

Wind op Zee in relatie tot Wind op Land

kosten, groene stroom, CO₂-uitstoot en draagvlak

Kees Pieters

Februari 2018



Verantwoording

Dit onderzoek wordt aangeboden aan het Ministerie van Economische Zaken als bijdrage aan de vaststelling van een nieuw Energieakkoord in 2018.

Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan Nederwind geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn Nederwind, zijn bestuurders en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.

Inhoud

Managementsamenvatting	4
1. Resultaten	5
2. Achtergrond	7
2.1 Context	7
2.2 Onderzoek	7
3. Overheidskosten van windenergie per kWh	9
3.1 Overheidskosten van windenergie op land per kiloWattuur	9
3.2 Overheidskosten van windenergie op zee per kiloWattuur	12
3.3 Overheidskosten van windenergie per kWh op land versus op zee	15
4. Beschikbare en benodigde ruimte op zee	16
4.1 Omrekenen productie groene energie en vermeden CO2-uitstoot	16
4.2 Beschikbare ruimte voor windenergie op de Noordzee	16
4.3 Benodigde ruimte voor de extra ambitie uit het regeerakkoord	17
4.4 Benodigde ruimte voor de vervanging van wind op land	17
5. Scenario's: kosten, productie en CO2-uitstoot	19
5.1 Drie scenario's	19
5.2 Scenario Huidig Beleid: Kosten, productie en CO2-uitstoot	20
5.3 Scenario Minimale Kosten: Kosten, productie en CO2-uitstoot	21
5.4 Scenario Maximale Groene Stroom: Kosten, productie en CO2-uitstoot	22
5.5 Vergelijking scenario's	22
5.6 Reeds toegekende subsidies	24
6. Verlies beperkende maatregelen	25
Bijlage 1 – Gebruikte afkortingen	26
Bijlage 2 - Organisaties	27

Managementsamenvatting

De doelstelling van dit onderzoek is om het kostenverschil voor de overheid tussen windenergie op zee en windenergie op land in kaart te brengen en scenario's te exploreren waarbij nog te realiseren plannen voor windenergie op land worden overgeheveld naar zee.

De analyse in deze studie laat zien, dat de kosten voor de overheid van windenergie op zee inmiddels lager zijn dan die van windenergie op land. Als de huidige plannen voor nieuw te bouwen windmolens op land worden vervangen door windenergie op zee bespaart de overheid ruim **1 miljard euro** (€ 1.000.000.000,-).

Verder laat deze studie zien dat er meer dan voldoende ruimte is op de Noordzee om alle ambities van het Energieakkoord uit 2013 én het regeerakkoord van 2017 te realiseren.

Naast het huidige beleid zijn twee nieuwe scenario's doorerekend, waarbij de nog te bouwen windmolens op land worden vervangen door windenergie op zee. In één scenario wordt ruim 1 miljard euro bespaard t.o.v. het huidige beleid en in het andere scenario wordt tegen gelijke kosten als het huidige beleid ca. 10 PJ (PetaJoule) extra groene stroom geproduceerd en 1,6 Mton (Megaton) extra CO₂-uitstoot voorkomen. In beide scenario's zal het draagvlak voor windenergie groter zijn dan bij het huidige beleid.

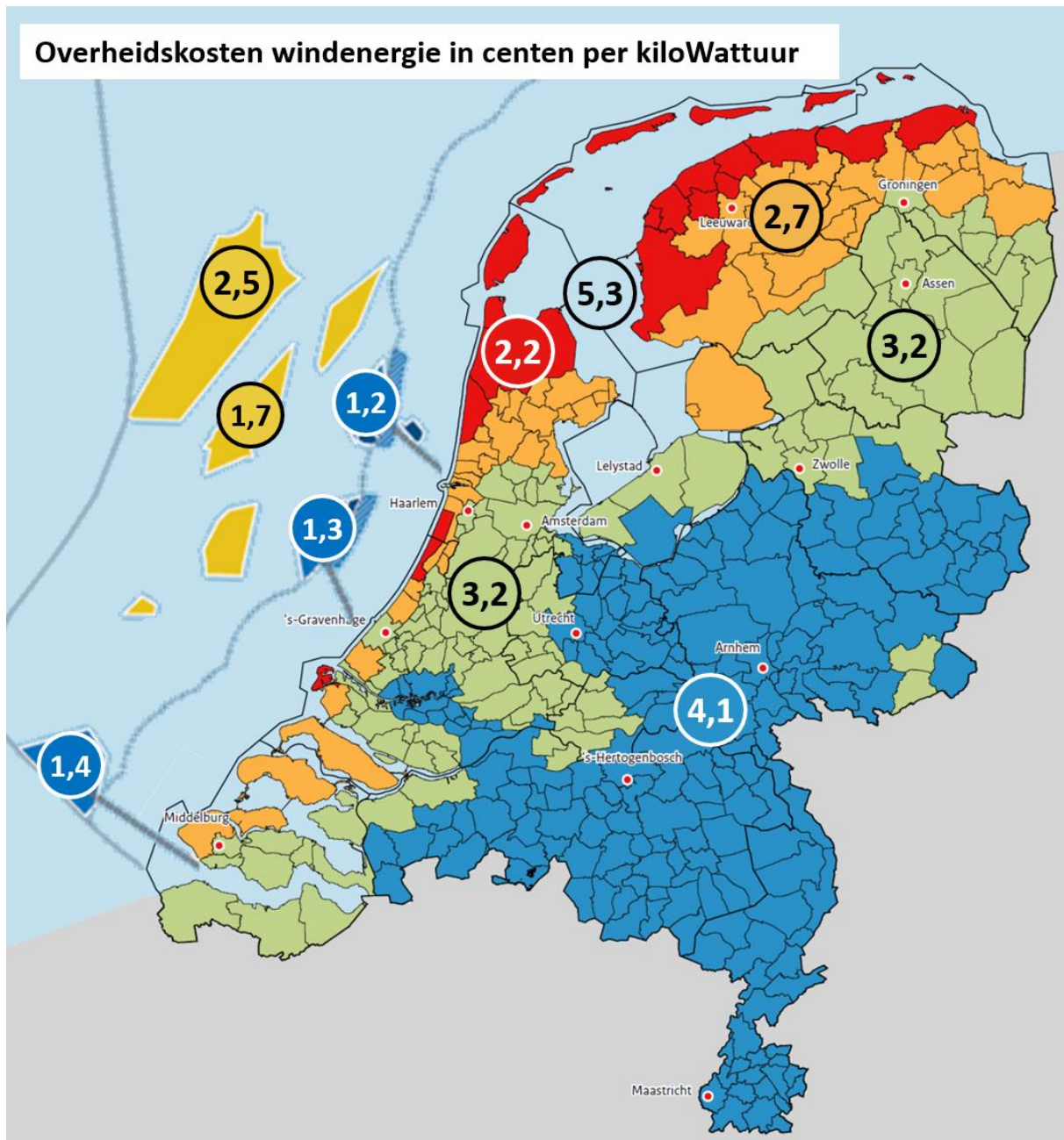
Deze studie is bedoeld om input te leveren voor het nieuwe Energieakkoord, dat volgens de planning van de regering in de eerste helft van 2018 moet worden vastgesteld.

Deze studie is gebaseerd op openbare informatie van de overheid en is een belangrijke indicatie dat er geen windmolens op land meer moeten worden gebouwd. Om definitieve beleidsbeslissingen te nemen zal verder vervolgonderzoek nodig zijn naar alle effecten van beide opties. De kostenverschillen zijn echter zó significant dat het aanbeveling verdient om, hangende verder vervolgonderzoek, alle plannen voor de bouw van windmolens op land op te schorten. Daarmee wordt voorkomen dat overheids gelden voor windenergie ineffectief worden aangewend en onnodig overlast wordt veroorzaakt voor omwonenden.

De eerste maatregel om verliezen te voorkomen, nl. het voorlopig stoppen van de SDE+ (Stimulering Duurzame Energie) subsidie voor wind op land, moet worden genomen vóór 13 maart a.s.

1. Resultaten

De kosten voor windenergie op zee zijn inmiddels lager dan van windenergie op land (zie figuur 1).



Figuur 1: overheidskosten van windenergie op land en op zee in centen per kiloWattuur

Er is meer dan voldoende ruimte op de Noordzee voor windparken, die zowel de ambitie van het regeerakkoord van 2017 zullen produceren als ook de vervanging van alle nog te bouwen windmolens op land volgens het Energieakkoord uit 2013. Daarna is er nog steeds ruimte om een hoeveelheid groene stroom op te wekken, die driemaal zo groot is als de ambitie van het regeerakkoord van 2017.

Er zijn drie scenario's uitgewerkt:

1. Huidig beleid – realiseer het Energieakkoord 2013 en het regeerakkoord 2017
2. Minimale kosten – verplaats de plannen voor wind op land van het Energieakkoord 2013 naar zee en realiseer het regeerakkoord 2017
3. Maximale groene stroom – verplaats de plannen voor wind op land van het Energieakkoord 2013 naar zee, investeer de kostenbesparing, die dit oplevert, in nog meer wind op zee en realiseer het regeerakkoord 2017

Figuur 2 toont de overlast, de kosten, de productie van groene stroom, de vermeden CO₂-uitstoot en het draagvlak in ieder van deze drie scenario's. De totale kosten ontstaan in de subsidieperiode van 15 jaar van de SDE+ (Stimulering Duurzame Energie) subsidieregeling.

 = beste scenario op dit item	Scenario: Huidig Beleid	Scenario: Minimale Kosten	Scenario: Maximale Groene Stroom
Locatie windmolens	land en zee	zee	zee
Overlast omwonenden	overlast	geen overlast	geen overlast
Overheidskosten SDE+ periode 15 jaar (€)	5.304.885.871	4.200.122.732	5.304.885.871
Productie groene energie per jaar (PJ)	50,5	50,5	61,1
Te vermijden CO ₂ -uitstoot per jaar (Mton)	7,7	7,7	9,3
Onbenutte productieruimte Noordzee (PJ)	83,4	83,4	72,8
Hoogte Opslag Duurzame Energie in energierekening	groter	geringer	groter
Besteding Opslag Duurzame Energie in energierekening	inefficiënt	efficiënt	efficiënt
Draagvlak	geringer	groter	groter

Figuur 2: kosten, productie, vermeden CO₂-uitstoot en overlast in alle scenario's

Het huidige beleid scoort het minst op alle vlakken. De kostenbesparing vanwege het verplaatsen van de landwindmolenplannen naar zee bedraagt € **1.104.763.139**. De keuze tussen scenario *Minimale Kosten* en scenario *Maximale Groene Stroom* is een politieke keuze. In elk van deze scenario's zullen in ieder geval geen windmolens op land meer worden gebouwd. In alle scenario's is de nog onbenutte productieruimte in de aangewezen gebieden op de Noordzee ten westen van Nederland ná realisatie van het scenario ongeveer driemaal zo groot als de ambitie van het regeerakkoord van 2017.

Wanneer projecten, waarvoor reeds SDE+ subsidie is toegekend, worden gestopt, ontstaan extra besparingen voor de overheid. Er wordt van uitgegaan, dat deze worden gebruikt om eventuele schadevergoedingen te bekostigen. Deze extra besparingen zijn dus niet meegenomen in de berekeningen.

Om onnodige verliezen te voorkomen moet de planning en bouw van nieuwe windmolens op land per direct worden opgeschort in afwachting van een nieuw Energieakkoord.

2. Achtergrond

2.1 Context

Het Energieakkoord uit 2013 voorziet in de bouw van vele honderden windmolens op land. Deze plannen stuiten op steeds meer weerstand in de samenleving. De windmolens veroorzaken overlast voor omwonenden, bestaande uit een combinatie van geluidsoverlast, slagschaduw, horizonvervuiling en laagfrequent geluid. Ongeveer twee-en-een-half procent van de bevolking is in staat deze lage frequenties waar te nemen, waarbij de lichamelijke en geestelijke impact hiervan ernstig van aard kan zijn¹. Dit geluid draagt ook aanzienlijk verder dan gewoon geluid. Door de overlast wordt het draagvlak voor de bouw van windmolens op land steeds geringer.

Sinds 2013 zijn de kosten van windenergie op zee spectaculair gedaald. Het Energieakkoord uit 2013 voorziet ook in de bouw van de windparken Borssele, Hollandse Kust Zuid en Hollandse Kust Noord. De aanbesteding van het windpark Hollandse Kust Zuid in december 2017 heeft diverse kandidaten opgeleverd, die bereid zijn dit park te ontwikkelen **zonder subsidie**. De kosten voor de overheid zijn hier beperkt tot het doortrekken van het elektriciteitsnetwerk naar het windpark op zee, ook wel aangeduid als het stopcontact op zee.

In 2017 is een regeerakkoord gesloten tussen VVD, CDA, D66 en de ChristenUnie. In dit regeerakkoord is afgesproken om bovenop de bestaande plannen voor windenergie nog extra windparken op zee aan te leggen teneinde de uitstoot van jaarlijks 4 Megaton CO₂ te vermijden.

2.2 Onderzoek

Bovenstaande ontwikkelingen doen de volgende vraag rijzen: Kan de windenergie, die oorspronkelijk op land was gepland, in plaats daarvan op zee worden gerealiseerd? En wat zijn de consequenties hiervan?

Dit rapport onderzoekt de volgende vragen:

1. Wat zijn de kosten per eenheid stroom op land en op zee.
2. Hoeveel stroom kan worden opgewekt en hoeveel CO₂-uitstoot kan worden vermeden in de beschikbare ruimte op de Noordzee.
3. Hoeveel ruimte is nodig om de ambitie uit het regeerakkoord van 2017 te realiseren.
4. Hoeveel ruimte is nodig om de geplande nog te bouwen windmolens op land te vervangen door windenergie op zee.

¹ [Informatie – Gevolgen](#), Stichting Laagfrequent Geluid

Uiteindelijk worden 3 scenario's bekeken:

1. Huidig beleid – realiseer het Energieakkoord 2013 zoals afgesproken en realiseer het regeerakkoord 2017
2. Minimale kosten – verplaats de plannen voor wind op land van het Energieakkoord 2013 naar zee en realiseer het regeerakkoord 2017
3. Maximale groene stroom – verplaats de plannen voor wind op land van het Energieakkoord 2013 naar zee, investeer de eventuele kostenbesparing, die dit oplevert, in nog meer wind op zee en realiseer het regeerakkoord 2017

Als windenergie op zee goedkoper is dan windenergie op land dan levert scenario 2 evenveel groene energie op als scenario 1 tegen lagere kosten, terwijl scenario 3 meer groene energie oplevert dan scenario 1 tegen gelijke kosten.

Voor elk van deze scenario's worden volgende zaken berekend:

1. Het benodigde vermogen.
2. De jaarproductie aan groene energie.
3. De jaarlijkse te vermijden CO₂-uitstoot.
4. De jaarlijkse kosten.
5. De kosten over de subsidieperiode van 15 jaar.

De kosten, productie en CO₂-uitstoot m.b.t. het realiseren van de windparken Borssele, Hollandse Kust Zuid en Hollandse Kust Noord uit het Energieakkoord 2013 zullen niet in de berekeningen worden meegenomen, omdat de uitkomst hiervan in alle scenario's gelijk is en deze cijfers ook geen invloed hebben op de te berekenen beschikbare ruimte op de Noordzee.

3. Overheidskosten van windenergie per kWh

3.1 Overheidskosten van windenergie op land per kiloWattuur

De kosten voor de overheid per kWh (kiloWattuur) windenergie op land zijn de kosten van de SDE+ subsidieregeling. De SDE+ regeling maakt onderscheid tussen wind op land bij verschillende windsnelheden en “Wind in meer” (zie figuur 3)². In theorie kunnen aanvragers van subsidie lager inschrijven dan deze tarieven, maar in de praktijk wordt voor windenergie op land ingeschreven op het maximumtarief³. Dit heeft te maken met de SDE+ methodiek van inschrijving in verschillende fases, waarbij concurrentie nog niet optreedt in de eerste fase, waarin wind op land valt.

	Productie kosten (ct/kWh)	Correctie bedrag (ct/kWh)	SDE+ subsidie (ct/kWh)
Wind op land > 8 m/s	5,4	3,2	2,2
Wind op land > 7,5 en < 8 m/s	5,9	3,2	2,7
Wind op land > 7,0 en < 7,5 m/s	6,4	3,2	3,2
Wind op land < 7 m/s	7,3	3,2	4,1
Wind in meer	8,5	3,2	5,3

Figuur 3: Tarieven SDE+ regeling 2018 in cent per kiloWattuur

Voor het bepalen van de windsnelheid hanteert de SDE+ regeling de windsnelheidskaart⁴ in figuur 4.

Eén van de doelstellingen van het Energieakkoord uit 2013 is om een vermogen van 6000 MW (MegaWatt) aan windmolens op land te realiseren (zie figuur 5)⁵. De gerealiseerde capaciteit eind 2016 bedroeg 3300 MW⁶, zodat er nog 2700 MW vanaf die datum moet worden bijgebouwd.

Een schatting voor de verdeling van de plannen over de verschillende windsnelheidsgebieden en het IJsselmeer, waarvoor de SDE+ voor “Wind in meer” geldt, wordt gegeven in figuur 6.

² Kamerbrief Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE+) 2018, Ministerie van Economische Zaken, 6-12-2017

³ Uitzondering was in de eerste helft van 2017 Windpark Fryslân, omdat toen “Wind in meer” in fase 2 (met meer concurrentie) zat. In 2018 zit “Wind in Meer” in fase 1 met de minste concurrentie. Zie voor alle data: [SDE - projecten beheer januari 2018](#), Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

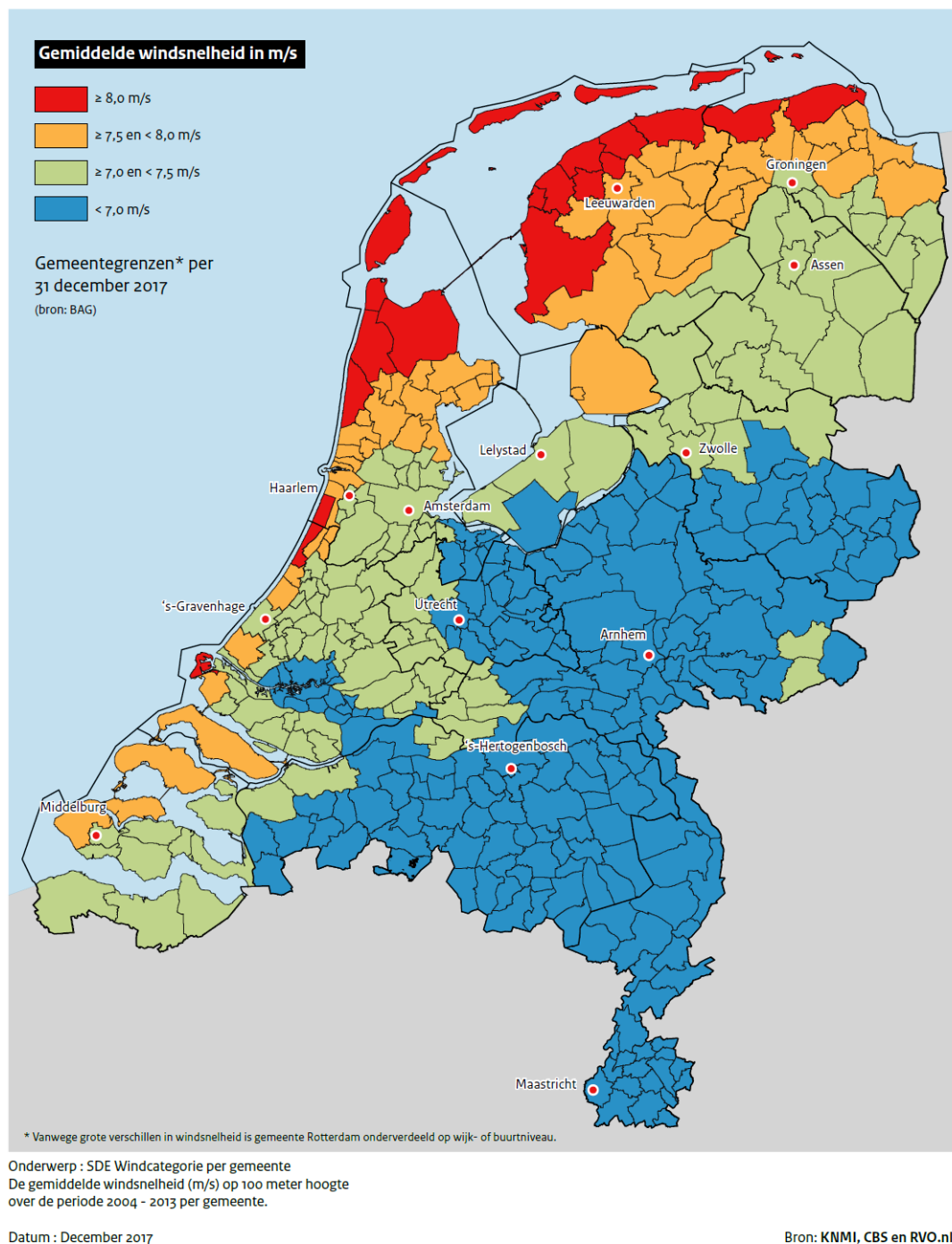
⁴ [Windsnelheidskaart gemeenten SDE+](#), Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, december 2017

⁵ [Structuurvisie windenergie op land](#), pag. 19, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 31-3-2014

⁶ [Compendium voor de Leefomgeving](#), Windvermogen in Nederland 1990-2016, per provincie, Rijksoverheid, 11-7-2017,



Windsnelheid per gemeente SDE+ december 2017



Figuur 4: windsnelheidskaart SDE+ per gemeente

Provincie	Doelstelling Energieakkoord 2013 (MW=MegaWatt)	Gerealiseerd vermogen eind 2016 ⁷ (MW)	Nog te bouwen vermogen vanaf eind 2016 (MW)
Friesland	530	191	339
Groningen	856	447	409
Drenthe	285	73	212
Overijssel	85	22	63
Noord-Holland	686	357	329
Flevoland	1391	1186	205
Zuid-Holland	736	369	367
Utrecht	65	17	48
Gelderland	230	59	171
Zeeland	571	363	208
Noord-Brabant	470	192	278
Limburg	95	24	70
Nederland	6000	3300	2700

Figuur 5: nog te bouwen vermogen wind op land volgens Energieakkoord 2013

Provincie	te bouwen vermogen vanaf eind 2016 (MW=MegaWatt)	wind op land >8 m/s (%)	wind op land 7,5-8 m/s (%)	wind op land 7-7,5 m/s (%)	wind op land < 7 m/s (%)	wind in meer (%)	gem. SDE+ kosten (ct/kWh)
Friesland	339	5%	0%	0%	0%	95%	5,1
Groningen	409	50%	40%	10%	0%	0%	2,5
Drenthe	212	0%	0%	100%	0%	0%	3,2
Overijssel	63	0%	0%	50%	50%	0%	3,7
Noord-Holland	329	40%	40%	20%	0%	0%	2,6
Flevoland	205	0%	0%	80%	20%	0%	3,4
Zuid-Holland	367	10%	40%	40%	10%	0%	3,0
Utrecht	48	0%	0%	50%	50%	0%	3,7
Gelderland	171	0%	0%	10%	90%	0%	4,0
Zeeland	208	0%	50%	50%	0%	0%	3,0
Noord-Brabant	278	0%	0%	10%	90%	0%	4,0
Limburg	71	0%	0%	0%	100%	0%	4,1
Nederland	2700						3,4

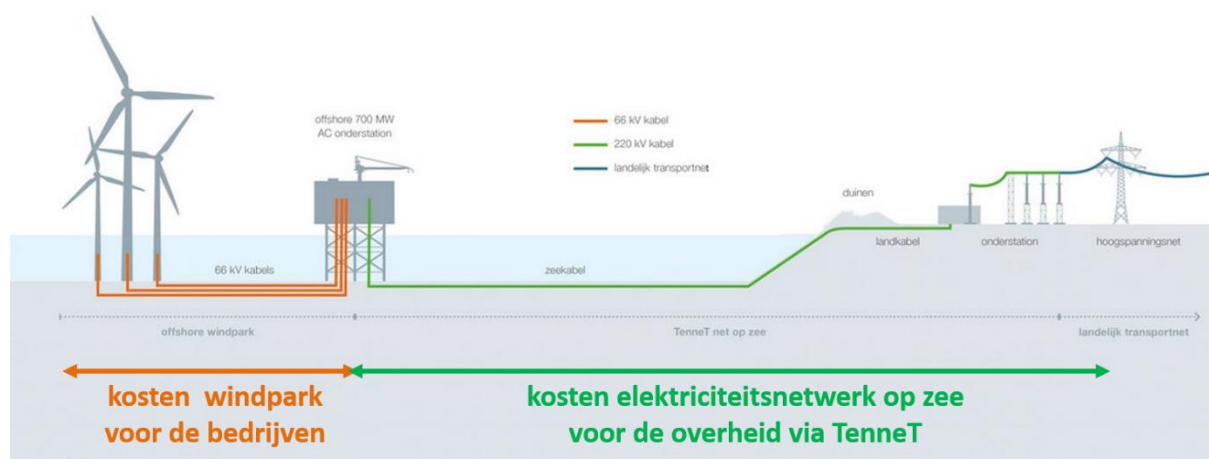
Figuur 6: gemiddelde SDE+ kosten (in centen per kiloWattuur) voor nog te bouwen windmolens op land volgens Energieakkoord 2013

⁷ De waarden voor Drenthe, Overijssel, Utrecht, Gelderland en Limburg zijn verkregen door het cijfer voor "overige provincies" te verdelen naar rato van het te bouwen vermogen vanaf eind 2016.

Vrijwel de gehele nog te bouwen doelstelling voor de provincie Friesland wordt gerealiseerd in het windpark Fryslân in het IJsselmeer met een vermogen van 320 MW (MegaWatt)⁸. In de andere provincies is gekeken naar de oppervlakteverdeling van de windsnelheidsgebieden, waarbij de gebieden met een hogere windsnelheid zijn bevoordeeld, omdat daar relatief meer windmolens zullen worden geplaatst. De gemiddelde kosten per kWh (kiloWattuur) per provincie worden gevonden door het gewogen gemiddelde naar bij te bouwen vermogen te nemen over de verschillende SDE+ categorieën. De gemiddelde kosten per kWh op land voor heel Nederland wordt gevonden door het gewogen gemiddelde naar bij te bouwen vermogen te nemen over alle provincies.

3.2 Overheidskosten van windenergie op zee per kiloWattuur

De Nederlandse Staat neemt de kosten op zich voor het elektriciteitsnetwerk op zee. TenneT, een 100 procent overheidsbedrijf, verzorgt de aanleg en het onderhoud van dit netwerk. De kosten van de bouw, de operatie en het onderhoud van de windparken zijn voor de bedrijven, die deze windparken bouwen en beheren (zie figuur 7).



Figuur 7: kostenverdeling wind op zee tussen overheid en bedrijfsleven

ECN (Energie Onderzoek Centrum Nederland) geeft in “kosten wind op zee 2016”⁹ de kosten van windenergie op zee voor de overheid en het bedrijfsleven (figuur 9) in de verschillende gebieden op de Noordzee (figuur 8). De kosten voor de netaansluiting voor Borssele worden vermeld in een brief van Minister Kamp aan de Tweede Kamer¹⁰.

De aanbesteding van de eerste twee kavels van de locatie Hollandse Kust Zuid in december 2018 heeft geresulteerd in een aantal aanbieders. Eén van deze aanbieders zal de vergunning krijgen om zonder subsidie een windpark te realiseren.

⁸ [Windpark Fryslân](#), Provincie Fryslân

⁹ [Kosten wind op zee 2016](#), ECN, 28 oktober 2016

¹⁰ [Uitslag tender windenergie op zee voor eerste twee kavels van windenergiegebied Borssele](#), Ministerie van Economische Zaken, pag. 2, 5-7-2016



Figuur 8: aangewezen gebieden voor windenergie op de Noordzee¹¹

¹¹ Hollandse Kust (Noord), Concept aanvullende notitie reikwijdte en detailniveau M.E.R.- procedure net op zee Hollandse Kust (Noord) met Hollandse Kust (Noordwest) of (West), pag. 5, TenneT, 13 december 2017

Gebied op de Noordzee	Netwerkaansluiting: kosten overheid (ct/kWh) ¹²	Windpark: kosten bedrijfsleven (ct/kWh)
Borssele	1,4 ¹³	8,4
Hollandse Kust Zuid	1,3	8,4
Hollandse Kust Noord	1,2	8,3
Hollandse Kust West	1,7	8,4
IJmuiden Ver	2,4	8,5

Figuur 9: kosten windenergie op zee voor overheid en bedrijfsleven

De kosten voor de overheid van dit windpark bestaan dus louter uit de kosten voor de netwerkaansluiting. Omdat er is ingeschreven op de aanbesteding Hollandse Kust Zuid zonder subsidie, kunnen we concluderen dat het bedrijfsleven inmiddels een rendabel windenergieproject kan draaien daar, waar de kosten van het windpark eind 2016 volgens de berekeningsmethodiek van ECN 8,4 ct/kWh (centen per kiloWattuur) bedroegen. Figuur 9 maakt duidelijk dat ook Hollandse Kust West rendabel kan worden geëxploiteerd door het bedrijfsleven. De kosten in gebied IJmuiden Ver verschillen nauwelijks van die in Hollandse Kust Zuid. Hier is maximaal 0,1 ct/kWh extra subsidie nodig, nl. het verschil tussen 8,5 en 8,4 ct/kWh. Figuur 10 laat dan de totale kosten voor de overheid zien per gebied op de Noordzee. De kosten van gebied Hollandse Kust Noordwest worden niet vermeld in de ECN notitie. Dit gebied ligt iets dichter bij de kust dan Hollandse Kust West. Men mag verwachten dat de kosten hier in ieder geval niet hoger zijn dan in Hollandse Kust West. Uiteraard moet deze veronderstelling nader worden onderzocht.

Gebied op de Noordzee	Kosten Netwerkaansluiting (ct/kWh) ¹⁴	SDE+ subsidie (ct/kWh)	Kosten overheid (ct/kWh)
Borssele	1,4	-	1,4
Hollandse Kust Zuid	1,3	-	1,3
Hollandse Kust Noord	1,2	-	1,2
Hollandse Kust West	1,7	-	1,7
Hollandse Kust Noordwest ¹⁵	1,7	-	1,7
IJmuiden Ver	2,4	0,1	2,5

Figuur 10: kosten windenergie op zee voor de overheid

¹² [Kosten wind op zee 2016, ECN](#) - waarden: tabel 2 “kosten incl. netaansluiting” minus tabel 1 “kosten”

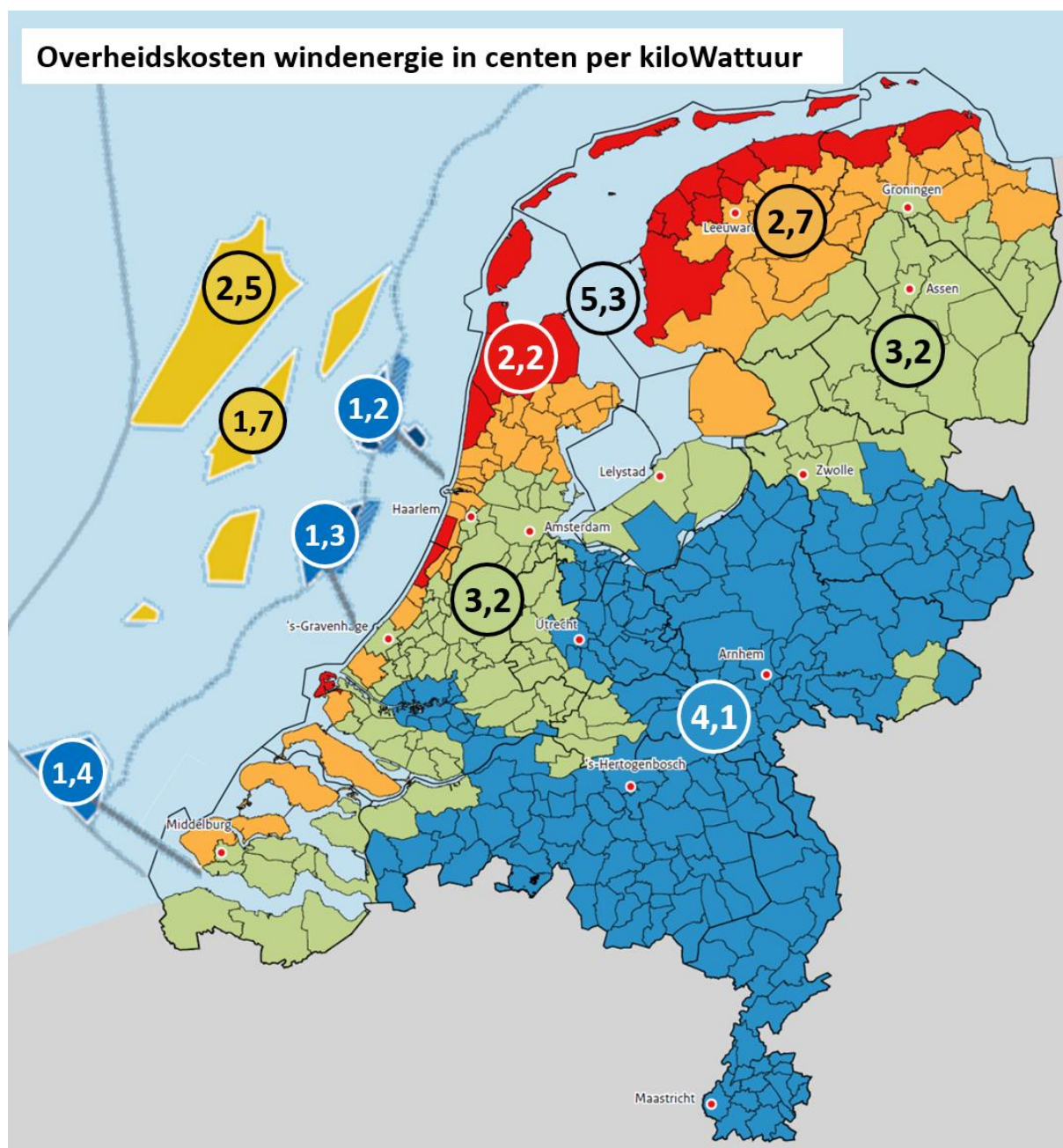
¹³ [Uitslag tender windenergie op zee voor eerste twee kavels van windenergiegebied Borssele, Ministerie van Economische Zaken, pag. 2, 5-7-2016](#)

¹⁴ [Kosten wind op zee 2016, ECN](#) - waarden: tabel 2 “kosten incl. netaansluiting” minus tabel 1 “kosten”

¹⁵ Kosten gelijk verondersteld aan die van Hollandse Kust West. Deze veronderstelling lijkt conservatief maar moet worden getoetst.

3.3 Overheidskosten van windenergie per kWh op land versus op zee

Op de kaart van figuur 11 zien we in één oogopslag hoe de kosten van windenergie op land en op zee zich verhouden.



Figuur 11: overheidskosten van windenergie op land en op zee in centen per kiloWattuur

4. Beschikbare en benodigde ruimte op zee

4.1 Omrekenen productie groene energie en vermeden CO2-uitstoot

Het regeerakkoord van 2017 spreekt de ambitie uit om met windenergie op zee 4 Megaton (Mton) CO2-uitstoot te vermijden¹⁶. Om deze ambitie in te passen in gebieden op de Noordzee en ook om de vergelijking van wind op land met wind op zee te kunnen maken, is het van belang om het verband te weten tussen de productie van windenergie en CO2- uitstoot.

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland becijfert dat een miljoen kWh (kiloWattuur) stroom, opgewekt met de huidige energiecentrales in Nederland, een CO2-uitstoot geeft van 550 Ton¹⁷. De productie van grote hoeveelheden stroom wordt dikwijls uitgedrukt in Petajoules¹⁸. In figuur 12 zien we enige voorbeelden van omrekening, die we verder zullen gebruiken.

Productie windenergie (kWh = kiloWattuur)	Productie windenergie (PJ = PetaJoule)	Vermeden CO2- uitstoot (Ton)	Vermeden CO2-uitstoot (Mton = MegaTon)
1.000.000	0,0036	550	0,00055
277.777.777	1	152.778	0,15278
1.818.181.900	6,545454858	1.000.000	1,00000

Figuur 12: omrekenen productie en CO2 uitstoot

4.2 Beschikbare ruimte voor windenergie op de Noordzee

Volgens het Energieakkoord van 2013 worden windparken gerealiseerd in de gebieden Borssele, Hollandse Kust Zuid en Hollandse Kust Noord, met een capaciteit van in totaal 3500 MW (MegaWatt) (zie figuur 13). Verder zijn de gebieden Hollandse Kust West, Hollandse Kust Noordwest en IJmuiden Ver aangewezen als gebieden voor toekomstige windparken. De capaciteit van deze gebieden is resp. 1400, 700¹⁹ en 6600 MW²⁰. De gebieden boven de Waddeneilanden zijn niet meegenomen in dit overzicht.

Bij het volledig benutten van al deze gebieden voor windenergie wordt de productie van groene stroom berekend door het vermogen te vermenigvuldigen met de vollasturen²¹ en dan om te rekenen naar PetaJoule (PJ). Via de tabel in figuur 12 kunnen we dan de te vermijden CO2-uitstoot berekenen (zie figuur 13).

¹⁶ [Vertrouwen in de toekomst](#), pag. 38, Regeerakkoord 2017-2021, VVD, CDA, D66 en ChristenUnie

¹⁷ [Cijfers windenergie](#), Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

¹⁸ 1 PJ (PetaJoule) is 277.777.777,78 kWh (kiloWattuur)

¹⁹ [Hollandse Kust \(Noord\), Concept aanvullende notitie reikwijdte en detailniveau M.E.R. - procedure net op zee Hollandse Kust \(Noord\) met Hollandse Kust \(Noordwest\) of \(West\)](#), voetnoot onderaan pagina 4, TenneT, 13 december 2017

²⁰ [Kosten IJmuiden-Ver in relatie tot Hollandse Kust](#), pagina 7, ECN, juni 2016

²¹ [Kosten wind op zee 2016](#), tabel 1, ECN, 28-10-2016

Gebied op de Noordzee	Vermogen (MW)	Vollasturen (uur/jaar)	Productie (miljoen kWh/jaar)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)
Borssele	1400	4200	5.880	21,2	3,2
Hollandse Kust Zuid	1400	4000	5.600	20,2	3,1
Hollandse Kust Noord	700	4100	2.870	10,3	1,6
Hollandse Kust West	1400	4200	5.880	21,2	3,2
Hollandse Kust Noordwest	700	4200	2.940	10,6	1,6
IJmuiden Ver	6600	4300	28.380	102,2	15,6

Figuur 13: capaciteit gebieden op de Noordzee, aangewezen voor windenergie

4.3 Benodigde ruimte voor de extra ambitie uit het regeerakkoord

Volgens het regeerakkoord²² van 2017 heeft de overheid de ambitie om door extra windmolens op zee de CO2 uitstoot te verminderen met jaarlijks 4 Mton (Megaton). Via de tabel in figuur 12 kunnen we dit vertalen naar een benodigde jaarproductie van 26,2 PetaJoule (PJ).

Het is het meest logisch om eerst de goedkoopste gebieden te gebruiken om de ambitie uit het regeerakkoord te realiseren. Figuur 10 laat zien dat we eerst de gebieden Hollandse Kust West en Noordwest moeten benutten en pas daarna IJmuiden-Ver. We kiezen ervoor om de ambitie van het regeerakkoord 2017 voor wind op zee te realiseren in Hollandse Kust West en het restant in Hollandse Kust Noordwest (zie figuur 14).

Gebied op de Noordzee	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2-uitstoot (Mton/jaar)
Hollandse Kust West	1400	21,2	3,2
Hollandse Kust Noordwest	332	5,0	0,8
Regeerakkoord 2017		26,2	4,0

Figuur 14: realisatie ambitie wind op zee regeerakkoord 2017

4.4 Benodigde ruimte voor de vervanging van wind op land

De doelstelling van het programma voor wind op land van het Energieakkoord van 2013 is om 6000 MegaWatt (MW) vermogen op te stellen. De bijbehorende verwachte productie aan windenergie is 54 PetaJoule (PJ)²³. Eind 2016 was er 3300 MW geplaatst. Er moet dus nog 2700 MW aan vermogen worden bijgebouwd. De productie en CO2-uitstoot van het

²² [Vertrouwen in de toekomst](#), pagina 38, Regeerakkoord VVD, CDA, D66 en ChristenUnie, 10 oktober 2017

²³ [Structuurvisie windenergie op land](#), pag. 7, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 31-3-2014

resterende wind op land programma kunnen we berekenen aan de hand van de figuren 6 en 12 (zie figuur 15).

Wind op land	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)
Energieakkoord 2013 totaal	6000	54,0	8,2
Energieakkoord 2013 nog te bouwen	2700	24,3	3,7

Figuur 15: realisatie nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013

Bij de vervanging van de nog te bouwen windmolens op land door vermogen op zee, wordt het te bouwen vermogen op zee zó gekozen, dat de productie gelijk blijft, nl. 24,3 PetaJoule (PJ). Uiteraard doen we dat op de meest kosteneffectieve manier. Met de ambitie van het regeerakkoord hebben we het gebied Hollandse Kust West volgebouwd en een deel van het gebied Hollandse Kust Noordwest. De vervanging van de landmolens realiseren we deels in het restant van gebied Hollandse Kust Noordwest en verder in gebied IJmuiden-Ver (zie figuur 16).

Gebied op de Noordzee	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)
Hollandse Kust Noordwest	368	5,6	0,9
IJmuiden-Ver	1210	18,7	2,9
Vervanging van nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013	1578	24,3	3,7

Figuur 16: realisatie vervanging op zee van nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013²⁴

²⁴ afrondingsverschillen

5. Scenario's: kosten, productie en CO2-uitstoot

5.1 Drie scenario's

Hieronder worden drie scenario's uitgewerkt. In alle drie scenario's wordt alleen gekeken naar de nog te realiseren capaciteit aan windenergie. Bovendien wordt de nog te realiseren capaciteit op zee volgens het Energieakkoord uit 2013 in de gebieden Borssele, Hollandse Kust Zuid en Hollandse Kust Noord buiten beschouwing gelaten, omdat deze in alle scenario's hetzelfde is en geen invloed heeft op beleidskeuzes in de verschillende scenario's.

De drie scenario's zijn de volgende:

1. Huidig beleid

De ambitie voor extra wind op zee uit het regeerakkoord van 2017 wordt gerealiseerd. De taakstelling voor wind op land volgens het Energieakkoord uit 2013 wordt ook gerealiseerd.

2. Minimale kosten

De ambitie voor extra wind op zee uit het regeerakkoord van 2017 wordt gerealiseerd. De taakstelling voor wind op land volgens het Energieakkoord uit 2013 wordt niet verder uitgevoerd. In plaats daarvan wordt een extra hoeveelheid wind op zee gerealiseerd, die evenveel stroom opwekt en evenveel CO2-uitstoot voorkomt als de nog geplande windmolens op land. Omdat wind op zee inmiddels goedkoper is dan wind op land zijn de kosten in dit scenario lager dan bij *huidig beleid*.

In dit scenario zijn de kosten dus lager dan bij *huidig beleid*, terwijl de hoeveelheid geproduceerde groene stroom en vermeden CO2-uitstoot even groot is.

3. Maximale groene stroom

De ambitie voor extra wind op zee uit het regeerakkoord van 2017 wordt gerealiseerd. De taakstelling voor wind op land volgens het Energieakkoord uit 2013 wordt niet verder uitgevoerd. In plaats daarvan wordt een extra hoeveelheid wind op zee gerealiseerd, die evenveel stroom opwekt en evenveel CO2-uitstoot voorkomt als de nog geplande windmolens op land. Omdat wind op zee inmiddels goedkoper is dan wind op land zijn de kosten hiervan lager dan bij *huidig beleid*. De kosten die hiermee worden bespaard worden aangewend om nog een extra hoeveelheid groene stroom op te wekken op zee.

In dit scenario zijn de kosten dus even hoog als bij *huidig beleid*, terwijl de hoeveelheid geproduceerde groene stroom en vermeden CO2-uitstoot groter is.

5.2 Scenario Huidig Beleid: Kosten, productie en CO2-uitstoot

In scenario *huidig beleid* wordt de ambitie van het regeerakkoord van 2017 voor wind op zee uitgevoerd en ook de nog resterende taakstelling van wind op land van het Energieakkoord uit 2013. De kosten voor het realiseren van de ambitie van het regeerakkoord van 2017 voor wind op zee worden verkregen door het combineren van de figuren 10, 12 en 14 (zie figuur 17).

Gebied op de Noordzee	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (ct/kWh)	Kosten Overheid (€/jaar)
Hollandse Kust West	1400	21,2	3,2	1,7	99.960.000
Hollandse Kust Noordwest	332	5,0	0,8	1,7	23.676.364
Regeerakkoord 2017	1732	26,2	4,0		123.636.364

Figuur 17: realisatie ambitie wind op zee regeerakkoord 2017

De kosten van het programma voor wind op land van het Energieakkoord van 2013 kunnen we berekenen aan de hand van de figuren 6, 12 en 15 (zie figuur 18).

Wind op land	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (ct/kWh)	Kosten Overheid (€/jaar)
Energieakkoord 2013 nog te bouwen	2700	24,3	3,7	3,4	230.022.694

Figuur 18: realisatie nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013

De kosten, de productie van groene stroom en de te vermijden CO2-uitstoot van scenario *Huidig Beleid* vinden we in figuur 19 via de figuren 17 en 18.

	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (€/jaar)
Regeerakkoord 2017	1732	26,2	4,0	123.636.364
Energieakkoord 2013 nog te bouwen op land	2700	24,3	3,7	230.022.694
Scenario Huidig Beleid	4432	50,5	7,7	353.659.058

Figuur 19: Kosten, productie en vermeden CO2-uitstoot in scenario Huidig Beleid

5.3 Scenario Minimale Kosten: Kosten, productie en CO2-uitstoot

In scenario *Minimale Kosten* wordt het te bouwen vermogen op land vervangen door vermogen op zee, waarbij het vermogen op zee zo wordt gekozen, dat de productie gelijk blijft. De kosten van de windmolens op zee, die als vervanging dienen voor de nog te bouwen windmolens op land van het Energieakkoord van 2013 kunnen worden berekend aan de hand van de figuren 10, 12 en 16 (zie figuur 20).

Gebied op de Noordzee	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (ct/kWh)	Kosten Overheid (€/jaar)
Hollandse Kust Noordwest	368	5,6	0,9	1,7	26.303.636
IJmuiden-Ver	1210	18,7	2,9	2,5	130.068.182
Vervanging van nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013	1578	24,3	3,7		156.371.818

Figuur 20: realisatie vervanging op zee van nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013²⁵

De kosten, de productie van groene stroom en de te vermijden CO2-uitstoot van scenario *Minimale Kosten* vinden we in figuur 21 via de tabellen in figuren 17 en 20.

	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (€/jaar)
Regeerakkoord 2017	1732	26,2	4,0	123.636.364
Vervanging van nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013	1578	24,3	3,7	156.371.818
Scenario Minimale Kosten	3310	50,5	7,7	280.008.182

Figuur 21: kosten, productie en vermeden CO2-uitstoot in scenario *Minimale Kosten*

We zien dat de kostenbesparing van scenario *Minimale Kosten* t.o.v. scenario *Huidig Beleid* € 73.650.876 per jaar bedraagt.

²⁵ afrondingsverschillen

5.4 Scenario Maximale Groene Stroom: Kosten, productie en CO2-uitstoot

In het scenario *Maximale Groene Stroom* wordt het te bouwen vermogen op land vervangen door vermogen op zee op dezelfde manier als in scenario *Minimale Kosten*. Nu wordt echter de kostenbesparing van € 73.650.876 per jaar door het overhevelen van wind op land naar wind op zee opnieuw geïnvesteerd in nog meer wind op zee (zie figuur 22). Deze nieuwe capaciteit realiseren we in gebied IJmuiden-Ver.

Gebied op de Noordzee	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (ct/kWh)	Kosten Overheid (€/jaar)
Investing kostenbesparing in IJmuiden-Ver	685	10,6	1,6	2,5	73.650.876

Figuur 22: investering kostenbesparing overheveling land naar zee in groene energie

De kosten, de productie van groene stroom en de te vermijden CO2-uitstoot van scenario *Maximale Groene Stroom* vinden we in figuur 23 via de tabellen in figuren 17, 20 en 22.

	Vermogen (MW)	Productie (PJ/jaar)	Besparing CO2 uitstoot (Mton/jaar)	Kosten Overheid (€/jaar)
Regeerakkoord 2017	1732	26,2	4,0	123.636.364
Vervanging van nog te bouwen wind op land Energieakkoord 2013	1578	24,3	3,7	156.371.818
Investing kostenbesparing in IJmuiden-Ver	685	10,6	1,6	73.650.876
Scenario Maximale Groene Stroom	3995	61,1	9,3	353.659.058

Figuur 23: kosten, productie en vermeden CO2-uitstoot in scenario *Maximale Groene Stroom*

5.5 Vergelijking scenario's

De totale kosten van de verschillende scenario's worden beschouwd over een periode van 15 jaar. Dit is de periode waarover de SDE+ subsidies worden toegekend. Deze periode is dus bepalend voor de totale kosten, die de overheid uitgeeft aan windenergie. We zien dat scenario *Minimale Kosten* een besparing betekent t.o.v. scenario *Huidig Beleid* van € 1.104.763.139, terwijl de geproduceerde groene energie en de vermeden CO2-uitstoot gelijk blijven (zie figuur 24). In het scenario *Maximale Groene Stroom* zijn de kosten gelijk aan die in scenario *Huidig Beleid*, maar wordt er meer groene energie geproduceerd en meer CO2-uitstoot vermeden.

De keuze tussen scenario's *Minimale Kosten* en *Maximale Groene Stroom* is een keuze tussen minder overheidsgeld uitgeven of meer groene energie produceren. Scenario *Huidig Beleid* is in ieder geval slechter dan de beide andere omdat de overheid teveel betaalt voor de geproduceerde groene energie.

Scenario *Huidig Beleid* omvat het plaatsen van windmolens op land, terwijl de andere scenario's alleen op zee investeren. Omdat windmolens op land overlast veroorzaken en daardoor een groot draagvlak ontberen, is het draagvlak voor dit scenario lager dan voor de andere scenario's.

De overheidskosten van windenergie worden verhaald op de burger via de Opslag Duurzame Energie in de energierekening. Omdat de energierekening onnodig hoog is door het inefficiënt plaatsen van duurdere windmolens op land, zal een keuze voor scenario *Huidig Beleid* het draagvlak voor windenergie verder aantasten.

Wanneer we de scenario's vergelijken wordt duidelijk dat scenario *Huidig Beleid* in alle opzichten het minst aantrekkelijk is. De geplande windmolens op land moeten dus worden vervangen door windmolens op zee.

 = beste scenario op dit item	Scenario: Huidig Beleid	Scenario: Minimale Kosten	Scenario: Maximale Groene Stroom
Locatie windmolens	land en zee	zee	zee
Overlast omwonenden	overlast	geen overlast	geen overlast
Overheidskosten per jaar (€)	353.659.058	280.008.182	353.659.058
Overheidskosten SDE+ periode 15 jaar (€)	5.304.885.871	4.200.122.732	5.304.885.871
Productie groene energie per jaar (PJ)	50,5	50,5	61,1
Te vermijden CO2-uitstoot per jaar (Mton)	7,7	7,7	9,3
Onbenutte productieruimte Noordzee (PJ)	83,4	83,4	72,8
Vermogen (MegaWatt)	4432	3310	3995
Hoogte Opslag Duurzame Energie in energierekening	groter	geringer	groter
Besteding Opslag Duurzame Energie in energierekening	inefficiënt	efficiënt	efficiënt
Draagvlak	geringer	groter	groter

Figuur 24: kosten, productie, vermeden CO2-uitstoot en draagvlak in alle scenario's

In alle scenario's is de nog onbenutte productieruimte in de aangewezen gebieden op de Noordzee ten westen van Nederland ná realisatie van het scenario ongeveer driemaal zo groot als de ambitie van het regeerakkoord van 2017.

5.6 Reeds toegekende subsidies

De kosten voor wind op land zijn hierboven berekend op basis van de SDE+ subsidieregeling van 2018. Voor die windmolens op land, waarvoor de subsidie nog moet worden toegekend, is dit juist. Voor een deel van de nog te bouwen windmolens is echter eerder al een SDE+ subsidietarief toegekend. Omdat de subsidietarieven een dalende lijn vertonen door de tijd heen, en deze projecten dus een hogere subsidie zouden ontvangen, dan waarmee in de scenario's is gerekend, komt in deze gevallen een extra bedrag vrij als de subsidie wordt ingetrokken.

Als voorbeeld nemen we windpark Fryslân, dat nog moet worden gebouwd. Het basisbedrag waarvoor de subsidie is toegekend is 9,5 ct/kWh (cent per kiloWattuur). In de tarieven van 2018 is dit 8,5 ct/kWh. Dit betekent dat het niet doorgaan van Windpark Fryslân t.o.v. de oorspronkelijke berekening een extra besparing oplevert van 1 ct/kWh. Bij een vermogen van 320 MW (MegaWatt) en een gemiddeld aantal vollasturen op land van 2500 betekent dit een extra besparing van € 8.000.000 per jaar en over de subsidieperiode van 15 jaar een besparing van € 120.000.000.

Deze extra vrijkomende gelden kunnen worden gebruikt om bestaande contracten af te kopen. In dit rapport wordt er van uitgegaan dat de extra besparing en de afkoopsommen elkaar opheffen. Deze aanname dient te worden getoetst.

6. Verlies beperkende maatregelen

De vergelijking van de scenario's maakt duidelijk, dat het verder gaan met de bouw van windmolens op land een verliespost oplevert t.o.v. de andere scenario's. Het proces, dat leidt tot de bouw van deze windmolens in heel Nederland, is in volle gang. Daarom moeten, hangende verder onderzoek en hangende vaststelling van een nieuw Energieakkoord, de volgende maatregelen worden genomen, indien men onnodige verliezen wil voorkomen:

1. De SDE+ subsidieronde van 13 maart a.s. moet worden gesloten voor de categorieën wind op land.
2. Rijks-, provinciale en gemeentelijke procedures die leiden tot de bouw van windmolens op land moeten worden opgeschort.
3. Voor de windmolens op land, waarvoor alle procedures zijn doorlopen maar de bouw nog niet is gestart, moet worden voorkomen dat de bouw daadwerkelijk wordt gestart.

Bijlage 1 – Gebruikte afkortingen

In dit rapport zijn de volgende afkortingen gebruikt:

Afkorting	Voluit	Gebruikt bij
ct	(Euro)cent	Kosten per eenheid
kWh	kiloWattuur	Hoeveelheid stroom
m/s	Meter per seconde	Windsnelheid
Mton	Megaton = 1.000.000 ton	Gewicht CO2
MW	MegaWatt = 1.000.000 Watt	Vermogen
PJ	PetaJoule = 277.777.777,78 kWh	Hoeveelheid stroom
SDE+	Stimulering Duurzame Energie +	subsidieregeling

Bijlage 2 - Organisaties

De volgende organisaties zijn voorstander van het stoppen met de bouw van windmolens op land:

1. 3MO – MegaMolensMegaoverlast, Goeree-Overflakkee
2. Actiecomité Windpark Rietvelden NEE, 's-Hertogenbosch
3. Bewonersgroep Windturbine Vlietzone, Leidschendam-Voorburg
4. Bewonersplatform Voor de Wind, West-Brabant
5. Buren van Rijnenburg, omgeving en stad Utrecht
6. Comité tegen dreiging windmolens bij Akzo, Oegstgeest, Teylingen
7. Comité Voorthuizen Windmolens Nee, Voorthuizen, Barneveld
8. Commissie Windturbines Nieuwe Waterweg, Maassluis
9. Eefde Tegenwind, Lochem, Zutphen
10. NKPW (Nationaal Kritisch Platform Windenergie)
11. Pottendijk Windmolenvrij, Emmen
12. Regiogroep Windpark Heerenveen NEE, Heerenveen en omliggende dorpen
13. SBBM (Stichting Behoud Buitengebied Moerdijk), Moerdijk
14. Stichting Behoud de Eemvallei, Baarn
15. Stichting Bewonerscomité Lindtwind, Zwijndrecht
16. Stichting BOEC, Coevorden
17. Stichting Gigawiek, Bergerden, Houten, Stad aan 't Haringvliet
18. Stichting JAS, Hollands Kroon
19. Stichting Kleare Kimen, Oosternijkerk, Dongeradeel
20. Stichting Kritisch Platform Ontwikkeling de Zijpe, Schagen
21. Stichting Laagfrequent geluid
22. Stichting Mallemolens, Goeree-Overflakkee
23. Stichting Platform Storm, Borger-Odoorn, Veenkoloniën, Drenthe en Groningen
24. Stichting Platform Tegenwind N33, Midden-Groningen, Veendam
25. Stichting Omwonenden windturbines Wieringermeer, Hollands Kroon
26. Stichting Wind van Voren, Barendrecht
27. Stichting Windmolenklachten
28. Stichting Windmolens N57 nee, Brielle, Hellevoetsluis, West-Voorne
29. Storm Meeden, Midden-Groningen
30. Tegenwind Veenkoloniën, Veenkoloniën, Drenthe en Groningen
31. Vereniging Tegenwind Weijerswold, Coevorden
32. Vereniging Tegenwind Hunzedal, Aa en Hunze, Veenkoloniën, Drenthe en Groningen
33. Vereniging Vrij Polderland, Soest
34. Windmolens Emmen Nee, Emmen
35. WindNEE, Aa en Hunze, Veenkoloniën, Drenthe en Groningen
36. Zonvoorwind, Emmen

