorm van windenergie op zee. Hier is voor gekozen, omdat op het front van windenergie op zee momenteel nog de meeste winst te behalen is (Tjin-A-Tsoi, 2016).

Het is reeds duidelijk dat windenergie op zee een aantrekkelijk middel vormt voor de verduurzaming van de Nederlandse energievoorziening door zijn enorme potentie. De vraag is echter of deze energietechniek ook financieel gezien haalbaar is voor het behalen van de CO₂ reducerende doelstellingen van het klimaatakkoord uit Parijs. Tot op heden is windenergie een vrij dure en risicovolle manier van energieproductie geweest. Om deze reden werd in het Energieakkoord een kostenreductie van 40% op windenergie op zee vereist in de periode van 2010-2020 voor het gebruik van deze energietechniek voor het vergroten van het aandeel duurzame energie (Sociaal-Economische Raad, 2013). In hoeverre deze kostenreductie target haalbaar is binnen deze periode zal in dit onderzoek geanalyseerd worden.

Een groot deel van de maatschappelijke kosten voor windenergie op zee bestaat uit de subsidies die de overheid biedt ter compensatie van de hoge kosten. Echter, momenteel is er sprake van een wereldprimeur: 's werelds eerst windmolenpark zonder subsidie. Energiebedrijf Nuon gaat in de komende jaren het windmolenpark Hollandse Kust Zuid realiseren in de Noordzee zonder gebruik van financiële steun van de overheid. Deze ontwikkeling resulteert natuurlijk in een enorme besparing voor de overheid, maar daar staat tegenover dat de producenten van de windmolenparken extra risico's zullen moeten trotseren (van Santen, 2017).

Dit roept dan ook de vraag op:

Welke rol kan de overheid het beste vervullen met betrekking tot het stimuleren van windenergie om de doelstellingen van het Parijs-akkoord te realiseren op de lange termijn?

Op basis van dit onderzoek kan de overheid een lange termijn beleid formuleren. De onderzoeksvraag zal door middel van een tweeledige analyse beantwoord worden. Eerst wordt gekeken in hoeverre windenergie op zee financieel gezien als een geschikt hulpmiddel kan functioneren in het behalen van een duurzame energievoorziening. Vervolgens volgt een advies waarin verschillende aanbevelingen worden gedaan voor het optimaal stimuleren van windenergie op zee op de lange termijn. Deze aanbevelingen zullen geplaatst worden binnen het model voor overheidsingrijpen met betrekking tot klimaatdoelstellingen.

Het eerste deel van de analyse zal uitgevoerd worden met behulp van het TKI Wind op Zee Kostenmodel. In dit model worden de verschillende innovaties die een impact van 1% of meer kunnen hebben op de kostprijs van windenergie op zee gecategoriseerd in 3 componenten: technologie, markt & productieketen en financiën (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015). Door middel van een analyse van de impact van deze innovaties ten opzichte van het referentiekader uit 2010 zal in kaart worden gebracht welke mogelijkheden bestaan om de target van 40% kostenreductie, zoals gesteld door de overheid in het Energieakkoord, te realiseren. Het tweede deel van de analyse zal uitgevoerd worden door verschillende beleidsinstrumenten te analyseren en hun rol in het vervullen van de drie elementen voor optimaal klimaatbeleid: optimaal milieubeleid, technologiebeleid en coördinatiebeleid. De scriptie sluit af met een bespreking van de beste wijze waarop de overheid kan bijdragen aan het behalen van de CO2 reducerende doelstellingen door middel van het stimuleren van windenergie op zee op de lange termijn.

Theoretisch kader

Overheidsingrijpen is een concept dat door de jaren heen door verschillende economen geanalyseerd is. Uit deze analyses kwam echter geen eenduidig antwoord, maar juist ver uiteenlopende antwoorden. Het resultaat is een discussie of overheidsingrijpen goed is voor de markt of dat dit juist leidt tot verstoringen van de markt, oftewel marktfalen. In dit hoofdstuk zullen deze verschillende economische theorieën besproken worden met betrekking tot overheidsingrijpen in het algemeen en voor het behalen van ecologische doestellingen in het bijzonder.

Overheidsingrijpen in het algemeen

Overheidsingrijpen in het algemeen is een controverser onderwerp geweest door de jaren heen. Een van de momenten waarop deze discussie zijn hoogtepunt bereikte is tijdens de debatten over het socialistisch calculatieprobleem. Dit probleem ontstond in 1920 door de econoom Ludwig von Mises die stelde dat het niet mogelijk is om binnen een economie die vanuit een centraal punt bestuurd wordt de productie en distributie op een efficiënte manier te structureren. Hij was van mening dat enkel marktprijzen effectief de waarde van productiemiddelen kunnen bepalen. In een socialistische economie zijn deze productiemiddelen echter in collectieve handen waardoor dit prijsmechanisme is uitgeschakeld. Hierdoor ontstond de discussie wie de kennis heeft om dergelijke beslissingen te maken betreffende productie en prijzen (von Mises, 1920). Twee economen met uiteenlopende visies binnen deze discussie zijn Friedrich Hayek, een aanhanger van de Oostenrijkse School, en Aba P. Lerner, een neoklassieke econoom.

Friedrich A. Hayek

Binnen dit debat tussen de Oostenrijkse School en de neoklassieke economen koos Hayek de kant van von Mises. Hij deelde de mening dat een economie die centraal bestuurd wordt nooit tot een efficiënte vorm van productie en distributie kan leiden. Deze mening baseerde hij op het feit dat de kennis over de verschillende factoren van productie oneven verdeeld zijn over verschillende leden van de samenleving. Dit levert het praktische probleem op dat er niet één individu (of een selecte groep van individuen) bestaat die alle benodigde kennis heeft, en er dus geen persoon is die deze productiebeslissing met een efficiënte uitkomst kan nemen. Elk individu kent namelijk slechts een fractie van de gehele kennis van de samenleving. Deze onvermijdelijke imperfectie van de kennis van de mens en als gevolg de constante noodzaak om deze kennis te verschaffen leiden tot de conclusie dat dergelijke productiebeslissingen beter gemaakt kunnen worden door specialisten met specifieke kennis op een gebied dan door een centrale autoriteit. Door middel van deze gedecentraliseerde economie worden de beslissingen dus gemaakt door diegenen die de meeste kennis in zaken hebben voor elk specifiek probleem (Hayek, 1945).

Aba P. Lerner

Een van de vertegenwoordigers van de visie van de Oostenrijkse School binnen dit debat is Aba P. Lerner. Zijn mening wordt weergegeven door middel van het Lange-Lerner model. Dit model stelt dat in een sociale economie, waarin sprake is van een functionerend prijsmechanisme, de economie Pareto-efficiënt zal zijn wanneer alle productie wordt uitgevoerd door een publiek centraal orgaan. Deze Pareto-efficiënte situatie wordt bereikt door middel van een centraal planningsbestuur dat investeringen en kapitaal verdeelt, terwijl de markt arbeid en consumentengoederen verdeelt. Dit systeem kan opgedeeld worden in drie verschillende niveaus waarbinnen beslissingen worden gemaakt. Het laagste niveau bevat de bedrijven en huishoudens, het middelste niveau de industriële ministeries en het hoogste niveau het centrale planningsbestuur. Dit centrale bestuur zet ten eerste

de prijzen van de consumentengoederen. De bedrijven worden geïnformeerd over deze prijzen en baseren de output van hun productie op de hoeveelheid waarbij de prijs gelijk staat aan de marginale kosten van de goederen. De industriële ministeries stellen vast in hoeverre de specifieke industrieën uitgebreid kunnen worden. Tenslotte besluiten de huishoudens hoe zij hun inkomen verdelen over de verschillende goederen en wordt het arbeidsaanbod vastgesteld op basis van de gekozen afweging tussen werk en vrije tijd. Om in een evenwichtssituatie terecht te komen, maakt het centrale planningsbestuur gebruik van *trial-and-error* prijsveranderingen. Bij productoverschotten worden de prijzen kunstmatig verlaagd en bij producttekorten worden de prijzen juist verhoogd. Dit proces blijft plaatsvinden totdat de markt uiteindelijk een optimale evenwichtssituatie bereikt heeft (Lerner, 1934).

Er zijn ook enkele voordelen ten opzichte van de decentrale economie van de Oostenrijkse School die uit dit model voortkomen. Zo heeft het centrale orgaan publieke controle over de investeringen en kan het daarmee in grote mate de economische groei van een land bepalen. Een ander belangrijk voordeel is dat externaliteiten beter opgevangen kunnen worden door middel van dit model. Omdat de staat de controle heeft over alle bedrijven kunnen de kosten van externaliteiten gemakkelijk in de prijs van een bepaald goed verwerkt worden. Hierdoor kunnen ongewenste milieugevolgen beperkt of voorkomen worden. Daarnaast kunnen monopolies en andere vormen van markt dominantie voorkomen worden door middel van het marginale kosten prijssysteem, waardoor een gebrek aan efficiënte allocatie vermeden kunnen worden (Porket, 1998).

Overheidsingrijpen met betrekking tot milieudoelstellingen

Het is reeds duidelijk dat er verschillende visies bestaan over of en op welke manier de overheid het beste haar beleid kan voeren binnen de markt. Wanneer het gaat over overheidsingrijpen voor het behoud van het milieu en voor het stimuleren van de ontwikkeling van nieuwe technologieën is het nodig dat de overheid deze taak op zich neemt. Overheidsingrijpen met betrekking tot milieudoelstellingen ligt dus in lijn met de theorie van Aba P. Lerner over een centraal georganiseerde economie. Er blijven echter altijd milieusceptici die van mening zijn dat er helemaal geen milieuproblemen zijn, of niet-sceptici die wel bevestigen dat er problemen zijn, maar van mening zijn dat hier verder niks aan gedaan kan worden. De realiteit is echter dat er tijdens de klimaatconferentie van Parijs een target is gesteld en dat alle landen die dit verdrag ondertekend hebben eraan gehouden worden om dit ook te realiseren. Aangezien deze CO2 reductie zonder prikkels van de overheid niet gerealiseerd zal kunnen worden, is het klimaatbeleid van de overheid voor het behoud van het milieu en voor het stimuleren van nieuwe technologieën cruciaal.

Optimaal klimaatbeleid

Om uiteindelijk tot een optimaal klimaatbeleid te komen, moet zijn voldaan aan enkele elementen. Ten eerste moet er sprake zijn van een optimaal milieubeleid. Dit houdt in dat volgens het Pigouviaanse principe elk goed de maatschappelijke milieukosten moet weerspiegelen. Hierdoor worden de werkelijke kosten van elk goed weergegeven in de markt door middel van het optellen van een heffing bij de voormalige marktprijs. Deze heffing wordt bepaald aan de hand van de marginale schade die gelijk staat aan wat de bevolking van een land bereid is te betalen om de vervuiling die door dit product wordt veroorzaakt te voorkomen. Hierin wordt dus per goed een onderscheid gemaakt in welke mate dit vervuילend is. Door deze correcte prijzen binnen de markt kunnen consumenten een betere afweging maken met betrekking tot hun uitgaven.

Daarnaast moet er sprake zijn van een optimaal technologiebeleid. Aangezien kennis de drijfveer is voor technologische innovaties, is het voor een optimaal beleid nodig dat er voor de ontwikkelaars van

dergelijke innovaties een compensatie wordt gegeven voor de kennis spillovers. Wanneer een nieuwe technologie ontwikkeld wordt, is het onmogelijk voor een partij om alle maatschappelijke opbrengsten van deze nieuwe vorm van kennis toe te eigenen. Voor het deel van de kennis dat weglekt naar derden, die hier gebruik van kunnen maken zonder tegenprestatie, is het gerechtvaardigd de ontwikkelaars ervan hiervoor een compensatie te bieden. Hierdoor wordt hun innovatie beloond in verhouding tot het totaal van maatschappelijke voordelen van deze nieuwe kennis (Jaffe, 1996).

Tenslotte moeten lock-in effecten voorkomen worden door middel van een optimaal coördinatiebeleid. Lock in effecten ontstaan wanneer bedrijven blijven hangen in een inferieure technologie, omdat de keuze tot overstap naar een nieuwe technologie teveel onzekerheid bevat. Het voorkomen van dergelijke effecten kan gedaan worden door producenten binnen dezelfde sectoren samen te laten werken of te laten communiceren. Een gevaar hierbij is echter dat dit strijdig kan zijn met het mededingingsbeleid. Een andere optie is door de overheid als initiële speler een investering te laten doen, waardoor andere partijen eerder bereid zijn te zullen volgen. Het probleem van het bandwagon-effect, waarbij spelers liever afwachten totdat anderen actie ondernemen dat dat zij dit zelf doen, zal hiermee dus opgelost zijn. De overheid kan dit bereiken door middel van een aankoopbeleid of door het verlenen van subsidies voor specifieke investeringen. Een voorwaarde voor het voorkomen van lock-in effecten moet in ieder geval het bieden van zekerheid zijn over het bestaan van complementaire investeringen. Een vereiste hiervoor is dat de technologie rendabel genoeg is om na de initiële investering zonder verdere stimulering te kunnen voortbestaan. De investering moet leiden tot een nieuwe technologie die niet alleen beter is dan het oude systeem, maar ook beter dan nieuwe alternatieve technologieën. Als dit niet het geval is zal er namelijk alsnog een lock-in ontstaan binnen een inferieure technologie alleen in een nieuwe markt (Smulders, 2004).

Het klimaatbeleid kan verder worden uitgewerkt in beleidscriteria en beleidsinstrumenten.

Beleidscriteria

De vraag blijft echter waar de overheid dan precies moet ingrijpen. De gebruikelijke economische visie stelt dat de overheid moet ingrijpen wanneer zij de kans krijgt om de algemene welvaart te verhogen in situaties waar andere spelers deze kans laten liggen, omdat deze hen niet persoonlijk baten. In een dergelijke situatie wordt er gesproken van externaliteiten en deze komen voor in verschillende vormen. Zo zijn er negatieve externaliteiten die juist kosten opleveren voor derden in de samenleving. Een voorbeeld hiervan zijn de maatschappelijke kosten die ontstaan voor het milieu bij het opwekken van fossiele energie. De overheid kan door middel van het milieubeleid in zo'n situatie de welvaart beschermen door de private partijen deze maatschappelijke kosten in rekening te brengen, waardoor zij niet meer aan vervuiling zullen creëren dan dat maatschappelijk wenselijk is. Daarnaast zijn er ook positieve externaliteiten mogelijk, welke bijvoorbeeld optreden bij innovatie. Wanneer één bepaalde marktspeler een nieuwe technologie ontwikkelt kan de gehele welvaart verhoogd worden wanneer ook andere spelers van deze kennis gebruik kunnen maken. Op deze manier kunnen zowel positieve als negatieve externaliteiten als motivatie dienen voor milieubeleid (Smulders, 2004).

Naast de reeds besproken vormen van externaliteiten zijn er ook nog netwerk externaliteiten. Dit houdt in dat bedrijven pas actie willen ondernemen wanneer andere partijen dit eerst doen. Dit wordt ook wel het bandwagon-effect genoemd. Als gevolg van dit effect laten partijen de kans liggen om de welvaart te verhogen, omdat ze bang zijn op een later moment spijt te hebben van een keuze als deze niet tot de gewenste uitkomst leidt. Zou het hier bijvoorbeeld gaan om een keuze over het overstappen

op een nieuwe technologie, dan zouden bedrijven die hierop zijn overgestapt spijt hebben wanneer deze nieuwe technologie niet de nieuwe standaard wordt. Deze onderlinge onzekerheid tussen de verschillende partijen over hun bereidheid om over te stappen leidt tot een coördinatiegebrek, oftewel een netwerk externaliteit. Het gevolg hiervan is dat wanneer partijen niet durven over te stappen door de grote mate van onzekerheid de maatschappij blijft hangen in een inferieure technologie. Dit wordt ook wel het lock-in effect genoemd. Ook deze vorm van externaliteiten kan als motivatie dienen voor het milieubeleid van de overheid. Zo kan door het oplossen van het coördinatieprobleem een dergelijk lock-in effect worden voorkomen, waardoor de superieure technologie toch de nieuwe standaard wordt (Farrell & Saloner, 1985).

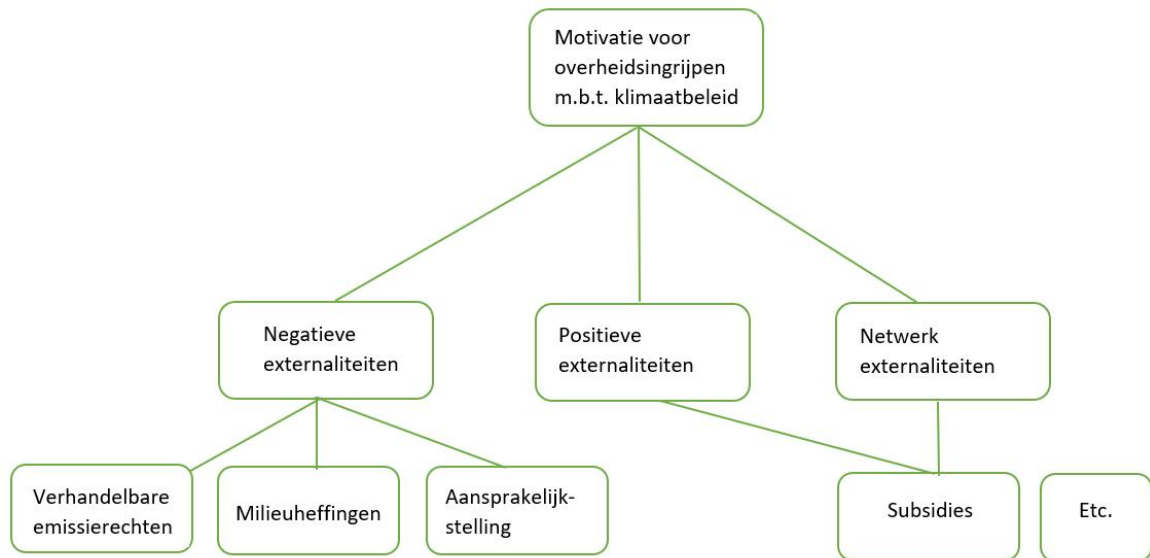
Beleidsinstrumenten

Nu de verschillende vormen van motivatie voor milieubeleid en de bijbehorende doelstellingen duidelijk zijn, is het van belang te kijken naar de beleidsinstrumenten die de overheid heeft om deze te bewerkstelligen. Bij de besproken externaliteiten kan de overheid deze direct aanpakken door middel van marktconforme instrumenten. Deze instrumenten internaliseren de externe effecten voor de veroorzaker, waardoor er bijvoorbeeld correcte prijzen ontstaan, er minder milieuverbruik is of er een transparanter beeld wordt weergegeven van het milieugebruik. Dit principe stelt dus dat kosten en baten daar en dan zichtbaar moeten worden, waar en wanneer zij ontstaan (Smulders, 2004).

Er bestaan verschillende marktconforme instrumenten die de overheid kan gebruiken voor het bewerkstelligen van haar milieubeleid. Zo kunnen er verhandelbare emissierechten worden ingesteld waardoor het emissie gehalte constant gehouden kan worden. Op deze manier worden de partijen geprikkeld tot innovatie in een duurzamere richting en kan de emissie reductie daar plaatsvinden waar dit met de laagste kosten kan. Een ander instrument dat reeds genoemd is, is het invoeren van milieuheffingen. Hierdoor komen de externe kosten ten laste van de veroorzaker in plaats van de samenleving. Een veelgebruikt instrument voor milieubeleid is het gebruik van subsidies. Door een vergoeding te bieden aan producenten van duurzame alternatieven wordt milieuvriendelijk gedrag gestimuleerd en kan de overheid lock-in effecten doorbreken. Ook kan de overheid gebruik maken van een meer wettelijk instrument, namelijk aansprakelijkstelling. Bij milieucalamiteiten kan de overheid de veroorzaker hiervan aansprakelijk stellen en hem de opgelopen schade laten betalen. De waardering van een concreet bedrag blijkt echter vaak ingewikkeld in dit soort gevallen. Tenslotte is er het instrument statiegeld, een bedrag dat gebruikers van milieuvervuilende producten kunnen revindiceren, waardoor in geval van vervuiling de schade gedekt kan worden (Wind, 2009). Wat alle besproken instrumenten met elkaar gemeen hebben is dat ze zekerheid bieden aan één of meerdere partijen binnen de markt. De overheid kent echter meerdere instrumenten die een risico beperkende werking kunnen bieden. De besproken lijst van beleidsinstrumenten is daarom ook niet limitatief, maar biedt slechts enkele veelvoorkomende voorbeelden.

Modelweergave

De bovenstaande stappen van motivatie voor overheidsingrijpen tot aan de daadwerkelijke instrumenten die gebruikt worden voor het uitvoeren van het klimaatbeleid staan weergegeven in het onderstaande model. Aan de hand van dit model zullen de aanbevelingen met betrekking tot het overheidsbeleid gecategoriseerd worden. Vervolgens zal geanalyseerd worden of met behulp van deze aanbevelingen voldaan is aan de verschillende elementen van een optimaal klimaatbeleid.



Figuur 1: Keuzeboom overheidsingrijpen m.b.t. klimaatbeleid (Smulders, 2004)

Politieke en sociale context

Het Parijs akkoord en de energietransitie

Van 30 november tot 12 december vond in Parijs de *2015 United Nations Climate Change Conference* plaats. Deze conferentie werd gehouden om een nieuwe universele overeenkomst te sluiten met betrekking tot het klimaat, en met name de reductie van broeikasgassen. Dit is van groot belang, omdat als er nu geen verandering plaats zal vinden, de opwarming van de aarde een bepaalde drempel zal overschrijden, waarna deze onomkeerbaar zal zijn en kan leiden tot catastrofale gevolgen. Voorbeelden hiervan zijn het stijgende zeeniveau, smeltende poolkappen, droogte, overstromingen en andere extreme weersomstandigheden (Harvey, 2014). Uit onderzoek is gebleken dat deze drempel zich op twee graden Celsius boven het pre-industriële niveau bevindt. Echter, als de wereldpopulatie de huidige tendens zou doorzetten, zou dit tot een opwarming van wel vijf graden Celsius leiden.

Dit is dan ook de reden dat tijdens deze klimaatconferentie een universeel bindende overeenkomst is gesloten die als doelstelling heeft om de gemiddelde mondiale temperatuurstijging te beperken tot maximaal 2 graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële niveau. De bijdrage van de EU hierin is dat zij in 2030 een CO₂ reductie van 40% wil realiseren ten opzichte van de CO₂ uitstoot in 1990. In 2050 zal de CO₂ uitstoot om en nabij de 0 moeten liggen. Om dit proces te kunnen analyseren en extra motivatie te bieden aan de verschillende landen en hun bijdrage aan de CO₂ reductie zal er om de vijf jaar een wereldwijde evaluatie plaatsvinden (Harvey, Everything you need to know about the Paris climate summit and UN talks, 2015).

Er zijn natuurlijk verschillende oorzaken voor deze klimaatverandering, maar in deze paper zal de focus liggen op de grootste rol die de mens hierin heeft gespeeld, namelijk het broeikaseffect als gevolg van de CO₂ uitstoot. Landen nemen daarom het initiatief om de uitstoot van hun broeikasgassen te verminderen zodat het klimaat minder snel en sterk zal veranderen. Een van de hulpmiddelen om dit doel te bereiken, is de overstap van fossiele brandstoffen naar duurzame brandstoffen. Dit wordt ook wel de energietransitie genoemd. Het doel van Nederland is om in 2050 80 tot 95% minder CO₂ uit te stoten en dit doel zal alleen bereikt kunnen worden als iedereen meewerkt (Rijksoverheid, 2016). Deze CO₂-arme energievoorziening kan bereikt worden door een trade-off tussen aan de ene kant energiebesparing en aan de andere kant het aandeel van hernieuwbare energie te vergroten. Momenteel is windenergie de belangrijkste en ook snelst groeiende vorm van duurzame energie in Nederland (Tjin-A-Tsoi, 2016). Dit onderzoek is daarom gericht op deze vorm van duurzame energie. Dit zal nog verder toegespitst worden op de specifieke vorm van windenergie op zee. Hier is voor gekozen, omdat op het front van windenergie op zee momenteel nog de meeste winst te behalen is. Dit komt onder andere, omdat er meer ruimte is op zee, waardoor er bijvoorbeeld grotere windmolens geplaatst kunnen worden die een grotere capaciteit windenergie kunnen opwekken. Daarnaast is de publieke acceptatie van windmolens op zee relatief hoog ten opzichte van de windmolens op land, omdat dit een minder grote visuele impact en geluidsoverlast veroorzaakt voor de bewoners van een land (Junginger, Faaij, & Turkenburg, 2004). Ook de Sociaal Economische Raad heeft deze mogelijkheden ingezien en stelde in het Nederlandse Energieakkoord van 2013 dan ook dat het operationeel windvermogen op zee opgeschaald moet worden van circa 1000 Megawatt (MW) in 2013 naar 4450 MW per 2023. Deze opschaling van 3450 MW zal plaatsvinden door middel van een gefaseerde aanbesteding vanaf 2015 die leidt tot een steeds verder oplopende capaciteit. Deze opschaling is weergegeven in onderstaande figuur (Sociaal-Economische Raad, 2013).

Aanbesteden in	Windvermogen	Operationeel in
2015	450 MW	2019
2016	600 MW	2020
2017	700 MW	2021
2018	800 MW	2022
2019	900 MW	2023

Figuur 2: Aanbestedingen wind op zee (Sociaal-Economische Raad, 2013)

Naast het feit dat de doelstellingen van het klimaatakkoord van Parijs van universeel belang zijn, zijn deze ook significant van belang voor Nederland als land op zich. Als deze strenge maatregelen tegen de klimaatverandering immers niet snel worden opgevolgd, zal dit leiden tot verre gaande gevolgen voor Nederland. Door het smelten van de poolkappen als gevolg van de opwarming van de aarde zal het niveau van zeespiegel namelijk flink stijgen. Dit zal een grote bedreiging zijn voor een land als Nederland met hun eeuwenlange strijd tegen het water, waarvan 26% van het land onder zeeniveau ligt en zelfs 55% van het land gevoelig is voor overstromingen (Planbureau voor de Leefomgeving, 2010). Als gevolg zullen dure maatregelen getroffen moeten worden tegen deze bedreiging, zoals het versterken en verhogen van de dijken of het creëren van plaatsen waar het water tijdelijk kan worden opgevangen (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2016). Het doemscenario is dat wanneer niet op tijd wordt gehandeld tegen de klimaatverandering Nederland uiteindelijk deels of zelfs geheel onbewoonbaar zal zijn. Nederland zal zich dus niet alleen inzetten voor de CO₂ reductie door het klimaatakkoord, maar ook omdat dit de toekomst van het land zal bepalen.

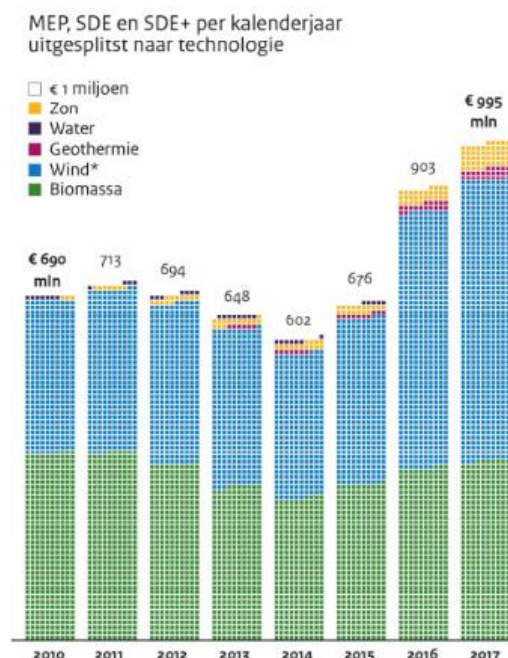
Het huidige subsidiesysteem

Op 1 januari 2008 ging in Nederland de regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (hierna: SDE) in. Deze regeling was daarmee de opvolger van de ministeriële regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie, ook wel de MEP-regeling genoemd. Deze overstap naar de SDE-regeling was een reactie op het dure MEP-subsidiebeleid, waarvan de kosten uit de hand liepen, omdat de interesse veel groter bleek te zijn dan van tevoren begroot was door de overheid. Dit in combinatie met het feit dat er bij deze MEP-regeling geen maximum aan de te vergeven subsidie was gesteld, leidde tot vraag naar een nieuwe regeling. Als reactie hierop kwam de SDE-regeling met als doel om de productie van schone en duurzame energie te stimuleren. Deze regeling is daarmee gericht op zowel bedrijven als non-profit instellingen en particulieren. Vanaf 2011 werd dit wederom aangepast naar de SDE+ regeling, die de doelgroep particulieren weg filtert en zich puur focust op bedrijven en (non-profit) instellingen. Deze nieuwe regeling zal daarmee op een efficiëntere manier uitgerold kunnen worden waardoor stappen kunnen worden gezet in de richting van de Europese doelstelling van 14% duurzame energie in 2020. Hierdoor kan ook met betrekking tot het duurzame energie beleid iedere euro zo efficiënt mogelijk besteed worden (Verhagen, 2010).

Zoals reeds benoemd is het doel van de SDE+ regeling om de ontwikkeling van een duurzame energievoorziening in Nederland te stimuleren. Het principe van deze regeling is daarom om producenten van duurzame energie te compenseren voor het verschil tussen de inkomsten per kWh en de productiekosten per kWh die zij hiervoor moeten maken. Deze compensatie zal plaatsvinden gedurende een periode van 8, 12 of 15 jaar, afhankelijk van de technologie die wordt gebruikt. Het bedrag van de subsidie wordt jaarlijks vastgesteld op basis van een basiscomponent die verminderd wordt met een correctiecomponent. Het basisbedrag wordt gedefinieerd als de gemiddelde kostprijs van een installatie uitgedrukt in €/kWh en deze zal verschillen per energietechniek. De

correctiecomponent geeft de gemiddelde elektriciteitsprijs in een jaar weer en dit bedrag zou gelijk moeten zijn aan de terugleververgoeding die een energieleverancier betaalt. Met deze constructie zal de producent met de som van het subsidiebedrag en de vergoeding van de energieleverancier dus uitkomen op een bedrag dat gelijk is aan de prijs per kWh, waardoor de investering als rendabel gezien kan worden op de lange termijn (Tweede Kamer, 2017).

Binnen deze regeling wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende hernieuwbare energietechnieken. Omdat in dit onderzoek gekozen is voor een focus op de energietechniek van windenergie op zee, en ook deze techniek tot op heden nog niet rendabel is voor investeerders, zal de subsidieregeling voor deze specifieke vorm van windenergie hieronder verder uitgelicht worden. Zo zal de overheid in de komende 20 jaar naar verwachting ongeveer 8 miljard euro besteden aan subsidie voor de productie van windenergie en nog eens 4 miljard euro subsidie voor de aanleg van het elektriciteitsnet door het bedrijf TenneT (Kamp, Kamerbrief over SDE wind op zee 2015, 2015). De gerealiseerde kasuitgaven van de afgelopen jaren per energietechniek zijn te vinden in de onderstaande figuur. Hierin is te zien dat de gerealiseerde kasuitgaven van de techniek windenergie in de afgelopen jaren (met name sinds 2016) flink zijn toegenomen.



Figuur 3: MEP, SDE en SDE+ per kalenderjaar uitgesplitst naar technologie (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2018)

Deze toename in de subsidie uitgaven van de overheid aan windenergie klinkt tegenstrijdig met het actuele nieuws van Nuon's eerste windmolenpark zonder subsidie. Naar aanleiding van dit nieuws zou men verwachten dat de uitgaven aan subsidies voor windenergie de komende jaren juist zouden dalen. Deze stijging in subsidie uitgaven kan toch verklaard worden, namelijk door de toename in capaciteit van windenergie. Hoewel de subsidiebijdragen aan de windparken in Nederland juist aan het afnemen zijn, neemt tegelijkertijd het aandeel van windenergie in de totale energievoorziening aanzienlijk toe. Dit effect is terug te zien in onderstaande afbeelding, waar weergegeven is hoe de maximale subsidie per kWh sinds het sluiten van het energie akkoord in 2013 stapsgewijs afneemt. Zo is bekend dat het eerste Borssele windpark al met 2,7 miljard euro minder subsidie gebouwd kan worden dan voorheen (Natuur & Milieu, 2016). Bij de latere Borssele windparken halveerde de maximale subsidiebijdrage nogmaals

en intussen hebben we Hollandse Kust Zuid als nationale glorie; het eerste windmolenpark dat zonder subsidie gebouwd zal worden. Dit wekt de vraag op of dit windmolenpark de uitzondering is, of dat de energietechniek van windenergie op zee nu al efficiënt genoeg is om zonder subsidie zich staande te houden.



Figuur 4: Maximale subsidie per kWh (in euro's) en de verwachte capaciteit voor windenergie op zee (Rijksoverheid, 2018)

De ontwikkeling van windenergie

Dat windenergie op zee op dit moment een van de belangrijkste potentiële instrumenten is voor het behalen van de CO2-reducerende doelstellingen van het klimaatakkoord van Parijs is intussen duidelijk. De techniek van windenergie en met name windenergie op zee heeft echter een hele ontwikkeling moeten doormaken om dit punt te kunnen bereiken. Zo werd windenergie op zee tot een aantal jaren terug enkel gezien als ingewikkeld en vooral erg duur in plaats van een manier om op grote schaal duurzame energie op te kunnen wekken. Momenteel begint er echter een verandering te komen in dit beeld. Door onder andere de doelstellingen tot verduurzaming van de energievoorziening is men gaan inzien dat deze vorm van windenergie, met name in Nederland met de Noordzee voor de deur, enorm veel potentie heeft. Daarnaast biedt deze industrie een nieuwe economische activiteit die veel nieuwe banen zal generen over de jaren heen. Deze werkgelegenheid is daarmee ook duurzaam. Nederland kan gezien worden als een van de meest toonaangevende landen in markt voor wind op zee (Nederlandse WindEnergie Associatie, 2012). Dit komt met name door een aantal belangrijke ontwikkelingen die in de afgelopen jaren hebben plaatsgevonden in deze sector.

Een van de factoren die heeft bijgedragen aan het bevorderen van de opwekking van windenergie op zee is de invoering van de Wet windenergie op zee op 1 juli 2015. Deze wet is ingevoerd ter uitvoering van het Energieakkoord uit 2013 en heeft als doel om een duidelijk en volledig wettelijk stelsel te bieden met betrekking tot de zoneselectie voor windparken in de Noordzee en de uitgifte van de vergunningen voor de realisatie en exploitatie van deze windparken. Door middel van een kavelbesluit wordt bepaald waar en onder welke voorwaarden een windpark op een bepaalde locatie gerealiseerd en geëxploiteerd mag worden. Dit kavelbesluit zal genomen worden door de Minister van Economische Zaken in overeenstemming met de Minister van Infrastructuur en Milieu. De volgende stap in de procedure is het uitgeven van een vergunning voor deze geselecteerde windparken. Door middel van een dergelijke vergunning ontvangt de houder ervan het recht om op de besloten locatie een windpark te gaan bouwen en exploiteren (Eerste Kamer der Staten-Generaal, 2015).

Het uitgeven van deze vergunning doet de overheid vervolgens met behulp van het tendersysteem. Dit houdt in dat zij voor de geselecteerde kavels biedingen organiseren waar alle geïnteresseerde partijen een bod kunnen uitbrengen. Bij het vormen van dit bod kunnen de partijen rekening houden met de informatie die ter beschikking wordt gesteld door middel van het Milieueffectenrapport en het onderzoek naar de fysieke opbouw van het kavel. Nadat de partijen hun bod hebben gedaan, worden deze partijen gerangschikt op basis van de prijs die zij hebben geboden. Door de overheid wordt de partij met de laagste prijs voor wind op zee uiteindelijk uitgekozen. Aan deze partij wordt vervolgens de vergunning verleend, een subsidie verstrekt indien nodig, fysieke gegevens van het kavel verstrekt en een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk geboden door netwerkbeheerder TenneT (Kamp, Kamerbrief aanpak tenders windenergie op zee, 2017).

Tot op heden was dit tendersysteem met name gebaseerd op de subsidies die de verschillende partijen nodig hadden voor het realiseren van de windparken en kwamen de kwalitatieve criteria op een tweede plek. Echter, met de wereldprimeur van Nuon is gebruik gemaakt van een tenderbieding waar partijen een bod konden uitbrengen voor het bouwen en exploiteren van een windpark zonder subsidie. In deze bieding werden de kwalitatieve criteria, die ook terug te vinden zijn in artikel 24 lid 2 van de Wet windenergie op zee, beschouwd als uitgangspunt. Hieronder vallen de volgende criteria (Kamp, Kamerbrief aanpak tenders windenergie op zee, 2017):

- a. De kennis en ervaring van de betrokken partijen;
- b. De kwaliteit van het ontwerp voor het windpark;
- c. De capaciteit van het windpark;
- d. De maatschappelijke kosten;
- e. De kwaliteit van de inventarisatie en analyse van de risico's;
- f. De kwaliteit van de maatregelen ter borging van kostenefficiëntie.

Tussensamenvatting

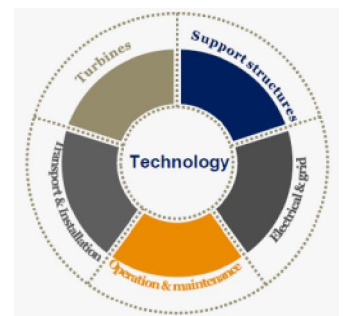
Windenergie op zee kan een belangrijke bijdrage leveren aan de realisatie van de klimaat doelstellingen van Nederland. De Nederlandse overheid heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van de markt voor windenergie op zee, met name door verschillende subsidieregelingen gericht op het aanvullen van exploitatietekorten. Dit heeft geleid tot een enorme stijging in de productie voor windenergie op zee, waardoor Nederland gezien kan worden als een van de meest toonaangevende landen binnen deze industrie. De grootste uitdaging om deze vorm van energie uit te kunnen laten groeien tot een van de meest dynamische sectoren binnen Nederland is echter het verlagen van de kostprijs van windenergie op zee (Nederlandse WindEnergie Associatie, 2012). In de volgende hoofdstukken wordt in kaart gebracht hoe deze kostenreductie kan worden gerealiseerd en wat de rol van de overheid hierin kan zijn. Dit wordt gedaan door de potentiële kosten reducerende innovaties te categoriseren per soort externaliteit en het gewenste beleidsinstrument hieraan te koppelen.

Analyse mogelijke kostenreducties

Het doel van dit onderzoek is om te analyseren op welke manier de overheid haar uitgaven zo effectief mogelijk kan doen, om de CO2 reducerende doelstellingen van het klimaatakkoord uit Parijs te behalen. Momenteel doet de overheid dit door middel van subsidies, maar de vraag is of dit de meeste effectieve manier is of dat een alternatieve manier van financieren betere resultaten als gevolg zal hebben. Om windenergie op zee als een geschikte energievorm te zien om de beoogde CO2 reductie te kunnen realiseren zal zoals afgesproken in het Energieakkoord van 2013 een flinke kostenreductie plaats moeten vinden. In dit hoofdstuk zullen drie componenten worden besproken die volgens onderzoek van TKI Wind op Zee, uitgevoerd door PwC en Ecofys, de grootste invloed hebben op mogelijke kostenreducties van windenergie op zee. Deze componenten zijn respectievelijk technologie, markt & productieketen en financiën en zullen verder gedefinieerd worden (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015).

Technologie

Technologische ontwikkeling is een proces dat in jonge en snel groeiende markten continu plaats vindt. In het model van het onderzoek van TKI Wind op Zee waar in deze paper gebruik zal worden gemaakt, worden er vijf drijfveren voor kostenreductie op het gebied van technologische ontwikkeling besproken. Deze drijfveren zijn ontwikkeling op het gebied van windturbines, transport & installatie, bediening & onderhoud, elektriciteit & netwerk en ondersteuning.



Markt en productieketen

De component markt en productieketen zal sterk reageren op strategische keuzes op het gebied van beleid, wetgeving of specifieke schaalvergrotingsscenario's. Binnen deze categorie zijn vier drijfveren voor kostreductie opgesteld: competitie, samenwerking, schaal- & groei effecten en project management & ontwikkeling.



Financiën

Tenslotte biedt het onderdeel financiën nog ruimte voor kostenreductie. Deze laatste component omvat alle financiële aspecten die komen kijken bij het opzetten, bouwen en onderhouden van een windpark. De drie drijfveren die in dit onderzoek worden meegenomen zijn de kosten van kapitaal van het windpark, de kosten van kapitaal van het aansluitingsnetwerk en de verzekeringskosten.



Kostprijs berekening

Zoals reeds uitgelegd hebben de bovenstaande componenten het grootste potentieel om kostenreducties op het gebied van windenergie op zee te realiseren. Om deze kostenreducties beter te kunnen begrijpen is het daarom van belang het begrip kostprijs verder te definiëren. TKI Wind op Zee is een topconsortium omtrent kennis en innovatie op het gebied van windenergie op zee. Dit is een tijdelijk samenwerkingsverband tussen ondernemingen en organisaties gericht op het bereiken van de kostenbesparing van 40% in 2020 ten opzichte van 2010. In het TKI Wind op Zee Cost model dat in dit onderzoek toegepast zal worden, wordt het begrip kostprijs uitgedrukt in *Levelised Costs of Electricity* (hierna: LCoE). Deze LCoE bestaan uit zeven onderdelen (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015):

- DEVEX, ook wel development expenditures. Dit zijn de kosten die worden ondervonden in de ontwikkelingsfase van een windmolenpark op zee. Voorbeelden hiervan zijn kosten met betrekking tot engineering, ontwerp, vergunningen etc.
- CAPEX, ook wel capital expenditures, oftewel kapitaalkosten. Onder deze categorie vallen de leveringskosten van windturbines, funderingen en elektrische infrastructuur, installatiekosten en constructie verzekeringen, management en onvoorziene omstandigheden.
- Energie productie, oftewel de totale hoeveelheid energie die door middel van het windmolenpark gerealiseerd kan worden.
- OPEX, ook wel operational costs, oftewel operationele kosten. Hieronder vallen zowel de onderhoudskosten van windturbines, funderingen en elektrische infrastructuur als de operationele verzekeringen en de organisatie van de producent van het windmolenpark.
- Decommissioning costs, oftewel ontmantelingskosten. Deze worden berekend aan de hand van de installatiekosten van het windpark, verminderd met een prijsreductie factor door de kortere tijdsduur van ontmanteling ten opzichte van installatie.
- Financiering- en kasstroomparameters van zowel project als balans financiering. Hieronder vallen onder andere de afschrijvingen op basis van annuïteiten.
- Constructie periode, waarvan de gemiddelde aanname is dat deze 2,5 jaar duurt.

Vervolgens wordt door middel van het TKI Wind op Zee Cost model berekend wat het effect is van de drie componenten technologie, markt & productieketen en financiën op deze onderdelen van de LCoE. Dit wordt gedaan door eerst een basis LCoE uit te rekenen van een referentiejaar en dit vervolgens te vergelijken met de LCoE een aantal jaar later. De LCoE kan berekend worden met onderstaande formule (Jager, Verkaik, & Borràs, 2017).

LCoE = Levelised cost of energy

I_t = Investment expenditures in the year t

OM_t = Operations and maintenance expenditures in the year t

F_t = Fuel expenditures in the year t

E_t = Electricity generation in the year t

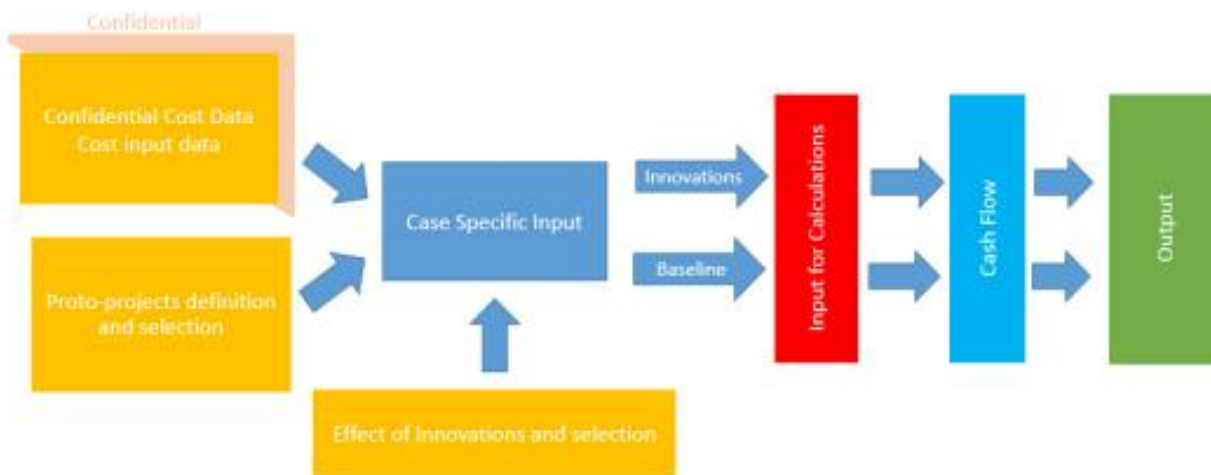
DR = Discount rate

n = economic lifetime of the power plant

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + OM_t + F_t}{(1 + DR)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1 + DR)^t}}$$

Modelweergave

Bovenstaande stappen worden schematisch weergegeven in het onderstaande model. De data met betrekking tot kosten, waarop dit model is gebaseerd, is aangeleverd door de organisatie Far and Large Offshore Wind (FLOW), een onderzoeksprogramma Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen die samenwerken aan innovatie met als doel kostenreductie voor wind op zee (de Vos, 2015). Vervolgens is een proto-project gedefinieerd en geselecteerd op basis waarvan de kostprijsanalyse plaats zal vinden. In dit geval is gekozen voor een windmolenpark op de locatie van Hollandse Kust Zuid, omdat hier in de komende jaren verschillende windmolenparken gerealiseerd zullen worden. Op basis van deze informatie wordt de kostprijs (LCoE) van het basis project uitgerekend. Hierna is geïnventariseerd welke mogelijke innovaties die binnen een bepaalde periode een effect kunnen hebben op de kostprijs van wind op zee. Vervolgens zijn deze innovaties meegenomen in het berekenen van de nieuwe kostprijs voor dit jaar. Op basis van deze nieuwe kostprijs kan de invloed van de innovaties geanalyseerd worden. Hierbij zijn alle innovaties met een impact van 1% of meer in LCoE verlaging meegenomen. Met betrekking tot de resultaten van deze analyse kan bepaald worden hoe de overheid zo effectief mogelijk kan investeren in windenergie op zee.

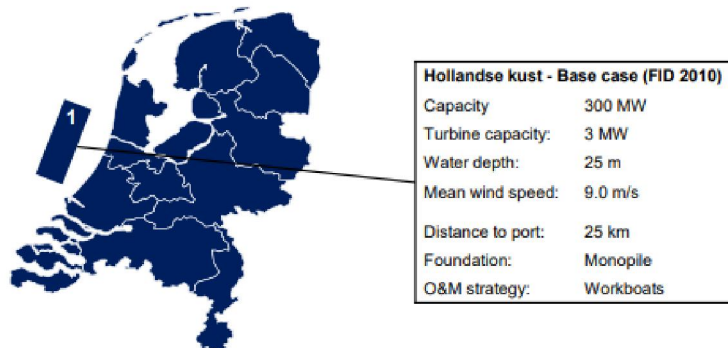


Figuur 5: Modelweergave van het Ecofys LCoE cash-flow model (Jager, Verkaik, & Borràs, 2017)

Analyse basis model

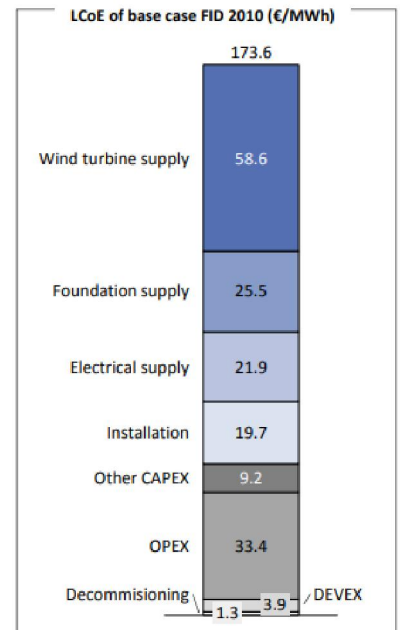
Om de gevolgen van de innovaties per component op de kostprijs te kunnen analyseren moet er eerst een duidelijk beeld worden geschapen van hoe de basis situatie er uitziet. In dit onderzoek is voor het referentiekader gebruik gemaakt van het proto-project Hollandse Kust. Dit is relevant, omdat dit het gebied is waar in de komende jaren meerdere windmolenparken gerealiseerd zullen worden, waaronder het eerste windmolenpark zonder subsidie. Omdat in het Energieakkoord een kostenreductie van 40% vereist wordt in de periode 2010-2020 voor het gebruiken van windenergie op zee als een van de hulpmiddelen voor het vergroten van het aandeel van duurzame energie, worden de LCoE van het referentiekader uitgerekend met de kosten zoals deze er in 2010 voor stonden. Vervolgens wordt voor het berekenen van de kostprijs van 2010 rekening gehouden met de verschillende karakteristieken van het proto-project dat geselecteerd is. De karakteristieken voor het gebied Hollandse Kust worden weergegeven in de onderstaande afbeelding. Zo hebben de windmolens in dit gebied een capaciteit van 3 Megawatt en heeft het gehele project een capaciteit van 300 Megawatt. Dit kan onder andere gerealiseerd worden door de jaarlijkse gemiddelde windsnelheid van 9 meter

per seconde in dit gebied. Daarnaast wordt het windmolenpark geplaatst op een diepte van 25 meter en zal het zich 25 kilometer van de kust bevinden. Om de windmolens stevig te installeren wordt gebruik gemaakt van een monopile fundering. De strategie voor het uitvoeren van onderhoud is met behulp van werkbotten.



Figuur 6: de karakteristieken van het referentiekader Hollandse Kust (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

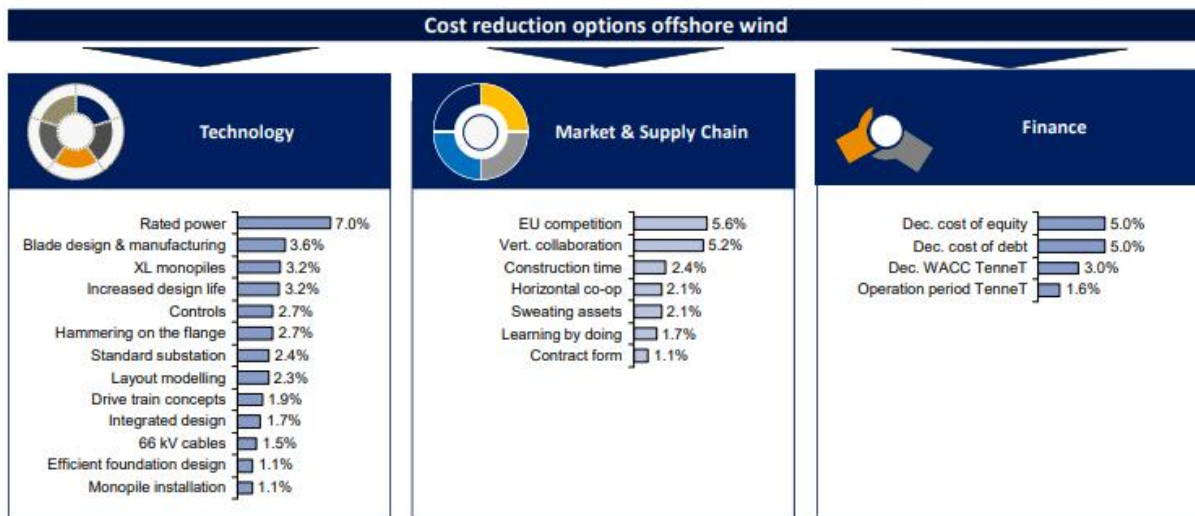
Op basis van de bovenstaande factoren kan vervolgens met behulp van het TKI Wind op Zee Cost model de kostprijs van Hollandse Kust in 2010 berekend worden. De figuur hiernaast geeft het resultaat van de kostprijs en het aandeel van de verschillende onderdelen van de kostprijs hierin weer. Met behulp van deze gegevens van het referentiekader kan reeds een inschatting worden gemaakt welke gebieden de grootste mogelijkheid tot kostenreductie bieden en welke component de grootste impact kan het hebben op dit onderdeel van de kostprijs.



Figuur 7: LCoE van het referentiekader Hollandse Kust in 2010 (€/MWh) (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

Resultaten kostreductie analyse tot 2020

Per component is vervolgens een selectie gemaakt van innovaties of veranderingen die kunnen bijdragen aan de kostenreductie van wind op zee. Deze items zijn geselecteerd op basis van hun contributie aan de kostenreductie die groter dan 1% moet zijn en de waarschijnlijkheid dat deze items toepasbaar zijn op het proto-project van Hollandse Kust. Samen zullen deze items ongeveer 85% van het totale kosten reductie potentieel weergeven naar 2020. Per item is het directe gevolg ervan op de kostprijs berekend, door alleen met deze specifieke innovatie rekening te houden en verder de basisgegevens te gebruiken bij het berekenen van de LCoE. Op basis van deze analyse kan dus geconcludeerd worden welke items de grootste bijdrage zullen leveren bij het reduceren van de kosten van windenergie op zee. Enkele van deze items zullen intussen reeds gerealiseerd zijn door middel van verbeterd beleid ten opzichte van 2010. Voor andere items zijn nog ontwikkelingen nodig. Alle items zullen nu gecategoriseerd per component technologie, markt & productieketen en financiën besproken worden.



Figuur 8: kostreductie mogelijkheden voor windenergie op zee gecategoriseerd per component (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

Technologie

Binnen de component technologie zijn er meerdere items die een grote impact kunnen hebben op de kostprijs van wind op zee. Deze items zijn vervolgens weer gecategoriseerd binnen de vijf verschillende drijfveren die deze kostenreductie kunnen veroorzaken.

Een van de belangrijkste items met een potentiële kostenreductie van wel 7% is het vergroten van de windturbines en daarmee het vergroten van het vermogen de windmolens. Zo wordt verwacht dat de windmolens met een capaciteit van 8 Megawatt een grote rol gaan spelen in de opwekking van windenergie op zee. Hoewel bij deze innovatie natuurlijk de leveringskosten van turbines zullen stijgen, zal door het lagere aantal windmolens dat nodig is de LCoE gemiddeld genomen dalen. Een andere grote innovatie op het gebied van windmolens en windparken is het ontwerp en de fabricage van de wieken. Hieronder vallen zowel de maximale snelheid die wieken aankunnen, de aerodynamica van de wieken als verbeteringen in het productieproces, de ontwerp standaarden en de materialen die gebruikt worden. Samen genomen kunnen deze innovaties leiden tot een kostenreductie van 3,6%. Ook verbeteringen in het controle systeem van de windmolen en de metingen van de wind kan leiden tot kostenreductie, namelijk een van 2,7%. Daarnaast kunnen de ontwikkelingskosten, funderingskosten en operationele kosten afnemen wanneer er verbeteringen worden doorgevoerd in het modelleren van de layout van een windmolenpark. Zo zouden aspecten als de zeebed condities of de optimale regio voor een kabelnetwerk kunnen worden meegenomen, waardoor de windmolenparken efficiënter gerealiseerd zullen worden met een kostenreductie van 2,3%. Tenslotte kunnen investeringen in de gondel van de windmolen de kosten met 1,9% verlagen. Doordat de tandwielkast een kwetsbaar onderdeel van de windmolen is, zouden investeringen in een direct aangedreven generator het aantal storingen laten afnemen en dit zal daardoor de operationele kosten verminderen en de capaciteit opgewekte energie juist laten toenemen doordat de machine minder uren buiten gebruik is.

Andere potentiële innovaties vallen onder de drijfveer omtrent de ondersteuningsstructuur. Het item met de grootste impact is het gebruik van XL monopiles om de grotere windturbines met een capaciteit

van 6 tot 8 Megawatt op te plaatsen. Tot op heden was dit slechts mogelijk voor de winturbines tot een capaciteit van 4 Megawatt en waren deze monopiles een stuk kleiner in de omvang. Door het ontwikkelen van deze XL monopiles zouden de windturbines in de meeste aangekondigde windpark gebieden hier gebruik van kunnen maken aangezien hun waterdieptes variëren tussen de 18 en 38 meter, waar deze XL monopiles gerealiseerd kunnen worden. Deze ondersteuningsstructuur zal de kosten met wel 3,2% kunnen laten dalen ten opzichte van het scenario waarin jackets worden gebruikt. Een andere verbetering binnen de ondersteuning van de windmolens is het verwijderen van het overgangsstuk en de flensverbindingen van de mast direct op de monopile te plaatsen. Deze methode zal de hoeveelheid benodigde staal verminderen, omdat de overlap tussen het overgangsstuk en de monopile wegvalt. Daarnaast wordt het installatieproces hierdoor versneld, omdat het hele proces van het toevoegen van het overgangsstuk hierdoor wegvalt. Deze voordelen bij elkaar opgeteld zal leiden tot een kostenreductie van 2,7 %. Door een geïntegreerd design op de gehele wind turbine en fundering toe te passen zal de totale hoeveelheid gebruikt staal voor de ondersteuning nog verder afnemen en dit kan leiden tot een 10% besparing van de gehele windmolen en funderingskosten. Op de gehele kostprijs kan dit gezien worden als een kostenbesparing van 1,7%. Tenslotte kan de modellering van windparken verbeteren door gebruik te maken van een efficiënter design. Momenteel worden er relatief grote veiligheidsmarges ingecalculeerd op basis van de empirische methodes. Door te investeren in kennis over bijvoorbeeld de interactie tussen de zeebodem en de structuur van de windmolens, zouden de veiligheidsmarges verlaagd kunnen worden en zou er bijvoorbeeld minder staal nodig zijn voor het fabriceren van de monopiles. Dit kan leiden tot een kostenreductie van 1,1% op de kostprijs.

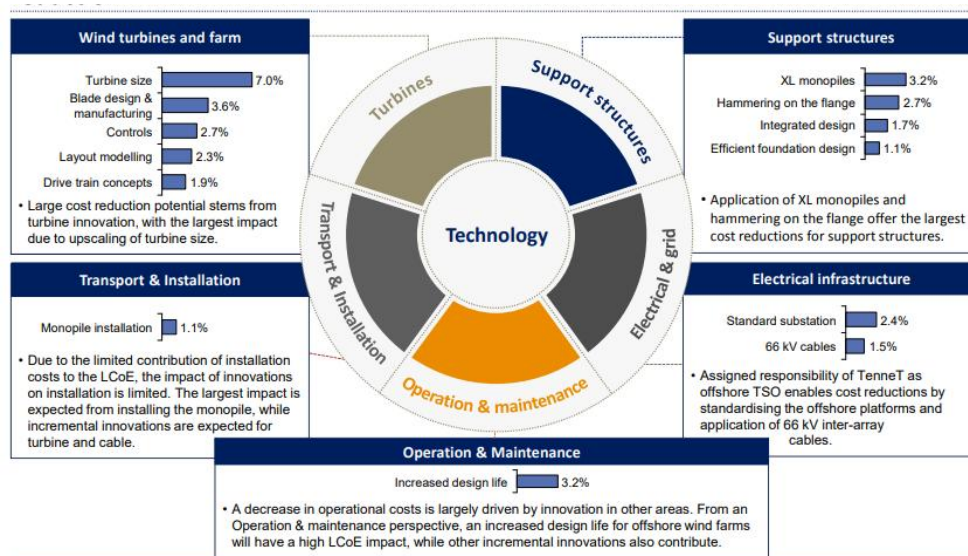
Op het gebied van elektrische infrastructuur zijn een tweetal innovaties mogelijk die een impact hebben op de kostprijs. Ten eerste is TenneT van plan om vijf identieke HVAC tussenstations van 700 Megawatt te installeren in de toegewezen windenergie zones. Door middel van deze transformatorstations kan een kostenreductie gerealiseerd worden, omdat de leveringskosten zullen afnemen en er daarnaast ook minder transformators en export kabels nodig zijn wat weer leidt tot een hogere energie productie. Deze voordelen compenseren de toename in installatiekosten die voortkomt uit het verbinden van de kabels van twee 350 Megawatt windparken aan één station in plaats van dat elk individueel windpark een eigen tussenstation heeft. Al met al leidt deze innovatie tot een kostenreductie van 2,4%. Ten tweede zullen de kosten afnemen met 1,5% wanneer de windmolens met kabels van 66kilovolt worden verbonden aan een transformatorstation van TenneT op zee. Door dit hoge voltage gehalte per kabel zullen meerdere wind turbines met één kabel verbonden kunnen worden, waardoor de totale benodigde kabellengte af zal nemen.

Hoewel het aandeel van de installatiekosten in het vormen van de kostprijs van windenergie op zee niet enorm groot is en de impact van een kostenreductie enkel op dit gebied daardoor niet doorslaggevend zal zijn, is er toch een item dat voldoet aan het impactsvereiste van 1%. Dit item richt zich op de mogelijkheid tot kostenreductie van 1,1% op de installatiekosten van de monopiles als gevolg van een aantal verbeteringen. Hieronder vallen onder andere het verbeteren van schepen en gereedschappen voor het doorstaan van verschillende weersomstandigheden, het installeren van monopiles door middel van zware hefschepen en het aannemen van nieuwe installatie methoden zoals bijvoorbeeld het gebruik van de vibrohamers voor het installeren van de monopiles.

Tenslotte is er nog een verbetering die valt onder de drijfveer bediening en onderhoud. Deze verbetering speelt in op de levensduur van de windmolens. Door het verbeteren van het design van

windmolenparken, met als gevolg het vergroten van de levensduur van 20 jaar naar 25 jaar, zal er een kostenreductie van 3,2% plaatsvinden. Ondanks de toenemende kapitaal- en operationele kosten zullen de totale kosten van het project uitgesmeerd worden over een langere periode waardoor dit in de lange termijn tot een kostenreductie leidt.

Kortom, op het gebied van technologie zijn er verschillende innovaties die een veel belovende impact kunnen hebben op de kostprijs van windenergie op zee. De items met de grootste impact zijn het vergroten van de capaciteit van de windturbines door deze te vergroten, het verbeteren van het ontwerp van de wieken en het fabriceren en de exploitatie van XL monopiles als fundering voor de windmolens.



Figuur 9: Potentiële kosten reducerende mogelijkheden binnen de component technologie (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

Markt en productieketen

Ook binnen het component markt en productieketen zijn er genoeg kosten reducerende innovaties mogelijk. Deze zijn gecategoriseerd onder de vier drijfveren competitie, schaal- en groei effecten, collaboratie en project management en ontwikkeling.

Op het gebied van competitie biedt de periode 2010-2020 nog veel potentie. Dit komt voort uit het feit dat de huidige concentratie in de bevoorradingsketen vrij hoog is en er daardoor nog vrijwel geen sprake is van competitie. Waar het aanbod van windturbines, funderingen en elektrische kabels nu met name afhankelijk is van één tot drie partijen, wordt er een hogere mate van competitie verwacht tussen deze partijen en zelfs het aantrekken van een aantal nieuwe spelers tot de markt. Deze toename in competitie zal leiden tot een kostenreductie potentieel van 5,4%. Hier tegenover staat wel het feit dat rekening moet worden gehouden met *entry barriers* die toegang tot de markt voor nieuwe spelers kunnen beperken. Met name de nieuwe toetreders met lage kosten als strategie zullen hier moeite ondervinden, omdat zij niet reeds goed bekend staan zoals de al gevestigde marktpartijen, en dit als een streng vereiste wordt gezien voor de betaalbaarheid van een project. Daarnaast moeten bedrijven groot genoeg zijn om in staat te zijn dergelijke grootschalige investeringen te kunnen doen, op de hoogte te blijven van de nieuwste technologieën en de financiële zekerheid te bieden die nodig is. Ook dit maakt toetreden tot de markt niet gemakkelijk voor nieuwe spelers. Binnen de ontwikkelingsmarkt van eigenaren en ontwikkelaars van windenergie ligt de concentratie momenteel

al een stuk lager. Dit is onder andere terug te zien in het aantal aanmeldingen van de meest recente tenders die hebben plaatsgevonden. Ten opzichte van deze groep hebben de enkele partijen van de bevoorradingsketen een grote onderhandelingskracht, wat het doorvoeren van competitie in die bevoorradingsketen tot op heden nog moeilijk maakt. Zou de overheid concurrentie binnen de verschillende onderdelen van de productieketen vergroten, dan zouden de kostenreducties nog verder vergroot kunnen worden.

Ook collaboratie tussen de partijen, zowel horizontaal als verticaal, kan een grote impact hebben op het reduceren van de kostprijs. Met name verticale collaboratie biedt groot potentieel, namelijk van wel 5,1% op de totale kostprijs, omdat hierdoor de interfacekosten zullen afnemen. Door meer en betere interactie tussen partijen gedurende de verschillende fases van design, constructie en de operationele fase neemt het onderlinge risico af doordat er beter gesynchroniseerde processen ontstaan van de verschillende partijen. Daarnaast zal samenwerking het proces efficiënter maken, omdat de verdeling nu gemaakt kan worden op basis van de individuele talenten van elke partij. Deze voordelen zullen zowel ontstaan bij verticale integratie tussen verschillende bedrijven als binnenin één bedrijf. Ook horizontale collaboratie kan voordelen bieden, maar dit ligt wel wat gecompliceerder. Als verschillende spelers, binnen dezelfde stap van de bevoorradingsketen, hun kennis en middelen met elkaar delen zal dit leiden tot een afname in de kosten. Echter, de vraag is in hoeverre partijen bereid zijn dit te doen met het oog om hun concurrentiepositie. Door de concurrentie toegang te geven tot hun intellectuele eigendom kan het zijn dat de concurrentiepositie van het bedrijf verslechtert. Als gevolg zijn de verwachtingen voor horizontale collaboratie minder groot en leidt dit tot een kostenreductie potentieel van 2,1%.

Andere potentiële kosten reducerende mogelijkheden vallen onder de drijfveer schaal- en groei effecten. Deze items zullen met name invloed hebben op de installatie en operationele kosten die verbonden zijn aan windparken en zullen deze kosten laten afnemen door middel van de principes *asset sweating* en leercurves. *Asset sweating* kan gezien worden als het optimaal en zo efficiënt mogelijk gebruiken van je bezittingen. Doordat de markt voor wind op zee vrij groot is, is de kans groot dat dit fenomeen zal voorkomen, aangezien de werkdruk over de jaren zal toenemen; het aantal projecten neemt toe, waardoor er intensiever gebruik zal worden gemaakt van de faciliteiten en middelen met als gevolg een efficiënter proces en lagere kosten met MW. Als gevolg hiervan zal dit een impact hebben van 2,1% op de kostprijs van windenergie. Ook de leercurve heeft een reducerend potentieel van 1,6% op de kosten. Doordat de ervaring toeneemt over de tijd zullen er meer leer effecten ontstaan op het gebied van installatie en onderhoud, wat tot meer efficiëntie zal leiden. Dit effect zal ook plaatsvinden bij TenneT voor het aanleggen van het kabelnetwerk.

Tenslotte zijn er nog verbeteringen mogelijk op het gebied van project management en ontwikkeling. Het grootste kostenreductie potentieel onder deze drijfveer kan behaald worden door het aanstellen van TenneT als netwerkbeheerder op zee. Hierdoor zal de constructietijd voor onder andere het aanleggen van de elektriciteitskabels en de transformatoren sterk afnemen, omdat TenneT de mogelijkheid heeft om van te voren alvast te beginnen met bouwen, aangezien zij hiervoor de aangewezen partij zijn. Naast het feit dat deze aanstelling tijd bespaart, verlaagt dit ook het risico voor windpark eigenaren dat hun rasterconstructie niet op tijd af is voor de installatie van de windmolens. Al met al leidt dit tot een kostenreductie van 2,4%. Daarnaast kunnen de kosten afnemen met 1,1% door het veranderen van de vorm van de contracten. Zo werd in 2010 nog gebruik gemaakt van lump sum contracten, die de partijen van de bevoorradingsketen aan grote risico's bloot stelden en daardoor

leiden tot hogere contractprijzen. Een betere, aangepaste versie van de contracten zou het risico voor de leveranciers kunnen verlagen en daarmee leiden tot lagere contract prijzen.

Kortom, op het gebied van markt en productieketen zijn er verschillende innovaties die een veel belovende impact kunnen hebben op de kostprijs van windenergie. De items met de grootste impact zijn het bevorderen van competitie en het versterken van de collaboratie tussen verschillende partijen, zowel verticaal als horizontaal.



Figuur 10: Potentiële kosten reducerende mogelijkheden binnen de component markt & productieketen (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

Financiën

Tenslotte wordt de resultaten van het laatste component weergegeven en deze betreffen de financiën. Het component financiën kan opgedeeld worden in drie verschillende vormen van kostreductie: op grond van de kapitaalkosten voor het raster, het windpark en op grond van verzekeringskosten.

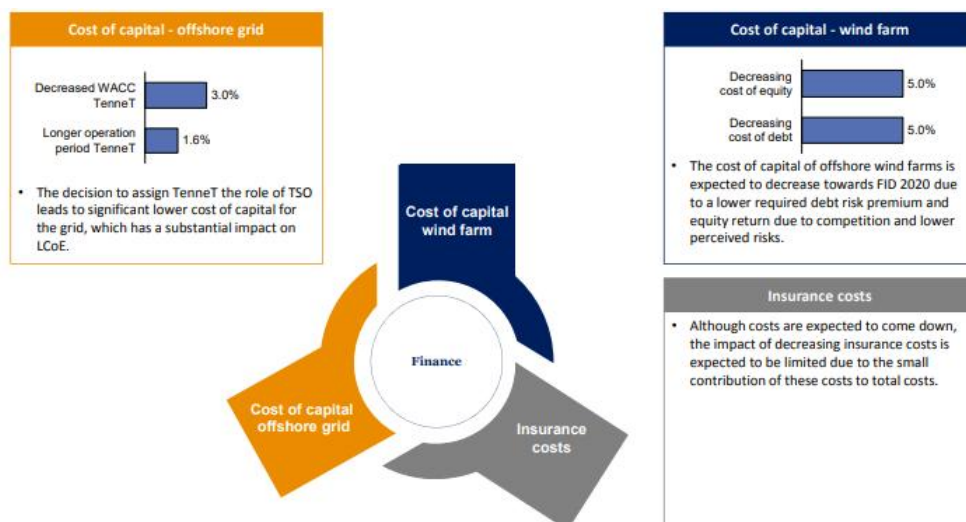
Het onderdeel met het grootste kosten reducerende potentieel is op het gebied van de kapitaalkosten voor het windpark zelf. Een reductie van wel 5% is vooral te danken aan een verlaagde risicopremie. Zo bestaan schulden altijd uit een risico vrij gedeelte en daarop een risicopremie. Deze risicopremie hangt af van verschillende factoren, zoals het gepercipieerde risico, het liquiditeitsrisico en een marge die is vastgesteld door de schuldstrekker. Naar verwachting zal deze risicopremie over de periode 2010-2020 dalen van 4% naar slechts 2,5% (externe factoren buiten beschouwing gelaten). Deze verlaging zal onder andere voortkomen uit toegenomen competitie voor winstgevendende projecten en lagere liquiditeitsrisico's. Daarnaast zal, als gevolg van meer ervaring, het aandeel van gepercipieerde risico's ook sterk afnemen, omdat het mogelijk is om risico's beter te beoordelen. Daarnaast heeft het feit dat er nog geen serieuze problemen zijn geweest op het gebied van wind op zee een versterkend effect voor het verlagen van risico inschattingen. Een andere innovatie met een kosten reducerend potentieel van 5% is het feit dat er een lager aandelenrendement vereist is als gevolg van de competitie en lagere risico inschattingen. Tegen 2020 zal dit vereiste aandelenrendement met wel 1,5% verlaagd kunnen worden, gedreven door de toegenomen competitie in duurzame energieprojecten en de

toegenomen ervaring, die zal leiden tot een lagere risico inschatting. Zo is het momenteel niet alleen nodig, maar zelfs populair om duurzame energie te promoten en dit is dan ook de reden dat veel ondernemingen bereid zijn om in dit soort duurzame projecten te investeren. Het feit dat dergelijke investeringen toenemen, zorgt ervoor dat de ervaring op dit gebied toeneemt, waardoor er steeds meer zekerheid ontstaat. Als gevolg hiervan kunnen de risico's van de investeringen beter worden beoordeeld wat leidt tot een kostenreductie.

Ook op het gebied van kapitaalkosten voor het raster zijn voordelen te behalen. Het besluit om TenneT aan te stellen als netwerkbeheerder leidt op dit gebied tot een significante kostenreductie met een substantiële impact op de kostprijs van windenergie op zee. Ten eerste nemen de kosten hierdoor af, omdat TenneT een gereguleerde entiteit is en daardoor toegang heeft tot financiering via de overheid. Gebaseerd op de gereguleerde nominale *weighted average costs of capital* (WACC) voor belasting van 5,6%, is de echte WACC van TenneT voor belasting slechts 3,6%. Dit percentage is flink lager dan de WACC van 10% van de ontwikkelaars van het netwerk in het referentiekader in 2010. Relatief gezien ten opzichte van de gehele kostprijs leidt deze ontwikkeling tot een kostenreductie van 3%. Daarnaast, omdat het raster nu door TenneT wordt geïnstalleerd onafhankelijk van het windpark dat er komt, zal de economische levensduur van het raster significant toenemen. Deze zal nu namelijk de levensduur van het windpark overtreffen en een tweede windpark kunnen voorzien. Zo is de operationele levensduur van TenneT vastgesteld op 40 jaar, waar dit voor individuele ontwikkelaars gelijk lag aan de levensduur van een windpark, oftewel ongeveer 20 jaar. Als gevolg hiervan zal de aanstelling van TenneT als netwerkbeheerder dus nogmaals tot een kostenreductie leiden, ditmaal van 1,6%.

Tenslotte zijn er nog kostenreducties op het gebied van de verzekeringskosten mogelijk. Echter, omdat het verwachte effect van innovaties op dit gebied niet voldoet aan het vereiste dat het minimaal een impact van 1% op de kostprijs moet uitoefenen, zullen deze innovaties niet verder worden toegelicht.

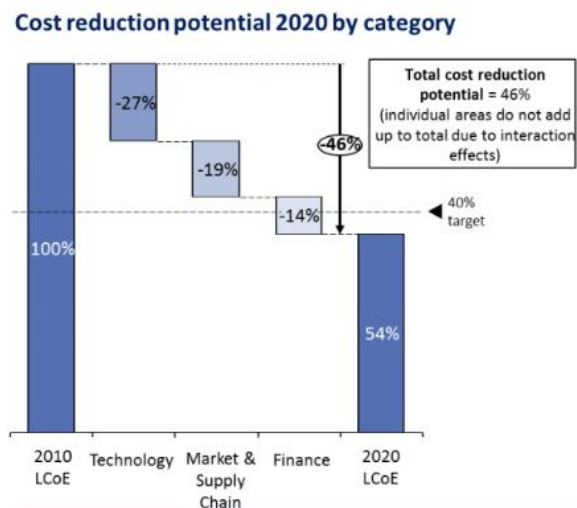
Kortom, ook op het gebied van financiën zijn er innovaties mogelijk die een veel belovende impact kunnen hebben op de kostprijs. Met name kapitaalkosten reducerende innovaties met betrekking tot het windpark zelf hebben een groot potentieel, als gevolg van onder andere het afgenomen risico. Ook de kapitaalkosten van het raster bieden mogelijkheden door het aanstellen van TenneT als efficiënte netwerk- beheerder.



Figuur 11: Potentiële kosten reducerende mogelijkheden binnen de component financiën (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

Samenvatting

De conclusie die kan worden getrokken uit het onderzoek van TKI Wind op Zee, uitgevoerd door PwC en Ecofys, is dat de kostenreductie op windenergie op zee van 40% per 2023 die de Nederlandse overheid heeft gesteld in het Energie akkoord zeker mogelijk is. Op basis van de kostprijsanalyse binnen de verschillende componenten technologie, markt- en productieketen en financiën kan geconcludeerd worden dat over de periode 2010-2020 reeds een kostenreductie van wel 46% gerealiseerd kan worden door middel van verbeterd beleid. Dit percentage is lager dan de optelsom van alle individuele besparingen door onderlinge relaties. Onder deze 46% vallen slechts de innovaties die een impact van 1% of meer hebben op de gehele kostprijs, waardoor in praktijk het percentage van de kostprijsreductie nog hoger zal komen te liggen.



Figuur 12: Kostenreductie potentieel per 2020 per component (PwC, DNV GL, Ecofys, 2015)

De bepaalde mogelijke reductie is groter dan die gesteld is in de target, en brengt Nederland daarom goed op weg voor het uiteindelijke target om per 2050 een volledig duurzame energievoorziening te implementeren. Van de potentiële 46% kostenreductie per 2020 zijn intussen reeds belangrijke innovaties gematerialiseerd. De overheid zou het beleid zo moeten inrichten dat het optimaal bijdraagt aan het realiseren van de overige kostenreducties. In het volgende hoofdstuk wordt dit nader uitgewerkt.

Overheidsbeleid windenergie op zee

In het bovenstaande hoofdstuk zijn reeds de verschillende componenten en hun impact op de kostprijs van windenergie op zee besproken. Deze kostenreducties kunnen verwezenlijkt worden door de verschillende partijen die betrokken zijn bij het realiseren van een windpark op zee. Een partij die zowel direct als indirect een grote invloed kan uitoefenen op deze kostprijs is de overheid. De overheid is zeer geschikt voor het nemen van besluiten omtrent het stimuleren van deze nieuwe energietechniek, omdat zij het orgaan is dat zelf kan bijdragen aan de CO2 reducerende doelstellingen en daarnaast prikkels kan geven aan andere spelers om dit ook te doen. Daarnaast heeft de overheid een groot scala aan interne en externe partijen die zij kan inschakelen voor het verschaffen van kennis ter voorbereiding van het nemen van beslissingen door middel van beleid. Op deze manier kan zij inspelen op het probleem van de onvermijdelijke imperfectie van de kennis van de mens dat de Oostenrijkse School aan het licht bracht. Het netwerk van de overheid loopt uiteen van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat tot aan universiteiten, kennis instituten zoals TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) en bedrijven. Deze samenwerking tussen verschillende partijen wordt ook weergegeven door middel van het Energieakkoord voor duurzame groei waarin de overheid samenwerkt met veertig organisaties, waaronder werkgevers, natuur- en milieuorganisaties, maatschappelijke organisaties en financiële instellingen. Op deze manier kan de overheid voldoen aan haar harde commitment van het klimaatakkoord en rekening houdend met alle belangen haar beleid op de juiste manier inkleuren door middel van de kennis die zij vergaard van verschillende partijen. Zo kan de overheid door middel van haar beleid de innovaties voor wind op zee stimuleren en deze markt zo aantrekkelijk mogelijk maken voor zowel investeerders als producenten. Tot 2010 (het basisjaar voor de bepaling van de mogelijke kostenreducties) is het beleid van de overheid vooral gericht geweest op het verstrekken van exploitatiesubsidies voor windenergie op zee en milieuheffingen op fossiele brandstoffen. Alhoewel deze subsidies de risico's voor de energieproducenten verlagen en daarmee helpen om deze markt aantrekkelijk te maken, bieden exploitatiesubsidies geen prikkel om kostenreducties te realiseren. Een beleid dat zowel de risico's voor de producenten verlaagt als prikkelt om kostenreducties te realiseren zal op den duur leiden tot een markt voor windenergie die ook zonder exploitatiesubsidies kan functioneren.

Uit de besproken innovaties binnen de verschillende componenten is een selectie gemaakt van de innovaties met de grootste impact, welke staan weergegeven in de onderstaande tabel.

Innovatie	Component
Windmolen ontwerp verbeteren	Technologie
Ondersteuningsstructuur windparken verbeteren	Technologie
Levensduur windparken vergroten	Technologie
Competitie bevorderen	Markt- en productieketen
Collaboratie: horizontaal en verticaal	Markt- en productieketen
Constructietijd windparken verlagen	Markt- en productieketen
Lagere kapitaalkosten door verlaagd risicopremie	Financiën

Figuur 13: Selectie van innovaties met de grootste kosten reducerende impact

Voorstellen voor overheidsbeleid om kostenreducties te realiseren

Voor deze selectie zal hieronder besproken worden wat voor de overheid het optimale beleid is om deze innovaties te kunnen verwezenlijken en op deze manier bij te dragen aan de CO2 reducerende doelstellingen die zij heeft opgenomen in het Energie akkoord. Aangezien het jaar 2010 als basisjaar is gebruikt zijn een aantal van de onderstaande beleidsvoorstellen inmiddels al door de overheid ingevoerd.

Windmolen ontwerp verbeteren

De eerste belangrijke innovatie met een grote kosten reducerende impact is het verbeteren van het ontwerp van de windmolens. Hierbij kan gedacht worden aan het vergroten van de windturbines en het verbeteren van het ontwerp van de wieken. Deze innovaties zullen tot gevolg hebben dat de capaciteit van het vermogen van een windmolen in grote mate kan toenemen. Hierdoor zullen er minder windmolens nodig zijn voor het opwekken van dezelfde hoeveelheid windenergie, wat een enorm verschil zal maken in de kosten van een windpark. Voor het verwezenlijken van deze innovatie moeten echter wel nieuwe technologieën ontwikkeld worden. De overheid kan op deze behoefte inspelen door speciale R&D subsidies in te voeren voor de partijen die deze nieuwe technologie kunnen ontwikkelen. Deze financiële prikkel zal het aangaan van een dergelijk ingewikkeld onderzoek stimuleren en bedrijven aansporen om te blijven innoveren. Op deze manier worden de innoveerders beloond voor de positieve externaliteiten die zij veroorzaken door het ontwikkelen van de nieuwe technologie. Deze innovatie levert namelijk niet alleen maatschappelijke voordelen op voor de ontwikkelaar zelf, maar ook voor andere bedrijven binnen de sector. De overheid is het geschikte orgaan om deze innovatie subsidies te verlenen, omdat zij het overzicht kan behouden en op basis van de vergaarde kennis voor de benodigde ontwikkelingen een beleid kan opstellen waarin duidelijk wordt voor welke vormen van innovatie een subsidie verkregen kan worden. Een ander attribuut waarmee de overheid dergelijke technologische innovaties kan stimuleren, is door middel van gunstige belastingmaatregelen. Door het veranderen van de vennootschapsbelasting door middel van het instellen van een fiscale aftrek of het toestaan van versnelde afschrijvingen voor bedrijven die veel investeringen doen, kan deze belastingmaatregel bijdragen aan de verduurzaming van de energievoorziening. De belasting zal namelijk dalen bij het doen van meer investering als gevolg van de fiscale aftrek en zij mogen een groter bedrag aftrekken voor hun afschrijvingen. De overheid heeft dus verschillende beleidsinstrumenten die zij kan toepassen om het ontwerp van windmolens te verbeteren.

Ondersteuningsstructuur windparken verbeteren

De tweede innovatie valt ook onder het component technologie en speelt in op het verbeteren van de ondersteuningsstructuur van windparken. Deze verbetering kan bereikt worden door het invoeren van XL monopiles en het verbeteren van de ondersteuningsstructuur door het verwijderen van de flensverbinding en de monopile direct aan de windmolen te bevestigen. Deze innovatie gaat hand in hand met de innovatie betreffende het verbeteren van het ontwerp van de windmolen, omdat de ondersteuningsstructuur op zo'n manier moet worden aangepast dat het aansluit op de grotere en verbeterde windmolens die gebouwd zullen worden. Enkel wanneer beide ontwikkelingen goed uitgevoerd worden, kunnen windparken met een grotere capaciteit gerealiseerd worden. Door het gelijke karakter van beide ontwikkelingen kan de overheid ook bij deze innovatie het beste gebruik maken van de beleidsinstrumenten R&D subsidies en gunstige belastingmaatregelen. Op deze manier worden de positieve externaliteiten die ontstaan beloond en worden innovaties op het gebied van technologie aangemoedigd door de overheid.

Levensduur windparken vergroten

De volgende innovatie betreft het vergroten van de levensduur van windparken op zee. Aspecten die hieraan kunnen bijdragen zijn het verbeteren van het ontwerp van windparken waardoor bediening en onderhoud beter uitgevoerd kunnen worden en het instellen van TenneT als netwerkbeheerder waardoor het raster een levensduur van 40 jaar heeft in plaats van gekoppeld is aan de levensduur van een specifiek windmolenpark (~20 jaar). Deze langere levensduur heeft als gevolg dat windparken en hun netwerk minder snel vervangen hoeven te worden, waardoor enorme kostenbesparingen kunnen worden doorgevoerd. Deze kostenbesparing kan de overheid verwezenlijken door middel van het tendersysteem en het instellen van TenneT als netwerkbeheerder.

Bij het huidige tendersysteem worden de zones namelijk reeds geselecteerd door de overheid op een optimale locatie en worden deze kavels vervolgens voorbereid door TenneT die het netwerk aanlegt. Door het overnemen van deze taken biedt de overheid de projectontwikkelaars veel meer zekerheid dan in het voorgaande systeem, waarbij zij deze werkzaamheden zelf moesten uitvoeren (Helmer, 2018). Door het vergroten van de levensduur van windparken door het bieden van zekerheid aan de projectontwikkelaars kan de overheid inspelen op de netwerk externaliteiten en de coördinatieproblemen die zij met zich mee brengen. Lock in effecten kunnen nu voorkomen worden, omdat de overstap naar deze nieuwe vorm van energie en technologie sneller gemaakt wordt wanneer de overheid een goede voorbereiding heeft getroffen dan wanneer producenten alle stappen zelf moeten ondergaan voor het eerst.

Een gevaar dat echter ontstaat bij deze kaveltheorie met competitief biedingssysteem is het paradox van de *winner's curse*. Dit houdt in dat alhoewel een speler de bieding gewonnen heeft, hij als gevolg van onvolledige informatie een te hoge prijs heeft geboden. In het geval van de kaveltheorie kan er sprake zijn van de *winner's curse* wanneer de overheid kiest voor de bidder met de laagste prijs, maar dit vervolgens leidt tot een lagere kwaliteit van het windmolenpark of deze partij later toch nog op onverwachte kosten stuit (Thaler, 1988).

Competitie bevorderen

Wat betreft de markt- en de productieketen bestaan er ook enkele innovaties die een grote invloed kunnen uitoefenen op de kostprijs. Een belangrijke ontwikkeling is het bevorderen van de mate van competitie binnen de markt. Momenteel is de concentratie binnen de verschillende onderdelen van de productieketen vrij hoog. Een toename in het aantal spelers binnen de markt leidt tot meer competitie, een grotere marktdynamiek en daarmee ook tot meer innovaties. Er zijn echter vrije hoge toetredingsbarrières binnen de markt voor windenergie op zee, waardoor er beleid nodig is om toetreding tot deze markt aantrekkelijker te maken. Een instrument dat hieraan kan bijdragen is het implementeren van een transparant beleid omtrent toekomstige projecten voor wind op zee. Hiermee wordt duidelijk dat de overheid toegewijd is aan het bieden van een stabiel en stimulerend beleid voor windenergie. Dit kan de overheid doen door middel van het presenteren van de routekaart waarin de lange termijn visie voor windenergie wordt weergegeven. Deze lange termijn visie biedt zekerheid dat er voldoende vraag bestaat om investeringen in wind op zee rendabel te maken en om te bevestigen dat de bestaande en nieuwe middelen optimaal gebruikt zullen worden. Als gevolg hiervan zullen coördinatieproblemen die zijn ontstaan als gevolg van netwerk externaliteiten verholpen worden en zullen bedrijven eerder bereid zijn de overstap te maken naar een nieuwe technologie en daarmee toe te treden tot een nieuwe markt. De lange termijn visie beperkt hiermee het bandwagon effect en zorgt ervoor dat bedrijven niet ingesloten blijven in hun inferieure vorm van technologie.

Een ander instrument dat de overheid kan inzetten is het bieden van financiële support aan kleine en middelgrote bedrijven. Bedrijven in de markt voor windenergie moeten namelijk in staat zijn om grootschalige investeringen te kunnen doen om bij te blijven bij de nieuwste technologieën en financiële zekerheid te bieden. Aangezien dit vereiste voor kleine en middelgrote bedrijven een grote toetredingsbarrière kan vormen kan de overheid hierop inspelen door support te bieden in de vorm van obligaties, garanties of bijvoorbeeld garanties om contracten te onderschrijven. Ook deze vorm van beleid kan het bandwagon effect verkleinen en de overstap naar een nieuwe technologievorm aantrekkelijker maken voor bedrijven. Tenslotte kan de overheid dergelijke coördinatieproblemen verhelpen door gebruik te maken van demonstratiefaciliteiten. Dit houdt in dat een klein stukje van een zone die geselecteerd is voor een tender wordt gebruikt om alvast de condities van het windpark te testen. Op deze manier kunnen specifieke technologieën en hun mogelijkheden op een specifieke zone getest worden voordat deze gelijk in grote schaal moeten worden uitgevoerd. Door middel van deze drie instrumenten kunnen de toetredingsbarrières verlaagd worden, waardoor competitie als gevolg van overheidsbeleid kan toenemen. Deze toename in concurrentie zal vervolgens een efficiënte kostprijs tot stand brengen (TKI Wind op Zee, 2017).

Collaboratie: horizontaal en verticaal

Ook innovaties op het gebied van collaboratie tussen verschillende partijen binnen de markt heeft nog veel te bieden. Verticale collaboratie zal tot gevolg hebben dat de interfacekosten onderling af zullen nemen door meer en betere interactie en een efficiënter proces tot gevolg hebben. Horizontale collaboratie kan voordelen bieden door het delen van kennis en middelen tussen spelers binnen dezelfde stap van de bevoorradingsketen. De vraag blijft echter in hoeverre partijen bereid zijn dit te doen met het oog op hun concurrentiepositie. Beide vormen van collaboratie kunnen gezien worden als een reactie op netwerk externaliteiten die coördinatieproblemen met zich meebrengen. Collaboratie, zowel horizontaal als verticaal, heeft duidelijke onderlinge communicatie tot gevolg, waardoor ze zekerheid binnen de markt toeneemt en de markt een stuk aantrekkelijker wordt. De overheid kan bijdragen aan deze vormen van collaboratie door het delen van kennis met betrekking tot wind op zee door middel van een platform, zoals bijvoorbeeld het platform TKI Wind op Zee. Hierdoor is de kennis een publiek goed en kunnen de partijen zo efficiënt mogelijk met elkaar samen werken. Dit neemt daarmee ook het probleem van het beschermen van de concurrentiepositie door het beschermen van private informatie weg. Ook zijn de demonstratiefaciliteiten voor het bevorderen van collaboratie wederom een goed instrument om kennis te demonstreren en faciliteren aan de verschillende partijen.

Constructietijd windparken verlagen

De laatste innovatie binnen het component markt- en productieketen betreft het verlagen van de constructietijd door het aanstellen van TenneT als netwerkbeheerder. Door deze nieuwe manier van management kunnen nieuwe windparken sneller en efficiënter gerealiseerd worden dan voorheen. TenneT heeft namelijk de mogelijkheid om van te voren alvast te starten met het aanleggen van het netwerk, omdat zij hiervoor de aangewezen partij zijn. Ook deze innovatie heeft de overheid verwezenlijkt door het aanstellen van TenneT als netwerkbeheerder, waardoor zij de coördinatieproblemen in de markt verholpen heeft door het risico te verlagen. Door deze aanstelling wordt namelijk niet alleen tijd bespaard door de vroegere start van de bouw, maar kunnen netwerken ook efficiënter worden aangelegd en is het risico dat de kavelconstructies niet op tijd af zijn voor de installatie van de windmolens ook kleiner. Hierbij zou de overheid een compensatieregeling in het leven moeten roepen voor mogelijke vertragingen bij het aanleggen van het netwerk door Tennet. Het

bieden van zekerheid door de overheid schept ook in deze situatie wederom een aantrekkelijker beeld van de markt en verhelpt daarmee eventuele lock in effecten.

Lagere kapitaalkosten door verlaagd risicopremie

Tenslotte kunnen lagere kapitaalkosten als gevolg van een verlaagd risicopremie een belangrijke rol spelen voor het verlagen van de kostprijs voor wind op zee. Deze verlaging zal onder andere voortkomen uit toegenomen competitie voor winstgevendende projecten en lagere liquiditeitsrisico's. Daarnaast zal, als gevolg van meer ervaring, het aandeel van gepercipieerde risico's ook sterk afnemen, omdat het mogelijk is om risico's beter te beoordelen. De overheid kan hieraan bijdragen door het stimuleren van de concurrentie en het bieden van transparantie door het openbaar maken van de lange termijn visie door middel van de routekaart. Hierdoor hebben producenten de zekerheid dat windenergie zeker nog een aantal jaren verder ontwikkeld zal worden en zal de keuze tot overstap op een nieuwe vorm van technologie minder groot zijn.

Het risico van subsidie-loze windparken

Om te kunnen concluderen of het realiseren van windparken zonder subsidie mogelijk is, is het nodig om dit niet slechts uit een financieel oogpunt te bekijken, maar ook te analyseren wat de eventuele risico's kunnen zijn die hierbij komen kijken. Zo bestaat het risico dat de zekerheid voor bedrijven afneemt, omdat zij nu volledig zelf verantwoordelijk zijn voor hun inkomsten en uitgaven. In dit onderzoek heeft de focus met name gelegen op het kosten aspect van deze energietechniek en op welke manier deze zo ver mogelijk gereduceerd kunnen worden. In deze paragraaf zal de focus met name liggen op het andere gedeelte van de vergelijking, namelijk de inkomsten van windenergie op zee.

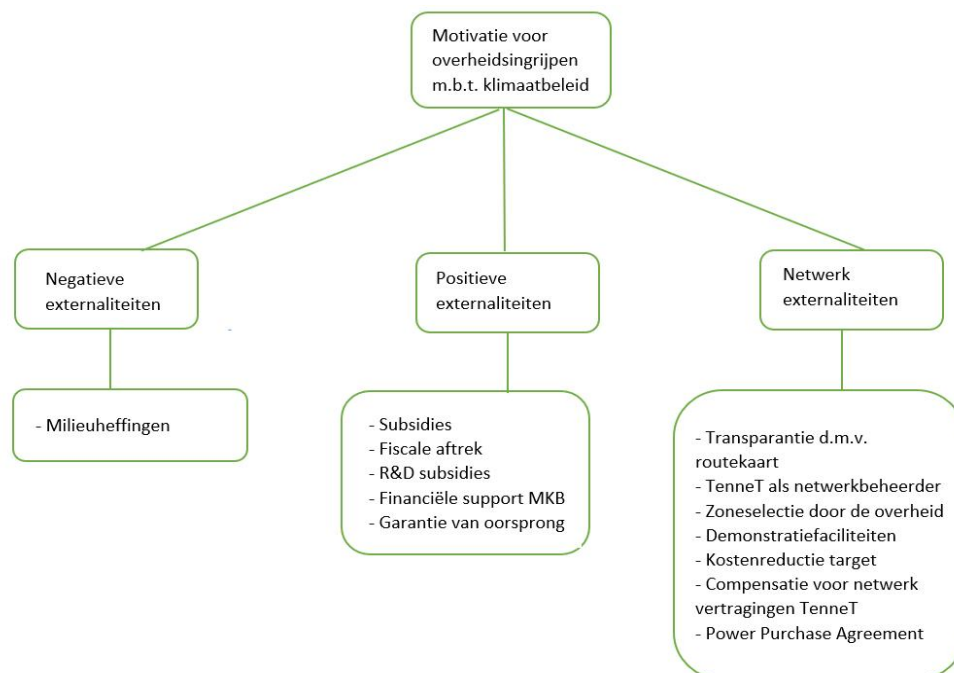
De inkomsten voor een producent van windenergie worden gevormd door het aantal verbruikte kWh van zijn consumenten maal de elektriciteitsprijs. Deze elektriciteitsprijs is een algemene prijs die voor alle vormen van energie geldt, van fossiele energie tot aan duurzame energie. In de berekening van de elektriciteitsprijs worden dan ook al deze verschillende energietechnieken en hun aandeel in de totale energieproductie meegenomen. Fossiele vormen van energie, zoals op basis van gas en kolen, kunnen gezien worden als een dure vorm van energie, omdat de marginale kosten hiervan vrij hoog zijn. Deze marginale kosten bestaan met name uit operationele kosten om de gas- en kolencentrales draaiende te houden. De marginale kosten van windenergie zijn daarentegen vrijwel gelijk aan 0, met uitzondering van verwaarloosbare onderhoudskosten. Voor windenergie is alleen een initiële kapitaalinvestering nodig om de windparken te realiseren, maar wanneer deze eenmaal actief zijn, zijn er geen extra kosten verbonden aan het opwekken van de energie. Nu klinkt dit natuurlijk als iets zeer positiefs, maar hier komen ook risico's bij kijken wanneer windparken zonder subsidie gerealiseerd moet worden. Wanneer het aandeel van duurzame energie namelijk gaat stijgen als gevolg van de doelstellingen van het klimaatakkoord, en de prijs op CO₂-uitstoot als reactie op de negatieve externaliteiten verhoogd wordt, waardoor de prijzen van gas- en kolencentrales zullen stijgen en daardoor hun aandeel juist zal dalen, zal de algemene elektriciteitsprijs dalen. Hoewel dit als positief kan worden ervaren door de consumenten, betekent dit voor de producent van windenergie dat zijn inkomsten zullen dalen. Het grote risico van de elektriciteitsprijs is dus of de kosten nog wel terugverdiend kunnen worden als de elektriciteitsprijs in grote mate daalt, omdat dit nu de enige inkomsten zijn door het elimineren van de subsidie (Helmer, 2018).

Het feit dat een markt voor windenergie zonder subsidies financieel gezien haalbaar is, betekent dus niet gelijk dat dit ook daadwerkelijk het beste is voor de markt. Zo neemt het een groot stuk zekerheid

weg uit de markt en brengt het tegelijkertijd nieuwe risico's met zich mee. De verschillende spelers in de markt zullen deze risico's weer op moeten vangen en de overheid kan hieraan bijdragen door op alternatieve manieren zekerheid te bieden. Zo zijn er ook reeds oplossingen bedacht voor het risico van de elektriciteitsprijs. Het is bijvoorbeeld mogelijk om de markvolatiliteit van de elektriciteitsprijs te omzeilen door gebruik te maken van Power Purchase Agreements (PPAs). Deze PPAs kunnen gezien worden als contracten waarbij een industrieel gebruiker direct elektriciteit koopt bij een energie producent. Op deze manier wordt de schakel van nutsvoorzieningen als tussenpersoon er tussenuit gehaald. Vervolgens maken de gebruiker en de producent afspraken over de contractperiode, de leveringsdata, de leveringslocatie, het volume, de prijs en het soort product (PwC, 2018). Een voorbeeld hiervan is de PPA tussen NS en Eneco waarbij een contract is gesloten met betrekking tot de levering van groene stroom van het windpark Luchterduinen op zee (Santen, 2017). Door middel van een dergelijke vaste afspraak is het mogelijk om het probleem van het risico van de elektriciteitsprijs te omzeilen. Een andere manier om bij te dragen aan dit probleem is door producenten op een andere wijze dan subsidies toch meer inkomsten te bieden. Zo kunnen de producenten van windenergie op een alternatieve manier beloond worden voor de positieve externaliteiten die zij creëren. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door gebruik te maken van garanties van oorsprong. Met behulp van deze garanties kunnen producenten aantonen dat hun energie daadwerkelijk op een duurzame manier is opgewekt, en hiervoor ontvangen zij vervolgens extra inkomsten. Doordat er door deze garanties van oorsprong een nieuwe vorm van inkomsten uit de markt is, zullen subsidies voor veel windparken niet of minder hard nodig zijn (Helmer, 2018).

Modelweergave

In dit hoofdstuk zijn de verschillende instrumenten die de overheid kan inzetten met betrekking tot het verwezenlijken van de kosten reducerende innovaties besproken. Deze beleidsinstrumenten kunnen binnen het model worden geplaatst dat in het theoretisch kader gevormd is omtrent het overheidsingrijpen met betrekking tot klimaatbeleid. Op deze manier zal het model een schematische weergave geven van de beleidsinstrumenten die van toepassing zijn op de externaliteiten die kunnen ontstaan binnen het specifieke onderwerp van windenergie op zee.



Figuur 14: Keuzeboom overheidsingrijpen m.b.t. klimaatbeleid voor stimulering windenergie op zee

Conclusie en discussie

Conclusie

Het doel van dit onderzoek is om een bijdrage te leveren aan de beleidsontwikkeling rondom windenergie in Nederland met betrekking tot het behalen van de doelstellingen van het klimaatakkoord uit Parijs. Dit onderzoek bestaat enerzijds uit een beoordeling van de haalbaarheid van het realiseren van de doelstellingen van het klimaat akkoord met behulp van windenergie en anderzijds uit een advies aan de overheid omtrent het beleid dat zij het beste kan voeren met betrekking tot het stimuleren van windenergie om de doelstellingen van het Parijs-akkoord te realiseren op de lange termijn.

Uit de literatuur blijkt dat verschillende visies bestaan over de rol van de overheid ten aanzien van de markt en de voorwaarden voor overheidsingrijpen in de markt. Hierbij lijkt wel consensus te bestaan dat overheidsingrijpen nodig is voor het behoud van het klimaat en het milieu en het stimuleren van nieuwe technologie ten behoeve hiervan. Het klimaatbeleid kan nader worden uitgewerkt in beleidscriteria en beleidsinstrumenten die gezamenlijk een samenhangend beleid moeten opleveren.

De Nederlandse overheid heeft de afgelopen jaren een belangrijke bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van de markt voor windenergie op zee, met name door verschillende subsidieregelingen gericht op het aanvullen van exploitatietekorten. De markt voor windenergie op zee in Nederland is door deze ontwikkelingen over de afgelopen jaren reeds een stuk verbeterd, waardoor Nederland gezien kan worden als een van de meest toonaangevende landen binnen deze industrie. De grootste uitdaging om deze vorm van energie uit te kunnen laten groeien tot een van de meest dynamische sectoren binnen Nederland is echter het verlagen van de kostprijs van windenergie op zee. In het Energie akkoord van 2013 is aangegeven dat een kostenreductie van 40% vereist is voor windenergie op zee om een rol van betekenis in de energietransitie te spelen.

Uit onderzoek van TKI Wind op Zee, uitgevoerd door PwC en Ecofys, blijkt dat een kostenreductie op windenergie op zee van 40%, zoals gesteld in het Energie akkoord zeker mogelijk is. Op basis van de kostprijsanalyse binnen de verschillende componenten technologie, markt- en productieketen en financiën kan geconcludeerd worden dat over de periode 2010-2020 reeds een kostenreductie van ten minste 46% gerealiseerd kan worden. De belangrijkste kostenreducties kunnen worden gerealiseerd door technische innovaties, toename in competitie en verticale collaboratie binnen de productieketen, de inzet van Tennet als netwerkbeheerder op zee en een verlaging van financieringskosten als gevolg van afnemende risicoperceptie.

De overheid zou het beleid zo moeten inrichten dat het optimaal bijdraagt aan het realiseren van de geïdentificeerde kostenreducties, zodat windenergie op zee vanaf begin volgend decennium kostendekkend wordt zonder exploitatiesubsidies van de overheid. Om dit te realiseren is het aan te bevelen de inzet van de overheid de komende jaren – in plaats van exploitatiesubsidies – steeds meer te richten op innovatiesubsidies, faciliteren dat nieuwe toetreders de markt betreden, het aanstellen van Tennet als Netwerkbeheerder op zee en het mogelijk maken van de inzet van instrumenten, zoals Power Purchase Agreements en garanties van oorsprong, om onzekerheden over de opbrengsten van windenergie op zee te reduceren. Op deze wijze vormt het klimaatbeleid een gebalanceerd geheel van milieubeleid, technologiebeleid en technologiebeleid.

Al met al leidt dit onderzoek tot de conclusie dat tegen 2030 de markt voor windenergie op zee voldoende competitief is om zonder subsidie te kunnen functioneren. Voorwaarde hiervoor is wel dat

de overheid op de lange termijn op andere manieren zekerheid blijft bieden aan de verschillende partijen in de markt om de energievorm te blijven stimuleren. Op deze manier verlaagt de overheid het risicoprofiel van de markt en stimuleert zij windenergie als een van de attributen om de CO2-reducerende doelstellingen van het klimaatakkoord uit Parijs te bereiken op de lange termijn. Met een klimaatbeleid dat gericht is op bovenstaande speerpunten zal het windpark Hollandse Kust Zuid, dat als eerste zonder subsidie gerealiseerd gaat worden, zeker niet de uitzondering blijven.

Discussie

Vanzelfsprekend bevat dit onderzoek ook enkele beperkingen. Ten eerste bevat de kostenanalyse van dit onderzoek enkel de mogelijkheden waarop verschillende partijen een impact kunnen hebben op de kostprijs voor windenergie op zee. De externe factoren, zoals de staalprijzen en de wisselkoers, worden in dit onderzoek verder niet meegenomen. Deze elementen worden als externe factoren beschouwd, omdat zij door de markt bepaald worden en niet beïnvloed kunnen worden door de individuele partijen. Deze factoren kunnen zowel positief als negatief een significant effect hebben op de kostprijs en zouden daarmee de potentiële kostenreductie nog verder kunnen versterken of juist afzwakken.

Ten tweede zijn in de kostenanalyse enkel de innovaties meegenomen die op zichzelf een impact van minimaal 1% hebben op de gehele kostprijs. Als minder impactvolle innovaties ook mee zouden worden genomen in de analyse zal het daadwerkelijke kostenreductie potentieel hoogstwaarschijnlijk hoger uitvallen. Aangezien het potentieel in de huidige analyse reeds hoger dan 40% was per 2020 en daarmee dus al voldeed aan de voorwaarde voor het gebruiken van windenergie op zee voor de verduurzaming van de energievoorziening, zal dit echter geen groot effect hebben op de uiteindelijke conclusie.

Tenslotte wordt in de aanbevelingen voor het overheidsbeleid uitgegaan van de huidige marktsituatie van windenergie op zee. Wanneer er echter ontwikkelingen zullen plaatsvinden en er op de lange termijn windparken verder uit de kust gebouwd zullen moeten worden, of er zelfs stroomeilanden op zee zullen gerealiseerd zullen worden, zal dit beleid niet voldoende zijn. Door het gebrek aan kennis en ervaring in deze nieuwe marktsituatie zal het subsidiebeleid weer ingevoerd moeten worden om de hogere kosten en de innovaties voor deze nieuwe vorm van windenergie te realiseren. Op welke termijn dit zal gebeuren is echter de vraag.

Bibliografie

- Agt, J. v. (2010, Augustus 2). *Windenergie, de feiten*. Opgehaald van Olino duurzame energie: www.olino.org
- Davenport, C., Gillis, J., Chan, S., & Eddy, M. (2015, december 12). Inside the Paris Climate Deal. *The New York Times*, pp. 22-28.
- de Boer, R. (2016, April 2). Hoge molens vangen veel wind. *Financieel Dagblad*, pp. 6-7.
- de Vos, R. (2015). *FLOW: concurrerend door samenwerking*. Utrecht: FLOW. Opgehaald van Website van FLOW.
- Eerste Kamer der Staten-Generaal. (2015). *Regels omtrent windenergie op zee (Wet windenergie op zee)*. Den Haag: Eerste Kamer der Staten-Generaal.
- Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN). (2015). *Offshore windenergie, onmisbaar en economisch verantwoord*. Petten: ECN.
- Farrell, J., & Saloner, G. (1985). Standardization, Compatibility, and Innovation. *The RAND Journal of Economics*, 70-83.
- Friedman, M. (1946). Lange on Price Flexibility and Employment: A Methodological Criticism. *American Economic Review*, 613-631.
- Goulder, L., & Schneider, S. (1999). Induced Technological Change and the Attractiveness of CO2 Abatement Policies. *Resource and Energy Economics*, 211-253.
- Harvey, F. (2014, September 21). Record CO2 emissions 'committing world to dangerous climate change'. *The Guardian*.
- Harvey, F. (2015, november 20). Everything you need to know about the Paris climate summit and UN talks. *The Guardian*.
- Hayek, F. A. (1945). The Use of Knowledge in Society. *The American Economic Review*, 519-530.
- Heertje, A. (1962). *De kern van de economie*. Leiden: Stenfert Kroese.
- Helmer, D. (2018, Juni 14). Senior Manager PwC Advisory. (E. Vonck, Interviewer)
- Jaffe, A. (1996). *Economic Analysis of Research Spillovers; Implications for the Advanced Technology Program*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Jaffe, A., Peterson, S., Portney, P., & Stavins, R. (1995). Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us. *Journal of Economic Literature*, 132-163.
- Jager, D. d., Verkaik, N., & Borràs, J. (2017). *Kostprijsanalyse Windenergie op Land*. Utrecht: Nederlandse WindEnergie Associatie.
- Junginger, M., Faaij, M., & Turkenburg, W. (2004). Cost reduction prospects for offshore wind farms. *Wind Engineering*, 97-118.
- Kamp, H. (2015). *Kamerbrief over SDE wind op zee 2015*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.

- Kamp, H. (2017). *Kamerbrief aanpak tenders windenergie op zee*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken. Opgehaald van Website van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/actueel/nieuws/subsideloze-tender-nederlands-windpark-op-zee>
- Keynes, J. M. (1937). The General Theory of Employment, Interest and Money. *The quarterly journal of economics*, 209-223.
- Lerner, A. P. (1934). Economic Theory and Socialist Economy. *The Review of Economic Studies*, 51-61.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2016). *Maatregelen tegen overstromingen en wateroverlast*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Natuur & Milieu. (2016). *Factsheet wind op zee: economische aspecten*. Utrecht: Nederlandse WindEnergie Associatie.
- Nederlandse WindEnergie Associatie. (2012, januari 8). *De Nederlandse offshore windsector*. Opgehaald van Website van NWEA: <http://www.nwea.nl/over-windenergie/windenergie-op-zee/de-nederlandse-offshore-windsector>
- Newell, R., Jaffe, A., & Stavins, R. (1999). The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *Quarterly Journal of Economics*, 941-975.
- Noordzeeloket. (2015). *Tendersysteem*. Opgehaald van Website van Noordzeeloket: <https://www.noordzeeloket.nl/functies-en-gebruik/windenergie/nieuwe-windparken/tendersysteem/>
- Olson, M. (1971). *The logic of collective action: public goods and the theory of groups*. Harvard: Harvard University Press Cambridge.
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2010, februari 4). *Correctie formulering over overstromingsrisico Nederland in IPCC-rapport*. Opgehaald van PBL: <http://www.pbl.nl/dossiers/klimaatverandering/content/correctie-formulering-over-overstromomgsrisico>
- Porket, J. L. (1998). Market Socialism. *Modern Economic Systems and their Transformation*, 66-76.
- PwC. (2018). *Unlocking Europe's offshore wind potential: moving towards a subsidy free industry*. april: PricewaterhouseCoopers B.V.
- PwC, DNV GL, Ecofys. (2015). *Cost reduction options for Offshore wind in the Netherlands FID 2010-2020*. Utrecht: TKI Wind op Zee.
- PwC, Ecofys. (2015). *Subsidy schemes and tax regimes*. Utrecht: TKI Wind op Zee.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2018). *Feiten en cijfers SDE(+) Algemeen*. Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Opgehaald van Website van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Rijksoverheid. (2016, Demceber 7). *Energieagenda: Naar een CO₂-arme energievoorziening*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken. Opgehaald van Website van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/uitwerking-energieagenda>
- Rijksoverheid. (2018, maart 19). *Nuon krijgt vergunning voor windpark zonder subsidie*. Opgehaald van Website van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl>
- Santen, H. v. (2017, juni 28). NRC checkt: 'De NS rijdt voor 100 procent op windstroom'. *NRC*.

- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of The Wealth of Nations*. Londen: The Strand.
- Smulders, J. (2004). *Over de wisselwerking tussen milieu- en technologiebeleid*. Den Haag: SDU-uitgevers.
- Sociaal-Economische Raad. (2013). *Energieakkoord voor duurzame groei*. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- Sociaal-Economische Raad. (2013). *Energieakkoord voor duurzame groei*. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- Thaler, R. (1988). The Winner's Curse. *Journal of Economic Perspectives*, 191-202.
- Tjin-A-Tsoi, T. (2016). *Hernieuwbare energie in Nederland 2016*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- TKI Wind op Zee. (2017). *Programma 2018-2019*. Utrecht: TKI Wind op Zee.
- Tweede Kamer. (2017). *Meerjarenoverzicht SDE+*. Den Haag.
- van Santen, H. (2017, december 16). Nuon: windpark in zee zonder subsidie. *NRC*, pp. 20-21.
- van Zuijlen, E. (2016). *Kostenreductie update, actieplan en governance*. Utrecht: TKI Wind op Zee.
- von Mises, L. (1920). *Economic Calculation in the Socialist Commonwealth*. Auburn: Ludwig von Mises Institute.
- Wiebes, E. (2018). *Kamerbrief Routekaart windenergie op zee 2030*. Den Haag: Ministrie van Economische Zaken en Klimaat.
- Wind, M. (2009, juni 11). *Marktconforme instrumenten voor milieubeleid*. Opgehaald van Website van Eco-consult Environmental Economics: <http://www.eco-consult.nl>