



Planbureau voor de Leefomgeving

ACHTERGRONDEN BIJ DE TOEKOMST VAN DE NOORDZEE

Onderliggende gegevens en aannames

Notitie

PBL

31 januari 2019

PBL

Colofon

Achtergronden bij de toekomst van de Noordzee Onderliggende gegevens en aannames

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2019

PBL-publicatienummer: 3177

Auteurs

Jan Matthijsen, Ed Dammers, Hans Elzenga

Projectteam

Dammers, Eerens, Elzenga, van Hoorn, Hugtenburg, Veul, Matthijsen (projectleiding)

Begeleidingsgroep Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap en Ministerie van Defensie.

Merkus, van der Veeren, Schermer Voest, Rekers, de Leede, Weenink, Kock, Vis, Reijbroek, Brieskorn, Vermeulen, Keijser, Pas, Klomp, du Saar

Contact

jan.matthijsen@pbl.nl

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Matthijsen, J. et al. (2019), Achtergronden bij de toekomst van de Noordzee. Onderliggende gegevens en aannames, PBL, Den Haag.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

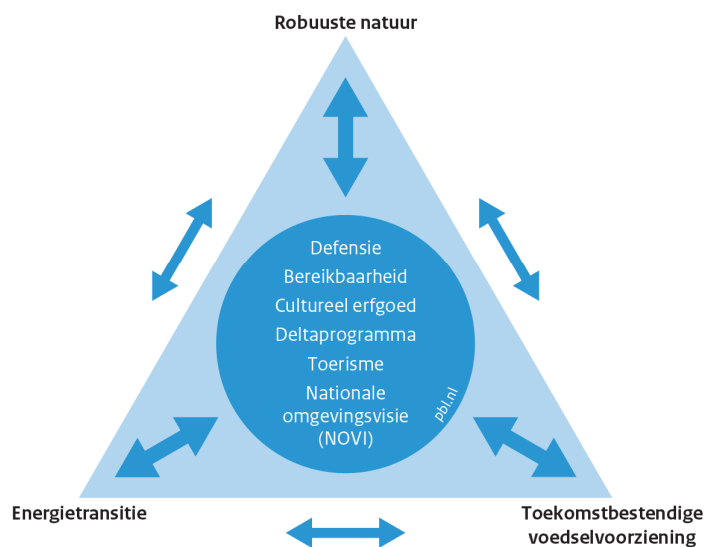
Inhoud

1	Inleiding	5
2	Methodiek bij scenario-aanpak	7
2.1	Waarom een scenariostudie?	7
2.2	De onderdelen van scenario's	8
2.3	Toegepaste methoden	12
3	Sectorontwikkeling	17
3.1	Energie	18
3.2	Voedselvoorziening	28
3.3	Scheepvaart/transport	31
3.4	Telecomkabels	33
3.5	Zandwinning	34
3.6	Defensie	36
3.7	Recreatie	37
3.8	Rijkscultureel erfgoed	37
4	Economie en de Noordzee	39
5	Referenties	45
6	Bijlage I	49
7	Bijlage II	52

1 Inleiding

Op 31 januari 2018 publiceerde het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) *De toekomst van de Noordzee* met als ondertitel *De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie* om de lange termijn ontwikkelingen op de Noordzee te verkennen (Matthijssen et al. 2018). Deze studie schetst met vier integrale scenario's de ontwikkelingen met name op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) maar ook op de rest van de Noordzee in een mondiale context. De focus ligt bij de drie thema's uit de *Noordzeestrategie 2030*¹: naar een energietransitie, naar een robuuste natuur en naar een toekomstbestendige voedselvoorziening. Ontwikkelingen bij andere thema's zoals defensie en cultureel erfgoed (zie figuur 1) zijn ook meegenomen, zij het minder uitgebreid.

Beleidsthema's Noordzeestrategie 2030



Bron: www.noordzeeloket.nl

Figuur 1

Op een aantal punten in de studie wordt voor nadere verdieping verwezen naar een achtergronddocument. Dit achtergronddocument geeft daar invulling aan. Daarnaast geeft het achtergronddocument een beschrijving van de scenario-ontwikkelingen van de sectoren die buiten de thema's van de Noordzeestrategie 2030 vallen. Dit document moet daarom niet als een zelfstandig leesbaar rapport worden gezien, maar als een naslagwerk voor een beperkt aantal onderwerpen met onderliggende gegevens en aannames. Het is een aanvulling op de scenariostudie.

Leeswijzer: Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de aanpak die bij de ontwikkeling van de Noordzeescenario's is toegepast. In hoofdstuk 3 lichten we de achtergronden bij scenario-ontwikkelingen per sector nader toe. In hoofdstuk 4 gaan we in op de economie van de ontwikkelingen bij de Noordzeescenario's. Bijlage I geeft een samenvatting van de sectorale ontwikkelingen per scenario in 2030 en 2050 en bijlage II geeft een overzicht van de finale energievraag of volumeontwikkeling per energie-deelsector zoals die in de modelanalyses zijn gebruikt.

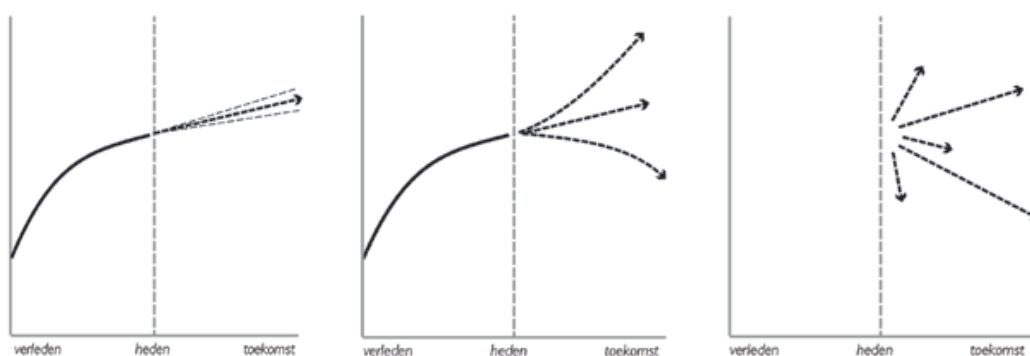
¹ Dit beleidsdocument komt naar verwachting uit in 2019 in afstemming met de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) en het Klimaatakkoord, beide nog te verschijnen.

2 Methodiek bij scenario-aanpak

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de aanpak die bij de ontwikkeling van de Noordzeescenario's is toegepast. Het doel van het hoofdstuk is een methodologische verantwoording van de scenariostudie te geven door de hoofdonderdelen te beschrijven, de methoden die daarbij zijn gebruikt te behandelen en de belangrijkste keuzen die hierbij zijn gemaakt te beargumenteren. Eerst zetten we uiteen waarom we de toekomst van de Noordzee via een scenariostudie hebben verkend (paragraaf 2.1). Daarna bespreken we de belangrijkste onderdelen waaruit de scenariostudie is opgebouwd (paragraaf 2.2). Tot slot behandelen we de methoden die zijn gehanteerd om de scenario-onderdelen te ontwikkelen (paragraaf 2.3).

2.1 Waarom een scenariostudie?

Er zijn allerlei methoden beschikbaar om de onzekerheid die met de toekomst is gegeven in het beleid beter hanteerbaar te maken. Zo kunnen er trendextrapolaties worden gemaakt, computersimulaties worden uitgevoerd en creatieve brainstorms worden georganiseerd. De mate van onzekerheid over het toekomstige verloop van ontwikkelingen waarover uitspraken worden gedaan is hierbij bepalend (Dammers et al. 2013). De methoden kunnen in drie groepen worden verdeeld: prognoses, scenario's en speculaties. Figuur 2.1 geeft het verschil weer. Daarna zetten we uiteen waarom we voor scenario's hebben gekozen.



Figuur 2.1 Schematische voorstelling van de verschillen tussen prognoses, scenario's en speculaties

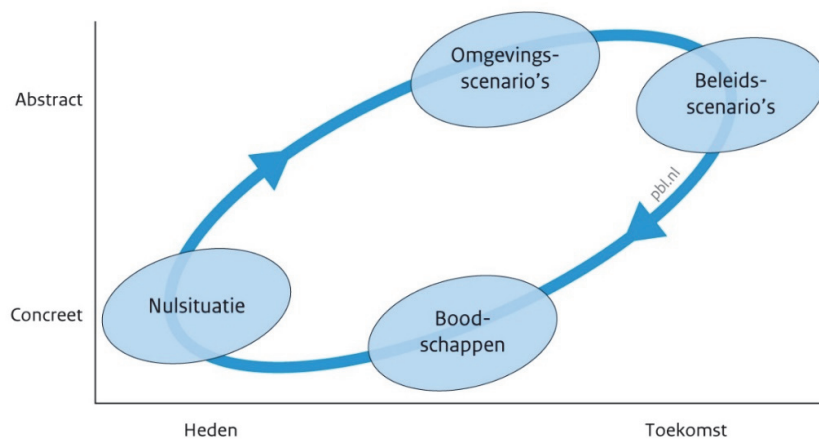
Een prognose doet op basis van kennis over een ontwikkeling in het verleden een zo nauwkeurig mogelijke uitspraak over het verloop ervan in de toekomst. Hierbij wordt rekening gehouden met een bandbreedte waarbinnen de ontwikkeling zich zou kunnen voordoen. De *Nationale Energieverkenning* die jaarlijks wordt uitgebracht is een voorbeeld van een prognose (Schoots et al. 2017). Speculaties zijn gebaseerd op allerlei creatieve ideeën op basis waarvan uitspraken over de toekomst worden gedaan of beelden over de toekomst worden gecreëerd. Het Magazine *Blauwdruk 2050, de maritieme wereld voorbij de horizon* (NISS 2016) is een voorbeeld van speculatie. Scenario's nemen een tussenpositie in. Zij doen op basis van kennis over het verleden en heden uitspraken over verschillende richtingen waarin ontwikkelingen in de toekomst kunnen verlopen.

Een voordeel van scenario's boven prognoses is dat zij meer recht doen aan de onzekerheid die zich op de lange termijn kan voordoen doordat zij alternatieve richtingen verkennen waarin maatschappelijke en fysieke ontwikkelingen met een impact op de Noordzee kunnen verlopen. Bovendien verkennen scenario's de ontwikkelingen op een samenhangende manier en zijn zij dus niet gefocust op het verloop van afzonderlijke ontwikkelingen. Daarnaast bieden scenario's meer inspiratie doordat zij verschillende richtingen waarin het beleid voor de Noordzee zich op termijn kan ontwikkelen, bijvoorbeeld in de richting van vaststaand beleid (business as usual) of van het realiseren van verschillende transities om duurzaamheidsambities waar te maken. Voordelen boven speculaties zijn dat de uitspraken over de toekomst bij scenario's meer onderbouwd zijn en dat scenario's meer inzicht geven in de manieren waarop de toekomstige situaties gerealiseerd kunnen worden, zoals de beleidsinspanningen die hiervoor nodig zijn. Ook hierbij geldt dat scenario's samenhangende verhalen over de toekomst presenteren en niet zijn gefocust op afzonderlijke gebeurtenissen die kunnen optreden. Het is van belang dat de gebruiker van de scenario's zich realiseert dat het niet zinvol is om een scenario te kiezen omdat elk scenario veel omgevingsvariabelen bevat. Variabelen, zoals economische groei, die zich buiten de reikwijdte van een gebruiker ontwikkelen. Wel kan een gebruiker, zoals de overheid, de scenario's toepassen om de mogelijke impact te onderzoeken van bepaalde ambities onder verschillende omstandigheden. Zo bieden de scenario's aanknopingspunten voor integraal beleid gericht op de Noordzee.

2.2 De onderdelen van scenario's

Scenariostudies worden vaak uitgevoerd op een manier waarbij verschillende methoden worden gebruikt om mogelijke toekomstige ontwikkelingen in kaart te brengen. Er is dan ook eerder sprake van een globale aanpak dan een vastomlijnde methode (Dammers et al. 2013). Het is daarom niet vanzelfsprekend dat alle onderdelen die in een scenariostudie kunnen worden onderscheiden ook altijd worden meegenomen. Een volledige scenariostudie bevat een nulsituatie, omgevingsscenario's, beleidsscenario's en boodschappen voor het beleid en de sectoren (zie ook figuur 2.3). Deze scenariostudie bevat alle vier de onderdelen; alleen zijn de omgevingsscenario's en beleidsscenario's samengevoegd. Hieronder lichten we de onderdelen en de invullingen die we eraan hebben gegeven toe en zetten we uiteen waarom we de omgevings- en beleidsscenario's hebben verenigd.

Scenarioocclus



Figuur 2.2

De vier onderdelen uit de scenariostudie zijn op een cyclische manier met elkaar verbonden: de nulsituatie, omgevingsscenario's, scenario's en boodschappen (figuur 2.2). Ten eerste is er sprake van een cyclus in de tijd. De nulsituatie is op het heden gericht, de omgevingsscenario's en de beleidsscenario's op de lange termijn en de boodschappen op de korte termijn. De laatste zijn immers bedoeld om de komende jaren in het beleid mee te nemen. Ten tweede is er een cyclus in de mate waarin de scenario-onderdelen zijn uitgewerkt. De nulsituatie is concreet, omdat over het heden veel kennis beschikbaar is. De omgevingsscenario's en de beleidsscenario's zijn abstract, omdat er over de lange termijn veel minder bekend is. En de boodschappen zijn weer concreet, omdat zij voldoende aanknopingspunten voor het beleid dat momenteel wordt ontwikkeld moeten bieden.

De nulsituatie geeft een beschrijving van de huidige situatie van de Noordzee, de sectoren die er gebruik van maken en het beleid dat er voor geldt en hoe de situatie is ontstaan. De nulsituatie is uitgevoerd, omdat zij een vergelijkingsbasis biedt waarmee de toekomstige veranderingen in het gebruik van de Noordzee en in het beleid dat voor de Noordzee wordt gevoerd duidelijker kunnen worden aangegeven. Daarnaast maakt de nulsituatie het gemakkelijker om relevante beleidsboodschappen te bedenken. Hiervoor is het immers nodig om niet alleen rekening te houden met denkbare toekomst van de Noordzee en het beleid, maar ook met de huidige situatie.

De nulsituatie is gefocust op het Nederlandse deel van de Noordzee. De studie is namelijk uitgevoerd op verzoek van de ministeries die beleid voeren voor de Noordzee: I&W, EZK, LNV en BZK. Daarnaast zijn ook de ministeries van Defensie en OCW betrokken bij de begeleiding. De ministeries hebben dit verzoek aan het PBL gedaan met het oog op een betere onderbouwing van het beleid dat zij voeren voor de Noordzee. Hierbij gaat het voornamelijk om de ontwikkeling van de *Strategische Agenda Noordzee 2030* en de *Nationale Omgevingsvisie* en een nadere uitwerking door Nederland (I&W en LNV 2018) van de *Kaderrichtlijn Mariene Strategie* (EU, 2008). Hoewel de focus is gericht op het Nederlandse deel van de Noordzee besteedt de nulsituatie waar nodig ook aandacht aan de hele Noordzee. De huidige toestand van het Nederlandse deel kan immers alleen goed worden begrepen als ook de rest van de Noordzee in de beschouwing wordt meegenomen. Dat geldt ook voor de sectoren die gebruik maken van het Nederlandse deel. Zo zijn de huidige toestand van de natuur, de huidige scheepvaart en het huidige beleid alleen goed te begrijpen als de hele Noordzee en het EU-beleid en internationale afspraken worden meegenomen. Waar dat relevant is worden ook de relaties tussen zee en land beschreven, bijvoorbeeld de relaties tussen natuur en windenergie op land en op zee. Omdat meervoudig ruimtegebruik op de Noordzee waarschijnlijk een uitgangspunt is alle gebruik van de Noordzee, besteedt de nulsituatie bijzondere aandacht aan het huidige ruimtebeslag door sectoren. *De toekomst van de Noordzee* was grotendeels afgerond op het moment dat het Regeerakkoord uitkwam eind 2017. De elementen uit het Regeerakkoord relevant voor de Noordzee zijn daarom niet meegenomen bij de aanneming van de nulsituatie. In het hoofddocument zelf is wel apart aangegeven hoe de scenariostudie zich verhoudt tot de relevante onderdelen in het Regeerakkoord.

Omdat er veel nationale en internationale ontwikkelingen zijn die van invloed zijn op (het Nederlandse deel van) de Noordzee en het gebruik ervan en omdat het toekomstige verloop van deze ontwikkelingen onzeker is, zijn deze ontwikkelingen in alle vier de scenario's meegenomen. De scenario's verkennen op een samenhangende manier enkele richtingen waarin fysieke, maatschappelijke, economische en andere ontwikkelingen met een impact de Noordzee en het gebruik ervan op termijn kunnen verlopen (Wack 1985; Dammers et al. 2013). Denk hierbij aan het toekomstige verloop van de klimaatverandering, de vraag naar voedsel uit zee, het mondiale transport, de wereld-economie, het Europese maritieme beleid en dergelijke. Daarnaast brengen zij in beeld hoe groot de beleidsopgaven in de toekomst kunnen worden, bijvoorbeeld om de energievoorziening, de scheepvaart en de visserij te verduurzamen en met welke mogelijkheden en beperkingen het beleid te maken kan krijgen, bijvoorbeeld in termen van beschikbare financiële middelen.

De scenario's sluiten wat betreft economische, technologische, demografische en andere ontwikkelingen aan bij de scenario's uit *Nederland in 2030 en 2050* (CPB & PBL 2015a). Deze scenariostudie heet ook wel *Toekomstverkenning Welvaart en leefomgeving* (WLO). De scenario's 'Langzaam verder' en 'Pragmatisch duurzaam' sluiten aan bij het WLO-scenario 'Laag' en de scenario's 'Snel vooruit' en 'Samen duurzaam' bij het WLO-scenario 'Hoog'. Een belangrijk verschil is dat de WLO-scenario's zijn gefocust op het landsdeel van Nederland, terwijl de scenario's in deze studie zijn gefocust op het Nederlandse deel van de Noordzee.

De scenario's 'Langzaam verder' en 'Snel vooruit' zijn net als beide WLO-scenario's gebaseerd op de veronderstelling dat het Nederlandse overheidsbeleid dat voor het aantreden van het nieuwe kabinet eind 2017 werd gevoerd in de toekomst wordt voortgezet. Met dit beleid levert Nederland geen extra inzet boven op het al ingezette klimaat- en energiebeleid. De broeikasgasvermindering in 2050 blijft in de WLO-scenario's 'Laag' en 'Hoog' steken op 45 procent en 65 procent, respectievelijk, ten opzichte van 1990.

Het realiseren van de klimaatdoelstelling van Parijs uit 2015 vraagt om een grote inzet van Nederland. Een vermindering door Nederland van de uitstoot van broeikasgassen van circa 80 tot 95 procent in 2050 past als nationale bijdrage om de mondiale temperatuurstijging te beperken tot twee graden. Een nog verdergaande vermindering van 100 procent of meer is nodig als nationale bijdrage om de temperatuurstijging tot 1.5 graad te beperken (van Vuuren et al. 2017). Op 28 november 2018 heeft de Europese Commissie een langetermijnvisie gepresenteerd waarin het oproept tot volledige klimaatneutraliteit in Europa, 100 procent vermindering in 2050 (EC 2018).

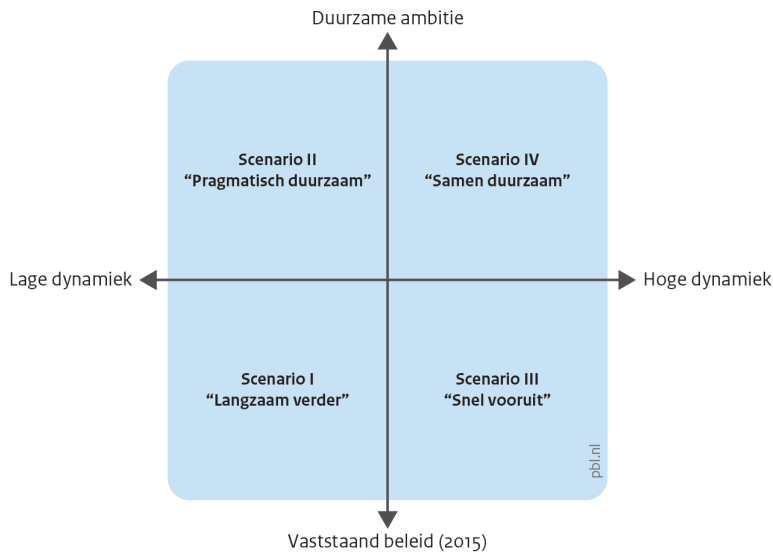
Alleen in het scenario 'Samen duurzaam' levert Nederland met 100 procent vermindering van de uitstoot van broeikasgassen een voldoende bijdrage aan het realiseren van de klimaatdoelstelling van Parijs. In het scenario 'Pragmatisch duurzaam' komt Nederland in de buurt van het bereiken van de twee graden doelstelling met een vermindering van 80 procent. Die afname zit aan de onderkant van de marge van 80-95 procent vermindering die de Europese regeringsleiders al in 2009 hebben afgesproken als Europese opgave voor een mondiaal pad richting de 'twee gradendoelstelling'.

Verder wordt in deze duurzame scenario's ook het Duurzame ontwikkelingsdoel van de Verenigde Naties dat betrekking heeft op de zee gerealiseerd (Sustainable Development Goal 14). In 'Pragmatisch duurzaam' en 'Samen duurzaam' vindt daarom een vergaande verduurzaming plaats van alle sectoren die gebruik maken van het Nederlandse deel van de Noordzee. In 'Samen duurzaam' gaat de verduurzaming verder dan 'Pragmatisch duurzaam', omdat de snellere technologische ontwikkeling dit mogelijk maakt en de hogere economische groei dit ook betaalbaar maakt. Bovendien vindt de verduurzaming ook op brede internationale schaal plaats.

Op deze manier besteden alle vier de scenario's aandacht aan zowel de autonome ontwikkelingen die van invloed zijn op het Nederlandse deel van de Noordzee als aan het beleid dat van invloed is op de sectoren die actief in dit deel van de Noordzee actief zijn. Om die reden kunnen de vier scenario's worden opgevat als combinaties van omgevings- en beleidsscenario's. Figuur 2.3 geeft weer hoe de scenario's ten opzichte van elkaar zijn gepositioneerd. Twee dimensies spelen hierbij een voorname rol:

1. de dynamiek in de economie, de technologie, de samenleving e.d.: lage of juist een hoge dynamiek (WLO: CPB & PBL 2015a)
2. de ambitie van het nationale beleid: vaststaand beleid of duurzame ambitie. Het vaststaand beleid is ook gebaseerd op de WLO 2015 en inclusief het vaststaande beleid rond energie, natuur en voedselvoorziening tot het Regeerakkoord 2017.

Positionering van de Noordzeescenario's



Bron: PBL

Figuur 2.3

Alle vier de scenario's zijn gefocust op de beleidsthema's waarop de *Strategische Agenda Noordzee 2030* worden gericht: 'Energietransitie', 'Robuuste natuur' en 'Toekomstbestendige voedselvoorziening'. Daarnaast komen de sectoren die niet door deze drie thema's worden gedekt, maar die wel gebruik maken van de Noordzee aan de orde. Hierbij gaat het om scheepvaart, telecommunicatie, zandwinning, defensie, recreatie en cultureel erfgoed. Verder besteden de scenario's aandacht aan meervoudig ruimtegebruik, omdat de verwachting is dat het gebruik van de Noordzee sterk zal intensiveren en sommige sectoren, vooral de windsector, een veel groter beslag op de ruimte die de Noordzee biedt zullen leggen.

De tijdshorizon van de vier scenario's is 2050. Dit is een periode die aan de ene kant lang genoeg is om de verschillende richtingen die de ontwikkelingen die van invloed zijn op de Noordzee en het beleid dat gericht is op zee, te verkennen, samen met hun effecten op de Noordzee. Aan de andere kant is de periode (ongeveer een generatie) nog te overzien en kunnen ontwikkelingen op deze termijn nog op een betekenisvolle manier worden doorgerekend. Waar dat relevant is wordt ook 2030 als tijdshorizon gehanteerd. Dit gebeurt onder andere bij de verkenning van windenergie op zee met de bijbehorende infrastructuur, omdat de verwachting is dat er vooral op dit vlak veel gaat veranderen. Beide tijdshorizonten zijn ook relevant voor de beleidstrajecten waarvoor we de scenario's hebben ontwikkeld.

Op basis van de nulsituatie en de scenario's hebben we voor de beleidsthema's, de overige sectoren en meervoudig ruimtegebruik boodschappen geformuleerd. Hierbij gaat het niet alleen om boodschappen voor het overheidsbeleid gericht op het Nederlandse deel van de Noordzee, maar ook voor de sectoren die van dit deel van de zee gebruik maken of kunnen gaan maken. De boodschappen zijn gericht op de korte termijn, maar zij zijn geformuleerd vanuit het gezichtspunt van de lange termijn. Bij het formuleren van de boodschappen hebben we steeds gekeken naar de belangrijkste vraagstukken die op de Noordzee spelen, de meest relevante ontwikkelingen die volgens de scenario's kunnen optreden en de effecten die zij op de vraagstukken kunnen hebben, de voornaamste kansen en knelpunten die zij met zich mee kunnen brengen en mogelijke oplossings-

richtingen om de kansen te benutten en de knelpunten op te lossen. Om de boodschappen te formuleren hebben we steeds per vraagstuk een vergelijking gemaakt tussen de scenario's onderling en tussen de scenario's en de nulsituatie.

2.3 Toegepaste methoden

De scenario-onderdelen kunnen op verschillende manieren worden ontwikkeld met gebruik van verschillende methoden: modelberekeningen, essays, workshops en ontwerpen. Bij de ontwikkeling van de Noordzeescenario's zijn de zojuist genoemde methoden gecombineerd toegepast. Op deze manier wilden we proberen om de sterke kanten van de verschillende methoden zoveel mogelijk te benutten en hun zwakke kanten te compenseren (Dammers et al. 2013). Tabel 2.1 geeft een overzicht van de methoden die voor elk scenario-onderdeel zijn gebruikt; de onderstaande tekst geeft een toelichting.

Tabel 2.1 Toegepaste methoden per scenario-onderdeel

Scenario-onderdelen	Toegepaste methoden
<i>Nulsituatie</i>	Literatuurverkenning
<i>Omgevings- en beleidsscenario's</i>	Workshops
	Literatuurverkenning
	Ontwerpen
	Expert interviews
	Modelberekeningen
<i>Boodschappen</i>	Workshop
	Literatuurverkenning

Nulsituatie

De nulsituatie is voornamelijk gebaseerd op een literatuurverkenning over de huidige situatie van de Noordzee, de sectoren die er gebruik van maken en het nationale en internationale beleid dat betrekking heeft op de Noordzee. Hierbij hebben we onder andere een beroep gedaan op de *Staat van de Noordzee editie 2015* (NIOZ et al. 2014), *Noordzee 2050 gebiedsagenda* (IenM & EZ 2014) en beleidsnota's zoals het *Nationaal waterplan 2016-2021* (IenM & EZ 2015a), de *Beleidsnota Noordzee 2016-2021* (IenM & EZ 2015b) en de *Mariene strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020 (deel 3)* (IenM & EZ 2015c). Daarnaast hebben we dankbaar gebruik gemaakt van informatie die te vinden is op websites zoals het Noordzeeloket (<https://www.noordzeeloket.nl/>) en Visserij in cijfers (<https://www.wur.nl/nl/project/Visserij-in-cijfers.htm>).

Omgevings- en beleidsscenario's

Hoewel de omgevingsscenario's en de beleidsscenario's inhoudelijk verschillen zijn ze gelijktijdig en op dezelfde manier ontwikkeld met gebruikmaking van dezelfde technieken. Ten eerste hebben we twee workshops georganiseerd om de scenario's te ontwikkelen: een om prototypes van de scenario's te maken en een om de prototypes tot volwaardige scenario's uit te werken. Aan de eerste workshop hebben naast het projectteam alleen medewerkers van de ministeries van IenM en EZ deelgenomen. Bij beide ministeries was er namelijk de behoefte om hun verwachtingen en wensen over de toekomst van de Noordzee eerst met elkaar af te stemmen voordat ze in een breder verband zouden worden gecommuniceerd. Vanuit het PBL zijn we hiermee akkoord gegaan onder de voorwaarde dat er tijdens de tweede workshop ruimte zou zijn om de scenario's waar nodig aan te passen en verder uit te werken. De ideeën die de deelnemers aan tijdens de workshop genereerden werden op flappen en op kaarten weergegeven. Voorbeelden van ideeën die deze workshop heeft opgeleverd zijn de mogelijkheid van een noordelijke vaarverbinding door het smelten van het poolijs, dat een harde Brexit vooral afstemmingsproblemen voor de Doggersbank kan opleveren en

dat er in de scheepvaart waarschijnlijk een ontwikkeling optreedt van *freedom of navigation* naar *freedom of destination*.

De resultaten van de workshop hebben we geanalyseerd en op basis van literatuurverkenning en logisch redeneren verder uitgewerkt. Dit leverde de prototypen van de scenario's op. De literatuur die we hebben gebruikt bestond uit diverse sectorale scenariostudies, zoals de *Natuurverkenning 2010 – 2040* (PBL 2012), *Bodemberoerende visserij op de Noordzee* (LEI 2014) en *Clingendael's visie op de krijgsmacht van de toekomst* (Clingendael 2013). Daarnaast hebben we gebruik gemaakt van verschillende beleidsnota's, waaronder de nota's die bij de bespreking van de nulsituatie zijn genoemd. De literatuurverkenning heeft tal van inzichten opgeleverd die we in de scenario's hebben verwerkt. Hierbij gaat het niet alleen om inzichten in internationale verdragen en het Europese en nationale beleid voor de Noordzee, maar bijvoorbeeld ook in de migratie van vissoorten, nieuwe vangsttechnieken in de visserij, mogelijke ontwikkelingen in de scheepvaart, mogelijke havenontwikkelingen en mogelijke accumulatie van effecten op soorten.

Verder hebben medewerkers van HNS Landschapsarchitecten, die aan de scenario's hebben meegewerkt, de schetsmatige kaarten die tijdens de workshop waren gemaakt tot symbolische kaarten uitgewerkt. Per scenario is steeds een kaart van het Nederlandse deel van de Noordzee en van de Noordzee als geheel gemaakt. Voorafgaand aan de eerste workshop werden de eerste versies van de kaarten gemaakt en als input aan de deelnemers voorgelegd. Zij konden deze versies commentariëren en als werkmateriaal gebruiken om hun inzichten over de locaties waar de activiteiten op de zee zich in de toekomst kunnen afspelen op te schetsen. Inzichten die zij leverden hadden betrekking op locaties van mogelijke nieuwe windparken, natuurgebieden en scheepvaartroutes en relaties tussen ontwikkelingen op het Nederlandse deel van de Noordzee en de delen van de buurlanden.

De prototypen van de scenario's hebben we op een bondige en beeldende manier samengevat en vooraf toegezonden aan de deelnemers aan de tweede workshop. Aan deze workshop heeft een grote diversiteit aan betrokkenen bij de Noordzee deelgenomen: medewerkers van ministeries, kustprovincies, bedrijven, kennisinstellingen en ngo's en afkomstig uit sectoren als energie, natuur, visserij, zandwinning en recreatie. Principes die hierbij een belangrijke rol speelden waren: expertise in huis hebben over de Noordzee en/of sectoren die daarop actief zijn, over de lange termijn kunnen denken, voorbij de eigen sector kunnen denken en met elkaar een breed scala aan gezichtspunten op de toekomst van de Noordzee vertegenwoordigen (Dammers et al. 2017).

Tijdens deze workshop kregen de deelnemers de gelegenheid om de prototypen van de scenario's verder uit te werken en waar dat nodig was aan te passen. Dit is gebeurd in vier ronden, waarbij de deelnemers steeds aan een ander scenario konden werken en waarbij zij steeds andere opdracht kregen: achtereenvolgens de scenario's meer compleet maken, meer inspirerend maken, meer haalbaar maken en meer relevant maken. Ook nu werden de ideeën die de deelnemers tijdens de workshop genereerden op flappen en kaarten weergegeven. Deze workshop leverden ideeën op over mogelijke locaties van nieuwe beschermde natuurgebieden, de mogelijkheden van aquacultuur, verplaatsing van visgronden door vismigratie en de nadelen van eilanden voor de kust voor de huidige kust en de Waddenzee. Daarnaast werden suggesties gedaan als uitleggen hoe de verandering in de energiemix in de scenario's plaats vindt, meer aandacht besteden aan het combineren van functies en de internationale dimensie verder uitwerken.

De resultaten van de workshop maakten duidelijk dat er over verschillende sectoren kennisleemten waren. Daarnaast hadden we behoefte om met experts uit de verschillende sectoren door te praten over innovaties die in de toekomst zouden kunnen doorbreken. Daarom hebben we een aantal interviews gehouden met experts op het gebied van scheepvaart, havens, telecommunicatie, defensie, visserij, aquacultuur en mariene natuur. De interviews hebben we in beknopte notities beschreven en door de experts laten checken. De interviews leverden onder andere inzichten op in

de voorwaarden voor innovaties binnen de visserijsector, de mogelijkheden om via de funderingen van windmolens hard substraat te leveren, de mogelijkheden om op grote schaal algen voor biograndstoffen te kweken en de voorwaarden voor verdere havenuitbreiding.

De resultaten van de workshop en de interviews hebben we geanalyseerd en op basis van literatuurverkenning en logisch redeneren verder uitgewerkt. Dit leverde vier essays over de toekomst op. Deze essays vormen de basis van de verhaallijnen zoals die staan beschreven in hoofdstuk 3 van de scenariostudie.

Voor het maken van de vier essays en later de verhaallijnen hebben we een breed scala aan literatuur meegenomen, waaronder:

- scenariostudies uit andere Noordzeelanden, zoals *Alternative future scenarios for marien ecosystems* (CEFAS et al. 2006),
- scenariostudies van internationale consortia, zoals *Climate change and European aquatic resources* (CEFAS 2017),
- beleidsnota's van andere Noordzeelanden, zoals *Integrated management of the marine environment of the North Sea and Skagerrak* (Norwegian Ministry of the Environment 2013),
- plannen van de EU, zoals *Strategic plan 2016 – 2020* van DG Maritime Affairs and Fisheries (2016),
- visies van sectoren, zoals de *Havenvisie 2030* (Port of Rotterdam (2011) en
- wetenschappelijke onderzoeken, zoals *Cumulative effects assessment* (IMARES 2017).

De kaarten die de deelnemers aan de tweede workshop hebben aangepast en uitgewerkt zijn na de workshop opnieuw verwerkt door de medewerkers van HNS Landschapsarchitecten. Dit gebeurde in een aantal ronden waarbij de betrokken PBL-ers en medewerkers van de ministeries de kaarten hebben gecheckt en suggesties voor aanpassingen hebben gedaan. In deze ronden is ook het ruimtegebruik van de Noordzee duidelijker op de kaarten weergegeven (meer onderscheidende kleuren) en zijn de legenda's van de kaarten vereenvoudigd (alleen wat er op de kaart in kwestie is te vinden).

Verder heeft het PBL voor de energiesector modelberekeningen uitgevoerd. Hierin zijn de energievraag, het energieaanbod, import en export in evenwicht gebracht met technologieën waarmee een vooropgesteld nationaal reductiedoel van broeikasgassen kan worden gerealiseerd. De resultaten voor de klimaat en energietransitie in de scenario's worden in belangrijke mate gestuurd door de reductiedoelstelling van broeikasgassen en de sociaaleconomische omstandigheden van Nederland in een mondiale setting. De aanpak is zoals beschreven in CPB & PBL (2015b) en nader toegelicht in Matthijsen et al. (2016). In paragraaf 3.1 Energie worden de specifieke keuzes en aannames voor deze studie, zoals de energievraag bij duurzame ambitie, verder uitgewerkt. Voor onderdelen van sommige andere sectoren zoals scheepvaart en zandwinning worden ook cijfers gegeven, maar die zijn aan andere studies ontleend.

Deze scenariostudie en het ontwikkeltraject met workshops was een onderdeel van een groter oplopend debat bij een aantal lopende beleidstrajecten rond de toekomst van de Noordzee. Onderliggende scenariostudie levert een beeld van verschillende mogelijk ontwikkelingen van de Noordzee. De ontwikkelingen rond energie, natuur en voedsel worden in deze studie beschreven. De ontwikkelingen bij de scheepvaart en de overige Noordzee sectoren komen aan bod in dit begeleidend achtergronddocument. Daarmee biedt deze studie een integraal beeld dat zo de verschillende beleidstrajecten kan verbinden.

Boodschappen

Naast de twee workshops die we hebben georganiseerd om de scenario's te ontwikkelen hebben we ook een workshop georganiseerd om boodschappen uit de scenario's af te leiden. Hierbij gaat het niet alleen om aandachtspunten en aanbevelingen voor het beleid gericht op het Nederlandse deel

van de Noordzee, maar ook om de sectoren die op dit deel van de Noordzee actief zijn. Tijdens de workshop hebben we de deelnemers eerst gevraagd om een aantal vraagstukken te benoemen die nu of in de komende jaren de nodige aandacht van het beleid en de sectoren vergen. De vraagstukken die de deelnemers het belangrijkste vonden zijn in kleine groepen verder uitgewerkt. Hierbij ging het om: meervoudig ruimtegebruik op zee, het prioriteren van functies, de combinatie van natuurgebieden met andere functies, de inpassing van andere functies in de 'energiecentrale op zee', de regie over de Noordzee, internationale samenwerking en de kennisinfrastructuur.

Met behulp van de scenario's hebben de groepen gekeken wat de urgentie van de vraagstukken zou kunnen worden, welke vormen zij zouden kunnen aannemen en hoe er vanuit het overheidsbeleid en vanuit de sectoren op geanticipeerd of gereageerd zou kunnen worden. Op deze manier kon bij het bedenken van de boodschappen rekening worden gehouden met de onzekerheid van de toekomst en konden toekomstbestendige aanbevelingen worden gedaan (robuust en flexibel). De groepen hebben allerlei ideeën voor de boodschappen geleverd, zoals het belang van de driehoek (wind)energie, natuur en voedselproductie, de grote uitdaging die het combineren van drie functies in veel gevallen vormt, de mogelijkheid om windparken te gebruiken om natuurgebieden te verbinden, de mogelijkheid om visserij-inclusieve windparken te bouwen, de noodzaak van afstemming tussen sectoren via visievorming, de noodzaak van multilateraal in plaats van bilateraal overleg tussen de Noordzeelanden en de noodzaak van een internationaal kennisplatform met een grote openheid en betrokkenheid van diverse partijen.

De boodschappen uit de workshop vormden het begin voor de hoofdboodschappen in *De toekomst van de Noordzee*. De vorm waarin de boodschappen uiteindelijk zijn gegoten komt voor rekening van het PBL zelf. Hierbij hebben we gestreefd naar zoveel mogelijk integrale scenario-beelden waarbij de mogelijke knelpunten voor de onderdelen natuur, voedselvoorziening en energievoorziening zo duidelijk mogelijk naar voren konden worden gebracht.

3 Sectorontwikkeling

In dit hoofdstuk lichten we de achtergronden bij scenario-ontwikkelingen per sector nader toe. Het vormt daarmee een sectorale uitwerking van de verhaallijnen zoals beschreven in hoofdstuk 3 van *De toekomst van de Noordzee*. Voor elk van de sectoren behandelen we de huidige situatie en vervolgens de toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen. De Bijlage I geeft een samenvatting van de sectorale ontwikkelingen per scenario in 2030 en 2050. Voor Natuur is geen extra achtergrondinformatie bovenop de beschrijving in de scenariostudie zelf. Hieronder in het kort een overzicht.

Natuur

De veronderstelde effecten op de Noordzeenatuur in de scenario's zijn het gevolg van menselijke activiteiten. Effecten van natuurlijke aard, bijvoorbeeld door het verdwijnen of verschijnen van flora en fauna in de Noordzee, zijn niet meegenomen. We veronderstellen een positieve effect als natuur letterlijk meer ruimte krijgt door uitbreiding van bestaande beschermde natuurgebieden en ook als versturende menselijke activiteiten worden beperkt met name in beschermde gebieden. Verder gaan we ervan uit dat extra milieubeleid om bijvoorbeeld eutrofiering in de Noordzee tegen gaan (zie scenario II en IV) de natuurontwikkeling ten goede zal komen. Hiernaast komt de Noordzeenatuur extra onder druk te staan door toenemende verzuring en opwarming van het zeewater als gevolg van klimaatverandering. De veronderstelling in de scenario's is dat de natuur er netto in alle scenario's op vooruit gaat. In de scenario's met extra duurzaamheidsbeleid, scenario II 'Pragmatisch duurzaam' en scenario IV 'Samen duurzaam', meer dan in de andere twee scenario's.

De mate waarin de veronderstelde verbetering van de Noordzeenatuur ook daadwerkelijk zal optreden is echter onzeker. Grootschalige gevolgen van klimaatverandering zoals verzuring en opwarming van de Noordzee zullen ecosystemen aantasten. We veronderstellen dat de mate waarin dit plaatsvindt per scenario verschilt maar dat het effect op de natuur als geheel in 2050 nog beperkt zal zijn. Toch zullen kwetsbare ecosystemen in de Noordzee mogelijk al wel substantiële schade oplopen. Het blijft echter moeilijk vooraf in te schatten wat de cumulatieve effecten door verschillende drukfactoren zullen zijn op de Noordzeenatuur als geheel en helemaal op onderdelen ervan.

Een belangrijke aanname voor wat betreft de Noordzeenatuur is dat de aanwezigheid van veel windparken op langere termijn (2050) gemiddeld geen negatief en mogelijk zelfs een positief effect heeft op de ontwikkeling van de Noordzeenatuur. Dit speelt vooral in scenario III 'Snel vooruit' en scenario IV 'Samen duurzaam'. Windparken kunnen echter, in ieder geval op korte termijn, negatieve effecten hebben op de Noordzeenatuur. Zo is bekend dat de bodem- en waterfauna tijdens de aanleg van windparken wordt verstoord. Daarnaast kunnen vogels en vleermuizen in aanraking komen met de wieken als de turbines in productie zijn en er kan verstoring optreden door menselijke activiteiten in een windpark zoals de scheepvaart voor regulier beheer en onderhoud van de windturbines. De veronderstelde ontwikkeling van de Noordzeenatuur in de verschillende scenario's is daarom sterk kwalitatief van aard en gaat gepaard met de aanbeveling om de werkelijke effecten continu te monitoren zodat kan worden bijsturen. Omdat uitbreiding van het aantal windparken bij de meeste Noordzeelanden in de planning zit is het van belang dat monitoring ook op internationale schaal plaatsvindt.

3.1 Energie

Huidige situatie en opgaven

Onder de sector energie vallen olie- en gaswinning, windenergie en CCS (Carbon Capture and Storage, CO₂-opslag). Al deze onderdelen zijn aangemerkt als activiteiten van nationaal belang

- Olie- en gaswinning loopt af richting 2050. Een aantal nieuwe gasvelden wordt nog in gebruik genomen, tegelijkertijd wordt begin gemaakt met opruimen van platforms. Het huidige beleid richt zich op een afbouw van de gaswinning uit de zogenaamde Kleine Velden waarbij gas wordt gewonnen zolang en in zoverre gas nog nodig is, en alleen waar dit veilig kan (Kamerbrief 'Gaswinning uit de kleine velden in de energietransitie' 30 mei 2018).
- Eerste windparken staan relatief dicht bij de kust, spectaculaire daling kosten windparken (steeds minder subsidie). Inmiddels heeft de eerste aanbesteding voor de bouw van een windpark zonder subsidie gedaan (maart 2018). Min of meer tegelijkertijd is de Routekaart windenergie op zee 2030 aangenomen die voorziet een opgesteld windvermogen van 11.5 gigawatt in 2030. De wind-op-zee ambities uit het Klimaatakkoord, een elektriciteitsproductie afkomstig van het NCP van 49 TWh in 2030, vergen waarschijnlijk een groter vermogen dan de voorziene 11.5 gigawatt. Eind 2017 stond er circa 1 gigawatt aan windvermogen op het Nederlandse deel van de Noordzee.
- CCS staat expliciet in het Regeerakkoord 2017, maar concrete uitvoering in projecten lijkt ver weg sinds het afblazen van het eerste proefproject (ROAD). Bij de onderhandelingen van het Klimaatakkoord in 2018 is CCS een onderwerp bij de Industrie onderhandelingstafel, met name gaat het over CCS in oude gasvelden op de Noordzee, op het Nederlands Continentaal Plat. Naast CCS is het ook mogelijk om de afgevangen CO₂ opnieuw te gebruiken CCU (Carbon Capture and Usage). CCU is niet als optie meegenomen in de Noordzee scenariostudie.

Voor de stand van zaken en details van de huidige Nederlandse energievoorziening verwijzen we naar de Nationale Energieverkenning van 2017 (Schoots et al. 2017). De doorwerking van de uitkomst van het Klimaatakkoord, mits tijdig beschikbaar, zal het PBL in de Klimaat en energieverkenning van 2019 verwerken.

De opgave wordt vooral bepaald door de mate waarin klimaatbeleid wordt uitgevoerd en de mate waarin leveringszekerheid en betaalbaarheid van belang zijn. In de bepaling van de Nationale energievraag zoals die in de Welvaart en Leefomgevingsscenario's is bepaald voor 2050 is vooral naar de uitvoering van het klimaatbeleid gekeken. Voor leveringszekerheid en betaalbaarheid is verondersteld dat er voldoende waarborgen zijn meegenomen bij de verschillende ontwikkelingen van het energiesysteem dat leveringszekerheid en betaalbaarheid niet in gevaar komen.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

De mate waarin Nederland, in mondiale setting, klimaatdoelen realiseert is sterk bepalend voor de veronderstelde scenario-ontwikkelingen rond energie. Daarnaast zijn andere, meer socio-economische randvoorwaarden, zoals brandstofprijzen en de mate van technologische ontwikkeling van belang. De gehanteerde aanpak is vergelijkbaar met die in de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving: Cahier Klimaat en Energie (CPB & PBL 2015b). Daar waar de onderliggende gegevens en aannames afwijken van dit onderdeel van de toekomstverkenning WLO worden die gegevens in dit hoofdstuk of de bijlage behandeld, voor het overige verwijzen we naar het achtergronddocument bij het Cahier Klimaat en Energie (Matthijssen et al. 2016).

De economische groei en de bevolkingsaanwas zijn belangrijke drijvende krachten voor de groeiende energievraag. Deze drijvende krachten verschillen in de Noordzee scenario's zoals in de WLO scenario's Laag (Noordzeescenario's I en II) en Hoog (Noordzeescenario's III en IV).

Welke technologische ontwikkelingen precies zullen plaatsvinden is onzeker. Die onzekerheid neemt sterk toe na 2030, hoe dieper de broeikasgasreducties des te groter de onzekerheid. Er is dan steeds meer inspanning nodig om de uitstoot verder te verminderen terwijl de energiebehoefte in principe blijft groeien als gevolg van de macro-economische ontwikkelingen. Tegenover de groei van de energiebehoefte staan mogelijkheden tot energiebesparing in alle sectoren.

Energievraag

De energie vraag verschilt per scenario. De netto energie vraag is het gevolg van socio-economische ontwikkeling (lage vs hoge dynamiek conform de WLO), efficiency en energiemix. Delen van het energiesysteem die gebruik maken van fossiele brandstoffen schakelen over op elektriciteit en in sommige industrieonderdelen wordt meer circulariteit verondersteld zoals bij de productie van staal. De mate waarin verschilt per scenario. Elektrificatie draagt bij aan de uitstootvermindering van broeikasgassen als de elektriciteit duurzaam wordt opgewekt. Tabel 3.1 laat per scenario het netto resultaat zien voor het finaal energiegebruik in de vorm van procenten besparing ten opzichte het gebruik in 2015 (2076 petajoules). Bijlage II geeft een overzicht van de finale energie vraag of volumeontwikkeling per energie-deelsector zoals die in de modelanalyses zijn gebruikt. Het zijn cijfers voor het basisjaar 2013 en de zichtjaren 2030 en 2050 voor Noordzeescenario's. De cijfers betreffen de berekeningen voor het gehele nationale energiesysteem inclusief import en export van elektriciteit.

Tabel 3.1 Energiebesparing in Nederland in 2030 en 2050 per scenario. Percentage vermindering van het finale energiegebruik ten opzichte van het gebruik in 2015.

	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel vooruit	scenario IV Samen duurzaam
2030	4%	9%	0%	13%
2050	10%	20%	0%	30%

De vraag is laag bij lage dynamiek en hoog bij hoge dynamiek. Daarnaast is er in de scenario's II en IV extra transitiebeleid (duurzame ambitie) sprake van extra besparing ten opzichte van de scenario's I en III met staand beleid (huidige weg). De extra besparingen en elektrificatie ten opzichte van de bestaande WLO-scenario's Laag en Hoog staan in genoemd in Bijlage II.

Realisatie klimaatdoelen

De mate van uitstootvermindering van broeikasgassen verschilt per scenario voor 2030 en 2050 (Tabel 3.2). De mate waarin Nederland het nationale klimaatdoel realiseert vormt de belangrijkste factor bij de ontwikkeling energiesectoren in de Noordzeescenario's. In de scenario's gaan we ervan uit dat de mate waarin Nederland klimaatbeleid voert overeenkomt met het EU beleid in mondiaal verband. Nederland loopt dus niet veel harder of zachter dan de landen in de directe omgeving. De uitvoering van nationaal klimaatbeleid in de scenario's is dus consistent met het – in het scenario veronderstelde – internationale en Europese klimaatbeleid (zie ook CPB & PBL 2015a).

Tabel 3.2 Realisatie klimaatdoelen Nederland in 2030 en 2050 per scenario. Percentage vermindering van broeikasgassen ten opzichte van de uitstoot in 1990.

	scenario I ¹⁾ Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III ²⁾ Snel vooruit	scenario IV Samen duurzaam
2030	30%	45%	40%	50%
2050	45%	80%	65%	100%

¹⁾ conform het WLO-scenario 'Laag'

²⁾ conform het WLO-scenario 'Hoog'

Het klimaatbeleid en daaraan gekoppeld de randvoorwaarden voor energie in scenario I en scenario III komen overeen met die van de WLO-scenario's Laag en Hoog, respectievelijk. Uitgangspunt zijn de huidige toezeggingen die landen tijdens de VN-klimaatonderhandelingen hebben gedaan om broeikasgasemissies te verminderen. In scenario I is verondersteld dat alleen de onvoorwaardelijke toezeggingen in de NDC's (Nationally Determined Contributions) worden gerealiseerd, terwijl in scenario III is verondersteld dat ook de voorwaardelijke toezeggingen worden waargemaakt. Ook in het laatste geval zijn de toezeggingen onvoldoende voor het bereiken van de zogenoemde mondiale tweegradendoelstelling, laat staan voor het bereiken van de nog stringentere doelstelling, zoals het Parijs-2015 klimaatakkoord² beoogt: het beperken van de mondiale opwarming tot ruim onder de twee graden.

Het nationale en Europese klimaatbeleid in scenario's II en IV leidt tot emissiereducties die in een internationale context wel zouden kunnen passen bij het behalen van de doelstellingen van het Parijs-2015 klimaatakkoord. Als referentie voor 2050 is het Europese klimaatdoel genomen dat een uitstootvermindering van broeikasgassen beoogt van 80 tot 95 procent ten opzichte van 1990, gemiddeld voor heel Europa. In scenario II bereikt Nederland met het nationale klimaatbeleid een vermindering van 80 procent in 2050. Dat is krap in vergelijking met het Europese klimaatdoel. Het nationale klimaatbeleid in scenario IV met een 2050 klimaatdoel van 100 procent vermindering is ruim vergeleken met het Europese klimaatdoel van 95 procent, maar is conform de huidige ambitie van de Europese Commissie (EC 2018).

Energiemix³

Er zijn tal van technologische oplossingen mogelijk voor de energieproductie waarmee aan een specifieke energievraag en broeikasgas uitstootdoel kan worden voldaan. Klimaatbeleid vertaalt zich in energiebeleid via de opties: energiebesparing, CO₂ arme energieopwekking, elektrificatie, groene brandstoffen en afvang en opslag van CO₂. Rond de energiemix voor 2050 zijn er dus verschillende technologiekeuzes mogelijk die allemaal hetzelfde klimaatdoel bereiken (PBL 2016). De invulling van de energiemix in de scenario's moet, hoewel logisch opgebouwd op basis van de huidige kennis en de veronderstellingen voor de ontwikkelingen op de Noordzee, vooral als illustratie worden gezien. De belangrijkste ontwikkelingen voor wat betreft energie in de Noordzeescenario's zijn: energievraag, groei van windenergie op zee, het tempo waarin de olie- en gaswinning verdwijnt, de opkomst (al dan niet) van CCS en transport/opslag/omzetting van elektriciteit uit windenergie. Bij het laatste punt zijn de mogelijkheden en belemmeringen rond infrastructuur van belang.

De ontwikkelingen van energiesectoren op de Noordzee gaan gepaard met infrastructurele veranderingen op zee maar ook op land. De samenhang tussen de ontwikkelingen van de energiesectoren in de scenario's is tot stand gekomen op basis van sectoranalyses en berekeningen met het E-designmodel, waarin de energievraag en het energieaanbod in evenwicht zijn gebracht met technologieën waarmee een vooropgesteld reductiedoel van broeikasgassen kan worden gerealiseerd (Matthijssen et al. 2016). Het E-designmodel lag ook ten grondslag aan de studie 'Naar een schone economie in 2050' (PBL & ECN 2011) en aan 'Verkenning van klimaatdoelen. Van lange termijn beelden naar korte termijn actie' (PBL & ECN 2017).

Duurzame maritieme energieopwekking zoals getijde- en golfenergie spelen in de Noordzee scenario's geen rol van betekenis voor wat betreft de energieopwekking op de Noordzee. Getijde- en golfenergie is voorlopig nog te duur in vergelijking tot windenergie op zee (Magagna et al. 2016).⁴ Daarnaast heeft het NCP relatief lage stroomsnelheden en golfhoogtes waardoor energieopbrengst ervan nog minder snel concurrerend zal zijn met de energie uit wind. In deze studie laten we ze

² Het effect hiervan zou voor individuele EU landen neer kunnen komen op 80-95 procent broeikasgasvermindering of zelfs nog meer dan 95 procent. Het Parijs-2015 klimaatakkoord formuleert echter geen doelstellingen voor individuele landen voor 2050.

³ De mix van verschillende technologieën waarmee energie wordt opgewekt.

⁴ Een factor 3 tot 5 keer duurder, in termen van Levelized Cost of Electricity.

daarom buiten beschouwing. Dat neemt niet weg dat de winning van getijde-energie en in mindere mate ook golfenergie op termijn een rol kan gaan spelen bij de energievoorziening in Nederland. In het meest duurzame scenario, 'Samen duurzaam', veronderstellen we dat winning van getijde- en golfenergie tegen 2050 zijn introductie zal vinden. Deze vormen van hernieuwbare mariene energie hebben een duidelijk andere technologische vorm dan windenergie. Daarmee zijn de energieopbrengsten en ruimtelijke en ecologische effecten anders dan die van windenergie. Hierdoor is het mogelijk aantrekkelijk om getijde- en/of golfenergie eerder dan 2050 te introduceren ondanks de relatief hoge kosten ervan. Dit laatste punt is niet verder verkend in *De toekomst van de Noordzee*.

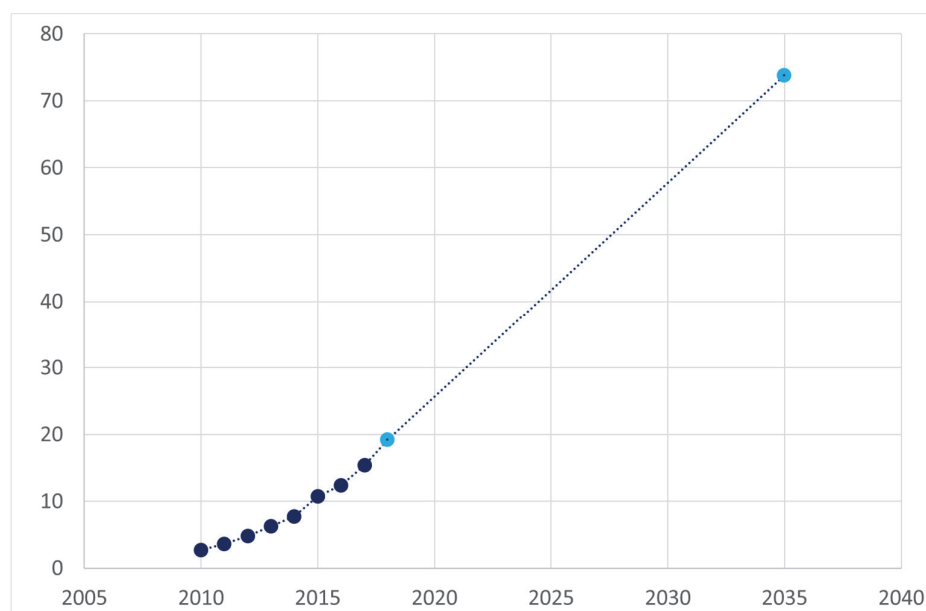
Windenergie

Wind op zee groeit sterk in alle Noordzeelanden. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de ontwikkeling van het windvermogen op de Noordzee tussen 2010 en 2017 op basis van de statistieken van EWEA⁵. De projecties voor 2018 en 2035 zijn volgens het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017 deel II (Tennet 2017).

Tabel 3.3 Historische ontwikkeling en huidige projecties van het windvermogen op de Noordzee.

	2010	2015	2016	2017	2010-2017	2018	2035	2017-2035
	Gigawatt				%/jaar	gigawatt		%/jaar
Nederland	0.2	0.4	1.1	1.1	24%	1.1	11.5*	14%
België	0.2	0.7	0.7	0.9	24%	1.2	2.3	6%
Denemarken	0.9	1.3	1.3	1.3	6%	2.3	13.8	14%
Duitsland	0.1	3.3	4.1	5.4	79%	6.4	19.0	7%
Verenigd Koninkrijk	1.3	5.1	5.2	6.8	26%	8.2	27.2	8%
Totaal	2.7	10.8	12.4	15.5	28%	19.2	73.8	9%

* Wordt al bereikt in 2030 volgens de Routekaart windenergie op zee (2018)



Figuur 3.1 Historische ontwikkeling (donkerblauw) en huidige prognoses (lichtblauw) van het totale windvermogen op de Noordzee (gigawatt).

⁵ European Wind Energy Association nu WindEurope (<https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/>)

Potentieel - Wat theoretisch gezien het maximum windvermogen voor de gehele Noordzee zou kunnen zijn is moeilijk te bepalen. Het Europese WINDSPEED project (ECN 2011) heeft berekend dat er ruimte is voor 500 gigawatt op de Noordzee, als ook de delen dieper dan 70 meter worden meegenomen (met drijvende windmolens). Het economisch winbare deel is echter kleiner omdat naast de kosten voor een windturbine en bekabeling het ook uitmaakt hoe de windturbines ten opzichte van elkaar staan. Te veel en te dicht op elkaar leidt tot lagere meeropbrengsten per extra windturbine. Van Hoorn en Sorel (2011) schatten dat, als met een aantal van deze beperkingen voor wat betreft ruimte en opbrengst rekening wordt gehouden, het totale windvermogen op de Noordzee in 2050 ergens tussen de 150 en 350 gigawatt zou kunnen liggen.

Ontwikkeling windenergie op zee in de scenario's

In het meest rigoureuze scenario waarin 100 procent broeikasgasreductie wordt behaald – scenario IV 'Samen duurzaam' - zal de Noordzee voor Nederland en Europa een zeer belangrijke rol moeten gaan spelen. Zonder veel windenergie en CCS op de Noordzee zal Nederland op korte termijn sterk afhankelijk worden van andere landen om in de behoefte aan CO₂-arme energie te voorzien. Bovendien zal de druk toenemen om juist meer windturbines op land te plaatsen eventueel aangevuld met kernenergie. Andersom zullen de Noordzeelanden met veel windenergie op zee netto exporteur van elektriciteit kunnen worden en/of zullen zij de grote variabele hernieuwbare energiestromen via conversie met bijvoorbeeld power-to-gas kunnen stabiliseren om zo in samenwerking een evenwichtige klimaatneutrale energievoorziening te creëren.

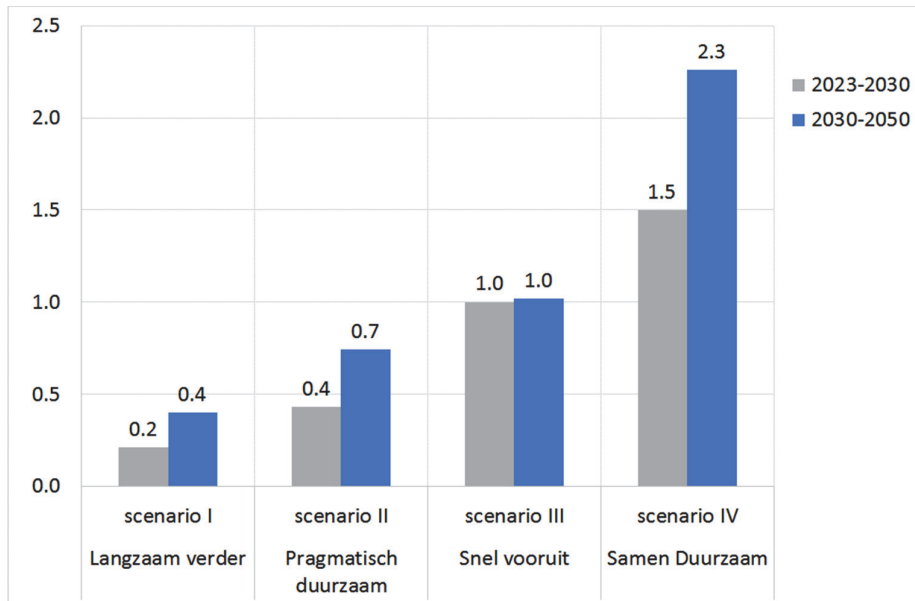
De Noordzeescenario's geven voor de hoeveelheid windenergie een grote bandbreedte (Tabel 3.4). Het totaal opgesteld vermogen aan windturbines op de Noordzee is in elk scenario passend bij de uitgangspunten in de verschillende scenario's. Elk scenario is in principe als een even plausible uitkomst te zien. Hoewel de plannen en ideeën rond windenergie op het NCP en de rest van de Noordzee elkaar snel opvolgen met steeds hogere ambitieniveaus stond er eind 2017 op het NCP circa 1 gigawatt aan windturbines en moeten de meeste plannen nog concrete uitvoering krijgen en die is niet vanzelfsprekend.

Op 27 april 2018 maakte het kabinet zijn plannen bekend voor windparken op zee tussen 2024 en 2030 met de Routekaart windenergie op zee 2030. Hiermee geeft het kabinet invulling aan het doel uit het Regeerakkoord om van 2024 t/m 2030 jaarlijks 1 gigawatt aan windturbines op het NCP te plaatsen. Deze Routekaart maakt op het eerste gezicht aannemelijk dat de scenario's III en IV met een windvermogen op het NCP van 30 gigawatt of meer in 2050 waarschijnlijker zijn dan scenario I en II. Echter de onzekerheden in de ontwikkeling van de energietransitie wereldwijd zijn nu nog zo groot in ieder geval voor 2050 de vier scenario's nog als even waarschijnlijk zouden kunnen worden beschouwd. Op kortere termijn tot 2030 lijkt als gevolg van de Routekaart windenergie op zee het scenario I 'Langzaam verder' echter inmiddels minder waarschijnlijk dan de andere drie.

Tabel 3.4 Totaal opgesteld windvermogen in 2023, 2030 en 2050 per scenario op het NCP (gigawatt).

	scenario I ¹⁾ Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III ²⁾ Snel vooruit	scenario IV Samen duurzaam
2023	3	4.5	4.5	4.5
2030	4.5	7.5	11.5	15
2050	12	22	32	60

Ter vergelijking, in 2015 was het totaal opgesteld vermogen in Nederland voor centrale en decentrale elektriciteitsproductie ongeveer 35 gigawatt, waarvan ongeveer 5 gigawatt uit wind, zon en water (CBS).



Figuur 3.2 Groei van het windvermogen op het NCP (gigawatt per jaar) per scenario.

Scenario IV geeft de bovenkant van de bandbreedte: 60 gigawatt in 2050. Er wordt in dit scenario vaart gemaakt met hernieuwbare energie via een groei van 1.5 gigawatt per jaar tussen 2023 en 2030. Na 2030 vindt een verdere versnelling plaats met een gemiddelde groei van 2.3 gigawatt per jaar. Het totaal opgesteld windvermogen in 2050 past in de range van 40-80 gigawatt die voor wind op het NCP door PBL en ECN worden gehanteerd in de transitiepaden om de klimaatdoelen te realiseren (PBL & ECN 2017).

Recente studies hebben onderzocht hoeveel windvermogen op de Noordzee nodig is om in Europese context aan de klimaatdoelstelling uit het klimaatakkoord van Parijs te kunnen voldoen (Ecofys 2017; IABR 2016). Beide studies komen uit op een vermogen van ongeveer 30 tot 40 gigawatt voor het NCP. Het verschil met de genoemde 40-80 range is te verklaren door verschillen in veronderstelde energiemix en uit verschillen in de energievraag. Zo wordt in Ecofys (2017) EU-breed een grotere energiebesparing verondersteld (50 procent) in 2050 ten opzichte van het huidige gebruik en in PBL & ECN (2017) is uitgegaan van een minder grote energiebesparing. De verschillen benadrukken dat er route om de klimaatdoelstellingen te halen niet bij voorbaat vaststaat.

In scenario III is relatief veel energie nodig (hoge vraag en weinig besparing). Om aan de vraag te voldoen worden de economisch meest gunstige opties gekozen. Wind op zee is rendabel en zal, nadat in 2023 de geplande 4.45 gigawatt is geplaatst, tot 2030 met 1 gigawatt per jaar groeien conform het groeitempo uit de EZ (2016). Na 2030 zet de groei met hetzelfde tempo door.

In scenario II is er relatief weinig energie nodig (lage vraag veel besparing), maar de socio-economische omstandigheden zijn ongunstig. Financiering van grote projecten blijkt moeilijk. Er is in de samenleving evenwel grote bereidheid om de klimaatdoelen van Parijs te realiseren. Nadat in 2023 de geplande 4.45 gigawatt is geplaatst zet tot 2030 de groei door met 0.4 gigawatt per jaar. Deze groei is vergelijkbaar met de gemiddelde groei tussen 2015 en 2023. Na 2030 neemt als gevolg van de inzet op 'groene groei' en de gunstigere wordende omstandigheden voor wind op zee de groei toe tot 0.7 gigawatt per jaar.

Scenario I bevat de onderkant van de bandbreedte. De socio-economische omstandigheden zijn zo beperkend dat het niet lukt om de in 2023 geplande 4.45 gigawatt (afgerond naar 4.5 in tabel) aan windvermogen te realiseren. Bovendien stukt de internationale wil om het Parijs-klimaatakkoord te

realiseren halverwege 2020-2030. De SDE+-subsidies worden sterk verminderd en de groei van windenergie op zee komt hierdoor min of meer stil te staan. Tussen 2023 en 2030 is er nog een kleine groei van ongeveer 0.2 gigawatt per jaar als gevolg van de huidige ingezette lijn. Na 2030 verdubbelt die groei tot 0.4 gigawatt per jaar omdat de omstandigheden voor wind op zee langzaam maar zeker gunstiger worden.

Olie- en gaswinning en CCS

Olie- en gaswinning is van nationaal belang, inclusief de benodigde infrastructuur zoals de platforms, kabels en leidingen. Het belang van de winning van aardgas op het NCP is veel groter dan dat van olie. In 2016 kwam minder dan 2 procent van de totale hoeveelheid ruwe olie in Nederland (import plus binnenlandse productie) uit eigen bodem. Dat aandeel is overigens wel grotendeels afkomstig van het NCP. In 1970 startte de aardgasproductie op het NCP, het groeide snel en vond zijn maximum met ca 28 miljard Nm³ in 1999. Daarna nam de productie gestaag af tot 13.3 miljard Nm³ in 2016 (Jaarverslag delfstoffen en aardwarmte 2016 NL.pdf; www.nlog.nl). Het aandeel van de aardgaswinning op het NCP in de nationale aardgasproductie varieerde de afgelopen dertig jaar tussen 20 procent en 40 procent (30 procent in 2016). Tot 2013 was de vraag naar aardgas in Nederland gedurende vele tientallen jaren relatief constant; de laatste jaren is een dalende trend zichtbaar. De toekomstige ontwikkeling van de vraag naar aardgas vanuit de verschillende sectoren is onzeker. Regulering van de winning op het NCP gebeurt vooral door middel van vergunningverlening in het kader van de Mijnbouwwet.

Het huidige 'Kleine velden beleid' is erop gericht om het potentieel van de aanwezige olie- en gasvoorraden, ook op zee, zoveel mogelijk te benutten. In Kamerbrief 'Gaswinning uit de kleine velden in de energietransitie' (30 mei 2018) wordt een prognose van de aardgasproductie uit de kleine velden gegeven van 1 tot 3 miljard m³ voor 2050. Het deel van de geprognosticeerde productie dat dan op het NCP zou kunnen plaats vinden is dan naar schatting 0.7 tot 2 miljard m³ ⁶. Hoewel deze recente prognose niet precies overeen komt met de in de Noordzee scenario's veronderstelde nulproductie in 2050 is het verschil dermate klein dat het een vergelijkbare hoeveelheid is.

In de toekomst zal de mondiale energietransitie naar een koolstofarme energievoorziening tot een afname van de vraag naar fossiele brandstoffen leiden. Daarnaast speelt in Nederland de productiebeperking van het Groningergasveld als gevolg van het kabinetsbesluit om de productie uit het Groningergasveld versneld te beëindigen (Kamerbrief 'Gaswinning Groningen'; 29 maart 2018). In de Noordzee scenario's is daar op verschillende manieren invulling aan gegeven. De nationale vraag naar aardgas en olie voor energetisch en niet-energetisch gebruik wordt in de scenario's bepaald door de nationale uitstootvermindering van broeikasgassen in 2030 en 2050 (tabel 3.2) in samenhang met de economische groei en van de prijzen voor energiedragers en CO₂.

Ontwikkeling olie- en gaswinning op het NCP in de scenario's

In alle scenario's is verondersteld dat de olie- en gaswinning op het NCP in 2050 zal zijn verdwenen, inclusief de infrastructuur voor zover deze niet wordt hergebruikt bij de opslag van CO₂ of buffering van energie. De verwachtingen van de ontwikkeling van de gaswinning uit de Kleine Velden (Geuns en Juez-Larré 2017) vormen de basis voor de olie- en gaswinning in de Noordzeescenario's. Deze TNO-studie laat de meest recente informatie zien rond de exploratieverwachtingen van de kleine velden. Schattingen voor de periode van 2016 en 2040 geven aan hoe groot de winbare hoeveelheden zijn (*reserves* en *voorwaardelijke voorraden*) en de hoeveelheden uit de nog *te ontdekken voorkomens*. Omdat de oliewinning op het NCP erg klein is vergeleken bij de gaswinning wordt het impliciet verondersteld zich te ontwikkelen volgens de gaswinning.

Daardoor verschilt per scenario het moment waarin de olie- en gaswinning op het NCP zal stoppen (zie tabel 3.5 en bijlage I met sectorinformatie per scenario voor 2030 en 2050). In scenario IV

⁶ Uitgaande van de min of meer constante verhouding (2:1) tussen de gasproductie uit de kleine velden op het NCP en uit die op het vaste land.

wordt een deel van de *huidige reserves* niet benut en stopt de winning van gas op het NCP voor 2030. In scenario III worden alle *bestaande reserves* en *voorwaardelijke voorraden* benut. Er wordt evenwel niet gezocht naar nieuwe voorkomens omdat exploitatie van nieuwe voorkomens niet meer rendabel zal zijn. De winning stopt in scenario III tussen 2040 en 2050. In scenario II vindt winning van gas nog vooral plaats vanuit een pragmatische benadering. Aardgas is nog nodig in het energiesysteem en de Nederlandse staat kan de inkomsten moeilijk missen. De wil tot vergroening van het energiesysteem maakt dat alleen de *huidige reserves* worden uitgeput. De gaswinning stopt in scenario II tussen 2030 en 2040. In scenario I zal zo veel en zo lang mogelijk gas worden gewonnen. Gas tot 'het gaatje', in scenario I stopt tegen 2050 de gaswinning op het NCP omdat alle winbare voorraden zullen zijn uitgeput. Deze timing heeft gevolgen voor de infrastructuur en hun ruimteclaim. In de scenario's is aangenomen dat het aantal platforms evenredig afneemt met de gasproductie. Daarnaast is wordt er in elk scenario van uitgegaan dat de olieproductie op het NCP (11 platforms in 2015) in 2030 goed en wel is verdwenen.

Tabel 3.5 Afname aardgaswinning op het NCP in 2030 en 2050 per scenario ten opzichte van de in 2015.

	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel Vooruit	scenario IV Samen Duurzaam
2030 ¹⁾	-55% (67)	-90% (14)	-75% (38)	-100% (0)
2050	-100%	-100%	-100%	-100%

¹⁾Tussen haakjes het aantal overgebleven platforms uitgaande van 150 platforms voor de gasproductie in 2015.

De grootste olie- en gasvoorraden van de Noordzee zitten nog onder het Noorse en Engelse deel. Of deze voorraden ook daadwerkelijk zullen worden geëxploiteerd hangt samen met de brandstofprijzen en de CO₂-prijs. De aardgasproductie in Noorwegen lijkt de komende jaren sterk te gaan dalen (Geuns en Juez-Larré 2017). En de voorraden lijken minder groot dan gedacht. Zo stelt de Noorse minister van Energie dat Noorwegen tegen 2035 nog slechts een derde van haar huidige aardgasreserves over zal hebben. Het Noorse ministerie van olie en energie zet nu in op (grootschalige) ondergrondse opslag van CO₂ (Riis 2018).

Gas in de toekomst

De samenhang en timing van nationale vraag en aanbod van aardgas op land en zee en benodigde import en opslag is niet uitgewerkt in de Noordzeescenario's. Er zijn nog veel grote onzekerheden rond timing, techniek en governance. Bij grote veranderingen van het energiesysteem horen nieuwe afspraken over verantwoordelijkheden rond de leveringszekerheid. Zoiets vergt verschillende uitgebreide studies naar bijvoorbeeld de rol van gas in de transitie naar een duurzame energievoorziening.

Gas, aardgas en synthetisch gas, zal in Nederland in al zijn facetten een cruciale rol spelen in de energietransitie. We moeten op termijn 'van het gas af' maar tegelijkertijd levert de productie Nederland nog steeds veel geld op. Daarnaast biedt productie van synthetisch gas, zoals waterstof, uit elektriciteit uit zon- en windenergie een opslagmogelijkheid om het variabele aanbod uit zon en wind te stabiliseren. Ook vormt de opslag van CO₂ een element in de energietransitie. Zonder CCS wordt het moeilijk om snel genoeg grote CO₂ reducties te bereiken. Omdat lege gasvelden op de Noordzee bij uitstek geschikt zijn voor CCS, vormt ook de timing van CCS en bijbehorende infrastructuur van leidingen een belangrijk ingrediënt van zo'n gasstudie.

Ontwikkeling Carbon Capture and Storage (CCS) op de Noordzee in de scenario's

Afvang en ondergrondse opslag van CO₂ is een techniek waarmee forse vermindering van de uitstoot van broeikasgassen kan worden bereikt. Voor CCS bestaat in Nederland nog geen beleid gericht op grootschalige uitrol. De kosten van CCS lijken hiervoor op dit moment nog een te grote barrière. Het enige CCS-demonstratieproject in Nederland - het Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject (ROAD) - is om die reden recentelijk stopgezet. CCS laat zich echter in een mix met andere CO₂-arme technologieën door haar relatief gunstige kosteneffectiviteit moeilijk vervangen door andere technieken (Koelemeijer et al. 2017). Ook in de concepten voor het Klimaatakkoord wordt CCS gezien als een reële optie om de CO₂ uitstoot te verminderen op de korte termijn.

CCS is vooral belangrijk bij de waterstofproductie uit aardgas, bij de staalproductie en bij de ondervering in de industrie, bij de productie van transportbrandstoffen en bij elektriciteitscentrales. CCS wordt in de Noordzee scenario's II, III en IV ook ingezet in combinatie met energie uit biomassa. Hierdoor wordt per saldo CO₂ uit de lucht verwijderd en treedt een negatieve uitstoot van CO₂ op. Zo kan er zelfs bij 100 procent broeikasgasreductie nog sprake zijn van uitstoot van CO₂.

Vooral in scenario IV speelt CCS een belangrijke rol. In dit scenario wordt elk jaar steeds meer CO₂ opgeslagen via 20 megaton in 2030 tot 45 megaton in 2050. In scenario III levert CCS met 25 megaton CO₂-opslag in 2050 een belangrijke bijdrage aan de realisatie van 65 procent broeikasgasreductie in 2050. In scenario II zal CCS pas tegen 2050 doorbreken met 30 megaton CO₂ opslag. In scenario I speelt CCS tot 2050 geen rol.

In de scenario's II, III en IV doet CCS zijn intrede (zie tabel 3.6). Op dit moment vindt er op het NCP nog geen ondergrondse opslag van CO₂ plaats. In het Regeerakkoord 2017 is sprake van een denkrichting om jaarlijks tot 18 megaton CO₂ op te slaan vanaf 2030. Al enkele decennia vindt op beperkte schaal CCS plaats op de Noordzee buiten het NCP. Jaarlijks wordt sinds de jaren negentig ongeveer 1 megaton CO₂ opgeslagen in het Noorse *Sleipner* gasveld door het Staatsbedrijf Statoil. Het gaat hierbij om CO₂ dat ter plekke wordt gescheiden bij de winning van aardgas.

Een CCS-installatie om CO₂ in de Noordzeebodem op te slaan heeft een ruimtebeslag dat kleiner zou kunnen zijn dan een gasplatform. Een ondergrondse opslag van 30 megaton CO₂ per jaar (zoals in scenario II) kan met naar schatting een 20-tal putten worden gedaan (DHV & TNO 2008). Recentere cijfers (TNO 2018) laten zien dat er op het NCP een effectieve opslagcapaciteit is van ca in totaal 1700 megaton verdeeld over 104 velden. Deze capaciteit lijkt, los van de opslagcapaciteit op land⁷, voldoende om de grootste CCS-vraag in de Noordzee scenario's, die in scenario IV, aan te kunnen tot circa 2070.

Tabel 3.6 CCS in oude gasvelden op het NCP in 2030 en 2050 per scenario (Mton)

	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel Vooruit	scenario IV Samen Duurzaam
2030¹⁾	0 (0)	0 (0)	15 (10)	20 (13)
2050¹⁾	0 (0)	30 (20)	25 (17)	45 (30)

¹⁾ Tussen haakjes het aantal CCS platforms uitgaande van 1 platform per put.

Offshore winning van gas neemt in de scenario's af tot nul in 2050. Die ontwikkeling is in overeenstemming met de huidige inzichten over winning van gas uit de zogenoemde kleine velden. Het tempo waarin de winning afneemt, verschilt per scenario en sluit niet automatisch aan op de behoefte aan uitgeputte gasvelden voor CCS in de scenario's. Om de kosten te drukken zou er bij hergebruik van een platform niet meer dan ongeveer tien jaar moeten zitten tussen beëindiging van gaswinning en ingebruikname voor CCS. Binnen deze marge sluit de start van CCS in scenario

⁷ Op land zou er een ongeveer 1400 megaton aan opslagcapaciteit beschikbaar zijn volgens TNO (2018).

III Snel Vooruit en scenario IV Samen Duurzaam aan bij de uitfasering van de platforms. Echter in scenario II 'Pragmatisch Duurzaam' wordt er pas tegen het eind van de periode 2030-2050 met CCS gestart. Hierdoor zal een aantal platforms niet meer in aanmerking komen voor hergebruik en zijn er mogelijk onvoldoende geschikte platforms.

Opslag van energie en conversie

Het aanbod van energie uit wind (en zon) is variabel en maar beperkt voorspelbaar voor wat betreft de korte termijn. Voor wat betreft de lange termijn zijn er langjarig gemiddelde windkracht gegevens beschikbaar zoals in de KNMI Noordzee Windklimaat atlas, KNW 1979-2013 (zie <http://projects.knmi.nl/knw/data/>). Met deze atlas in de hand kan een beeld worden gevormd van de gemiddeld opbrengst per jaar. Daarnaast zijn er als gevolg van langjarige variaties verschillen waardoor de gemiddelde windkracht op de Noordzee in sommige jaren substantieel lager, 20-30 procent, kan zijn dan gewoonlijk (Ravestein et al. 2018) terwijl dit niet gepaard is aan een evenredige toename van zonkracht. Dat betekent dat een energiesysteem met dit soort moeilijk voorspelbare variaties zelfs van jaar tot jaar te maken krijgt. Opslag van wind- en zonne-energie en speelt bij grotere inzet van deze energieopwekking daarom een belangrijke rol.

Bij de berekeningen voor de energiesystemen in de verschillende scenario's is verondersteld dat er voldoende capaciteit is voor wat betreft interconnectie en tijdelijke opslag van elektriciteit om variabele aanbod voldoende te kunnen stabiliseren. Echter naarmate er steeds meer variabele energie wordt opgewekt zullen er meer structurele oplossingen moeten worden gevonden. In de scenario's III en IV is daarom verondersteld dat een deel van de opgewekte windenergie wordt omgezet in waterstof door middel van elektrolyse (power-to-gas). In scenario I en II is het variabele aanbod in 2050 waarschijnlijk ook regelmatig te groot om met de beschikbare interconnectie en tijdelijke opslag voldoende te kunnen stabiliseren. In deze twee scenario's zullen de windmolens in die gevallen buiten werking worden gesteld. Tabel 3.7 laat de geplande ontwikkelingen zien rond de Nederlandse interconnectiecapaciteit. Tussen 2016 en 2030 vindt er bijna een verdubbeling plaats van 5500 tot 10800 megawatt.

Tabel 3.7 Geplande ontwikkeling interconnectiecapaciteit Nederland (megawatt)

	2016	2020	2025	2030
NL-DE	2450	4250	5000	5000
NL-BE	1400	1400	3400	3400
BE-NL		2400 ¹⁾		
NL-DK	0	700	700	700
NL-UK	1000	1000	1000	1000
NL-NO	700	700	700	700

1) De netwerkuitbreiding is van 1000 MW is tijdelijk alleen beschikbaar van België naar Nederland.

2) Bron: Schoots et al (2017)

Infrastructuur

De infrastructuur op de Noordzee van de verschillende energiesectoren ondergaat grote veranderingen tot 2050, vooral als gevolg van de groei van windenergie en het verdwijnen van olie- en gaswinning. Ook zal er extra infrastructuur moeten komen als de opslag van CO₂ in oude gasvelden op de Noordzee van de grond komt.

De opties waarbij CO₂ wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen of hergebruikt (CCS/CCU) vragen om een nieuwe transport- en opslaginfrastructuur. Bij CCS ligt het voor de hand om de CO₂ op te slaan in uitgeputte gasvelden op Noordzee, in eerste instantie – dichtbij - op het Nederlands Continentaal Plat maar het kan ook in oude gasvelden verder weg op het NCP. Ook zou het in oude gasvelden op de Noordzee buiten het NCP kunnen. Opties voor hergebruik van bestaande offshore faciliteiten (platforms en putten) worden gezien en voor het transport van CO₂ wordt voorspeld

uitgegaan van nieuw aan te leggen pijpleidingen zowel onshore als offshore (EBN en Gasunie 2017).

Verder komen bij een grote groei van windenergie nieuwe vormen van infrastructuur in beeld. Zo zullen één of meerdere energie-eilanden in de Noordzee mogelijk economisch en ecologisch voordeliger kunnen zijn om alle energiestromen op de Noordzee nationaal en internationaal op de meest efficiënte manier te verzorgen. In scenario's III en IV, met hoog dynamische socio-economische omstandigheden, veronderstellen we dat zulke eilanden op de Noordzee zullen worden aangelegd: 1 eiland in scenario III en een drietal in scenario IV. De aanleg ervan zal een internationale onderneming zijn en zal ook alleen kunnen plaatsvinden in politieke samenwerking met de Noordzeelanden. Als het om een energie-eiland gaat dat niet zoals bij verwijdering van een productieplatform, maar dan is het een dermate ingrijpende verandering dat het mogelijk aanpassingen vergt van het VN-zeerechtverdrag (UNCLOS).

In het hoofddocument is de ruimtelijke uitwerking per scenario op de kaart op hoofdlijnen alleen geschetst voor wat betreft de belangrijkste elektrakabels en leidingen. In scenario III en IV is verondersteld dat met de aanleg van een (internationaal) netwerk van zware interconnectiekabels in combinatie met een of meer energie-eilanden het meest efficiënt is om de opgewekte elektriciteit te transporteren. Deze 'efficiënte' oplossing voor een elektriciteitsnetwerk op zee is niet kwantitatief onderzocht. Hoe het transport van elektriciteit op de Noordzee bij hoge groei van wind op zee vorm moet krijgen in werkelijkheid is onderwerp van discussie en onderzoek. Interconnectie en energie-eilanden spelen daarbij een rol. In de scenario's is simpelweg verondersteld dat verbindingen worden aangelegd om de gewonnen energie bij de gebruikers te krijgen of, als er CCS plaatsvindt, om de CO₂ in oude gasvelden te krijgen. De infrastructuur op de scenariokaarten zijn daarmee niet meer dan een verbeelding van een mogelijk efficiënte oplossingsrichting. Onder die veronderstelling is geschat wat de ruimtelijke impact zou kunnen zijn bij de ontwikkelingen in de verschillende scenario's (zie bijvoorbeeld figuur 4.1 in de scenariostudie zelf).

Er valt echter juist in de uitwerking nog wel wat te kiezen. Zo laat Ecofys (2017) zien dat er verschillende benaderingen zijn om de elektriciteit uit windenergie efficiënt te transporteren. Zij laten zien dat het veelal slimmer kan zijn om in te zetten op meer interconnectie en energie-eilanden in plaats van dat elk Noordzeeland zijn eigen windenergie aan land brengt. Daarnaast lijken er goede opties beschikbaar om sneller en goedkoper CO₂ te verminderen door de olie- en gaswinning (in afbouw) slim te combineren met schone energie uit wind en de opslag van CO₂ (TNO & ECN 2016).

3.2 Voedselvoorziening

Huidige situatie en opgaven

De Noordzee is een productieve randzee die traditioneel sterk bevestigd wordt. Nederland heeft dan ook, net als de andere Noordzeelanden, een rijke visserijtraditie. Visserij is niet aangemerkt als activiteit van nationaal belang. De Nederlandse visserij bestaat uit de grote zeevisserij, de kottervisserij, de overige kleine zeevisserij, de mosselcultuur en de oestervisserij. Het aantal vaartuigen bedraagt momenteel ruim 650, waarvan er bijna 600 actief zijn (LEI 2017). Het afgelopen jaar is het aantal trawlers in de grote zeevisserij afgenomen van 17 in 2003 tot 8 in 2017. De totale omvang van alle andere onderdelen van de Nederlandse vloot is vrijwel onveranderd gebleven. Het segment grote kotters (met een vermogen groter dan 1500 pk) neemt na een jarenlange afname sinds 2014 weer wat in omvang toe. De goede resultaten van de afgelopen jaren en de ruimte in de visquota zijn de voornaamste oorzaken hiervan. Deze stijgende trend zal naar verwachting de eerstkomende jaren doorzetten. Echter op de langere termijn zou het aantal kotters kunnen afnemen als gevolg van ontwikkelingen rondom Brexit, pulsvisserij, toenemend ruimtegebruik van de Noordzee door andere sectoren en de aanlandplicht. De belangrijkste pelagische vissoorten die

worden gevangen zijn haring, blauwe wijting, sardine en horsmakreel; de voornaamste demersale⁸ vissoorten zijn schol, tong, tarbot, griet, garnalen en langoustines.

De meeste vissersbedrijven in ons land zijn familiebedrijven die vaak al vele generaties bestaan. Vanaf de jaren '60 zijn de bedrijven sterk geïntensiveerd (NIOZ et al. 2014). Hoewel het aantal vissers en schepen is afgenomen, is de efficiëntie van de schepen door mechanisering en automatisering sterk toegenomen. De laatste jaren is er een tendens tot concentratie, waarbij grotere bedrijven de schepen van kleinere bedrijven opkopen. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot een hoge visserijdruk en een sterke toename van de overbevissing van de vis door visserij. Als gevolg hiervan is een aantal vispopulaties kwetsbaar geworden en besteden vissers veel energie om een relatief beperkte hoeveelheid vis te vangen

Om deze problemen te ondervangen is het Gemeenschappelijke Visserijbeleid de laatste jaren veranderd. Gestreefd wordt naar een regulering van de visvangst die de populaties toestaat zich te herstellen tot een niveau waarop ze een maximale productiviteit bereiken. Tegelijkertijd wordt een verbod ingesteld op het overboord gooien van oogstbare vis, zodat betere controle mogelijk is van de werkelijke vangstinspanning. Het gaat hier om de zogenoemde aanlandplicht. In de afgelopen jaren is het beleid in toenemende mate gericht op bescherming en herstel van het mariene ecosysteem. Hierbij gaat het niet alleen meer om het duurzame beheer van commercieel interessante visbestanden, maar om mariene ecosystemen als zodanig (LEI 2014). Er wordt ook aandacht besteed aan soorten die niet direct voor de visserij interessant zijn zoals vogels en bodemleven.

Daarnaast is er een technologische ontwikkeling gaande in de bodemvisserij. De klassieke boomkor, die sterk bodemverstoring is en veel energie vraagt, wordt steeds minder toegepast. Dit is niet alleen het gevolg van de stijgende brandstofprijzen, maar ook van de strenger wordende milieunormen. De boomkor is de afgelopen jaren in toenemende mate door nieuwe tuigtypes, zoals de pulskor en de sumwing, vervangen. De gevolgen voor het milieu en de vispopulaties zijn niet helemaal bekend.

Sinds het begin van de 21^e eeuw zijn er visbestanden die zich aan het herstellen zijn. Met de meeste commerciële vissoorten, zoals schol en haring, gaat het beter dan voorheen. En sommige vissoorten zijn weer binnen biologisch veilige grenzen. Een aantal bestanden (haring, schol, schelvis) is op of onder het niveau van 'maximaal duurzame opbrengst'. Duurzame vangstmogelijkheden van enkele bestanden (schol, tong, haring, wijting) stijgen. Met een aantal soorten (kabeljauw, haai, rog) gaat het nog steeds slecht.

Hoewel het de visserijsector momenteel economisch voor de wind gaat zijn er enkele ontwikkelingen die de sector onder druk zetten. Zo beperkt de toenemende ruimtevraag voor windenergie en natuurgebieden op zee de mogelijkheden voor de visserij. Daarnaast kunnen de onderhandelingen tussen het VK en de EU over de Brexit ertoe leiden dat de ruimte voor de demersale visserij op de Noordzee sterk ingeperkt wordt. Op 16 januari 2018 stemde het Europese Parlement in meerderheid voor een verbod op de pulskorvisserij binnen de Europese visserijregels. Pulskorvisserij in Nederland had tot dusver een experimentele status binnen die regelgeving en werd inmiddels op relatief grote schaal gebruikt door Nederlands vissers. Bij het verschijnen van dit achtergronddocument is onbekend of de uitspraak van het Europese Parlement ook daadwerkelijk tot een verbod zal leiden.

De aquacultuursector in Nederland is relatief klein van omvang maar divers van karakter (LEI 2016). Een deel van de sector is alleen actief op het land. Hierbij gaat het vooral om viskweek. De schelpdierkweek en de productie van zeewier vindt momenteel vooral in de deltawateren (Grevelingen, Oosterschelde) plaats. Er zijn ook enkele initiatieven voor de kweek van zilte groenten. In het

⁸ Vissoorten die op de bodem leven

Europese en Nederlandse beleid wordt ingezet op groei van de aquacultuursector. Er lopen verschillende pilotprojecten.

Duurzaamheidscertificaten voor de visserij en de aquacultuur spelen een steeds grotere rol voor de grote retail- en foodservice bedrijven, niet alleen in Nederland maar in heel Noord en West-Europa. Er zijn ook certificeringen voor biologische of organische productie. Daarnaast is er een toenemende belangstelling voor het benutten van reststromen: restanten van verwerkte visproducten, schelpen en dergelijke. Verder is er een groeiende vraag naar producten die in de eigen streek worden gevangen of gekweekt. Restaurants en cateringbedrijven gebruiken dit steeds meer om zich te positioneren.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

De verwachting is dat de trend van de afgelopen jaren waarbij het aantal vissers en schepen afneemt en de efficiëntie van de schepen toeneemt zich de komende jaren, op korte termijn, doorzet. Dat komt vooral door de verwachte verdergaande concentratie van bedrijven, waarbij kleinere bedrijven worden overgenomen door grotere. Het tempo waarin dit gebeurt loopt uiteen in de scenario's. Zo neemt het aantal vissers en schepen in scenario I sterk af door de daling in de vraag naar eiwitrijk voedsel uit zee en vooral door de Brexit. In scenario III neemt het aantal vissers en schepen maar in beperkte mate af omdat er meer vraag ontstaat naar kwaliteitsvis die dicht bij huis wordt gevangen en naar andere soorten vis. Daarnaast is er in dit scenario sprake van een zachte Brexit. De concentratie binnen de sector kan positieve gevolgen hebben voor de verduurzaming van de visserij, omdat grotere bedrijven meer een langetermijnperspectief hebben en meer mogelijkheden hebben om in nieuwe vangsttechnieken te investeren. Het is zelfs denkbaar dat grote retail- en food-servicebedrijven schepen overnemen om meer invloed op de kwaliteit van de vis te krijgen, wat op zijn beurt belangrijk is om aan de eisen voor duurzaamheidscertificering te voldoen.

Dat het aantal vissers en schepen afneemt wil niet zeggen dat de productie eveneens afneemt. Door het aangepaste visserijbeleid van de EU (focus op maximaal duurzame opbrengst) en nieuwe technieken die worden toegepast zullen visbestanden zich verder herstellen, wat op termijn de mogelijkheid biedt om weer meer vis te vangen. In scenario III en IV, waarin de technologische ontwikkeling relatief snel gaat zullen er al op korte termijn technieken beschikbaar komen die selectief vissen ('precisievisserij') mogelijk maken. In scenario I en II, waarin technologische innovaties minder snel doorbreken zal selectief vissen langer op zich laten wachten. Voor de demersale visserij zal een harde Brexit het bereiken van een maximaal duurzame opbrengst bemoeilijken, omdat er dan intensiever in het Nederlandse deel van de Noordzee gevist zal worden. Pelagische visserij in het Engelse deel van de Noordzee door Nederlandse schepen komt veel minder voor. Er kan zelfs opnieuw een overcapaciteit ontstaan, wat opnieuw een sanering van de sector zou vergen. Het verduurzamen van de visserij wordt hierdoor een grotere opgave, waardoor het vissen binnen de grenzen van een maximaal duurzame opbrengst niet rond 2020 maar rond 2030 wordt bereikt.

De beschikbare ruimte voor de visserij op de Noordzee zal de komende jaren aanzienlijk afnemen. In de scenario's I en II komt dit voornamelijk door de harde Brexit, waar vooral de demersale visserij de gevolgen van zal ondervinden. In de scenario's III en IV neemt de ruimte voor de visserij vooral af door de nieuwe windparken die worden gebouwd en door de nieuwe natuurgebieden die worden aangewezen. De vermindering van de beschikbare ruimte vergt een omslag in het denken van de visserijsector: terwijl er traditioneel vrijwel onbeperkte ruimte was zal de sector steeds meer rekening moeten houden met andere gebruikers van de zee. Het bouwen van windparken die geschikt zijn voor visserij ('visserij-inclusieve windparken') is in principe mogelijk, maar vergt de nodige aanpassingen van zowel de windparken (grotere afstanden tussen de molens, kabels ingraven) als van de vissersschepen (geen bodem-beroerende vangsttechnieken). Vissen in natuurgebieden is in principe ook mogelijk, maar dit vergt strikte handhaving van beperkte quota in deze gebieden en een verdergaande verduurzaming in termen van beperking van de bijvangst. Voor de

visserij is het belangrijk dat in een vroeg stadium duidelijk wordt gemaakt wat de ambities op het gebied van windparken en natuurgebieden zijn, zodat de sector zich hierop kan voorbereiden, bijvoorbeeld door in andere typen vaartuigen en vangstechnieken te investeren.

Op dit moment is aquacultuur in Nederland, zoals gezegd, klein van omvang maar divers van karakter. Of de sector in de komende jaren al dan niet een grote vlucht neemt hangt vooral af van de bevolkingsgroei (meer monden te voeden), de welvaartsgroei (meer geld aan voedsel te besteden) en de veranderende voedselvoorkeuren (verschuiving naar gezond voedsel). In de scenario's I en II blijft de aquacultuur beperkt tot de deltawateren en eventueel de kust. In de scenario's III wordt aquacultuur ook verder op zee bedreven en in scenario IV ook in natuurgebieden en binnen windparken. In deze gevallen neemt de schaal van de constructies aanzienlijk toe. De kweek van micro-algen en zeewier hangt sterk af van de ontwikkeling van de vraag naar biobrandstoffen, bioplastics en andere duurzame grondstoffen. Aquacultuur is een sector die nog volop in ontwikkeling is, maar die naar het lijkt wel potentie heeft, deels ook als alternatief voor de visserij. Daarom is het belangrijk om het onderzoek naar nieuwe technieken en financiële steun van experimenten met nieuwe technieken om een deel van de risico's op te vangen te intensiveren. Binnen een duurzame voedselvoorziening heeft viskweek alleen perspectief als dit gebeurt binnen gesloten systemen, waarin verschillende teelten met elkaar een cyclus vormen (STT 2016).

3.3 Scheepvaart/transport

Huidige situatie en opgaven

De Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld. Het goederentransport stijgt al jaren sterk en weerspiegelt de toenemende globalisering van de economie (NIOZ et al. 2014). Scheepvaart is aangemerkt als activiteit van nationaal belang. Er is een tendens naar grotere schepen, omdat er dan meer vracht met minder brandstof kan worden vervoerd. Het ruimtebeslag door de scheepvaart op het Nederlandse deel van de Noordzee bedraagt momenteel 3.600 km². Dat is 6% van het NCP. De zware stookolie die schepen gebruiken is verantwoordelijk voor een belangrijk deel van de atmosferische stikstof en zwavelbelasting van de zee.

Het beleid voor de scheepvaart richt zich op vergroting van de concurrentiekracht, verbetering van de bereikbaarheid en het waarborgen van een milieuvriendelijke en veilige zeevaart (IenM & EZ 2015a). In 2008 heeft de IMO (International Maritime Organisation) het MARPOL-verdrag (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) aangescherpt, wat geleid heeft tot een aanzienlijke daling van de SO_x- en NO_x-uitstoot door schepen. In 2013 zijn de scheepvaartroutes voor de Nederlandse kust aangepast. Dit gebeurde omwille van de veiligheid van het scheepvaartverkeer, de bereikbaarheid van de zeehavens en het vergroten van de ruimte voor windparken op zee (IenM & EZ 2015a). De ontwikkeling van de zeehavens vergt soms grote ingrepen. De ontwikkeling van de Tweede Maasvlakte getuigt hiervan. De laatste jaren krijgt de vergroening van de scheepvaart steeds meer aandacht, maar door de lange levensduur van de schepen en het internationale karakter van de sector is dit een kwestie van lange adem.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

De komende decennia neemt zal de groei van het transport via de Noordzee naar verwachting blijven toenemen. Het tempo waarmee dat gebeurt hangt af van de verdere globalisering van de economie en van het transport en is daarmee een onzekere factor. In de scenario's I en II, die worden gekenmerkt door een lage dynamiek en een stagnatie van de mondialisering, blijft de groei van het volume beperkt tot 10% in 2030 en 20% in 2050. In scenario III en scenario IV, beide met een hoge dynamiek en een verdergaande mondialisering, bedraagt de volumegroei daarentegen 15% in 2030 en 40% in 2050. Door de verdergaande schaalvergroting die in de scheepvaart wordt verwacht zal het aantal scheepvaartbewegingen minder hard toenemen, maar wel in alle scenario's blijven stijgen.

Naast schaalvergroting zal er waarschijnlijk, zij het in beperktere mate, ook schaalverkleining optreden, wat tot meer scheepvaartbewegingen zal leiden. Zo zal de omschakeling van de economie van olie op biobrandstoffen en bioplastics in de scenario's II en IV bijdragen aan een groter aandeel van kleine volumes die via de scheepvaart worden vervoerd (Van Dorsser 2012). Ook wordt een toename van short sea shipping, dat gestimuleerd wordt door het maritieme beleid van de EU, voorzien (IenM & EZ 2014). Verder moet er met meer kruisend verkeer rekening worden gehouden. Vooral in de scenario's III en IV waarin veel nieuwe windparken worden aangelegd, kan dit verkeer aanzienlijk worden.

Door de recente aanpassing van de scheepvaartroutes voor de Nederlandse kust is de verwachting dat er tot 2050 geen grote aanpassingen nodig zullen zijn. Bij de aanpassing zijn de routes namelijk ruim bemeten en is er, zoals gezegd rekening gehouden met ander gebruik van de Noordzee. Omgekeerd wordt er in de scenario's III en IV, waarin nieuwe zoekgebieden voor windparken moeten worden aangewezen, rekening met de scheepvaartroutes gehouden. Daarnaast breken in deze scenario's zelfvarende schepen relatief snel door, waardoor de capaciteit van de scheepvaartroutes toeneemt. In vrijwel alle scenario's is er sprake van meer scheepvaartbewegingen richting het noorden: in scenario I door de noordoostpassage, in scenario III naast de noordoostpassage ook vanwege de noordwestpassage en in scenario IV als gevolg van het toenemende scheepvaarverkeer naar Scandinavië en de Oostzee. De verwachting is dat dit bij een zorgvuldige planning van het ruimtegebruik van de Noordzee geen knelpunten zal opleveren.

De uitstoot van NO_x, SO_x en CO₂ door de scheepvaart neemt in alle vier de scenario's verder af. In scenario I is de afname door de voortzetting van het huidige milieubeleid en de langzame technologische ontwikkeling bescheiden. In scenario III is de afname van de uitstoot als gevolg van de snelle technologische ontwikkeling groter. In de scenario's II en IV zorgt de aanscherping van de milieunormen voor een verdere afname van de uitstoot van vervuilende stoffen en broeikasgassen. In scenario IV zorgen onder andere de aangescherpte normen, de overschakeling op nieuwe materialen (lichtere schepen), de introductie van nieuwe brandstoffen (biobrandstoffen, waterstof) en de introductie van nieuwe aandrijftechnieken (ondersteuning door zeilen en vliegers bij kleinere schepen) ervoor dat de uitstoot sterk afneemt.

In de meeste scenario's is er sprake van een bescheiden verdere havenontwikkeling. In de scenario's I en II komt dit door de geringe groei van het aantal scheepvaartbewegingen, die op zijn beurt wordt veroorzaakt door de stagnatie van de globalisering van de economie en het transport. Onder deze omstandigheden weten de havens van Antwerpen, Rotterdam en Amsterdam hun positie in de Le Havre-Hamburg regio weliswaar te handhaven, maar neemt hun mondiale betekenis af. In scenario IV blijft de verdere ontwikkeling van de havens beperkt doordat de havencapaciteit beter wordt benut en de havens beter samenwerken. Wel krijgen de havens in dit scenario een grotere diepgang en bredere bekkens. Scenario III is het enige waarin er sprake is van een substantiële verdere havenontwikkeling richting zee. Dit geldt vooral voor de Rotterdamse haven. Onder de omstandigheden die in de scenario's III en IV worden geschetst weten de havens van Antwerpen, Rotterdam en Amsterdam hun mondiale positie te versterken. De grotere diepgang, de bredere bekkens, de voortgaande automatisering en robotisering en de verdergaande samenwerking tussen de havens spelen hierbij een voorname rol. De scheepvaartroutes richting het noorden, die afhankelijk van het scenario naar de noordwestpassage, de noordoostpassage of Scandinavië voeren, zijn eveneens van betekenis.

3.4 Telecomkabels

Huidige situatie en opgaven

Bijna al het internationale dataverkeer verloopt op dit moment via onderzeese kabels. Op het NCP ligt circa 3.300 kilometer aan kabels die voor 90 procent uit kabels voor telecomverbindingen bestaan. Met een onderhoudszone van 750 meter aan beide zijden is het ruimtebeslag van de bodem door telecomkabels ongeveer 5 procent van het NCP. Er zijn ruimtelijke beperkingen in deze onderhoudszones voor sommige andere gebruikers. Het gaat hierbij vooral om zandwinning en het ankeren van schepen. Hoewel de kabels voldoende diep moeten zijn ingegraven zodat ze geen gevaar voor de visserij en scheepvaart opleveren blijft het risico op kabelbreuk bestaan, omdat de Noordzeebodem nou eenmaal in beweging blijft en de kabels aan de oppervlakte kunnen komen. Bij een toename van het aantal kabels zal ook het risico op kabelbreuk toenemen met gevolgen voor aansprakelijkheid. Om de ruimtelijke beperking van de kabels te verkleinen worden ze zo veel mogelijk gebundeld. Bestaande kabels met de huidige glasvezeltechniek zijn dun en hebben veelal overcapaciteit. Dit zijn allemaal aspecten die het ruimtebeslag richting de toekomst beperken. Tegelijkertijd is er sprake van een enorme groei van het dataverkeer van tientallen procenten per jaar, ook in en naar West-Europa (zie bijvoorbeeld Cisco 2018).

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

De groei van het aantal telecomkabels is erg onzeker. Die onzekerheid is het gevolg van min of meer gekoppelde grootheden die op dit moment beide sterk groeien. Het gaat hierbij om 1) het internationale dataverkeer (als gevolg van de groeiende databehoeft) en om 2) de innovatieve datatechnologie die van invloed is op de capaciteit van een telecomkabel. Vanwege de onzekerheden hebben we gekozen voor een andere, eenvoudigere aanpak om de ontwikkelingen in de scenario's te schetsen dan bij de overige sectoren. Het uitgangspunt wordt gevormd door één enkel basispad in plaats van vier verschillende ontwikkelpaden. Voor het basispad zijn groeifactoren (tabel 3.8) voor de toename van het aantal telecomkabels in 2030, 2040 en 2050 afgeleid op basis van een aantal eenvoudige veronderstellingen over de groei van het dataverkeer en de capaciteit van telecomkabels. Voor de vier verschillende Noordzee scenario's zijn vervolgens groeifactoren afgeleid op basis van variaties op het basispad (tabel 3.9). Deze sterk vereenvoudigde aanpak is hieronder verder uitgewerkt. Deze aanpak leidt tot de veronderstelling dat in alle Noordzee scenario's het aantal internationale telecomkabels in 2050 zal zijn gegroeid tussen twee en maximaal vier keer zoveel als in 2015⁹ (tabel 3.10). Daarmee legt de telecom een groeiende ruimteclaim op de bodem van de Noordzee.

Ontwikkeling aantal Telecom kabels op de Noordzee in de scenario's

Het basispad beschrijft een groei van gebaseerd op een aantal onderliggende aannames over de groei van het dataverkeer dat via de Noordzee-kabels zal gaan en van de kabelcapaciteit.

Tabel 3.8 Groeifactoren van het dataverkeer, de kabelcapaciteit en het aantal telecomkabels in het basispad in 2030, 2040 en 2050 ten opzichte van de situatie in 2015.

	Groeifactor dataverkeer NZ-kabels	Groeifactor kabelcapaciteit	Groeifactor aantal telecomkabels ¹⁾
2030	50	10	1.3
2040	300	30	3.0
2050	800	50	4.0

⁹ Een maximum factor van vier in 2050 ten opzichte van 2015 werd door de telecom stakeholders als plausibel gezien.

De (netto) groeifactor van het aantal telecomkabels (laatste kolom tabel 3.8) is het quotiënt van de eerste twee kolommen, waarbij extra een overcapaciteit per kabel met een factor 4 is verondersteld. Bijvoorbeeld in 2050 is de groeifactor van het aantal telecomkabels vier (=800:50:4).

Groeifactor dataverkeer - Zowel IBM als Cisco verwachten dat de huidige grote groei in databehoefte van enkele tientallen procenten per jaar zal doorzetten tot 2030. De groeifactoren voor het dataverkeer over de Noordzeekabels in het basispad zijn afgeronde getallen berekend op basis van een jaarlijkse groei van het dataverkeer over de Noordzeekabels van 30 procent per jaar tussen 2015 en 2030. Hoe het dataverkeer zich na 2030 zal ontwikkelen is daarom nu moeilijker in te schatten. We hebben aangenomen dat het dataverkeer ook een energetische begrenzing kent waardoor er andere oplossingen gevonden zullen worden om toch in de groeiende databehoefte te kunnen voorzien. Tussen 2030 en 2040 is een nettogroei van 20 procent per jaar verondersteld voor het dataverkeer over Noordzeekabels en 10 procent per jaar tussen 2040 en 2050.

Groeifactor kabelcapaciteit - Door technologische innovaties zal de datacapaciteit van de telecomkabels toenemen, met een factor 10 in 2030, een factor 30 in 2040 en een factor 50 in 2050. Dat gaat dus ook met grote stappen, zo is het aantal telecomkabels dat in gebruik is de afgelopen jaren juist afgenomen door bijvoorbeeld de introductie van glasvezeltechnologie.

Tabel 3.9 Groeifactor van het aantal telecomkabels in het basis pad voor 2030 en 2050 en de differentiatie per scenario ten opzichte van het basispad.

	Groeifactor aantal telecomkabels Basispad	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel Vooruit	scenario IV Samen Duurzaam
2030	1.3	-0.3	0.0	+0.2	+0.5
2050	4.0	-2.0	-1.5	-0.5	0.0

Hieronder laat tabel 3.10 de netto groei per scenario zien. Het is de resultante van de groei in het basispad (eerste kolom tabel 3.9) en de differentiatie per scenario uit tabel 3.9. Economische groei en inzet op duurzame ambities zijn als sturend verondersteld voor de differentiatie. Een relatief hoge economische groei (scenario III en IV) is verondersteld gepaard te gaan met hogere groei van het aantal telecomkabels dan bij een relatief lage economische groei. Vergelijkbaar leidt extra inzet op beleid met duurzame ambities (scenario II en IV) tot een hogere groei dan zonder dat beleid. De extra groei bij duurzame ambities is verondersteld het gevolg te zijn van de koppeling tussen meer digitalisering, hogere efficiency en lager energiegebruik.

Tabel 3.10 Toename in 2030 en 2050 per scenario ten opzichte van het aantal telecomkabels in 2015 op het NCP.

	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch Duurzaam	scenario III Snel vooruit	scenario IV Samen Duurzaam
2030	1.0	1.3	1.5	1.8
2050	2.0	2.5	3.5	4.0

3.5 Zandwinning

Huidige situatie en opgaven

Zand wordt in de Noordzee gewonnen in de vorm van suppletiezand, ophoogzand, beton- en metselzand. Suppletiezand wordt gebruikt voor kustversterking. Ophoogzand en beton- en metselzand worden gebruikt voor woningbouw, bedrijventerreinen en infrastructuur. Daarnaast wordt ophoog-

zand gebruikt voor het tegengaan van overstromingsrisico's (bijvoorbeeld het verstevigen van dijken of het ophogen van buitendijkse industrieterreinen). Zandwinning is aangemerkt als activiteit van nationaal belang. Het beleid is erop gericht om voor de korte en lange termijn voldoende zandvoorraad op zee te reserveren voor suppletie- en ophogdoeleinden tegen aannemelijke en redelijke kosten. Om dit beleidsdoel te realiseren is een zandwinstrategie ontwikkeld met meer ruimtelijke sturing. Uitgangspunten zijn: een ecologisch verantwoorde, economisch voordelige, voorraad-technisch slimme, duurzame en ruimtelijk goed afgestemde zandwinning (IenM & EZ 2015b).

Zandwinning heeft in de zone tussen 12-mijlgrens en NAP-20 m prioriteit. Deze zone voorziet ruimschoots in de zandbehoefte voor de komende decennia, zeker als er tot op grotere diepte wordt gewonnen dan de eerder gebruikelijke 2 meter. Voor (grof) beton- en metselzand zijn gebieden voor Zeeuwse en Zuid-Hollandse kust gereserveerd. Momenteel wordt jaarlijks circa 12 miljoen m³ suppletiezand voor de kustverdediging toegepast.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

Tabel 3.11 geeft de totale hoeveelheid zand in miljoen m³/jaar voor de verschillende scenario's in 2030 en 2050. Het totaal bestaat uit een deel suppletiezand en een deel ophoogzand. De huidige hoeveelheid zand dat op het Nederlandse deel van de Noordzee wordt gewonnen is ongeveer 25 miljoen m³/jaar waarvan 12 miljoen m³/jaar suppletiezand en 13 miljoen m³/jaar ophoogzand.

Tabel 3.11 Totale hoeveelheid zand per scenario dat uit de Noordzee wordt gewonnen in 2030 en 2050 in miljoen m³/jaar.

	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel vooruit	scenario IV Samen Duurzaam
2030	40	25	40	30
2050	60	30	75	40

In alle scenario's zal de hoeveelheid suppletiezand die nodig is toenemen, maar de mate waarin is afhankelijk van de zeespiegelstijging. Omdat het gehele kustfundament¹⁰ moet worden opgehoogd gaat het per centimeter zeespiegelstijging om grote hoeveelheden zand. In de beleidsarme scenario's I en III is de zeespiegel in 2050 naar verwachting met 35 centimeter gestegen, in de beleidsrijke scenario's II en IV blijft de stijging beperkt tot 15 centimeter. Uitgaande van cijfers uit de Nationale Visie Kust uit 2013 (Deltaprogramma Kust 2013)¹¹ is verondersteld dat de jaarlijks benodigde hoeveelheid suppletiezand in scenario's II en IV toeneemt van de huidige 12 miljoen m³ tot 18 miljoen m³ en in scenario's I en III tot 48 miljoen m³.

In scenario III wordt verondersteld dat de Rotterdamse haven verder wordt uitgebreid en dat er een energie-eiland wordt aangelegd. Verondersteld is dat daarvoor in de periode na 2030 jaarlijks 10 miljoen m³ zand nodig is. In scenario IV vindt er geen uitbreiding van de Rotterdamse haven plaats maar wel komen er drie energie-eilanden. In de verbeelding daarvan op de kaart (figuur 3.9 in *De toekomst van de Noordzee*) zijn de twee energie-eilanden op de randen van het NCP gelokaliseerd en een daarbuiten op de Duitse exclusieve economische zone. Voor deze eilanden is gemiddeld circa 5 miljoen m³ per jaar nodig.

¹⁰ De zeewaartse grens van het kustfundament bestaat uit de doorgaande -20 meter NAP-lijn. Aan de landzijde omvat deze alle duingebieden én alle daarop gelegen harde zeeweringen.

¹¹ De letterlijke tekst in de Nationale Visie Kust: "Om de doelen te kunnen bereiken wordt gedacht aan een range van 12-24 miljoen m³ suppletiezand per jaar voor de periode na 2020 bij het huidige tempo van zeespiegelstijging. Bij matige tot snelle stijging van de zeespiegel komen grotere volumes in beeld. Dan is te denken aan een range van 30-66 miljoen m³ zand per jaar."

De hoeveelheid ophoogzand blijft in scenario's I en II - met lage economische groei en krimpende bevolkingsomvang – ongeveer op de huidige 13 miljoen m³, in de scenario's III en IV - met hoge economische groei, toenemende bevolking en minder bewoners per huishouden- neemt de hoeveelheid toe tot respectievelijk 18 en 16 miljoen m³. Het verschil wordt veroorzaakt doordat er in scenario IV naar verwachting minder kantoren worden gebouwd omdat er meer thuis wordt gewerkt.

3.6 Defensie

Huidige situatie en opgaven

Zowel in het Nederlandse deel van de Noordzee als daarbuiten worden enkele delen gebruikt als militaire oefengebieden (IenM & EZ 2015a). Deze gebieden zijn nodig om de operationele gereedheid en de geoefendheid van de krijgsmacht in stand te houden. In het Nederlandse deel van de Noordzee beslaan de gebieden in totaal zo'n 4.200 km² ofwel 7% van het NCP. Deze gebieden zijn in gebruik als schietgebieden, vlieggebieden of oefengebieden voor het leggen en opsporen van mijnen. Afhankelijk van het gebied kan er door vliegtuigen of schepen worden geschoten. Daarnaast zijn er enkele gebieden waar vanaf het land wordt geschoten.

Defensie is een nationaal belang. Concreet betekent dit dat er voldoende oefengebieden aanwezig moeten zijn op de Noordzee (IenM & EZ 2015a). In de afgelopen decennia is als onderdeel van bezuinigingen op de overheidsuitgaven het militair materiaal ingekrompen en zijn er enkele oefengebieden afgestoten. Momenteel oefent de VS druk uit op de andere NAVO-bondgenoten om de defensie-uitgaven weer te verhogen. Daarnaast vragen toenemende internationale spanningen om een nieuwe oriëntatie op de wereld. Zo dienen belangrijke handelsroutes beschermd te worden tegen piraterij. In de oefengebieden is het uitgangspunt dat medegebruik wordt toegestaan voor zover dit te verenigen is met de militaire oefeningen. Als er niet geoefend wordt, dan zijn scheepvaart, visserij of recreatievaart mogelijk. Daarnaast kunnen de oefengebieden ook belangrijk zijn voor de natuur. In de oefengebieden is het uitgesloten dat er vaste objecten zoals olie- of gasplatforms of windmolens worden geplaatst.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

De mondiale verhoudingen kunnen de komende decennia verschillende kanten op gaan. Het is denkbaar dat militaire spanningen als gevolg van internationale conflicten op termijn afnemen en dat er sprake is van meer samenwerking. Maar het is net zo goed denkbaar dat de internationale conflicten en daarmee de militaire spanningen verder toenemen. Ondanks de onzekerheid over de veranderende mondiale verhoudingen is de verwachte ruimtebehoefte voor militaire oefengebieden op de Noordzee tamelijk stabiel. In geen van de vier scenario's worden de bestaande oefengebieden in het Nederlandse deel van de Noordzee de komende jaren uitgebreid. Wel wordt er in scenario I vanwege de toenemende internationale spanningen extra geoefend buiten de Noordzee, vooral voor de oostkust van de VS en Canada. In scenario IV wordt het gebied voor vlieg oefeningen ten noorden van de Waddeneilanden naar het Schotse deel verplaatst om ruimte te maken voor windenergie. De extra lasten voor Defensie die dit met zich meebrengt in dit scenario kunnen gecompenseerd worden.

Als gevolg van de onzekerheid over militaire spanningen in de wereld is de intensiteit waarmee er gebruik wordt gemaakt van de oefengebieden eveneens onzeker. In de scenario's III en IV worden de oefengebieden op het NCP minder intensief gebruikt, omdat er vanwege de afnemende militaire spanningen minder geoefend hoeft te worden. Maar in de scenario's I en II worden de oefengebieden op het Nederlandse deel van de Noordzee vanwege de toename van de spanningen in de wereld juist intensiever gebruikt. Dit maakt het belangrijk dat het medegebruik van militaire oefengebieden door andere gebruikers van de Noordzee flexibel is. Zo kan het aantal dagen waarop de oefengebieden per jaar door de scheepvaart, de visserij of de recreatievaart kunnen

worden gebruikt variabel worden gemaakt. Hierdoor kan er gemakkelijk op de veranderende behoefte aan militaire oefeningen in de gebieden worden ingespeeld.

De Brexit zal waarschijnlijk geen grote gevolgen hebben voor de samenwerking tussen de Engelse en Nederlandse marine en luchtmacht, omdat deze samenwerking vooral via de NAVO verloopt. Wel brengt de Brexit met zich mee dat de Deense, Duitse, Nederlandse, Belgische en Franse delen van de Noordzee langs de buitengrens van de EU komen te liggen. In het geval van een harde Brexit, zoals door de scenario's I en II is verkend is er sprake van een harde buitengrens ('blauw gordijn') door de Noordzee. Dit brengt met zich mee dat er zowel aan de kant van de EU-lidstaten die aan de Noordzee liggen als aan de Engelse kant van de grens gepatrouilleerd gaat worden, al zal er ook het nodige gebruik worden gemaakt van radarinstallaties, surveillancedrones, satelliet-observaties en andere technieken.

3.7 Recreatie

Huidige situatie en opgaven

Dicht bij de kust vindt een scala aan recreatieactiviteiten plaats. Door bijna 2.6 miljoen mensen wordt één of meerdere keren per jaar gesport op of aan zee. Daarbij gaat het naast varen ook om surfen, waterskiën en duiken.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

Aangenomen is dat het aantal recreatievaartuigen in Nederland in de beleidsarme scenario's I en II in 2050 zal zijn afgenomen met respectievelijk 30 en 20%. Als gevolg hiervan worden de havens voor de recreatievaart leger, neemt het voorzieningenniveau af en verdwijnen er ook havens. De onderliggende trends zijn onder andere lage economische groei, krimp van de bevolking, vergrijzing van de huidige booteigenaren, minder behoefte en financiële mogelijkheden van jongeren om een boot aan te schaffen en een verschuiving naar andere vormen van vrijetijdsbesteding en vakantie (zoals vliegvakanties) (Waterrecreatie Advies 2016). In de scenario's III en IV, met een hogere groei van de welvaart, de bevolking en het aantal gepensioneerden, stijgt het aantal recreatievaartuigen op zee. Het aantal recreatiehavens neemt eveneens toe. In het duurzame scenario IV wordt de groei nog versterkt omdat er relatief minder mensen op vliegvakantie gaan en meer mensen in Nederland. Verondersteld is dat de groei in de periode tot 2050 in deze scenario's respectievelijk 20 en 30% bedraagt.

In alle scenario's zijn qua ruimtegebruik weinig knelpunten te verwachten. Recreatievaart is goed te combineren met scheepvaart, visserij en natuur. Doorvaart door windparken is mogelijk voor kleinere vaartuigen met een lengte van maximaal 24 meter. Militaire oefengebieden mogen worden doorkruist als er geen oefeningen plaatsvinden.

3.8 Rijkscultureel erfgoed

Huidige situatie en opgaven

Het Nederlandse beleid is vooral gericht op het in situ behouden van archeologische vindplaatsen (verdrongen nederzettingen, scheepswrakken en andere archeologische waarden). Als bescherming in de bodem niet mogelijk blijkt, bijvoorbeeld omdat andere maatschappelijke belangen zwaarder wegen, wordt overgegaan tot het veiligstellen van de wetenschappelijke waarde, oftewel het verzamelen van kennis. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) wil daarbij gebruik maken van 'de drukte' op de Noordzee. Met name bij het seismische vooronderzoek voor windparken en kabelgoten worden veel meetgegevens gegenereerd. De RCE wil graag dat ook archeologen naar deze

gegevens kijken. In enkele gevallen zal aanvullend onderzoek verlangd worden. Het is al (Europese) wetgeving dat dit structureel gebeurt, maar dat is nog niet vertaald in regelgeving. Het proces om dat met alle partijen te gaan regelen is in het najaar van 2017 gestart.

Toekomstige opgaven en oplossingsrichtingen

Hoewel niet kan worden uitgesloten dat aanvullende onderzoeken enige vertraging kunnen opleveren bij de bouw van windparken of de aanleg van kabels of leidingen, is in alle scenario's verondersteld dat door de aanwezigheid van cultureel erfgoed uiteindelijk geen windmolen of kabelgoot minder zal worden gerealiseerd.

4 Economie en de Noordzee

De economische gevolgen van de ontwikkelingen volgens de scenario's rond de thema's energietransitie, robuuste natuur en toekomstbestendige voedselvoorziening zijn mogelijk zeer groot. Een analyse van de economische gevolgen van de ontwikkelingen in de Noordzeescenario's in termen als toegevoegde waarde, volumegroei of productiewaarde ligt echter buiten de reikwijdte van de de PBL Noordzee scenariostudie¹². In plaats daarvan wordt het onderwerp in meer algemene termen behandeld onder andere op basis van een aantal recente PBL-publicaties.

De toekomst van de Noordzee sluit voor wat betreft economische ontwikkelingen aan op de meest recente toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (CPB & PBL 2015a). Daarin zijn economische ontwikkelingen in Nederland richting 2050 op hoofdlijnen gegeven voor een lage dynamiek (1 procent groei per jaar) en hoge economische dynamiek (2 procent groei per jaar) en voor een aantal thema's, zoals mobiliteit en transport, verder uitgewerkt. Specifieke cijfers voor de economische ontwikkeling van de Noordzeesectoren, zoals de scheepvaart, visserij en olie- en gaswinning zijn daarbij niet gegeven. De toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO) beperkt zich tot veranderingen op basis van zogenaamd minimaal gedifferentieerd beleid (staand beleid). Er is geen cijfermatige onderbouwing bij de additionele onzekerheidsverkenningen met extra economische ontwikkelingen als gevolg van aanvullend beleid waarin bijvoorbeeld Nederland in internationale context een transitiepad belooft richting de tweegradendoelstelling.

Daarbij komt dat een economische analyse van transities, zoals die in deze studie centraal staan, door hun beperkte voorspelbaarheid sowieso op gespannen voet staat met een cijfermatige onderbouwing ervan. Een goed voorbeeld is de transitie in Nederland van kolen naar aardgas in de vorige eeuw. De enorme baten voor de Nederlandse economie, gegenereerd uit met name het Groningengasveld, zijn vooraf nooit voor mogelijk gehouden (Geuns en Juez-Larré 2017). Overigens net als de hoge externe kosten van de aardgaswinning, als gevolg van de aardbevingsschade.

De impact op de economie van de transitie naar een duurzame energievoorziening zal die van de transities van natuur en voedselvoorziening in klassieke economische termen naar verwachting veruit overtreffen. Zo geven Schure et al. (2017) aan dat om de uitstoot van broeikasgassen met 95 procent te verminderen¹³ in de periode 2020-2040 er grofweg een verdubbeling van investeringsgelden nodig is ten opzichte van staand beleid. Koelemeijer et al. (2018) schatten de nationale (meer)kosten rond 2030 op 2.1 tot 3.3 miljard euro per jaar als Nederland op een transitiepad wil zitten richting 95 procent uitstootvermindering van broeikasgassen.

Voor wat betreft de Noordzeescenario's: de winning van fossiele energie op het NCP verdwijnt en er ontstaat een nieuwe industrie rond duurzame energie en ondergrondse opslag van CO₂. Nederland is een doorvoerland van fossiele brandstoffen en met vijf raffinaderijen verzorgt het een belangrijk deel van de Europese behoefte aan olieraffinage-producten. Ook is er een ruimtelijk-economisch patroon bij de offshore energie-industrie met havens, werkgelegenheid en zelfs opleidingen. Die ondervinden alle effecten bij de voorziene krimp van de fossiele industrie en daarmee

¹² Het ministerie van I&W heeft Wageningen Economic Research Centre gevraagd om een studie te doen naar de economische gevolgen van de ontwikkelingen op de Noordzee volgens de PBL-scenario's: I 'Langzaam verder' en IV 'Samen duurzaam'. Deze studie wordt begin 2019 uitgebracht.

¹³ Ten opzichte van het ijkjaar 1990

dus ook de olie- en gaswinning op de Noordzee (Weterings et al. 2013). Tegelijkertijd zorgt de opkomende offshore windindustrie voor nieuwe structureffecten. Nieuwe infrastructuur en bedrijfstakken zullen hun intrede doen. Grote Noordzeehavens als Rotterdam zullen een hoofdrol spelen bij de transitie van de fossiel naar hernieuwbare energie.

De huidige economische waarde van de visserij en aquacultuur in Nederland is klein (zie tabel 4.1) en zal volgens de ontwikkelingen in de scenario's eerder afnemen dan groeien. De brede waarde voor de samenleving van natuur en de verbetering ervan valt moeilijk in economische termen te vatten. Het bereiken van een goede milieutoestand op de Noordzee als maatschappelijk en daarmee economisch wenselijke situatie is geborgd door Europese regelgeving. De Kaderrichtlijn Mariene Strategie (EU 2008) zegt hierover: "Het mariene milieu is een kostbaar erfgoed dat moet worden beschermd, behouden en, waar mogelijk, hersteld, met als uiteindelijke doel handhaving van de biodiversiteit en schone, gezonde en productieve zeeën en oceanen met een rijke diversiteit en dynamiek."

Huidige economische betekenis van de Noordzee

Tabel 4.1 geeft het aantal werkzame personen en de bruto toegevoegde waarde in 2014 voor de economische gebruiksfuncties die op het NCP, in het kustgebied en rond de Nederlandse zeehavens plaatsvinden. De cijfers zijn afkomstig uit een CBS-rapport uit 2016. Actuelere gegevens zijn op dit detailniveau nog niet beschikbaar. Vooral bij wind-op-zee zijn de cijfers nu al –4 jaar later – sterk achterhaald: begin 2018 stond 958 megawatt aan windturbines opgesteld op het NCP, ruim 4 keer zo veel als in 2014. Naar verwachting verschijnt begin 2019 een studie van het Wageningen Economic Research Centre naar de economische gevolgen van de ontwikkelingen op de Noordzee volgens de PBL-scenario's: I 'Langzaam verder' en IV 'Samen duurzaam'.

De tabel laat zien dat het grootste deel van de werkgelegenheid en bruto toegevoegde waarde gecreëerd wordt door gebruiksfuncties op land, en dan met name in en rond de zeehavens. Op het NCP heeft de olie- en gaswinning de grootste bruto toegevoegde waarde. De economische betekenis van windenergie was in 2014 nog zeer bescheiden, maar zoals gezegd zijn de desbetreffende cijfers inmiddels achterhaald.

Tabel 4.1 Aantal werkzame personen en de bruto toegevoegde waarde per gebruiksfunctie (2014)

Bron: (CBS 2016)

Gebruiksfunctie		Aantal werkzame personen (fte's)	Bruto toegevoegde waarde in miljoenen euro's (prijspeil 2014)	Afbakening
Op NCP	Olie- en gaswinning	4.000	4.003	Aantal werkzame personen voor exploratie, winning, bouw en sloop van platforms
	Visserij	600	58	Betreft visserij op het NCP. De totale Nederlandse visserijsector is ongeveer 4 keer zo groot.
	Zeescheepvaart	9.500	1.616	Schepen van Nederlandse rederijen
	Hydraulische engineering, waarvan zand- en grindwinning	8.800 300	674 55	Aanleg van dijken, havens en zeevaartkanalen, baggeren en landwinning
	Wind-op-zee	40	35	Bruto toegevoegde waarde gebaseerd op elektriciteitsopbrengst van 228 MW opgesteld vermogen*. Aantal werkzame personen alleen voor operatie en onderhoud van de turbines (in 2014 zijn geen windturbines geplaatst)
Subtotaal NCP		22.900	6.386	
Op land	Kustgebied	38.000	1.874	Detailhandel, recreatie, horeca en sportvisserij in een strook van 1 km achter de duinen, inclusief de gehele Waddeneilanden.
	Rotterdamse haven	64.000	7.434	Bouw, productie, transport, opslag, communicatie en groothandel binnen het industriële gebied rond de haven.
	Andere zeehavens (Amsterdam, IJmuiden, Drechtsteden, Terneuzen, Moerdijk, Den Helder, Harlingen, Eemshaven en Delfzijl)	72.000	8.118	Idem als voor Rotterdamse haven.
Subtotaal land		174.000	17.426	
Totaal NCP en land		196.900	23.812	

* Anno 2017 is 958 megawatt aan windturbines opgesteld (ruim 4 keer zo veel als in 2014).

Hieronder schetsen we verhalenderwijs welke economische gevolgen de ontwikkelingen van de energietransitie voor Nederland met zich mee kunnen brengen op basis van een aantal recente publicaties. De publicaties staan op zich, los van de ontwikkelingen zoals verondersteld in de Noordzeescenario's. Ze behandelen de energietransitie op basis van het gehele energiesysteem zowel op land als zee. De kwantitatieve effecten zijn geschat met modelberekeningen voor verschillende momenten tussen nu en 2050 op een transitiepad met 80 tot 95 procent uitstootvermindering van broeikasgassen ten opzichte van 1990.

Economische gevolgen van energietransitie op hoofdlijnen

Boot et al. (2017): "Nederland heeft een omvangrijke energie-intensieve industrie. Deze droeg in 2010 voor 12.4 procent bij aan het bruto binnenlands product. De chemie, het transport, de (glas)tuinbouw en de voedingsmiddelenindustrie zijn de belangrijkste energie-intensieve bedrijfstakken (Weterings et al. 2013). Nederland heeft een hoogwaardige raffinage- en chemische sector. Rotterdam is de derde oliehaven ter wereld (na Singapore en Shanghai). De energievoorziening droeg in 2015 voor 4.5 procent bij aan het bbp en nam in 2014 14 procent van de uitvoer voor zijn rekening. Deze activiteit is tot nu toe zeer kapitaalintensief. Daarom is de werkgelegenheid in de energievoorziening iets minder dan 2 procent van het totaal. De jaarlijkse ontwikkeling van de toegevoegde waarde van energieactiviteiten wordt in grote mate door energieprijzen beïnvloed.

De komende jaren verwachten we daarentegen een afname van inkomsten uit de olie- en gaswinning in Nederland door een dalende productie. Investerings in energiewinning, -verwerking en -besparing zijn omvangrijk: in 2014 met 14 miljard euro bijna 12 procent van alle Nederlandse bruto investeringen. Een steeds groter deel ervan vindt plaats in energienetten, hernieuwbare energie en energiebesparing. In 2008 waren deze bij elkaar de helft van de investeringen in energie, in 2020 wordt verwacht dat het vier vijfde zal zijn. McKinsey en PBL hebben een schatting gemaakt van de energie-investeringen en verwachten dat wanneer de energietransitie echt doorzet, die op termijn kunnen verdubbelen. Het merendeel van de toename zal plaatsvinden in energiebesparing in de gebouwde omgeving. Daarnaast vereist een grote groei van windenergie op de Noordzee forse investeringen voor infrastructurele aanpassingen zowel op zee als op het land.

De Nederlandse uitgangspositie is anders dan in veel andere landen, omdat wij zo'n sterke positie hebben in de handel van aardgas en olie en relatief veel energie-intensieve industrie hebben. Aan de ene kant zien we de olie- en gaswinning afnemen. Dat komt vooral door beperking van de productie van het Groningenveld, het leegraken van de kleine velden op land en de Noordzee, de weerstand van omwonenden tegen nieuwe boringen en de toenemende kosten van winning onder de Noordzee. Inzet van het huidige beleid is de fiscale aantrekkelijkheid van offshore winning te handhaven. Aan de andere kant ziet bijvoorbeeld de Rotterdamse haven veel mogelijkheden in de omslag naar een schone economie (Wuppertal Institut 2016)."

De chemische sector gaat draaien op plantaardige gewassen (bijvoorbeeld uit aquacultuur) en synthetische feedstocks, kringlopen van gebruik en productie worden gesloten, van de gebruikte fossiele brandstoffen wordt de CO₂ afgevangen en opgeslagen, naar kassen vervoerd of gebruikt, en industriële restwarmte wordt in omringende steden gebruikt. Schepen zullen dan – gestimuleerd door scherpere normen voor luchtkwaliteit – op gas (met name LNG) gaan varen. Deze transitie zal een geleidelijk en langdurig proces zijn. Het Internationaal Energie Agentschap verwacht dat het oliegebruik in de transportsector op den duur zal dalen, maar dat het in de niet-energetische toepassingen (als grondstof) trager verandert. Ook de vereniging van de energie-intensieve industrie verwacht dat, mits het innovatiebeleid goed wordt vormgegeven, de energietransitie vooral economische kansen oplevert."

Energietransitie en werkgelegenheid

Schoots et al. (2017): "De werkgelegenheid uit duurzame energieactiviteiten is tussen 2014 en 2016 gestegen van 46 naar 52 duizend arbeidsjaren en neemt naar verwachting toe tot ongeveer

64 duizend arbeidsjaren in 2020. Deze groei komt vooral door nieuwe investeringen in hernieuwbare energie en energiebesparing. De werkgelegenheid uit niet-duurzame (conventionele) energie-activiteiten daarentegen neemt naar verwachting af van 73 duizend arbeidsjaren in 2016 tot ongeveer 62 duizend arbeidsjaren in 2020. De toename van de werkgelegenheid in duurzame-energiegerelateerde activiteiten compenseert richting 2020 dus ongeveer de krimp bij niet-duurzame activiteiten.”

Brink en Smeets (2017): “Door veranderingen in de productie verandert ook de werkgelegenheid in sectoren. Door het beleid verschuiven banen van de industrie, de transportsector en de landbouw naar de dienstensector en elektriciteitssector. Hoewel de totale productie van elektriciteit afneemt, neemt het aantal banen in de elektriciteitssector in de Europese Unie toe doordat de opwekking van hernieuwbare elektriciteit arbeidsintensiever is dan de opwekking van elektriciteit in kolen- en gascentrales. [...] In Nederland gaat het om verschuivingen van enkele tienduizenden banen, op een totaal van 8 miljoen voltijdsbanen. Deze verschuivingen gaan gepaard met aanpassingskosten. Op de korte termijn zullen werknemers werkloos raken en op zoek moeten naar een andere baan. Ook zullen werknemers moeten worden omschoold om op andere plekken in de economie te kunnen worden ingezet.”

Daniels et al. (2014): en “De extra investeringen die nodig zijn om de doelen¹⁴ te halen, kunnen leiden tot een bruto impuls voor de werkgelegenheid. Het effect varieert sterk, van vrijwel 0 fte per jaar bij minder vergaande doelen tot boven de 100.000 fte per jaar bij zeer vergaande doelen. Dit effect hangt niet alleen af van hoogte van de benodigde investeringen, maar ook van de mix van maatregelen, omdat het werkgelegenheidseffect varieert per soort investering. Dit zijn bruto effecten; de netto-effecten – waarbij ook rekening is gehouden met de hogere lasten voor de gehele economie – zullen veel lager liggen.”

Energietransitie en inkomen

Brink en Smeets (2017): “Onder reeds vastgesteld beleid vermindert de uitstoot van broeikasgasen in de Europese Unie in 2030 met 33 procent ten opzichte van 1990. De aanscherping van het Europese lucht-, klimaat- en energiebeleid zorgt voor een verdere reductie tot 43 procent¹⁵ ten opzichte van 1990, dat is voorbij het Europese doel van 40 procent. De kosten voor het totaal aan voorgenomen beleid zijn circa 0.4 procent van het Europese inkomen in 2030. Het inkomensverlies door aanscherping van het klimaat- en energiebeleid is meer dan tienmaal zo groot als het inkomensverlies door aanscherping van het luchtbeleid. [...] In Nederland is het inkomensverlies in 2030 met 0.2 procent minder groot dan het EU-gemiddelde.”

Toekomstige economische betekenis van zandwinning

Uit tabel 4.1 blijkt dat met zandwinning op de Noordzee in 2014 300 fte's en 55 miljoen euro bruto toegevoegde waarde gemoeid waren, bij een zandproductie van circa 25 miljoen m³. Ervan uitgaande dat zandwinning ook in de toekomst hoofdzakelijk binnen de 12-mijlszone kan plaatsvinden, zullen de werkgelegenheid en de bruto toegevoegde waarde evenredig toenemen met de gewonnen hoeveelheden. In het scenario met de hoogste groei – scenario III (snel vooruit) – neemt de zandwinning met een factor 3 toe ten opzichte van de huidige hoeveelheid; in de overige 3 scenario's is de groei kleiner (zie bijlage I). De bijdrage van zandwinning aan de Nederlandse economie blijft in vergelijking met die van de energiesector daarmee zeer bescheiden.

¹⁴ Zoals voorgesteld door de Europese Commissie in 2014 voor het Europese beleidskader voor klimaat en energie tot 2030 (EC 2014).

¹⁵ Het Regeerakkoord 2017 zet in op 49 procent in 2030 en is voorstander van 55 procent in Europees verband. Op 28 november 2018 heeft de Europese Commissie een lange termijnvisie gepresenteerd waarin het oproept tot volledige klimaatneutraliteit in Europa, 100 procent vermindering in 2050 en 55 procent in 2030 (EC 2018).

5 Referenties

- Boot, P. et al. (2017) Overzicht van de energieontwikkelingen, een inwerkdocument, PBL, Den Haag. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-overzicht-van-de-energie-ontwikkelingen-een-inwerkdocument-2995.pdf>
- Brink, C. en W. Smeets (2017) Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies, PBL-publicatienummer 1950, PBL, Den Haag. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-Europese-doelen-voor-lucht-klimaat-en-energie-1950.pdf>
- CBS (2016), Economic description of the Dutch North Sea and coast: 2005, 2010 and 2014, ISBN 978-90-357-1617-9, Statistics Netherlands. <https://www.cbs.nl/en-gb/publication/2017/24/economic-description-of-the-dutch-north-sea-and-coast>
- CEFAS et al. (2006), Alternative future scenarios for marine ecosystems. Lowestoft: CEFAS.
- CEFAS et al. (2017), Climate change and European aquatic resources, Lowestoft: CEFAS.
- Cisco (2018), Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022, White paper, C11-741490-00. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.pdf>
- Clingendael (2013), Visie op de krijgsmacht van de toekomst, Nederlands Instituut voor Internationale Betrekkingen 'Clingendael', Den Haag. https://www.clingendael.org/sites/default/files/2016-02/20130200_clingendael_visie_krijgsmacht_toekomst.pdf
- CPB & PBL (2015a), Nederland in 2030 en 2050. Twee referentiescenario's, Den Haag: Centraal Planbureau / Planbureau voor de Leefomgeving. www.wlo2015.nl
- CPB & PBL (2015b), Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Cahier Klimaat en Energie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving / Centraal Planbureau. www.wlo2015.nl
- Dammers, E. et al. (2013), Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking, PBL-publicatienummer 713, Den Haag: PBL. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2013-scenarios-maken-voor-milieu-natuur-en-ruimte-een-handreiking-713.pdf>
- Dammers, E. et al. (2017), Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking, PBL-publicatienummer 2290, Den Haag: PBL. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/Scenarios-voor-milieu-natuur-en-ruimte-gebruiken-2017-12-13.pdf>
- Daniëls, B. et al. (2014) EU-doelen klimaat en energie 2030: Impact op Nederland, ECN-E--14-033, PBL-publicatienummer 1394, PBL, Den Haag. https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2014-eu-doelen-klimaat-en-energie-2030-impact-op-nederland_01394.pdf
- Deltaprogramma Kust (2013), Nationale Visie Kust; Kompas voor de kust. Den Haag.
- DG Maritime Affairs and Fisheries (2016) Strategic plan 2016 – 202, Ares(2016)1374289 - 18/03/2. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/strategic-plan-2016-2020-dg-mare_march2016_en.pdf
- DHV & TNO (2008) Potential for CO₂ storage in depleted gas fields at the Dutch Continental Shelf, Phase 1: Technical assessment, 2008-U-R0674/A. <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/448/download>
- EBN en Gasunie (2017) Transport en opslag van CO₂ in Nederland, Utrecht: EBN B.V. <https://kenisbank.ebn.nl/wp-content/uploads/2018/09/Studie-Transport-en-opslag-van-CO2-in-Nederland-EBN-en-Gasunie.pdf>

EC (2014) Een beleidskader voor klimaat en energie in de periode 2020-2030, COM(2014) 15 final, Brussel, 22.1.2014

EC (2018) A Clean Planet for all, A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, COM(2018) 773 final, Brussels, 28.11.2018.

Ecofys (2017) Translate COP21 2045 outlook and implications for offshore wind in the North Seas, projectnummer: ESMNL17412, Utrecht. <https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2017/10/Translate-COP21-Public-report-July2017-final.pdf>

EU (2008), Kaderrichtlijn mariene strategie, Richtlijn 2008/56/EG van het Europees Parlement en de Raad, EU publicatieblad L 164/19.

EZ (2016) Energieagenda: naar een CO₂-arme energievoorziening, Ministerie van Economische Zaken Postbus 20401 | 2500 EK Den Haag. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2016/12/07/ea/Energieagenda-2016.pdf>

Geuns, L. van, Juez-Larré, J. & S. de Jong (2017) Van exporteur naar importeur. De verander(en)de rol van aardgas in Nederland, TNO Whitepaper 17-9022, Delft: TNO. <https://www.en-soc.nl/files/tno-2017-nl-exporteur-aardgas.pdf>

IABR (2016) 2050 - An Energetic Odyssey, door H+N+S Landschapsarchitecten, Ecofys en Tungsten Pro een concept voor grootschalige windenergie op de Noordzee. <https://www.iabr.nl/nl/projectatelier/atelier2050>

IenM & EZ (2014) Noordzee 2050 gebiedsagenda, Den Haag. https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/122073/noordzee_2050_gebiedsagenda_met_brief_aan_tweede_kamer_3400.pdf

IenM & EZ (2015a) Nationaal waterplan 2016-2021, Den Haag. https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/122030/nationaal_waterplan_2016-2021_p68-70_-_breinrapport_2018.pdf

IenM & EZ (2015b) Beleidsnota Noordzee 2016-2021, Den Haag. https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/122021/beleidsnota_noordzee_2016-2021_4841.pdf

IenM & EZ (2015c) Mariene strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020 (deel 3), Den Haag. https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/123341/mariene_strategie_voor_het_nederlandse_deel_van_de_noordzee_2012-2020_deel_3_4885.pdf

IenW & LNV (2018, Ontwerp Mariene Strategie (deel 1), Actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren, 2018-2024. Hoofddocument. [http://www.platformparticipatie.nl/Images/Mariene%20Strategie%20\(deel%201\)%20Hoofddocument_def_tcm318-398094.pdf](http://www.platformparticipatie.nl/Images/Mariene%20Strategie%20(deel%201)%20Hoofddocument_def_tcm318-398094.pdf)

IMARES (2017) Cumulative effects assessment. Proof of concept marine mammals, Den Helder: Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies.

Koelemeijer, R. et al. (2017) Analyse regeerakkoord Rutte-III: effecten op klimaat en energie, PBL-publicatienummer: 3009, PBL, Den Haag. https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-analyse-regeerakkoord-rutte-iii-effecten-op-klimaat-en-energie_3009.pdf

Koelemeijer, R. et al. (2018) Kosten energie- en klimaattransitie in 2030 – update 2018, PBL-publicatienummer 3241, PBL, Den Haag. https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-kosten-energie-en-klimaattransitie-in-2030-update-2018_3241.pdf

LEI (2014) Bodemberoerende visserij op de Noordzee : huidige situatie, recente ontwikkelingen en toekomstscenario's, Den Haag: Landbouw Economisch Instituut. <http://edepot.wur.nl/317315>

LEI (2016) Blauwe Groei: duurzame bedrijvigheid op de Noordzee, Den Haag: Landbouw Economisch Instituut. https://www.researchgate.net/profile/Swk_Burg/publication/304628202_Blauwe_Groei_duurzame_bedrijvigheid_op_de_Noordzee/links/5775824908aeb9427e25c06c/Blauwe-Groei-duurzame-bedrijvigheid-op-de-Noordzee.pdf?origin=publication_detail

- LEI (2017) Visserij in cijfers, project WOT-06-001-023. <https://www.wur.nl/nl/project/Visserij-in-cijfers.htm>.
- Magagna, D., R. Monfardine, A. Uihlein (2016) Technology, market and economic aspects of ocean energy in Europe, JRC Ocean Energy Status Report 2016 Edition, PDF ISBN 978-92-79-65940-9, ISSN 1831-9424, doi:10.2760/509876.
- Matthijssen, J., R. Aalbers en R. van den Wijngaart (2016), Achtergrondrapport bij WLO-cahier Klimaat en energie, Den Haag: Centraal Planbureau / Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.wlo2015.nl/wp-content/uploads/pbl-2016-wlo-achtergronddocument-klimaat-en-energie-1775.pdf>
- Matthijssen, J., E. Dammers en H. Elzinga (2018), De toekomst van de Noordzee. De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie, Den Haag: PBL. <https://www.pbl.nl/publicaties/de-toekomst-van-de-noordzee>
- NIOZ (2014) Staat van de Noordzee editie 2015. <https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/123326/digitaal-overzicht-de-staat-van-de-noordzee-2015-4778.pdf>
- NISS (2016), Blauwdruk 2050, de maritieme wereld voorbij de horizon, uitgave van het Nationaal Instituut voor Scheepvaart en Scheepsbouw. https://maritimetechnology.nl/media/Blauwdruk2050_NISS100.pdf
- Norwegian Ministry of the Environment (2013) Integrated management of the marine environment of the North Sea and Skagerrak (Management Plan). Report by Norwegian Ministry of Climate and Environment. pp 145. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Norwegian-Integrated-Management-2013.pdf>
- PBL (2012) Natuurverkenning 2010 – 2040, Den Haag. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2012-Natuurverkenning-2010-2040-50041400-met-links.pdf>
- PBL (2015) Energietransitie: zoektocht met een helder doel, PBL-publicatienummer 1921, PBL, Den Haag. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2015-energietransitie-zoektocht-met-een-helder-doel-01921.pdf>
- PBL (2016), Opties voor energie- en klimaatbeleid, PBL-publicatienummer 2393, PBL, Den Haag. https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-opties-voor-energie-en-klimaatbeleid_2393.pdf
- PBL & ECN (2011) Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-500083014-verkenning-routes-schone-economie-2050.pdf>
- PBL & ECN (2017) Verkenning van klimaatdoelen. Van lange termijn beelden naar korte termijn actie, PBL-publicatienummer 2966, PBL, Den Haag. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-verkenning-van-klimaatdoelen-van-lange-termijnbeelden-naar-korte-termijn-actie-2966.pdf>
- Port of Rotterdam (2011) Havenvisie 2030, Rotterdam: Port of Rotterdam. https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/downloads/havenvisie-2030_0.pdf?token=TWCP4QZn
- Ravesteyn, P., G. van der Schrier, R. Haarsma, R. Scheele en M. van den Broek (2018) Vulnerability of European intermittent renewable energy supply to climate change and climate variability, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 97, p 497-508. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.057>.
- Riis, F. (2018), Norway CCS Demonstration Project: Evaluation Of Jurassic Reservoirs For Safe CO₂ Injection And Storage. Paper presented at the fifth CO₂ Geological Storage Workshop 21-23 November 2018, Utrecht, The Netherlands. <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=94927>

- Schoots, K., M. Hekkenberg & P. Hammingh (2017), Nationale Energieverkenning 2017, Petten: ECN-O--17-018, ECN. <http://www.pbl.nl/publicaties/nationale-energieverkenning-2017>
- Schure, K.M., F.H. de Haan, P.A. Boot, C. Boendermaker en J.J. Geelhoed (2017) Investerings Energiestransitie en Financierbaarheid, Uitdagingen met betrekking tot investeringen 2020–2040, PBL-publicatienummer 2900, PBL, Den Haag. https://www.nvb.nl/media/document/002235_pbl-2017-investerings-energiestransitie-en-financierbaarheid.pdf
- STT (2016) Een oceaan vol mogelijkheden, toekomstbeelden van de oceaan, STT-publicatie nr. 83, ISBN 978-94-91397-12-7, Den Haag. <https://stt.nl/stt/wp-content/uploads/2016/06/Een-oceaan-vol-mogelijkheden-web.pdf>
- Tennet (2017) Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017, Deel II: Investerings Net op Land 2018 – 2027. https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/Technical_Publications/Dutch/TenneT_KCD2017_Deel_II.pdf
- TNO & ECN (2016) Strategies towards an efficient future North Sea energy infrastructure, an Energy Academy Europe-, TNO- and ECN-report. https://www.tno.nl/media/9413/sensei_strategies_towards_an_efficient_future_north_sea_energy_infrastructure.pdf
- TNO (2018) Ondergrondse Opslag in Nederland, Technische verkenning, TNO-rapport R11372, Utrecht. <https://www.nlog.nl/sites/default/files/2018-11/Ondergrondse+Opslag+in+Nederland+-+Technische+Verkenning.pdf>
- Van Dorsser, C. (2012) Scheepvaartscenario's voor Deltaprogramma, Delft: Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:85c8a4e3-540d-48c5-a1b9-f3e944518c1d/datastream/OBJ/download>
- Van Hoorn, A. en N. Sorel (2011) Grensoverschrijdende plannen op zee, Stedenbouw en Ruimtelijke Ordening (S+RO), 2011/02, 38-41. https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/SRO_2_2011_VanHoornenSorel_LR.pdf
- Van Vuuren, D., P. Boot, J. Ros, A. Hof en M. den Elzen (2016), Wat betekent het Parijsakkoord voor het Nederlandse lange-termijn-klimaatbeleid?, PBL-publicatienummer 2580, PBL, Den Haag. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-wat-betekent-het-parijsakkoord-voor-het-nederlandse-langetermijn-klimaatbeleid-2580.pdf>
- Wack, P. (1985) Scenarios: shooting the rapids. Harvard Business Review: 139-150.
- Waterrecreatie Advies (2016), Prognose ontwikkeling recreatievaart in 2030, 2040 en 2050, Lelystad: Waterrecreatie Advies. <https://www.waterrecreatieadvies.nl/assets/files/Prognose%20ontwikkeling%20recreatievaart%202030,%202040,%202050%20-%20compressed.pdf>
- Weterings, R. (2013) Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland, TNO-rapport R10325, Utrecht. https://www.tno.nl/media/3063/naar_toekomstbestendig_energiesysteem_nederland_tno_managementsamenvatting.pdf
- Wuppertal Institut (2016) Decarbonization pathways for the industrial cluster of the Port of Rotterdam : final report 2017/03/29, Wuppertal Inst. for Climate, Environment and Energy, Wuppertal. https://epub.wupperinst.org/files/6656/6656_Decarbonization.pdf

6 Bijlage I

2030	scenario I Langzaam verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel vooruit	scenario IV Samen duurzaam
Internationale en nationale ontwikkelingen	Globalisering stagneert en klimaat-afspraken worden aanvankelijk uitgevoerd maar dat stopt rond 2025	Handelsblokken worden dominant en klimaatafspraken worden uitgevoerd	Globalisering gaat voort en klimaatafspraken worden niet helemaal uitgevoerd	Globalisering gaat voort en klimaatafspraken volledig worden uitgevoerd
internationaal en nationaal beleid	Beleid is gericht op creëren van groei en banen	Beleid is gericht op bereiken van groene groei	Beleid is gericht op scheppen van materiële welvaart	Beleid is gericht op realiseren van circulaire economie
Brexit	Hard	Minder hard	Handelsakkoord	Handelsakkoord plus
Broeikasgasemissie (tov 1990)	-30%	-45%	-40%	-50%
Windenergie	4.5 GW	7.5 GW	11.5 GW	15 GW
Besparing finale energievraag (tov 2015)	4%	9%	0%	13%
Olie- en gaswinning	Reserves, voorwaardelijke voorwaarden en nog te ontdekken voorraden worden benut	Reserves worden benut	Reserves en voorwaardelijke voorraden worden benut	Een deel van de reserves wordt niet benut
CO₂-opslag	Breekt niet door	Nog niet doorgebroken	15 Mton	20 Mton
Visserij	Beperkt innovatief en op lange termijn duurzaam	Beperkt innovatief en op korte termijn duurzaam	Sterk innovatief en op middellange termijn duurzaam	Sterk innovatief en op heel korte termijn duurzaam
Aquacultuur	Beperkte toename	Sterke toename; vooral van plantaardig	Sterke toename; vooral dierlijke eiwitten	Zeer sterke toename
Natuur	Zelfde natuurgebieden als in 2015	Realisering van nationaal natuurnetwerk	Zelfde natuurgebieden als in 2015	Realisering van internationaal natuurnetwerk
Scheepvaart	Verschuiving van scheepvaartbewegingen naar het noorden	Geen verandering van scheepvaartbewegingen	Verschuiving van scheepvaartbewegingen naar het noorden	Verschuiving van scheepvaartbewegingen richting Scandinavië en Oostzee
Stroomkabels en olie- en gasleidingen	Olie- en gasinfrastructuur blijft tot voorraden zijn uitgeput; beperkt stroomkabels en stopcontacten	Na uitputting worden olie- en gasinfrastructuur opgeruimd rekening houdend met CCS op termijn; stroomkabels en stopcontacten.	Olie- en gasinfrastructuur wordt opgeruimd en deels vervangen door CCS infrastructuur; stroomkabels en stopcontacten	CCS infrastructuur en aanleg/hergebruik gasleidingen voor CO ₂ en evt H ₂ /CH ₄ uit stroom; veel stroomkabels en stopcontacten; aanleg energy hub
Telecomkabels (tov 2015)	Geen verandering	1.3 x	1.5 x	1.8 x
Zandwinning	40 miljoen m ³	25 miljoen m ³	40 miljoen m ³	30 miljoen m ³
Recreatie	Neemt sterk af	Neemt af	Neemt af	Blijft constant
Defensie	Intensiever gebruik van oefengebieden	Intensiever gebruik van oefengebieden	Minder intensief gebruik; meer vaart van en naar bases	Minder intensief gebruik; meer vaart van en naar bases

2050	scenario I Langzaam verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel vooruit	scenario IV Samen duurzaam
Internationale en nationale ontwikkelingen	Globalisering stagneert en klimaat-afspraken worden niet helemaal uitgevoerd	Handelsblokken worden dominant en klimaatafspraken worden uitgevoerd	Globalisering gaat voort en klimaatafspraken worden niet helemaal uitgevoerd	Globalisering gaat voort en klimaatafspraken worden volledig uitgevoerd
internationaal en nationaal beleid	Beleid is gericht op creëren van groei en banen	Beleid is gericht op bereiken van groene groei	Beleid is gericht op scheppen van materiële welvaart	Beleid is gericht op realiseren van circulaire economie
Brexit	Hard	Minder hard	Handelsakkoord	Handelsakkoord plus
Broeikasgasemissie (tov 1990)	-45%	-80%	-65%	-100%
Windenergie	12 GW	22 GW	32 GW	60 GW
Besparing finale energievraag (tov 2015)	10%	20%	0%	30%
Olie- en gaswinning	Reserves, voorwaardelijke voorraden en nog te ontdekken voorkomen zijn benut rond 2050	Reserves zijn benut tussen 2030 en 2040	Reserves en voorwaardelijke voorraden zijn benut tussen 2040 en 2050	Olie- en gaswinning uit reserves voor 2030 gestaakt
CO₂-opslag	Breekt niet door	30 Mton	25 Mton	45 Mton
Visserij	Beperkt innovatief en op lange termijn duurzaam	Beperkt innovatief en op korte termijn duurzaam	Sterk innovatief en op middellange termijn duurzaam	Sterk innovatief en op heel korte termijn duurzaam
Aquacultuur	Beperkte toename	Sterke toename; vooral van plantaardig	Sterke toename; vooral dierlijke eiwitten	Zeer sterke toename
Natuur	Zelfde natuurgebieden als in 2015	Realisering van nationaal natuur-netwerk	Zelfde natuurgebieden als in 2015	Realisering van internationaal natuur-netwerk
Scheepvaart	Verschuiving van scheepvaartbewegingen naar het noorden	Geen verandering van scheepvaartbewegingen	Verschuiving van scheepvaartbewegingen naar het noorden	Verschuiving van scheepvaartbewegingen richting Scandinavië en Oostzee
Stroomkabels en olie- en gasleidingen	Er liggen nog olie- en gasleidingen; beperkt stroomkabels en stopcontacten	Olie- en gasleidingen zijn opgeruimd. Introductie van CO ₂ -leidingen; veel stroomkabels en stopcontacten	Olie- en gasleidingen zijn grotendeels opgeruimd. Veel CO ₂ -leidingen; veel stroomkabels en stopcontacten; 1 energy hub	Veel CO ₂ -leidingen; evt gasleiding voor H ₂ of CH ₄ uit stroom; heel veel stroomkabels en stopcontacten; 3 energy hubs
Telecomkabels (tov 2015)	2.0 x	2.5 x	3.5 x	4.0 x
Zandwinning	60 miljoen m ³	30 miljoen m ³	75 miljoen m ³	40 miljoen m ³
Recreatie	Neemt sterk af	Neemt af	Neemt af	Blijft constant
Defensie	Intensiever gebruik van oefengebieden	Intensiever gebruik van oefengebieden	Minder intensief gebruik; meer vaart van en naar bases	Minder intensief gebruik; meer vaart van en naar bases

7 Bijlage II

Tabel met gegevens over energievraag, volumeontwikkeling en niet-CO₂ broeikasgasuitstoot voor (deel)sectoren in het basisjaar 2013 en de zichtjaren 2030 en 2050 voor Noordzeescenario's: Scenario I Langzaam verder, Scenario II Pragmatisch duurzaam, Scenario III Snel vooruit en Scenario IV Samen duurzaam. De cijfers voor 2030 zijn een lineaire interpolatie tussen het basis jaar en 2050.

Sector	Sectoronderdeel	eenheid	basisjaar	2030				2050 scenario's			
				I	II	III	IV	I	II	III	IV
Gebouwde omgeving	Bestaande woningen	PJ warmte	345	322	313	293	242	294	276	232	121
	Woningen nieuwbouw	PJ warmte	0	3	3	26	14	6	6	57	30
	Utiliteitsbouw (HDO)	PJ warmte	170	160	154	146	131	149	136	117	85
	Elektriciteitsvraag huishoudens	TWh	24	23	23	27	26	22	21	31	28
	Elektriciteitsvraag HDO	TWh	37	27	27	30	29	16	15	23	20
Verkeer en vervoer	Personenauto's	miljard km	102	111	108	126	119	121	114	150	135
	Bestelauto's	miljard km	17	18	17	20	19	19	18	22	20
	Zwaar vrachtverkeer	miljard km	7	7	7	8	8	8	7	9	8
	Overig transport	PJ brandstof	100	90	86	96	83	80	72	92	66
	Internationale luchtvaart (NL)	PJ brandstof	84	105	101	109	84	125	118	133	84
	Internationale zeevaart (NL)	PJ brandstof	86	91	89	99	69	96	93	112	52
	Elektrisch (rail)vervoer	TWh	1.9	2	3	2	5	2	4	2.2	8
Industrie	Elektriciteitsvraag	TWh	30	32	37	35	49	35	45	41	71
	Warmtevraag SHT	PJ	90	81	71	85	68	70	49	80	42
	Warmtevraag HT	PJ	95	86	75	91	68	75	53	86	37
	Warmtevraag LT	PJ	125	114	100	118	84	100	70	110	37
	Productie staal	Mton staal	7	7	6.3	7	5.8	7	5.4	7	4.3
	Productie kunstmest (ammoniak)	Mton NH ₃	1.7	1.7	1.6	1.8	1.5	1.7	1.4	2	1.2
	Productie grondstof plastics	Mton plastic	4.0	4	3.7	4.2	3.4	4	3.4	4.5	2.7
Landbouw	Elektriciteitsvraag	TWh	7.0	5.9	7.3	7.8	9.7	4.7	7.6	8.8	12.8
	Warmtevraag LT	PJ	90.0	76	69	74	58	59.9	45	55	21
	Restwarmte	PJ	5.0	5	5	5	5	5	5	5	5
Overige	Afval voor verbranding	PJ	16	16	16	16	16	15	15	15	15
	Niet-CO ₂ bkg Landbouw	Mton CO ₂ -eq	18	17	15	16	13	16	11	14	8
	Niet-CO ₂ bkg andere bronnen*	Mton CO ₂ -eq	11	8	7	7	6	5	2	3	1
	Import elektriciteit	%	-	5	5	10	10	5	10	15	10
	Export elektriciteit	%	-	5	10	15	20	5	20	30	40

HDO = Handel Diensten en Overheid, NL = Nederland, SHT = Super Hoge Temperatuur, HT = Hoge Temperatuur, LT = Lage temperatuur, bkg = broeikasgassen, PJ = petajoule, TWh = tera Wattuur, Mton = megaton, CO₂-eq. = CO₂-equivalent. * exclusief een klein deel van 1 à 2 Mton CO₂-eq dat vrij komt bij het gebruik van energie.

De Noordzee en de relatie met de energievoorziening

In de Noordzee scenario's zijn er twee belangrijke energie-ontwikkelingen. Het gaat om de opkomst van windparken en het verdwijnen van de winning van olie en aardgas. De mate waarin dit plaatsvindt is afhankelijk van de per scenario ontwikkelde verhaallijnen en bijbehorende omgevings- en beleidsvariabelen (zie ook hoofdstuk 2 Methodiek bij scenario-aanpak). Het zijn daarom veronderstelde ontwikkelingen op basis van de context in de scenario's en geen uitkomsten van berekeningen. Tegelijkertijd vormt het veronderstelde opgestelde windvermogen een schakel in de energievoorziening in 2030 en 2050, en draagt het bij aan de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.

Het verband tussen de productie van elektriciteit uit windenergie op zee en de ontwikkelingen van de andere energiesectoren in de scenario's wordt gelegd op basis van sectoranalyses¹⁶ en berekeningen met het E-designmodel (zie paragraaf 3.1 Energie). Met het E-designmodel zijn de energievraag en het energieaanbod in evenwicht gebracht met technologieën, waaronder windenergie op zee, waarmee een vooropgesteld reductiedoel van broeikasgassen kan worden gerealiseerd inclusief de uitstoot van broeikasgassen buiten het energiesysteem om. De hoeveelheid fossiele brandstoffen die op het NCP worden gewonnen speelt hierbij geen rol van betekenis. De vraag naar fossiele brandstoffen in Nederland voor energetische en niet-energetische¹⁷ toepassingen is gekoppeld aan de aannames over de prijzen en de wereldwijde beschikbaarheid en is onafhankelijk van de productie op het NCP. Het verdwijnen van de olie en aardgaswinning op het NCP heeft daarom geen effect op de uitkomst van de berekeningen met het E-designmodel.

Noordzee scenario's en de WLO-scenario's Laag en Hoog

De voor de 'Toekomst van de Noordzee' ontwikkelde scenario's zijn gebaseerd op de twee scenario's uit de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO), Nederland in 2030 en 2050 (CPB & PBL 2015a). Die scenario's nemen het vaststaande beleid in 2015 als uitgangspunt en worden gekenmerkt door respectievelijk een lage en een hoge dynamiek van economische, technologische, klimatologische en andere ontwikkelingen.

Hieronder zetten we per scenario kort uiteen hoe de cijfers rond energie en broeikasgassen, zoals weergegeven in de tabel hierboven, verschillen van de WLO-scenario's en onder welke aanname. We doen dit voor het zichtjaar 2050. De getallen voor het zichtjaar 2030 zijn een lineaire interpolatie tussen het basisjaar en 2050. Voor meer informatie over de aannames rond de energiecijfers van de WLO verwijzen we naar het achtergronddocument en bijlage bij het WLO-cahier Klimaat en Energie (Matthijssen et al. 2016) en www.wlo2015.nl.

Scenario I 'Langzaam verder'

De energiecijfers in het scenario I 'Langzaam verder' zijn identiek aan die uit het WLO-scenario Laag.

Scenario II 'Pragmatisch duurzaam'

De energiecijfers in het scenario II 'Pragmatisch duurzaam' zijn net als scenario I gebaseerd op WLO-scenario Laag. Echter er zijn extra besparingen en elektrificatie maatregelen verondersteld passend in de verhaallijn van dit scenario: een ontwikkeling gericht op verduurzaming in een context van een economisch relatief lage groei en beperkte internationale

¹⁶ Hieruit volgt de energievraag obv de in het scenario verwachte groei en technologische ontwikkelingen

¹⁷ Bijvoorbeeld als grondstof voor het maken van plastics.

samenwerking. De tabellen hieronder geven per sector voor scenario II de verschillen ten opzichte van scenario I met een korte beschrijving van de onderliggende aanname.

Tabel B1 Gebouwde omgeving: verschil (Δ) tussen scenario II en I (II minus I)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Bestaande woningen	PJ warmte	-18	-6 procent door verder gaande isolatie van bestaande woningen
Woningen nieuwbouw	PJ warmte	0	Geen verschil door standaard hoge isolatiegraad (>A+). Aandeel nieuwbouw is overigens beperkt agv lage bevolkingsgroei in WLO-Laag.
Utiliteitsbouw (HDO)	PJ warmte	-13	-9 procent door verdergaande isolatie van bestaande kantoren en bedrijven
Elektriciteitsvraag huishoudens	TWh	-1	-5 procent agv extra besparing
Elektriciteitsvraag HDO	TWh	-1	-6 procent agv extra besparing

Tabel B2 Verkeer en vervoer: verschil (Δ) tussen scenario II en I (II minus I)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Personenauto's	miljard km	-7	-6 procent door balans beprijzing (-) en groei (+)
Bestelauto's	miljard km	-1	-5 procent door balans beprijzing (-) en groei (+)
Zwaar vrachtverkeer	miljard km	-1	-13 procent door verschuiving vrachtvervoer per trein en binnenvaart
Overig transport	PJ brandstof	-8	-10 procent door zuiniger motoren en elektrificatie
Internationale luchtvaart (NL)	PJ brandstof	-7	-6 procent door zuiniger motoren en toename vrachtvervoer per trein en scheepvaart
Internationale zeevaart (NL)	PJ brandstof	-3	-3 procent door balans groei (+) en zuiniger motoren (-)
Elektrisch (rail)vervoer	TWh	+2	+100 procent door toename personen- en vrachtvervoer per trein en overig elektrisch personen en vrachtvervoer.

Tabel B3 Industrie: verschil (Δ) tussen scenario II en I (II minus I)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Elektriciteitsvraag	TWh	+10	+30 procent door enerzijds 10 procent besparing en toename agv elektrificatie warmtevraag SHT, HT en LT met 20 procent
Warmtevraag SHT	PJ	-21	-30 procent door 10 procent besparing en 20 procent elektrificatie van de warmtevraag
Warmtevraag HT	PJ	-22	-30 procent door 10 procent besparing en 20 procent elektrificatie van de warmtevraag
Warmtevraag LT	PJ	-30	-30 procent door 10 procent besparing en 20 procent elektrificatie van de warmtevraag
Productie staal	Mton staal	-1.6	-20 procent door meer recycling
Productie kunstmest (ammoniak)	Mton NH3	-0.3	-15 procent door afname intensieve landbouw en toename biologische landbouw
Productie grondstof plastics	Mton plastic	-0.6	-15 procent door toename recycling en productie van plastics obv biomassa

Tabel B4 Landbouw: verschil (Δ) tussen scenario II en I (II minus I)

Sectoronderdeel	Eenheid	Δ	Aanname
Elektriciteitsvraag	TWh	+2.9	+60 procent door enerzijds besparing en anderzijds toename agv elektrificatie warmtevraag
Warmtevraag LT	PJ	-14.9	-25 procent door 30 procent krimp van het areaal, 10 procent efficiency verbetering en 20 procent elektrificatie van de warmtevraag
Restwarmte	PJ	0	Geen verschil.

Tabel B5 Overig: verschil (Δ) tussen scenario II en I (II minus I)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Afval voor verbranding	PJ	0	Geen verschil
Niet-CO2 bkg Landbouw	Mton CO2-eq	-5	-30 procent door verdergaande uitstootreductie maatregelen
Niet-CO2 bkg andere bronnen	Mton CO2-eq	-3	-60 procent door verdergaande uitstootreductie maatregelen bij andere bronnen

Scenario III 'Snel vooruit'

De energiecijfers in het scenario III 'Snel vooruit' zijn identiek aan die uit het WLO-scenario Hoog, behalve de cijfers voor de sector Landbouw inclusief glastuinbouw. Cijfers zijn aangepast als gevolg van elektrificatie de warmtevraag die voor dit deel als vaststaand beleid 2015 is verondersteld.

Tabel B6 Landbouw: verschil (Δ) tussen scenario III en WLO-scenario Hoog (III minus Hoog)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Elektriciteitsvraag	TWh	+3.8	+75 procent door enerzijds besparing en anderzijds toename agv elektrificatie warmtevraag
Warmtevraag LT	PJ	-9.8	-15 procent door 15 procent elektrificatie van de warmtevraag
Restwarmte	PJ	-1.5	-23 procent minder gebruik van restwarmte door efficiëntere bedrijfsvoering

Scenario IV 'Samen duurzaam'

De energiecijfers in het scenario IV 'Samen duurzaam' zijn net als scenario III gebaseerd op WLO-scenario Hoog. Maatregelen om de efficiency van het energiesysteem te vergroten en de uitstoot van broeikasgassen te verkleinen zijn in dit scenario sterk opgeschroefd. De tabellen hieronder geven per sector voor scenario IV de verschillen ten opzichte van scenario III met een korte beschrijving van de onderliggende aanname.

Tabel B7 Gebouwde omgeving: verschil (Δ) tussen scenario IV en III (IV minus III)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Bestaande woningen	PJ warmte	-111	-48 procent door diepe isolatie en andere technieken
Woningen nieuwbouw	PJ warmte	-27	-47 procent, alle nieuwbouw woningen voldoen aan BENG norm (ca 10 GJ warmtegebruik)
Utiliteitsbouw (HDO)	PJ warmte	-32	-27 procent door diepe isolatie en andere technieken
Elektriciteitsvraag huishoudens	TWh	-3	-10 procent agv verdere besparing
Elektriciteitsvraag HDO	TWh	-3	-13 procent agv verdere besparing

Tabel B8 Verkeer en vervoer: verschil (Δ) tussen scenario IV en III (IV minus III)

Sectoronderdeel	Eenheid	Δ	Aanname
Personenauto's	miljard km	-15	-10 procent door balans beprijzing (-) en groei (+) en gedragsveranderingen
Bestelauto's	miljard km	-2	-10 procent door balans beprijzing (-) en groei (+) en gedragsveranderingen
Zwaar vrachtverkeer	miljard km	-1	-10 procent door verschuiving vrachtvervoer per trein en binnenvaart
Overig transport	PJ brandstof	-26	-28 procent door zuiniger motoren en elektrificatie
Internationale luchtvaart (NL)	PJ brandstof	-49	-37 procent door zuiniger motoren en toename vrachtvervoer per trein en scheepvaart
Internationale zeevaart (NL)	PJ brandstof	-60	-54 procent door balans groei (+) en zuiniger motoren (-)

Elektrisch (rail)vervoer	TWh	+5.8	+264 procent door toename personen- en vrachtvervoer per trein en met name overig elektrisch personen en vrachtvervoer.
--------------------------	-----	------	---

Tabel B9 Industrie: verschil (Δ) tussen scenario IV en III (IV minus III)

Sectoronderdeel	Eenheid	Δ	Aanname
Elektriciteitsvraag	TWh	+30	+73 procent door enerzijds 10 procent besparing en toename agv elektrificatie warmtevraag SHT, HT en LT
Warmtevraag SHT	PJ	-38	-48 procent door 5 procent besparing en 40 procent elektrificatie van de warmtevraag
Warmtevraag HT	PJ	-49	-57 procent door 5 procent besparing en 50 procent elektrificatie van de warmtevraag
Warmtevraag LT	PJ	-73	-66 procent door 5 procent besparing en 60 procent elektrificatie van de warmtevraag
Productie staal	Mton staal	-2.7	-40 procent door meer recycling
Productie kunstmest (ammoniak)	Mton NH3	-0.8	-40 procent door afname intensieve landbouw en toename biologische landbouw
Productie grondstof plastics	Mton plastic	-1.8	-40 procent door toename recycling en productie van plastics obv biomassa

Tabel B10 Landbouw: verschil (Δ) tussen scenario IV en III (IV minus III)

Sectoronderdeel	eenheid	Δ	Aanname
Elektriciteitsvraag	TWh	+4	+60 procent door enerzijds besparing en anderzijds toename agv elektrificatie warmtevraag
Warmtevraag LT	PJ	-34	-25 procent door 20 procent krimp van het areaal, 25 procent efficiency verbetering en 50 procent elektrificatie van de warmtevraag
Restwarmte	PJ	0	Geen verschil.

Tabel B11 Overig: verschil (Δ) tussen scenario IV en III (IV minus III)

Sectoronderdeel	Eenheid	Δ	Aanname
Afval voor verbranding	PJ	0	Geen verschil
Niet-CO2 bkg Landbouw	Mton CO2-eq	-6	-43 procent door verdergaande uitstootreductie maatregelen zoals afvang in stallen en/of vermindering van de veestapel
Niet-CO2 bkg andere bronnen	Mton CO2-eq	-2	-67 procent: minimalisatie uitstoot overige broeikasgassen door 'andere bronnen'

Import en export van elektriciteit

De Noordzee scenario's verschillen op het gebied van import en export van elektriciteit van de WLO scenario's. In alle WLO scenario's vindt er gedurende het jaar zowel import (25 procent) als export (25 procent) van elektriciteit plaats, maar netto is het nul. In de Noordzee scenario's is onderscheid gemaakt tussen import en export van elektriciteit in de verschillende scenario's. De cijfers voor de import en export van elektriciteit (tabel B12) zijn gekoppeld aan de economische ontwikkelingen (hogere dynamiek -> meer import en export) en de ontwikkeling van wind-op-zee (meer windparken -> meer netto export).

Tabel B12 Import en export van elektriciteit in 2050 per scenario.

	scenario I Langzaam Verder	scenario II Pragmatisch duurzaam	scenario III Snel vooruit	scenario IV Samen duurzaam
Import	5%	10%	15%	10%
Export	5%	20%	30%	40%