

# Gevolgen klimaatverandering en doelen van beleid



# PARIS 2015

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES  
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES



DRAFT TEXT

Adoption of a protocol, another legal instrument, or an agreed outcome with legal force under the Convention applicable to all Parties

Durban Platform for Enhanced Action (decision 1/CP.17)  
on  
COP 21 agenda item 4 (b)  
Version 2 of 10 December 2015 at 21:00

**DRAFT PARIS OUTCOME!**

**Proposal by the President**

**Draft decision -/CP.21**

The Conference of the Parties,  
calling decision 1/CP.17 on the establishment of the Ad Hoc Working Group on the Durban Platform  
for Enhanced Action,

recalling relevant decisions of the Conference of the Parties, including decisions 2/CP.18, 1/CP.  
20,

emphasizing the outcome of "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development"  
and its goal 13

# Wat betekent het Akkoord van Parijs voor het Nederlandse langetermijnklimaatbeleid?

---

De ‘vertaling’ van het Akkoord van Parijs (ruim beneden 2 °C en bij voorkeur 1,5 °C) naar de ambitie van het Nederlands klimaatbeleid vereist verschillende maatschappelijke en politieke keuzes, onder meer wat betreft de verwachtingen over zogenoemde negatieve emissies, en de verantwoordelijkheid voor het reduceren van emissies en het terugdringen van risico’s. Ondanks deze keuzes, lijkt het redelijk te veronderstellen dat voor het Akkoord van Parijs, in het midden van de eeuw het energiesysteem in Nederland zo goed als ‘CO<sub>2</sub>-emissie-vrij’ zal moeten zijn.

**DETLEF VAN VUUREN**  
Onderzoeker bij het Planbureau voor de Leefomgeving en hoogleraar aan de Universiteit Utrecht

**I**n 2015 hebben de meeste landen in de wereld, waaronder ook Nederland, zich met het Akkoord van Parijs vastgelegd op een ambitieus klimaatbeleid (UNFCCC, 2016). Dit akkoord is gericht op het beperken van de mondiale temperatuurstijging tot ruim onder de 2 °C, en bij voorkeur zelfs tot minder dan 1,5 °C ten opzichte van het pre-industriële niveau. Bij het implementeren van dit doel gaat het Akkoord van Parijs uit van een *bottom-up*-benadering, waarbij elk land zijn eigen doelen en beleid moet formuleren (de zogenaamde *nationally determined contributions* of NDC’s). Daarbij wordt een proces voorzien waarbij landen gezamenlijk zullen toetsen of de som van het nationaal beleid voldoet aan de internationaal

overeengekomen doelstelling, en waarna, indien nodig, het nationale beleid wordt aangescherpt.

De ambitie van het Nederlands klimaatbeleid hangt dan ook direct samen met de vraag welke reducties wereldwijd noodzakelijk zijn en hoe de mondiale opgave naar Nederland kan worden vertaald. Daarbij spelen een aantal zaken die niet alleen samenhangen met wetenschappelijke onzekerheden, maar ook met maatschappelijke en politieke keuzes. In deze bijdrage kan ik dan ook geen eenduidig ‘objectief’ wetenschappelijk antwoorden geven wat het Akkoord van Parijs betekent voor Nederland - maar probeer ik op transparante wijze inzicht te geven in wat deze keuzes dan wel zijn, en hoe ze een passend doel voor Nederland kunnen beïnvloeden.

Tegelijkertijd is het wel mogelijk om op basis van de beschikbare kennis en met voorbeeldberekeningen de grote lijnen te schetsen wat 'Parijs' betekent voor een passend Nederlands doel.

### **MONDIAAL KOOLSTOFBUDGET**

Sinds de industriële revolutie is de gemiddelde temperatuur op aarde met ongeveer één graad gestegen als gevolg van menselijk handelen (IPCC, 2014; Visser et al., 2018). Wetenschappelijke studies laten zien dat klimaatverandering grote gevolgen kan hebben, variërend van het verlies van bepaalde diersoorten tot een grootschalige verstoring van het klimaatstelsel. Het internationale klimaatpanel IPCC vat deze studies regelmatig samen in *assessment reports*. Logischerwijs zijn de risico's van klimaatverandering redelijk gekoppeld aan de stijging van de mondiale temperatuur (figuur 1a). Bij een stijging van maximaal 1 °C (zoals nu dus het geval is) zijn de gevolgen nog beperkt, maar wel al waarneembaar. Zo leidt klimaatverandering reeds tot gevolgen voor de natuur, verandering van klimaatpatronen en daarmee landbouwproductiviteit, stijging van de zeespiegel en verandering in weersextremen (IPCC, 2014); zie ook de bijdrage van Richter en Groeneveld aan deze preadviezen. Bij een grotere temperatuurverandering nemen de risico's op nadelige effecten toe. Als bijvoorbeeld de temperatuur vier graden toeneemt, zal de zeespiegel aan het eind van deze eeuw mogelijk al met 1,5 meter kunnen stijgen – maar op de langere termijn kan de stijging zelfs tientallen meters bedragen (IPCC, 2014). De verwachting is ook dat de landbouw op verschillende plekken op aarde zeer negatief zal worden beïnvloed. Het feit dat er op andere plekken positieve landbouweffecten zullen zijn, biedt hierbij beperkte compensatie. Er is bovendien het risico van zichzelf versterkende processen. Een voorbeeld is dat de opwarming van de aarde kan leiden tot het ontdooien van de permafrost. Daarbij kunnen koolstofdioxide en methaan vrijkomen, wat weer bijdraagt aan verdere opwarming. Vergelijkbare effecten spelen rond het smelten van de ijskappen en de verminderde reflectie van zonlicht, en rond de afname van de capaciteit van bossen om CO<sub>2</sub> op te nemen bij hogere temperaturen. Veel wetenschappers benadrukken dan ook de

noodzaak om deze risico's te beperken door middel van verregaande reducties van broeikasgasemissies.

Klimaatverandering wordt veroorzaakt door verschillende broeikasgassen (kader 1). Voor de langetermijnconsequenties is echter de (cumulatieve) emissie van CO<sub>2</sub> dominant, vanwege de omvang van de totale emissies en de relatief lange levensduur. We concentreren ons daarom voor het gemak op CO<sub>2</sub>-emissies. Figuur 1b toont dat er een redelijk lineaire relatie is tussen cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissies en de temperatuurverandering, zowel historisch als voor de toekomst (Friedlingstein et al., 2014; IPCC, 2014; Meinshausen et al., 2009). Het gekleurde gebied geeft de uitkomst van een groot aantal verschillende klimaatmodellen weer, en vormt een indicatie van de onzekerheid als gevolg van de beperkte kennis van het klimaatstelsel. Vanwege deze onzekerheid correspondeert een bepaalde hoeveelheid cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie met een bepaalde bandbreedte van temperatuurniveaus.

Figuur 1 kan worden gebruikt om af te leiden hoeveel uitstoot we ons nog kunnen veroorloven voordat er een bepaalde temperatuurdoelstelling wordt overschreden. Deze hoeveelheid wordt ook wel het 'koolstofbudget' genoemd. Een punt midden in het gekleurde gebied van figuur 1b (de mediaanlijn) correspondeert met een koolstofbudget (*x*-as) dat ongeveer een kans van vijftig procent heeft om beneden de temperatuurwaarde te blijven (*y*-as). Punten boven of onder deze lijn hebben dus een grotere of kleinere kans om beneden het temperatuurniveau te blijven. De bovenste stippe lijn in dezelfde figuur toont de punten die meer dan twee derde kans hebben om aan een bijbehorend temperatuurdoel te voldoen. Momenteel wordt deze kans vaak gebruikt bij het bepalen van de noodzakelijke reducties.

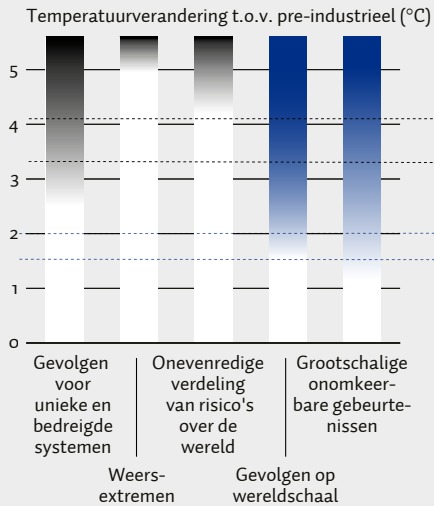
Er gelden nu dus enkele belangrijke keuzes als men tot een interpretatie van Parijs wil komen wat betreft de toegestane CO<sub>2</sub>-emissies. Ten eerste is er *het doel zelf*: is het ruim onder de 2 °C of maximaal 1,5 °C? Ten tweede is er de vraag met *welke zekerheid* er aan deze doelen moet worden voldaan. Is twee derde kans voldoende? Daarbij moet worden aangetekend dat de onzekerheid tussen broeikasgasemissies en temperatuurstijging groter is dan gesuggereerd door de exacte mediaan en de twee-derde-lijn in figuur 1b. De

## Cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissies spelen een cruciale rol in het klimaatprobleem

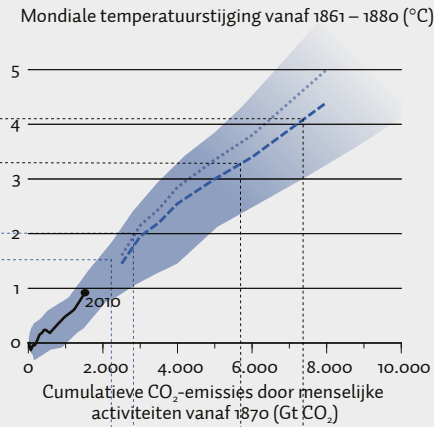
FIGUUR 1

Deze figuur toont: (a) de samenvatting van het IPCC wat betreft de relatie tussen de mondiale temperatuurverandering en de risico's (IPCC, 2014), (b) de relatie tussen cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissies en temperatuurstijging (Rogelj et al., 2016b), (c) de relatie tussen jaarlijkse en cumulatieve emissies voor scenario's zonder klimaatbeleid plus scenario's gericht op de Parijse doelen (Riahi et al., 2017), en (d) de jaarlijkse emissies van deze scenario's

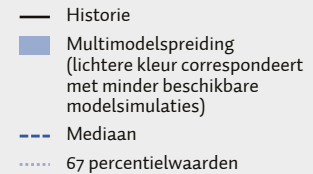
### 1a. Risico's door klimaatverandering



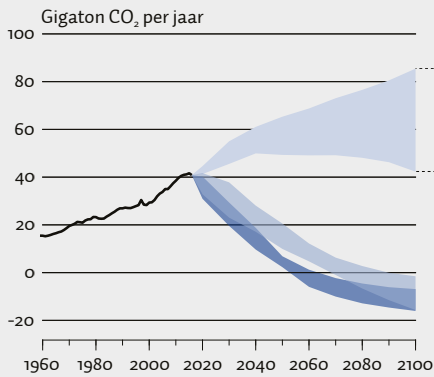
### 1b. Relatie temperatuurstijging en cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie



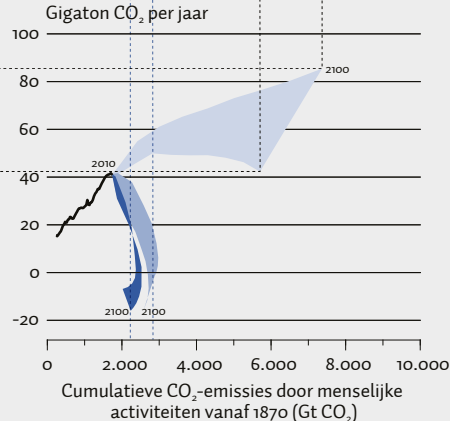
Extra risico door klimaatverandering



### 1c. Mondiale CO<sub>2</sub>-emissies



### 1d. Relatie CO<sub>2</sub>-emissies en cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissies



Noot: het gekleurde vlak in paneel (b) toont de range van uitkomsten van klimaatmodellen en is dus indicatief voor de onzekerheid. Binnen de verdeling zijn de mediaan en de 67e percentielwaarde weergegeven. Voor cumulatieve emissies (x-as panelen (b) en (d)) is voor het verleden de uitkomst van klimaatmodellen gebruikt om consistent te zijn met de figuren van IPCC. De assen van de panelen (a) t/m (d) zijn zo afgebeeld dat relaties kunnen worden gelegd tussen de verschillende panelen zoals ook getoond door de stippellijnen.

Bron: PBL

exacte kansverdeling binnen het gekleurde vlak is nauwelijks bekend. Ten derde speelt bij de temperatuur (y-as) ook de *emissie van broeikasgassen anders dan CO<sub>2</sub>* een rol (met name methaan en de zogenaamde aerosolen). En tenslotte speelt er ook nog de *timing* van de emissiereductie.

In lijn met bovengenoemde onzekerheid en de maatschappelijke keuzes zijn er de laatste jaren verschillende studies verschenen met een hele reeks aan schattingen voor het koolstofbudget. Recent zijn er duidelijke aanwijzingen dat de budgetten naar boven moeten worden aangepast (Millar et al., 2017). Hoewel er dus sprake is van een groot onzekerheidsgebied, is in alle gevallen het budget zeer klein ten opzichte van de huidige emissies. Het koolstofbudget vanaf 2010 dat hoort bij het doel om de temperatuurstijging te beperken tot ruim onder de 2 °C ten opzichte van het pre-industriële niveau ligt naar schatting rond de 1.000 tot 1.400 GtCO<sub>2</sub>. De waarde voor 1,5 graden ligt ergens rond 400 tot 600 GtCO<sub>2</sub>. Ter vergelijking: de huidige emissies zijn wereldwijd net boven de 40 GtCO<sub>2</sub> per jaar (Le Quéré et al., 2015); zie ook figuur 1d. Dat betekent dus dat, met de huidige emissies, het koolstofbudget voor 1,5 graden al binnen vijf tot vijftien jaar wordt overschreden; het budget voor 2 graden over vijftien tot dertig jaar.

## Broeikasgasemissies

Naast CO<sub>2</sub> dragen ook emissies van andere gassen bij aan de klimaatverandering, waaronder vooral methaan (CH<sub>4</sub>), lachgas (N<sub>2</sub>O), gehalogeneerde koolwaterstoffen en aerosolen (onder meer rookdeeltjes). Het is niet makkelijk om de bijdrage van al deze stoffen direct te vergelijken, vanwege verschillende atmosferische eigenschappen en levensduur. Desondanks wordt dit vaak toch gedaan in zogenaamde CO<sub>2</sub>-equivalente emissies. Op basis hiervan is de bijdrage van CO<sub>2</sub>

nu zo'n zeventig procent van de totale emissies. Terwijl op korte termijn het terugdringen van een deel van de broeikasgasemissies, anders dan CO<sub>2</sub>, vaak relatief goedkoop is, is het op lange termijn nog niet mogelijk om alle uitstoot van bijvoorbeeld CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O technisch te reduceren. Want veel van deze uitstoot is namelijk onlosmakelijk verbonden met landbouwactiviteiten, en de technologische maatregelen om deze emissies tot nul te reduceren ontbreken nog.

### KADER 1

## MONDIALE EMISSIEPADEN

Naast de vraag welke emissiebudgetten conform 'Parijs' zijn, is de vraag minstens zo belangrijk wat de redelijke verwachting is over de toekomstige CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dit hangt onder meer af van economische groei, bevolking, technologieontwikkeling, beleid en de veranderingen in levensstijl – en van de onzekerheden die daaraan verbonden zijn. Scenario-analyses proberen deze onzekerheden te formuleren (Clarke et al., 2014).

### Haast is geboden

Het is duidelijk dat in het verleden de uitstoot van CO<sub>2</sub> in lijn met de omvang van de mondiale economie gestegen is. Zonder extra klimaatbeleid kan dan ook verwacht worden dat de koolstofemissies hoog blijven (Riahi et al., 2017). Dit wordt ook getoond in figuur 2, waar de *baseline*-uitstoot zonder klimaatbeleid wordt afgezet tegen de uitstoot die het huidige wereldwijde beleid zal opleveren. Een belangrijke reden voor de verdere uitstootgroei is de voortdurende toename van de energievraag en het feit dat de bijdrage van hernieuwbare energie, ondanks de snelle groei in de laatste jaren, nog zeer beperkt is. De afgelopen jaren hebben we dan ook gezien dat het gebruik van zowel hernieuwbare als fossiele brandstoffen is gegroeid. Scenariostudies laten zien dat zonder stevig klimaatbeleid de verwachte cumulatieve emissies in de 21e eeuw wereldwijd zo'n 4.000 à 5.500 Gton CO<sub>2</sub> zullen zijn. Dit zou overeenkomen met een wereldwijde stijging van de mondiale temperatuur tussen de 3,5 en 4,5 °C ten opzichte van het pre-industriële niveau. Figuur 1 laat de invloed van de onzekerheid zien – beginnend met de mediaanschatting in figuur 1d geeft figuur 1c weer wat die inschattingen betekenen voor de cumulatieve uitstoot, en vervolgens geeft figuur 1b weer wat dat betekent voor de temperatuurstijging.

Het is mogelijk om dit *business-as-usual*-scenario te vergelijken met paden die wel voldoen aan het 'koolstofbudget van Parijs'. Laten we ons voor het gemak concentreren op een maximale uitstoot van 1.000 Gton CO<sub>2</sub> vanaf 2010 om zo met meer dan 66 procent kans een doel van 2 °C te halen (dit is het cijfer uit het laatste IPCC-rapport). Wanneer wereldwijd de emissies met constante snelheid (lineair) worden gereduceerd, dan zouden ze vanaf 2015 in ongeveer veertig

tot vijftig jaar tot nul moeten worden teruggebracht om binnen het budget te blijven. Dit betekent dat dus, per direct, wereldwijd de infrastructuur met een lange levensduur volledig klimaatneutraal zou moeten zijn. Het is echter mogelijk om het kortetermijnkoolstofbudget iets te verruimen als we in de toekomst netto CO<sub>2</sub> uit de lucht halen (zie ook de bijdrage van Smulders aan deze preadviezen). Zogenaamde negatieve emissies kunnen worden gerealiseerd door middel van herbebossing, door een combinatie van bio-energie en opvang en opslag van CO<sub>2</sub> (*carbon capture and storage*; CCS) via *direct-air-capture* (het afvangen van CO<sub>2</sub> uit de lucht) plus opslag, versnelde verwerking (het vastleggen van CO<sub>2</sub> door extra verwerking van mineralen) en het verhogen van de CO<sub>2</sub>-vastlegging in de bodem van landbouwgronden. Wanneer de negatieve emissies groter zijn dan de eventuele overgebleven emissies van fossiele brandstoffen, is er sprake van 'netto negatieve emissies'. Bijna alle scenario's van het VN-klimaatpanel en de wetenschappelijke literatuur veronderstellen negatieve emissies in de toekomst (Van Vuuren et al., 2015). Dit geldt dus ook voor de afgeleide emissiedoelen, die immers op deze literatuur en scenario's gebaseerd zijn.

Negatieve emissies kunnen echter niet onbeperkt worden ingezet. De bovengenoemde technieken staan nog in de kinderschoenen, zijn soms duur, en leiden vaak tot meer energiegebruik (Strengers et al., 2018). CO<sub>2</sub>-afvang leidt bijvoorbeeld tot een lagere efficiëntie van elektriciteitscentrales, en versnelde verwerking vereist energie om gesteente te vermalen. Voor de vaakst overwogen methoden – dat wil zeggen bio-energie met CCS en herbebossing – geldt dat deze landintensief zijn, en daarmee negatieve gevolgen kunnen hebben voor de voedselvoorziening en biodiversiteit (Smith et al., 2016). Ten slotte is de opslagcapaciteit van CO<sub>2</sub> beperkt. Om deze reden dringt de vraag zich op of scenario's met veel negatieve emissies wel reëel zijn (Anderson en Peters, 2016; Smith et al., 2016).

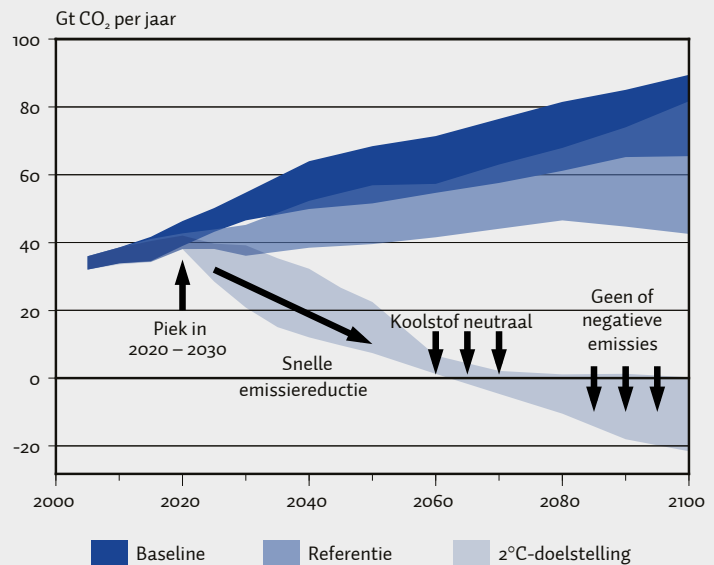
De netto negatieve emissies in de verschillende scenario-studies variëren gemiddeld tussen een netto onttrekking aan de atmosfeer van tussen de 0 en 350 Gton CO<sub>2</sub> in de tweede helft van de 21 eeuw (Riahi et al., 2017). Zelfs bij deze bijdrage van negatieve emissies blijkt de opgave nog steeds zeer groot,

en is het belangrijk om zo snel mogelijk 'positieve' emissies tot nul terug te dringen (aangezien in *baseline*-scenario's de omvang van het koolstofbudget in de orde ligt van duizenden Gton CO<sub>2</sub>). Scenariostudies laten zien dat, zonder negatieve emissies, de temperatuurdoelstelling van Parijs in praktische zin nauwelijks haalbaar is. Toch laten studies ook zien dat een snellere omschakeling naar een CO<sub>2</sub>-vrij energiesysteem, in combinatie met een veel lagere uitstoot van andere broeikasgassen, kan helpen om de inzet van toekomstige negatieve emissies te beperken (Van Vuuren et al., 2018).

Als we rekening houden met die negatieve emissies, laat figuur 2 zie hoe, volgens computermodellen, de *least cost*

Scenario's op basis huidige trend (baseline), inclusief huidige klimaatbeleid (referentie), en scenario's die aan het doel van 2 °C voldoen

FIGUUR 2



Noot: Scenario's in de laatste categorie laten op korte termijn een piek zien in wereldemissies, gevolgd door een periode van snelle reducties en meestal negatieve emissies na 2060–2080

Bron: PBL

scenario's op weg naar het doel van 2 °C eruitzien. Wereldwijd bereikt de uitstoot in deze scenario's in de komende tien jaar een piek, gevolgd door snelle reducties. Rond 2060 zijn de CO<sub>2</sub>-emissies in dergelijke scenario's nul, waarna de emissies eventueel negatief worden. Het IPCC-rapport geeft op basis van deze cijfers aan dat rond 2050 de reductie van alle broeikasgassen samen, ten opzichte van 2010, veertig à zeventig procent (alle scenario's) moet zijn. Het percentage is sterk afhankelijk van het gebruik van negatieve-emissietechnologieën. Wat betreft CO<sub>2</sub> zijn de benodigde reducties groter omdat het reductiepotentieel voor andere broeikasgassen beperkt is.

#### *Huidig beleid voldoet niet*

Als onderdeel van het Klimaatakkoord hebben landen de *nationally determined contributions* ingediend, die beschrijven hoe zij broeikasgassen in de komende tien tot vijftien jaar willen terugdringen. Roelfsema et al. (2017) hebben een uitvoerige analyse gemaakt van het effect van alle plannen die landen hebben ingediend voor de mondiale emissies in 2025 en 2030 (figuur 2, referentiescenario). Als wordt aangenomen dat landen dit beleid na 2030 zullen gaan voortzetten, dan blijkt dat zowel de uitvoering van de NDC's als de voorzetting van dat beleid absoluut onvoldoende is om het doel van 2 graden te halen. Uitgaande van het doel van 1,5 à 2 °C is het dus noodzakelijk om de huidige plannen voor 2030 aan te scherpen.

#### *De kosten*

Met de modellen die gebruikt worden om de emissiepaden te berekenen, kan men ook de kosten van klimaatbeleid berekenen. De berekeningen laten zien dat de jaarlijkse kosten van extra klimaatbeleid ruwweg gelijk zijn aan één à twee procent van het bruto nationaal product van de wereld. Dat vertaalt zich in een iets lagere groei van de wereld-economie. Het inschatten van het macro-economische effect is vrij onzeker, en meestal worden de baten van het klimaatbeleid (zoals afname van luchtverontreiniging en klimaatrisico's) niet meegenomen in de groeiberekeningen. Bij al deze berekeningen gelden er twee cruciale overwegingen. Ten eerste gaan de modellen uit van een nagenoeg optimaal

beleid, waarin reducties zo veel mogelijk daar plaatsvinden waar de kosten het laagst zijn. In werkelijkheid worden echter vaak ook duurdere maatregelen getroffen als deze meer maatschappelijke steun hebben. Zo is de verdeling van de uitstootreducties tussen landen niet noodzakelijkerwijs kostenoptimaal (zie de opmerkingen over een Nederlandse doelstelling hieronder, maar ook de bijdrage van Van den Bergh aan deze preadviezen), maar hetzelfde geldt voor de verdeling tussen de sectoren binnen een land (zie ook de bijdrage van Vrijburg, Brink en Dijk aan deze preadviezen). Ook worden maatregelen vaak gekozen op basis van andere overwegingen dan kosten (het maatschappelijke draagvlak voor zonnecellen is vrij hoog; en voor CO<sub>2</sub>-opslag, momenteel, laag). Dit betekent dat de feitelijke kosten van het klimaatbeleid aanzienlijk hoger kunnen zijn dan wat de modellen voorspellen. Ten tweede lijken modellen in het verleden vaak de technologische ontwikkeling, gestimuleerd door beleid, te onderschatten. Dit betekent dat feitelijke kosten dan juist lager zijn. Deze trends werken in een verschillende richting, en het is niet duidelijk welk effect sterker is.

#### **CONSEQUENTIES VOOR NEDERLAND**

Het is in de komende jaren dus nodig de inspanningen van het klimaatbeleid in alle landen aan te scherpen ten opzichte van de huidige NDC's. Hierbij moet de noodzakelijke extra reductie op wereldniveau vertaald worden naar het nationale niveau. In de komende jaren zal er daardoor een flinke discussie zijn over (het aanscherpen van) de nationale doelstellingen (de zogenaamde *global stocktake* en de hieraan gerelateerde *Talanoa*-dialoog). Daarbij vraagt het Akkoord van Parijs landen ook om langetermijnstrategieën (*mid-century*) te formuleren.

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat – zowel nationaal als internationaal – kostenefficiëntie niet alleen als argument in de discussie rond het aanscherpen van de nationale doelstellingen wordt gebruikt, maar ook rechtvaardigheid. Qua kosten is het aantrekkelijk om veel maatregelen te nemen in ontwikkelingslanden, aangezien reducties daar vaak goedkoper zijn dan in rijke landen. Maar efficiëntie is dus niet het enige criterium – draagkracht, gelijkheid en ver-



antwoordelijkheid (bijvoorbeeld voor historische klimaatverandering) spelen ook een belangrijke rol. In het verleden is er bedacht dat emissiereducties in ontwikkelingslanden ook gefinancierd kunnen worden vanuit rijke landen. De keuze binnen het Akkoord van Parijs om het beleid te concentreren op 'nationale acties' betekent dat het een open vraag is in welke mate dit soort 'flexibele' instrumenten kunnen en zullen worden ingezet.

Er bestaat een uitgebreide literatuur over hoe rechtvaardigheidsbegrippen vertaald zouden kunnen worden in berekeningen. De verschillende principes leveren voor elk land een zeer grote bandbreedte op aan reductiedoelen. In de wetenschappelijke literatuur lijkt zich een consensus te ontwikkelen dat op de lange termijn een geleidelijke convergentie naar gelijke emissies per hoofd voor de hand ligt. Zo'n 'per capita convergentie' ligt qua resultaten ook meestal in het midden van de range van uitkomsten van de verschillende rechtvaardigheidsprincipes en geeft voor veel landen (maar zeker niet voor alle) ook een redelijke verdeling van kosten per eenheid bnp (Hof et al., 2009; Van den Berg et al., 2017).

Rekening houdend met het feit dat het vaststellen van een 'rechtvaardige' bijdrage een maatschappelijke keuze is, kan er aan de hand van illustratieve berekeningen wel iets gezegd worden over de Nederlandse doelstelling (Van Vuuren et al., 2017). Hierbij veronderstellen we dat het niet meer mogelijk is om het bestaande beleid tot 2020 nog sterk aan te scherpen. Studies geven aan dat de emissies wereldwijd, naar verwachting tussen 2015 en 2020, zo'n zeven procent zullen toenemen (Rogelj et al., 2016a). Vanaf 2020 veronderstellen we vervolgens een lineaire reductie, zowel wereldwijd, in Europa als in Nederland, om te voldoen aan het koolstofbudget. Om hieraan emissiepaden voor Europa en Nederland te ontlenen, nemen we in deze illustratieve berekeningen aan dat in 2050 de emissies per hoofd van de bevolking wereldwijd dezelfde waarde zullen bereiken (zoals hierboven aangegeven, is dit slechts een van de mogelijke rechtvaardigheidscriteria).

Vervolgens gaan we uit van drie scenario's:

1. Het behalen van het doel van 2 °C met meer dan 66 procent kans (*well below 2 °C*), uitgaande van het kunnen rea-

- liseren van 150 Gton CO<sub>2</sub> netto negatieve emissies.
2. Het behalen van het doel van 2 °C met meer dan 66 procent kans (*well below 2 °C*) zonder negatieve emissies.
3. Het behalen van het doel van 1,5 °C met meer dan 50 procent kans met 350 Gton CO<sub>2</sub> negatieve emissies.

De hoeveelheid negatieve emissies is redelijk in lijn met waarden die ook in de literatuur worden gebruikt, en de observatie dat in de meeste scenario's het gebruik van netto negatieve emissies toeneemt met de ambitie van het klimaatbeleid (Van Vuuren et al., 2018).

## Het is verstandig om burgers een actieve rol te geven bij de transitie

Figuur 3a toont voor de drie scenario's de ontwikkeling van CO<sub>2</sub>-emissies. De illustratieve berekeningen laten zien dat er sterke reducties van deze emissies nodig zijn. De uitkomsten van de illustratieve berekeningen (lijnen) zijn consistent met de eerder getoonde modelscenario's van complexe modellen, waarvan de spreiding wordt weergegeven door de gekleurde vlakken. In figuur 3b kijken we vervolgens naar de emissietrends per hoofd in de wereld, de EU en Nederland, uitgaande van eerder genoemde convergentie naar het wereldniveau. We doen dat voor elk van de drie genoemde scenario's. Historisch bestaan er grote verschillen tussen de emissietrends op deze schaalniveaus, die ook de emissiereducties richting 2050 beïnvloeden ten opzichte van 2010.

Voor Nederland leveren deze berekeningen voor 2030 een reductie op van veertig tot ongeveer vijftig procent wat betreft de range van scenario's die hier zijn bekeken (dus met en zonder negatieve emissies en voor 2 °C en 1,5 °C). Opnieuw moet er worden benadrukt dat het hier cijfers betreft die zijn gebaseerd op berekeningen voor alleen CO<sub>2</sub>. De uitstoot in 2030 is naar verwachting ongeveer 12 procent beneden het niveau van 1990 voor CO<sub>2</sub> en 23 procent voor

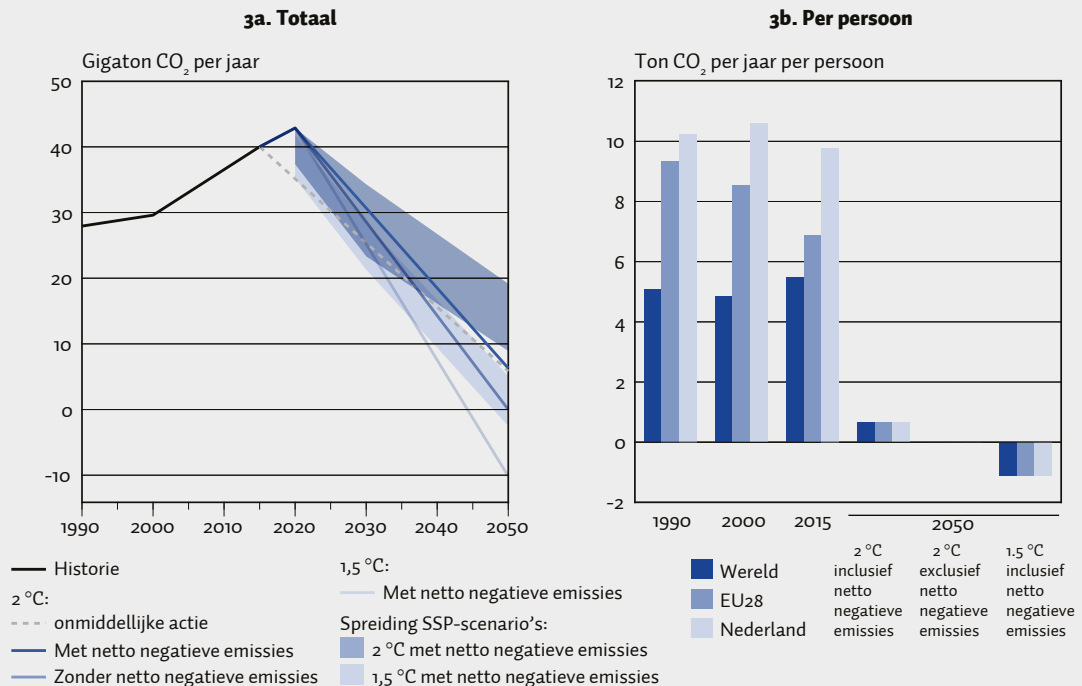
alle broeikasgassen (NEV 2017; Schoots et al., 2017). De huidige reductiedoelstelling van Nederland voor 2030 aan gaande *alle broeikasgassen* is 49 procent, en is net als de cijfers hier gebaseerd op een rechte lijn tussen de huidige emissies en in dit geval op de doelstelling van 95 procent (voor alle gassen) in 2050. Deze laatste is gebaseerd op eerdere communicatie rond de Europese emissiereductiedoelen (Koelemeijer et al., 2017). Op basis van de berekeningen hierboven kan er worden geconcludeerd dat voor 1,5 graden de doelstelling

voor 2030 wat betreft alle broeikasgassen vijf tot tien procent scherper zou moeten zijn. Deze cijfers – gebaseerd op alle gassen samen – zijn ruwweg in lijn met de cijfers die hier zijn gepresenteerd (waarbij de hoeveelheid negatieve emissies mogelijk wat aan de lagere kant van de range ligt; de verdeling CO<sub>2</sub> versus niet-CO<sub>2</sub> wordt verder bepaald door kostenoverwegingen).

In Nederland zijn de broeikasgasemissies tussen 1990 en 2015 met elf procent afgenomen, vooral door het reduce-

In alle drie de illustratieve berekeningen zijn forse emissiereducties nodig in de wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissies.

FIGUUR 3



Noot: De gestippelde lijn toont het hypothetische geval van versnelde emissiereductie in 2020, consistent met het doel van 2 °C. De gekleurde vlakken tonen de spreiding van nieuwe model-gebaseerde scenario's op basis van de Shared Socio-economic Pathways (SSP's) met netto negatieve emissies gericht op respectievelijk 2 °C en 1,5 °C

Bron: PBL

ren van niet-CO<sub>2</sub>-emissies. De CO<sub>2</sub>-emissies zijn na een piek in 2010, gevolgd door een daling in laatste jaren, nog steeds rond het niveau van 1990. De Nationale Energieverkenning (NEV 2017) laat dus zien dat het reeds ingezette beleid leidt tot een verdere (verwachte) afname van de CO<sub>2</sub>-emissies. Dezelfde NEV 2017 geeft aan dat de uitvoering van het vastgestelde en voorgenomen beleid in de periode tot 2030 de emissies langzaam verder zal doen dalen tot 20 procent (CO<sub>2</sub>) en 30 procent (alle broeikasgassen), beide ten opzichte van 1990. Zoals figuur 4 toont, is dit niet in lijn met onze *illustratieve* berekeningen van wat noodzakelijk is om aan de Parijse doelstelling te voldoen. Een mogelijk Klimaatakkoord zou dus tot aangescherpte afspraken moeten leiden. Ter illustratie: de afgelopen tien jaar zijn de CO<sub>2</sub>-emissies met zo'n 6 procent afgenomen, dat wil dus zeggen zo'n 0,6 procentpunt per jaar (ten opzichte van de uitstoot in 1990). Voor de eerder gepresenteerde scenario's zou de emissiereductie 2,6–2,8 procentpunt (2 °C) en 3,4 procentpunt (1,5 °C) per jaar van de emissies van 1990 impliceren.

### Haalbaarheid

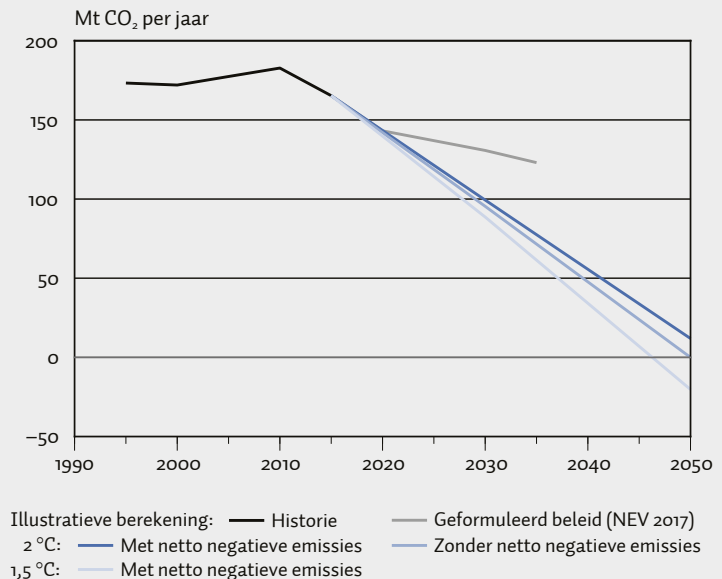
Verkenningen in de afgelopen jaren hebben laten zien dat het op basis van technische en economische overwegingen mogelijk is om tot een vérgaande vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland te komen op basis van onder andere energiezuinige processen, hernieuwbare energie in plaats van kolen, olie en aardgas, emissievrij vervoer, elektrificatie in de warmtevoorziening, groene brandstoffen, en afvang en opslag van CO<sub>2</sub>. Nederland is natuurlijk afhankelijk van het Europese beleid, onder meer vanwege de emissiehandel. Maar nationaal zouden de illustratieve berekeningen betekenen dat, voor het Akkoord van Parijs, het beleid gericht zou moeten zijn op ongeveer volledige decarbonisatie in 2050 (dat wil zeggen een netto-uitstoot van ongeveer nul). Een dergelijk doel is alleen haalbaar als de voorbereiding en uitvoering snel worden opgepakt, omdat het om zeer ingrijpende veranderingen gaat. Het nemen van alleen de eenvoudige (en kosteneffectieve) maatregelen is niet voldoende om een dergelijk doel te bereiken. Investerings in de komende tien jaar zullen niet alleen bepalen hoe op de korte termijn

de emissies zich ontwikkelen, maar ook hoe het Nederlandse energiesysteem eruitziet in 2050. Het is daarom van belang dat er (naast kortetermijnreducties) voldoende aandacht is voor innovatieve technieken die nu nog relatief duur zijn maar op de lange termijn onmisbaar om het doel te kunnen halen. Daarbij is zo'n transitie een zodanig ingrijpend proces dat het verstandig is om maatschappelijke partijen en burgers een actieve rol te geven, zoals nu gebeurt in de dialoog rond klimaatbeleid. De aangekondigde Klimaatwet kan ook helpen om het langetermijnperspectief vast te leggen.

PBL-verkenningen (zoals Ros en Daniëls, 2017) laten zien dat er verschillende varianten zijn die kunnen leiden tot een reductie van tachtig procent in het jaar 2050, maar dat

**De emissies volgens het huidige beleid in Nederland zijn niet consistent met de emissiepaden gebaseerd op het Akkoord van Parijs**

**FIGUUR 4**



Bron: PBL

de keuzemogelijkheden veel geringer zijn om het doel te realiseren van de 95 procent emissiereductie in 2050. Daarvoor zijn in ieder geval een forse energiebesparing en de inzet van hernieuwbare energie van belang. De rol van CO<sub>2</sub>-opslag hangt mede af van de totale doelstelling. Het is vooral bij een doel dat meer dan 95 procent reductie vereist zeer moeilijk te bedenken hoe dit zonder CCS zou kunnen. Net als voor de rest van de wereld zouden negatieve emissies ook een belangrijke optie kunnen zijn voor het Nederlandse beleid (zoals de afvang van CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de productie van groen gas en biobrandstoffen) (Strengers et al., 2018). Hoewel het in de literatuur rond scenario's nog weinig bekeken is, zou ook de verandering van levensstijl een bijdrage kunnen leveren (Van Vuuren et al., 2018).

#### CONCLUDERENDE OPMERKINGEN

De komende tien jaar zijn, zowel wereldwijd als in Nederland, cruciaal om de klimaatverandering te laten voldoen aan de doelstellingen van het Akkoord van Parijs. Hiervoor is het op korte termijn nodig om een breuk met het verleden te bewerkstelligen, en de emissies sneller te reduceren. Het vaststaande en voorgenomen beleid in Nederland leidt nog

niet tot een reductie overeenkomstig de Parijse doelen. In Nederland geldt dat CO<sub>2</sub>-emissies met zo'n veertig à vijftig procent zullen moeten worden gereduceerd rond 2030 (de reductiedoelen voor alle broeikasgassen samen zijn, zoals eerder gemeld, aanzienlijk groter; de huidige voorstellen van 49 procent en 55 procent voor respectievelijk 2 °C en 1,5 °C zijn gebaseerd op een vergelijkbare methode, maar dan uitgaande van de totale broeikasgasemissie). Dit betekent dus dat al op korte termijn een forse aanscherping nodig is van het Nederlands beleid. Voor 2050 geven de illustratieve berekeningen aan dat er gestreefd zou moeten worden naar een bijna volledige decarbonisatie (en zelfs naar negatieve emissies voor 1,5 °C). Hier zijn dus ingrijpende veranderingen nodig. Duidelijk is dat investeringen vooral gericht zullen moeten zijn op (bijna) volledige decarbonisatie van het energiesysteem in 2050. In de praktijk betekent dit dat vanaf nu alle energie-investeringen op dit doel gericht moeten zijn. Het is zowel in Nederland als wereldwijd op korte termijn noodzakelijk om na te denken welke rol de negatieve emissies krijgen, en welke gevolgen dat heeft voor bijvoorbeeld de voedselvoorziening. Een langetermijnperspectief op klimaatbeleid is daarom vereist.

#### In het kort

- ▶ De komende jaren zullen, zowel wereldwijd als in Nederland, cruciaal zijn om aan de doelstellingen van Parijs te voldoen.
- ▶ Een forse aanscherping is nodig om het Nederlandse klimaatbeleid in lijn met de doelen van Parijs te brengen.
- ▶ Mogelijke streefcijfers zijn de emissiehalvering in 2030 en de volledige decarbonisatie in 2050.

## LITERATUUR

- Anderson, K. en G. Peters (2016) The trouble with negative emissions. *Science*, 354(6309), 182–183.
- Berg, N. van den, H.L. van Soest, M.G.J. den Elzen et al. (2017) Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. *Climatic Change*,
- Clarke, L., K. Jiang, K. Akimoto et al. (2014) *Assessing transformation pathways*. In: IPCC (red.), *Climate Change 2014: mitigation of climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, hoofdstuk 6.
- Friedlingstein, P., R.M. Andrew, J. Rogelj et al. (2014) Persistent growth of CO<sub>2</sub> emissions and implications for reaching climate targets. *Nature Geoscience*, 7, 709–715.
- Hof, A.F., M.G.J. den Elzen en D.P. van Vuuren (2009) Environmental effectiveness and economic consequences of fragmented versus universal regimes: what can we learn from model studies? *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 9(1), 39–62.
- IPCC (2014) *Climate Change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genève: IPCC.
- Koelemeijer, R., B. Daniëls, P. Boot et al. (2017) *Analyse regeerakkoord Rutte-III: effecten op klimaat en energie*. PBL Notitie, 3009.
- Le Quéré, C., R. Moriarty, R.M. Andrew et al. (2015) Global carbon budget 2015. *Earth System Science Data*, 7, 349–396.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare et al. (2009) Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. *Nature*, 458, 1158–1162.
- Millar, R.J., J.S. Fuglestedt, P. Friedlingstein et al. (2017) Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 °C. *Nature Geoscience*, 10, 741–747.
- Riahi, K., D.P. van Vuuren, E. Kriegler et al. (2017) The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168.
- Roelfsema, M., H. van Soest, M. Harmsen et al. (2017) *Taking stock of climate policies: evaluation of national policies in the context of the Paris Agreement climate goals*. Den Haag: PBL.
- Rogelj, J., M. den Elzen, N. Höhne et al. (2016a) Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, 534(7609), 631–639.
- Rogelj, J., M. Schaeffer, P. Friedlingstein et al. (2016b) Differences between carbon budget estimates unravelled. *Nature Climate Change*, 6, 245–252.
- Ros, J. en B. Daniëls (2017) *Verkenning van klimaatdoelen: van lange termijn beelden naar korte termijn actie*. PBL Policy Brief, 2966.
- Schoots, K., M. Hekkenberg en P. Hammingh (2017) *Nationale Energieverkenning 2017*. ECN-O–17-018. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- Smith, P., S.J. Davis, F. Creutzig et al. (2016) Biophysical and economic limits to negative CO<sub>2</sub> emissions. *Nature Climate Change*, 6, 42–50.
- Strengers, B.J., H. Eerens, W. Smeets et al. (2018) *Negatieve emissies: technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland*. PBL Achtergrondstudie, 2606.
- UNFCCC (2016) *Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Decision 1/CP.21*. Te vinden op unfccc.int.
- Visser, H., S. Dangendorf, D.P. van Vuuren et al. (2018) Signal detection in global mean temperatures after ‘Paris’: an uncertainty and sensitivity analysis. *Climate of the Past*, 14, 139–155.
- Vuuren, D.P. van, P.A. Boot, J. Ros et al. (2017) *The implication of the Paris Climate Agreement for the Dutch climate policy objectives*. PBL Rapport, 2894.
- Vuuren, D.P. van, E. Stehfest, D.E.H.J. Gernaat et al. (2018) Alternative pathways to the 1.5 °C target reduce the need for negative emission technologies. *Nature Climate Change*, 8, 391–397.
- Vuuren, D.P. van, M. van Sluisveld en A.F. Hof (2015) *Implications of long-term scenarios for medium-term targets (2050)*. PBL Publicatie, 1871.