Klimaatbeleid: kosten, kansen en keuzes

Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde

Preadviezen 2018

KVS

Klimaatbeleid: kosten, kansen en keuzes

Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde

Preadviezen 2018

KVS

ISBN/EAN: 978-90-826379-2-2
NUR 781

De Preadviezen 2018 van de Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde wordt uitgegeven door Economisch Statistische Berichten.

© 2018 De auteurs, p/a Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde, Postbus 98, 1000 AB Amsterdam.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 h Auteurswet, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich te wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/pro). Voor het overnemen van een gedeelte van deze uitgave ten behoeve van commerciële doeleinden dient men zich te wenden tot de uitgever.

Redactie: Daan van Soest, Sjak Smulders en Reyer Gerlagh
Eindredactie: Robert Kleinknecht
Omslag en typografie: Jacques van Schie
Tekstcorrectie: De Twee Hanen v.o.f.
Druk: Ten Brink, Meppel
Beeldmateriaal: iStock.com / BELGA, chengwaidefeng, GOTO_TOKYO, honglouwawa, kruwt, linephoto, PeopleImages, PocholoCalapre, primeimages, querbeet, SeppFriedhuber, SteveAllenPhoto, thehague, themacx, Wenjie Dong, met dank aan Elisa de Weerd

Inhoud

Inleiding
DAAN VAN SOEST, REYER GERLAGH EN SJAK SMULDERS 6

Gevolgen van klimaatverandering en doelen van beleid 8

Wat betekent het Akkoord van Parijs voor het Nederlandse klimaatbeleid?
DETLEF VAN VUUREN 10

Klimaatverandering: Wie past zich aan, de mens of de natuur?
ANDRIES RICHTER EN ROLF GROENEVELD 22

Klimaatadaptatie: economische afwegingen
WOUTER BOTZEN 30

Klimaatverandering en migratie
TON DIETZ 44

Nederlandse economie 54

Klimaatbeleid, groene groei en werkgelegenheid
MARJAN HOFKES 56

De energietransitie: beleidscontext en randvoorwaarden voor succes
HENRI DE GROOT EN TON VAN DER WIJST 66

Instrumentkeuze voor efficiënt en effectief klimaatbeleid
HENDRIK VRIJBURG, CORJAN BRINK EN JUSTIN DIJK 78

Circulaire economie als vliegwiel van klimaattransitie
ERIC DRISSEN EN HERMAN VOLLEBERGH **92**

Slim energiebeleid voor een stugge vastgoedmarkt
DIRK BROUNEN EN NILS KOK **102**

Internationale context **112**

Klimaatbeleid en internationale handel
STEVEN POELHEKKE **114**

Klimaatbeleid en de groene paradox
CEES WITHAGEN EN GERARD VAN DER MEIJDEN **124**

Nederland moet klimaatclub met koolstofheffing initiëren
JEROEN VAN DEN BERGH **134**

Kan en zal de wereld het klimaat redden door geo-engineering?
SJAK SMULDERS **146**

Klimaatbeleid dreigt te verzanden in de polder
RICK VAN DER PLOEG **154**

Handvatten voor beleid **164**

Lessen voor het Nederlandse klimaatbeleid
DAAN VAN SOEST, REYER GERLAGH EN SJAK SMULDERS **166**

Inleiding

DAAN VAN SOEST
Hoogleraar bij het Tilburg Sustainability Center (TSC) aan Tilburg University

SJAK SMULDERS
Hoogleraar bij het TSC aan Tilburg University

REYER GERLAGH
Hoogleraar bij het TSC aan Tilburg University

Sinds 2015 staat klimaatverandering weer volop in de belangstelling. In dat jaar ondertekenden de regeringsleiders van nagenoeg alle landen op deze wereld het Klimaatakkoord van Parijs. Met die ondertekening onderschreven ze de doelstelling dat de opwarming van de aarde beperkt moet blijven tot ruim onder de twee graden Celsius ten opzichte van de gemiddelde temperatuur van rond het jaar 1880 – de periode waarin de industriële revolutie tot volle wasdom was gekomen. Eigenlijk liever anderhalve graad dan twee graden. Die doelstelling is ingegeven door het wetenschappelijke inzicht dat een relatief kleine temperatuurstijging geen al te ingrijpende verandering in het klimaatsysteem teweegbrengt, maar dat grotere stijgingen leiden tot oncontroleerbare en nagenoeg onomkeerbare veranderingen met mogelijk zeer grote gevolgen voor de mensheid.

Al te grote temperatuurstijgingen kunnen namelijk een zelfversterkend effect hebben. Klimaatverandering vindt plaats omdat de hogere concentraties aan broeikasgassen in de atmosfeer zorgen dat er minder van de door het aardoppervlak teruggekaatste zonne-energie terug de ruimte in gaat. Witte oppervlakten op aarde kaatsen meer energie terug de ruimte in, terwijl donkere oppervlakten de energie juist opslaan. Als temperatuurstijging leidt tot het smelten van de ijskappen, dan worden de witte ijsmassa's vervangen door donkerder land of zee – met verdere temperatuurstijgingen tot gevolg. Dit is slechts een voorbeeld van een zelfversterkend effect, maar de boodschap is helder. Als we de geest van de klimaatverandering in de fles willen houden, moeten de klimaatdoelen scherp worden gesteld, en dat is precies wat het Akkoord van Parijs beoogt.

Hoewel nog niet alle parlementen het Akkoord hebben geratificeerd, is het wel door de regeringsleiders van alle landen op deze wereld getekend, op één na – de Verenigde Staten. Dat nagenoeg de gehele wereld zich achter de klimaatdoelen van Parijs heeft geschaard, mag een wonder worden genoemd. Ten tijde van de eerste internationale klimaatconferentie in 1989 was klimaatverandering nog een nieuw concept, maar de zorg ervoor werd breed gedeeld. Ministers van niet minder dan 65 landen kwamen in dat jaar in Noordwijk bijeen om de noodzaak van het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen (en met name koolstofdioxide, CO_2) te bespreken, onder andere via het opzetten van een klimaatfonds. Dertig jaar later was de uitstoot van broeikasgassen nauwelijks teruggedrongen; de financiële crisis leek meer te hebben bijgedragen aan de mondiale emissiereductie dan het Protocol van Kyoto. En de onderhandelingen over een opvolger van 'Kyoto' zaten muurvast – onder invloed van klimaatsceptici, maar ook vanwege de schijnbaar onoverbrugbare tegenstellingen tussen de ontwikkelde en de ontwikkelingslanden. De klimaattop van 2009 in Kopenhagen wordt dan ook alom gezien als een groot debacle.

Maar in 2015 was er dus het Akkoord van Parijs, een wereldwijde afspraak met ambitieuze emissiereductiedoelstellingen. Dit Akkoord heeft niet alleen gevolgen voor de Rijksoverheid; ook in de samenleving bruist het van de initiatieven om duurzaamheid te bevorderen. Ondernemers zien kansen om duurzame producten en duurzame productieprocessen te ontwikkelen, want ze verwachten dat de markt voor die producten in de komende jaren sterk zal groeien. Gemeentes, provincies en waterschappen ontplooien initiatieven, omdat Nederland klimaatbestendig moet worden, maar ook omdat ze zich realiseren dat ook de lagere overheden een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het reduceren van de klimaatverandering. En ook veel burgers dragen bij, door de acties van milieubeschermingsorganisaties te

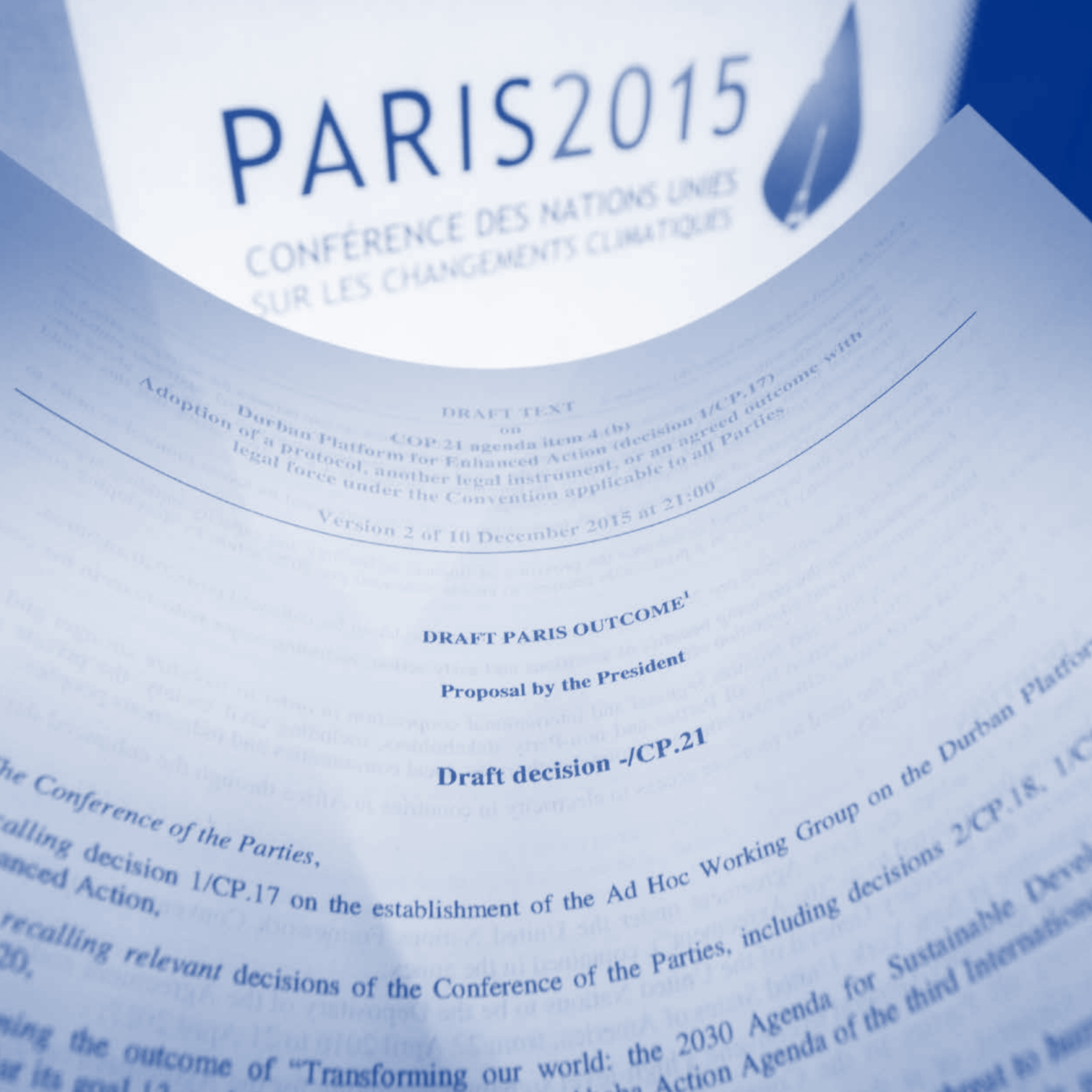
steunen of door zelf actie te ondernemen, bijvoorbeeld door het plaatsen van zonnepanelen op hun dak. Met het sluiten van het Akkoord van Parijs onderstreepten de regeringsleiders de urgentie van het tegengaan van de klimaatverandering, en daarmee hebben ze een sterk signaal afgegeven aan de maatschappij dat het gebruik van fossiele brandstoffen in snel tempo afgebouwd moet worden. Deze boodschap wordt in Nederland nog extra versterkt door het feit dat we van het gas af moeten vanwege het aardbevingsgevaar in Groningen.

De bijdragen in deze bundel geven inzicht in de opgave waar we ons als Nederland voor gesteld zien. Ze maken inzichtelijk wat de kosten van een streng klimaatbeleid zijn, en welke kansen het biedt. Ze maken ook inzichtelijk welke mogelijke vormen klimaatbeleid kan aannemen, en dus ook wat de keuzes zijn waar we ons voor gesteld zien. Ze zijn geschreven door een keur van auteurs met zeer diverse achtergronden (economen, maar ook geografen en milieukundigen) en met een gedegen kennis van zowel wetenschap als beleid. Ze bespreken wat de gevolgen zijn als de gemiddelde temperatuurstijging niet sterk wordt beteugeld, en welke kansen klimaatbeleid biedt voor de Nederlandse economie. De Nobelprijs voor de economie van 2018, toegekend aan klimaateconoom William Nordhaus en innovatie-econoom Paul Romer, is een erkenning dat een duurzame economie die rekening houdt met het klimaat bouwt op groene innovaties. De bijdragen in deze bundel geven aan wat dit betekent voor Nederland. En in welke mate is klimaatbeleid een *no regret*-maatregel? Wat als wij ons aan de afspraken houden, maar andere landen niet?

Het Akkoord van Parijs is richtinggevend, maar de afspraken die er zijn gemaakt, zijn ten eerste niet voldoende om onder de grens van 2 °C te blijven, en ten tweede niet afdwingbaar. Binnen het Akkoord kan elk land zelf beslissen welke emissiereductiedoelstelling het zich wil opleggen. De som van de beloofde emissiereducties (de zogenaamde *nationally determined contributions*) resulteert naar verwachting in een temperatuurstijging met zo'n 3,5 °C. Omdat landen niet gestraft kunnen worden als ze zich niet aan hun beloftes houden, lijkt het maximum van 2 °C dus ver uit zicht – laat staan de doelstelling "zo dicht mogelijk bij 1,5 °C". Met het opstellen van de Nederlandse Klimaatwet geeft de Rijksoverheid aan dat we als land onze verantwoordelijkheid willen nemen (hoewel de uitspraak van het Hof in de klimaatrechtzaak, onder andere aangespannen door Urgenda, laat zien dat de overheid soms wel aan haar verplichtingen moet worden herinnerd). Nederland is over de afgelopen dertig jaar zeker niet het braafste jongetje van de klas geweest; onze huidige CO_2-uitstoot is ruwweg gelijk aan die van 1990. Maar de klimaatdoelen die we onszelf opleggen voor 2030 en 2050 zijn wel stevig, en vergen grote inspanningen als we ons aan onze beloftes houden. Hoe kostbaar is dat, als we de komende jaren niet zozeer het beste, als wel het braafste jongetje van de klas blijken te zijn?

We hopen dat deze preadviezen bijdragen aan een effectief klimaatbeleid – voor de samenleving van de toekomst, maar ook voor de mensen van nu.

Gevolgen klimaatverandering en doelen van beleid


PARIS2015
CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
DRAFT TEXT
on
COP 21 agenda item 4 (b)
Durban Platform for Enhanced Action (decision 1/CP.17)
Adoption of a protocol, another legal instrument, or an agreed outcome with
legal force under the Convention applicable to all Parties
Version 2 of 10 December 2015 at 21:00
DRAFT PARIS OUTCOME[1]
Proposal by the President
Draft decision -/CP.21
he Conference of the Parties,
alling decision 1/CP.17 on the establishment of the Ad Hoc Working Group on the Durban Platfo
nced Action,
recalling relevant decisions of the Conference of the Parties, including decisions 2/CP.18, 1/C
20,
ning the outcome of "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Devel
r its goal (
Action Agenda of the third Internation

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_2-emissie-vrij' zal moeten zijn.

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

In 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 voorziet 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 klimaatsysteem. 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 temperatuursverandering 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_2 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_2 dominant, vanwege de omvang van de totale emissies en de relatief lange levensduur. We concentreren ons daarom voor het gemak op CO_2-emissies. Figuur 1b toont dat er een redelijk lineaire relatie is tussen cumulatieve CO_2-emissies en de temperatuursverandering, 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 klimaatsysteem. Vanwege deze onzekerheid correspondeert een bepaalde hoeveelheid cumulatieve CO_2-emissie met een bepaalde bandbreedte van temperatuurniveaus.

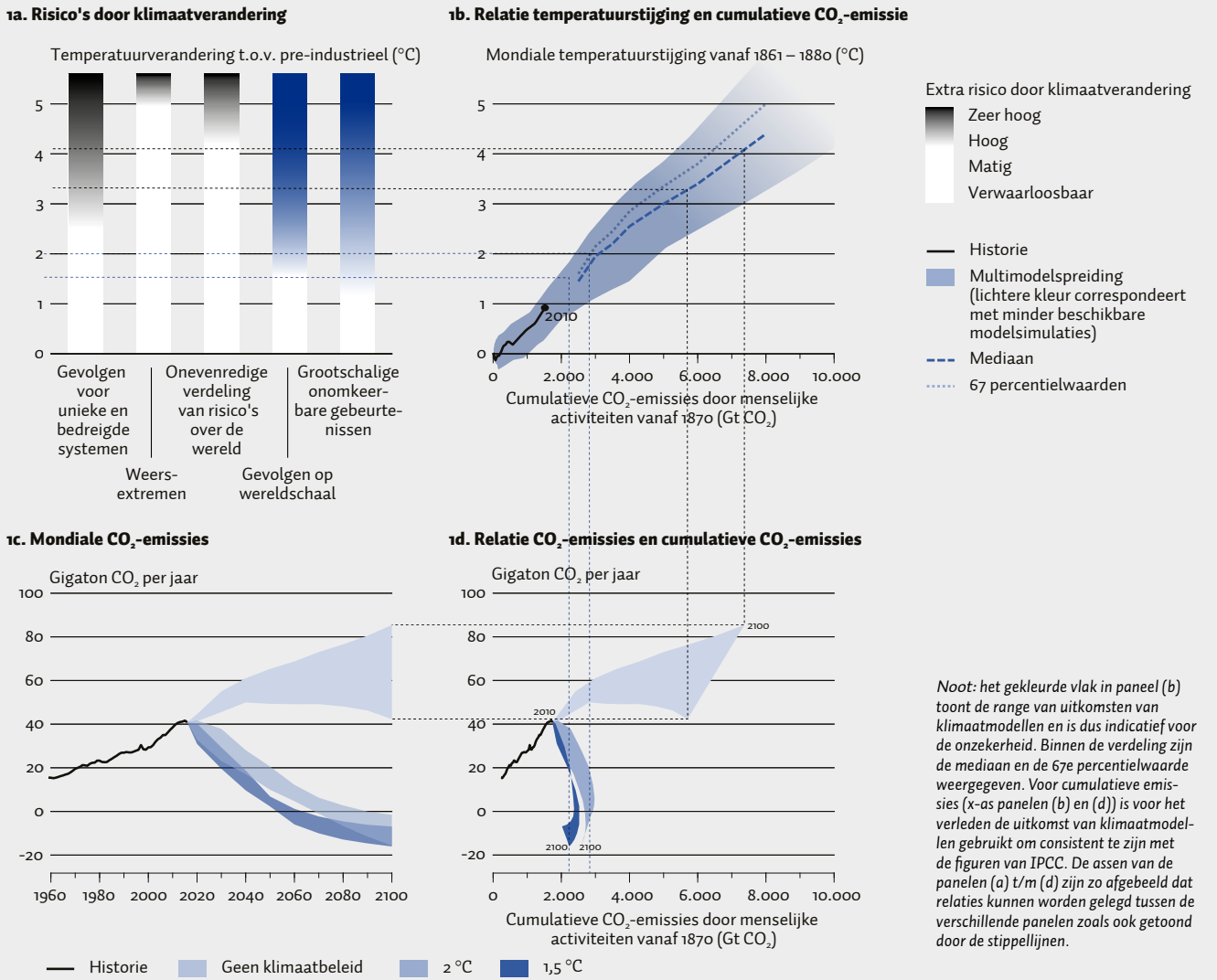
Figuur 1 kan worden gebruikt om af te leiden hoeveel uitstoot we ons nog kunnen veroorloven voordat er een bepaalde temperatuurdoelstelling wordt overschreden. Deze hoeveelheid wordt ook wel het 'koolstofbudget' genoemd. Een punt midden in het gekleurde gebied van figuur 1b (de mediaanlijn) correspondeert 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 stippellijn 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_2-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_2-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_2-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



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_2* 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 $GtCO_2$. De waarde voor 1,5 graden ligt ergens rond 400 tot 600 $GtCO_2$. Ter vergelijking: de huidige emissies zijn wereldwijd net boven de 40 $GtCO_2$ 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

KADER 1

Naast CO_2 dragen ook emissies van andere gassen bij aan de klimaatverandering, waaronder vooral methaan (CH_4), lachgas (N_2O), 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_2-equivalente emissies. Op basis hiervan is de bijdrage van CO_2 nu zo'n zeventig procent van de totale emissies. Terwijl op korte termijn het terugdringen van een deel van de broeikasgasemissies, anders dan CO_2, vaak relatief goedkoop is, is het op lange termijn nog niet mogelijk om alle uitstoot van bijvoorbeeld CH_4 en N_2O 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.

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_2-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_2 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_2 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_2 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_2 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 afvang en opslag van CO_2 (*carbon capture and storage*; CCS) via *direct-air-capture* (het afvangen van CO_2 uit de lucht) plus opslag, versnelde verwering (het vastleggen van CO_2 door extra verwering van mineralen) en het verhogen van de CO_2-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.

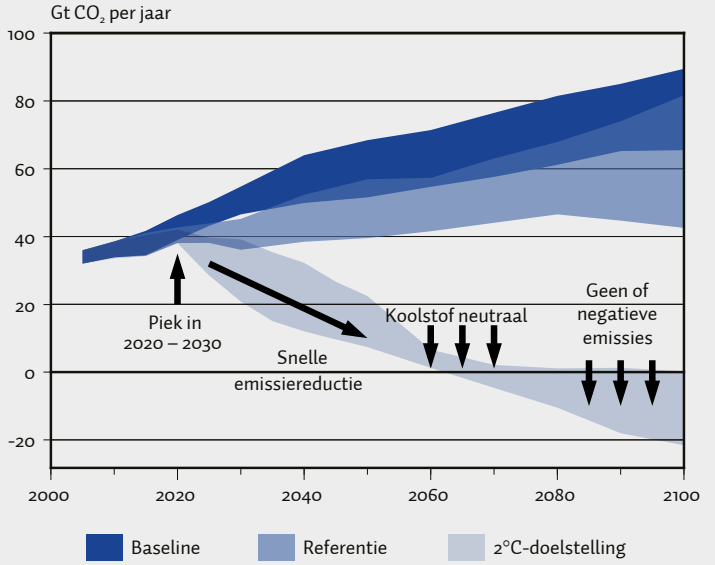
Negatieve emissies kunnen echter niet onbeperkt worden ingezet. De bovengenoemde technieken staan nog in de kinderschoenen, zijn soms duur, en leiden vaak tot meer energiegebruik (Strengers et al., 2018). CO_2-afvang leidt bijvoorbeeld tot een lagere efficiëntie van elektriciteitscentrales, en versnelde verwering 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_2 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 scenariostudies variëren gemiddeld tussen een netto onttrekking aan de atmosfeer van tussen de 0 en 350 Gton CO_2 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_2). 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_2-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-*

FIGUUR 2

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



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_2-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_2 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 wereldeconomie. 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_2-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 gebruik, 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 realiseren van 150 Gton CO_2 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_2 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_2-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.

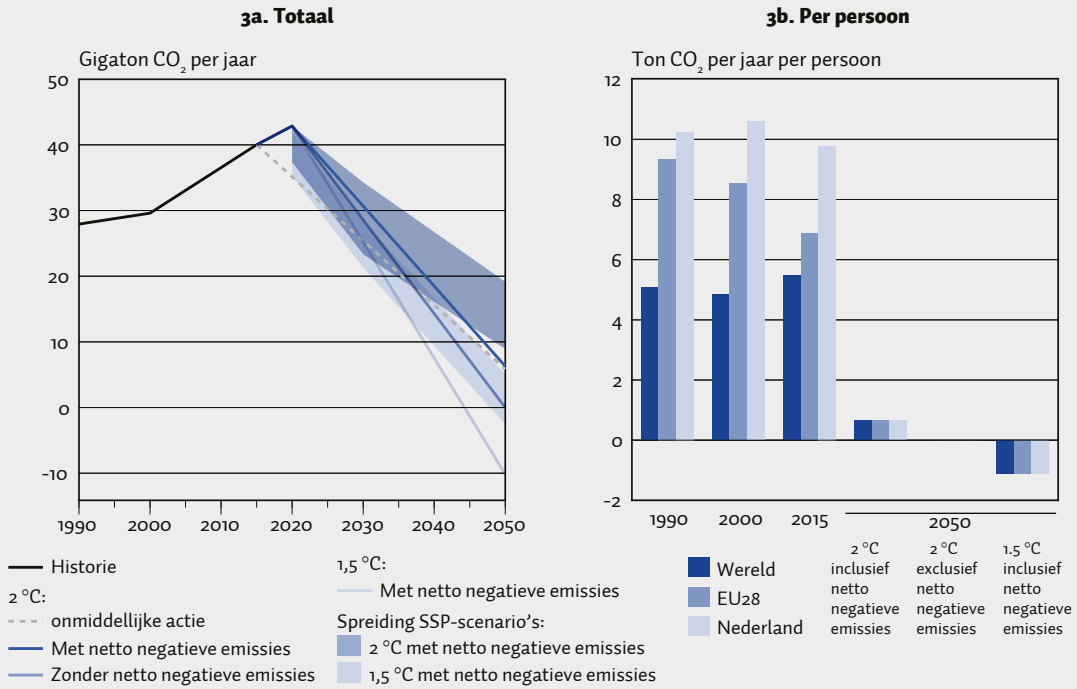
Voor Nederland leveren deze berekeningen voor 2030 een reductie op van veertig tot ongeveer vijftig procent wat betreft de range van scenario's die hier zijn bekeken (dus met en zonder negatieve emissies en voor 2 °C en 1,5 °C). Opnieuw moet er worden benadrukt dat het hier cijfers betreft die zijn gebaseerd op berekeningen voor alleen CO_2. De uitstoot in 2030 is naar verwachting ongeveer 12 procent beneden het niveau van 1990 voor CO2 en 23 procent voor

alle broeikasgassen (NEV 2017; Schoots et al., 2017). De huidige reductiedoelstelling van Nederland voor 2030 aangaande *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_2 versus niet-CO_2 wordt verder bepaald door kostenoverwegingen).

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

FIGUUR 3

In alle drie de illustratieve berekeningen zijn forse emissiereducties nodig in de wereldwijde CO_2-emissies.



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_2-emissies. De CO_2-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_2-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_2) 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_2-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.

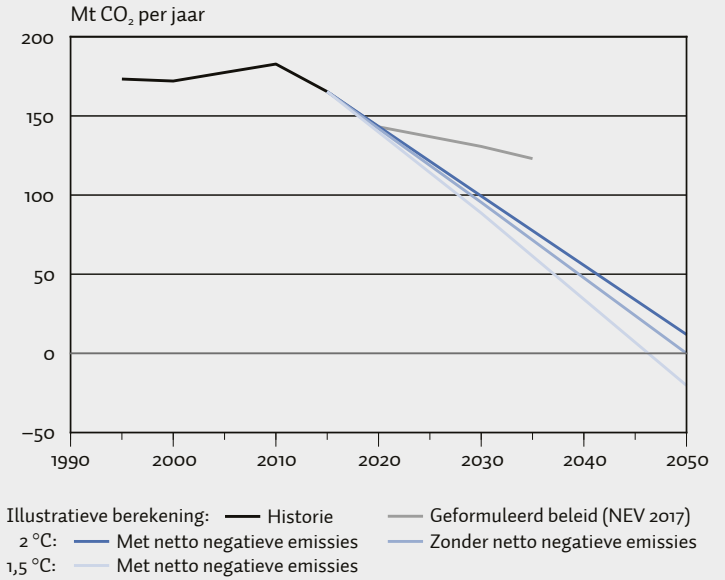
Haalbaarheid

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_2. 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. Investeringen 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

FIGUUR 4

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



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_2-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_2 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_2-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_2 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. Fuglestvedt, 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 1 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_2 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.

Klimaatverandering: Wie past zich aan, de mens of de natuur?

Klimaatverandering heeft een groot en meetbaar effect op de natuur, landbouw en de ecosystemen in de binnenlandse wateren en de oceanen. Deze veranderingen zullen economische kosten met zich meebrengen, maar bieden ook kansen. Het economische effect dat de klimaatverandering op ecosystemen heeft, zal daarom vooral afhangen van hoe de mens op deze uitdagingen reageert.

ANDRIES RICHTER
Universitair docent aan Wageningen University & Research (WUR)

ROLF GROENEVELD
Universitair hoofddocent aan de WUR

In een brief van 7 augustus jongstleden aan de Tweede Kamer constateerde Carola Schouten, minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, dat Nederland dit jaar "geraakt is door uitzonderlijk droge en warme weersomstandigheden", waardoor er voor het eerst sinds vijftien jaar in vrijwel alle regio's sprake was van een watertekort. Landbouw en natuur zuchtten onder langdurige droogte en hitte, met grote economische gevolgen. Is dit 'het nieuwe normaal' in tijden van klimaatverandering?

Er is geen twijfel dat klimaatverandering vergaande gevolgen heeft voor de ecosystemen in Nederland – zoals de bossen, landbouwgronden, het water en de mariene gebieden – en voor de biodiversiteit in het algemeen. Sommige effecten zullen gunstig zijn voor onze vernieuwbare hulpbronnen. Er zullen bijvoorbeeld kansen ontstaan om gewassen te telen waarvoor het Nederlandse klimaat vroeger niet geschikt was. Maar er zullen ook effecten zijn die daarentegen slecht uitpakken, zoals de toegenomen wateroverlast of juist de grote droogte – wat ook weer leidt tot aantasting van de biodiversiteit. In dit hoofdstuk bespreken we de gevolgen van de klimaatverandering voor de natuur, landbouw, binnenlandse wateren, en de visserij- en aquacultuursector, en welke aanpassingen beleidsmakers kunnen implementeren om het hoofd te bieden aan deze gevolgen.

ALS HET KLIMAAT SNEL VERANDERT, PASSEN SOORTEN ZICH VEEL MOEILIJKER AAN

De invloed van de klimaatverandering op de Nederlandse natuur verloopt vooral via veranderingen in de omgevingsvariabelen, zoals temperatuur en regenval, en het verlies van fysieke ruimte door zeespiegelstijging en kusterosie. De gevolgen van deze invloed hangen af van in hoeverre soorten en ecosystemen zich aan de nieuwe omstandigheden weten aan te passen. In grote lijnen doet de natuur dat op vier manieren (Braakhekke et al., 2014). De eerste aanpassing is dat soorten hun gedrag veranderen. Zo beginnen zangvogels

tegenwoordig gemiddeld negen dagen eerder met eieren leggen dan twintig jaar geleden, en bloeien bomen als hazelaar, berk en beuk acht tot negen dagen eerder. De tweede aanpassing is genetisch van aard: als er voldoende genetische variatie binnen een populatie bestaat, kan deze als geheel blijven voortbestaan omdat individuen die beter tegen de nieuwe omstandigheden kunnen, de overhand krijgen. Deze zogenaamde fenotypische en genetische aanpassingen zijn in eerste instantie gunstig, maar kunnen ook ongewenste gevolgen hebben. Een voorbeeld daarvan is de Atlantische kabeljauw die zich aanpast aan visserijdruk en temperatuurveranderingen door vroeger geslachtsrijp te worden, maar die daardoor ook minder nakomelingen per individu krijgt (Eikeset et al., 2013). De derde aanpassing is dat soorten naar gebieden trekken waar het klimaat beter aan hun eisen voldoet. Koudeminnende soorten zoals de grutto of velduil zullen onder druk komen te staan of zelfs helemaal uit Nederland verdwijnen naarmate de temperatuur stijgt. Aan de andere kant zullen warmteminnende soorten zoals de zilverreiger zich uitbreiden. Dit zal vooral consequenties hebben voor heidelandschappen, maar ook voor de graslanden die de habitat vormen van vele koudeminnende soorten. Ten slotte past de natuur zich ook op systeemniveau aan, omdat niet alleen de soortensamenstelling verandert maar ook de relatieve dominantie van de aanwezige soorten.

Het klimaat verandert sneller dan zelfs relatief mobiele diersoorten als vogels en vlinders kunnen bijhouden

Deze veranderingen zullen bij sommige soorten gemakkelijker gaan dan bij andere. Over het algemeen zullen soorten die zich kunnen verplaatsen en zich sterk vermenigvuldigen betere aanpassingsmogelijkheden hebben. Via onderzoek op Europese schaal naar vogels en vlinders is er geconstateerd dat het aanpassingsvermogen van deze soorten redelijk klein is (Visser, 2012). Vogels en vlinders hebben zich tot op zekere hoogte naar het noorden verplaatst, maar nog niet genoeg om de gevolgen van de klimaatverandering volledig te compenseren. Terwijl biologen schatten dat een verschuiving van 249 kilometer optimaal zou zijn, hebben vogels en vlinders zich respectievelijk gemiddeld slechts 37 en 114 kilometer verplaatst. Dit suggereert dat het klimaat sneller verandert dan de soorten kunnen bijhouden. Het zorgwekkende van dit voorbeeld is dat het hier nog relatief mobiele soorten betreft: als vogels zich al moeizaam kunnen aanpassen, hoe zal het dan met minder mobiele soorten gaan, zoals bijvoorbeeld heideplanten?

Dit verschil in aanpassingsvermogen kan er ook toe leiden dat soorten het moeilijk krijgen die afhankelijk zijn van andere soorten. Een voorbeeld hiervan is de bonte vliegenvanger, waarvan de jongen sterk afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van rupsen. Als gevolg van de klimaatverandering ligt de piek van het uitkomen van rupsen nu vijftien dagen eerder in het seizoen, terwijl de bonte vliegenvanger zijn legtijd met slechts tien dagen heeft kunnen vervroegen (Minnen et al., 2012). Veel vogels beginnen weliswaar vroeger hun nesten te bouwen, maar komen te laat in Nederland aan om te profiteren van de beschikbaarheid van rupsen.

IS HET EEN PROBLEEM DAT NEDERLAND ER ANDERS GAAT UITZIEN?

De grote vraag bij deze veranderingen is natuurlijk: hoe erg is het dat de natuur verandert? In principe is verandering niet per se slecht, zeker omdat 'de Nederlandse natuur' op zich niet bestaat. De Veluwe was vroeger een bosrijk gebied. Ontbossing, akkerbouw en steeds intensievere schapenhouderij in de vroege middeleeuwen hebben er de grond verarmd, waardoor er een heidelandschap met woestijnachtige zandvlaktes ontstond. Voor de toenmalige bewoners zullen deze veranderingen een ramp geweest zijn, maar tegenwoordig ervaren we deze heides als een natuurlijk en waardevol deel van het Nederlandse landschap. Of een verandering slecht is, hangt dus af hoe deze door huidige en toekomstige gebruikers wordt ervaren. Op zijn minst gaat er, met het verdwijnen van planten- en diersoorten, wel een bepaalde

sentimentele waarde verloren. In de economie gaat het dan om de zogenaamde 'bestaanswaarde': als we mochten kiezen tussen een Nederland met een karakteristieke vogelsoort als de grutto en een Nederland zonder de grutto, dan zouden we het eerste kiezen – los gezien van enige directe of indirecte 'gebruikswaarde' van deze vogelsoort. Naast deze bestaanswaarde hebben sommige wilde soorten een meer tastbaar effect op de economische welvaart. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de overlast veroorzaakt door de eikenprocessierups, en de kosten die gepaard gaan met de bestrijding ervan.

LANDBOUW KRIJGT MET WARMER EN OOK EXTREMER WEER TE MAKEN

Klimaatverandering biedt kansen en uitdagingen voor de landbouw. In gematigde streken zoals de onze leiden hogere temperaturen en een langer groeiseizoen over het algemeen tot hogere landbouwopbrengsten (Minnen et al., 2012). Ook zal door de langere droogte het suikergehalte in bepaalde gewassen hoger zijn, wat bijvoorbeeld voordelig zou kunnen zijn in de wijnbouw, en een hoger economisch rendement zou kunnen opleveren.

Anderzijds zullen weersextremen – zoals langdurige droogte of overstromingen, hevige regenbuien of hagel – vrijwel zeker negatieve effecten hebben op de landbouw. Er is nog vrij weinig bekend over de mogelijke effecten van ziektes en plagen (Van de Sandt et al., 2011), maar door mildere winters en warmere zomers zullen insecten als de coloradokever zich beter kunnen verspreiden.

Het schatten van de economische effecten van de klimaatverandering op landbouw blijft een uitdaging. Econometrische schattingen maken vaak gebruik van paneldata om het causale verband tussen het weer en de oogstopbrengst te meten. Boeren passen hun bedrijfsvoering door de tijd heen aan, en het is belangrijk om met de kosten en baten daarvan rekening te houden (Blanc en Schlenker, 2017). Als de last van ongedierte en ziektes toeneemt, dan zal de landbouw meer bestrijdingsmiddelen gaan gebruiken. Dat zal misschien geen meetbaar effect op de opbrengst hebben, terwijl het wel economische kosten en extra milieuschade met zich meebrengt. Boeren kunnen natuurlijk ook op andere gewassen overstappen. Als er in Nederland minder peen en ui en meer artisjokken verbouwd worden, dan hoeft dat economisch niet nadelig te zijn. Er zijn ook ingrijpendere mogelijkheden tot aanpassing dan de overschakeling op andere gewassen. Als het klimaat sterk verandert, zou een boer er bijvoorbeeld voor kunnen kiezen om zijn bedrijf te transformeren tot een vakantieboerderij met pluktuin. Agronomische modellen die alleen met de economische effecten van het overstappen op andere gewassen rekening houden, zullen daarom over het algemeen klimaateffecten overschatten. Een methode om de ricardiaanse rente van land – de surpluswinst – zuiver te berekenen is om niet naar opbrengst, maar om naar de marktwaarde van landbouwgrond te kijken. Wanneer de klimaatverandering de mogelijkheden tot economische winst verlaagt – op welke manier dan ook – zal dit de prijs van landbouwgrond als productiefactor doen dalen. Een studie uit de VS heeft geschat dat, door de klimaatverandering, de waarde van landbouwgrond tot het eind van deze eeuw gemiddeld tussen de 27 en 69 procent zal gaan dalen, hoewel er sterke regionale verschillen zullen zijn en deze schattingen wel met grote onzekerheden gepaard gaan (Schlenker et al., 2006). Ondertussen mag men aannemen dat het vooruitzicht dat het klimaat gaat veranderen algemeen bekend is. Daarom is het de grote vraag in hoeverre een verwachte toekomstige klimaatverandering ook de huidige betalingsbereidheid – en dus de prijs – van landbouwgrond beïnvloedt. Als men hiermee rekening houdt, zullen de klimaateffecten ongeveer vijftig procent lager gaan uitpakken, omdat de toekomstige veranderingen al gedeeltelijk in de huidige prijs inbegrepen zijn (Severen et al., 2018).

KANTELPUNTEN DREIGEN IN BINNENLANDSE WATEREN

Een hogere watertemperatuur en door droogte veroorzaakte lage waterstanden zullen een sterk effect hebben op rivieren, sloten en meren (Minnen et al., 2012). De gevolgen zijn een achteruitgang van de waterkwaliteit in de vorm van zuurstoftekort en de grotere verspreiding van blauwalgen en bacteriën, en bijvoorbeeld botulisme (Mooij et al., 2005). De effecten zullen niet geleidelijk zijn en er zijn kantelpunten

te verwachten: boven de 25 °C zal de blauwalg domineren en het aquatische milieu verstikken, en de fysiologie van vissen (natuurlijke sterfte, reproductie) zal veranderen (Minnen et al., 2012). Dit zou bedreigde soorten als de paling verder in het nauw drijven of zelfs uit Nederland doen verdwijnen. Paling is bijzonder kwetsbaar omdat de temperatuurverandering in de oceaan de voedselbronnen en het transport van larven negatief beïnvloedt (Rijnsdorp et al., 2014). Aan de andere kant zullen soorten als de snoekbaars juist baat kunnen hebben bij een hogere temperatuur, en een sterkere groei kunnen vertonen (Rijnsdorp et al., 2014).

De zee is een belangrijke buffer voor klimaatverandering omdat ze veel koolstofdioxide uit de atmosfeer opneemt. Dat is goed, maar de stijgende concentratie aan koolstofdioxide heeft ook tot gevolg dat de pH-waarde van het zeewater daalt: de oceaan wordt zuurder. Dit heeft nadelige gevolgen voor mariene organismen, vooral schelpdieren en koraal die afhankelijk zijn van kalk als biologisch bouwmateriaal. In Nederland zal dit vooral nadelige gevolgen hebben voor de oester- en mosselteelt, ook omdat ziektes en plaagalgen zullen toenemen (Rijnsdorp et al., 2014).

De stijging van de gemiddelde zeewatertemperatuur zorgt ervoor dat mariene klimaatzones opschuiven in de richting van de polen. Vissoorten kunnen met deze zones mee migreren, maar dat is niet zonder gevolgen. Met name de makreel is in recente jaren meer naar het noorden opgeschoven, wat niet alleen gevolgen heeft voor vissers maar ook voor beleidsmakers. Het noordelijke deel van de Atlantische oceaan, waar de Noordzee ook toe behoort, is immers een gedeelde zee. Dit kan tot conflicten leiden als vissen naar de exclusieve economische zone (EEZ) van andere landen uitwijken, waarin bijvoorbeeld Nederland geen vangstrechten heeft. Een voorbeeld hiervan is de makreeloorlog in het noordoosten van de Atlantische oceaan. Landen die voorheen gezamenlijk het beheer van Noordoost-Atlantische makreelbestanden beheerden – in dit geval Noorwegen, de Færöer en de Europese Unie – zien een gedeelte van hun bestanden opgevist worden door een nieuwe partij, in dit geval IJsland (Spijkers en Boonstra, 2017). Weliswaar zullen ook zuidelijke soorten zich in het Nederlandse deel van de zee gaan vestigen of uitbreiden, maar dit zal alleen economische baten opleveren als de conflicten rond de vangstrechten opgelost zijn.

Ook op mondiale schaal zullen de effecten op mariene ecosystemen merkbaar zijn. De meest koudeminnende soorten, die zich momenteel rond de Noord- of Zuidpool bevinden, kunnen nergens heen. Bovendien bestaat de mogelijkheid dat gebieden rond de evenaar visbestanden verliezen omdat ze voor zelfs de meest warmteminnende soorten te warm worden. Klimaatverandering kan daardoor niet alleen de samenstelling van soorten, maar ook de totale biomassa van vis beïnvloeden. Cheung et al. (2016) schatten dat, zelfs als de doelstelling van Parijs (1,5 °C) wordt gehaald, de totale biomassa van vis met 2,5 procent zal dalen. Als alle deelnemende landen zich aan de emissiereductiebeloftes houden die ze in het kader van het Akkoord van Parijs hebben gedaan, dan zal de temperatuur met ongeveer 3,5 °C stijgen. In dat geval zal er gemiddeld acht procent minder vis zijn. Dit lijkt misschien mee te vallen, maar de effecten kunnen per regio sterk verschillen. Rond de tropen, waar ondervoeding en armoede nu al een probleem zijn, zou de biomassareductie tot tachtig procent op kunnen lopen. Behalve de gemiddelde temperatuur is de variatie ook zeer belangrijk, en dan vooral de extremen erin. Mariene hittegolven in de Middellandse Zee (in 2003) en aan de westkust van Australië (in 2011) leidden tot massale sterfte van mariene organismen – en de verwachting is dat deze, bij een stijgende mondiale temperatuur, vaker zullen plaatsvinden (Frölicher et al., 2018). Vooral tropische en arctische wateren zijn hier gevoelig voor, maar de kans op mariene hittegolven neemt overal ter wereld toe, ook in de Noordzee.

EFFECTEN HANGEN AF VAN VERANDERINGEN IN BELEID EN IN BESTUURLIJKE STRUCTUREN

Ook heeft het klimaat invloed op de vernieuwbare hulpbronnen, zoals water, landbouwgrond en natuur. Maar de mens kan die invloed versterken of verzwakken – door in te grijpen, maar vooral ook doordat hij die hulpbronnen ook zelf benut. In de visserij, bijvoorbeeld, kunnen beleidsmakers ervoor kiezen om vangsten verder te beperken. Dit geeft de

populatie ruimte om te groeien. Afzien van vangst is daarmee een investering in de toekomst, maar dan wel eentje waarvan de opbrengsten onzeker zijn. De opwarming van het zeewater kan populaties verzwakken, zelfs bij een conservatiever vangstbeleid. En de verschuivingen in de klimaatzones kunnen populaties in de netten van andere landen drijven. Of individuele landen of mensen bereid zijn om te investeren in de veerkracht van deze populaties zal afhangen van of zij verwachten ook de vruchten daarvan te kunnen plukken.

Als de betreffende hulpbron particulier eigendom is – zoals landbouwgrond met de bijbehorende bodemkwaliteit – dan zal de eigenaar zelf maatregelen kunnen nemen in de vorm van verhoogd bodemherstel via langere periodes van braak. Wanneer de overheid de eigenaar is, zoals bij natuurgebieden en veel visgronden, kan de besluitvorming een stuk trager zijn vanwege de bestuurlijke processen die er nodig zijn om de publieke legitimiteit van het gebruik te waarborgen.

Wat betreft deze mogelijkheden en onmogelijkheden voor beleidsaanpassing, zijn er opvallende verschillen tussen land en zee (OESO, 2016). Enerzijds zijn de mariene systemen sterker onderling verbonden, bijvoorbeeld omdat vissen en mariene zoogdieren mobieler zijn dan de meeste landdieren (afgezien van vogels). Dit kan mariene systemen in staat stellen om zich sneller aan te passen. Anderzijds weten en begrijpen we minder van mariene systemen: ze zijn moeilijker te observeren, en veel is nog onbekend over hoe de verschillende lagen en organismen in de zeeën en oceanen met elkaar in verbinding staan. Dit maakt zowel de monitoring als de modelanalyse van mariene systemen moeilijker dan die van veel terrestrische systemen.

Mariene systemen hebben ook een minder duidelijke eigendomsstructuur: grote mariene gebieden vallen onder geen enkele EEZ, en wat binnen een EEZ valt is grotendeels publiek domein oftewel overheidseigendom. Dit heeft zowel nadelen als voordelen. Enerzijds ontbreken individuele prikkels om mariene hulpbronnen goed te beheren: een boer heeft een sterke economische motivatie om zijn landgebruik aan te passen aan een veranderend klimaat, maar een visser heeft een prikkel om het duurzame gebruik aan anderen over te laten. Anderzijds kan de centralisatie van de besluitvorming die gepaard gaat met publiek eigendom de overheid in staat stellen om alle belangen integraal tegen elkaar af te wegen.

Als de natuur niet in staat is om zich aan te passen, zal de mens door aanpassing kunnen proberen de effecten te verzachten, bijvoorbeeld door het creëren van klimaatbuffers en een veranderend waterbeleid. Hierbij zijn natuurlijke en menselijke adaptatie niet noodzakelijkerwijs substituten. Sterker nog, als de natuur zich snel aanpast en regelgeving en internationale overeenkomsten statisch zijn, dan zullen natuur en regels niet meer overeenkomen, en zal de kans op onbeheerde natuur toenemen. Het laatste zal vooral gebeuren als vissoorten zich vanuit EEZ's naar internationale wateren verplaatsen (Niiranen et al., 2018). Pinsky et al. (2018) schatten dat de meeste EEZ's er tussen één en vijf vissoorten bij zullen krijgen, wat tot conflicten en lastige onderhandelingen zal leiden. Bovendien zullen landen die soorten in hun wateren lijken te verliezen, een prikkel hebben om deze soorten sterker te bevissen voordat ze hun EEZ definitief hebben verlaten, met overbevissing als gevolg (Diekert en Nieminen, 2017).

Weersextremen zullen vrijwel zeker negatieve effecten hebben op de landbouw

Wat de klimaatverandering voor natuurlijke hulpbronnen gaat betekenen, zal dan ook vooral afhangen van de wisselwerking tussen de natuurlijke en de maatschappelijke component van deze sociaal-ecologische systemen. Soorten en ecosystemen zullen zich, dankzij hun inherente aanpassingsvermogen of hun mobiliteit, kunnen aanpassen, maar ons beleid zal met deze veranderingen mee moeten gaan. Voor terrestrische systemen zal het belangrijk zijn dat het natuurbeleid voor de natuur de ruimte schept om zich aan te passen. Dit zal lastiger worden voor natuurgebieden dicht bij steden, terwijl deze juist een bijzonder grote waarde hebben omdat ze aan veel stedelingen recreatiemogelijkheden verschaffen.

Ook in de visserij zal het beleid sterker met veranderingen rekening moeten houden, ofwel adaptief moeten zijn. In de praktijk is het echter lastig om de totale toegestane vangst sterk te veranderen, omdat dit voor fluctuaties zorgt in de opbrengst en werkgelegenheid in de visserijsector. Een nog grotere uitdaging blijkt het herverdelen van visquota tussen landen. Het Europese visserijbeleid is gebaseerd op het principe van de relatieve stabiliteit, wat wil zeggen dat alle EU-lidstaten een vast percentage behouden van de totale toegestane vangst. Dit voorkomt moeizame en trage onderhandelingen, maar houdt weinig rekening met de verschuiving van soorten of met jaarlijkse fluctuaties. Het loslaten van de relatieve stabiliteit zal beleidsmakers en vissers in staat stellen met het klimaat mee te veranderen. Ook elders in de wereld zien we bestuursorganen en beleidsinstrumenten ontstaan die de overheden in staat stellen om hun beleid flexibel aan de klimaatverandering aan te passen. In de Stille Oceaan heeft een groep eilandstaten, verenigd als de *Parties to the Nauru Agreement* (PNA), een zogenaamd *Vessel Day Scheme* (VDS) ingevoerd om enerzijds hun tonijnbestanden te beheren en anderzijds een betere onderhandelingspositie te verkrijgen aangaande andere partijen zoals de Europese Unie en Japan. De verdeling tussen de PNA-lidstaten van licenties onder het VDS houdt onder andere rekening met de invloed van klimaatverandering op de ruimtelijke verspreiding van tonijnpopulaties. Een dergelijke flexibiliteit zou ook nodig kunnen zijn in het Europese visserijbeleid.

BREDE MONITORING EN INTERACTIES TUSSEN BESTUURSLAGEN WORDEN BELANGRIJKER

De aanpassingscapaciteit van ecosystemen heeft een natuurlijke component, maar ook een maatschappelijke – namelijk de wijze waarop hulpbronnen worden benut, en de wijze waarop ze worden beheerd. Bij de vraag hoe ernstig de gevolgen van klimaatverandering voor de natuur, visgronden en landbouwgronden in Nederland zullen zijn, en hoe de samenleving daarop zou moeten reageren, is dus een cruciale overweging hoe snel de verschillende klimaat-, ecosysteem- en samenlevingsprocessen zullen verlopen. Ook valt op hoe groot de onzekerheden rond de mogelijke klimaateffecten zijn. De effecten kunnen positief zijn, bijvoorbeeld omdat we nieuwe gewassen kunnen telen, maar ook catastrofaal, als nieuwe invasieve soorten een plaag gaan vormen. Daarnaast bestaat de neiging om bij toekomstprojecties vooral te kijken naar de gemiddelde verwachte ontwikkelingen. Dat is om twee redenen problematisch. Ten eerste verbloemt een focus op de gemiddelde ontwikkelingen dat er ook een gerede kans op uitschieters is. Wagner en Weitzman (2016) benadrukken dat volgens recente schattingen de mogelijkheid dat de gemiddelde mondiale temperatuur meer dan 6 °C gaat stijgen rond de tien procent ligt. Dat lijkt geen verwaarloosbare waarschijnlijkheid te zijn voor een scenario dat zo catastrofaal is dat we de gevolgen niet eens in grote lijnen kunnen schetsen. Ten tweede zijn het vaak niet de veranderingen in gemiddelde temperatuur of regenval die grote schade aan kunnen richten, maar de tijdelijke extremen, zoals hittegolven en periodes van uitzonderlijke droogte of regenval. De complexiteit van ecosystemen maakt ook dat er sprake is van zogenaamde *unknown unknowns*, oftewel onzekerheden waarvan we niet eens weten dát we ze niet weten. Dit maakt het bijzonder lastig om de relevante ontwikkelingen systematisch te monitoren. Daarom zal beleid ruimte moeten bieden aan een brede monitoring van ecologische en sociaal-economische processen die in staat is om nieuwe ontwikkelingen te signaleren – ook eventuele ontwikkelingen waarvan niemand gedacht had dat die zouden kunnen plaatsvinden.

Beleidsmakers staan voor een dilemma. Enerzijds zijn vele ecosystemen publiek eigendom die door meerdere gebruikers worden benut, zodat veel van hun ecosysteemdiensten het karakter hebben van een publiek goed. Dit noopt tot een gecentraliseerde besluitvorming die in staat is om alle belangen integraal tegen elkaar af te wegen, om zo freerider-gedrag te voorkomen. Anderzijds is het maar de vraag of een dergelijke centralisatie de relevante informatie heeft om belangrijke veranderingen te signaleren en dan tegelijkertijd in staat is om daarop flexibel te reageren. Bij het ontwerpen van beleid is het daarom zaak om scherp te kijken welke besluiten er worden genomen, en wie dat het beste kan doen. Economen hebben uitgebreide ervaring met het

ontwerp van dergelijk beleid. Verhandelbare emissierechten zijn daar een goed voorbeeld van: de beslissing hoeveel emissies er moeten worden toegestaan is een publieke beslissing en wordt daarom gecentraliseerd, terwijl de beslissing wie die emissies veroorzaakt aan de markt wordt overgelaten. Een dergelijke slimme verdeling van verantwoordelijkheden over de verschillende bestuurslagen zal ook nodig zijn om het hoofd te bieden aan klimaatverandering.

In het kort

- Ecosystemen hebben een beperkte capaciteit om zich aan te passen aan een veranderend klimaat.
- De economische gevolgen zullen heftiger zijn als de klimaatverandering snel en abrupt gebeurt.
- Ecologische veranderingen zullen vergaande aanpassingen door beleidsmakers vereisen.

LITERATUUR

Blanc, E. en W. Schlenker (2017) The use of panel models in assessments of climate impacts on agriculture. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 258–279.

Braakhekke, W.G., F. Berendse, M. de Jong et al. (2014) *Klimaatverandering en natuur: een verkenning van risico's, kansen en aangrijpingspunten voor klimaatadaptatiebeleid*. Nijmegen: Bureau Stroming. Te vinden op edepot.wur.nl.

Cheung, W.W.L., G. Reygondeau en T.L. Frölicher (2016) Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5°C global warming target. *Science*, 354(6319), 1591–1594.

Diekert, F.K. en E. Nieminen (2017) International fisheries agreements with a shifting stock. *Dynamic Games and Applications*, 7(2), 185–211.

Eikeset, A.M., A.P. Richter, E. Dunlop et al. (2013) Economic repercussions of fisheries-induced evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(30), 12259–12264.

Frölicher, T.L., E.M. Fischer en N. Gruber (2018) Marine heatwaves under global warming. *Nature*, 560(7718), 360–364.

Minnen, J.V., W. Ligtvoet, L. van Bree et al. (2012) *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012*. PBL Beleidsstudies, 500193003.

Mooij, W.M., S. Hülsmann, L.N. de Senerpont Domis et al. (2005) The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology*, 39(4), 381–400.

Niiranen, S., A. Richter, T. Blenckner et al. (2018) Global connectivity and cross-scale interactions create uncertainty for Blue Growth of Arctic fisheries. *Marine Policy*, 87, 321–330.

OESO (2016) *The ocean economy in 2030*. Parijs: OECD Publishing.

Pinsky, M.L., G. Reygondeau, R. Caddell et al. (2018) Preparing ocean governance for species on the move. *Science*, 360(6394), 1189–1191.

Rijnsdorp, A.D., E. Buisman, R. Beukers et al. (2014) *Klimaatverandering: risico's en kansen voor de Nederlandse visserij- en aquacultuursector*. Rapport C096.14. IMARES Wageningen UR.

Sandt, K.H. van de, H. Goossen, C.C. Vos et al. (2011) *Klimaatadaptatie in het landelijk gebied: verkenning naar wegen voor een klimaatbestendig Nederland*. Alterra, Wageningen UR.

Schlenker, W., W.M. Hanemann en A.C. Fisher (2006) The impact of global warming on U.S. agriculture: an econometric analysis of optimal growing conditions. *The Review of Economics and Statistics*, 88(1), 113–125.

Severen, C., C. Costello en O. Deschênes (2018) A forward-looking Ricardian approach: do land markets capitalize climate change forecasts? *Journal of Environmental Economics and Management*, 89, 235–254.

Spijkers, J. en W.J. Boonstra (2017) Environmental change and social conflict: the northeast Atlantic mackerel dispute. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1835–1851.

Visser, M.E. (2012) Birds and butterflies in climatic debt. *Nature Climate Change*, 2, 77–78.

Wagner, G. en M.L. Weitzman (2016) *Climate shock: the economic consequences of a hotter planet*. Princeton: Princeton University Press.

Klimaatadaptatie: economische afwegingen

De adaptatie van klimaatrisico's vraagt om langetermijninvesteringen in waterbeheer. Hoe kunnen maatregelen geprioriteerd worden? En hoe kan men financiële prikkels inzetten om schade te verminderen en om te bevorderen dat overstromingsschade gedekt is?

WOUTER BOTZEN
Hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam en aan de Universiteit Utrecht

De Nederlandse overheid heeft de ambitie om sterk in te zetten op klimaatmitigatie en energietransitie, om zo de doelen te halen voor het reduceren van broeikasgasemissies die zijn vastgelegd in het klimaatverdrag van Parijs. Dit blijkt uit de ambitieuze, recent gepresenteerde Klimaatwet die als (niet-afdwingbaar) doel heeft om de uitstoot van broeikasgassen in 2050 met 95 procent te verminderen ten opzichte van 1990. Een deel van de klimaatveranderingsgevolgen kan echter niet meer worden voorkomen door het reduceren van broeikasgasemissies, omdat vertragingen in het klimaatsysteem betekenen dat emissies uit het verleden invloed hebben op de toekomstige klimaatverandering (Mauritsen en Pincus, 2017). Daarnaast is het belangrijk om te beseffen dat op het internationale vlak de vrijwillige toezeggingen van emissiereductie voor het Akkoord van Parijs onvoldoende zijn om de klimaatrisico's significant te beperken (Rogelj et al., 2016; Peters et al., 2017). Ook al haalt Nederland de beoogde doelstellingen in de nieuwe Klimaatwet, dan is het effect hiervan op het beperken van mondiale klimaatverandering – waar Nederland ook zelf mee te maken krijgt – zeer gering. Er is vergaande internationale samenwerking nodig om de klimaatverandering te beperken. Dit optimistische scenario lijkt momenteel onwaarschijnlijk, mede vanwege de economische belangen van zowel de grote vervuilers, bijvoorbeeld de VS en China, als de opkomende economieën die kunnen *free-riden* op het klimaatbeleid van de EU (Nordhaus, 2015). Vanuit dit oogpunt is het van belang dat Nederland de risico's van de klimaatverandering in kaart brengt en hierop anticipeert. Er dienen adequate voorbereidingen te worden getroffen die de aanpassing oftewel adaptatie aan de klimaatverandering bevorderen, met als doel de maatschappelijke en economische gevolgen ervan te beperken en te verzachten. In de Nationale klimaatadaptatiestrategie, gepresenteerd in 2016 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016), erkent de overheid de urgentie hiervan. Na eerst een overzicht te geven van de klimaatveranderingsrisico's die via deze adaptatie aangepakt moeten worden, evalueer ik de recente ontwikkelingen in het adaptatiebeleid voor waterbeheer, ruimtelijke ordening en de verzekeringen voor de restrisico's vanuit een economisch doelmatigheidsperspectief. Dit resulteert in een aantal aanbevelingen voor het Nederlandse klimaatadaptatiebeleid.

Dit onderzoek heeft financiering ontvangen van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (VIDI-beurs 452-14-005) en van het EU-project NATURVATION

RISICO'S KLIMAATVERANDERING VOOR NEDERLAND

Het KNMI heeft de vanwege de opwarming van de aarde verwachte klimaatsveranderingen wat betreft Nederland in kaart gebracht (KNMI, 2015). Deze verwachtingen zijn weergegeven aan de hand van plausibele scenario's van het weer in de toekomst, te interpreteren als een vertaalslag van de wereldwijde IPCC-scenario's (IPCC, 2013) voor Nederland. Hier worden nu de belangrijkste risico's van klimaatverandering besproken die door adaptatie dienen te worden ingeperkt.

Vanaf 1900 is de gemiddelde temperatuur in Nederland met ongeveer 1,8 °C gestegen, en volgens de klimaatscenario's zal deze opwarming verder doorzetten (KNMI, 2015). De kans op koude winters neemt af, de kans op warme zomers en hittegolven neemt toe en de zomers worden naar verwachting droger. Maatschappelijke gevolgen van de temperatuurstijging omvatten minder bevolkingssterfte in de winter, maar meer sterfte in de warmere zomers. De energiebehoefte voor verwarming zal dalen en voor koeling stijgen. Hitte heeft negatieve effecten op de arbeidsproductiviteit en de kwaliteit van lucht en water. Droogte is schadelijk voor de landbouw en verhoogt het risico op (natuur) branden, zoals we deze zomer al ondervonden. De beschikbaarheid van voldoende zoet water van goede kwaliteit is van economisch belang, want zo'n zeventien procent van de Nederlandse economie is daarvan afhankelijk (Deltaprogramma, 2018).

De gemiddelde neerslag is de afgelopen eeuw met ongeveer 26 procent toegenomen (KNMI, 2015) en ook extreme neerslag komt vaker voor (Stowa, 2018). De gemiddelde neerslag zal naar verwachting in alle seizoenen toenemen, behalve in de zomer waarin deze, afhankelijk van het scenario, mogelijk kan toe- of afnemen. Extreme neerslag neemt in alle scenario's en seizoenen toe. Meer neerslag leidt onder meer tot hogere piekafvoeren in rivieren, zoals de Rijn en de Maas, die zonder extra beschermingsmaatregelen het overstromingsrisico vergroten. Extreme neerslag veroorzaakt lokaal wateroverlast, die veel schade tot gevolg kan hebben. De gemiddelde totale verzekerde neerslagschade is in het huidige klimaat rond de 188 miljoen euro per jaar, en zal naar verwachting dus verder stijgen (Verbond van Verzekeraars, 2017).

Ook hagel en onweer zullen vaker voorkomen. Dat hagel grote schade kan aanrichten, blijkt uit de extreme hagelbuien in 2016, die voor ten minste 500 miljoen euro 'verzekerde schade' veroorzaakten aan gebouwen, voertuigen, gewassen en kassen (Verbond van Verzekeraars, 2017). De werkelijke totale schade viel hoger uit omdat bijvoorbeeld veel agrariërs geen aparte hagelverzekering hadden afgesloten. Uit de onderzoeksresultaten naar de verwachte toename van hagelschade vanwege de klimaatverandering bij voertuigen, gewassen te velde en in de glastuinbouw volgt dat dit risico met name voor de laatste categorie aanzienlijk zal worden – niet alleen omdat hagelbuien vaker zullen gaan voorkomen, maar ook vanwege grotere hagelstenen (Botzen et al., 2010; Botzen en Bouwer, 2016).

Zware stormen komen in Nederland met name voor in de herfst en winter. Voorbeelden zijn de stormen Kyrill en Christian die in 2007 en 2013 alleen al bij woonhuizen respectievelijk voor 175 en 115 miljoen euro aan schade veroorzaakten (Verbond van Verzekeraars, 2017). Er worden geen grote veranderingen in windsnelheden vanwege het klimaat verwacht; het risico op storm wordt dan ook niet groter. In deze berekeningen is niet goed meegenomen dat de kans op orkanen in Nederland door klimaatverandering wel kan toenemen (KNMI, 2015). Wat de implicaties van de klimaatverandering voor het stormrisico zijn, is dus deels onzeker en dient nader te worden onderzocht.

De zeespiegel aan de Nederlandse kust stijgt sinds 1900 met 1,8 mm per jaar, en deze stijging zal naar verwachting versneld gaan oplopen tot 7,5 à 10,5 mm per jaar (KNMI, 2015). Dit leidt rond 2085 tot een zeespiegelstijging van tussen de 25 en 80 cm, met een bovenwaarde van 100 cm in 2100. Hierbij is niet echt rekening gehouden met het mogelijk instorten van de West-Antarctische ijskap (KNMI, 2015). Omdat recent onderzoek naar het afsmelten van de Antarctische ijskap aantoont dat de snelheid van het afsmelten de afgelopen tien jaar met een factor drie is toegenomen, kan dit betekenen dat de zeespiegel sneller dan verwacht gaat stijgen als deze trend doorzet (Shepherd et al., 2018). Een

versnelde afsmelting kan volgens Le Bars et al. (2017) leiden tot vijf procent kans op een mondiale zeespiegelstijging van bijna drie meter in 2100. Deze onzekerheden over de verwachte effecten van de klimaatverandering bemoeilijken de besluitvorming omtrent de investeringen in klimaatadaptatie met een lange levensduur, zoals de kustbescherming door dijken en stormvloedkeringen.

PUBLIEKE INVESTERINGEN IN DE ADAPTATIE WAT BETREFT OVERSTROMINGSRISICO'S

Het beheersen van het overstromingsrisico is de belangrijkste opgave voor de klimaatadaptatie in Nederland, aangezien bijna zestig procent van het land kans heeft te overstromen. Overstromingspreventie is met name een taak voor de publieke sector, omdat het de kenmerken heeft van een publiek goed. De mogelijke economische gevolgen van overstromingen in Nederland zijn zeer groot, maar de kans hierop is klein. In een vervolg op de Deltawerken hebben de recente investeringsprogramma's van de overheid – zoals de aanpak van de zwakke schakels aan de kust, de Maaswerken en het project Ruimte voor de Rivier – bijgedragen aan de hoge beschermingsgraad wat betreft waterveiligheid. Maar zonder extra maatregelen zal het overstromingsrisico toenemen door zeespiegelstijging, bodemdaling en de hogere piekafvoeren van rivieren. Een belangrijke economische afweging is of de baten van deze investeringen, in termen van de verwachte vermeden overstromingsschade, wel opwegen tegen de kosten van het versterken en onderhouden van de dijkinfrastructuur. Op een geven moment wegen de marginale baten van extra investeringen namelijk niet meer op tegen de marginale kosten, en dan is er een optimaal beschermingsniveau bereikt. De Tweede Deltacommissie heeft in 2008 het toenmalige kabinet geadviseerd om extra te investeren in waterveiligheid en zo Nederland te beschermen tegen de gevolgen van de klimaatverandering. Een van de voornaamste adviezen was om de veiligheidsnormen te herzien en ze met een factor 10 te verhogen (Deltacommissie, 2008), maar dit advies was niet met een economische analyse onderbouwd.

In 2010 is een nieuw Deltaprogramma van start gegaan om het advies van de Tweede Deltacommissie over de waterveiligheid en zoetwatervoorziening om te zetten in de praktijk. De tijdshorizon waarin een duurzame en robuuste waterveiligheid moet zijn gerealiseerd is 2050, een die de grote extremen in het klimaat veerkrachtig kan blijven opvangen. Naast een klimaat- en waterbestendige ruimtelijke inrichting zijn de nieuwe normen voor waterveiligheid de pijlers waarop de realisatie hiervan rust. Deze normen voor de primaire waterkeringen zijn vastgelegd in de gewijzigde Waterwet die in 2017 van kracht werd en ze dienen in 2050 te zijn gerealiseerd.

Het Akkoord van Parijs is onvoldoende om de risico's significant te beperken

Maatschappelijke kosten-batenanalyses hebben wel een belangrijke rol gespeeld bij het vaststellen van de nieuwe normen voor de primaire waterkeringen (Slootjes en Van der Most, 2016). Deze normen zijn uitgedrukt als overstromingskansen per (traject van een) dijkring die als volgt zijn bepaald. Het uitgangspunt is dat de kans op overlijden door een overstroming voor ieder individu in Nederland kleiner is of gelijk aan 1 op 100.000 per jaar. Gebieden kunnen extra bescherming krijgen als een overstroming grote groepen slachtoffers dreigt te veroorzaken, om vitale infrastructuur te beschermen, of als om economische redenen (dat wil zeggen op basis van een kosten-batenanalyse) extra bescherming wenselijk is. Uiteindelijk zijn de normen voor de meeste dijktrajecten bepaald op basis van kosten-batenanalyse (Slootjes en Van der Most, 2016). In zo'n analyse wordt er rekening gehouden met baten in termen van de lokale directe en indirecte economische schade van overstromingen en met de gemonetariseerde waardes van mensenlevens en de overlast die door bescherming vermeden kan worden, alsmede met de kosten die gemaakt moeten worden om de overstromingskans te verkleinen. Deze aanpak bouwt voort op de kosten-

batenanalyse die gedaan is door Kind (2014) voor het project *Waterveiligheid 21e eeuw*. Deze analyse toont aan dat het vooral economisch rendabel is om de normen te verhogen wat betreft de dijken langs de Maas en Rijn, maar dat het niet rendabel is om alle normen uniform met een factor 10 te verhogen, zoals de Tweede Deltacommissie beoogde. De nieuwe wettelijke normen volgen dus niet dat advies, maar ze zijn wel een substantiële verbetering ten opzichte van de referentiesituatie (2015–2020). Als in de toekomst aan de nieuwe normen wordt voldaan, zullen de jaarlijkse economische risico's namelijk dalen met een factor 25 (Slootjes en Van der Most, 2016).

De extreme hagelbuien in 2016 veroorzaakten voor ten minste 500 miljoen euro schade

Het instellen van het Deltaprogramma, het Deltafonds en de Deltacommissaris, zoals vastgelegd in de Deltawet van 2012, levert belangrijke randvoorwaarden voor het realiseren van de maatregelen die nodig zijn om het Nederlandse watersysteem klimaatbestendig te maken en zo aan de nieuwe normen te voldoen. Dit wordt ook onderschreven door een evaluatie van de Deltawet, waaruit echter tevens blijkt dat de uitwerking van het Deltaprogramma en van de maatregelen die er nodig zijn om de nieuwe normen te halen nog grotendeels moet beginnen (ABDTOPConsult, 2016). De afgelopen jaren is er wel al vooruitgang geboekt met het vaststellen van de zogenaamde voorkeurstrategieën wat betreft maatregelen voor specifieke gebieden. Deze omvatten met name de te implementeren dijkversterkingen, en in bepaalde gebieden ook aanvullende rivierverruimende maatregelen – zoals voor de Rijn en Maas – en investeringen in een *meerlaagsveiligheid* waardoor ook de gevolgschade wordt beperkt. Met betrekking tot dit laatste behoeft het thema ruimtelijke adaptatie en de relatie met waterbeheer en ruimtelijke ordening nog meer aandacht, zoals ook wordt onderkend in het recente Deltaprogramma 2018.

De onzekerheden omtrent de toekomstige piekafvoeren en zeespiegelstijging bemoeilijken het plannen van investeringen in de infrastructuur voor waterveiligheid. De onzekerheden leiden tot complexe vraagstukken over hoeveel er op welk moment geïnvesteerd moet worden, welke levensduur de infrastructuur dient te hebben, en tegen welke waterstand er bescherming moet worden geboden. Als we nu te weinig investeren, betekent dit dat er in de toekomst extra geïnvesteerd moet worden, mocht de klimaatverandering snel gaan leiden tot meer zeespiegelstijging en hogere piekafvoeren. Maar mocht bij te veel investeren in de toekomst de klimaatverandering meevallen dan betekent dit dat de beschermingsniveaus hoger dan optimaal zullen zijn en het geld achteraf bezien beter besteed had kunnen worden aan andere publieke belangen. Dergelijke economische afwegingen zijn complex vanwege de lange levensduur van investeringen in de infrastructuur voor waterveiligheid die in bepaalde gevallen een min of meer onomkeerbaar karakter hebben, terwijl de kosten en baten afhankelijk zijn van de onzekerheden van de klimaatverandering.

Recent onderzoek stelt het analyseren van adaptatiepaden voor, waarbij er strategieën worden ontwikkeld waarin de investeringen in maatregelen kunnen wisselen als klimaatomstandigheden veranderen (Haasnoot et al., 2013). Deze aanpak sluit aan bij het concept van een adaptief deltamanagement door het Deltaprogramma, waarbij nieuwe inzichten in klimaatverandering, technische mogelijkheden of economische en demografische trends redenen kunnen zijn om het tempo of de richting van de investeringen bij te stellen (Deltaprogramma, 2017). Een voorbeeld is de IJssel waar op korte termijn dijkversterking is gepland en waarbij er in de toekomst – als de rivierafvoeren sterk stijgen – via duurdere maatregelen ruimte voor de rivier kan worden gecreëerd, met welk doel er nu al land wordt gereserveerd.

Het lijkt in eerste instantie aantrekkelijk om te zoeken naar *no-regret*-maatregelen die kosteneffectief zijn in de 'lage klimaatscenario's', en flexibel zijn om op te schalen als klimaatverandering zich ontwikkelt volgens de 'hoge scenario's'.

Deze aanpak faciliteert een leerproces wat betreft de inzichten in klimaatverandering en de kosten en baten van klimaatadaptatie. Op de lange termijn kan dit echter ook duur uitpakken omdat overstromingsbeschermingsmaatregelen vaak relatief hoge vaste kosten hebben en lagere variabele kosten. Kosten-batenanalyses en reële-optieanalyses uitgevoerd door Kind et al. (2018) voor dijkversterking, en opties voor een toekomstige rivierverruiming als aanvullende maatregelen voor de IJssel, tonen bijvoorbeeld aan dat het voor veel dijktrajecten gunstig is om extra te investeren in dijkbescherming, om zo te anticiperen op de hogere toekomstige waterniveaus. Deze analyses laten zien dat rekening houden met onzekerheid kan betekenen dat zo'n robuuste strategie de voorkeur heeft. De reden is dat de spijt van te weinig investeren in bescherming zwaarder weegt dan de spijt van te veel investeren, vanwege de relatief hoge vaste kosten van dijkversterking (Kind et al., 2018). De reële-optieanalyse toont tevens aan dat de optie van een toekomstige rivierverruiming een economische waarde heeft omdat het een besparing in dijkversterking oplevert. Maar deze besparing weegt, zelfs als de gemonetariseerde natuurbaten worden meegenomen, niet op tegen de hoge kosten van rivierverruiming. Deze bevindingen kunnen verschillen per gebied en de te nemen maatregelen, en het is dus aan te bevelen om de economische afwegingen per lokale strategie te evalueren. Om adaptief deltamanagement inhoudelijk aan te sturen heeft het Deltaprogramma de 'meten, weten, handelen'-systematiek ontwikkeld (Deltaprogramma, 2016; 2017; PBL, 2016). Hierbij is er veel aandacht voor de participatieve processen en het leren, maar er is in de gedocumenteerde richtlijnen nog weinig aandacht voor de economische evaluaties van de adaptatiemaatregelen als het gaat om wenselijkheid en robuustheid. Het is dus van belang om deze systematiek te koppelen aan kosten-batenanalyses en kosteneffectiviteitsanalyses die evalueren of de voorgestelde adaptatiepaden ook economisch wenselijk zijn.

De onzekerheden van de klimaatverandering bemoeilijken niet alleen de investeringsplanning bij de te nemen overstromingsbeschermingsmaatregelen, maar ook de financiering daarvan. Tijdens de oprichting van het Deltafonds, dat de maatregelen uit het Deltaprogramma dient te financieren, werd er voorzien dat hiervoor vanaf 2020 ten minste één miljard euro per jaar nodig is. Hoewel het fonds niet werd ontzien tijdens de bezuinigingsrondes in 2012 en 2013, omvat het gemiddelde budget 1,2 miljard euro per jaar tot 2031, dat met name begroot is voor waterveiligheid (Deltaprogramma, 2018). Deze financiering is in lijn met de verwachting dat, tot aan 2050, de uitvoering van het Deltaprogramma 26 miljard euro kost met een bandbreedte van +50 en −50 procent. Het is op dit moment moeilijk vast te stellen of deze omvang voldoende is, gezien de onzekerheden van de klimaatverandering. De klimaatscenario's die worden gebruikt in het Deltaprogramma gaan uit van maximaal 85 cm zeespiegelstijging in 2100, terwijl de Tweede Deltacommissie adviseerde om uit te gaan van maximaal 120 cm (130 cm inclusief bodemdaling). Een aandachtspunt is de langetermijnbeschikbaarstelling van voldoende financiering voor het Deltafonds en indien nodig een opschaling van de financiële middelen.

LOKALE KLIMAATADAPTATIEMAATREGELEN

Naast de grootschalige publieke investeringen in waterbeheer worden er ook regelmatig kleinschaligere lokale maatregelen voorgesteld om de adaptaties wat betreft de klimaatrisico's te bewerkstelligen, zoals groene daken, waterbuffers en aangepast bouwen. Extra inspanning is noodzakelijk om de ruimtelijke inrichting in Nederland klimaat- en overstromingsbestendig te maken. Dit is ook erkend in het Deltaprogramma 2018, waarin voor het eerst een Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie is opgenomen. Het gaat hier om preventieve maatregelen voor het tegengaan van hittestress en wateroverlast in steden en van droogte op het platteland. Verantwoordelijkheden hiervoor liggen doorgaans bij de lokale overheden, dus de gemeentes, provincies en waterschappen. Daarnaast hebben een aantal maatregelen, zoals ter voorkoming van waterschade, kenmerken van private goederen en ligt de verantwoordelijkheid voor het nemen van deze maatregelen deels bij de huishoudens en bedrijven. Een algemeen knelpunt voor de implementatie van de publieke preventieve maatregelen is de beperkte beschikbare centrale financiering voor ruimtelijke adaptatie, waardoor deze kosten op lokaal

niveau moeten worden gedragen. De rijksoverheid is verantwoordelijk voor het beschermen van vitale en kwetsbare infrastructuur. In de huidige fase van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wordt er gewerkt aan stresstesten om lokale risico's in kaart te brengen, maar de implementatie van maatregelen blijft achter. Uit een inventarisatie blijkt bijvoorbeeld dat met het oog op veel vitale en kwetsbare infrastructuur, zoals de elektriciteitsvoorziening, nog geen beschermingsmaatregelen zijn genomen (Deltaprogramma, 2018). Het is aan te bevelen om voor de vitale infrastructuur systematisch de mogelijke economische gevolgen van het falen ervan door extreem weer in kaart te brengen. Een voorbeeld van zo'n studie is uitgevoerd door Koks et al. (2015) voor de haven van Rotterdam. Zo bracht deze analyse aan het licht dat de indirecte gevolgen voor de economie van het overstromen van de haven aanzienlijk zijn, en zelfs hoger kunnen uitvallen dan alleen de directe schade aan gebouwen en andere eigendommen. Vervolgens kan er op basis van de informatie voortvloeiend uit dergelijke analyses een implementatieprioritering van de beschermingsmaatregelen voor de vitale infrastructuur in Nederland worden gemaakt.

Ook Nederlandse steden zijn kwetsbaar voor schade door klimaatverandering

Dat de gevolgen van klimaatverandering via lokale maatregelen en ruimtelijke ordening beperkt moeten worden, is met name relevant in stedelijke gebieden die als *hot spots* voor de klimaatimpacts worden beschouwd. Een mondiale studie over de effecten van klimaatverandering in steden toont bijvoorbeeld aan dat de opwarming in een representatieve stad ongeveer 1 °C meer is dan de opwarming door alleen maar klimaatverandering (Estrada et al., 2017). De extra opwarming wordt veroorzaakt door het stedelijke hitte-eilandeffect dat ontstaat omdat bebouwing warmte vasthoudt. Hierdoor valt ook de economische schade door opwarming in steden hoger uit. Deze schade bestaat bijvoorbeeld uit een lagere arbeidsproductiviteit, meer extreme neerslag, slechtere lucht- en waterkwaliteit en negatieve gezondheidseffecten. Als er geen extra adaptatiemaatregelen worden genomen, kan deze schade tegen het einde van de eeuw oplopen tot ongeveer 5,6 procent van het inkomen dat er in steden wordt verdiend (Estrada et al., 2017). Onderzoek voor Nederlandse steden toont aan dat ook wij kwetsbaar zijn voor schade door meer hitte, extreme neerslag, overstromingen en droogte (Rovers et al., 2014). Als extra risicoreductiemaatregelen uitblijven, dan kan tegen het jaar 2050 de schade oplopen tot zeventig miljard euro (Deltaprogramma 2018).

Lokale maatregelen uitgevoerd door lokale overheden, burgers en bedrijven kunnen kosteneffectief zijn om de klimaatschade in stedelijke gebieden te beperken. Zo schat de studie van Estrada et al. (2017) dat investeringen in maatregelen die de opwarming in steden beperken – via de bouw van daken en wegen die minder warmte absorberen en via meer groen in de stad – per euro gemiddeld tussen de 1,50 euro en 15 euro opleveren. Omdat de klimaatrisico's en de te nemen maatregelen lokaal sterk verschillen, is het aan te bevelen om de kosten en baten van lokale maatregelen op lokaal niveau te evalueren. Over het algemeen is het vaak kosteneffectiever om klimaatadaptatiemaatregelen te combineren met maatregelen die de ruimtelijke kwaliteit verbeteren. Meer groen in de stad heeft naast hittereductie bijvoorbeeld ook andere voordelen, zoals recreatie, biodiversiteit en gezondheid. Deze baten kunnen ook worden gemonetariseerd met de waarderingsmethodes uit de milieu-economie. Een recente studie die zulke methodes toepast, toont aan dat inwoners met name de aanleg van parken hogelijk waarderen (Bockarjova en Botzen, 2017). De kosten van lokale klimaatadaptatiemaatregelen kunnen vaak worden beperkt wanneer ze worden uitgevoerd tijdens de herinrichting van stedelijke gebieden, renovatie en nieuwbouw. Het is dan wel de vraag of er op deze manier op tijd kan worden geanticipeerd als de klimaatverandering zich sneller dan verwacht zou voltrekken.

Naast maatregelen voor hittereductie is het van belang om op lokaal niveau maatregelen te nemen voor waterber-

ging en -afvoer, om zo de effecten van extreme neerslag te beperken. Hoewel uitbreiding van de rioolcapaciteit noodzakelijk is om de toename van neerslag op te vangen, zijn lokale maatregelen om water te bergen (zoals op daken, en in tuinen, straten en parken) kosteneffectiever om het water van hoosbuien op te vangen (Deltaprogramma, 2018). Vergroening (of 'onttegeling') van tuinen kan bijdragen aan de klimaatbestendigheid doordat dit de wateroverlast van extreme buien beperkt. Tevens is vergroening gunstig voor de biodiversiteit. Ongeveer veertig procent van het stedelijk gebied is particulier eigendom, dus het potentieel van particuliere maatregelen is groot (Deltaprogramma, 2018). Een probleem is dat de financiële prikkels onvoldoende zijn om particuliere percelen te onttegelen en te vergroenen. Dit komt omdat de eigenaar de kosten draagt, maar een groot deel van de baten afvloeit naar externe partijen, zoals minder belasting op het riool en minder wateroverlast in de wijk. Betere financiële prikkels kunnen het nemen van dergelijke maatregelen bevorderen, bijvoorbeeld door een differentiatie toe te passen in lokale belastingen en heffingen, zoals een korting op de rioolheffing bij vergroening.

Uit onderzoek naar de schade veroorzaakt door de extreme neerslag in 2014 in Amsterdam blijkt dat particulieren betrekkelijk eenvoudige maatregelen kunnen nemen die veel schade voorkómen, zoals een beter onderhoud van daken en dakgoten en het waterbestendig maken van kelders (Dekker et al., 2016). Huishoudens en bedrijven kunnen ook maatregelen treffen die schade aan gebouwen en eigendommen tijdens overstromingen beperken. Voorbeelden zijn de terreinophoging bij nieuwbouw of het overstromingsbestendig maken van bestaande gebouwen door bij renovatie waterbestendige materialen te gebruiken, bijvoorbeeld waterbestendige vloeren. Dergelijke schadebeperkende maatregelen tegen overstromingen zijn vaak alleen kosteneffectief in gebieden met een hoge overstromingskans en niet te hoge overstromingsdieptes (Aerts et al., 2014; Poussin et al., 2015). Dit is met name het geval in bepaalde buitendijkse gebieden. Het is noodzakelijk om op lokaal niveau te evalueren of zulke maatregelen kosteneffectief zijn. Een obstakel voor het implementeren van dergelijke maatregelen is dat de risicoperceptie en de betrokkenheid van de burger beperkt zijn (Botzen et al., 2009). Om particulieren te stimuleren tot maatregelen die de waterschade beperken, is het dus van belang om de bewustwording te vergroten en om financiële prikkels te geven, bijvoorbeeld via verzekeringen.

VERZEKERINGEN VAN RESTRISICO'S: OVERSTROMINGSDEKKING

Ook na het nemen van kosteneffectieve klimaatadaptatiemaatregelen blijft er vaak een restrisico bestaan waartegen verzekeringen financiële bescherming kunnen bieden. Tevens kunnen verzekeringen prikkels geven die het nemen van risicoreductiemaatregelen stimuleren, zoals via polisvoorwaarden, het eigen risico, of door premiekortingen te bieden aan polishouders die risicoreductiemaatregelen nemen.

Een aantal weerrisico's zijn voor Nederlandse bedrijven en huishoudens goed gedekt door de gangbare verzekeringen. Het betreft hier stormschade en deels ook de schade door neerslag. Voor de agrarische sector zijn ook verschillende verzekeringsproducten beschikbaar om schade te dekken die veroorzaakt is door extreem weer. Voorbeelden zijn hagelschadeverzekeringen voor gewassen en kassen, en de brede weersverzekering die onder andere ook droogte en neerslag dekt. De brede weersverzekering is voor 65 procent gesubsidieerd door de overheid, om de verzekerbaarheid te bevorderen en de noodzaak voor ad-hoc-compensatie te verminderen. De afname van de brede weersverzekering is echter beperkt vanwege het lage risicobewustzijn en de perceptie dat de dekkingsvoorwaarden ongunstig zijn (Berkhout et al., 2016). Na de extreme hagelbuien in 2016 bleken veel agrariërs onvoldoende verzekerd te zijn tegen extreem weer. Het aantrekkelijker maken van de dekkingsvoorwaarden en het verhogen van het risicobewustzijn en de kennis over de beperkte dekking van andere verzekeringen kunnen de vraag vergroten naar de brede weersverzekering en zo de financiële weerbaarheid tegen de klimaatverandering van de agrarische sector versterken. Daarnaast kan het stimuleren van risicoreductie door premiedifferentiatie helpen om de premie van de weersverzekeringen voor de agrarische sector laag te houden. Zo kan bijvoorbeeld het gebruik van hagelnetten voor

fruitbomen en sterker glas in kassen tot op zekere hoogte hagelschade bij de agrarische sector voorkomen.

Met name relevant voor Nederland is de discussie over de overstromingsdekking, die momenteel grotendeels is uitgesloten van standaard opstal- en inboedelverzekeringen (Botzen en Van den Bergh, 2008). Overstromingsschade kan wel deels worden gecompenseerd door de overheid via de Wet tegemoetkoming schade bij rampen (Wts), waarmee schade kan worden vergoed die redelijkerwijs niet verzekerbaar is. Compensatie via de Wts kan plaatsvinden voor overstromingen in het geval van een ramp waarbij er nationale belangen in het geding zijn en er sprake is van economische ontwrichting. Compensatie vanuit de Wts is afhankelijk van een ministerieel besluit en betreft slechts een gedeeltelijke tegemoetkoming. Volgens de overheid moet de schade als gevolg van een overstroming primair door de gedupeerden worden gedragen. Het is dus onzeker of de Wts wel van toepassing is bij kleine overstromingen, en mocht dat wel het geval zijn bij een grote overstroming, dan is het onzeker hoeveel van de geleden schade er wordt gecompenseerd.

Het Verbond van Verzekeraars heeft in 2001 de zogenaamde neerslagclausule opgesteld die een gedeeltelijke dekking bepaalt van de schade veroorzaakt door extreme neerslag. Deze clausule dekt de schade als gevolg van lokale neerslag voor burgers en bedrijven aan de hand van bepaalde voorwaarden over de intensiteit en plaats, maar dekt geen schade als gevolg van overstromingen door neerslag elders. Het Verbond van Verzekeraars heeft recentelijk in augustus 2018 voorgesteld om hierin verandering te brengen (Verbond van Verzekeraars, 2018). Aan zijn leden is een opgesteld advies voorgelegd dat een uitbreiding van de dekking omvat naar het bezwijken of overlopen van secundaire waterkeringen. De dekkingsuitbreiding van de huidige brandverzekeringen betreft alle schade veroorzaakt door water dat van buiten een gebouw binnenstroomt, uitgezonderd water dat afkomstig is door het overlopen of falen van primaire waterkeringen. De verwachting is dat veel verzekeraars dit advies zullen overnemen, hoewel ze hiertoe niet verplicht zijn. Een algemene overname van het advies zou een belangrijke stap voorwaarts betekenen wat betreft een betere financiële dekking van overstromingsschade. De reden is dat overstromingen van *secundaire* waterkeringen vaak een lokaal karakter hebben, waarvoor de compensatie door de overheid vanuit de Wts niet evident is. De uitsluiting van *primaire* waterkeringen betekent echter dat veel schade veroorzakende overstromingen door de grote rivieren of de zee niet gedekt zijn. Sinds een paar jaar is er de mogelijkheid om via een verzekeraar een aparte overstromingsverzekering af te sluiten die overstromingen vanuit primaire waterkeringen wel dekt, maar deze aparte overstromingsverzekering wordt echter nog niet breed afgenomen.

Het ontbreken van een brede verzekeringsdekking voor overstromingsschade is mede gezien de onzekerheid van de Wts onwenselijk, zoals tezamen met verschillende oplossingsrichtingen eerder in *ESB* is besproken (Botzen en Aerts, 2012). Macro-economische studies tonen aan dat de indirecte economische gevolgen van een overstromingsramp kleiner zijn als de wederopbouw na een ramp voorspoedig plaatsvindt (Koks et al., 2015). Voldoende en snelle financiële compensatie voor geleden schade draagt hieraan bij. Compensatie vanuit de Wts is onzeker, partieel en tijdrovend, terwijl een bredere verzekeringsdekking meer zekerheid kan bieden omdat deze contractueel is vastgelegd en tot snellere uitbetaling kan leiden. Daarnaast spreiden verzekeraars risico's ook internationaal, bijvoorbeeld via herverzekeringen, waardoor een instroom van buitenlands kapitaal kan worden gebruikt voor het financieren van een deel van de wederopbouw na een ramp. Dit kan gunstig zijn voor de overheidsfinanciën die volgens recent onderzoek vaak flink onder druk komen te staan als de overheid natuurrampschades compenseert en zo de schulden hoog laat oplopen (Koetsier, 2018). Als alternatief zou de overheid kunnen bezuinigen, maar dat resulteert na een grote watersnoodramp in een ongunstig anticyclisch economisch beleid.

Een andere relevante overweging is dat verzekeringen van invloed kunnen zijn op de prikkels om de risicoreductiemaatregelen te nemen waarin het deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie van het Deltaprogramma voorziet. De relatie tussen een verzekering en een risicoreductie door polishouders kan twee verschillende kanten op gaan. Enerzijds kan er, wanneer de schade gedekt wordt door een verze-

keraar, een moreel risico ontstaan als men zich minder goed voorbereidt op een overstroming, en een polishouder geen prikkels ontvangt om de risico's te reduceren via polisvoorwaarden of premiekortingen. Anderzijds vinden empirische studies van overstromingsverzekeringen in het buitenland echter dat huishoudens met een overstromingsverzekering meer risicoreductiemaatregelen nemen dan huishoudens zonder een verzekering (Hudson et al., 2017). De verklaring is dat mensen die zich willen verzekeren voor dit risico een hoge risicoaversie hebben en ook andere maatregelen nemen die het risico verminderen. Het tegenovergestelde effect van een moreel risico is dat een overstromingsverzekering voor een betere voorbereiding kan zorgen als het risicobewustzijn in gebieden met een hoog risico toeneemt door het toepassen van premiedifferentiatie op basis van het werkelijke risico. Daarnaast blijkt uit een recent uitgevoerd economisch experiment, waaraan meer dan 2.000 Nederlandse huizenbezitters deelnamen, dat investeringen in waterschade-beperkende maatregelen significant toenemen wanneer de verzekeraar dit stimuleert via kortingen op verzekeringspremies (Mol et al., 2018). Betalingen voor deelname aan zulke economische experimenten zijn afhankelijk van genomen investeringsbeslissingen en het al dan niet optreden van schade, om de werkelijke financiële afwegingen zo goed mogelijk na te bootsen. Een belangrijke implicatie voor de praktijk is dat het van belang is om een overstromingsverzekering te combineren met financiële prikkels voor risicoreductie. Dit geldt vooral in gebieden waar de schadebeperkende maatregelen kosteneffectief zijn, zoals de buitendijkse gebieden.

De huidige opzet van de Wts belemmert een private oplossing voor het verzekeren van overstromingsschade. Vragenlijstonderzoek onder meer dan 1.000 huizenbezitters in het rivierengebied heeft aangetoond dat, afhankelijk van het voorgelegde scenario, de bereidheid om te betalen voor een overstromingsverzekering significant lager is in een scenario waarin de overheidscompensatie beschikbaar is via de Wts, in vergelijking met een scenario zonder overheidscompensatie (Botzen en Van den Bergh, 2012). Vergelijkbare resultaten zijn verkregen met een recentelijk uitgevoerd economisch experiment waarin de vraag naar overstromingsverzekeringen is onderzocht onder verschillende condities van overheidscompensatie (Robinson en Botzen, 2018).

Er zijn twee oplossingsrichtingen om de financiële dekking van overstromingsschade te bevorderen:

1. Als de overheid de vrijwillige private verzekerbaarheid van overstromingsschade wil bevorderen, dan is het aan te bevelen om meer zekerheid te bieden over het gedeelte van de schade dat door de Wts wordt vergoed. Verzekeraars kunnen dan een specifiek product aanbieden voor het niet gecompenseerde deel van de schade. Vervolgens kunnen consumenten een weloverwogen afweging maken of zij de Wts-compensatie voldoende achten, of de voorkeur geven aan het verzekeren van het restrisico.
2. Als alternatief zou de overheid een verzekeringspool voor overstromingsschade kunnen ondersteunen, waarbij de overheid optreedt als de herverzekeraar van een deel van de extreme schade (Botzen en Van den Bergh, 2008). Het op grote schaal herverzekeren van het overstromingsrisico in Nederland kan namelijk relatief duur zijn, vanwege het accumulatierisico dat veel grote schades tegelijk optreden (Paudel et al., 2014). Dit probleem wordt verkleind door een dergelijke publiek-private verzekeringsconstructie waarin verzekeraars het gedeelte dekken dat tegen redelijke kosten verzekerbaar is. De schadeafhandeling kan in zo'n constructie volledig worden uitgevoerd door de verzekeraars, om zo een snelle en efficiënte schadeloosstelling te faciliteren. De overstromingsdekking kan verplicht worden opgenomen in de gangbare polissen voor de inboedel- en opstalverzekeringen, hetgeen de niet-gedekte schades en mogelijke problemen met anti-selectie beperkt, maar dat wel het nadeel heeft dat de consumentenvrijheid wordt ingeperkt. Dit is een politieke afweging.

Beide geschetste oplossingsrichtingen handhaven een vorm van solidariteit via de gedeeltelijke overheidsdekking bij het spreiden van risico's onder burgers, hetgeen men vaak wenselijk acht omdat het overstromingsrisico in belangrijke mate een collectief risico is. Het is aan te bevelen om de invulling van deze geschetste oplossingsrichtingen in het kader van het Deltaprogramma nader te onderzoeken, omdat de financiële dekking van restrisico's in de zogenaamde derde laag

past, bestaande uit de rampenbeheersing van het meerlaagse veiligheidsconcept in het Deltaprogramma, en van invloed is op de financiële prikkels voor risicoreductiemaatregelen in het deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

De klimaatmitigatiedoelstellingen van Nederland hebben een heel klein effect op het verminderen van de klimaatverandering, wanneer andere grote vervuilende landen en opkomende economieën niet dezelfde ambities weten te verwezenlijken. Internationale maatregelen om de klimaatverandering te voorkomen zijn op dit moment onvoldoende, en klimaatverandering kan alleen met vertraging worden afgeremd door de reducties in broeikasgasemissies. Daarom dient Nederland te investeren in aanpassing aan de klimaatverandering om de daarmee gepaarde risico's van overstromingen, lokale wateroverlast, hitte en droogte te beperken. De overheid heeft, met de Nationale adaptatiestrategie en het Deltaprogramma, daarvoor een goede basis gelegd, en ook met de daaruit voorvloeiende wettelijke normen voor de primaire waterkeringen die zijn vastgelegd in 2017. Ik wil graag afsluiten met een samenvatting van een aantal aanbevelingen in verband met deze programma's.

Er is veel kennis ontwikkeld over de mogelijke risico's van de klimaatverandering. Deze kennis biedt leidraden voor de richting van de veranderingen in de weersextremen die kunnen worden gebruikt voor het vormgeven van adaptatiebeleid. Er zijn echter enkele belangrijke onzekerheden wat betreft de snelheid en omvang van een aantal verwachte veranderingen in de weersvariabelen. Dit geldt met name voor de zeespiegelstijging die voor Nederland grote gevolgen heeft, en waarvoor recente studies aangeven dat het smelten van de ijskappen en de daarmee gepaard gaande zeespiegelstijging mogelijk sneller zal gaan dan de scenario's van het Deltaprogramma aangeven. Het is aan te bevelen om verder te investeren in kennis over de afsmeltingsprocessen van ijskappen, om zo de ontwikkelingen in het smelten en de zeespiegelstijging nauwlettend te volgen, en om, indien nodig, de strategieën en langetermijnfinanciering van het Deltaprogramma in dit opzicht tijdig aan te passen.

Dit sluit aan bij het concept adaptief deltamanagement waarin leren centraal staat. Gezien de onzekerheden van klimaatprojecties lijkt een flexibele aanpak aantrekkelijk, waarin er *no-regret*-maatregelen worden genomen die men kan opschalen als de klimaatontwikkelingen dat vereisen. Zo'n aanpak kan echter in de toekomst ook duur blijken te zijn vanwege de hoge vaste en relatief lage variabele kosten van de overstromingspreventiemaatregelen. Door deze kenmerken van kostenfuncties kunnen er extra investeringen op de korte termijn, die ook bestendig zijn bij de onzekere hogere klimaatscenario's, economisch aantrekkelijk zijn. Uiteindelijk is het aan te bevelen om de adaptatiepaden – geformuleerd om de nieuwe wettelijke normen voor waterveiligheid te halen – systematisch te beoordelen volgens de economische welvaartsevaluaties, zoals ook is gedaan bij het vaststellen van deze normen. Vanwege de grote omvang van de geplande investeringen valt er veel winst te behalen door maatregelen te prioriteren op basis van economische doelmatigheid. Gezien de snel verbeterende positie van de overheidsfinanciën en de gunstige rentestand valt het ook te overwegen om investeringen in waterveiligheid naar voren te halen, zodat eerder dan in 2050 aan de normen kan worden voldaan. Een kanttekening is dat zo'n versnelling niet ten koste mag gaan van een zorgvuldige planning en van de evaluatie van de strategieën.

Op het thema ruimtelijke adaptatie valt nog veel winst te behalen door het inzetten van lokale kleinschalige adaptatiemaatregelen. Financiering en prikkels voor risicoreductie zijn hierbij de voornaamste knelpunten. Naast provincies en gemeentes kunnen ook huishoudens en bedrijven hierin een rol spelen. Zij dienen een deel van de veelal externe baten van adaptatiemaatregelen te ontvangen om hen te prikkelen dergelijke maatregelen te nemen. Het ligt voor de hand om de samenwerking tussen het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en de verzekeringssector te intensiveren en zo stappen te zetten die het risicobewustzijn van huishoudens en bedrijven verhogen, en om via verzekeringen financiële prikkels te geven voor het nemen van maatregelen die de waterschade beperken. Er is door het recente advies van het Verbond van Verzekeraars immers een bredere

verzekeringsdekking ontstaan voor de neerslag- en overstromingsschade met relatief hoge kansen op het vóórkomen ervan, waarvoor schadebeperkende maatregelen aantrekkelijk zijn geworden.

Ten aanzien van het concept meerlaagsveiligheid moet er worden benadrukt dat de prioriteit dient te worden gegeven aan preventie van overstromingen (de eerste laag). Voor zover dit kosteneffectief is op lokaal niveau, vormen de gevolgbeperkende maatregelen (de tweede laag) hierop een nuttige aanvulling. Rampenbeheersing (de derde laag) is belangrijk om de economische en bredere maatschappelijke gevolgen van een overstroming te beperken. Het is aan te bevelen om in de tweede en derde laag meer aandacht te besteden aan verzekeringen. Na het nemen van kosteneffectieve klimaatadaptatiemaatregelen blijft er vaak een restrisico bestaan waarbij verzekeringen financiële zekerheid en bescherming kunnen bieden. Een snelle compensatie van de schade kan na een ramp het economisch herstel bevorderen, en verzekeringen kunnen onder bepaalde randvoorwaarden bijdragen aan het risicobewustzijn en de risicoreductie. Het Verbond van Verzekeraars adviseerde onlangs om schade veroorzaakt door het falen of overlopen van secundaire waterkeringen te vergoeden. Als verzekeraars dit advies overnemen, dan betekent dat een belangrijke uitbreiding van de overstromingsdekking. Als de overheid het wenselijk vindt om de verzekerbaarheid van schade veroorzaakt door primaire waterkeringen uit te breiden dan is het aan te bevelen om de oplossingsrichtingen – zoals die zijn besproken in dit artikel – verder te verkennen in het kader van het Deltaprogramma. In beide voorgestelde oplossingsrichtingen is het van belang om meer duidelijkheid te scheppen in de compensatie voor de overstromingsschade die de overheid mogelijk zal bieden via de Wts.

In het kort

- Prioriteer adaptatiepaden op basis van maatschappelijke kosten-batenanalyses.
- Er zijn betere financiële prikkels nodig om de kosteneffectieve lokale adaptatiemaatregelen te stimuleren.
- De financiële dekking van de overstromingsschade kan via verschillende wegen bevorderd worden.

LITERATUUR

ABDTOPConsult (2016) *Op peil: wettelijke ex-post evaluatie Deltawet Waterveiligheid en Zoetwatervoorziening*, juni. Rapport te vinden op www.rijksoverheid.nl.

Aerts, J.C.J.H., W.J.W. Botzen, K. Emanuel et al. (2014) Evaluating flood resilience strategies for coastal mega-cities. *Science*, 344(6183), 473–475.

Berkhout, P., M. van Asseldonk, R. van der Meer et al. (2016) *Evaluatie regeling brede weersverzekering*. Wageningen University & Research Rapport, 2016-070.

Bockarjova, M. en W.J.W. Botzen (2017) *A meta-analysis framework for assessing the economic benefits of NBS*. NATURVATION. Deliverable 3.2. Universiteit Utrecht.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.H. Aerts (2012) Oplossingsrichtingen voor een landelijke dekking voor overstromingsrisico's. *ESB*, 97(4649-4650), 740–743.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.M. van den Bergh (2008) Insurance against climate change and flooding in the Netherlands: present, future, and comparison with other countries. *Risk Analysis*, 28(2), 413–426.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.M. van den Bergh (2012) Monetary valuation of insurance against flood risk under climate change. *International Economic Review*, 53(3), 1005–1025.

Botzen, W.J.W. en L.M. Bouwer (2016) Weather indicators for insured hailstorm damage to motor vehicles and potential climate change impacts. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 41(3), 512–527.

Botzen, W.J.W., J.C.J.H. Aerts en J.C.J.M. van den

Bergh (2009) Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resources Research*, 45(10), W10440.

Botzen, W.J.W., L.M. Bouwer en J.C.J.M. van den Bergh (2010) Climate change and hailstorm damage: empirical evidence and implications for agriculture and insurance. *Resource and Energy Economics*, 32(3), 341–362.

Dekker, G., T. Nootenboom, L. Locher en M. Spekkers (2016) *Van last naar les: hoe publiek-private samenwerking de regenwateroverlast voor inwoners, woningeigenaren en klanten kan verlagen*. Technische Universiteit Delft.

Deltacommissie (2008) *Samen werken met water: Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst*. Secretariaat Deltacommissie.

Deltaprogramma (2016) *Deltaprogramma 2016: werk aan de delta*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.

Deltaprogramma (2017) *Deltaprogramma 2017: werken aan de delta*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.

Deltaprogramma (2018) *Deltaprogramma 2018: doorwerken aan een duurzame en veilige delta*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.

Estrada, F., W.J.W. Botzen en R. Tol (2017) A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, 7, 403–406.

Haasnoot, M., J.H. Kwakkel, W.E. Walker en J. ter Maat (2013) Dynamic adaptive policy pathways: a method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, 23(2), 485–498.

Hudson, P., W.J.W. Botzen, J. Czajkowski en H. Kreibich (2017) Moral hazard in natural disaster insurance markets: empirical evidence from Germany and the United States. *Land Economics*, 93(2), 179–208.

IPCC (2013) *Climate change 2013: the physical science basis*. Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kind, J.M. (2014) Economically efficient flood protection standards for the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management*, 7(2), 103–117.

Kind, J.M., J.H. Baayen en W.J.W. Botzen (2018) Benefits and limitations of real option analysis for the practice of river flood risk management. *Water Resources Research*, 54(4), 3018–3036.

KNMI (2015) *KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland*. Herziene uitgave 2015. De Bilt: KNMI. Te vinden op www.klimaatscenarios.nl.

Koetsier, I. (2018) Het effect van natuurrampen op de staatschuld. *ESB*, 103(4759), 112–115.

Koks, E., M. Bockarjova, H. de Moel en J.C.J.H. Aerts (2015) Integrated direct and indirect flood risk modeling: development and sensitivity analysis. *Risk Analysis*, 35(5), 882–900.

Le Bars, D., S. Drijfhout en H. de Vries (2017) A high-end sea level rise probabilistic projection including rapid Antarctic ice sheet mass loss. *Environmental Research Letters*, 12(4), 044013.

Mauritsen, T. en R. Pincus (2017) Committed warming inferred from observations. *Nature Climate Change*, 7, 652–655.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016) *Nationale klimaatadaptatie-strategie 2016*. Rapport te vinden op www.rijksoverheid.nl.

Mol, J., W.J.W. Botzen en J.E. Blasch (2018) *Behavioral motivations for self-insurance under different disaster risk insurance schemes*. Working Paper. Vrije Universiteit.

Nordhaus, W.D. (2015) Climate clubs: overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review*, 105(4), 1339–1370.

Paudel, Y., W.J.W. Botzen, J.C.J.H. Aerts en T.K. Dijkstra (2015) Risk allocation in a public-private catastrophe insurance system: an actuarial analysis of deductibles, stop-loss, and premiums. *Journal of Flood Risk Management*, 8(2), 116–134.

PBL (2016) *Koers houden in de delta: ontwerp van een monitorings- en evaluatiekader voor het Deltaprogramma*. PBL Beleidsstudie, 2338.

Peters, G.P., R.M. Andrew, J.G. Canadell et al. (2017) Key indicators to track current progress and future ambition of the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, 7, 118–122.

Poussin, J.K., W.J.W. Botzen en J.C.J.H. Aerts (2015) Effectiveness of flood damage mitigation measures: empirical evidence from French flood disasters. *Global Environmental Change*, 31, 74–84.

Robinson, P. en W.J.W. Botzen (2018) *The effect of risky and uncertain government compensation on flood insurance demand: theory and experiment*. Working Paper. Vrije Universiteit.

Rogelj, J., M. den Elzen, N. Höhne et al. (2016) Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, 534, 631–639.

Rovers, V., P. Bosch en R. Albers (2014) *Eindrapport climate proof cities*. KvK Rapport, 129/2014. Te vinden op www.wur.nl.

Shepherd, A., E. Ivins, E. Rignot et al. (2018) Mass balance of the Antarctic ice sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222.

Slootjes, N. en H. van der Most (2016) *Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Te vinden op docplayer.nl.

Stowa (2018) *Neerslagstatistieken voor korte duren: Actualisatie 2018*. STOWA Rapport 2018-12. Te vinden op www.stowa.nl.

Verbond van Verzekeraars (2017) *Hoofd boven water: verzekeren van schade in een veranderend klimaat*. Publicatie te vinden op www.verzekeraars.nl.

Verbond van Verzekeraars (2018) *Adviesrapport overstromingen 2018*. Rapport te vinden op www.verzekeraars.nl.

Klimaatverandering en migratie

TON DIETZ
Hoogleraar aan de Universiteit Leiden

Zowel migratie als klimaatverandering is op dit moment een hype, en als ze onderling verbonden worden leidt dat vaak tot dramatische scenario's. Klimaatverandering zou tot migratie-op-grote-schaal gaan leiden, en misschien wel op geweld uitlopen, wat weer tot vluchtelingenstromen leidt. Dit zorgt voor een grote politieke en maatschappelijke urgentie om er 'iets aan te doen'. De wetenschappelijke literatuur is echter veel genuanceerder over de gevolgen van klimaatverandering.

"Klimaatverandering 'gaat de grootste vluchtelingencrisis in de wereld veroorzaken.'" Met deze kop kaartte in november 2017 Matthew Taylor, correspondent bij de Britse *The Guardian*, de nu al jaren durende hype aan, waarbij er een verband wordt gelegd tussen klimaatverandering en migratie (Taylor, 2017). Vooral in Duitsland wordt deze onheilsboodschap al enige tijd verspreid, onder andere door een studie van de universiteit in Hamburg voor de Duitse afdeling van Greenpeace (Jakobeit en Methmann, 2007) en door het invloedrijke boek van Harald Welzer over de klimaatoorlogen uit 2008, dat later ook in het Nederlands en Engels is vertaald (Welzer, 2009). Volgens de mensen die een direct verband zien tussen klimaatverandering en vluchtelingenstromen, al dan niet via 'klimaatoorlogen', gaat het om grote aantallen. In de Greenpeace-studie wordt gesteld dat er in 2050 zo'n tweehonderd miljoen klimaatvluchtelingen zouden kunnen zijn. en dat de aantallen vluchtelingen zoals die de laatste jaren uit Syrië zijn gekomen kinderspel zouden kunnen zijn bij wat de wereld te wachten staat. Interessant is daarbij dat er regelmatig een verband is gesuggereerd tussen het uitbreken van de burgeroorlog in Syrië en de eraan voorafgaande droogte die heel veel mensen naar de steden zou hebben gedreven, waar ze nauwelijks kansen bleken te krijgen op een beter bestaan en waar ze de basis zouden hebben gevormd van de Syrische versie van de 'Arabische Lente', die tot zo'n nachtmerrie is verworden.

De recente studie van Selby et al. (2017) maakt korte metten met die suggestie over de relatie tussen klimaatverandering en de burgeroorlog in Syrië. De studie laat zien dat er geen duidelijk en betrouwbaar bewijs is dat antropogene klimaatverandering een doorslaggevende factor was bij de migratiebewegingen in Syrië vanaf het jaar 2000, en dat de droogte die inderdaad voorafging aan die burgeroorlog niet geleid heeft tot de omvangrijke migratie zoals vaak wordt beweerd. En er is ook geen solide bewijs dat de 'droogte-

migratiedruk' in Syrië heeft bijgedragen aan het uitbreken van de burgeroorlog. Het geval Syrië, zo vindt het artikel, ondersteunt niet de opvatting dat de gevolgen van klimaatverandering allerlei andere bedreigingen voor de vrede hebben versterkt. Integendeel, de schrijvers concluderen dat zowel beleidsmakers, commentatoren als wetenschappers grote voorzichtigheid moeten betrachten bij het suggereren van dergelijke verbanden, en hetzelfde geldt voor pleidooien (met name in sommige militaire kringen) voor het 'securitiseren' van klimaatverandering, dat wil zeggen: het tegengaan van of omgaan met klimaatverandering tot een prominent onderdeel te maken van het veiligheids- en defensiebeleid (Selby et al., 2017).

EEN DUBBEL VERHAAL

De in de loop der tijd verzamelde kennis over klimaat en migratie laat zien dat we aan de ene kant niet onze ogen moeten sluiten voor de mogelijke demografische en sociaaleconomische effecten van klimaatverandering, maar dat we anderzijds moeten erkennen dat er naast klimaatverandering nog andere, en waarschijnlijk veel belangrijkere factoren een rol spelen bij de te verwachten migratieontwikkelingen in de wereld. In deze bijdrage zal ik daarom eerst een aantal demografische scenario's schetsen die een mogelijk effect kunnen zijn van klimaatverandering. In het tweede deel sta ik stil bij allerlei andere oorzaken van de ook door mij verwachte demografische ontwikkelingen, die tot aanzienlijk meer intercontinentale migratie zullen leiden.

SCENARIO'S VAN KLIMAATVERANDERING EN DEMOGRAFISCHE CONSEQUENTIES

Ik behandel hier zes scenario's aangaande de mogelijke resultaten van de klimaatverandering.

Weerpatronen

Klimaatverandering is een feit, waarbij we dan wel de juiste klimaatdefinitie moeten gebruiken: het gemiddelde weerpatroon over een periode van minstens dertig jaar. Antropogene klimaatverandering gaat ervan uit dat de mens een doorslaggevende rol heeft gespeeld en speelt bij het gaandeweg veranderen van dat weerpatroon op de lange termijn, door het laten toenemen van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer. Dat leidt tot een gestage stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde. In gebieden die gemiddeld al heet zijn, leidt dit tot grotere *warmtestress* bij plant, dier en mens; in gematigder gebieden leidt het tot hittestress tijdens de gemiddeld hetere zomers, maar ook tot een verlenging van het groeiseizoen.

Het is niet te verwachten dat de opwarming van de aarde vooral tot meer droogte zal leiden. Waarschijnlijk neemt de gemiddelde neerslag op aarde eerder toe dan af. Warme lucht kan immers meer water bevatten en hogere temperaturen leiden tot meer verdamping, en er zijn op aarde meer watermassa's dan dat er landmassa's zijn. Een probleem is dat de luchtcirculatiesystemen veranderen en veel boeren in de droge akkerbouwgebieden van de wereld klagen dat ze niet meer kunnen rekenen op een min of meer vast begin van de seizoenen (de droge tijden en natte tijden). Landbouwcycli worden onvoorspelbaarder; zo is in ieder geval de perceptie onder boeren. Er is ook sprake van meer extremen – droger én natter, heter én koeler, jaren met excessieve regens en jaren met veel minder neerslag. De langetermijnscenario's van de klimaatvoorspellers en hun modellen geven niet veel houvast. Waar het ene model verdroging op de lange termijn voor een bepaalde regio voorspelt, suggereert het andere model juist vernatting voor hetzelfde gebied.

Watertekorten

Toenemende (zomer)hitte kan ook leiden tot grotere verdamping en tot watertekorten en de verdroging van bossen en andere begroeiing. Risico's daarvan zijn het opdrogen van wateropvangbekkens en een verlaging van de grondwaterspiegel, met als gevolg watertekorten voor planten, dieren en mensen, en in het algemeen ook een grotere kans op waterschaarste en hogere (maatschappelijke) kosten om gebruikswater te produceren. Vooral voor boeren die van irrigatiewater afhankelijk zijn, is dat een kostbare aangelegenheid, wat op zijn beurt kan leiden tot hogere voedselprijzen en maatschappelijke onrust. Maar een mogelijk nog groter risico is de toenemende kans op bosbranden, en de directe bedreiging

van menselijke nederzettingen als deze bosbranden woeden bij bewoond gebied. Recente bosbranden in Zuidoost-Azië, Californië en Zuid-Europa (Griekenland en Portugal) laten zien dat die risico's actueel zijn. Los van het verlies aan mensenlevens (direct door verbranding en verstikking, en indirect door smog en roet in de atmosfeer) betekent het vaak ook in ieder geval tijdelijk het verlies van woningen en de noodzaak om elders opnieuw te beginnen. Tijdens en na droogteperiodes is het wegtrekken van een deel van de bevolking naar elders een historisch feit (en goed gedocumenteerd wat betreft bijvoorbeeld de Saheldroogtes van de jaren tussen 1971 en 1986, zie verderop). Het is dan ook te verwachten dat ook in de toekomst toenemende *waterstress* tot toenemende migratie zal leiden, of zelfs tot ontvolking van gebieden met de extreemste effecten van droogte.

Voedselproductie

Hittestress kan leiden tot hogere sterfte onder planten, dieren en mensen en tot ecologische en agro-ecologische veranderingen, die grote gevolgen kunnen hebben voor de biodiversiteit en voor kwetsbare soorten als de veranderingen sneller gaan dat het aanpassingsvermogen van de natuur. Voor boeren kan het betekenen dat ze andere gewascombinaties moeten gaan kiezen en dat ze tot een andere bedrijfsvoering moeten overgaan, bijvoorbeeld tot meer irrigatie in de heter wordende zomers of tot het verbouwen van meer droogtebestendige gewassen en rassen. Daar waar agro-ecosystemen onder hittestress leiden en waar boeren er niet of niet snel genoeg in slagen om zich aan te passen, kan het leiden tot voedseltekorten, hogere voedselprijzen en tot grotere importafhankelijkheid vanuit andere regio's. Vooral voor het armere deel van de stedelijke bevolking kan dit grote consequenties hebben voor hun welvaartsniveau. Maar ook voor armere plattelandsbewoners, als die per saldo voedseltekorten hebben, kunnen die hogere voedselprijzen grote negatieve consequenties hebben. Landen die kampen met regelmatige voedselprijsfluctuaties zijn ook vaak landen met regelmatige voedseloproeren, leidend tot politieke en maatschappelijke instabiliteit, vooral als die oproeren in de hoofdsteden plaatsvinden. Na de plotselinge stijging van de voedselprijzen in 2007/2008 braken in veertien Afrikaanse landen voedselrellen uit, zoals goed beschreven in Berazneva en Lee (2013), met speciale aandacht voor de gebeurtenissen in Egypte en Mozambique, waar ernstige ongeregeldheden plaatsvonden, en in Niger, waar voedselrellen in 2005 wel tot een blijkbaar adequate overheidsrespons hadden geleid zodat daar de voedselrellen na de prijsstijgingen in 2007/2008 uitbleven. Wat wel interessant is, is dat Berazneva en Lee met geen woord reppen over mogelijke migratieverbanden.

Er is geen bewijs voor een relatie tussen klimaatverandering en de burgeroorlog in Syrië

Droogte in de Sahel

Bij de aandacht voor de migratie-effecten van klimaatverandering wordt er veel nadruk gelegd op de verwachte regenvaleffecten en in het bijzonder op droogte. De Sahel komt regelmatig terug als waarschuwing, waarbij er verwezen wordt naar de grote droogtes in de jaren zeventig en tachtig en op de ontwrichtende gevolgen daarvan (Dietz et al., 2004). Van die gevolgen voor de Sahel was de migratie van noord naar zuid en van het platteland naar de steden belangrijk. Meer dan een miljoen Burkinezen trokken naar Ivoorkust, en de latere burgeroorlog aldaar was volgens velen een van de verdere gevolgen ervan. En de hoofdstad van Burkina Faso, Ouagadougou, groeide uit van een 'groot dorp' van 60.000 inwoners in 1960 bij de onafhankelijkheid van het land, via 500.000 rond 1990 (na de droogtes) tot ongeveer twee miljoen nu. Maar de voortdurende verwijzing naar de Sahel als een gebied met droogterisico's als gevolg van klimaatverandering ontneemt het zicht op het feit dat het na de jaren tachtig natter is geworden, en dat er ook weer een migratiestroom noordwaarts tot stand is gekomen nu de omstandigheden daar beter zijn dan tussen 1970 en 1985. Klimaatmodellen voorspellen voor het ene deel van de Sahel een vergroot

droogterisico en voor het andere deel juist een grotere kans op overstromingen – en beide aan het weer gerelateerde calamiteiten kunnen leiden tot een migratieversnelling, al is het onmogelijk te voorspellen aan welke orde van grootte we dan zouden moeten denken. In veel Sahelgebieden zijn boeren actief, deels gesteund door ngo's en overheden, met herbebossing en een beter aan de klimaatgrillen aangepaste akkerbouw en veeteelt, plus betere risicospreiding. De bewoners blijken zeer flexibel. Mensen in de Sahel – maar het geldt evengoed voor de andere drogere delen van Afrika – zijn *on the move,* en hun migratiegedrag brengt ze op allerlei plekken en vervolgens ook weer verder. De netwerken die ze zo opbouwen (als individuen, maar ook als grotere gemeenschappen) omspannen grote gebieden en zijn langzaam aan mondiaal geworden. Maar het is kortzichtig om migratie vooral te zien als een fenomeen van de drogere gebieden in Afrika. Ook de inwoners van de veel nattere kustgebieden (bijvoorbeeld de Ashanti in Ghana en de Yoruba in Nigeria) zijn *on the move,* en hoewel er al eeuwen migratiebewegingen zijn, is er de laatste decennia sprake van een absolute en ook relatieve toename van hun migratiegedrag.

Tijdens en na droogteperiodes is het wegtrekken van een deel van de bevolking een historisch feit

Kustrisico's

Hoewel droogte en verdroging, en de daaruit voortkomende migratiebewegingen belangrijke thema's zijn in een verondersteld verband tussen klimaatverandering en migratie, is er op termijn een veel groter effect te verwachten aan de kusten. Laaggelegen kustgebieden hebben te maken met een combinatie van een stijgende zeespiegel ('kustvraat') en extreme (of extremere) stormrisico's, met daarmee gepaard gaande overstromingen. De risico's zijn bekend voor laaggelegen eilandstaten (zoals de Malediven in de Indische Oceaan) en onder de zeespiegel gelegen poldergebieden (zoals in Nederland). Soms zijn technische oplossingen mogelijk, maar in andere gevallen is de enige oplossing om uit te wijken naar elders. Voor eilandstaten in de Stille Oceaan als Tuvalu, Kiribati en Nauru wordt onder andere door de Wereldbank gewerkt aan grootschalige *uitmigratie*scenario's, maar daar is ook veel verzet tegen (zie bijvoorbeeld McNamara en Gibson, 2009). Laaggelegen kustgebieden zijn de laatste decennia wereldwijd veel kwetsbaarder geworden, omdat juist die gebieden te maken hebben gekregen met grote bevolkingstoenames. In veel Afrikaanse kustgebieden is er, tussen 1960 en 2018, sprake van een verzesvoudiging van de bevolking (de bevolking in Afrika als geheel is in die tijd meer dan verviervoudigd), waaronder enkele grote uitschieters. Lagos bijvoorbeeld is uitgegroeid van nog geen miljoen inwoners in 1960 tot meer dan twintig miljoen in 2018 (Internetgeography, 2016), en dat is vooral het gevolg van de enorme ruraal–urbane migratie binnen Nigeria zelf. Veel migranten naar de kuststeden beginnen (en blijven vaak hangen) in de kwetsbaarste gebieden van de steden. Ze hebben gebrekkige huizen en werkplekken in de meest risicovolle zones aan de stedelijke rafelranden of in delen van de centra, waar moerassen en rivieren voor voortdurende wateroverlast zorgen. Grotere stormrisico's en overstromingsrisico's zorgen niet alleen voor directe schade aan mensenlevens en infrastructuur, maar leiden ook tot een groot risico voor epidemieën in tijden van crises. Zo'n calamiteit ontwricht hele gemeenschappen en zorgt voor een volgende golf van migratie naar weer een volgende plek voor mensen die zo'n crisis hebben overleefd, vaak een andere kwetsbare plek in dezelfde metropoolregio. Maar ook de plattelandsgebieden in de kustzones lopen grotere risico's en ook die gebieden worden steeds voller. Bangladesh wordt daarbij vaak als voorbeeld gegeven. Veel is er bekend over de migratie-effecten van de frequente overstromingen in de kustgebieden van Bangladesh (Rayhan en Grote 2007). Maar de stormramp Katrina die New Orleans en omgeving trof in 2005 liet zien dat de klimaat-gerelateerde rampspoed niet beperkt is tot de armere landen. Met een aantal van meer dan 1.800 doden en een stormschade van 100 miljard dol-

lar was dit een waarschuwingssignaal dat in de VS zorgde voor een ommekeer in het denken over klimaatverandering (al ontkent president Trump de relatie tussen klimaatveranderingen en de gevolgen ervan). Ook Nederland beleefde, met de Zuiderzeevloed van 1916 en de stormramp van 1953, catastrofes die leidden tot langetermijninvesteringen in een grotere veiligheid. Maar ook in Nederland is de laatste decennia flink geïnvesteerd in bouwprojecten in de meest risicovolle potentiële overstromingsgebieden, tot en met in polders die meer dan vijf meter onder zeeniveau liggen. Volgens het Planbureau voor de Leefomgeving ligt maar liefst een derde van alle woningen die tussen 2000 en 2010 in Nederland zijn gebouwd onder NAP (BNR, 2006). Als het echt mis gaat in deze laaggelegen bebouwde gebieden, betekent dat een grote uitmigratie voor de mensen die het overleven.

Gebieden die profiteren van klimaatverandering

Er zijn ook gebieden op aarde die profiteren van de hogere gemiddelde temperaturen. Gebieden die voorheen te koud waren voor akkerbouw, beginnen plotseling interessant te worden als nieuwe pioniergebieden voor akkerbouw. Klimaatverandering heeft op dit moment al grote verschuivingen tot gevolg in berggebieden. Hoger gelegen streken in bijvoorbeeld de Andes of de Alpen krijgen meer mogelijkheden voor akkerbouw en bosbouw tijdens de warmere zomers, hoewel gemiddeld de stijgende temperaturen in de winter een bedreiging kunnen vormen voor de wintersportgebieden in lager gelegen gebieden (en tot een uittocht kunnen leiden uit deze gebieden). Maar wat vooral te verwachten valt, is een nieuw akkerbouwgebied (en vooral een zich sterk uitbreidend graangebied) op de meest noordelijke en meest zuidelijke landmassa's van de wereld. Door de vorm van de landmassa's op aarde speelt dit effect vooral in het noorden. Een vergelijkbaar effect is dat de voorheen moeizaam of niet te winnen delfstoffen in koude afgelegen gebieden nu ook in het vizier komen bij de economische pioniers, en dat nieuwe handelsroutes zich ontwikkelen, zoals de Arctische zeevaartroute. Canada, Alaska, Scandinavië en Rusland zijn mogelijk de grote winnaars van de verschuivingen in de akker- en mijnbouw die het gevolg zijn van de opwarming van de aarde. Het geopolitieke effect moet niet worden onderschat dat bijvoorbeeld Rusland een groot voordeel heeft en zal hebben van de klimaatverandering. Deze voordelen van klimaatveranderingen gaan migratiebewegingen veroorzaken richting de meer noordelijk gelegen regio's op het noordelijke halfrond, en naar het zuiden in Argentinië en Chili. Interessant is dat Chinese wetenschappers al meer dan een decennium bezig zijn zich voor te bereiden op de grote kansen die ze zien voor mijnbouw en akkerbouw in Oost-Siberië. Interessant is ook dat veel Chinese voedseldeskundigen vrezen dat de rijstgebieden het moeilijk zullen gaan krijgen als gevolg van toenemende waterstress in het zuiden en midden van China, en dat de tarwegebieden in Noord-China en in de noordelijker gelegen streken in Siberië zich zullen uitbreiden. Ze stimuleren nu al een groter aandeel van tarweproducten in het Chinese dieet en minder nadruk op rijst. En de Chinese overheid stimuleert ook de bevolkingstrek naar het noorden, en beoogt een vreedzame expansie van Chinees kapitaal en op den duur ook van Chinese boeren en (land)arbeiders naar Russisch Siberië. De kans dat Rusland, maar ook Canada en Scandinavië, te maken gaan krijgen met grootschalige klimaatgerelateerde immigratie is aanzienlijk. Ook de verschuivingen binnen bestaande akkerbouwgebieden, zoals de steeds noordelijker plaatsvindende commerciële druiventeelt, geven kansen op een economische groei en migratie naar deze gebieden.

MAAR: KLIMAATVERANDERING IS ZEKER NIET DE BELANGRIJKSTE OORZAAK VAN MIGRATIE

Hoewel er vaak een groot effect wordt toegeschreven aan klimaatverandering op migratietoename, zijn er andere en belangrijker redenen voor migratie, en is het ook zaak om kritisch stil te staan bij de bewering van toenemende internationale migratie. In zijn invloedrijke blogs *Migration Matters* laat de Amsterdamse migratiehoogleraar Hein de Haas (migrationmatters.me) overtuigend zien dat op lange termijn de internationale migratie niet 'explodeert' en al decennia rond de drie procent van de wereldbevolking ligt, met een lichte stijging van 2,9 procent in 2005 tot 3,3 procent in 2015 (UNDESA, 2017). Bovendien is een groot deel van die internationale migratie gericht op buurlanden. Ook Europa

wordt niet ineens overstroomd met migranten van elders. In Nederland is het aandeel van de internationale migranten in de bevolking weliswaar gestegen van 7,9 procent in 1990 tot 11,7 procent in 2015 (UNDESA, 2017), maar dat is vooral het effect geweest van het gastarbeid-beleid uit de jaren zeventig en de immigratie vanuit Suriname en Curaçao na 1975. Dat had niets te maken met een klimaatverandering in de herkomstgebieden. Ook het openen van de binnengrenzen van de Europese Unie heeft relatief gezien niet geleid tot een enorme migratietoename: in Nederland steeg het aantal EU-28-migranten van 270.000 in 1990 tot 510.000 in 2015 (UNDESA, 2017), ofwel van twee naar drie procent van de Nederlandse bevolking. Daarbij gaat het vooral om Duitsers, Polen, Belgen en Britten, en is er geen verband met het klimaat.

De internationale migratie ligt al decennia rond de drie procent van de wereldbevolking

Vanuit een langetermijnperspectief zijn de demografische ontwikkelingen in de wereld de laatste zestig jaar spectaculair, met name de daling van het vruchtbaarheidscijfer (tot dicht bij het vervangingscijfer) in Azië en Amerika (Dietz en Akinyoade, 2017). Ook in Afrika is die demografische transitie aan de gang, van gemiddeld 6,7 kinderen per vrouw in 1960 tot gemiddeld 4,2 nu. Die transitie is in Afrika later begonnen, op een hoger vruchtbaarheidsniveau, en met een trager verloop dan elders, zodat het bereiken van het stabiele vervangingscijfer daar niet wordt verwacht vóór 2100. Wat Afrika betreft betekent dit een sterke verdere groei van de bevolking (schattingen gaan uit van een stijging van de huidige 1,3 miljard Afrikanen tot vier miljard in 2100. Voor de wereld betekent dit een aanzienlijke vergroting van het demografische gewicht van Afrika, tot veertig procent van de wereldbevolking in 2100. Die enorme groei en verschuiving hebben direct al grote migratieconsequenties, los van de mogelijke additionele effecten van de klimaatverandering. Maar ook de verwachte verdere economische groei in Afrika gaat grote gevolgen krijgen. In een recente bijdrage in het blad *Geografie* laten Hein de Haas en ik zien dat het niet realistisch is om te verwachten dat de economische groei in Afrika zal leiden tot minder intercontinentale migratie (Dietz en De Haas, 2018). Het tegendeel is het geval. Een analyse van de internationale migratiebewegingen in Afrika tussen 2000 en 2015 levert een duidelijk verband op met die economische groei: landen met een hogere score op de *human development index* laten een sprong zien in hun intercontinentale migratie, en dat is voor veel Afrikaanse landen het geval geweest. Dat betekent meer middelen om te migreren en door een betere opleiding en groeiende netwerken ook betere kansen in de bestemmingslanden. Dit staat los van de klimaatverandering (Dietz en De Haas, 2018). Maar de klimaatontwikkelingen in Afrika kunnen wel een rol hebben gespeeld bij de migratie die gekoppeld kan worden aan calamiteiten, al is het effect zelden direct. De vele internationale vluchtelingenstromen in Afrika (de laatste decennia geschat op minder dan dertig procent van de totale internationale migratie op dat continent, en vooral intern gericht op buurlanden) zijn veel vaker het gevolg geweest van burgeroorlogen en geweld, dan van droogte, stormen en overstromingen. Toch zal een deel van de burgeroorlogen indirect wel te maken hebben gehad met de politieke en economische instabiliteit die het gevolg was van de klimaatinstabiliteit. Ivoorkust werd al eerder genoemd, maar ook de rampspoed in Somalië is waarschijnlijk mede veroorzaakt door de extreme weersomstandigheden in de jaren tachtig (Reuveny, 2007).

Voor een aantal onderzoekers is het evident en empirisch te bewijzen dat klimaatextremen, zoals droogtes en overstromingen, tot geweld leiden (en dat dat op zijn beurt weer leidt tot calamiteitsmigratie). Een studie van Hsiang et al. uit 2013 beweert dat dit de convergente opvatting is van vele studies uit velerlei vakgebieden. Anderen betwijfelen dit sterk. Buhaug et al. (2014) tonen mijns inziens overtuigend aan dat de kwantitatieve onderzoeksmethodes die Hsiang et al. gebruiken, ondeugdelijk zijn, en dat heel veel studies op

dit gebied juist tot scepsis zouden moeten leiden over de vermeende band tussen klimaatstress, geweld en migratie. Ook de vermeende link tussen calamiteiten en migratie zonder geweld als een tussenvariabele blijkt erg dubieus te zijn, zoals Gröschl en Steinwachs (2016) in een recentere bijdrage laten zien. Een conclusie van een wat ouder artikel (Beine en Parsons, 2012) is het waard om hier herhaald te worden: *"As a whole, we find little direct impact of climatic change on international migration in the medium to long run across our entire sample. Using the rate of urbanization as a proxy for internal migration we find strong evidence that natural disasters beget greater flows of migrants to urban environments."*

Het is een onjuiste gedachte om in algemene zin te stellen dat weersomstandigheden (zoals extreme droogte) leiden tot een grotere kans op geweld, al is het wel zo dat geweld leidt tot een grotere kans op vluchtelingen: vooral naar nabijgelegen en vooral stedelijke gebieden. In een langetermijnstudie geven Adano et al. (2012) voor Noord-Kenia aan dat de langetermijnrelatie tussen droogte en geweld waarschijnlijk precies andersom is geweest: periodes van droogtestress in deze droge veehouderijzones hebben geleid tot minder doden door geweld, en periodes met relatief betere regenval juist tot aanzienlijk meer geweldsdoden. In tijden van droogte is het voor het overleven van deze marginale veehoudersgemeenschappen van cruciaal belang om tot vreedzame afspraken te komen over de resterende water- en graasmogelijkheden, terwijl mensen en vee vaak zo zijn verzwakt dat veediefstallen tot weinig meer leiden dan tot extra kadavers. Juist tijdens goede regens loont het om anderen te overvallen en om terreinwinst te boeken (vooral om zo exclusieve toegang tot waterpunten te verkrijgen) en is het ook veel gemakkelijker om weg te komen met gestolen vee. Ook het werk van Kees van der Geest voor Noord-Ghana en recent voor heel West-Afrika laat overtuigend zien dat het veel te simpel is om migratiebewegingen toe te schrijven aan klimaatverandering of aan geweld als gevolg van door klimaat veroorzaakte instabiliteit (Van der Geest et al., 2010; Van der Geest, 2011; Van der Land et al., 2018). De wetenschappelijke discussies zoals die zijn gevoerd na de publicatie van het eerdergenoemde boek van Harald Welzer over de klimaatoorlogen brengen wetenschappers, zoals Adano et al. en Van der Geest et al., ertoe om te stellen dat grotere klimaatstress juist leidt tot een grotere kans op samenwerking.

Op mondiaal niveau zien we dat ook in de activiteiten van de IPCC en de trage maar naar het lijkt toenemende bereidheid van veel wereldleiders en veel samenlevingen om de uitstoot van broeikasgassen te beteugelen (al zijn er dissidenten), en om de gevolgen van klimaatverandering met adaptatiemethodes te dragen als een mondiale verantwoordelijkheid. Voor een risicovol land als Nederland is dat op lange termijn ook wel erg noodzakelijk, al heeft Nederland de middelen en het vernuft om het gevaar lang te kunnen tegenhouden, en verdient Nederland ook stevig aan de mondiale aandacht voor de (water)innovaties die zijn toegepast om de risico's van klimaatverandering te verkleinen.

In het kort

- Wetenschappers verwachten over het algemeen niet dat klimaatverandering tot migratie-op-grote-schaal gaat leiden.
- Migratie die voortkomt uit klimaatverandering is vooral lokaal, en maar voor een klein deel intercontinentaal.
- Migratiebewegingen hebben naast klimaatverandering vele andere oorzaken, zoals een toename in bevolking en welvaart.

LITERATUUR

Adano, W.R., T. Dietz, K. Witsenburg en F. Zaal (2012) Climate change, violent conflict and local institutions in Kenya's drylands. *Journal of Peace Research*, 49 (1), 65–80.

Beine, M. en C. Parsons (2012) *Climatic factors as determinants of international migration*. CESifo Working Paper, 3747.

Berazneva, J. en D.R. Lee (2013) Explaining the African food riots of 2007–2008: an empirical analysis. *Food Policy*, 39, 28–39.

BNR (2006) *Recordaantal woningen onder NAP*, 2 november. Artikel te vinden op www.bnr.nl.

Buhaug, H., J. Nordkvelle, T. Bernauer et al. (2014) One effect to rule them all? A comment on climate and conflict. *Climatic Change*, 127(3-4), 391–397.

Dietz, T. en A. Akinyoade (2017) *Africa in the 21st century*. ASCL Infosheet, 33. Te vinden op openaccess.leidenuniv.nl.

Dietz, T. en H. de Haas (2018) Wen er maar aan! Migratie en ontwikkeling: een ongemakkelijke boodschap. *Geografie*, 27(6), 26–32.

Dietz, A.J., R. Ruben en J. Verhagen (red.) (2004) *The impact of climate change on drylands*. Dordrecht: Kluwer.

Geest, K. van der (2011) North-South migration in Ghana: what role for the environment? *International Migration*, 49(s1), e69–e94.

Geest, K. van der, A. Vrieling en T. Dietz (2010) Migration and environment in Ghana: a cross-district analysis of human mobility and vegetation dynamics. *Environment and Urbanization*, 22(1), 107–123.

Gröschl, J. en T. Steinwachs (2016) *Do natural hazards cause international migration?* CESifo Working Paper, 6145.

Hsiang, S.M., M. Burke en E. Miguel (2013) Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science*, 341(6151), 1235367.

Internetgeography (2016) *The growth of Lagos*. Te vinden op www.internetgeography.net.

Jakobeit, C. en C. Methmann (2007) *Klimaflüchtlinge*. Hamburg: Greenpeace Deutschland. Publicatie te vinden op www.greenpeace.de.

Land, V. van der, C. Romankiewicz en K. van der Geest (2018) Environmental change and migration: a review of West African case studies. In: R. McLeman en F. Gemenne (red.) *Routledge handbook of environmental displacement and migration*. Abingdon: Routledge, 163–177.

McNamara, K.E. en C. Gibson (2009) 'We do not want to leave our land': Pacific ambassadors at the United Nations resist the category of 'climate refugees'. *Geoforum*, 40(3), 475–483.

Rayhan, I. en U. Grote (2007) Coping with floods: does rural-urban migration play any role for survival in rural Bangladesh. *Journal of Identity and Migration Studies*, 1(2), 82–98.

Reuveny, R. (2007) Climate change-induced migration and violent conflict. *Political Geography*, 26(6), 656–673.

Selby, J., O.S. Dahi, C. Fröhlich en M. Hulme (2017) Climate change and the Syrian civil war revisited. *Political Geography*, 60, 232–244.

Taylor, M. (2017) Climate change 'will create the world's biggest refugee crisis'. *The Guardian*, 2 november.

UNDESA (2017) *World migration data. The 2017 revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Te vinden op www.un.org.

Welzer, H. (2009) *De Klimaatoorlogen: waarom in de 21ste eeuw gevochten wordt*. Baarn: Ambo Uitgeverij.

Nederlandse economie

Klimaatbeleid, groene groei en werkgelegenheid

Groene groei is een optimistisch perspectief, gebaseerd op de verwachting dat klimaatbeleid kansen kan bieden voor economische groei en werkgelegenheid. De vraag is of het ook realistisch is. Hoe kan klimaatbeleid worden vormgegeven zodat het als banenmotor kan fungeren? En waar liggen de belangrijkste rollen en uitdagingen voor de overheid?

MARJAN HOFKES
Hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam

"Groene groei biedt kansen. De Rijksoverheid wil de samenleving verduurzamen en tegelijkertijd de economie versterken." (Rijksoverheid, 2018) In 2013 heeft de Nederlandse overheid het begrip 'groene groei' omarmd (MinEZ, 2013). Het concept 'groene groei' komt voort uit de verwachting dat groen beleid mogelijkheden zou kunnen bieden voor economische groei en werkgelegenheid.

Groene groei is in 2011 door de OESO op de agenda gezet als een nieuwe beleidsstrategie. De groene-groeistrategie was het antwoord op de dubbele uitdaging van enerzijds het realiseren van de benodigde economische groei om tegemoet te komen aan de behoeften van een groeiende wereldbevolking, en anderzijds het aanpakken van de toenemende druk op het natuurlijk kapitaal. Groene groei gaat over het bevorderen van de economische groei, waarbij het natuurlijk kapitaal – dat de natuurlijke hulpbronnen en milieudiensten levert waar onze welvaart op gebaseerd is – in stand wordt gehouden. Groene groei zal volgens de OESO nieuwe bronnen van groei met zich meebrengen, alsmede nieuwe banen, door innovatie en het ontstaan van groene markten en activiteiten (OESO, 2011).

Groene groei is een breed beleidsperspectief dat op meerdere (groene) beleidsterreinen, waaronder de energietransitie en de circulaire economie, als uitgangspunt gehanteerd wordt. Zo is in het regeerakkoord van Rutte III (Rijksoverheid, 2017, p. 38) te lezen: "een goed en slim klimaatbeleid biedt kansen voor economische groei en werkgelegenheid." Daarmee is groene groei ook in het kader van het Klimaatakkoord weer actueel. De vraag is nu of dit optimisme ook een realistisch perspectief biedt. Om een duidelijk antwoord op deze vraag te kunnen geven, is het van belang om de begrippen groene groei en werkgelegenheidsgroei goed af te bakenen. Ten eerste moet er een onderscheid gemaakt worden tussen überhaupt de mogelijkheid van groen groeien en de vraag of het groene-groeiniveau ook groter kan zijn dan het niveau van de groei op het basispad, de zogenaamde 'grijze groei' die gerealiseerd wordt bij het uitblijven van groen beleid. Een tweede onderscheid, dat hiermee samenhangt, is de vraag of de werkgelegenheid ten opzichte van het

basispad (zonder groen beleid) behouden kan blijven of dat groene groei voor extra werkgelegenheid kan zorgen en daarmee als banenmotor kan fungeren. Verder is het van belang om onderscheid te maken tussen werkgelegenheidseffecten op korte termijn en die op lange termijn.

CONCEPTUEEL KADER

Eerst worden de belangrijkste theoretische inzichten omtrent de mogelijkheden van groene groei geschetst en de mogelijke invloed daarop van groen beleid. Daarna wordt ingegegaan op de werkgelegenheidseffecten van groen beleid.

Groene groei en technologische ontwikkeling

De economische groeitheorie leert ons dat technologische ontwikkeling de motor van economische groei is. Zo kan, in een wereld met uitputbare hulpbronnen en aantasting van het natuurlijk kapitaal, *groene* technologie dan de motor achter *groene* groei zijn. Als er voldoende groene technologische ontwikkeling is, kunnen milieubehoud en economische groei samengaan. Dat wil nog niet zeggen dat die mogelijke groene groei ook groter zal zijn dan de grijze groei. Om deze vraag te kunnen beantwoorden zal er eerst nader ingegaan worden op de drijvende krachten achter de groene technologische ontwikkeling.

De vraag is nu of en hoe er voldoende groene technologische ontwikkeling gerealiseerd kan worden om groen te groeien. Hier spelen twee klassieke vormen van marktfalen een rol, die elkaar met betrekking tot groene technologische ontwikkeling versterken. Ten eerste wordt er vanwege kennis*spill-overs*, *learning-by-doing* en *learning-by-using* – die alle gepaard gaan met positieve externaliteiten – onvoldoende groen geïnnoveerd wanneer die externaliteiten niet of onvoldoende geïnternaliseerd worden. En ten tweede wordt, als gevolg van het niet of onvoldoende beprijzen, het natuurlijk kapitaal overgeëxploiteerd. Hier is er een duidelijke rol weggelegd voor de overheid, in de vorm van het geven van groene prikkels die ervoor zorgen dat er voldoende groene innovatie in gang gezet wordt (Hofkes en Verbruggen, 2016).

Uit de economische literatuur komt naar voren dat groen (overheids)beleid een sterke invloed kan hebben op een technologische ontwikkeling in de richting van groene, schonere productieprocessen (Acemoglu et al., 2012). Zo kan groene innovatie direct gestimuleerd worden via groene R&D-subsidies. Maar ook veranderingen in de relatieve prijzen van bijvoorbeeld energie-inputs in het productieproces hebben een belangrijk effect op het type technologie dat ontwikkeld en gebruikt wordt. Dit laatste wordt ook wel 'geïnduceerde innovatie' genoemd. Primair is de beprijzing van de energie-input gericht op het terugdringen van het energiegebruik. Dit leidt uiteindelijk echter niet alleen tot aanpassingen binnen het bestaande productieproces door minder energie te gaan gebruiken, maar ook tot de ontwikkeling van nieuwe en in dit geval energiebesparende productietechnieken.

Porter-hypothese

In dit verband moet ook de Porter-hypothese genoemd worden (Porter en Van der Linde, 1995). Volgens (de sterke vorm van) de Porter-hypothese zou goed ontworpen milieuregulering niet alleen tot milieuvriendelijkere productietechnieken leiden, maar ook tot een efficiëntere productie, waarmee de Porter-hypothese een verleidelijke win-win-mogelijkheid suggereert. Volgens de neoklassieke theorie mag er echter verwacht worden dat producenten juist minder efficiënt gaan produceren als ze een extra beperking in de vorm van milieuregulerende maatregelen opgelegd krijgen. Immers, als er winstgevende mogelijkheden zouden bestaan om milieuvriendelijker te produceren, dan zouden winstmaximaliserende bedrijven daar al gebruik van maken.

Er zijn verschillende theoretische onderbouwingen voor de Porter-hypothese. Zo valt deze hypothese te onderbouwen door de neoklassieke aanname van rationele winstmaximaliserende producenten te laten vallen. Managers die bijvoorbeeld begrensd-rationeel of sterk risico-avers zijn, kunnen voor het bedrijf winstgevende, maar vanuit het gezichtspunt van de manager te risicovolle investeringsmogelijkheden laten lopen. In dat geval kan het opleggen van milieuregulerende maatregelen zowel tot een beter milieu als tot een efficiëntere productie leiden. De Porter-hypothese kan ook onderbouwd worden zonder de rationaliteitsaanname te laten vallen, namelijk door het bestaan van verschil-

lende vormen van marktfalen te onderkennen. Denk bijvoorbeeld aan kapitaalmarktverstoringen, coördinatieproblemen, onvolledig concurrentie en/of het bestaan van onzekerheid over bijvoorbeeld de mede door overheidsbeleid bepaalde terugverdientijd van milieubesparende investeringen (Ambec et al., 2011). Wanneer een goed ontworpen milieubeleid deze verstoringen wegneemt, kan er sprake zijn van een win-win-situatie. Overtuigend empirisch bewijs hiervoor ontbreekt echter (OESO, 2010).

Uit het bovenstaande kunnen we concluderen dat groene groei zeer wel mogelijk is, maar dat het niet te verwachten is dat deze groei groter zal zijn dan de (grijze) groei op het basispad – er zal niet zo snel sprake zijn van een win-win-situatie. Het stimuleren van groene R&D, bijvoorbeeld door middel van groene-R&D-subsidies, zal weliswaar tot extra groene innovaties leiden, maar dit zal ten minste gedeeltelijk ten koste gaan van de R&D-uitgaven en de innovaties op het basispad, van de zogenaamde grijze R&D-uitgaven en van grijze innovaties die bij uitblijven van het groene beleid gerealiseerd zouden zijn. Extra subsidies voor groene R&D zullen ofwel ten koste moeten gaan van andere overheidsuitgaven ofwel op een andere –verstorende – manier gefinancierd moeten worden. De groene groei zou wel groter kunnen zijn dan de grijze groei op het basispad (zonder groen beleid) als er sprake zou zijn van een versnellende technologische ontwikkeling, als er een nieuwe, groene golf van technologie – een groene 'industriële' revolutie – in gang gezet zou worden. Dat zou echter meer een kwestie van geluk dan van wijsheid zijn, want een dergelijke technologische revolutie is inherent onvoorspelbaar.

HET EFFECT VAN GROEN BELEID OP WERKGELEGENHEID

Tot nu toe heb ik de samenhang tussen groen beleid en economische groei belicht. Een ander aspect dat in de groene-groeidiscussie een prominente rol speelt, is het effect van groen beleid op de werkgelegenheid. Hieronder zal ik eerst een aantal theoretische noties met betrekking tot de mogelijke werkgelegenheidseffecten van groen beleid schetsen. Vervolgens zal ik de resultaten weergeven van recente empirische studies naar de werkgelegenheidseffecten van groen beleid en – voor zover beschikbaar – meer specifiek naar die van klimaatbeleid.

De dubbel-dividend-hypothese

Er is sprake van een (sterk) dubbel dividend of een 'tweesnijdend zwaard' als met een groene belastinghervorming tegelijkertijd milieuwinst en werkgelegenheidswinst geboekt kan worden. Deze win-win-mogelijkheid berust op het feit dat een budgettair neutrale, groene belastinghervorming de economische efficiëntie kan verhogen door de belastingdruk te verschuiven van een sterk verstorende belastingheffing die daardoor veel welvaartsverlies met zich meebrengt, naar een minder verstorende belastingheffing die dus tot minder welvaartsverlies leidt (Bovenberg en Goulder, 2001). Denk bijvoorbeeld aan het gebruiken van de belastingopbrengst van het aardgas voor het verlagen van de belasting op arbeid. Strikt genomen bestaat zo'n dubbel-dividend-beleid uit twee beleidsmaatregelen, namelijk een beleid dat gericht is op het minder belasten van het milieu (in het voorbeeld minder gebruik van aardgas) en een beleid dat gericht is op het verkleinen van de inefficiëntie in het belastingsysteem (verlagen van belasting op de arbeid die door de verstoring van de arbeidsaanbodbeslissing tot welvaartsverlies leidt). Door met de milieubelastingopbrengst de belastingdruk voor werkenden te verlagen, wordt in dit geval de werkgelegenheid gestimuleerd. Of het dubbele dividend inderdaad optreedt, is afhankelijk van de reeds aanwezige mate van verstoring van de arbeidsmarkt. Hoe groter de bestaande verstoring van de arbeidsaanbodbeslissing, des te waarschijnlijker is het optreden van een dubbel dividend. In dat geval kan groen beleid dat slim wordt vormgegeven door het te combineren met het verminderen van inefficiënties op de arbeidsmarkt, fungeren als banenmotor. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat een belastingdrukverschuiving van arbeid naar milieubelastende activiteiten betekent dat inactieve huishoudens die afhankelijk zijn van een niet uit arbeid afkomstig inkomen, bij een dergelijke hervorming verliezen – zij worden immers niet gecompenseerd voor de hogere milieubelasting. Als dit politiek onwenselijk is, en de terugsluizing zodanig wordt vorm-

gegeven dat er geen inkomenseffecten optreden, dan zal het dubbele dividend weer verdampen (CPB en PBL, 2018).

Groen beleid en vraag naar arbeid

Zoals eerder aangegeven zal groen beleid dat gericht is op de vervuilende inputs in het productieproces meerdere effecten hebben. Een individueel bedrijf zal, vanwege het factor-substitutie-effect, binnen het bestaande productieproces minder vervuilende inputs en, in z'n algemeenheid, meer arbeid en kapitaal gaan gebruiken. Bovendien zal het bedrijf wellicht ook overstappen op een schonere productietechnologie. De mate waarin de vraag naar arbeid stijgt, hangt dan af van de substitutiemogelijkheden tussen vervuilende productiefactoren en arbeid, en van de mate waarin de schonere, groene productietechnologie arbeidsintensiever is dan de oude, grijze productietechnologie.

Naast de effecten die als gevolg van groen beleid optreden binnen bedrijven, zal er ook een verschuiving plaatsvinden in de vraag naar producten tussen bedrijven. Deze gaat dan van vervuilende producten, die immers duurder zijn geworden, naar schonere producten. Er zal dus ook een verschuiving in de vraag naar arbeid plaatsvinden van grijze sectoren naar eventueel nieuwe, groene sectoren. Er zullen bijvoorbeeld steeds minder werknemers nodig zijn om gas uit de grond te halen, terwijl de vraag naar installateurs van zonnepanelen en onderhoudsmonteurs voor windmolens zal toenemen. Hier speelt ook de internationale concurrentiepositie een rol. De vraagelasticiteiten van in Nederland geproduceerde (vuile) producten bepalen uiteindelijk in welke mate de toegenomen belastingdruk op het buitenland kan worden afgewenteld, en wat dus uiteindelijk het effect is op de vraag naar arbeid.

Groen beleid en werkgelegenheid

Voor een structureel effect op de werkgelegenheid zou het groene beleid niet alleen moeten bijdragen aan een per saldo structureel grotere arbeidsvraag, maar ook aan een structureel groter arbeidsaanbod. Immers, als het arbeidsaanbod niet stijgt, kan de werkgelegenheid ook niet stijgen. Extra arbeidsaanbod zou uitgelokt kunnen worden wanneer, als gevolg van het groene beleid, de arbeidsproductiviteit zou toenemen, waardoor er hogere lonen betaald kunnen worden. Zo'n win-win-situatie, waarbij er, als gevolg van groen beleid, uiteindelijk efficiënter geproduceerd wordt, is – zoals al aangegeven bij de bespreking van de Porter-hypothese – empirisch gezien niet waarschijnlijk. Uiteraard zou ook flankerend arbeidsmarktbeleid extra arbeidsaanbod kunnen bevorderen. Denk hierbij aan fiscale maatregelen, zoals bijvoorbeeld het verlagen van de lasten op arbeid, of aan maatregelen op het gebied van de sociale zekerheid, zoals bijvoorbeeld het verlagen van bijstands-, werkloosheids- of arbeidsongeschiktheidsuitkeringen.

Een andere win-win-mogelijkheid die nog genoemd moet worden, maar waaraan de discussie vaak voorbijgaat, doet zich voor, als groen beleid, via de behaalde milieuwinst, een direct effect op de arbeidsproductiviteit heeft, bijvoorbeeld vanwege een betere luchtkwaliteit. Zo vinden Vrontisi et al. (2016), in een algemeen-evenwichtsanalyse van het Europese luchtbeleid, positieve effecten op de werkgelegenheid doordat de arbeidsproductiviteit toeneemt vanwege een betere luchtkwaliteit. In dat geval is er eigenlijk sprake van een soort *manna from heaven* en kan groen beleid aanleiding geven tot een hogere economische groei en meer werkgelegenheid.

Tot slot moet er opgemerkt worden dat een zo hoog mogelijke economische groei of zo veel mogelijk groene banen geen doelen op zich zijn. Uiteindelijk gaat het om het creëren van maximale welvaart in brede zin, dus inclusief de omvang van het natuurlijk kapitaal. Dat betekent dat, als de werkgelegenheidseffecten per saldo nul blijken te zijn doordat er uiteindelijk slechts een verschuiving van grijze naar groene banen heeft plaatsgevonden, er toch sprake kan zijn van welvaartswinst vanwege de toename van (de immateriële diensten van) het natuurlijk kapitaal. Zoals we ook bij de OESO-definitie van groene groei in de inleiding hebben gezien, is het immers het natuurlijk kapitaal dat de hulpbronnen en milieudiensten levert waarop onze welvaart gebaseerd is. Dat betekent overigens ook dat de economische groei die op het basispad (zonder groen beleid) geprojecteerd wordt uiteindelijk niet houdbaar zal zijn.

RECENTE EMPIRISCHE STUDIES

Tot zover zijn de belangrijkste theoretische inzichten in vogelvlucht de revue gepasseerd. Daaruit blijkt dat groene groei mogelijk is. De mate waarin dit in de praktijk het geval zal zijn en het feitelijke optreden van een dubbel dividend – met naast milieuwinst ook werkgelegenheidswinst – is afhankelijk van diverse economische en institutionele factoren. Zo is de mate van arbeidsmarktverstoring cruciaal voor de waarschijnlijkheid van een dubbel dividend. Bovendien zijn hiervoor ook mede bepalend de mate waarin belastingdruk kan worden afgewenteld, onder andere op het buitenland, alsmede de karakteristieken van bestaande en nieuwe groene productietechnologieën. Aangezien ieder land zijn eigen arbeidsmarktinstituties en eigen macro-economische omstandigheden kent, zullen de conclusies per land verschillen.

De kwantitatieve en empirische literatuur is gefragmenteerd en geeft weinig houvast aangaande hoe klimaatbeleid gericht op groene groei het beste vormgegeven kan worden. Recente studies waarin er met de specifieke Nederlandse situatie gerekend wordt, geven geen compleet beeld. De studies kennen onderlinge verschillen in bereik, tijdshorizon en veronderstellingen. De belangrijkste beperking is echter dat vrijwel alle empirische studies voor Nederland geen volledige macro-economische analyse geven. Een aantal studies suggereert op basis van een partiële analyse wel dat de circulaire economie en de energietransitie in Nederland tot een bescheiden hoeveelheid extra banen en extra economische activiteit kan leiden.

Zo schatten Bastein et al. (2013), op basis van een verkenning van de economische mogelijkheden van een toenemende circulaire economie, dat het benutten van deze kansen zo'n 54.000 banen kan opleveren en een extra groei van het bbp met 1,4 procent. Zij houden echter geen rekening met doorwerkingen in de rest van de economie en met het arbeidsaanbod. Schoots et al. (2017) schatten, met een focus op de korte termijn, dat als gevolg van het Energieakkoord (SER, 2013) de werkgelegenheid tussen 2014 en 2020 met 76.000 arbeidsjaren zal toenemen. Ook hier gaat het om een partiële analyse en is het niet duidelijk of deze werkgelegenheidswinst blijvend is.

Ook de analyse van Weterings et al. (2018) is partieel. De auteurs schatten met behulp van een multiregionale input-outputanalyse de energietransitie-effecten op de vraag naar arbeid. Hun methode houdt echter geen rekening met, onder meer, de effecten van gedragsveranderingen van producenten en consumenten als gevolg van loon- en prijsveranderingen en met het arbeidsaanbod. In een scenario met een reductie met 49 procent van de uitstoot van broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990, komt deze studie op een netto-stijging van 117.000 arbeidsplaatsen. Deze netto-stijging is met name het resultaat van enerzijds een additionele vraag naar arbeidsplaatsen als gevolg van de voor de energietransitie benodigde investeringen ter grootte van 258.000 banen en anderzijds een verdringingseffect als gevolg van de verminderde consumptie en investeringen elders in de economie, ter grootte van 198.000 banen. Daarnaast dragen, onder andere, indirecte effecten (plus 30.000 banen) en een *rebound*-effect van lager energiegebruik –waardoor consumptie en investeringen toenemen (plus 23.000 banen) – bij aan de resulterende netto-stijging van de vraag naar arbeid. Net als bij Schoots et al. (2017) ligt ook bij Weterings et al. (2018) de focus op de korte termijn, en is het niet duidelijk in hoeverre het om een tijdelijk effect gaat of om een structurele toename van de vraag naar arbeid. Sectoren met de grootste toename van de vraag naar arbeid zijn de machinebouw en dienstensectoren zoals de architecten- en ingenieursbureaus. Sectoren met de grootste afname zijn de groothandel, de meubel- en overige industrie en diensten zoals ICT en horeca. Opvallend is de bouwsector, waarin de investeringen voor de energietransitie de vraag naar arbeid met circa 60.000 arbeidsplaatsen doen toenemen. Maar deze stijging wordt vrijwel volledig teniet

Groene groei is mogelijk, maar zal waarschijnlijk niet groter zijn dan de grijze groei op het basispad

gedaan door een daling als gevolg van verdringingseffecten – vanwege de toename van investeringen in energiebesparing in de gebouwde omgeving kunnen huishoudens en bedrijven namelijk minder besteden aan andere bouwgerelateerde activiteiten. Ook per provincie verschilt de mate waarin de vraag naar arbeid toeneemt. Noord-Brabant profiteert het meest, omdat daar veel machinebouw- en bouwbedrijven zijn gevestigd. Utrecht profiteert het minst, omdat de sectoren daar beperkt verbonden zijn met de energietransitie. Aangezien de nieuwe banen die ontstaan door de energietransitie soms andere kennis, vaardigheden en kwalificaties vereisen dan de verdwijnende banen, en werkzoekenden niet altijd bereid zijn voor een nieuwe baan te verhuizen, leidt de energietransitie ook tot (regionale) spanningen op de arbeidsmarkt. Om de energietransitie zo soepel mogelijk te laten verlopen zijn er aanpassingen op de arbeidsmarkt nodig, bijvoorbeeld wat betreft onderwijs- en (om)scholingsbehoefte.

Economische groei of werkgelegenheid zijn geen doelen op zich; het gaat om maximale welvaart in brede zin

Een uitzondering op de partiële en de kortetermijnbenadering vormen Brink en Smeets (2017) die de gevolgen voor Nederland van het EU-klimaat- en -energiebeleid bestuderen met behulp van een algemeen-evenwichtsmodel, waarmee wel een volledige macro-economische analyse mogelijk is. Zij komen tot de conclusie dat als gevolg van het EU-klimaat- en -energiebeleid de totale Nederlandse economische activiteit structureel met circa 0,7 procent afneemt en er, op een totaal van acht miljoen voltijdsbanen, circa 25.000 banen verschuiven van onder andere de energie-intensieve industrie en de transportsector naar de dienstensector. In deze studie is het netto-effect op de werkgelegenheid nihil, maar dat komt door de aanname van een constant arbeidsaanbod. Deze laatste aanname wordt onderbouwd met empirisch onderzoek waaruit blijkt dat het arbeidsaanbod in Nederland niet sterk reageert op de hoogte van de lonen. Verder moet er opgemerkt worden dat de modelberekeningen van Brink en Smeets geen rekening houden met de dynamiek van technologische ontwikkeling. Onder andere Kemfert en Truong (2007) en Gerlagh (2008) laten zien dat in modellen die wel met deze dynamiek rekening houden, de negatieve klimaatbeleidseffecten op het bbp aanzienlijk kleiner zijn.

In een theoretische en empirische literatuurstudie analyseert het CPB de langetermijnwerkgelegenheidseffecten van fiscale vergroening (CPB, 2018). Bij een budgettair neutrale fiscale vergroening verandert de totale belastingdruk niet, maar is er sprake van een belastingdrukverschuiving van arbeid naar milieubelastende activiteiten. De milieubelasting zal grotendeels drukken op het besteedbaar inkomen van Nederlandse burgers. Daarmee is de milieubelasting verstorend, net als de belasting op arbeid, en beïnvloedt ze de werkgelegenheid. Het CPB concludeert dat er per saldo geen langetermijnwerkgelegenheidseffecten zijn als de fiscale vergroening tevens verdelingsneutraal is. Als de opbrengst van de milieubelasting echter gebruikt wordt voor, bijvoorbeeld, een verlaging van de premies werknemersverzekering, dan verschuift de belastingdruk van werkenden naar niet-werkenden. Dit kan positieve werkgelegenheidseffecten hebben, maar heeft wel gevolgen voor de inkomensverdeling. Ook het rapport van de OESO (2018), dat met een algemeen-evenwichtsmodel de effecten van een koolstofbelasting bestudeert, vindt, bij een vergelijking van verschillende manieren om de opbrengsten van de koolstofbelasting terug te sluizen, een afweging tussen werkgelegenheids- en inkomenseffecten. Het terugsluizen van de opbrengsten via een loonbelastingverlaging heeft positieve werkgelegenheidseffecten, maar vergroot de inkomensverschillen. Een *lump-sum*-terugsluizing verkleint de inkomensverschillen, maar heeft negatieve werkgelegenheidseffecten. De effecten van de centrale variant, met een terugsluizing via de inkomstenbelasting, zitten hier tussenin (OESO, 2018).

Tot slot komt de OESO in een internationale literatuurstudie tot de conclusie dat er geleidelijk empirisch bewijs aan het ontstaan is, dat een goed geïmplementeerd groen beleid

de milieukwaliteit kan verbeteren en economische groei en werkgelegenheid kan behouden (OESO, 2017). Op basis van de huidige leidende macro-economische modellen wordt geconcludeerd dat bij een goed geïmplementeerd groen beleid de banencreatie en banendestructie ongeveer aan elkaar gelijk zijn, en het effect op de netto-werkgelegenheid dus verwaarloosbaar is. Wel signaleert de studie dat, voor een soepele transitie naar een groene economie, het voeren van een actief arbeidsmarktbeleid van groot belang is. Overigens constateert de OESO dat er meer onderzoek nodig is om een gedegen empirische onderbouwing te geven van de werkgelegenheidseffecten van ambitieus groen beleid.

CONCLUSIE

Alles bij elkaar genomen, kan er geconcludeerd worden dat een ambitieus groen beleid tot allerlei nieuwe groene economische activiteiten zal leiden. Daartegenover staat dat er hierbij ook oude 'grijze' activiteiten en bijbehorende banen verloren gaan. Per saldo hoeft de werkgelegenheid er niet onder te lijden en zal het natuurlijk kapitaal ervan profiteren. En dat laatste is in eerste instantie het doel van het groene beleid. In termen van brede welvaart zal er dus sprake zijn van winst. En als er, naast het groene-beleidsinstrument, een additioneel instrumentarium wordt ingezet om bestaande economische inefficiënties te verkleinen, kan er mogelijk een dubbel dividend gerealiseerd worden – bijvoorbeeld door milieuheffingsopbrengsten te gebruiken voor het verkleinen van verstorende belastingen op arbeid. Dit zal echter wel ten koste gaan van inkomens niet afkomstig uit arbeid. De aloude Tinbergen-regel dat er per beleidsdoelstelling één beleidsinstrument nodig is, is nog altijd actueel.

Het langetermijnperspectief voor groene groei stemt dus optimistisch. In de transitie naar de duurzame, groene economie zullen er echter wel de nodige aanpassingen moeten plaatsvinden. In de krimpende sectoren zal er sprake zijn van banenverlies en in de groeiende, groene sectoren zullen nieuwe banen ontstaan die andere kennis, vaardigheden en kwalificaties vragen. Op de korte termijn zullen door mismatches wellicht tekorten op de arbeidsmarkt ontstaan. Werknemers zullen zich moeten omscholen. De verschuiving van grijze naar groene banen zal gepaard gaan met aanpassingskosten. En er zullen herverdelingseffecten optreden – met winnaars en verliezers. De grootste uitdaging en rol voor de overheid is weggelegd in het begeleiden van de transitie met het oog op het minimaliseren van de aanpassingskosten en het eventueel mitigeren van de herverdelingseffecten.

BELEIDSLESSEN

Op 10 juli 2018 werd het 'Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord' gepresenteerd. Doel van het Klimaatakkoord is om in 2030 een reductie van broeikasgas-emissie met 49 procent ten opzichte van 1990 te realiseren. De toon van het kabinet in reactie op het voorstel is verschoven van optimisme over kansen die het klimaatbeleid kan bieden naar een zorgelijke. De minister van Economische Zaken en Klimaat heeft, in een brief aan de Tweede Kamer, de nodige vragen bij het voorstel. "Blijft het voor huishoudens wel betaalbaar? Blijven onze bedrijven wel concurrerend als Nederland de transitie versnelt? Wat betekent dit voor ons vestigingsklimaat en de werkgelegenheid?" (MinEZK, 2018)

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat goed vormgegeven klimaatbeleid kan samengaan met economische groei op de lange termijn en behoud van werkgelegenheid. Tevens is gebleken dat het, op basis van de wetenschappelijke literatuur, niet gerechtvaardigd is om al te hoge verwachtingen te hebben van het optreden van win-win-situaties. Elk beleidsdoel heeft nog altijd zijn eigen beleidsinstrument nodig. Het doel van het klimaatbeleid is 49 procent reductie van de broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990. Dat doel is op zich al welvaartsverhogend. Bovendien is er geen keuze – niets doen is niet houdbaar en dus geen optie.

De belangrijkste rollen en uitdagingen voor de overheid liggen in het begeleiden van de transitie naar een structureel groene economie, in het zo soepel mogelijk laten verlopen van deze transitie, alsmede in het minimaliseren van de aanpassingskosten ervan. Dit betekent onder andere, naast het bekende milieubeleidsinstrumentarium gericht op het internaliseren van externaliteiten, het stimuleren van de ontwikkeling van groene productietechnologieën, het verminderen van onzekerheid rond groene-investeringsbeslissingen, het

voeren van flankerend arbeidsmarktbeleid en flankerend onderwijs- en (om)scholingsbeleid. En wanneer men de gevolgen voor de inkomensverdeling – bijvoorbeeld veroorzaakt door een lastenverschuiving van arbeid naar milieubelastende activiteiten – accepteert, kan het beleid ook nog als banenmotor fungeren. Ook hier is nog altijd een klassieke economische wetmatigheid van toepassing, namelijk de afweging tussen *equity* en *efficiency*.

In het kort

- Voldoende groene technologische ontwikkeling is cruciaal om groene groei te realiseren.
- Goed vormgegeven klimaatbeleid kan samengaan met economische groei op de lange termijn en behoud van werkgelegenheid.
- De belangrijkste uitdaging ligt in de begeleiding van de benodigde aanpassingen in relatie tot de arbeidsmarkt in de transitiefase.

LITERATUUR

Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn en D. Hemous (2012) The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166.

Ambec, S., M.A. Cohen, S. Elgie en P. Lanoie (2013) The Porter hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2–22.

Bastein, T., E. Roelofs, E. Rietveld en A. Hoogendoorn (2013) *Kansen voor de circulaire economie in Nederland*. TNO-rapport, R10864.

Bovenberg, A.L. en L.H. Goulder (2001) *Environmental taxation and regulation*. NBER Working Paper, 8458.

Brink, C. en W. Smeets (2017) *Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies*. PBL Beleidsstudie, 1950.

CPB en PBL (2018) *De werkgelegenheidseffecten van fiscale vergroening*. Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau.

Gerlagh, R. (2008) A climate-change policy induced shift from innovations in carbon-energy production to carbon-energy savings. *Energy Economics*, 30(2), 425–448.

Hofkes, M.W. en H. Verbruggen (2016) Perspectief op groene groei. *ESB*, 101(4739), 500–501.

Kemfert, C. en T. Truong (2007) Impact assessment of emissions stabilization scenarios with and without induced technological change. *Energy Policy*, 35(11), 5337–5345.

Klimaatberaad (2018) *Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord*. Sociaal-Economische Raad.

MinEZ (2013) *Groene groei: voor een sterke, duurzame economie*. Kamerbrief, 28 maart.

MinEZK (2018) *Aanbieding voorstel voor hoofdlijnen van een Klimaatakkoord*. Kamerbrief, 10 juli.

OESO (2010) *Taxation, innovation and the environment*. Parijs: OECD Publishing.

OESO (2011) *Towards green growth*. Parijs: OECD Publishing.

OESO (2017) *Employment implications of green growth: linking jobs, growth and green policies*. Parijs: OECD Publishing.

OESO (2018) *Impacts of green growth policies on labour markets and wage income distribution: a general equilibrium application to climate and energy policies*. Parijs: OECD Publishing.

Porter, M.E. en C. van der Linde (1995) Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.

Rijksoverheid (2017) *Vertrouwen in de toekomst: regeerakkoord 2017–2021*. Te vinden op www.kabinetsformatie2017.nl.

Rijksoverheid (2018) *Overheid steunt groene groei economie*. Te vinden op www.rijksoverheid.nl.

Schoots, K., M. Hekkenberg en P. Hammingh (2017) *Nationale Energieverkenning 2017*. ECN-O--17-018. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.

SER (2013) *Energieakkoord voor duurzame groei*. SER Rapport, september.

Vrontisi, Z., J. Abrell, F. Neuwahl et al. (2016) Economic impacts of EU clean air policies assessed in a CGE framework. *Environmental Science & Policy*, 55(1), 54–64.

Weterings, A., O. Ivanova, D. Diodato et al. (2018) *Effecten van de energietransitie op de regionale arbeidsmarkt: een quickscan*. PBL-publicatienummer 3006.

De energietransitie: beleidscontext en randvoorwaarden voor succes

Voor het slagen van energietransitie zijn er diverse randvoorwaarden waaraan moet worden voldaan. We gaan hier in op de vereiste aanpassingen van de arbeids- en scholingsmarkt, op de ontwikkeling en adoptie van nieuwe technologie, en op de beschikbaarheid van financiering voor het bedrijfsleven om tot sluitende businesscases te kunnen komen.

HENRI DE GROOT
Hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam

TON VAN DER WIJST
Plaatsvervangend directeur Economische Zaken bij de Sociaal-Economische Raad

Met het ondertekenen van het Klimaatakkoord van Parijs heeft Nederland zich verbonden aan een ambitieuze reductie van zijn CO_2-uitstoot: ten opzichte van 1990 ten minste 49 procent in 2030, met een verdergaande reductie naar 95 procent in 2050. Om de gestelde doelen te kunnen behalen, moet Nederland naar een aanzienlijke versnelling van de energietransitie streven. De politieke erkenning hiervan heeft onlangs geresulteerd in een Klimaatwet en in intensieve onderhandelingen om te komen tot een integraal en maatschappelijk breed gedragen Klimaatakkoord. De beleidsplannen van dit akkoord moeten eind 2018 gereed zijn, en richten zich op vijf sectoren: industrie, mobiliteit, gebouwde omgeving, elektriciteit, en landbouw en landbouwgebruik.

Nederland staat hiermee voor een majeure opgave die alle inwoners zal treffen. Volgens de *Nationale Energieverkenning 2017* (NEV 2017) (Schoots et al., 2017) zal de volledige uitvoering van het Energieakkoord in 2023 resulteren in een verdrievoudiging van het aandeel hernieuwbare energie: 17 procent in 2023, ten opzichte van 6,6 procent in 2017. De opstellers van de NEV 2017 achten een groeisprong naar zeventien procent in 2023 haalbaar als de beoogde windparken op zee, zoals voorzien in de huidige plannen, de komende jaren daadwerkelijk gereedkomen. Vooruitgang in de realisatie van de doelstellingen van het Energieakkoord wordt gemonitord aan de hand van de jaarlijkse *Nationale Energieverkenning*. Indien nodig vinden daarna heronderhandelingen over aanvullende maatregelen tussen de meest betrokken ondertekenende partijen plaats. PBL-analyses liggen hieraan ten grondslag. Deze jaarlijkse bijsturing is erop gericht om de doelen van het Energieakkoord 'binnen bereik te houden' (Borgingscommissie Energieakkoord, 2018).

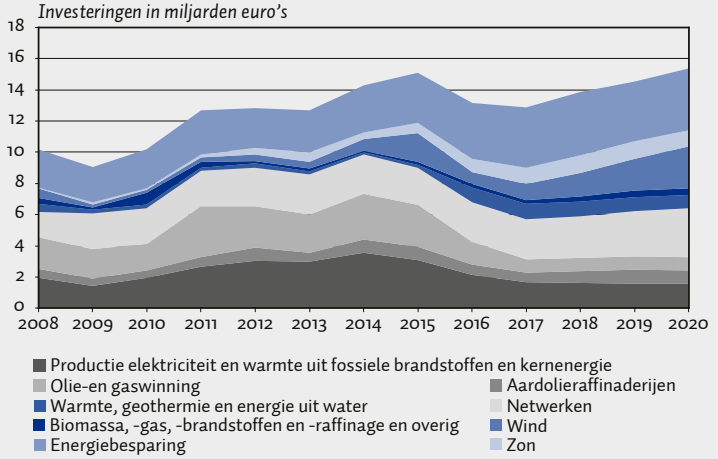
Effecten van een verdere versnelling zullen zichtbaar worden in de woonomgeving, op het werk en in ons mobiliteitsgedrag. Nieuwe (energie-)technologieën, energiebesparingen en een duurzamer gedrag zullen moeten leiden tot een andere samenstelling van de energieproductie, minder energieverbruik en een veranderende vraag naar goederen en diensten.

Om de beoogde transitie tot stand te brengen, moet er aan diverse randvoorwaarden worden voldaan. Ten eerste zijn er aanpassingen nodig op de arbeids- en scholingsmarkt om de benodigde vaklieden tijdig en in voldoende mate beschikbaar te hebben voor de verduurzaming van het energiesysteem. Tegelijkertijd is er de maatschappelijke opgave om de krimpende werkgelegenheid in fossiel-georiënteerde sectoren goed op te vangen. Ten tweede zal de energietransitie alleen slagen als er voldoende wordt geïnvesteerd in nieuwe energietechnologieën, en als innovaties ook daadwerkelijk worden toegepast in productieprocessen. En ten derde moet er voldoende financiering beschikbaar zijn om de transitie te bekostigen.

Deze bijdrage gaat in op deze drie randvoorwaarden. Daarbij baseren we ons ten dele op diverse SER-trajecten van het afgelopen jaar, namelijk de verkenning *Financiële instrumenten voor een circulaire economie* (SER, 2018b) en het advies *Energietransitie en werkgelegenheid* (SER, 2018a).

Investeringen in energie, uitgesplitst naar activiteiten

FIGUUR 1



Bron: Schoots et al. (2017)

Noodgedwongen beperken we ons tot de hoofdlijnen. Hierbij beogen we een bijdrage te leveren aan het begrip van de omvang van de transitieopgave en de implicaties hiervan voor de arbeidsmarkt, het innovatiebeleid en de financieringsvraagstukken.

DE TRANSITIEOPGAVE

De energietransitie zal jaarlijks miljardeninvesteringen gaan vergen. Reeds nu investeren bedrijven, burgers en overheden jaarlijks zo'n dertien tot vijftien miljard euro in het energiesysteem (figuur 1). De grootste investeringen worden gedaan in energiebesparing en in de aanpassing van gas- en elektriciteitsnetwerken. De groei van investeringen (in euro's) in energiebesparing en de hernieuwbare energieproductie zijn mede door kostendalingen achtergebleven bij de volumegroei (Schoots et al., 2017). Kostendalingen dragen bij aan de verwachting dat de subsidies voor toepassing van wind- en zonne-energie de komende jaren in Nederland kunnen worden afgebouwd.

Om de ambities van het komende Klimaatakkoord waar te kunnen maken, zal het bedrag van de jaarlijkse investeringen na 2020 verder moeten groeien. In eerste instantie zal vooral de aanleg van grootschalige windparken op zee in het investeringsvolume doorwerken. Daarnaast zal energiebesparing in de gebouwde omgeving extra investeringen vergen. Maar ook in de industrie, landbouw en mobiliteitssector zijn er forse en langjarige investeringen nodig om de klimaatdoelen te realiseren. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is de timing van de investeringen. Enerzijds ligt het voor de hand om, gegeven de lage rente, juist nu zinvolle aanwendingen te vinden voor het naar rendement zoekende financiële kapitaal. Anderzijds ligt het in de huidige periode van hoogconjunctuur en krappe arbeidsmarkt voor de hand om de snelheid te vertragen, wat uiteraard niet tot gevolg mag hebben dat het *commitment* in de verdere toekomst, wanneer het economisch tij tegenzit, ter discussie kan worden gesteld (De Groot en Tang, 2001).

Hoe dan ook is de exacte investeringsomvang op voorhand moeilijk in te schatten, en is die naar omvang en timing afhankelijk van veel factoren, waaronder de doorvertaling van het nationale ambitieniveau naar sectorspecifieke

beleidspakketten, de kostenontwikkeling van nieuwe technologieën, de toekomstige energie- en CO_2-prijs, de uitvoering van het internationale klimaatbeleid en de (mondiale) economische ontwikkeling. Minister Wiebes hanteert daarom een bandbreedte van één tot drie procent van het bbp. Zo is berekend dat 95 procent CO_2-emissiereductie in 2050 voor Nederland zou betekenen dat in 2030 burgers, bedrijven en overheden gezamenlijk circa 28 miljard euro per jaar zouden moeten investeren (Schure et al., 2017).

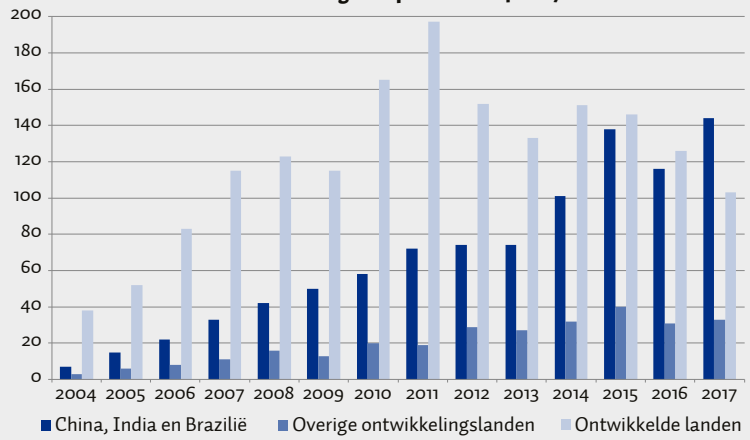
Een flink deel van deze investeringen is kapitaalintensief en zal zich in de loop van de tijd terugverdienen. De kost gaat dus voor de baat uit. Dit geldt onder meer voor energiebesparing en de opwekking van energie door wind en zon, waardoor de brandstofkosten immers afnemen. Daar staat tegenover dat veel energietechnologieën nog niet zijn uitontwikkeld, waardoor de leereffecten nog niet in massaproductie en lagere prijzen tot uitdrukking komen. In de paragraaf *Energietransitie en innovatiebeleid* hieronder komen we hier nog op terug.

Het mondiale investeringsvolume in hernieuwbare energie vertoont sinds 2004 een grillig verloop (figuur 2a). Aanvankelijk was er een forse groei in de westerse landen met 2011 als absolute top, waarna de investeringen weer terugliepen. In de opkomende economieën China, India en Brazilië groeiden in dezelfde periode de investeringen in hernieuwbare energie vrijwel jaar op jaar. In 2017 investeerden deze landen samen zelfs meer dan de rest van de wereld bij elkaar. Dit is vooral toe te schrijven aan de snelle opmars van zonne-energie. China is inmiddels de grote drijvende kracht achter de groei van hernieuwbare energie. In 2017 investeerde dit land ruim 126 miljard dollar (figuur 2b); een toename van dertig procent ten opzichte van 2016. Van belang hierbij is dat vooral de kosten van zonne-energie en offshore-windenergie de afgelopen jaren aanzienlijk zijn gedaald: voor zonne-energie gingen de gemiddelde kosten in de periode 2009–2017 met 72 procent omlaag, voor offshore-wind bedroeg in de periode 2012–2017 de kostendaling 44 procent. Inmiddels blijkt het in gunstige omstandigheden moge-

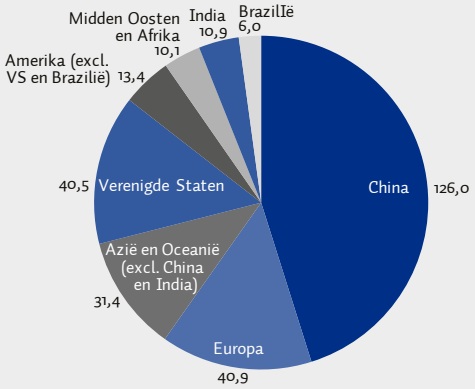
Investeringen in hernieuwbare energie naar regio (miljarden dollars)

FIGUUR 2

2a. Investeringen in periode 2004–2017



2b. Investeringen naar regio 2017

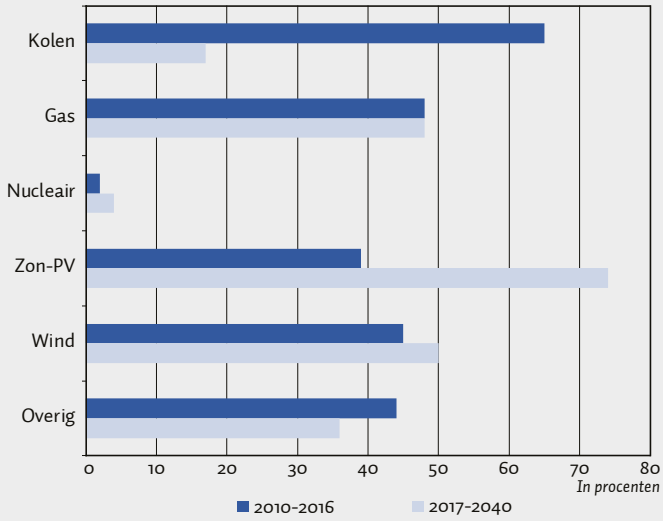


Bron: Frankfurt School-UNEP Centre (2018)

lijk om zonder overheidssubsidie grote offshore-windparken aan te besteden, zoals onlangs in Nederland en Duitsland is gebeurd (Financial Times, 2017). Ondanks deze hoopvolle ontwikkelingen werd er in 2017 toch nog maar 12,1 procent van de mondiale energieproductie via hernieuwbare bronnen opgewekt (Frankfurt School-UNEP Centre, 2018).

Nu vrijwel alle landen van de wereld het Klimaatakkoord van Parijs hebben geratificeerd, is de verwachting dat de mondiale markten van goederen en diensten die de energietransitie bevorderen een extra impuls krijgen. Het Internationaal Energieagentschap (IEA) meldt dat er in 2016 wereldwijd voor de eerste maal meer in de elektriciteitssector werd geïnvesteerd dan in de olie- en gassector (IEA, 2017). Het IEA verwacht dat de verschuiving naar meer productiecapaciteit van hernieuwbare energie zich de komende decennia in versterkte mate zal voortzetten (figuur 3).

Wereldwijde jaarlijkse gemiddelde groei van de energieproductiecapaciteit naar type, 2010–2040 **FIGUUR 3**



Bron: World Energy Outlook 2017, IEA (2017)

ENERGIETRANSITIE EN DE ARBEIDSMARKT

De hiervoor geschetste ontwikkelingen bieden veel kansen voor nieuwe werkgelegenheid (zie ook de bijdrage van Marjan Hofkes aan deze preadviezen). Tegelijkertijd gaan er banen verloren in de fossiel-georiënteerde industrieën, zoals de kolenketen en de olie- en gassector (SER, 2018a). Vooral investeringen in de bouw- en installatiesector zijn arbeidsintensief. Zo is er een grote vraag naar monteurs en technici in de installatiesector, waar zo'n 150.000 vakmensen werken. Installateurskoepel UNETO-VNI geeft aan nu al moeite te hebben met het vervullen van vacatures, onder meer voor de toepassing van nieuwe energietechnologieën (zonnepanelen, warmtepompen, en dergelijke) en van energiebesparing. De komende periode wordt er een tekort van 15.000 mensen verwacht over de volle breedte van de sector: op vmbo- en mbo-niveau, maar ook onder hbo'ers en wo'ers. Ook netbeheerders kampen met tekorten waardoor projecten vertraagd worden, omdat de aansluitingen niet op tijd kunnen worden gerealiseerd en er risico's ontstaan op uitval van netten (Energeia, 2017; de Volkskrant, 2018). Potentiële arbeidstekorten vormen dus een risico voor de beoogde versnelling naar zeventien procent hernieuwbare energie in 2023.

Voor diverse sectoren en branches is er informatie beschikbaar over de directe werkgelegenheidseffecten van investeringen op basis van concrete projecten of programma's (SER, 2018a). Een voorbeeld hiervan is de aanleg van grootschalige windparken op zee, zoals de komende jaren conform het Energieakkoord op de Noordzee zal plaatsvinden. Voor de aanleg van zo'n windpark zit de meeste werkgelegenheid in de constructiefase (tabel 1). Vooral de bouw van de funderingen voor windmolens (de zogenaamde *monopiles*), zoals bijvoorbeeld op de Tweede Maasvlakte gebeurt, gaat gepaard met extra werkgelegenheid.

De *Nationale Energieverkenning 2017* raamt de nettobanengroei in de periode 2014–2020 in totaal op 76.000 arbeidsjaren (Schoots et al., 2017). Het gaat hierbij om het aantal banen dat door de extra investeringsimpuls via het Energieakkoord ontstaat (bruto-werkgelegenheidsgroei), gecorrigeerd voor zowel banenverlies in fossiel-gerelateerde sectoren als verdringingseffecten vanwege verschuivingen

in de bestedingen van consumenten en bedrijven. De NEV 2017 hanteert hierbij evenwel naar boven en naar beneden een forse bandbreedte rond die 76.000 arbeidsjaren van veertig procent. Grote onzekerheidsmarges zijn inherent aan transitieprocessen. Zowel de daadwerkelijke voortgang van de energietransitie (worden de plannen ook echt uitgevoerd?) als het aanpassingsvermogen van de arbeidsmarkt (zijn er voldoende vakmensen om de plannen uit te voeren?) speelt bij de werkgelegenheidsontwikkeling een rol. Daarnaast is er ook een methodologische kant: de beperkte beschikbaarheid van toegesneden gegevens die in voldoende gedetailleerde mate de kwalitatieve, ruimtelijke en kwantitatieve mismatches op de arbeidsmarkt kunnen duiden, en ook van geschikte modellen om dit transitievraagstuk door te kunnen rekenen (kader 1).

Om grip te krijgen op de sectorale en regionale arbeidsmarkteffecten van de investeringen in energietransitie heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) recent de samenhangen tussen de regio's en sectoren met behulp van een input-output-model in kaart gebracht (Weterings et al., 2018). Om een inschatting te geven van de te verwachten arbeidsmarkteffecten, simuleren de onderzoekers de gevolgen van een investeringsimpuls die correspondeert met de investeringen die tot 2030 nodig zijn. De gerapporteerde effecten vormen daarmee een bovengrens van de sectorale en

Investeringen en werkgelegenheid van wind-op-zeeproject (700 megawatt), per projectfase

TABEL 1

Onderdeel	Aandeel investering (%)	Aandeel buitenland (%)	Toegevoegde waarde per arbeidsjaar (in euro's)	Werkgelegenheid Nederland (in arbeidsjaren)
Vergunning & ontwerp	4	5	86.000	450
Constructie	72	78	81.000	4.200
- windturbines	43	98	108.000	200
- monopiles	15	25	75.000	3.200
- bekabeling	14	75	100.000	800
Aanleg	24	30	100.000	1.600
Totaal	100	26	86.000	6.250
Exploitatie (per jaar)				115

Bron: Koning et al. (2016)

Nieuwe technologieën en arbeidsmarkteffecten

KADER 1

De arbeidsmarktvraagstukken die bij de energietransitie spelen, passen in een breder beeld dat in belangrijke mate samenvalt met de structurele trends, zoals globalisering, digitalisering en robotisering, die de gehele economie raken. De arbeidsmarktuitkomsten zijn onzeker doordat er meerdere onderliggende mechanismen op elkaar inwerken. Het gaat om de volgende drie effecten (Ter Weel, 2018). Ten eerste: taken van mensen worden overgenomen door nieuwe technologieën; ten tweede: nieuwe technologie leidt tot hogere productiviteit, meer werk en stijgende lonen; en ten derde: door nieuwe technologie ontstaan er nieuwe taken en beroepen. Het totaaleffect is vaak niet duidelijk; de omvang van deze afzonderlijke effecten bepaalt of de vraag naar arbeid toe- of afneemt. In algemene zin kan volgens Ter Weel wel worden gezegd dat de toepassing van nieuwe technologieën kan leiden tot een toenemende ongelijkheid tussen hoog- en laagopgeleide arbeidskrachten. Daarnaast biedt de transitie genoeg nieuwe werkgelegenheidskansen als het aanpassingsvermogen van de arbeidsmarkt voldoende is. De derde conclusie is dat de arbeidsmarktuitkomsten van de verspreiding van nieuwe technologieën in aanzienlijke mate via fiscaal- en arbeidsmarktbeleid kunnen worden beïnvloed.

regionale onevenwichtigheden die op de arbeidsmarkt zullen ontstaan. Het model voorspelt dat de vraag naar arbeid door producenten van (elektrische) machines en apparaten per saldo flink zal toenemen. Dat geldt ook voor de dienstverlenende sectoren, zoals architecten- en ingenieursbureaus en voor de overige zakelijke dienstverlening. Omdat bedrijven, overheid en consumenten minder te besteden hebben vanwege de extra investeringen in energiebesparing, zonnepanelen, warmtepompen en dergelijke, kan per saldo de vraag naar arbeid dalen in de groothandel en ICT-sector, waardoor er een deel van de arbeidsplaatsen in die sectoren verloren gaat. Binnen de bouwsector vinden er aanzienlijke verschuivingen plaats die echter nauwelijks in het totaalcijfer tot uitdrukking komen. Deze sector profiteert enerzijds van de additionele investeringen door de energietransitie (vooral energiebesparing in de gebouwde omgeving), maar anderzijds zal de toename in de potentiële vraag naar arbeid (grotendeels) teniet gedaan worden doordat huishoudens en bedrijven minder besteden aan andere bouw-gerelateerde activiteiten. De verschuiving in het opwekken van energie van conventionele naar hernieuwbare bronnen levert in het PBL-rekenmodel in potentie meer banen op dan dat er verloren gaan, vooral door de toenemende elektrificatie, bijvoorbeeld vanwege de opkomst van elektrische auto's.

Onder de genoemde beperkende aannames tonen de berekeningen verder aan dat er in alle provincies in eerste instantie onvoldoende geschikte arbeidskrachten aanwezig zijn voor het realiseren van de doelstellingen van de energietransitie. De toename in de vraag naar arbeid komt ten eerste doordat de productie verschuift naar meer arbeidsintensieve sectoren. De totale vraag stijgt weliswaar slechts in beperkte mate, maar zorgt toch voor problemen door mismatches tussen gevraagde en aangeboden vaardigheden en kwalificaties die zich deels ruimtelijk, deels kwalitatief en deels sectoraal manifesteren. Door die mismatches kan niet elke ontstane vacature worden vervuld.

De studie van het Planbureau voor de Leefomgeving geeft een uitvergroting van de mogelijke arbeidsmarkteffecten van de ambitieuze investeringspakketten om de energietransitie te versnellen. Deze studie hanteert namelijk geen geleidelijke transitie met jaarlijks allengs oplopende bedragen en voorziet geen aanpassingen op de arbeidsmarkt. Dit betekent dat bedrijven, werknemers, en arbeidsmarkt- en opleidingsinstituties zich in de doorgerekende scenario's niet kunnen aanpassen aan de veranderende vraag-aanbodverhoudingen. Dit is niet realistisch, maar door de effecten op deze wijze uit te vergroten ontstaat er wel een beeld van waar (naar sector en provincie) en in welke mate de aanpassingsprocessen nodig zijn.

ENERGIETRANSITIE EN INNOVATIEBELEID

De energietransitie slaagt alleen als nieuwe energietechnologieën verder ontwikkeld worden en de (radicale) innovaties die hieruit voortvloeien ook worden toegepast (Blok et al., 2004; Vollebergh et al., 2004). De overheid speelt hierbij een belangrijke rol. Traditioneel richt het overheidsbeleid zich op het repareren van marktfalen, vooral door generiek innovatiebeleid te voeren (Frenken en Hekkert, 2017; Popp et al., 2010). De afgelopen jaren is het inzicht ontstaan dat de overheid ook een rol heeft bij het aanpakken van systeemfalen (tabel 2). Deze benadering uit zich in de bevordering van samenwerking tussen overheden, bedrijfsleven en kennisinstellingen in (regionale) netwerkverbanden. In Nederland

Drie vormen van falen en hun kenmerken

TABEL 2

Marktfalen	Systeemfalen	Transformatiefalen
Informatie-asymmetrie	Gebrekkige fysieke en kennisinfrastructuur	Gebrek aan richtinggevende visie
Kennis-spillovers	Verouderde regelgeving en maatschappelijke normen	Gebrekkige vraagarticulatie
Externe effecten	Gefragmenteerde netwerken	Gebrekkige beleidscoördinatie
Overmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen	Gebrek aan juiste kennis en competenties	Gebrek aan reflexiviteit en leervermogen
		Gebrek aan urgentie

Bron: Frenken en Hekkert (2017)

heeft dit *triple helix*-concept geresulteerd in het Topsectorenbeleid. Deze vorm van innovatiebeleid heeft goed gewerkt om de grootschalige wind-op-zee-projecten tegen fors lagere kosten tot stand te brengen (Holwerda, 2018). Inmiddels is het duidelijk dat er diverse maatschappelijke uitdagingen zijn die een paradigmawijziging vereisen in de vorm van een transitie. De noodzaak tot radicale koerswijzingen heeft geleid tot een pleidooi om een derde vorm van falen aan te pakken, namelijk het transformatiefalen.

De innovaties die nodig zijn om transformatiefalen aan te pakken, hebben diverse vormen: nieuwe technologieën, nieuwe diensten en nieuwe verdienmodellen, maar ook institutionele vernieuwingen. Het gaat hierbij tevens om sociale innovatie: andere manieren van samenwerken binnen arbeidsorganisaties waardoor zowel de bedrijfsprestaties verbeteren als werknemers hun talenten beter kunnen ontplooien (SER, 2018a). Het oplossen van transformatiefalen vereist dus fundamentele veranderingen in gedrag en regelgeving die niet vanzelf ontstaan vanwege de padafhankelijkheden, ontbrekende markten, technologische onzekerheden en ingebedde routines bij burgers, bedrijven en overheden (Frenken en Hekkert, 2017).

Een invalshoek die hier nog aan toegevoegd moet worden, is het belang van cross-specialisatie (de *neue Kombinationen* van Joseph Schumpeter). Om een radicale vernieuwing tot stand te brengen, is het ook noodzakelijk dat de complementaire kennisbases van sterke sectoren met elkaar worden verbonden (Janssen et al., 2017). Het gaat hierbij om een interactieproces waarin schijnbaar ongerelateerde bedrijven ontdekken hoe de combinatie van hun kennis en kunde tot fundamentele vernieuwing van bijvoorbeeld hun productieprocessen kan leiden. Hierbij bestaat de rol van de overheid uit het opzetten van vernieuwingsplatforms rondom een maatschappelijk vraagstuk, het duidelijk formuleren van norm-, doel- en kaderstellingen, en uit het zelf gebruiken van haar inkoopmacht om nieuwe markten te forceren.

De verschillende typen innovatiebeleid kunnen goed naast elkaar bestaan (Borgingscommissie Energieakkoord, 2018). Afhankelijk van het type innovatievraagstuk moet worden bepaald of er volstaan kan worden met generieke maatregelen, een 'triple helix'-aanpak, of een radicalere aanpak die zich richt op fundamentele bijsturing bij het aanpakken van een maatschappelijk vraagstuk.

Bovengenoemde inzichten hebben bijgedragen aan een aanpassing van het Topsectorenbeleid, die minister Wiebes vlak voor het zomerreces van 2018 heeft aangekondigd (Tweede Kamer, 2018). Het innovatiebeleid gaat een nieuwe koers varen, namelijk een missie-gedreven aanpak waarin maatschappelijke uitdagingen en economische kansen centraal staan. Niet de technologie en de gevestigde orde van vandaag zijn het vertrekpunt, maar nadrukkelijk worden er ook vernieuwers en uitdagers bij het beleid betrokken. Door de maatschappelijke uitdagingen centraal te stellen, sluit het kabinet aan bij het Europese onderzoeks- en innovatiebeleid en de beschikbare middelen. De topsectoren blijven bestaan, maar daar waar zij aan meerdere thema's bijdragen, is het de bedoeling dat er geleidelijk een gecoördineerde inzet voor een missie-gedreven agenda tot stand komt.

De klimaat- en energieproblematiek is een van de maatschappelijke uitdagingen die het missie-gedreven innovatiebeleid aanpakt (Tweede Kamer, 2018). Het proces dat tot het Klimaatakkoord moet leiden, noemt de minister als een van de voorbeelden van de manier waarop de overheid, samen met een groot aantal stakeholders, een maatschappelijke opgave uitwerkt tot concrete doelen. Dit vormt de basis voor de benodigde kennisvragen en geeft richting aan de innovatie-inzet van het Rijk.

ENERGIETRANSITIE EN FINANCIERING

Voor de financiering van investeringen in de energietransitie is een eerste voorwaarde dat er sprake is van een sluitende businesscase. Voor het aanpakken van vele vormen van marktfalen zijn er in Nederland diverse instrumenten beschikbaar om bedrijven hierbij te helpen, zoals subsidies en belastingvoordelen. Voor bedrijven die willen verduurzamen of die een 'groen' bedrijfsmodel hebben, zijn er aanvullend specifieke instrumenten beschikbaar omdat zij een kostennadeel ondervinden door het internaliseren van de negatieve externe effecten (zie bijvoorbeeld de bijdrage van Hendrik Vrijburg, Corjan Brink en Justin Dijk aan deze preadviezen).

Als een businesscase sluitend is, is het rond krijgen van de financiering de volgende stap. Het financieren van een onderneming brengt een aantal 'generieke' risico's met zich mee, die samenhangen met de fase waarin het bedrijf verkeert. Deze risico's gelden voor elke onderneming en dus ook voor 'groene' investeringen en bedrijfsmodellen. Daarnaast hebben 'groene' bedrijfsmodellen extra financieringsobstakels, zoals een kleinere winstmarge, omdat de maatschappelijke kosten van 'grijze' productie niet in de verkoopprijzen zijn verdisconteerd, de afhankelijkheid van een (stabiel) overheidsbeleid als het bedrijfsmodel afhankelijk is van subsidies of andere vormen van overheidsondersteuning, problemen met de risico-inschatting door financiers (informatie-asymmetrie) en het ontbreken van een *track record* (Van der Vooren en Hanemaaijer, 2015).

Er is in de markt veel geld beschikbaar voor financiering van duurzaamheidsinitiatieven. Toch vinden projecten en geld elkaar nu nog vaak niet. De Nederlandsche Bank en de Nederlandse Vereniging van Banken hebben de afgelopen jaren diverse initiatieven ontplooid om financieringsknelpunten voor energietransitie-gerelateerde projecten weg te nemen. De opgave is vooral om banken, pensioenfondsen, verzekeraars, participatiemaatschappijen en Europese instellingen een grotere rol in de financiering van dit type projecten te laten spelen (Borgingscommissie Energieakkoord, 2017). Vanuit het perspectief van financieringsaanbieders spelen vijf belemmeringen een rol (Klimaatberaad, 2018; zie ook de bijdrage van Rick van der Ploeg aan deze preadviezen):

1. Er is een informatie-mismatch tussen projectinitiatiefnemers en investeerders rond financieringsconstructies en de verwachte rol van de investeerder.
2. Investeerders zijn onzeker over toekomstige technologische ontwikkelingen en beleid, hetgeen een *option value of waiting* creëert (De Groot en Van Soest, 1999).
3. Sommige van de investeringen die nodig zijn voor de energietransitie zijn nog niet of niet voldoende winstgevend en/of hebben een hoger verondersteld risico dan acceptabel is.
4. Het risico en rendement in de pre-competitieve fase sluit voor sommige projecten de gebruikelijke financiering uit.
5. Veel projecten hebben onvoldoende schaal om financierbaar te zijn. Bij projectinitiatieven is het vaak niet duidelijk wanneer hun projecten financierbaar zijn en wanneer niet, en welke partijen ze daarvoor kunnen benaderen.

Er is inmiddels een financieringswijzer opgesteld ter ondersteuning van het zoeken naar het juiste type financier bij een project. Deze wijzer bevat concrete indicaties van mogelijke looptijden, bedragen, rentemarges en rendementseisen voor mainstream-projecten (bewezen technologie, grootschalige uitrol) en non-mainstream-projecten (nieuwe technologie, kleine projecten, nieuwe markt). Tegelijkertijd is voldoende schaal een noodzakelijke voorwaarde voor marktpartijen om te financieren. Banken, verzekeraars, pensioenfondsen en vermogensbeheerders kunnen alleen financieren wanneer het risicorendementsprofiel marktconform is. Voor zover de initiatiefnemers zelf de bundeling niet tot stand kunnen brengen, ligt hier mogelijk een rol voor de overheid.

Voor de financiële sector ligt er een belangrijke taak om te komen tot een verdere ontwikkeling van sector-overschrijdende vormen van financiering. Door een betere onderlinge afstemming van de financieringsvormen die banken, verzekeraars, pensioenfondsen en vermogensbeheerders kunnen leveren, kan het aanbod beter aansluiten op de financieringsbehoeften van initiatiefnemers in de energietransitie. Daarnaast doen financiële instellingen er goed aan de klimaatimpact van alle investeringen en beleggingen te meten, extern te rapporteren en te gebruiken bij de bepaling van hun beleggings- en investeringsbeleid, ter voorkoming van *stranded assets* – investeringen die door veranderende omstandigheden niet meer renderen.

Ten slotte is het gewenst om de mogelijkheden te vergroten door verschillende financieringsinstrumenten (leningen, garanties en/of *equity*) met subsidie-instrumenten te combineren als een manier om de financierbaarheid van risicovolle proposities te vergroten.

CONCLUSIES

Het slagen van de energietransitie is sterk afhankelijk van externe factoren, nationaal en internationaal. Te denken valt

aan het verloop van energieprijzen, de prijs van CO_2, en aan de toekomstige subsidieverlening. Om de ambitieuze doelstellingen te kunnen bereiken tegen zo laag mogelijke kosten ligt het voor de hand dat men de aan het milieu toegebrachte schade in de prijzen tot uiting laat komen. De nationale overheid zal zichtbaar de regie moeten nemen om een duurzame, consistente aanpak te verankeren; deze is cruciaal voor het regelen van *commitment* op lange termijn.

Toegespitst op de voorgaande analyses, komen we tot drie conclusies:

1. *Energietransitie en de arbeidsmarkt:* De beoogde versnelling van de energietransitie via het af te sluiten Klimaatakkoord kan alleen maar slagen als er gelijktijdig wordt ingespeeld op de benodigde aanpassingen op de arbeidsmarkt. De SER heeft hiervoor onlangs zeven handvatten geformuleerd (SER, 2018a). Deze hebben onder meer betrekking op de integrale *Human Capital Agendas,* met zowel sterke verbindingen met onderwijs- en kennisinstellingen als aandacht voor mensen met een zwakke arbeidsmarktpositie, omdat zij bijvoorbeeld vanwege de energietransitie hun baan verliezen. Verder is het belangrijk dat de regionaal-economische agenda's nadrukkelijker inspelen op de kansen en werkgelegenheidseffecten van de energietransitie. Een ander aandachtspunt is dat ook in nieuwe sectoren de arbeidsomstandigheden (veiligheid, gezondheid) en de arbeidsvoorwaarden op orde zijn. Het is dan ook logisch dat er bij de onderhandelingen voor het Klimaatakkoord een Taakgroep Arbeidsmarkt en Scholing in het leven is geroepen die op het SER-advies kan voortbouwen. Gelet op de hoogconjunctuur waarin de Nederlandse economie zich anno 2018 bevindt en het ongekende grote aantal openstaande vacatures, valt er veel voor te zeggen om de uitvoeringsplannen waar mogelijk af te stemmen op de conjunctuurcyclus om zo de procyclische impuls van het klimaatbeleid te beperken.
2. *Energietransitie en innovatiebeleid:* Het valt toe te juichen dat het Topsectorenbeleid zich sterker gaat toeleggen op de aanpak van maatschappelijke vraagstukken. Meer ruimte voor nieuwkomers en sector-overschrijdende samenwerking zijn belangrijke elementen in deze kanteling van het beleid. In hoeverre het missie-gedreven innovatiebeleid ook daadwerkelijk van de grond komt, moet echter nog blijken. Het Klimaatakkoord biedt mogelijkheden om aan de aangekondigde beleidsvernieuwing invulling te geven.
3. *Energietransitie en financiering:* De financiering van projecten en bedrijfsmodellen die inspelen op de energietransitie blijft moeizaam zolang de externe kosten onvoldoende in de energieprijzen verdisconteerd zijn. Zowel een stapsgewijze fiscale vergroening, die zich richt op het wegnemen van perverse prikkels in het belastingsysteem, als een effectieve beprijzing van de CO_2 is daarom onmisbaar voor de kostenbeheersing en financierbaarheid van de energietransitie. Het valt toe te juichen dat de financiële sector een groeiend aantal initiatieven ontplooit om de financieringsbehoefte van energie-transitieprojecten en het aanbod van financiële marktpartijen beter op elkaar af te stemmen.

In het kort

- Vanwege mismatches is er een gericht arbeidsmarkt- en scholingsbeleid nodig om de energietransitie te laten slagen.
- Een missiegedreven innovatiebeleid is nodig om padafhankelijkheden in de energietransitie te doorbreken.
- Marktfinanciering van risicovolle energie-initiatieven vraagt om nieuwe, innovatieve financieringsmodellen.

LITERATUUR

Blok, K., H.L.F. de Groot, E.E.M. Luiten en M.G. Rietbergen (2004) *The effectiveness of policy instruments for energy-efficiency improvements in firms*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Borgingscommissie Energieakkoord (2017) *Energieakkoord voor duurzame groei: Voortgangsrapportage 2017*. Te vinden op www.energieakkoordser.nl.

Borgingscommissie Energieakkoord (2018) *Missiegedreven innovatiebeleid voor energie- en klimaatambities*. Werkdocument te vinden op www.energieakkoordser.nl.

de Volkskrant (2018) De energietransitie komt handen tekort. *de Volkskrant*, 3 augustus.

Energeia (2017) *Gebrek aan handjes zorgt voor vertraging bij netbeheerders*. Artikel op energeia.nl, 6 november.

Financial Times (2017) Winds of change blow through renewable energy markets. *Financial Times*, 31 december.

Frankfurt School-UNEP Centre (2018) *Global trends in renewable energy investment 2018*. Te vinden op europa.eu.

Frenken, K. en M. Hekkert (2017) *Innovatiebeleid in tijden van maatschappelijke uitdagingen*. Artikel op www.mejudice.nl, 11 april.

Groot, H.L.F. de, en D.P. van Soest (1999) Investeren onder onzekerheid. *ESB*, 84(4196), 230–232.

Groot, H.L.F. de, en P.J.G. Tang (2001) Klimaatbeleid: nu of later? *ESB*, 86(4328), D12–D13.

Holwerda, G. (2018) De zes succesfactoren van wind-op-zee. *SERmagazine*, 7/8, 17–19.

IEA (2017) *World Energy Outlook*. Parijs: International Energy Agency.

Janssen, M., T. Roelandt en H. van der Wiel (2017) *Nieuwe industriepolitiek draait vooral om nieuwe combinaties van kennis*. Artikel op www.mejudice.nl, 29 september.

Klimaatberaad (2018) *Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord*. Sociaal-Economische Raad.

Koning, M., N. Smit en T. van Dril (2016) *Energieakkoord: effecten van de energietransitie op de inzet en kwaliteit van arbeid*. Amsterdam: Economisch Instituut voor de Bouw. Te vinden op www.energieakkoordser.nl.

Popp, D., R.G. Newell en A.B. Jaffe (2010) Energy, the environment and technological change. In: B. Hall en N. Rosenberg (red.), *Handbook of the economics of innovation*, deel 2. Amsterdam: Elsevier, hoofdstuk 21.

Schoots, K., M. Hekkenberg en P. Hammingh (2017) *Nationale Energieverkenning 2017*. ECN-O--17-018. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.

Schure, K.M., F.H. de Haan, P.A. Boot et al. (2017) *Investeringen energietransitie en financierbaarheid*. PBL-publicatienummer 2900.

SER (2018a) *Energietransitie en werkgelegenheid*. Sociaal-Economische Raad Advies, 18/03.

SER (2018b) *Financiële instrumenten voor een circulaire economie*. SER Verkenning, 18/04.

Tweede Kamer (2018) *Naar missiegedreven innovatiebeleid met impact. Brief van minister Wiebes aan de Tweede Kamer*. Kamerbrief, 13 juli.

Vergeer, R., M. Blom en S. de Bruyn (2018) De kosteneffectiviteit van financiële regelingen in het energie- en klimaatbeleid. *ESB*, 103(4764), 368–371.

Vollebergh, H.R.J., W.J.H, van Groenendaal, M.W. Hofkes en R. Kemp (red.) (2004) *Milieubeleid en technologische ontwikkeling in de Nederlandse economie*. Den Haag: Sdu.

Vooren, A. van der, en A. Hanemaaijer (2015) *De vallei des doods voor eco-innovatie in Nederland*. PBL-notitie, 1641.

Weel, B. ter (2018) Nieuwe technologie transformeert de vraag naar arbeid. *ESB*, 103(4762), 282–284.

Weterings, A., O. Ivanova, D. Diodato et al. (2018) *Effecten van de energietransitie op de regionale arbeidsmarkt: een quick scan*. PBL-publicatienummer 3006.

Instrumentkeuze voor efficiënt en effectief klimaatbeleid

In lijn met het klimaatakkoord van Parijs heeft de Nederlandse overheid gekozen voor een ambitieuze emissiereductiedoelstelling. De huidige beleidsinstrumentenmix lijkt nog niet toereikend om deze doelstelling te halen, omdat CO_2-emissies nog niet uniform worden beprijsd en het onduidelijk is of subsidies voldoende gericht zijn op het verlagen van de emissiebestrijdingskosten. Hoe kan de emissiereductiedoelstelling voor 2030 tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten behaald worden?

HENDRIK VRIJBURG
Onderzoeker bij het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en universitair docent aan de Universiteit Leiden

CORJAN BRINK
Onderzoeker bij het PBL

JUSTIN DIJK
Onderzoeker bij het PBL en universitair docent aan de Vrije Universiteit Amsterdam

Als uitvloeisel van de klimaatafspraken van Parijs in 2015, heeft het kabinet-Rutte III zich voorgenomen om in 2030 een uitstootreductie van broeikasgassen te bewerkstelligen van 49 procent ten opzichte van 1990. De Nederlandse emissiereductiedoelstelling voor 2030 is ambitieuzer dan de doelstelling van de EU als geheel. De EU zet namelijk in op een emissiereductie van 40 procent ten opzichte van 1990.

In het nationale Klimaatakkoord zullen er afspraken worden vastgelegd over hoe Nederland de nationale emissiereductiedoelstelling voor 2030 gaat behalen (SER, 2018). Daarbij is de inzet van het kabinet om te sturen op maximale kostenefficiëntie (MinEZK, 2018). Dit hoofdstuk verkent daarom welke mix van beleidsinstrumenten hiervoor nodig is. We interpreteren 'kosteneffectief' hierbij als een emissiereductie tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten, en houden ook het transitiepad naar het langetermijndoel – 95 procent vermindering in 2050 – voor ogen (Koelemeijer et al., 2018). We nemen hierbij het huidige EU-beleid als gegeven. We besteden geen aandacht aan de beperkingen die het politieke proces oplegt aan de beschikbare beleidsopties, maar richten ons puur op het samenstellen van de beleidsmix die leidt tot de laagst mogelijk maatschappelijke kosten.

De klimaatdoelstelling van Parijs komt voort uit de maatschappelijke wens om klimaatschade, de externe schade door broeikasgasemissies, terug te dringen. Klimaatschade is afhankelijk van de totale wereldwijde uitstoot over de tijd, onafhankelijk van de locatie van de emissie (Van Vuuren et al., 2016). Internationale coördinatie en het voorkómen van *free-riding* zijn hierdoor cruciaal. Een wereldwijde uniforme prijs op de uitstoot van broeikasgasemissies wordt meestal gezien als het beste beleidsinstrument om de emissiereductiedoelstelling tegen de laagst mogelijk maatschappelijke kosten te behalen (D'Autume et al., 2016), maar doorgaans als onder-

deel van een beleidsmix met meerdere beleidsinstrumenten die nodig is om bijvoorbeeld de technologische ontwikkelingen in de juiste richting te sturen (Lehmann, 2012). Voordat we de keuze van beleidsinstrumenten bespreken, zullen we eerst kort het profiel van de broeikasgasemissies in Nederland schetsen (zie de volgende paragraaf) en de huidige beleidsinstrumentenmix presenteren (paragraaf *Huidige beleidsmix*). Hoewel het klimaatbeleid ook de inkomensverdeling kan beïnvloeden (CPB, 2018; Cronin et al., 2017), zullen we in dit hoofdstuk hieraan geen aandacht besteden. We veronderstellen dat het tot op zekere hoogte zinvol is om Nederlands beleid te formuleren, mede omdat ook de ons omringende landen vergelijkbare emissiereductiedoelstellingen nastreven. Binnenlands klimaatbeleid kan worden uitgehold als dit leidt tot het verplaatsen van emissies naar het buitenland – omdat CO_2-intensieve bedrijven verhuizen naar het buitenland, of omdat het klimaatbeleid de concurrentiepositie van binnenlandse bedrijven aantast, waardoor de exporten afnemen en de importen toenemen. Omdat de ons omringende landen een vergelijkbaar doel hebben, zal het Nederlandse beleid slechts in beperkte mate leiden tot dergelijke weglekeffecten (*carbon leakage*; Van der Ploeg en Withagen, 2015; en ook de bijdrage van Poelhekke in deze preadviezen). We gaan wat dat betreft voorbij aan een mogelijke groene paradox, waarbij op de wereldmarkt van fossiele brandstoffen de Nederlandse beleidsinitiatieven ongedaan kunnen worden gemaakt (Sinn, 2015; en ook de bijdrage van Withagen en Van der Meijden aan deze preadviezen).

EMISSIEPROFIEL NEDERLANDSE ECONOMIE EN DE OMVANG VAN KLIMAATSCHADE

Een kort overzicht van het profiel van broeikasgasemissies in Nederland geeft aan in welke sectoren het grootste potentieel voor emissiereductie te vinden is. Tabel 1 laat zien dat Nederland in 2015 195,1 megaton aan broeikasgassen uitstootte. Dit is een vermindering van circa twaalf procent ten opzichte van de uitstoot in 1990. Zowel de industrie als de opwekking van elektriciteit draagt voor ruim een kwart bij aan de broeikasgasemissies in Nederland. Beide sectoren vallen ook onder het EU ETS. Verder is achttien procent van de emissies gerelateerd aan verkeer en vervoer, twaalf procent aan de gebouwde omgeving (vooral bedrijven in de dienstensector en huishoudens), en veertien procent aan landbouw.

Het profiel van broeikasgasemissies in Nederland geeft op zichzelf nog geen inzicht in de vraag waar de klimaatschade kosteneffectief teruggedrongen kan worden. Er is ook inzicht in de kosten van emissiereductie nodig. Koelemeijer et al. (2018) geven een overzicht van de kosten van de potentiële maatregelen in verschillende sectoren om de broeikasgasemissies verder terug te dringen. Hernieuwbare elektriciteitsopwekking biedt een relatief groot potentieel tegen relatief beperkte kosten. Ook in de industrie en in de glastuinbouw kan er nog veel bespaard worden tegen relatief lage kosten. Daarentegen is emissiereductie in de gebouwde omgeving vaak relatief duur, vooral omdat de goedkopere maatregelen al zijn uitgevoerd als gevolg van reeds ingezet beleid. De transportsector kent zowel goedkoop als duur potentieel, terwijl er in de landbouw nog een aanzienlijke reductie mogelijk is tegen relatief lage kosten.

Drissen en Vollebergh (2018) berekenen dat de totale milieuschade in Nederland in 2015, met een ruime onzekerheidsmarge, 31 miljard euro bedraagt. Daarvan wordt 37 procent toegeschreven aan de uitstoot van broeikasgassen. Van de milieuschade in Nederland is 61 procent gerelateerd aan de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. De uitstoot van deze stoffen heeft grotendeels dezelfde bronnen als de uitstoot van broeikasgassen, namelijk de verbranding van fossiele brandstoffen, industriële processen en landbouwactiviteiten. Daardoor zal klimaatbeleid ook gevolgen hebben voor de luchtverontreiniging (Brink en Smeets, 2017).

HUIDIGE BELEIDSMIX

We bespreken hier eerst het EU ETS en vervolgens de Nederlandse beleidsmix.

Het EU ETS

Het Europese klimaatbeleid is een belangrijk kader voor de Nederlandse beleidsmix (PBL, 2018). Een van de pijlers van het Europese klimaat- en energiebeleid is het EU ETS, een gecoördineerd systeem van verhandelbare CO_2-rechten om

de uitstoot van broeikasgassen binnen de EU te verminderen. Nederlandse elektriciteitscentrales en de energie-intensieve industrie (gezamenlijk verantwoordelijk voor ongeveer vijftig procent van onze CO_2-equivalente uitstoot, zie tabel 1) vallen onder het EU ETS, en moeten voor elke ton broeikasgasemissie een recht inleveren. Doordat er jaarlijks maar een beperkt aantal emissierechten in omloop wordt gebracht en er handel is in deze schaarse rechten, ontstaat er een prijs voor de CO_2-emissies. Jaarlijks wordt de hoeveelheid CO_2-equivalenten waarvoor er rechten worden uitgegeven verlaagd met 38 miljoen ton. Bedrijven kunnen nog niet gebruikte rechten opsparen.

Door de economische stagnatie in de EU was de vraag naar emissierechten vanaf eind 2008 lager dan het aanbod. In de periode 2009–2013 zijn er ruim twee miljard ton meer rechten uitgegeven dan nodig was voor de emissies in die jaren. Door de relatief grote hoeveelheid rechten was de prijs ervan sinds 2011 relatief laag. In een poging om de prijs weer te verhogen, is binnen de EU overeenstemming bereikt om het EU ETS op twee punten aan te passen.

Zo zal in 2021 de reductiefactor worden verhoogd naar 48 miljoen ton per jaar. Wanneer deze reductiefactor ook in de toekomst blijft gelden, neemt het aanbod van emissierechten zonder verdere wijziging van de ETS-richtlijn af tot nul in 2057. Daarnaast reguleert met ingang van 2019 een marktstabiliteitsreserve (MSR) de onevenwichtigheid tussen vraag en aanbod. Wanneer er meer dan 833 miljoen niet-gebruikte rechten in omloop zijn, zal een deel van de nieuw beschikbare rechten niet worden geveild maar in de MSR worden geplaatst. Omgekeerd worden extra rechten uit de MSR geveild wanneer er minder dan 400 miljoen rechten in omloop zijn. Bovendien kan vanaf 2023 de omvang van de MSR niet groter zijn dan de omvang van de geveilde rechten in het voorgaande jaar, en worden overtollige rechten ongeldig. Hierdoor heeft een tijdelijke dip in gebruikte rechten mogelijk een permanent effect op het totaal aan beschikbare rechten (Perino, 2018). Door deze wijzigingen in het EU ETS neemt de schaarste in de markt voor emissierechten toe en zal naar verwachting de prijs voor emissierechten hoger worden.

Nederlandse beleidsmix

Naast het EU ETS zorgen ook diverse nationale beleidsinstrumenten voor het beprijzen van de CO_2-emissies. Om inzicht te geven in het effect dat al die verschillende instrumenten hebben op de prijs van CO_2-emissies, heeft de OESO voor 41 landen de zogeheten *effective carbon rate* (ECR) uitgerekend. De ECR geeft voor de verschillende sectoren aan welk deel van de CO_2-emissies door energieverbruik is beprijsd en tegen welk tarief, uitgedrukt in euro per ton CO_2. De ECR neemt niet alleen expliciete CO_2-belastingen mee (in Nederland bestaan die ook niet), maar rekent ook belastingen op energiegebruik (zoals de energiebelasting en de brandstofaccijns) toe aan de CO_2-emissies uit dat energiegebruik. Daar wordt – indien van toepassing – de prijs van CO_2-emissierechten bij opgeteld. Belastingen gerelateerd aan het energiegebruik, maar niet direct gekoppeld aan de consumptie van energie (zoals bijvoorbeeld de belasting van personenauto's en motorrijwielen (bpm) en de motorrijtuigenbelasting (mrb)) zijn echter geen onderdeel van de ECR (OESO, 2015).

TABEL 1

Broeikasgasemissie 2015 verdeeld over sectoren conform indeling Klimaatakkoord (megaton CO_2-equivalenten)

	CO2	Overige broeikas-gassen[1]	Totale uitstoot van broeikasgas	waarvan ETS[2]
Opwekking elektriciteit	52,6	0,2	52,8	51,4
Industrie[3]	47,1	8,1	55,1	41,8
Verkeer en vervoer	34,7	0,9	35,5	-
Landbouw	7,3	20,0	27,3	0,6
Gebouwde omgeving	23,6	0,7	24,3	0,3
Totaal	165,3	29,9	195,1	94,1

[1] *Uitgedrukt in CO2-equivalenten*
[2] *Aandeel ETS bepaald op basis van Emissieregistratie Broeikasgasemissies ETS versus niet-ETS, en gebruikmakend van Graveland en Pieters (2018)*
[3] *Inclusief emissies raffinaderijen, olie- en gaswinning, bouw, afval en afvalwater*

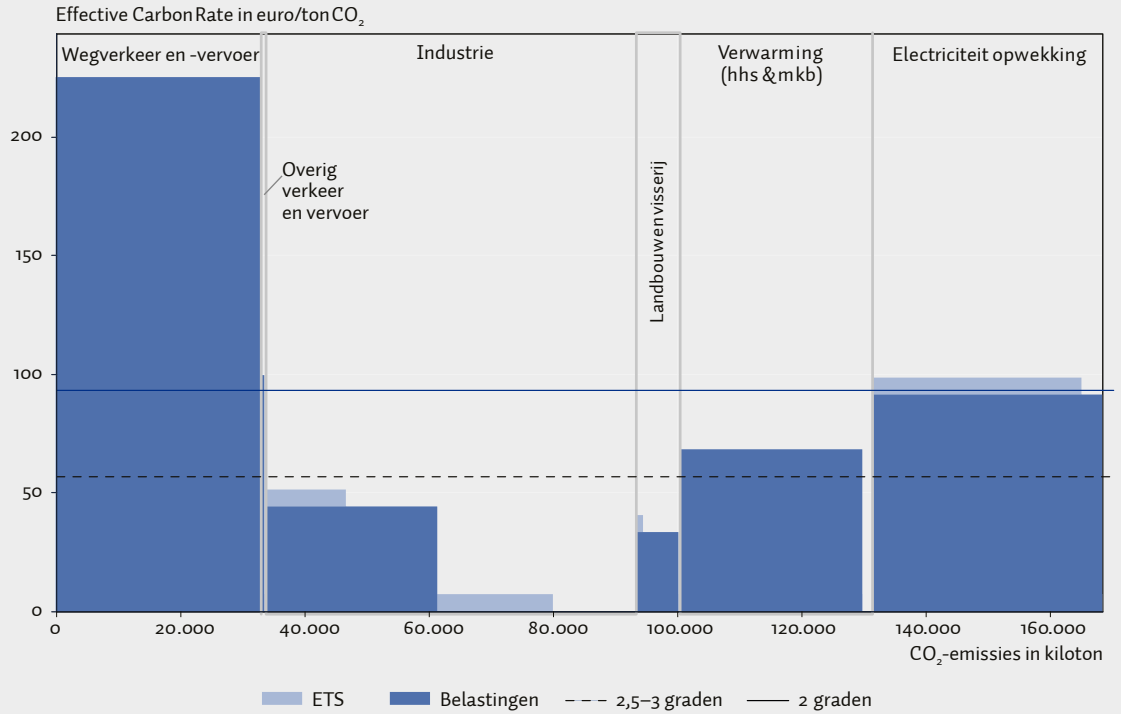
Bron: Update van de tabellenbijlage bij de NEV 2017 (PBL, 2018), Tabel 8c-II

In figuur 1 wordt de gemiddelde ECR per sector voor Nederland weergegeven; op de horizontale as staan de totale CO_2-emissies en daarmee het relatieve aandeel van de verschillende sectoren in de klimaatschade. De verschillen in totale emissies en de ETS-dekking van de verschillende sectoren tussen enerzijds de Emissieregistratiedata (tabel 1) en anderzijds deze OESO-statistiek hebben meerdere verklaringen. Zo heeft het overzicht van de OESO alleen betrekking op de CO_2-emissies die direct zijn gerelateerd aan de verbranding van fossiele brandstoffen en neemt het de emissies uit andere industriële processen (bijvoorbeeld kunstmestproductie) niet mee. Verder rekenen de OESO-cijfers de energieopwekking via warmte-krachtkoppeling (WKK) toe aan de industrie, terwijl tabel 1 deze toerekent aan de opwekking van elektriciteit. Ten slotte hebben de OESO-cijfers betrekking op de emissies in 2012, terwijl tabel 1 emissiecijfers voor 2015 presenteert.

De breedte van de vlakken in figuur 1 geeft aan welk deel van de emissies van een sector beprijsd is met (1) belastingen en EU ETS, (2) alleen belastingen, en (3) alleen EU ETS (allemaal tegen prijsniveau 2012). De figuur zet de resulterende ECR af tegen de middenwaarde van de schaduwprijs voor broeikasgassen voor 2015, zoals gegeven in het *Handboek Milieuprijzen* (CE Delft, 2017). Deze is gelijk aan de

Sectorspecifieke *effective carbon rate* voor Nederland, prijsniveau 2012

FIGUUR 1



Bron: OESO (2016)

('efficiënte') prijs voor 2015 in het WLO-scenario Hoog, en bedraagt 57 euro per ton CO_2. Omdat de Nederlandse overheid zich uitdrukkelijk heeft verbonden aan het Akkoord van Parijs, is ervoor gekozen om in de figuur ook de CO_2-prijs van 93 euro per ton CO_2 op te nemen, die is gebaseerd op een scenario waarbij de tweegradendoelstelling naar verwachting wel gehaald wordt (CPB en PBL, 2015; Drissen en Vollebergh, 2018).

Figuur 1 laat zien dat de prijs van CO_2-emissies in Nederland sterk varieert tussen sectoren. Ruim 90 procent van alle energie-gerelateerde CO_2-emissies heeft een prijs boven de 57 euro per ton CO_2, maar voor de meeste sectoren blijft de prijs onder de 93 euro per ton CO_2 die nodig is voor de doelstelling van twee graden. Vooral de beprijzing van de emissies in de landbouw en industrie blijft ver onder de 93 euro per ton (en zelfs onder de 57 euro), waarbij een deel van de emissies door de industrie helemaal niet is beprijsd. Overigens laten de cijfers van de Emissieregistratie zien dat een groter deel van de industrie onder het EU ETS valt dan waar in de ECR van de OESO mee gerekend wordt. De omvang van de onbeprijsde emissies in de industrie is in werkelijkheid dus kleiner dan deze figuur aangeeft.

De emissies die ontstaan bij elektriciteitsopwekking zijn volledig beprijsd – elektriciteitsgebruik wordt belast via de energiebelasting (EB) en de opwekking valt grotendeels onder het EU ETS. Een uitzondering is de WKK-opwekking binnen de industriesector. Het gasgebruik in WKK-installaties is vrijgesteld van de EB, maar de daarbij ontstane emissies vallen wel grotendeels onder het EU ETS. Het wegverkeer en -vervoer heeft met een ECR van 225 euro per ton CO_2 het hoogste sectorgemiddelde. De voornaamste oorzaak hiervoor is de accijns op motorbrandstoffen die ook bedoeld is om andere externe effecten, zoals luchtverontreiniging, congestie en verkeersongelukken, te corrigeren (Vollebergh et al., 2014). De ECR voor verwarming en overig verkeer en transport (niet aangegeven in de figuur), ligt boven de middenwaarde van 57 euro per ton CO_2, terwijl de ECR van landbouw en visserij uitkomt onder die middenwaarde.

De ECR geeft een duidelijk beeld van de totale CO_2-beprijzing per sector, maar daarnaast zijn er ook prijsprikkels in de vorm van subsidies die beogen bij te dragen aan de vermindering van CO_2-emissies. Tabel 2 presenteert subsidieregelingen die direct of indirect gerelateerd zijn aan het verminderen van CO_2-emissies. De SDE+-regeling was met een uitgave van 995 miljoen euro in 2017 de allerbelangrijkste bron van subsidies. Andere grote subsidieregelingen zijn de Milieu-investeringsaftrek (MIA), de Energie-investeringsaftrek (EIA) en de in het Regeerakkoord geïntroduceerde Klimaatenvelop, die tot en met 2030 jaarlijks 300 miljoen euro beschikbaar stelt voor maatregelen die bijdragen aan de emissiereductiedoelstelling. Deze en andere regelingen resulteren in een totaal van ongeveer twee miljard euro aan subsidies gerelateerd aan het verminderen van CO_2-emissies. Ter vergelijking, in 2016 bedroeg het totaal aan belastingopbrengsten gerelateerd aan CO_2-uitstoot ongeveer 20,5 miljard euro. Oftewel, ongeveer tien procent van de belastingopbrengst gerelateerd aan CO_2-uitstoot vloeit door naar subsidies verbonden aan emissiereductie.

Uit een vergelijking van figuur 1 met tabel 2 kan worden opgemerkt dat de belastingopbrengst voornamelijk wordt opgehaald bij de consumenten, terwijl de subsidies in het overzicht voornamelijk toevloeien aan de industrie. Een uitzondering hierop is de uitgave aan de salderingsregeling voor zonne-energie, die in termen van verminderde belastingopbrengst in 2018 een 'subsidie' vertegenwoordigt van 166 miljoen euro.

Het klimaat- en energiebeleid in Nederland omvat meer dan alleen belastingen en subsidies. Andere beleidsinstrumenten – zoals de energieprestatienormen en -labels voor gebouwen en apparaten, het verplichte bijmengen van biobrandstoffen voor verkeer en vervoer, en de CO_2-prestatienormen voor voertuigen – vloeien voort uit Europese afspraken. Daarnaast kent Nederland eigen instrumenten in de vorm van wettelijke normen en convenanten, vooral gericht op het realiseren van kortetermijndoelen tot 2020 en 2023, die in het Energieakkoord voor duurzame groei (SER, 2013) door maatschappelijke organisaties en overheden zijn afgesproken. Zo zijn er afspraken met sectoren over te realiseren emissiereductie of energiebesparing, zoals bijvoorbeeld het CO_2-convenant glastuinbouw en meerjarenafspraken over

energie-efficiëntie bij bedrijven (MEE en MJA3) en een convenant Energiebesparing bestaande woningen en gebouwen (Vringer et al., 2014). Verder verplicht de Wet Milieubeheer bedrijven om energiebesparende maatregelen uit te voeren als deze zich binnen 5 jaar terugverdienen.

Ondanks dat verschillende beleidsinstrumenten bijdragen aan het reduceren van klimaatschade, lijkt de huidige beleidsmix onvoldoende prikkels te geven om de door het kabinet-Rutte III beoogde emissiereductie in 2030 te realiseren (PBL, 2018). Er bestaan grote verschillen in CO_2-prijs tussen en binnen sectoren, wat mogelijk leidt tot onnodig hoge kosten van emissiereductie. Daarnaast is de CO_2-prijs bij met name de industrie en landbouw veel lager dan de 93 euro per ton die nodig lijkt voor de doelstelling van twee graden. Ook is het onduidelijk of de grote verscheidenheid aan verschillende subsidieregelingen zal leiden tot de meest doelmatige prikkels. De volgende paragraaf gaat in op mogelijke verbeteringen van de beleidsinstrumentenmix met het oog op de emissiereductiedoelstelling voor 2030.

HERVORMINGSOPTIES VOOR DE HUIDIGE BELEIDSMIX

Er is veel te zeggen voor een uniforme wereldwijde prijs voor broeikasgasemissies als een efficiënt instrument om klimaatschade te reguleren (zie ook de bijdrage van Van den Bergh aan deze preadviezen). Het beprijzen van broeikasgasemissies zorgt er immers voor dat de emissieveroorzaker de klimaatschade internaliseert. Elke actor zal alle CO_2-besparende maatregelen uitvoeren waarvan de marginale kosten lager zijn dan de CO_2-heffing. Wanneer de emissiebestrijdingskosten tussen sectoren verschillen, zorgt de uniforme prijs ervoor dat degenen met relatief lage bestrijdingskosten zullen kiezen om hun emissies extra te reduceren. Maar bedrijven en burgers met hogere bestrijdingskosten dan de uniforme emissieprijs zullen er juist voor kiezen om hun emissies minder of niet te verlagen (Vollebergh, 2012). Een uniforme emissieprijs zorgt er in theorie dus voor dat een gegeven hoeveelheid emissiereductie zal worden gerealiseerd tegen de laagst mogelijke maatschappelijke emissiebestrijdingskosten.

Belastingen en subsidies gerelateerd aan CO_2-emissies in Nederland, 2018

TABEL 1

Subsidies op basis van budget 2018 of anders aangegeven	Belastingopbrengst 2016
• Stimuleringsregeling duurzame energieproductie (SDE+), 945 miljoen euro (uitgave 2017, excl. Hernieuwbare energieregeling) • Klimaatenvelop, 300 miljoen • Salderingsregeling, 166 miljoen (uitgave 2018) • Energie-investeringsaftrek (EIA), 147 miljoen • Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE), 100 miljoen • Milieu-investeringsaftrek (MIA), 99 miljoen • Hernieuwbare-energieregeling, 50 miljoen (onderdeel van SDE+) • Demonstratie energie-innovatie, 40 miljoen • Topsector energie, 40 miljoen • Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil), 40 miljoen • Subsidieregeling indirecte emissiekosten ETS, 40 miljoen • Beleidsexperiment CO2-reductie Industrie, 17,5 miljoen	• Accijnzen op motorbrandstoffen, 8.088 miljoen • Motorrijtuigenbelasting (mrb), 5.576 miljoen • Belasting op personenauto's en motorrijwielen (bpm), 1.551 miljoen • Energiebelasting (EB, incl. ODE t.b.v. SDE+), 5.152 miljoen • Brandstoffenbelasting (kolen), 3 miljoen • Afvalstoffenbelasting, 85 miljoen

Noot: Subsidies met een budget/uitgave < 10 miljoen euro zijn niet expliciet genoemd in dit overzicht, maar zijn wel onderdeel van het subsidietotaal. Dit zijn de Subsidie Marktintroductie energie-innovaties (MEI) voor investeringen in innovatieve kas- of energiesystemen, de subsidieregeling Energiebesparing en duurzame energie sportaccommodaties, Carbon capture, utilisation and storage (CCUS) Tender, en de regeling Systeemintegratie op de Noordzee.

Bron: Miljoenennota (2017) en Vollebergh et al. (2016).

Om twee redenen is echter een bredere beleidsmix nodig dan alleen het uniform beprijzen van broeikasgasemissies. De eerste is dat er beperkingen zijn in het uitvoeren van een uniforme wereldwijde emissieprijs, bijvoorbeeld als gevolg van tegengestelde belangen tussen landen. De tweede is dat begrensde rationaliteit van actoren en andere vormen van bestaand markt- en overheidsfalen vragen om extra overheidsingrijpen (Lehmann, 2012; Boeters, 2014; Allcott en Greenstone, 2012; Bernheim en Taubinsky, 2018; en OESO, 2010).

Expliciete beprijzing is niet een doel op zich. Ook andere instrumenten, zoals standaarden en normering, kunnen milieuschade impliciet beprijzen. Doorgaans leiden standaarden tot hogere emissiebestrijdingskosten dan expliciete beprijzing, doordat de standaard geen ruimte laat voor bedrijven met hoge emissiebestrijdingskosten. In sommige gevallen kan het echter zo zijn dat de uitvoeringskosten van beprijzing dusdanig hoog zijn dat een standaard toch leidt tot het behalen van een doelstelling tegen de laagste totale maatschappelijke kosten (Kaplow en Shavell, 1996). Normering kan onderdeel zijn van een gedifferentieerde beprijzing van een emissiebron. Zo is de bpm tijdelijk afhankelijk geweest van het zuinigheidslabel van het desbetreffende voertuig. Ook kan normering bijdragen aan de zichtbaarheid van prijsdifferentiatie voor de burger, en daarmee aan de effectiviteit van de beprijzing (Bernheim en Taubinsky, 2018). Hoewel relevant, zullen wij deze discussie hier verder grotendeels niet voeren, ook omdat het beprijzen van broeikasgasemissies haalbaar lijkt tegen acceptabele uitvoeringskosten (zie ook de bijdrage van Van den Bergh aan deze preadviezen).

Een belangrijke beperking voor het milieubeleid gericht op internationaal opererende bedrijven is de mogelijkheid dat, door te strenge regelgeving, bedrijven besluiten om hun productie te verplaatsen naar het buitenland. Voor het klimaatbeleid is dit relevant omdat de wereldwijde broeikasgasemissies hierdoor zelfs kunnen stijgen wanneer de gebruikte technologie in het buitenland vuiler is (zie ook de bijdrage van Poelhekke aan deze preadviezen). Toch betekent dat niet dat het beprijzen van broeikasgasemissies van bedrijven dan maar helemaal vermeden zou moeten worden. Ten eerste onderbouwen empirische studies het argument niet overtuigend (CPB en PBL, 2018), mede doordat grote vervuilende bedrijven vaak marktmacht hebben op internationale markten, of vanuit locatie-specifieke voordelen immobiel zijn. Ten tweede veronderstellen we dat ook andere landen in de wereld klimaatbeleid gaan voeren (zie de allereerste paragraaf). Tot slot is het vestigingsklimaat niet afhankelijk van milieubeleid alleen, maar van het geheel aan overheidsbeleid en de totale regeldruk voor het bedrijfsleven. Het vestigingsklimaat op lange termijn kan daarom bevorderd worden met andere beleidsmaatregelen (Vollebergh et al., 2017).

Omdat een dreigende verplaatsing van productie dus geen gegronde reden lijkt om emissies door de industrie niet te beprijzen, is een eerste beleidsconclusie dat het verstandig lijkt om te zorgen voor een economie-brede, nagenoeg uniforme *minimumprijs* voor broeikasgasemissies. Hiermee bedoelen we een prijs die voldoende prikkelt om emissies *bij alle processen* waar broeikasgasemissies vrijkomen te reduceren, zonder direct te zorgen voor hoge emissiebestrijdingskosten en al te grote weglekeffecten. Als deze minimumprijs gekoppeld wordt aan een beleidscommitment om de prijs in de toekomst op te laten lopen, zullen bedrijven daar bij langetermijn-investeringsbeslissingen rekening mee houden. Daarnaast kunnen subsidies de ontwikkeling van schone technologie stimuleren (Acemoglu et al., 2012; 2016). Indien goed vormgegeven, kunnen verschillende beleidsinstrumenten elkaar versterken. Als bijvoorbeeld door innovatiesubsidies de kosten van emissiereductie afnemen, zal de emissiereductie bij een gegeven emissieprijs toenemen. Subsidies die de kosten van beprijzing voor bedrijven compenseren met het oog op het vestigingsklimaat (bijvoorbeeld de subsidieregeling indirecte emissiekosten ETS uit tabel 2), lijken echter contraproductief.

Waar we in de rest van dit hoofdstuk beleidsopties bespreken voor het hervormen van de in de vorige paragraaf besproken Nederlandse beleidsmix, vormt een brede minimumprijs dan ook de basis. Omdat we het Europese beleidskader als uitgangspunt nemen, bespreken we een beleidsmix zowel voor de niet-ETS-sector als voor de bedrijven die onder het EU ETS vallen.

Beleidsopties buiten de ETS-sector

Ongeveer de helft van de broeikasgassenuitstoot ontstaat in het deel van de economie dat buiten het ETS valt (zie tabel 1). Het is niet efficiënt om deze emissies te beprijzen door deze bedrijven binnen het EU ETS onder te brengen, omdat het hier gaat om relatief kleine emissiebronnen en er voor het EU ETS een relatief dure emissieboekhouding moet worden bijgehouden. Voor het implementeren van een brede minimumprijs voor emissies is dus additioneel beleid nodig, bovenop EU-regulering voor onder andere energie-efficiëntie.

De prijs van CO2-emissies verschilt in Nederland sterk tussen sectoren

Een voor de hand liggend instrument om een brede minimumprijs voor emissies van bedrijven buiten het EU ETS te creëren is een belasting met als grondslag de (netto-) broeikasgasemissies. Deze belasting prikkelt het reduceren van emissies direct, via minder gebruik van fossiele brandstoffen of investering in *end-of-pipe*-emissiereductietechnologie (zoals bijvoorbeeld afvang en ondergrondse opslag van CO_2, zie hieronder). Voor de uitvoering is het mogelijk goedkoper om een grondslag te kiezen die nauw aansluit bij de emissie (Sandmo, 1976). Omdat CO_2-uitstoot proportioneel is aan het gebruik van fossiele-energiedragers, maken belastingen op fossiele-energiedragers daarom ook onderdeel uit van de huidige beleidsmix, zie tabel 2 en Vollebergh et al. (2014; 2016; 2017). Wel zijn er nog hervormingen mogelijk in voornamelijk de EB om daadwerkelijk te komen tot een brede minimumprijs voor broeikasgasemissies.

Een hervorming in de EB, die in het regeerakkoord van het kabinet-Rutte III is aangekondigd, is het verhogen van de tarieven op aardgas en het verlagen van de tarieven op elektriciteit. Deze hervorming is belangrijk voor de gebouwde omgeving – goed voor twaalf procent van de emissies, zie tabel 1 – omdat zo de aardgastarieven van de EB beter aansluiten bij de veroorzaakte milieuschade (Dijk et al., 2017). Dit vergroot de prikkel in de gebouwde omgeving om over te stappen van een gasgestookte cv naar bijvoorbeeld een warmtepomp, of te investeren in isolatie. Naast het meer uniform beprijzen van emissies kunnen technologische ontwikkelingen zoals 'slimme meters' huishoudens en bedrijven een beter inzicht geven in het gebruik van elektriciteit en gas, en zo bijdragen aan het stimuleren van energiebesparingsmaatregelen (Vringer en Dassen, 2016).

Volgens de paragraaf *Emissieprofiel Nederlandse economie en de omvang van klimaatschade* is emissiereductie in de industrie goedkoper dan in de gebouwde omgeving. Een kosteneffectieve reductie van broeikasgassen is daarom gebaat bij een meer uniforme beprijzing van CO_2-emissies tussen de gebouwde omgeving en de industrie. Hiervoor is het van belang dat verschillende vrijstellingen in de EB, die ervoor zorgen dat een deel van de emissies bij de industrie niet wordt beprijsd, komen te vervallen (Vollebergh et al., 2017). Figuur 1 laat zien dat de gemiddelde ECR voor de industrie relatief laag is. Daarbinnen bestaan, door het degressieve schijventarief in de EB, ook grote verschillen tussen de klein- en grootverbruikers. Bovendien wordt het gebruik van fossiele brandstoffen voor processen, anders dan verbranding, niet belast (niet in figuur 1; Vollebergh et al., 2017). Ook is gasgebruik in WKK-installaties grotendeels vrijgesteld van de EB, omdat de EB wordt geheven over de geleverde elektriciteit. Voor zover het bedrijven betreft die niet onder het EU ETS vallen, betekenen deze vrijstellingen dat de broeikasgasemissies bijna helemaal niet zijn beprijsd. Tot slot zou er binnen de EB onderscheid gemaakt kunnen worden tussen ETS- en niet-ETS-bedrijven, waarbij voor de niet-ETS-bedrijven hogere tarieven gelden, waardoor de uiteindelijke prijs op CO_2 meer gelijkgetrokken wordt.

De ECR voor de sector verkeer en vervoer ligt al ruim boven de 93 euro per ton CO_2, zie figuur 1. Hieronder onderbouwen we dat de beleidsmix kan worden verbeterd met instrumenten anders dan directe beprijzing van emissies. Deze sector is goed voor achttien procent van de emissies (zie tabel 1), en hier nemen burgers een aanzienlijk deel van de

relevante beslissingen. Hierbij kan er bijvoorbeeld gedacht worden aan beleid gericht op de aanschaf van vervoersmiddelen (of andere duurzame producten die energie verbruiken). Wanneer burgers moeite hebben om de gebruikskosten van een auto over de gehele levensloop te overzien, is het verstandig om auto's die veel klimaatschade veroorzaken al bij aanschaf, inclusief de tweedehandsmarkt, duurder te maken ten opzichte van schonere auto's (Allcott et al., 2014; Allcott en Greenstone, 2012). Dit geldt in sterke mate voor de zakelijke rijder die vaak niet met de volledige gebruikskosten wordt geconfronteerd. Het belang van het beprijzen van de aanschafbeslissing wordt nog eens versterkt in het geval de overheid ook de luchtkwaliteitsschade wil beprijzen (Fullerton en West, 2002). Een beleidsoptie is daarom om consumenten al bij aanschaf van producten deels te confronteren met de klimaatschade die bij gebruik veroorzaakt zal worden (Vollebergh et al., 2017). Een relatief lage fiscale bijtelling voor zakenauto's op fossiele brandstoffen is vanuit dit perspectief schadelijk voor het behalen van de emissiereductiedoelstellingen (Van Meerkerk et al., 2018).

Beleidsopties voor bedrijven die wel onder de ETS vallen

Elektriciteitsproducenten en de energie-intensieve industrie in Nederland veroorzaken ongeveer de helft van de broeikasgasemissies (tabel 1) en vallen onder het EU ETS. Daarnaast worden deze bedrijven als grootverbruikers relatief laag belast in de EB (Vollebergh et al., 2016). Het EU ETS zorgt er in principe voor dat emissies worden beprijsd, en is zodoende onderdeel van een economie-brede, nagenoeg uniforme CO_2-beprijzing. Echter, de prijs voor emissierechten binnen het EU ETS is de afgelopen jaren ver onder de 57 euro per ton CO_2 gebleven, de minimumwaarde in figuur 1. Hoewel de prijs van emissierechten in het afgelopen jaar is verviervoudigd tot boven de 20 euro per ton eind augustus 2018, zal er altijd politieke onzekerheid rond het systeem blijven bestaan omdat overeenstemming tussen alle deelnemende landen nodig is voor veranderingen. De onderhandelingen voor fase 5 van de ETS, de periode na 2030, beginnen bijvoorbeeld pas in 2025, zodat er onzekerheid blijft bestaan over de toekomstige ETS-regels. Politieke onzekerheid drukt de prijs van emissierechten (Lehmann en Gawel, 2013), waardoor het de vraag is of het EU ETS een voldoende drijvende kracht kan zijn om de Nederlandse emissiereductiedoelstelling in 2030 te halen (of zelfs maar voor de overgang van kolen naar gas bij de elektriciteitsopwekking, zie Brink en Vollebergh, 2017).

De CO2-belasting wordt vooral betaald door consumenten, terwijl de subsidies voornamelijk naar de industrie vloeien

De Nederlandse overheid kan zich met een aanvullende CO_2-heffing met als grondslag de al vastgestelde emissies voor bedrijven die onder de EU-ETS vallen verbinden aan de minimum CO_2-prijs voor de ETS-sector en daarmee aan een reductiepad dat ambitieuzer is dan wat het EU ETS in Nederland als reductie zou opleveren. *Wanneer het totaal aantal ETS-rechten constant is*, heeft een aanvullende CO_2-heffing in principe geen effect op de totale emissies gedurende de looptijd van het EU ETS. De additionele CO_2-heffing leidt dan wel tot een hogere nettoprijs van CO_2-emissies *in Nederland* (belasting plus prijs verhandelbaar recht), waardoor de emissies in Nederland zullen dalen. Bovendien geeft het marktpartijen een stabielere basis voor het doen van investeringen in CO_2-reducerende maatregelen. De daling in de vraag naar verhandelbare rechten in Nederland zorgt echter voor een lagere EU ETS-prijs waardoor er deels extra emissies ontstaan in het buitenland en (door de mogelijkheid van *banking*) in de toekomst (het waterbedeffect, zie Brink et al., 2016). Door de recent overeengekomen introductie van de MSR wordt het waterbedeffect ingeperkt en kan een daling in de vraag toch een langetermijneffect hebben. Een aanvullende CO_2-heffing bovenop de prijs van emissierechten lijkt daarmee een zinvolle beleidsoptie om de (in Nederland gestelde) emissiereductiedoelstellingen te behalen (Brink en Vollebergh, 2017). Het Verenigd Koninkrijk heeft in

2013 een aanvullende CO_2-heffing in de elektriciteitssector ingevoerd, en in het regeerakkoord van het kabinet-Rutte III is er aangekondigd dat een dergelijke heffing zal worden ingevoerd voor de elektriciteitssector in Nederland. Het lijkt zinvol om ook voor de energie-intensieve industrie een aanvullende CO_2-heffing te introduceren. De aanvullende CO_2-heffing draagt daarnaast ook bij aan een verbetering van de luchtkwaliteit (Vollebergh et al., 2017).

Het stimuleren van de ontwikkeling en invoering van schone technologie

Naast een brede beprijzing van de klimaatschade zijn ook gerichte subsidies van belang bij het behalen van de emissiereductiedoelstellingen tegen de laagst mogelijk maatschappelijke kosten (OESO, 2010; Acemoglu et al., 2012; 2016). Er wordt bijvoorbeeld vanuit maatschappelijk perspectief te weinig geïnvesteerd in innovatie door het bestaan van kennisspillovers (CPB, 2016), en ook kunnen subsidies helpen om bij het bredere publiek de aandacht te vestigen op het bestaan van bepaalde technologieën, zodat deze zich sneller verspreiden (adoptie, zie Ruijs en Vollebergh, 2013). Verder is het bij het tot stand brengen van een systeemverandering mogelijk nodig om extra te stimuleren aangezien de technologische ontwikkeling moet worden bijgestuurd richting het ontwikkelen van schone technologieën waarmee het goedkoper wordt om emissies in de toekomst te reduceren (Acemoglu et al., 2012; 2016).

De huidige Nederlandse beleidsmix bevat instrumenten die specifiek bijdragen aan het ontwikkelen en invoeren (adoptie) van nieuwe schone technologieën (zoals de EIA, MIA, de Vamil, het topsector-energie-instrument en de SDE+, zie tabel 2), bovenop de meer generieke instrumenten om innovatie te stimuleren (bijvoorbeeld de WBSO en de innovatiebox). Ook de EU heeft innovatiebeleid, bijvoorbeeld een innovatiefonds gekoppeld aan het EU ETS. Er is hierdoor sprake van een stapeling van beleid. In de beginfase van een systeemverandering is er op zichzelf ruimte voor aanzienlijke tijdelijke subsidiëring. Hierbij heeft het wel sterk de voorkeur dat de vormgeving van subsidies wordt gericht op specifieke projecten die bijdragen aan het verlagen van emissiebestrijdingskosten op de lange termijn, zodat de maatschappelijke kosten van emissiereductie lager worden (Acemoglu et al., 2012; 2016). Het is onduidelijk of de huidige beleidsmix voldoende stimuleert vanuit dit perspectief.

Het is overigens sterk de vraag of het stimuleren van investeringen in hernieuwbare energie met de SDE+ effectief bijdraagt aan de emissiereductiedoelstellingen voor zover het de adoptie van bestaande technologie betreft, dus niet voor het verlagen van toekomstige emissiebestrijdingskosten. Het eerder besproken waterbedeffect door het EU ETS zorgt ervoor dat de industrie meer zal gaan uitstoten (Böhringer et al., 2009; Pethig en Wittlich, 2009; Lehmann en Gawel, 2013). Hoewel dit effect door de introductie van de MSR minder relevant is geworden, is het onduidelijk of het stimuleren van de grootschalige uitrol van hernieuwbare energie de beste manier is om het aantal emissierechten te laten afnemen. Wel zijn er mogelijk andere beleidsdoelen die aanvullend beleid rechtvaardigen, zoals energiezekerheid en luchtkwaliteitsschade (Pethig en Wittlich, 2009; Lehmann en Gawel, 2013).

De beleidsconclusie is dat het voor het halen van de emissiereductiedoelstellingen vooral belangrijk lijkt om in te zetten op subsidies gericht op projecten die specifiek tot doel hebben de marginale emissiebestrijdingskosten te verlagen. Dit in aanvulling op een brede beprijzing van broeikasgasemissies. Deze gerichte subsidies maken een systeemverandering op de lange termijn goedkoper.

CO_2-opslag en negatieve CO_2-emissies

Naast het verminderen van de CO_2-uitstoot kan klimaatschade ook worden verminderd door CO_2 vast te leggen, bijvoorbeeld in bossen of in ondergrondse opslag (*carbon capture and storage*; CCS). Als de vast te leggen CO_2 aan de atmosfeer wordt onttrokken, zal er zelfs sprake zijn van negatieve emissies (Strengers et al., 2018). Wanneer het erg duur blijkt om het gebruik van fossiele-energiedragers geheel uit te bannen, kunnen CO_2-opslag en negatieve emissies in de toekomst een zeer belangrijke bijdrage leveren aan het verminderen van klimaatschade (Strengers et al., 2018).

Een belangrijk aandachtspunt is dat de beleidsinstrumentenmix de juiste prikkel moet geven tot de inzet van deze

technologieën. Dat betekent dat wanneer verbruikers van fossiele energiebronnen kunnen voorkómen dat de emissies in de atmosfeer belanden (bijvoorbeeld door CCS), zij voor deze opgeslagen emissies worden vrijgesteld van het betalen van de emissieprijs. Binnen de EU ETS is dit goed vormgegeven, maar de huidige EB biedt nog onvoldoende prikkels, omdat het *verbruik* van aardgas wordt belast in plaats van de *emissies*, en ook de vrijstellingen voor emissies die vrijkomen via energieopwekking met biomassa ontnemen de prikkel om uitstoot naar de atmosfeer te voorkomen (Bollen en Aalbers, 2017). Ook lijkt het verstandig om na te denken over de vraag hoe in zijn algemeenheid het creëren van negatieve emissies kan worden beloond (zoals bijvoorbeeld *direct carbon capture*, zie Strengers et al., 2018), om zodoende de ontwikkeling van deze technologieën aantrekkelijk te maken.

CONCLUSIES

Dit hoofdstuk bespreekt een aantal beleidsopties die kunnen bijdragen aan het behalen van de kabinetsdoelstelling om in 2030 de broeikasgasemissies met 49 procent te reduceren ten opzichte van 1990. De beleidsvoorstellen beogen vooral om tot een meer uniforme beprijzing van broeikasgasemissies te komen, met name door broeikasgasemissies in de industrie meer te beprijzen. Ter aanvulling is het verstandig om subsidies vooral te richten op technologische verbeteringen die de emissiebestrijdingskosten verlagen, zodat schone technologie in de toekomst goedkoper wordt. Tot slot suggereren we dat het belangrijk is om zo snel mogelijk de beleidsinstrumentenmix aan te passen op een zodanige manier dat het in algemene zin aantrekkelijk wordt voor bedrijven om te investeren in maatregelen die zullen leiden tot negatieve emissies.

In het kort

- Een meer uniforme, in de tijd oplopende prijs op broeikasgasemissies, moet centraal staan in het klimaatbeleid.
- Subsidies kunnen in de beginfase van de transitie helpen om toekomstige emissiebestrijdingskosten te verlagen.
- CO_2-opslag en negatieve emissies moeten ook worden gestimuleerd in sectoren buiten het Europese emissiehandelssysteem.

LITERATUUR

Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn en D. Hemous (2012) The environment and directed technological change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166.

Acemoglu, D., U. Akcigit, D. Hanley en W. Kerr (2016) Transition to clean technology. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104.

Allcott, H. en M. Greenstone (2012) Is there an energy efficiency gab? *Journal of Economic Perspectives*, 26(1), 3–28.

Allcott, H., S. Mullainathan en D. Taubinsky (2014) Energy policy with externalities and internalities. *Journal of Public Economics*, 112, 72–88.

Bernheim, B.D. en D. Taubinsky (2018) *Behavioral public economics*. NBER Working Paper, 24828.

Boeters, S. (2014) Optimally differentiated carbon prices for unilateral climate policy. *Energy Economics*, 45(C), 304–312.

Böhringer, C., A. Löschel, U. Moslener en T.F. Rutherford (2009) EU climate policy up to 2020: an economic impact assessment. *Energy Economics*, 31(S2), S295–S305.

Bollen, J. en R. Aalbers (2017) *Biomassa met CO_2-opslag direct inzetten*. CPB Policy Brief, 2017/02.

Brink, C. en W. Smeets (2017) *Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies*. PBL Beleidsstudie, 1950.

Brink C. en H. Vollebergh (2017) Opties om emissie-

handel te laten bijdragen aan de energietransitie. *ESB*, 102(4754), 462–465.

Brink, C., H.R.J. Vollebergh en E. van der Werf (2016) Carbon pricing in the EU: evaluation of different EU ETS reform options. *Energy Policy*, 97, 603–617.

CE Delft (2017) *Handboek Milieuprijzen 2017*. Te vinden op www.ce.nl.

CPB (2016) *Kansrijk innovatiebeleid*. CPB Boek 20.

CPB (2018) *Verkenning inkomenseffecten van energie- en klimaatbeleid*. CPB Achtergronddocument, 22 maart.

CPB en PBL (2015) *Toekomstverkenning welvaart en leefomgeving. Cahier Klimaat en energie*. Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau.

CPB en PBL (2018) *De werkgelegenheidseffecten van fiscale vergroening*. Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau.

Cronin, J.A., D. Fullerton en S.E. Sexton (2017) *Vertical and horizontal redistributions from a carbon tax and rebate*. NBER Working Paper, 23250.

D'Autume, A., K. Schubert en C. Withagen (2016) Should the carbon price be the same in all countries? *Journal of Public Economic Theory*, 18(5), 709–725.

Dijk, J., E. Drissen, H. Eerens en H. Vollebergh (2017) Morrelen aan de energiebelasting voor een beter milieu. *ESB*, 102(4750), 296–299.

Drissen, E. en H. Vollebergh (2018) *Monetaire milieuschade in Nederland*. PBL Policy Brief, 3206.

Fullerton, D. en S.E. West, (2002) Can taxes on cars and on gasoline mimic an unavailable tax on emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 43(1), 135–157.

Graveland, C. en A. Pieters (2018) *Uitbreiding datakoppeling en eerste analyse ETS-bedrijven. Final Report*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.

Kaplow, L. en S. Shavell (1996) Property rules versus liability rules: an economic analysis. *Harvard Law Review*, 109(4), 713–790.

Koelemeijer, R., B. Daniëls, P. Koutstaal et al. (2018) *Kosten energie- en klimaattransitie in 2030 – update 2018*. PBL Notitie, 3241.

Lehmann, P. (2012) Justifying a policy mix for pollution control: a review of economic literature. *Journal of Economic Surveys*, 26(1), 71–97.

Lehmann, P. en E. Gawel (2013) Why should support schemes for renewable electricity complement the EU emissions trading scheme? *Energy Policy*, 52, 597–607.

Meerkerk, J.G.H. van, H. Vrijburg, J. Dijk en G.C.M. Uitbeijerse (2018) *Fiscale vergroening en de auto van de zaak: ex-postanalyse van een vergroening van de fiscale bijtelling en een verkenning van ontwikkelingen binnen de zakelijke mobiliteit*. PBL Beleidsstudie, 2733.

Miljoenennota (2017) *Miljoenennota 2018*. Te vinden op www.rijksoverheid.nl.

MinEZK (2018) *Kabinetsinzet voor het Klimaatakkoord*. Brief van de Minister van Economische Zaken en Klimaat aan de Tweede Kamer. DGETM-EI/18027553, 23 februari.

OESO (2010) *Taxation, innovation and the environment*. Parijs: OECD Publishing.

OESO (2015) *Effective carbon rates on energy: OECD and selected partner economies*. Parijs: OECD Publishing.

OESO (2016) *Effective carbon rates: pricing CO_2 through taxes and emissions trading systems*. Parijs: OECD Publishing.

PBL (2018) *Nationale Energieverkenning 2017* (NEV 2017). Te vinden op www.pbl.nl.

Perino, G. (2018) New EU ETS Phase 4 rules temporarily puncture waterbed. *Nature Climate Change*, 8, 262–264.

Pethig, R. en C. Wittlich (2009) *Interaction of carbon reduction and green energy promotion in a small fossil-fuel importing economy*. CESifo Working Paper, 2749.

Ploeg, F. van der, en C. Withagen (2015) Global warming and the green paradox: a review of adverse effects of climate policies. *Review of Environmental Economics and Policy*, 9(2), 285–303.

Ruijs, A. en H. Vollebergh (2013) *Lessons from 15 years of experience with the Dutch tax allowance for energy investments for firms*. PBL Working Paper, 13.

Sandmo, A. (1976) Direct versus indirect Pigovian taxation. *European Economic Review*, 7(4), 337–349.

SER (2018) *Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord*. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.

Sinn, H.-W. (2015) The green paradox: a supply-side view of the climate problem. *Review of Environmental Economics and Policy*, 9(2), 239–245.

Strengers, B., H. Eerens, W. Smeets et al. (2018) *Negatieve emissies: technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland*. PBL Achtergrondstudie, 2606.

Vollebergh, H. (2012) *Milieubelastingen en Groene Groei: verkenning van de mogelijkheden in het kader van het energie- en klimaatbeleid*. PBL Achtergrondstudies, 500229001.

Vollebergh, H., J. Dijk, E. Drissen et al. (2016) *Belastingverschuiving: meer vergroening en minder complexiteit? Verkenning van trends en opties*. Den Haag: Planbureau voor de LeefomgevingPBL Beleidsstudie, 1737.

Vollebergh, H., J. Dijk, E. Drissen et al. (2017) *Fiscale vergroening: belastingverschuiving van arbeid naar grondstoffen, materialen en afval. Verkenning van belastingen voor het stimuleren van de circulaire economie*. PBL Beleidsstudie, 2853.

Vollebergh, H., E. Drissen, H. Eerens en G. Geilenkirchen (2014) *Milieubelastingen en groene groei Deel II. Evaluatie van belastingen op energie in Nederland vanuit milieuperspectief*. PBL-publicatienummer 904.

Vringer, K. en T. Dassen (2016) *De slimme meter, uitgelezen energie(k)?* PBL Achtergrondstudie, 2122.

Vringer, K., M. van Middelkoop en N. Hoogervorst (2014) *Energie besparen gaat niet vanzelf: evaluatie energiebesparingsbeleid voor de gebouwde omgeving*. Den Haag: Planbureau voor de LeefomgevingPBL Beleidsstudie, 1452.

Vuuren, D.P. van, P. Boot, J. Ros et al. (2016) *Wat betekent het Parijsakkoord voor het Nederlandse langetermijnklimaatbeleid?* PBL Rapport, 2580.

Circulaire economie als vliegwiel van klimaattransitie

De aandacht voor het terugdringen van het primaire grondstoffengebruik is nauw gerelateerd aan de inzet van fossiele-energiedragers die worden ingezet als grondstof of bij de verwerking van grondstoffen tot materialen en eindproducten. Welke kansen voor het klimaatbeleid biedt hierbij een beleid gericht op de circulaire economie?

ERIC DRISSEN
Onderzoeker bij het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

HERMAN VOLLEBERGH
Onderzoeker bij het PBL en hoogleraar aan Tilburg University

De ambitie van de circulaire economie (CE) is een zo gering mogelijk verbruik van grondstoffen en een zo klein mogelijke productie van afval. Door afval een tweede leven te geven, kan het dienen als secundaire grondstof en zodoende primaire grondstoffen vervangen. Daar zit ook de potentiële overlap tussen CE en klimaatbeleid. Zo zit in plastic – afgezien van allerlei toegevoegde chemicaliën – met name ook CO_2 opgeslagen, het belangrijkste broeikasgas. Ook is er bij de productie van plastic energie nodig, vaak in de vorm van fossiele brandstoffen. Daarom kan het tegengaan van de plasticsoep, via meer terugwinning van plasticafval en substitutie door minder milieubelastende materialen, ook bijdragen aan minder CO_2-emissies in de keten van grondstof naar afval. Met andere woorden, CE en klimaatbeleid zijn tot op zekere hoogte complementair.

Over deze complementariteit gaat dit artikel. De bijdrage die de CE kan leveren aan het terugdringen van de CO_2-uitstoot is het grootst in zowel de fase waarin grondstoffen worden verwerkt tot materialen als de fase waarin grondstoffen en materialen tot eindproducten worden verwerkt (Vollebergh et al., 2017). De aandacht die momenteel bij het CE-beleid uitgaat naar de rol van grondstoffen en materialen in het economische proces, sluit hier direct op aan. Hier bespreken we allereerst de ambitie van de circulaire economie in Nederland, en hoe deze zich verhoudt tot het gebruik van fossiele-energiedragers in de Nederlandse economie. Vervolgens verkennen we waar de grootste potentiële complementariteit kan worden gevonden. Tot slot bespreken we hoe deze overlap zo veel mogelijk kan worden benut door een goede instrumentering van de ambities voor een CE, zoals via een belasting op (al dan niet fossiele) grondstoffen.

AMBITIE CIRCULAIRE ECONOMIE NEDERLAND

In Nederland heeft men de ambitie van de CE uitgewerkt in het rijksbrede programma *Nederland circulair in 2050*. Daarin zijn drie doelstellingen geformuleerd:

1. Grondstoffen in bestaande ketens worden hoogwaardig benut (grondstoffen worden efficiënt ingezet en hergebruikt, zonder schadelijke emissies naar het milieu).

2. Waar nieuwe grondstoffen nodig zijn, worden fossiele, kritieke en niet-duurzaam geproduceerde grondstoffen vervangen door duurzaam geproduceerde, hernieuwbare en algemeen beschikbare grondstoffen.
3. Er worden nieuwe productiemethodes ontwikkeld, nieuwe producten ontworpen en gebieden worden anders ingericht. Ook worden nieuwe manieren van consumeren bevorderd (producten en materialen worden zo ontworpen dat ze kunnen worden hergebruikt met zo min mogelijk waardeverlies en zonder schadelijke emissies naar het milieu).

De Nederlandse overheid heeft zich samen met maatschappelijke partners voorgenomen om in 2030 te komen tot een halvering van het gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) vergeleken met nu. Het begin 2017 afgesloten Grondstoffenakkoord tussen zo'n 325 organisaties is hiervan het eerste tastbare resultaat.

Interessant is dat het CE-beleid in Nederland gericht is op het tegengaan van het gebruik van *nieuwe* grondstoffen *(virgin materials)* in het economisch proces, en het verschuiven van het gebruik van niet-duurzame naar duurzame grondstoffen. Deze input-gerichte benadering draagt in principe ook bij aan vermindering van zowel de grondstof- als milieuschaarste. In een CE zullen er minder primaire grondstoffen en meer gerecyclede materialen worden gebruikt. Hierdoor wordt de economie minder afhankelijk van winning of import van grondstoffen. Ook is in de regel minder energie nodig aangezien er minder grondstoffen gewonnen hoeven te worden, en verder omdat het maken van materialen en productonderdelen met behulp van recycling en hergebruik meestal minder energie vergt dan het produceren met primaire grondstoffen. Meer CE zorgt dus ook voor minder afval, zoals plastic, en minder emissies van schadelijke stoffen naar bodem, lucht en water.

Dat dit CE-beleid maatschappelijke voordelen oplevert, is niet onmiddellijk evident. De schaarste van grondstoffen lijkt geen wezenlijk maatschappelijk probleem (CPB, 2018). Veel grondstoffen zijn momenteel nog in grote hoeveelheden beschikbaar. En als ze daadwerkelijk schaars worden, stijgt hun prijs en worden alternatieve materialen aantrekkelijk (Prins et al., 2011). Bovendien is het al of niet schaars zijn van een grondstof op zichzelf geen reden voor de overheid om in te grijpen. Wel kunnen er in samenhang met schaarste uitdagingen ontstaan voor het bedrijfsleven, met name wanneer de levering van een specifieke grondstof onzeker wordt, zoals bij geopolitieke spanningen. Strategisch gedrag van overheden in dit opzicht lijkt zeker een reden tot beleid, maar kan beter op grotere schaal worden aangepakt, bijvoorbeeld door de Europese Unie. Verder kan er een rol voor de overheid weggelegd zijn in het ondersteunen van het bedrijfsleven bij het aanpakken van deze uitdagingen. Deze overwegingen vallen buiten het bestek van dit artikel.

Anders dan bij schaarste heeft de overheid wél een duidelijke verantwoordelijkheid bij negatieve milieueffecten, veroorzaakt door bijvoorbeeld de emissie van broeikasgassen of luchtverontreinigende stoffen. Grondstoffengebruik gaat in veel gevallen vroeg of laat gepaard met milieuvervuiling, en de overheid heeft een belangrijke rol bij het beschermen van de leefomgeving. De grondstoffen voor ijzer, staal, aluminium en plastics zijn zelf niet erg schaars, maar er ontstaat wel milieuschade in de gehele keten – van winning via productie tot afdanking. En het is juist die milieuschade die niet goed in marktprijzen is verdisconteerd. Daardoor wordt er ook te weinig gerecycled materiaal gebruikt. De hoeveelheid vervuiling die vrijkomt bij het gebruik van gerecyclede materialen is over het algemeen namelijk kleiner dan de vervuiling die ontstaat bij het gebruik van primair materiaal. Zo is er, voor het gebruik van secundaire grondstoffen bij de productie van ijzer en staal, ongeveer driekwart minder energie nodig dan voor het gebruik van primaire grondstoffen. Zolang deze energie vooral bestaat uit fossiele-energiedragers zal een intensiever CE-beleid dus tot reductie leiden in de uitstoot van broeikasgassen (en dan met name CO_2). Strenger milieubeleid zal ook leiden tot een lagere vraag naar de meeste materialen en tot meer terugwinning van gebruikte materialen. Dat betekent ook dat milieubeleid, gericht op het verminderen van CO_2-uitstoot en andere vervuiling, kan leiden tot het vertragen van de uitputting van grondstoffen. Klimaatbeleid en CE versterken elkaar dus wederzijds.

En precies hier zit de relatie met het klimaatbeleid gericht op het reduceren van broeikasgassen. De transitie naar een CE volgt een breder perspectief. Waar bij het klimaatbeleid de nadruk ligt op de reductie van de *emissie* van broeikasgassen, gaat de CE via de grondstoffenbenadering en de daaraan gekoppelde brede mix aan milieuschade over de gehele keten van winning tot afval. Door recycling (van grondstoffen en materialen, hergebruik van producten) en de vervanging van fossiele door niet-fossiele grondstoffen draagt de CE bij aan de vermindering van de emissies van broeikasgassen. In een CE bestaat meer oog voor de hele keten van het economische proces, dat wil zeggen van de winning van grondstoffen via de productie van materialen, halffabricaten en de productie en consumptie van eindproducten tot de afvalfase. Terwijl het klimaatbeleid vooral is gericht op de reductie van directe emissies uit verbranding van bestaande productie- en consumptieprocessen in Nederland ('meten bij de schoorsteen'), komen door de ketenbenadering in de CE ook indirecte emissies van broeikasgassen en andere milieubelastende stoffen hier en elders in beeld, zoals de 'uitgestelde' broeikasgasemissies van plastics bij afvalverbranding en de ophoping van plasticdeeltjes in oceanen ('plasticsoep'). In vergelijking met het 'meten bij de schoorsteen' geeft de ketenbenadering dus ook inzicht in de broeikasgasemissies eerder of later in de keten, en levert daarmee een belangrijke, aanvullende bijdrage aan het klimaatbeleid dat alleen gericht is op directe emissies.

FOSSIELE-ENERGIEDRAGERS IN DE NEDERLANDSE ECONOMIE

Om goed zicht te krijgen op de mogelijke bijdrage van het CE-beleid aan de Nederlandse klimaatdoelstellingen, is het van belang na te gaan waar de beste aanknopingspunten in het economische proces zijn te vinden voor grondstofsubstitutie enerzijds en recycling en hergebruik anderzijds. Daarvoor is het noodzakelijk de grondstoffenstromen in kaart te brengen waarop het CE-beleid zich richt. Hetzelfde geldt voor de relatie met het klimaatbeleid en met de recycling en het hergebruik van producten en materialen.

Wat betreft de *grondstoffenstromen* blijkt het niet eenvoudig om vast te stellen waar en hoe grondstoffen, materialen en eindproducten precies worden verwerkt en gebruikt in Nederland. In alle fasen van de productie- en consumptieketen is er namelijk sprake van grote import- en exportstromen over de hele wereld. Vaak worden grondstoffen gewonnen in ontwikkelingslanden en vindt de verwerking ervan plaats in rijke landen. In de diverse stadia van het verwerkingsproces – van de basisindustrie die de grondstoffen en materialen levert, tot de verwerkende industrie die halffabricaten en eindproducten maakt – vindt er ook nog eens heel veel handel plaats.

De overheid is voornemens om het gebruik van primaire grondstoffen in 2030 te hebben gehalveerd

Uit de analyse van Vollebergh et al. (2017) blijkt dat zand, grind en fossiele-energiedragers (ruwe aardolie, aardgascondensaten, aardgas en steenkool) qua gewicht de belangrijkste ruwe grondstoffen zijn die in Nederland worden verbruikt. Van de totale hoeveelheid van krap 170.000 miljoen kilo is zo'n zeventig procent fossiele-energiedrager. Het aandeel zand en grind is ook nog aanzienlijk, ongeveer achttien procent, en daarna volgt ijzererts met een aandeel van zo'n vijf procent. Andere categorieën zijn nog zout, kalksteen, gips, klei, porseleinaarde en turf. Metalen en mineralen die door velen met CE worden geassocieerd, hebben dus, met uitzondering van ijzererts, een heel klein aandeel in de in Nederland gebruikte grondstoffen.

Wat betreft de bijdrage die een CE mogelijk kan hebben voor het klimaatbeleid is van belang dat de fossiele-energiedragers niet alleen direct bijdragen aan de broeikasgasemissies bij de verwerking van grondstoffen en materialen, maar ook zelf een belangrijke rol spelen als grondstof.

Het verbruik van fossiele-energiedragers kent dus grofweg twee toepassingen. Ten eerste een *energetisch* gebruik ofwel verbranding voor het genereren van kracht, voor verhitting of voor elektriciteitsproductie. En ten tweede een

niet-energetisch gebruik, waarbij fossiele-energiedragers – al dan niet in combinatie met directe verbranding (het zogenaamde *duale* gebruik) – als grondstof worden benut, zoals bij de productie van staal en plastics (Vollebergh et al., 2017).

Het energetisch gebruik van fossiele-energiedragers zorgt hierbij voor de *directe* broeikasgasemissies bij de verbranding. Maar bij het gebruik ervan als grondstof wordt de koolstof in het halffabricaat of product *opgeslagen* en komen de broeikasgasemissies pas vrij in een later stadium in de keten, bijvoorbeeld in de afvalfase. Daarbij is het, vanuit het gezichtspunt van de CE, wel relevant dat bij de verwerking van fossiele-energiedragers als grondstof – net als bij de verwerking van andere grondstoffen – ook nog andere emissies vrijkomen, zoals luchtverontreinigende uitstoot en vervuiling door chemische stoffen.

Energieverbruik (in petajoule) en CO_2-emissie (in megaton) naar toepassing in Nederland in 2015 **TABEL 1**

	Fossiele-energiedragers			Indirecte levering	
	Energetisch PJ	Niet-energetisch[1] PJ	CO_2-emissie Mton	Energetisch PJ	CO_2-emissie Mton
Grondstoffenwinning					
Totaal	2	0	0,1	3	0
Basisindustrie					
• Kunstmest	24	69	5,5	4	0,3
• Overig basischemie	123	466	11,8	105	7,2
• Basismetaal[2]	27	64	6,6	13	2,7
• Bouwmaterialen	20	0	1,6	4	0,7
• Papier	6	2	0,8	14	0,8
Verwerkende industrie en bouw					
Totaal	54	10	4,4	44	5,2
Afvalfase					
Totaal	5	0	6,6	10	0,3
Totaal	266	616	37,5	204	17,2
Aandeel in Nederlands totaal	14,3%	99%	19,1%	34,4%	8,8%

[1] *Niet-energetisch is inclusief duaal verbruik (gelijktijdige verwerking fossiel als brandstof en grondstof bij vervaardiging van materialen als aluminium, ijzer en staal of cement)*
[2] *Totaal basismetaal, dus ijzer, staal en non-ferro-metaal*

Bron: Drissen en Vollebergh (2018)

Tabel 1 laat zien waar in de keten van grondstofwinning tot afval beide toepassingen van de fossiele-energiedragers een rol spelen, en wat daarbij de relatie is met de broeikasgasemissies. Uit dit overzicht blijkt dat in de keten van grondstofwinning tot afval een groot deel van deze emissies direct of indirect gerelateerd is aan de basisindustrie in Nederland, met name de basischemie. Niet alleen is in de basischemie het niet-energetisch gebruik van fossiele-energiedragers wel viermaal zo groot als het directe energetische gebruik, er komt ook nog eens veel indirecte broeikasgasemissie vrij via de levering van elektriciteit en raffinageproducten (de laatste twee kolommen). De basisindustrie is goed voor ruim 13,5 procent van de directe broeikasgasemissies in Nederland, en 19,5 procent als ook de indirecte emissies worden meegerekend. Bovendien zorgt deze industrie voor een enorme opslag van fossiele-energiedragers in halffabricaten die later in de keten weer vrijkomen als broeikasgasemissies. En uit de analyse van Vollebergh et al. (2017) blijkt verder dat bij de verwerking van grondstoffen, zowel fossiel als niet-fossiel, ook veel andere milieuschadelijke emissies ontstaan.

Wat zeggen deze cijfers over het energieverbruik voor het Nederlandse klimaatbeleid? Een deel van de klimaatdoelstelling kan worden gerealiseerd door de energieproductie (met name voor huishoudens en het midden- en kleinbedrijf) schoner te maken, bijvoorbeeld door de brandstofmix van elektriciteitscentrales te substitueren, zoals van kolen overgaan op gas of hernieuwbaar. Ook koolstofopslag is een optie. Maar uiteindelijk is dat niet voldoende om tegemoet te komen aan de zeer stringente eisen van het klimaatbeleid, met name in de industrie. Daarvoor is 'diepe decarbonisatie' nodig, waarbij ook in de productieprocessen in industrie en landbouw nog gezocht moet worden naar veel minder koolstofintensieve grondstoffen (De Boer en Oudshoorn, 2018).

En dat zijn dus ook de grondstoffen waarop het beleid zich ten aanzien van de CE richt. Als er minder fossiele-energiedragers worden ingezet, komen er vanzelfsprekend verderop in de keten ook minder CO_2-emissies vrij. Maar ook andere opties kunnen voor ingrijpende decarbonisatie zorgen, bijvoorbeeld hernieuwbare bronnen zoals de productie van chemische basismaterialen uit waterstof via elektrolyse.

Naast aandacht voor grondstoffenstromen speelt ook *recycling en hergebruik* een grote rol in het CE-beleid. Daarbij gaat het dus om het langer in de keten houden van grondstoffen, materialen en (half)fabricaten. Door recycling en hergebruik kunnen de 'opgeslagen' fossiele-energiedragers (met name koolstof) langer in de keten worden gehouden, waardoor er ook minder emissies bij de afvalverwerking vrijkomen. De uitstoot wordt als het ware uitgesteld. De hoofdreden waarom dit tot een besparing op broeikasgasemissies leidt, is dat bij gebruik van materialen en producten als (secundaire) grondstof doorgaans minder energie nodig is dan bij de verwerking van primaire grondstoffen (Vollebergh et al., 2017). Vooral bij metalen (platina, aluminium en staal) is er veel energiewinst te behalen (72 tot 95 procent), maar ook bij cement (tot 70 procent energiewinst) en kunststoffen (64 tot 81 procent energiewinst). Bij de productie van koper en roestvrij staal is de energiewinst het kleinst (12 à 17 procent). Verder zijn voor papier, beton en glas (respectievelijk 31, 38 en 45 procent) de voordelen minder, maar nog steeds aanzienlijk. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de bestaande recyclingpercentages voor een aantal materialen al in de buurt liggen van het maximaal haalbare percentage bij de bestaande inzamelstructuur. Hogere percentages zijn dan niet eenvoudig haalbaar, zeker niet wat betreft secundaire materialen van vergelijkbare kwaliteit. Bovendien is van belang dat daar waar de energiebesparing groot lijkt, ook al een groter percentage recycling wordt gerealiseerd.

De conclusie uit deze analyse is dat het gebruik van grondstoffen, energie, en CO_2-emissies in Nederland tot op zekere hoogte complementair zijn. De reden hiervoor is de dominante rol van fossiele-energiedragers bij zowel de verbranding als het grondstofverbruik. Deze complementariteit is met name goed zichtbaar in de (basis)industrie. Daar lijkt het mogelijk om grote voordelen te behalen met productieprocessen waarin fossiele-energiedragers een veel geringere rol spelen. Ook andere milieuschadelijke emissies die in het CE-beleid een rol spelen, kunnen daar in principe van profiteren. Daarnaast zijn er nog mogelijkheden voor besparing op broeikasgasemissies via recycling en hergebruik.

DE ROL VAN HET OVERHEIDSBELEID

Gezien de complementariteit van grondstoffen, fossiele energie en CO_2-emissies zou het CE-beleid in Nederland in staat moeten zijn om grondstofverbruik en broeikasgasemissies tegelijkertijd te reduceren. Op deze wijze kan CE dus een belangrijke bijdrage leveren aan het realiseren van de klimaatdoelstellingen van de overheid. Het klimaatbeleid richt zich nu vooral op het vrijkomen van directe emissies bij met name verbranding van fossiele energiedragers, en niet zozeer op de opslag of het langer in het systeem houden van het gebruik van fossiele energiedragers als grondstof. Bij het CE-beleid is dat juist wel het geval, omdat hierdoor ook minder andere emissies vrijkomen en de omvang van het afval kan worden teruggedrongen. Bovendien heeft de ketenbenadering in het CE-beleid meer oog voor de samenhang van productieprocessen en onderlinge leveringen bij het grondstof- en materialenverbruik. Hierdoor kan er maar aandacht zijn voor een integralere aanpak.

De vraag is echter hoe dit CE-beleid te instrumenteren. Een belangrijke kandidaat hiervoor is een grondstoffenbelasting op fossiele-energiedragers. In de ideale situatie zou een verzameling generieke emissiebelastingen het superieure instrument zijn om alle emissies terug te dringen die in het kader van het klimaat- en CE-beleid aan de orde zijn. In theorie kan een grondstofbelasting alleen beter zijn dan een emissiebelasting, als de emissiebelasting niet generiek kan worden toegepast, bijvoorbeeld vanwege administratiekosten. Zo is het plasticafval in de oceaan moeilijk te belasten, zodat je beter met belasten aan het begin van de productieketen van plastic kan beginnen. Ook kan zo'n inputbelasting indirect emissies belasten die niet onder het klimaatbeleid vallen. Deze redenering gaat dus ook op voor een koolstof-

belasting op zowel het energetische als niet-energetische gebruik van fossiele-energiedragers. Daarbij moet idealiter wel rekening worden gehouden met het feit dat alle koolstof die in producten blijft en niet tot emissies leidt, vanuit het klimaatbeleid gezien niet zou moeten worden belast – en soms zelfs gesubsidieerd zou kunnen worden als dit werkt als een koolstofopslag. Tegelijk is het dan wel cruciaal dat verderop in de keten koolstof wordt belast als het bijvoorbeeld in de afvalfase vrijkomt.

Zo'n grondstoffenbelasting bevordert in de eerste plaats direct het zoeken naar alternatieve grondstoffen ('substituten') die geen of minder koolstof bevatten, of vrijgesteld kunnen worden omdat er geen netto-bijdrage wordt geleverd over de hele keten (biomassa). Dat effect doet zich voor bij zowel de elektriciteitsproductie – nu een belangrijke indirecte bron van broeikasgasemissies voor de industrie – als bij de industrie zelf. Daarnaast bevordert deze belasting ook het langer in de keten vasthouden van primaire grondstoffen via *recycling en hergebruik*.

Een belangrijk argument dat dus pleit voor een grondstoffenbelasting is de relatie van het grondstoffengebruik met andere milieuschade (Vollebergh et al., 2017). Een betere beprijzing van de momenteel onvoldoende beprijsde milieuschade zal dan niet alleen de doelen voor het klimaatbeleid en de CE dichterbij brengen, maar ook nog positieve neveneffecten ('co-benefits') hebben als gevolg van het gelijktijdig verminderen van luchtverontreiniging (Bollen et al., 2009). Hiervoor is het dus van belang om een bredere beprijzing van fossiele grondstoffen te realiseren dan nu het geval is, waarbij er alleen de relatie met verbrandingstoepassingen wordt gelegd (accijnzen op minerale oliën) of waarbij deze relatie heel indirect is (elektriciteit).

Tabel 2 laat zien dat van zo'n brede beprijzing momenteel nog geen sprake is in Nederland. Omdat alleen energetische koolstof wordt belast (kolom 2) en niet-energetische koolstof volledig onbelast blijft (kolom 4), en er sprake is van diverse vrijstellingen, wordt dus ook lang niet alle energetische koolstof belast (kolommen 1 en 3). Uiteindelijk wordt effectief slechts de helft van de totale koolstof direct of indirect belast (kolom 6).

Deze berekening is gebaseerd op een toerekening van de bestaande energiebelastingen in Nederland, te weten de belastingen op de consumptie van aardgas en elektriciteit en minerale oliën. Deze zijn vooral vormgegeven als een belasting op de eindverbruikers van deze energieproducten (Vollebergh et al., 2017). Volgens deze toerekening valt in totaal nu zo'n 45 procent van het fossiele energieverbruik buiten de belastinggrondslag van de in Nederland van toepassing zijnde belastingen op energie. De tabel laat zien dat er forse vrijstellingen bestaan bij het energetisch verbruik. Dit heeft onder meer te maken met het feit dat de omzettingsverliezen bij elektriciteitsproductie en olieraffinage onbelast zijn. Niet-energetisch verbruik bestaat voornamelijk uit de inzet van aardolie, en in mindere mate aardgas en kolenproducten (steenkool, bruinkoolcokes en dergelijke).

Nadere analyse van de milieuschade die het verbruik van fossiele-energiedragers teweegbrengt – onder meer bij de fabricage van ijzererts, kunstmest en plastics – toont aan dat de schade aanzienlijk is, zowel direct als indirect in de keten, waarbij een deel van die milieuschade buiten Nederland plaatsvindt (Vollebergh et al., 2017). Inderdaad blijkt de milieuschade veel groter in omvang dan alleen de schade door broeikasgassen. Vaak is de milieuschade door luchtverontreiniging zelfs groter dan die door de uitstoot van broeikasgassen. Omdat deze milieuschade nu onbelast blijft, worden de keuzes van bedrijven met betrekking tot de inzet van grondstoffen, materialen en energie verstoord. Het maakt bovendien duidelijk dat, naast een positief effect op klimaatschade, er óók nog extra voordelen zijn te behalen met betrekking tot andere milieuschade, zoals luchtverontreiniging.

Uit deze berekening blijkt dat de productie van materialen en halffabricaten jaarlijks ongeveer zeven miljard euro aan milieuschade veroorzaakt (ongeveer achttien procent van de totale milieuschade). Deze schade wordt momenteel nagenoeg niet beprijsd. Deze zeven miljard euro kan gebruikt worden als een benadering van de mogelijke belastingontvangsten vanwege de fiscale beprijzing van een milieubelasting op met name fossiele grondstoffen bij productie. Deze ontvangsten zijn ongeveer gelijk aan 13 procent van de btw-ontvangsten (53 miljard op basis van de Miljoenennota

2018) en 32 procent van de vennootschapsbelastingontvangsten (22 miljard op basis van de Miljoenennota 2018). Dat komt neer op 2,5 procentpunt voor de btw, aangenomen dat het effectieve tarief 18 procent is, en 8 procentpunt voor de vennootschapsbelasting, uitgaande van een effectief tarief dicht tegen de 25 procent aan.

Om na te gaan waar de beleidsruimte zit, is wel een goede afstemming van belang op de bestaande instrumenten in het kader van de klimaatbeprijzing (Vollebergh, 2018). Allereerst valt op dat de milieuschade van de klimaatverandering door verbranding al gedeeltelijk beprijsd wordt middels de energiebelastingen – zij het soms indirect, zoals bij de belasting op elektriciteit, en ook via het Europese emissiehandelssysteem (ETS) (zie ook de bijdrage van Vrjiburg, Brink en Dijk aan deze preadviezen). Daarbij valt op dat de tarieven voor het midden- en grootverbruik van de belastingen op aardgas en elektriciteit lager zijn dan de veroorzaakte milieuschade door verbranding, terwijl de tarieven voor het kleinverbruik soms juist hoger zijn dan de veroorzaakte milieuschade. Zodoende zal het meer in lijn brengen van de tarieven voor midden- en grootverbruik, met de veroorzaakte milieuschade vanwege de complementariteit, al een eerste impuls geven aan een meer circulaire economie. Daarbij is het dus van belang om rekening te houden met de effecten op de luchtverontreinigende stoffen (NEC-stoffen), waarvoor er nationale emissieplafonds zijn afgesproken, en die veelal minstens even schadelijk zijn als de broeikasgassen. Dit is voornamelijk relevant voor luchtverontreiniging door bedrijven die onder het ETS vallen, aangezien het ETS alleen is gericht op CO_2-beprijzing. Hoewel CO_2-beprijzing van belang is voor het behalen van de langetermijndoelstellingen van het Akkoord van Parijs, zorgt een verbeterde luchtkwaliteit voor een directe welvaartsverbetering in Nederland.

Daarnaast valt op dat sommige energiedragers, zoals kolen, helemaal niet zijn belast, en elektriciteit juist wel, terwijl deze alleen indirect aan emissies gerelateerd is. Ook maakt de voorgaande analyse duidelijk dat daarnaast nog beleidsruimte is voor het beprijzen van de milieuschade die

Grondslag van belastingen op energie in relatie tot energieverbruikssaldo in Nederland in 2015

TABEL 2

Fossiele-energiedrager	Energetisch gebruik		Niet-energetisch gebruik (inclusief duaal verbruik)		Totaal	
	(1) PJ	(2) Percentage grondslag belast	(3) PJ	(4) Percentage grondslag belast	(5) PJ	(6) Effectief belast PJ
Aardolie	715	64	459	0	1.174	459
Aardgas	1.094	64	92	0	1.186	725
Kolen	394	20	67	0	461	96
Hernieuwbaar	144	51	1	0	145	26
Kernenergie	39	19	0	0	39	9
Overig	70	35	1	0	71	28
Totaal	2.456	55	619	0	3.076	1.344

Bron: Vollebergh et al. (2017)

wordt veroorzaakt door het niet-energetisch gebruik van fossiele-energiedragers. Afhankelijk van het specifieke proces leidt dit tot een sectorspecifieke aanpassing van de energiebelasting, of tot een sectorspecifieke belasting op een andere input van het productieproces (Vollebergh et al., 2017). Uiteindelijk zijn de exacte grondslag- en tariefkeuzes afhankelijk van het specifieke productieproces. Relevant is verder dat

Grondstoffengebruik gaat in veel gevallen vroeg of laat gepaard met milieuvervuiling

inputbelastingen weliswaar effectiever zijn dan outputbelastingen, maar dat, binnen een keten van productieschakels, de output van de ene schakel de input van de daaropvolgende schakel is. Uit het perspectief van de uitvoeringskosten van het belastingstelsel kan een belasting op de fysieke output van een specifieke sector doelmatig zijn wanneer deze correleert met de niet-energetische schade in een latere schakel, en kan deze outputbelasting als alternatief gekozen worden voor de inputbelasting in de latere schakel. De verpakkingenbelasting (op 1 januari 2013 weer ingetrokken) was een voorbeeld van een dergelijke toepassing van een outputbelasting waarin een beperkt aantal producenten en importeurs van verpakkingen als belastingsubject waren aangewezen. Vergelijkbaar is het inzicht dat een inputbelasting en een importheffing effectief dezelfde prikkel geven.

Wat betreft de hoogte van de tarieven is verdere studie noodzakelijk, omdat daartoe de milieuschade moet worden gerelateerd aan de daadwerkelijk gebruikte hoeveelheden fysieke grondstoffen, waarvoor betrouwbare informatie ontbreekt. De geschatte mondiale milieuschade in de gehele keten kan worden gezien als een benadering voor de effectieve belastingdruk die zou volgen uit het beprijzen van milieuschade. Deze benadering is wel afhankelijk van een juiste inschatting van de gemonetariseerde milieuschade. De inschatting van deze waarde is onzeker, niet alleen als gevolg van onzekerheden over de monetaire waarde van de schaduwprijzen.

Met betrekking tot de meest vervuilende materialen en halffabricaten kan er van het beprijzen van de volledige mondiale milieuschade hoogstwaarschijnlijk een grote prikkel uitgaan tot het verminderen van het grondstoffengebruik. De vraag daarbij is in hoeverre er ook rekening moet worden gehouden met het risico van verplaatsing. Voor de meeste sectoren zal een grondstoffenbelasting leiden tot een relatief lage effectieve milieubelastingdruk ten opzichte van de productiewaarde in Nederland, maar voor sommige energie-intensieve bedrijven ligt dat heel anders. Doeltreffend en doelmatig overheidsbeleid houdt daarom zowel vanuit concurrentieoverwegingen als vanuit het perspectief van de totale mondiale milieuschade ook rekening met het risico van verplaatsingseffecten. Dit betekent dat het doelmatig lijkt om het beprijzen van milieuschadelijk gebruik van inputs (zowel energie als niet-energie) te combineren met compenserende maatregelen die de gemiddelde belastingdruk van het bedrijfsleven niet te veel laat stijgen.

Gedacht kan dan worden aan doelmatig innovatiebeleid, een verlaging van het algemene tarief in de vennootschapsbelasting en, voor zover juridisch mogelijk, aan gerichte importheffingen of equivalente instrumenten – of een combinatie van deze opties. Bij de compensatie moet de nadruk liggen op de gemiddelde belastingdruk, en zeker niet bij het inputgebruik (zoals de vrijstellingen in de huidige energiebelasting). Het is namelijk van belang dat bedrijven de juiste prikkel ervaren bij de keuze van de hoeveelheid input die wordt gebruikt in het productieproces, en bij de keuze voor de technologie waarmee er wordt geproduceerd. Mogelijk leidt een betere milieubeprijzing ertoe dat het doelmatig is om aftrekposten te herzien van de vennootschapsbelasting aangaande milieu en energie.

CONCLUSIE

Dit hoofdstuk laat zien dat er volop kansen zijn voor een gericht beleid, waarmee zowel klimaatdoelstellingen als doelstellingen van de circulaire economie dichterbij gebracht

kunnen worden. De aandacht in de CE is sterk gericht op het terugdringen van het primaire grondstoffengebruik, dat nauw gerelateerd is aan de inzet van fossiele-energiedragers in Nederland, zowel als grondstof als voor de verbranding. Daarom is er sprake van complementariteit tussen de transitie naar de CE en het klimaatbeleid. Het ligt voor de hand dit beleid te stimuleren door de inzet van een belasting op fossiele grondstoffen die gebruikt worden bij de productie van materialen en eindproducten. Hiervoor kan betrekkelijk eenvoudig worden aangesloten op de bestaande systematiek van de energiebelasting. Aanpassingen zijn dan wel nodig, zoals een grondslag die meer op input dan op output is gericht, een betere tariefstructuur, en het opheffen van allerhande vrijstellingen, zoals voor het gebruik van fossiele-energiedragers als grondstof en voor metallurgische en mineralogische processen. Dan moeten er wel compenserende maatregelen komen, omdat een doeltreffend en doelmatig overheidsbeleid – zowel vanuit concurrentieoverwegingen als vanuit het perspectief van de totale mondiale milieuschade – ook rekening houdt met het risico van verplaatsingseffecten.

In het kort

- De circulaire economie vraagt aandacht voor het terugdringen van primair grondstofgebruik en het tegengaan van afval.
- De circulaire economie en het klimaatbeleid kunnen elkaar in Nederland versterken.
- Een grondstoffenbelasting draagt bij aan het gelijktijdig bereiken van beide doelstellingen.

LITERATUUR

Boer, H. de, en C. Oudshoorn (2018) Succesvol Klimaatakkoord vraagt uitgekiende aanpak. *ESB*, te verschijnen.

Bollen, J.C., B. van der Zwaan, C. Brink en H. Eerens (2009) Local air pollution and global climate change: a combined cost-benefit analysis. *Resource and Energy Economics*, 31(3), 161–181.

CPB (2018) *Niet-hernieuwbare grondstoffen voor de circulaire economie, een economische analyse van de werking en beperking van grondstoffenmarkten*. CPB Achtergronddocument, 20 juni.

Drissen, E. en H.R.J. Vollebergh (2018) *Kan de circulaire economie een bijdrage leveren aan de energietransitie?* PBL Rapport, 3277.

Prins, A.G., S. Slingerland, A.J.G. Manders et al. (2011) *Scarcity in a sea of plenty? Global resource scarcity and policies in the European Union and the Netherlands*. PBL Policy Studies, 500167001.

Vollebergh, H.R.J. (2018) *Haasje over? Instrumentering van transities: van uitdaging naar uitvoering*. Oratie, Tilburg University.

Vollebergh, H., J. Dijk, E. Drissen et al. (2017) *Fiscale vergroening: belastingverschuiving van arbeid naar grondstoffen, materialen en afval. Verkenning van belastingen voor het stimuleren van de circulaire economie*. PBL Beleidsstudie, 2853.

Slim energiebeleid voor een stugge vastgoedmarkt

Hoe kan slim beleid ervoor zorgen dat de stugge vastgoedmarkt effectief gaat bijdragen aan de realisatie van het milieuakkoord? De wetenschappelijke vastgoedliteratuur biedt een aantal nuttige inzichten in het licht van de grote energie-uitdagingen waar Nederland voor staat.

DIRK BROUNEN
Hoogleraar aan Tilburg University

NILS KOK
Universitair hoofddocent aan de Universiteit Maastricht

Goed nieuws, er is een akkoord over het klimaat! Volgens dat Klimaatakkoord zal de Nederlandse CO_2-uitstoot in 2030 met 49 procent worden teruggedrongen ten opzichte van 1990. Een CO_2-besparing die geheel in overeenstemming is met de internationale klimaatafspraken waarmee de opwarming van de aarde beperkt moet blijven tot maximaal 2 °C. Nederland is daar, in ieder geval op papier, helemaal klaar voor. Maar helaas is er ook slecht nieuws. Onze huidige CO_2-uitstoot ligt slechts twaalf procent onder de uitstoot van 1990. Wij moeten de komende periode dus een driedubbele CO_2-besparing bereiken, in de helft van de tijd. Daarvoor rekent het Klimaatakkoord op een ambitieuze medewerking van de vastgoedmarkt én de consument. Onze gebouwde omgeving is namelijk verantwoordelijk voor ruim dertig procent van de huidige CO_2-uitstoot. Maar hoe breng je een conservatieve sector als de vastgoedmarkt en een matig geïnformeerde vraagzijde tot het maken van ingrijpende duurzame keuzes in een tijd waarin de economie oude (en slechte) gewoontes riant beloont? In deze bijdrage bespreken wij de meest waardevolle inzichten uit de wetenschap waarmee slim energiebeleid kan worden ingericht om stugge stakeholders tot voortvarende bondgenoten te maken.

HET KLIMAATAKKOORD EN DE BEBOUWDE OMGEVING

In het Klimaatakkoord staat de energetische verbetering van de bestaande vastgoedvoorraad centraal. Grootschalig empirisch onderzoek toonde immers al aan dat de thermische kwaliteit van de woning van grote invloed is op het actuele energieverbruik (Brounen et al., 2012). Zo heeft de aanscherping van de bouwnormen in de vroege jaren tachtig, geïntroduceerd na de oliecrisis, ervoor gezorgd dat betere buitenmuurisolatie het gemiddelde gasverbruik structureel met ruim twintig procent heeft verlaagd. Dat is dus beleid dat heeft gewerkt. Maar voor de volgende periode tot aan 2030 zijn er grotere stappen nodig en kunnen we niet enkel leunen op de aangescherpte energetische normen voor nieuwbouw. Daarvoor zijn er meerdere redenen.

Allereerst ververst de woningvoorraad zichzelf daarvoor te traag. We bouwen per jaar slechts zo'n 70.000 tot 80.000 woningen, op een totale woningvoorraad van 7,7 miljoen.

Het duurt dus nog ruim honderd jaar voor een groot deel van de woningvoorraad ververst is, waarbij vele van de huidige woningen er in de 22e eeuw gewoon nog zullen staan. Bovendien zijn ontwikkelaars, aannemers en technische installatiebureaus vaak geneigd om de veilige weg te bewandelen door beproefde techniek te implementeren, in plaats van de nieuwste ontwikkeling op duurzaamheidsgebied. Dat heeft enerzijds te maken met kennis – het duurt vaak even voordat nieuwe technologie doordringt in de maatschappij (de adoptie van innovaties heeft de welbekende S-curve), waarbij betere voorlichting zou kunnen helpen. Maar nieuwe technologie vereist ook scholing en bijscholing; we kunnen er niet van uitgaan dat de toenemende complexiteit van verwarmingssystemen, warmtepompen en stroomopslag in batterijen simpelweg door de bouw wordt opgepakt.

Lang niet alle huishoudens benutten de mogelijkheden om het energieverbruik in de woning te verlagen

Daarnaast zijn duurzaamheidsinnovaties voor alle stakeholders in de bouw risicovol – Amerikaans onderzoek laat zien dat duurzaam bouwen niet per se zeer kostbaar is, maar vaak wel leidt tot langere ontwikkeltrajecten (Chegut et al., 2017). Ontwikkelaars willen de eventueel hogere bouwkosten en het meer onzekere ontwikkeltraject van duurzaam vastgoed terugzien in de verkoopprijs van nieuwbouw. De consument lijkt echter nog relatief onwetend waar het gaat om de waarde van duurzaamheidsinvesteringen. In de bouw heerst dan ook vaak de gedachte dat deze extra investeringen niet weerspiegeld zullen worden in de verkoopprijs. Deze aanname lijkt onterecht. Meerdere studies hebben al aangetoond dat de consument *meer* betaalt voor energiezuinige woningen, tot wel tien procent voor een A+-woning, en *minder* voor een onzuinige woning, met een gemiddelde prijsreductie van zo'n vijf procent (Brounen en Kok, 2011; Kahn en Kok, 2013). De juiste financiële prikkels vanuit banken, het Nibud en de NHG kunnen hier wellicht een rol spelen, door een hogere financiering voor duurzame nieuwbouwwoningen toe te staan, ook omdat de lagere energierekening de hypotheek van een duurzamere woning minder risicovol maakt.

Er zijn dus de nodige uitdagingen en problemen met betrekking tot verduurzaming van nieuw te bouwen woningen, maar de crux van de uitdaging zit in de bestaande bouw – hier kan én moet nog steeds veel op energie en bijbehorende CO_2-uitstoot worden bespaard. Voor deze transitie is er uiteraard ook oog voor duurzame opwekking noodzakelijk. Nederland moet en wil van het gas af, en de vastgoedmarkt kan daarbij helpen door te investeren in energie-efficiëntie en nieuwe energiebronnen aan huis. Duurzame investeringen die zich op termijn kunnen terugbetalen, althans op papier. Zowel via lagere energierekeningen voor de gebruiker, als via lagere CO_2-uitstoot voor de maatschappij als geheel.

Maar veel van deze energetische verbeterplannen zijn geïnspireerd op de technische mogelijkheden die het afgelopen decennium snel zijn opgekomen. Driedubbelglas, warmtepompen, pur-muurisolatie, zonnepanelen en slimme meters zijn voorbeelden van technische innovaties die de laatste jaren steeds vaker worden ingezet om het energieverbruik in de woning te verlagen. Maar lang niet alle huishoudens maken gebruik van de mogelijkheden die hun worden geboden en de geraamde besparingen worden niet altijd gerealiseerd. Er is een groeiende kloof tussen wat vanuit kostenoogpunt duurzaam kan, en wat de consument duurzaam doet, een kloof die in de literatuur bekend staat als *the energy efficiency gap* (Allcott en Greenstone, 2012). Het gedrag van de consument speelt hierbij een grote rol. Zowel de adoptie als het gebruik van energetische verbeteringen vereist menselijke keuzes, en om mensen te verleiden tot het maken van duurzame keuzes blijkt in de praktijk ingewikkelder dan door beleidsmakers wordt gedacht.

Er is al veel onderzoek gedaan naar energieverbruik en energiebesparing in de gebouwde omgeving. In dit artikel bespreken wij de belangrijkste uitkomsten van de studies die kunnen helpen bij het opschalen van de vastgoed-

bijdrage aan de energietransitie, steeds met aandacht voor de bijbehorende gedragscomponenten. Deze beleidslessen kunnen helpen bij het ontwerpen van de regelgeving die noodzakelijk is om onze doelstellingen zoals geformuleerd in het Klimaatakkoord te bereiken.

BELEIDSINZICHT 1: BESPAREN, DE KRACHT VAN INFORMATIE

Kennis is macht. Onder de titel *Knowledge is less power* publiceerden Jessoe en Rapson in 2014 overtuigend bewijs dat goed geïnformeerde consumenten driemaal sterker reageerden op een verhoging van elektriciteitsprijzen, gemeten als een daling in de energievraag. Een belangrijke studie die laat zien dat veel besparingsbeleid kan worden versterkt door consumenten te voorzien van de juiste informatie. Hieronder bespreken wij de implicaties van drie studies over de rol van informatie bij het energieverbruik op de Nederlandse woningmarkt.

ENERGIEBEWUSTZIJN

Om consumenten te verleiden tot een investering in energiebesparing, is kennis van het huidige energieverbruik in de eigen woning van groot belang. Net zoals financiële geletterdheid noodzakelijk is voor betere financiële beslissingen van de consument (Lusardi en Mitchel, 2007). Besparingen en investeringen kunnen alleen dan in het juiste perspectief worden gezien. Maar wat weet de Nederlander eigenlijk over zijn huidige energieverbruik? Met deze eenvoudige kernvraag gingen wij aan de slag (Brounen et al., 2012). Met behulp van het DHS-huishoudpanel waren wij in staat om een aantal energievragen te stellen aan 1.721 huishoudens, die samen een representatieve doorsnede vormen van de Nederlandse samenleving. Wij stelden vragen over het maandelijkse energievoorschot, het gebruik van de thermostaat en de voorkeuren van consumenten bij de keuze voor een nieuwe cv-ketel.

De resultaten waren verrassend, maar ook verontrustend. Hoewel Nederlanders toch bekend staan als een zuinig volkje dat graag op de kleintjes let, bleek 44 procent van de ondervraagden geen enkele kennis te hebben van hun gasverbruik in de eigen woning. Uiteraard ontvingen zij jaarlijks een afrekening van de gasrekening, maar zij waren niet in staat om op basis hiervan een uitspraak te doen over hun energieverbruik of maandlasten. In veel gevallen bleek men ook niet de moeite te nemen om eenvoudige thermostaatinstellingen te activeren die hen zouden helpen bij het verlagen van hun verbruik. Bijna 25 procent van de respondenten bleek thuis de thermostaat 's nachts niet lager te zetten dan in de avond of gedurende de dag. Verder bleek dat een groot deel van de ondervraagden slecht in staat is om eenvoudige energievraagstukken op te lossen. We legden respondenten een keuze voor tussen twee modellen cv-ketels, met verschillende prijs en verbruik. Niet minder dan veertig procent van de respondenten gaf aan niet in staat te zijn om de meest duurzame (en voordelige) keuze zelfstandig te maken. Kortom, energiekennis is nog geen algemeen goed, net zoals financiële kennis op een lager niveau ligt dan vaak gedacht wordt. Het is dan ook riskant om te veronderstellen dat huishoudens zelfstandig energiebesparingsmogelijkheden kunnen onderkennen. Een groot deel van de Nederlandse huishoudens is zich niet of onvoldoende bewust van het huidige verbruik om de omvang van de gepresenteerde besparingen op waarde te kunnen schatten. Deze simpele maar belangrijke bevinding werd recent bevestigd door onderzoek van Fowlie et al. (2015), waarbij slechts één procent van een steekproef van huishoudens in Michigan deelnam aan een gratis energieverbeteringsprogramma. Kennis, informatie en bewustwording zijn dan ook elementaire ingrediënten binnen een effectief energiebeleid.

REBOUND-EFFECTEN IN ONS ENERGIEVERBRUIK

Naast het aanscherpen van nieuwbouwnormen en het labelen van de energetische kwaliteit van bestaande woningen is er ook steeds vaker nationaal en/of regionaal beleid dat gericht is op het verbeteren van de thermische kwaliteit van de bestaande woning. Om het nieuwe Klimaatakkoord en de transitie naar een gasloze woningmarkt te laten slagen, zal de energetische kwaliteit van de bestaande voorraad actief moeten worden verbeterd. Hiertoe is (subsidie)beleid ontwikkeld en ingezet. Zo beloonde de regeling *Meer Met Minder* huishoudens voor

aangetoonde verbeteringen in de energieprestaties van hun woning. Op deze manier ondersteunde de overheid consumenten op hun pad naar toekomstige energiebesparing, en als we kijken naar de aantallen (2.100) huishoudens dat gebruikmaakte van het subsidieprogramma, was *Meer Met Minder* succesvol. Voor het meten van aangetoonde verbeteringen hanteert de overheid het (door velen verguisde) energielabel, een theoretische benadering van de energiezuinigheid van een woning. Maar hoeveel van de geraamde besparingen worden er in de praktijk ook daadwerkelijk bereikt?

Al vanaf de introductie van het energielabel in ons land wordt er gespeculeerd over het verschil in het energieverbruik dat het label belooft en het verbruik dat vervolgens in de praktijk moet worden afgerekend. Sommigen schrijven dit verschil toe aan de onderliggende ramingsmodellen van het label; deze zouden met name voor de energiezuinige woning wellicht te optimistisch zijn. Er bestaat echter een alternatieve verklaring voor dit verschil, en opnieuw speelt daarbij niet de techniek maar het gedrag van de consument de hoofdrol. Al bijna 150 jaar lang wordt er gesproken over hoe gedragseffecten de consumptie van energie bepalen. Zo beschreef Jevons (1866) hoe de uitvinding van efficiënte stoommachines het verbruik van kolen juist *vergrootte*. De efficiëntiewinst zorgde ervoor dat de kosten van het stoomgebruik daalden, waardoor de totale vraag naar kolen steeg. Dit tegengestelde effect, waarbij efficiëntie zorgt voor meer vraag, kennen wij als het zogenaamde *rebound-effect*. Consumenten passen aan de voortschrijdende techniek hun gedrag en verbruik aan, waardoor de gerealiseerde besparingen lager uitvallen dan de geraamde besparingen (die uitgaan van ongewijzigd gebruik). Dit fenomeen komt voor in veel verschillende markten waarin de consument aan zet is. Zo rijden wij meer en harder in zuinige auto's en eten wij 's avonds meer van de light chips, ze zijn immers 'light'.

Ook in de woningmarkt zijn de eerste sporen van dit rebound-effect inmiddels vastgelegd. We volgden ruim 21.000 huishoudens die verhuisden naar een nieuw huis met een ander energielabel dan hun oude, terwijl de samenstelling van die huishoudens niet veranderde. Bij ongewijzigd gedrag zouden huishoudens die verhuizen naar een woning met betere energetische prestaties minder energie moeten gaan gebruiken. Corrigerend voor onder andere de oppervlakte vonden we dat slechts 66 procent van het geraamde verschil in energieverbruik in de praktijk wordt bereikt (Aydin et al., 2017). Als de woning energiezuiniger wordt (door verhuizing naar een huis met een beter label, of door verbetering van het huidige huis), lijken bewoners hun stookgedrag aan te passen. De woning is immers zuiniger, dus mag er best iets royaler gestookt worden. Als een woning zuiniger wordt (en die informatie bekend is bij de bewoner) vallen de CO_2-besparingen dus door gedragsverandering lager uit dan geraamd, en wordt de realisatie van klimaatdoelstellingen lastiger.

INFORMATIE-FEEDBACKLOOPS

Uit de twee voorgaande studies blijkt dat Nederlandse consumenten over het algemeen weinig weten over hun eigen energieverbruik, maar wel sterk (en soms onwenselijk) reageren op informatie over energetische winst. Met deze inzichten kan ook gewerkt worden aan positieve informatieprikkels om toekomstige energiebesparingen te vergroten. Zo kan het rebound-effect wellicht worden verkleind door de slimme inzet van informatie in zogenaamde *feedbackloops*. Allcott en Rogers (2014) lieten eerder zien dat energiebesparing in huishoudens kan worden gerealiseerd door het geven van informatie over het eigen verbruik – vooral als dat wordt vergeleken met dat van andere huishoudens. In navolging van hun studie hebben wij een kleinschalig energie-informatie-experiment uitgevoerd onder de bewoners van het eiland Texel.

Dit Texelexperiment werd uitgevoerd in drie fases. In fase 1 ontvingen bewoners eenvoudige informatie via een klein scherm aan de muur, een KIEK, waarop elke vijftien minuten informatie verscheen over hun actuele energieverbruik. In fase 2, drie maanden na aanvang, werd deze informatie completer. Het energieverbruik van de betreffende bewoner werd vanaf dat moment afgezet tegen dat van de buurt. Bovendien ontvingen bewoners concrete tips om te besparen en zo onder het gemiddelde van de buurt te komen en/of te blijven. In de derde en laatste fase maakte de KIEK bewoners ook nog eens attent op de variërende energie-

prijzen. Zij werden uitgenodigd om hun verbruik uit te stellen en af te stemmen op verwachte prijsdalingen.

De belangrijkste uitkomsten uit deze studie hadden betrekking op de overgang van fase 1 naar 2. Het verrijken van energie-informatie, door deze weer te geven in relatieve termen ten opzichte van de buurt, verlaagde het energieverbruik structureel met ruim drie procent. Zonder enige ingreep aan de woning of opdracht aan de bewoners veranderden de consumenten hun gedrag in de gunstige richting. Het effect varieerde tussen verschillende typen consumenten, maar zou in de toekomst kunnen worden ingezet om het energiebewustzijn onder Nederlanders op speelse wijze te verhogen. Bovendien kunnen deze energie-informatie-feedbackloops nuttig blijken om het onwenselijke gedrag van een rebound-effect te verkleinen. Met zon en wind die in toenemende mate onze energievoorziening overnemen, zullen variabele prijzen een steeds belangrijker thema worden, maar interessant genoeg had informatie betreffende de variërende energieprijzen geen significant effect op het energieverbruik van huishoudens. Dit in tegenstelling tot de bovengenoemde studie van Jessoe en Rapson (2014) en een studie van Ito et al. (2018). Beide studies vinden dat een *time of use*-prijsbepaling een effect heeft op het energieverbruik, al zijn morele prikkels en kennis over energieverbruik van belang op het effect.

BELEIDSINZICHT 2: DUURZAAM OPWEKKEN, ZONNIGE VOORUITZICHTEN

"Zonnestroom is een belangrijke hernieuwbare bron. De afgelopen jaren zijn de kosten van zonnepanelen sterk gedaald en heeft de installatie van zonnepanelen een grote vlucht genomen. Een goede schatting van de productie van de totale opgewekte zonnestroom in Nederland is van groot belang voor zowel de overheid om energietransitiebeleid te kunnen voeren als voor de betrokken partijen in de energiesector die als taak hebben om vraag en aanbod van elektriciteit goed op elkaar af te stemmen." Aldus het CBS in zijn voorjaarsstudie van 2018 die de adoptie en opwekcapaciteit van zonnepanelen in de Nederlandse woningmarkt in kaart bracht (CBS, 2018). Het centrale doel van het Klimaatakkoord is de reductie van de CO_2-uitstoot. Naast het verminderen van het reguliere energieverbruik in en rondom het huis, is het opschalen van hernieuwbare energie dan ook een belangrijke speerpunt van het akkoord. Het exacte zicht op de opwekking van Nederlandse zonne-energie ontbreekt echter nog. Terwijl het aanbrengen van een dakkapel bij bestaande woningen een bouwvergunning vergt, en dus wordt geregistreerd door de lokale overheden, ontbreekt deze registratie bij zonnepanelen. Installateurs kunnen zonnepanelen na installatie registreren in het zogenaamde PIR-register van de Nederlandse netbeheerders, maar zijn hiertoe niet verplicht. Hoge werkdruk en andere belangen zorgen daardoor voor een onvolledig overzicht. Overzicht dat kan helpen om goed inzicht te krijgen in het beleidsmatig effectiever stimuleren van zonnepaneeladoptie onder Nederlandse huishoudens.

Duurzaamheidsinvesteringen lijken wel degelijk te worden weerspiegeld in de verkoopprijs

Momenteel speelt in de communicatie van zonnepaneelproposities vooral de terugverdientijd een prominente rol. Hoelang duurt het voordat de netto-aankoopprijs middels jaarlijkse besparingen op de elektriciteitsrekening kan worden terugverdiend? Afhankelijk van paneelspecificaties, paneelprijzen en eventuele veronderstellingen ten aanzien van toekomstige energieprijzen en teruglevervoorwaarden, worden er steeds kortere *payback periods* berekend. In veel gevallen verdienen zonnepanelen zich na acht jaar al terug, terwijl hun technische levensduur de vijftien jaar ver overschrijdt. Geen slecht rendement vergeleken met banksparen. Toch blijft de Nederlandse paneeladoptie sterk achter bij onze buurlanden (Eurostat, 2016). Aardgasland Nederland blijkt grote moeite te hebben om de opwekking van hernieuwbare energiebronnen voldoende op te schalen.

In het geval van zonnepanelen in de woningmarkt zouden de conclusies van Dastrup et al. (2012) wellicht een

uitkomst bieden. Zij bestudeerden op grote schaal het effect van zonnepanelen op de verkoopopbrengst van woningen in San Diego. Na zorgvuldige correcties voor evidente verschillen tussen ruim 350.000 transacties, blijk het dat woningen die verkocht werden met zonnepanelen konden rekenen op een prijspremie van ongeveer drie procent. Dit is interessant en relevant voor het stimuleren van zonne-installaties in de Nederlandse woningmarkt. Want waar hier nu nog vooral gesproken wordt over een terugverdientijd van acht jaar, laten deze Amerikaanse resultaten zien dat er ook bij een woningverkoop in het jaar na de aankoop van de panelen gerekend kan worden op een flinke extra opbrengst. Het is bekend dat consumenten bij duurzame investeringen een te groot gewicht geven aan de initiële investeringskosten en te weinig gewicht aan de baten in de toekomst (*hyperbolic discounting*; zie ook Greene, 2011). Een terugverdientijd van acht jaar klinkt dan wellicht ook minder aantrekkelijk dan men zou verwachten. Het perspectief dat zonnepanelen als onderdeel van de woning ook op de korte termijn geld opleveren bij de woningverkoop verdient daarom meer aandacht, vanuit de wetenschap (een aanleiding voor Nederlandse studies) en in de (beleids)communicatie van zonnepaneelproposities. Met het juiste zicht op de totale terugverdienpotentie van zonnepanelen – zowel het directe bespaarvermogen als het indirecte waarde-effect op de woningverkoop – kan de opschaling van deze hernieuwbare energiebron aan snelheid gaan winnen. Hierbij is ook een belangrijke rol weggelegd voor de soms wat conservatieve makelaars en taxateurs in Nederland, die de meerwaarde van zonnepanelen in de woningmarkt moeten gaan onderkennen en deze moeten gaan communiceren naar hun klanten.

44 procent van de Nederlanders blijkt geen enkele kennis te hebben van het gasverbruik in de eigen woning

BELEIDSINZICHT 3: BELONEN EN BEBOETEN, SLIMME PRIKKELS IN DE VASTGOEDKETEN

Als laatste onderdeel van dit drieluik besteden wij nog kort aandacht aan het belang van effectieve beleidsprikkels. Zeker binnen de vastgoedmarkt en -keten zijn er veel belanghebbenden die kunnen meewerken aan het verduurzamen van de woningmarkt. Hypotheekadviseurs, gemeenteambtenaren, taxateurs, architecten, notarissen, ontwikkelaars, bouwondernemingen en bankiers. Zomaar een kleine greep uit de professionals die de consumenten tegenkomen wanneer zij een nieuwe woning willen kopen of bouwen. Opvallend is dat vrijwel al deze professionals worden beloond op zeer korte termijn. Hun courtages, leges, provisies en tarieven worden direct in rekening gebracht bij het begin van de transactie. Afgezien van de bankier, heeft geen van hen een belang bij het op langere termijn verhogen van de waarde van de woning in kwestie. Bovendien verdient middels deze kortetermijnbeloningen iedereen in deze keten goed wanneer de woningmarkt op volle toeren draait. Kopers wedijveren om woningen en zijn graag bereid om de gevraagde vergoedingen te voldoen in ruil voor de volgende droomwoning.

Voor een meer duurzaam keuzeproces zouden meer langetermijnprikkels en beloningen een versterkend effect kunnen geven. Wanneer duurzame woningen sterkere prijsontwikkelingen kennen, zou, bij het aankoop- of ontwikkelproces, het verbinden van de adviseursvergoeding aan die ontwikkeling die zich over langere termijn voordoet, stimulerend kunnen werken om ook hen actiever over deze duurzame waarde te laten nadenken. Nu ontbreekt deze prikkel in de vastgoedketen en wordt iedereen betaald op het moment van de transactie, ongeacht het langeretermijnperspectief van de betreffende woning. De spraakmakende studie van Levitt en Syverson liet het al in 2008 zien: makelaars verdienen weinig aan het langer vermarkten van een woning, zelfs als er een laag bod ligt. De courtage van een paar procent over een marginaal hogere meerprijs is het wachten niet waard. In tegenstelling tot wanneer makelaars hun eigen woning verkopen – die laten ze rustig langer te koop staan!

Dat een slimme inzet van beloningsprikkels duurzamere keuzes effectief kan stimuleren, werd vorig jaar bewezen bij

een groot veldexperiment met betrekking tot de verkoop van warmteboilers in de Verenigde Staten (Allcott en Sweeney, 2017). De onderzoekers bestudeerden de effectiviteit van verschillende prikkels op het verkoopsucces van de meest duurzame boilers in het assortiment. Naast eenvoudigere productinformatie, een meer prominente aanprijzing van de duurzame producten en de inzet van prijskortingen voor duurzame boilers werkten de onderzoekers ook met kleine geldbeloningen voor de verkopers in kwestie. Terwijl bij het stimuleringsbeleid van duurzame consumentenproducten nog vaak gedacht wordt dat betere of meer wervende informatie de verkoop kan stimuleren, bleek uit deze studie dat dit nauwelijks het geval was. Wanneer verkoopadviseurs hun promotiepraatje aanpasten en de nadruk legden op de duurzame boilers in financieel informatieve en begrijpelijke taal, steeg het duurzame marktaandeel nauwelijks. Ook de prijskorting op de duurzame boilers deed de verkoopcijfers amper oplopen. Het sterkste effect ging uit van de kleine geldbeloningen voor de betreffende verkopers. Steeds wanneer er 25 dollar voor de verkoopadviseur werd beloofd, steeg de verkoop van duurzame boilers significant – een resultaat met duidelijke implicaties voor de energiebesparende ambities van ook Nederlandse beleidsambtenaren. Deze studie laat zien dat duurzaam succes niet slechts een uitkomst is van de vraag. Ook aan de aanbodzijde kan er worden geïntervenieerd om het marktaandeel van de duurzame alternatieven te verhogen. Door in te spelen op de gevoeligheid voor kortetermijnbeloningen, kunnen stakeholders in de vastgoedketen worden verleid om sterker bij te dragen aan het slagen van het Klimaatakkoord.

Het belang van financiële prikkels komt ook terug bij de financiering van woningen en van duurzaamheidsinvesteringen. Hoewel de vereiste investeringsbedragen voor energiezuinigheid vaak slechts beperkt zijn, variërend van bijvoorbeeld 1.000 euro voor spouwmuurisolatie tot 12.000 euro voor een warmtepomp, heeft de consument niet altijd de financiële ruimte. Of men houdt de spaarcentjes liever op de bank, ondanks het beperkte rendement. Banken en overheid kunnen deze barrière doorbreken, bijvoorbeeld door een hogere financiering toe te staan voor duurzamere woningen, zodat consumenten meer kunnen lenen bij aankoop van een zuinig huis ten opzichte van een onzuinig huis. De additionele financiering die nodig is voor verduurzaming van de bestaande woning zou men aan de bestaande hypotheek moeten kunnen toevoegen, via toepassingen van de hypotheekrenteaftrek.

Voor banken is dit niet enkel 'goeddoenerij'. Een Amerikaanse studie laat zien dat de hypotheekfinanciering op energiezuinige woningen gecorreleerd is met minder betalingsproblemen (Kaza et al., 2014). Groene obligaties stellen banken in staat om de groenfinanciering te bundelen en als gesecuritiseerd product te verkopen aan pensioenfondsen en andere institutionele beleggers, die maar wat graag hun geld stoppen in dergelijke veilige, groene producten. De hoogste tijd om de energiezuinigheid van een woning dus standaard mee te nemen in de hypotheekverstrekking – hierbij speelt ook de toezichthouder (DNB) een belangrijke rol. Als energiezuinigheid impact heeft op betalingsethiek, dan is deze informatie geen *nice-to-have* maar een *must-have* voor banken.

CONCLUSIES: GEDRAGSVERANDERING EN BELEID GAAN HAND IN HAND

Het klimaat verandert, daarvan zijn we doordrongen. De oplossing, of in ieder geval de beperking van het probleem, ligt in het sterk reduceren van CO_2-uitstoot. Groenere centrale energieopwekking ligt hierbij voor de hand, maar ook decentrale duurzame energieopwekking en de reductie van de vraag naar energie spelen een belangrijke rol. De woningmarkt staat hierbij centraal – dit is de grootste gebruiker van stroom en stoot indirect dus veel CO_2 uit. Maar in de woningmarkt staat vervolgens de consument centraal, waarbij deze vaak niet de *homo economicus* is die de wetenschap zo graag in modellen gebruikt. Wat rationeel is voor beleidsmakers, wordt in de praktijk veelal niet opgepakt door de consument.

Barrières te over: de kennis over energieverbruik is gering, de energiebesparingen zijn soms maar klein, de installatie levert tijdelijk overlast op, en de financiële middelen zijn vaak beperkt. Echter, onderzoek leert dat gedragsveranderingen vaak relatief eenvoudig en tegen lage kosten te bewerkstelligen zijn. Geletterdheid op energievlak is van groot belang, en moet een onderdeel zijn van de educatie

op basis- en middelbare school. Informatievoorziening over het theoretische, maar ook het daadwerkelijke verbruik van woningen moet veel meer aandacht krijgen, ondanks de gevoeligheden omtrent privacy. Dit geldt niet enkel voor verbruik op jaarbasis, maar ook realtime. Consumenten moeten actief geïnformeerd worden en de uitrol van slimme meters is hiervoor belangrijk. Naast de overheid hebben ook energiebedrijven hier een belangrijke rol in, al is het verkopen van minder energie niet primair in hun belang. De toekomst van energiebedrijven ligt echter meer op het gebied van de energiepartner dan de energieleverancier. Met slimme meters, decentrale opwekking en variabele energieprijzen wordt het energiebedrijf de spin in het moderne energie-web.

Tot slot zijn de juiste financiële prikkels ook voor de energietransitie in de woningmarkt van groot belang. Ontwikkelaars mijden duurzaamheid als de perceptie is dat de consument hier niet voor betaalt. Banken passen geen differentiatie toe op hypotheekprijzen en -hoogte als energiezuinigheid niet wordt meegenomen in de risicoweging van hypotheken. En makelaars praten niet graag over energiezuinigheid wanneer het gaat om onzuinige woningen, want dit kan het verkoopproces enkel vertragen en de prijs verlagen. Zoals Akerlof al in 1970 beschreef: informatie voor de consument is van cruciaal belang. Dat geldt voor de economie in zijn algemeenheid, maar zeker ook voor de woningmarkt in de energietransitie.

In het kort

- Dertig procent van onze jaarlijkse CO_2-uitstoot vindt zijn oorsprong in de gebouwde omgeving.
- Een energiezuinige vastgoedmarkt is de hoeksteen van een geslaagd energieakkoord.
- Slim overheidsbeleid maakt gebruik van verleidende informatieprikkels voor alle partners in de vastgoedketen.

LITERATUUR

Akerlof, G.A. (1970) The market for 'lemons': quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3), 488–500.

Allcott, H. en M. Greenstone (2012) Is there an energy efficiency gap? *Journal of Economic Perspectives*, 26(1), 3–28.

Allcott, H. en T. Rogers (2014) The short-run and long-run effects of behavioral interventions: experimental evidence from energy conservation. *The American Economic Review*, 104(10), 3003–3037.

Allcott, H. en R.L. Sweeny (2017) The role of sales agents in information disclosure: evidence from a field experiment. *Management Science*, 63(1), 21–39.

Aydin, E., N. Kok en D. Brounen (2017) Energy efficiency and household behavior: the rebound effect in the residential sector. *The Rand Journal of Economics*, 48(3), 749–782.

Brounen, D. en N. Kok (2011) On the economics of energy labels in the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), 166–179.

Brounen, D., N. Kok en J. Quigley (2012) Residential energy use and conservation: economics and demographics. *European Economic Review*, 56(5): 931–945.

CBS (2018) *Slim zonnestroom in kaart brengen*. Den Haag: CBS.

Chegut, A., P. Eichholtz en N. Kok (2017) *The price of innovation: an analysis of the marginal cost of green buildings*. Working Paper. Te vinden op sustainable-finance.nl.

Dastrup, S.R., J.G. Zivin, D.L. Costa en M.E. Kahn (2012) Understanding the solar home price premium: electricity generation and 'green' social status. *European Economic Review*, 56(5), 961–973.

Eurostat (2016) *Statistieken over hernieuwbare energie*. Te vinden op ec.europa.eu.

Fowlie, M., M. Greenstone en C. Wolfram (2015) Do energy efficiency investments deliver? Evidence from the weatherization assistance program. *The Quarterly Journal of Economics*, 133(3), 1597–1644.

Greene, D.L. (2011) Uncertainty, loss aversion, and markets for energy efficiency. *Energy Economics*, 33(4), 608–616.

Ito, K., T. Ida en M. Tanaka (2016) *The persistence of moral suasion and economic incentives: field experimental evidence from energy demand*. NBER Working Paper, 20910.

Jessoe, K. en D. Rapson (2014) Knowledge is (less) power: experimental evidence from residential energy use. *American Economic Review*, 104(4), 1417–1438.

Jevons, W.S. (1866) *The coal question*, 2nd ed. Londen: Macmillan and Company.

Kahn, M. en N. Kok (2013) The capitalization of green labels in the California housing market. *Regional Science and Urban Economics*, 47(C), 25–34.

Kaza, N., R. Quercia en C.Y. Tian (2014) Home energy efficiency and mortgage risks. *Cityscape*, 16(1), 263–282.

Levitt, S.D. en C. Syverson (2008) Market distortions when agents are better informed: the value of information in real estate transactions. *The Review of Economics and Statistics*, 90(4), 599–611.

Lusardi, A. en O.S. Mitchell (2007) Baby boomer retirement security: the roles of planning, financial literacy, and housing wealth. *Journal of Monetary Economics*, 54(1), 205–224.

Internationale context

PORT AUTHO
HAILAND No. 27
DHI·DCW
BHUM
ORE

Klimaatbeleid en internationale handel

Nederland heeft nog steeds geen echte belasting op CO_2-uitstoot ingevoerd. De reden is de vrees dat bedrijven minder concurrerend zullen worden ten opzichte van het buitenland, marktaandeel zullen verliezen, of zelfs werkgelegenheid naar het buitenland zullen verplaatsen. Is deze vrees gegrond, en zo ja, wat kan eraan gedaan worden?

STEVEN POELHEKKE
Universitair hoofddocent aan de Vrije Universiteit Amsterdam en onderzoeker bij De Nederlandsche Bank

Om de discussie over het achterlopen van Nederland bij het invoeren van een CO_2-belasting overzichtelijk te houden, ga ik uit van een beprijzing van alleen de CO_2-uitstoot. In werkelijkheid zullen ook andere broeikasgassen beprijsd moeten worden, zoals methaan. Beprijzing kan in de vorm gaan van een belasting, bijvoorbeeld te betalen bij het verbranden van olie, kolen en aardgas, maar ook in de vorm van het verplicht kopen van emissierechten. Een derde mogelijkheid is het stellen van emissienormen of zelfs een belasting op eindproducten op basis van de hoeveelheid vrijgekomen CO_2 bij de productie. De argumenten in dit hoofdstuk gelden in principe bij al deze maatregelen.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft becijferd dat de energiebelastingdruk in Nederland op dit moment boven het OESO-gemiddelde ligt. Meer dan de helft van deze belastingdruk ligt echter bij huishoudens. Zij betaalden in 2013 omgerekend een tarief van 100 euro per ton CO_2 op gas en meer dan 200 euro per ton CO_2 op elektriciteit (Vollebergh et al., 2014, p. 102). Bedrijven die onder het EU Emission Trading System (ETS) vallen, betalen via dit systeem van verhandelbare rechten, waarbij de hoeveelheid rechten in de markt door de overheid elk jaar stapsgewijs verlaagd wordt, veel minder voor een ton CO_2. Lange tijd schommelde die prijs rond de vijf euro per ton. Na de aanpassingen in het ETS (zie ook het *EU ETS Handbook* (2015)) is de prijs aanmerkelijk gestegen tot iets boven de twintig euro (op het moment van schrijven), maar dat is nog steeds slechts een fractie van de prijs die huishoudens betalen. Bovendien hoeven niet alle bedrijven emissierechten te kopen en is ook de elektriciteitsprijs voor grootverbruikers veel lager dan die voor huishoudens. Vanuit het perspectief van klimaatbeleid lijkt het erop dat bedrijven, en vooral energie-intensieve bedrijven, uit de wind worden gehouden, omwille van de concurrentiepositie en werkgelegenheid.

Beprijzing van CO_2 *kan* leiden tot een verlies aan concurrentiepositie met handelspartners, maar uit de literatuur blijkt dat dit risico niet moet worden overdreven. Een verschuiving van CO_2-intensieve naar schone sectoren vergt aanpassingen aan de economiestructuur, maar het effect op

De meningen in dit preadvies zijn die van de auteur en vormen niet noodzakelijkerwijs een reflectie van de standpunten van De Nederlandsche Bank

de totale werkgelegenheid is waarschijnlijk zeer klein. Dit blijkt uit verschillende evaluaties van bestaand beleid. Het blijft desalniettemin van belang om klimaatbeleid te coördineren met handelspartners, omdat aanvullende maatregelen voor een unilateraal beleid, zoals importtarieven, niet gemakkelijk uit te voeren zijn.

KLIMAATBELEID EN INTERNATIONALE HANDEL IN THEORIE

In het ideale geval is elk land overtuigd van de noodzaak om klimaatverandering tegen te gaan door de CO_2-uitstoot te verlagen, en voert ieder land dezelfde, even hoge CO_2-belasting in, op dezelfde sectoren en producten. Dit om het spreekwoordelijke speelveld gelijk te houden. Landen met CO_2-intensieve economieën worden dan wel zwaarder getroffen dan landen die zich specialiseren in 'schonere' sectoren, maar niet in onevenredige mate. Een geharmoniseerde CO_2-belasting is tot nu toe onwaarschijnlijk gebleken, omdat er geen mondiale regering is om het klimaatbeleid van alle regio's te coördineren. Het is moeilijk om landen vrijwillig dezelfde belasting te laten invoeren (zie de bijdrage van Jeroen van den Bergh aan deze preadviezen), aangezien ze verschillend tegenover klimaatverandering staan. Sommige landen hebben meer en andere minder te lijden onder de gevolgen van de klimaatverandering, terwijl de kosten van een CO_2-belasting ook verschillen, zowel in termen van productie als bijvoorbeeld van werkgelegenheid. Er is ook het reële gevaar dat een land zich niet aan gemaakte afspraken houdt en minder doet dan beloofd om de CO_2-uitstoot terug te dringen, terwijl het wel de voordelen van een uitblijvende klimaatverandering blijft genieten door de inspanningen van andere landen, dus zich schuldig maakt aan *free riding*. Deze problemen verklaren waarom landen niet het voortouw nemen, waarom voortrekkers niet vanzelfsprekend navolging krijgen (Reingewertz, 2018), en waarom de uitkomsten van jarenlang onderhandelen (met grote bijeenkomsten in bijvoorbeeld Kyoto en Parijs) tegenvallen. Er wordt te weinig intensief beleid gevoerd, ondanks dat de wereld als geheel baat heeft bij maatregelen tegen klimaatverandering.

Vanuit het perspectief van de internationale handel wordt er vaak gezegd dat klimaatbeleidskosten, zoals een CO_2-belasting, ongunstig uitpakken voor een land dat afzonderlijk van andere landen het voortouw neemt en een hogere belasting invoert dan die andere landen. De reden is dat bij een (hogere) binnenlandse CO_2-belasting het voor consumenten aantrekkelijk wordt om meer producten te importeren uit landen die minder belasten. Verder wordt het voor bedrijven zo interessant om (een deel van) hun productie (en dus werkgelegenheid) te verplaatsen naar landen waar de belasting lager is. Het doel van de CO_2-heffing is een daling van de uitstoot door eigen productie. Maar als die heffing ertoe leidt dat vraag en productie zich naar het buitenland verplaatsen, is de impact op de wereldwijde uitstoot minder dan gehoopt. Dit weglek-effect *(leakage)* is vooral een zorg voor kleine open economieën zoals de Nederlandse. Door het weglek-effect neemt de *wereldwijde* uitstoot minder af dan gehoopt, en zou deze zelfs kunnen stijgen indien de productie in het buitenland tot hogere emissies leidt, bijvoorbeeld door gebruik van minder schone technologie. Naast het weglek-effect door het vertrek van bedrijven is er een tweede weglek-effect.

De CO_2-heffing leidt tot een daling van de binnenlandse vraag naar fossiele brandstoffen, waardoor ook de wereldprijs van brandstoffen daalt. Het binnenlandse beleid zorgt voor goedkopere fossiele brandstoffen voor bedrijven in het buitenland, die daardoor minder zuinig zijn en meer CO_2 uitstoten (zie ook de bijdrage van Cees Withagen en Gerard van der Meijden aan deze preadviezen). Aan de andere kant kan de binnenlandse CO_2-belasting ook een prikkel zijn om schonere technologie toe te passen in het eigen land. Maar omdat schone technologie extra kosten met zich meebrengt, blijft de prikkel bestaan om de productieketen schoner te laten lijken door een deel van het productieproces in het buitenland plaats te laten vinden (Antweiler et al., 2001). Het weglek-effect geeft overheden een reden om de CO_2-belasting zo laag mogelijk te houden, wat leidt tot een neerwaartse spiraal, vergelijkbaar met de verlaging van belastingen op bedrijfswinsten of dividend, waarbij landen elkaar proberen af te troeven om meer bedrijven aan te

trekken. Dezelfde argumenten liggen ten grondslag aan het verstrekken van gratis emissierechten binnen het ETS aan sectoren die geacht worden het meest gevoelig te zijn voor leakage. Deze lijst (EU Commissie, 2014) wordt elke paar jaar herzien. Inmiddels wordt het verstrekken van gratis rechten gestaag vervangen door het veilen van rechten, waardoor deze bedrijven steeds minder beschermd worden.

Het weglek-effect wordt vaak beschreven in de context van concurrentie tussen landen. Maar het is belangrijk om te beseffen dat landen niet met elkaar concurreren zoals bedrijven dat doen. Het is niet zo dat alle bedrijven naar het goedkoopste land verhuizen: in dat land zouden de loonkosten snel toenemen en zo de belastingvoordelen tenietdoen. Handel met landen met hogere of lagere productiekosten zal altijd mogelijk zijn doordat elk land een comparatief voordeel heeft ten opzichte van een ander land, zelfs als het in absolute zin minder productief is in elke sector. Handel vergroot de welvaart: landen exporteren waar zij relatief 'goed' in zijn, en financieren daarmee importen van producten die in het buitenland relatief goedkoper gemaakt kunnen worden (Krugman, 1994). Met andere woorden, stel dat Nederland als enige land een CO_2-belasting invoert, dan zal Nederland meer CO_2-intensieve producten importeren en schone producten exporteren. Er is dan een verschuiving van economische activiteit binnen Nederland van CO_2-intensieve naar 'schone' sectoren, maar de Nederlandse werkgelegenheid verdwijnt niet.

Bovendien verschuiven Nederlandse consumenten hun uitgaven van de nu relatief duurdere energie-intensieve producten naar schonere producten. Banenverlies in de belaste sectoren wordt daardoor gecompenseerd met banengroei in de onbelaste sectoren. Het PBL en het CPB (2018) verwachten dan ook dat er geen netto-werkgelegenheidseffecten zullen ontstaan. Het voordeel is dat Nederland daardoor minder CO_2-intensief wordt en aan de eigen klimaatdoelen kan gaan voldoen, en bovendien minder zal lijden onder CO_2-gerelateerde vervuiling zoals de uitstoot van fijnstof van kolencentrales. Helaas leidt een unilaterale invoering niet per se tot een verbetering van de klimaatdoelen op mondiaal niveau, maar ook niet per se tot een verlies van werkgelegenheid in Nederland. Het is natuurlijk wel zo dat de verschuiving van economische activiteit tussen sectoren aanpassingen vergt, welke met sociaal beleid ondervangen moeten worden, zoals ook wordt bepleit door de SER (2018).

HOE GROOT ZIJN DE WEGLEK-EFFECTEN?

In de voorgaande discussie wordt ervan uitgegaan dat weglekeffecten en verlies van concurrentiepositie belangrijke overwegingen zijn. Hieronder bekijken we vooral ex-post-evaluaties van bestaand beleid. Er bestaan ook ex-ante-studies op basis van modellen. Deze voorspellingen laten vaak sterkere effecten zien dan de ex-post-evaluaties, maar zijn gevoeliger voor modelveronderstellingen. Gemiddeld suggereren deze modellen dat de macro-economische effecten zich beperken tot de energie-intensieve sectoren: een reductie van uitstoot met twintig procent leidt tot een verlies aan activiteit met vijf procent en aan export met zeven procent, maar nauwelijks tot welvaartseffecten op nationaal niveau (Carbone en Rivers, 2017). Fowlie (2009) laat door middel van modelsimulatie ook substantiële effecten zien: leakage doet twee derde van de beoogde uitstootreductie door de elektriciteitsproducenten in Californië teniet. Modelexercities voorspellen dus dat de sectoreffecten van verschillende beleidsvormen (zoals het ETS, maar ook van bijvoorbeeld CO_2-belastingen) redelijk groot kunnen zijn, maar dat de productie en werkgelegenheidseffecten op macroniveau over het algemeen gering zijn.

Het lijkt erop dat bedrijven uit de wind worden gehouden bij het Nederlandse klimaatbeleid

Evaluaties van het ETS geven aan dat het vooral de emissie-intensiteit van bedrijven aanzienlijk heeft verminderd. In Duitsland leidde het tot een vermindering van uitstoot van 26 procent door efficiënter gebruik van warmte en minder gebruik van olie en aardgas, en in Frankrijk tot 16

procent minder uitstoot tussen 2008 en 2010 (Martin et al., 2016). Wat betreft de concurrentiepositie en werkgelegenheid is er geen sterk bewijs van nadelige effecten. Energiecentrales betaalden uiteindelijk een vrij lage CO_2-prijs door het ontvangen van gratis rechten en konden hogere energieprijzen doorberekenen aan de consumenten. Petrick en Wagner (2014) vonden geen werkgelegenheidseffecten in Duitsland. Ook Löschel et al. (2018) vinden geen bewijs dat Duitse bedrijven onder het ETS achteropraakten ten opzichte van de meest productieve Duitse bedrijven die niet onder het ETS vielen. Wagner et al. (2013) vonden wel een afname in werkgelegenheid onder Franse bedrijven binnen het ETS. Maar die afname werd niet veroorzaakt door een exportdaling, en dus kan een verlies aan internationale concurrentiepositie niet de hoofdreden zijn. Ook interviews met managers van bedrijven in Hongarije, België, het VK, Polen, Frankrijk en Duitsland, laten zien dat er een geringe hogere waarschijnlijkheid is dat bedrijven door het ETS zullen gaan besluiten om activiteiten te verplaatsen, maar dat zij, mocht het zover komen, niet verwachten dan meer dan tien procent van hun werkgelegenheid te verplaatsen (Martin et al., 2014a). Zelfs de meest CO_2-intensieve industrieën (cement, ijzer en staal) ondervonden geen concurrentienadelen gedurende de eerste twee fases van het ETS (Chan et al., 2013). Ook analyse van de handelsstromen buiten de EU geeft geen bewijs dat het ETS tot weglek-effecten zou hebben geleid (Naegele en Zaklan, 2017).

In Nederland zijn de tarieven voor grootverbruikers van gas en elektriciteit veel lager dan voor andere gebruikers

Al met al laat onderzoek zien dat er de afgelopen jaren nauwelijks nadelige effecten zijn van de CO_2-beprijzing op binnenlandse productie en werkgelegenheid. Dit komt vooral doordat de prijs van CO_2 vrij laag was, vanwege de overvloed aan gratis rechten en tegenvallende vraag naar rechten door de recente crisis. Daarnaast werd innovatie gestimuleerd en bleek uitstoot een relatief kleine kostenpost te zijn (Joltreau en Sommerfeld, 2018). Deze relatief kleine kostenpost betekent dat bedrijven in Nederland actief blijven omdat dat ook grote voordelen biedt ten opzichte van buitenlandse bestemmingen – zoals een grote en nabije interne EU-markt, goed bestuur, goede infrastructuur en een hoog opleidingsniveau van werknemers. Het is niet zeker dat deze resultaten geldig blijven bij hogere CO_2-prijzen omdat de eerste aanpassingen naar minder uitstoot relatief gemakkelijk te realiseren zijn, terwijl verdere aanpassingen mogelijk steeds duurder zijn.

Ook buiten het ETS zijn er geen eenduidige aanwijzingen dat milieubeleid tot sterke weglek-effecten leidt. Martin et al. (2014b) constateren dat koolstofheffing in het Verenigd Koninkrijk geen significant effect heeft gehad op de werkgelegenheid in de industrie. Ook verschillen in energieprijzen tussen Amerikaanse staten hebben in de periode tussen 1975 en 2005 niet geleid tot significante verschillen in netto-importen (Aldy en Pizer, 2015), ondanks dat energie-intensieve sectoren zich meer concentreren in staten met lagere elektriciteitsprijzen (Michielsen, 2013). Zelfs bij de meest energie-intensieve sectoren was het effect op importen klein: per vijftien dollar impliciete verhoging van de prijs van een ton CO_2 namen netto-importen toe met minder dan een tiende procent. Kahn en Mansur (2013) vinden sterkere effecten van verschillen in elektriciteitsprijzen tussen county's (provincies) van dezelfde staat, wellicht omdat de kosten van andere productiefactoren zoals arbeid, kapitaal en transport relatief minder verschillen tussen de county's dan tussen staten en landen, waardoor verschillen in elektriciteitsprijzen tussen county's doorslaggevend worden.

Energieprijzen verschillen ook tussen landen, maar dat verklaart slechts een tiende promille van de variatie in handel tussen landen (Sato en Dechezleprêtre, 2015). De sterkste effecten worden gemeten door Aichele en Felbermayr (2015), die landen vergeleken die wel en niet het Kyotoverdrag ratificeerden. Zij komen tot de conclusie dat de CO_2-intensiteit van importen uit landen buiten het verdrag toenam

met drie procent en dat de totale hoeveelheid importen toenam met vijf procent. Behalve de effecten op individuele bedrijven en op de handel, bestaat er ook de mogelijkheid dat bedrijven meer in het buitenland gaan investeren via buitenlandse directe investeringen (*foreign direct investment*, FDI). Ook deze effecten zijn beperkt en soms zelfs tegenovergesteld. Keller en Levinson (2002) vinden dat, tussen 1977 en 1994, een kostentoename van tien procent bij het voldoen aan de vervuilingsregulering in de chemische industrie leidde tot een daling van twee procent van de FDI. Poelhekke en Van der Ploeg (2015) vinden zelfs omgekeerde effecten voor sommige Nederlandse sectoren, zoals voor de productie van machines, elektronica en gemotoriseerde voertuigen, en voor transport en communicatie.

Mogelijk correleert een strengere regulering in deze sectoren met de hoogwaardige productie, of wegen de reputatie, het duurzame beleid en de *corporate social responsibility* hier zwaarder. Een andere mogelijke verklaring is dat regulering ook leidt tot meer binnenlandse innovatie en daarom tot minder FDI (Porter en Van der Linde, 1995). Greenstone et al. (2012) vinden bijvoorbeeld dat de productiviteit van bedrijven afnam wanneer de regels voor uitstoot van SO_2 en ozon strenger werden, maar dat deze *toenam* wanneer de regels voor koolstofmonoxide strenger werden. Dit laatste effect werd veroorzaakt door raffinaderijen. Een toename van productiviteit na strengere regulering vond ook plaats onder Mexicaanse bedrijven (Alpay et al., 2002). Calel en Dechezleprêtre (2016) vinden bewijs voor een toename van innovatie met wel dertig procent wat betreft bedrijven die onder het ETS vallen, vergeleken met bedrijven die er niet onder vallen. In de VS leidde de invoering van NAFTA tot een sterke daling van de uitstoot van fijnstof en zwaveldioxide, omdat CO_2-intensieve halfproducten ingevoerd konden worden (wat een vorm van leakage is), maar ook omdat bedrijven geprikkeld werden om meer te innoveren (Cherniwchan, 2017). Dit past bij de conclusies van Holladay (2016), die beaamt dat exporteurs minder uitstoten, maar dat dit niet het gevolg is van de verplaatsing van activiteiten, en van Levinson (2009), die het schoner worden van de Amerikaanse maakindustrie toeschrijft aan het schoner worden van de productieprocessen. Meer innovatie en schonere technieken betekenen, na in eerste instantie een kostbare investering te zijn geweest, dat het beprijzen van vervuiling op termijn ook voordelen voor de getroffen bedrijven met zich mee kan brengen.

HOE GROOT IS HET RISICO OP WEGLEK-EFFECTEN IN NEDERLAND?

Als de weglek-effecten in Nederland aanzienlijk zouden zijn, dan zou men verwachten dat energie-intensieve sectoren zoals ijzer, staal en chemie sinds de invoering van het ETS een kleiner deel van het Nederlandse bruto binnenlands product (bbp) zijn gaan uitmaken, bijvoorbeeld omdat de producten die zij vervaardigen ook geïmporteerd kunnen worden. DNB (2016) laat zien dat de CO_2-intensiteit van de Nederlandse economie juist relatief hoog is ten opzichte van andere EU-landen. De analyse van Brunel (2017) laat zien dat, in vergelijking met de VS, de landen van de EU sinds 1995 veel minder vervuilend zijn geworden (in termen van uitstoot van zwaveldioxide, stikstof en vluchtige organische stoffen) en dat dit net als in de VS vooral komt door schonere productietechnieken. Het grootste verschil is dat in de EU de samenstelling van de economie juist verschoven is in het voordeel van relatief energie-intensieve (en dus relatief vervuilings-intensieve) sectoren, terwijl importen vanuit buiten de EU relatief schoner werden. Dit wordt onderschreven door nader onderzoek op basis van Nederlandse data voor CO_2-uitstoot (Van Esch, 2018). Tussen 2009 en 2015 groeiden met name de chemie- en petroleumsectoren relatief sterker dan andere sectoren. Aan de andere kant daalde in die periode de ETS-prijs ook, wat kan duiden op leakage naar Nederland toe. Een mogelijke verklaring is dat de recessie leidde tot een daling van de CO_2-prijs, terwijl vervuilende sectoren toch gratis rechten bleven ontvangen en wellicht overgebleven rechten konden verkopen.

Bovendien worden deze sectoren ook ontzien bij andere belastingen. Naast het ETS belast Nederland op dit moment energie in plaats van CO_2. Impliciet betekent een energiebelasting dat ook CO_2 wordt belast, al houdt de huidige energiebelasting op bijvoorbeeld elektriciteit te weinig

rekening met het verschil in CO_2-uitstoot tussen bijvoorbeeld enerzijds elektriciteit die wordt opgewekt door kolen en anderzijds elektriciteit die wordt opgewekt door aardgas. Vanuit het oogpunt van klimaatbeleid wordt elektriciteit op basis van kolen daardoor te laag belast, omdat het CO_2-gehalte, en dus ook de klimaatschade, van kolen veel groter is dan dat van aardgas. Uniek aan het Nederlandse systeem is dat de tarieven voor *grootverbruikers* van gas en elektriciteit, zoals voor eerdergenoemde chemie- en petroleumsectoren, veel lager zijn dan voor andere gebruikers (OESO, 2013), en ook lager dan in bijvoorbeeld in Duitsland en vrijwel gelijk aan het door de EU gestelde minimumtarief (Vollebergh et al., 2014, p. 40–43). Daardoor waren de tarieven voor de industrie als geheel acht keer en zestien keer zo laag voor respectievelijk aardgas en elektriciteit vergeleken met de tarieven voor huishoudens (Vollebergh et al., 2014, p. 105). Hierdoor is het risico op weglek-effecten in Nederland relatief laag. Een verhoging voor grootverbruikers, of een hogere ETS-prijs, zal dus in eerste instantie niet direct tot weglekken naar het buitenland leiden, maar eerder het weglekken uit het buitenland naar Nederland verminderen omdat het speelveld met belangrijke handelspartners gelijker wordt.

AANVULLENDE MAATREGELEN

De beste manier om het weglekken van CO_2-uitstoot te voorkomen, is om ervoor te zorgen dat de belasting wordt geharmoniseerd met de belangrijkste handelspartners. Dit zou kunnen door een club van landen te creëren die zowel hun handels- als klimaatbeleid op elkaar afstemmen (zie ook de bijdrage van Jeroen van den Bergh aan deze preadviezen). Dit geldt tot op zekere hoogte al voor de Europese Unie, waar ruim zeventig procent van de Nederlandse export naartoe gaat. Deelnemers worden dan beloond met vrijhandel terwijl buitenstaanders belast worden met een importheffing (en exporteurs worden gecompenseerd met een belastingaftrek), waardoor een zwaan-kleef-aan-effect ontstaat (Nordhaus, 2015). Een complicerende factor in dit voorstel is dat productieketens zich uitspreiden over meerdere landen. Bovendien zou de Wereldhandelsorganisatie hervormd moeten worden, om het zo mogelijk te maken dat er invoerrechten geheven kunnen worden op basis van de CO_2-uitstoot waarmee de productie van importgoederen gepaard gaat. Een kanttekening hierbij is dat dit mogelijk in zware administratieve lasten resulteert om de CO_2-intensiteit van afzonderlijke producten uit verschillende landen te achterhalen, onder andere doordat elk product uit componenten bestaat die in nog weer andere landen geproduceerd kunnen zijn. Mogelijk zouden grote groepen producten – van sectoren die veel handelen en energie-intensief zijn – daarom gelijk belast moeten worden, ondanks hun onderlinge verschillen in marginale klimaatschade (Kortum en Weisbach, 2017). Een andere mogelijkheid is om, in plaats van een moeilijk realiseerbare importheffing, het effect van leakage aan te pakken door een belasting op de CO_2 in de consumptie te heffen (zoals btw), gecombineerd met een belastingaftrek voor exporteurs (Böhringer et al., 2017). Een obstakel blijft dat het moeilijk is om te achterhalen hoeveel CO_2 er vrij is gekomen bij de productie van de afzonderlijke producten.

Soms wordt er geopperd dat het voldoende is om de CO_2-belastingopbrengst te gebruiken om andere algemene belastingen te verlagen aangezien zo het totale concurrentievermogen van de economie op peil wordt gehouden. Inderdaad houdt dit de maatschappelijke kosten laag, maar het probleem van de weglek-effecten zal daardoor niet volledig worden gecompenseerd. De belastingdruk zal in CO_2-intensieve sectoren nog steeds hoger zijn, zelfs als bijvoorbeeld het tarief van de loonbelasting of winstbelasting voor alle bedrijven wordt verlaagd. Naast bovenstaande importheffingen als additioneel beleid kan de invoering van een CO_2-belasting in bijvoorbeeld ontwikkelingslanden worden versneld via compensatiebetalingen, zoals via het Green Climate Fund van de Verenigde Naties.

Een CO_2-belasting kan niet los gezien worden van bestaand beleid. Op het moment vallen er 11.000 bedrijven en energiecentrales onder het ETS: ongeveer vijftig procent van de totale uitstoot in de 31 deelnemende landen. Volgens de EU-ETS-regels, zoals die tot en met 2017 golden, zou een unilaterale CO_2-belasting in Nederland – bovenop de bestaande ETS-prijs en in dezelfde sectoren zoals nu onder het ETS vallen – leiden tot honderd procent weglek-effecten.

De reden is dat de belasting in Nederland leidt tot minder vraag naar emissierechten, waardoor er meer rechten vrijkomen voor bedrijven in andere landen die onder het ETS vallen. Elke vermindering van de binnenlandse CO_2-uitstoot wordt daardoor tenietgedaan door meer uitstoot in een ander EU-land. Vanaf 2019 wordt dit gedeeltelijk ondervangen door minder nieuwe rechten te veilen, zolang het aantal geveilde rechten maar groter is dan 833 miljoen eenheden. Volgend jaar worden er hierdoor 256 miljoen nieuwe rechten minder geveild (EU Commissie, 2018). Een deel van de niet-geveilde emissierechten wordt in een later jaar alsnog geveild, maar sommige rechten worden vanaf 2023 blijvend uit de markt gehaald. Het weglek-effect binnen de ETS is daardoor een stuk kleiner geworden. Extra beleid van Nederland heeft geen last van weglekken via de ETS, wanneer het andere sectoren belast dan nu onder het ETS vallen. Uiteraard kan Nederland zich ook politiek inzetten voor een versnelde afname van het ETS-uitstootplafond waardoor de prijs sneller toeneemt, of zich inzetten voor een snellere afbouw van het verstrekken van gratis rechten voor sectoren die omwille van het leakage-risico daarmee nog beschermd worden, of – de duurste optie – de uitstootrechten opkopen en direct uit de markt halen.

CONCLUSIE

Beprijzing van CO_2 kan leiden tot een verlies aan concurrentiepositie wat betreft handelspartners, maar uit de literatuur blijkt dat dit risico niet moet worden overdreven. Ten eerste zal een verschuiving van CO_2-intensieve naar schone sectoren aanpassing vergen, maar waarschijnlijk nauwelijks tot een vermindering van de nationale werkgelegenheid leiden. Ten tweede zijn de effecten vrij beperkt gebleken, op basis van evaluaties van het bestaande beleid. Het blijft desalniettemin van belang om het klimaatbeleid te coördineren met de handelspartners, omdat compenserend beleid, zoals importtarieven, niet gemakkelijk uit te voeren is. De literatuur suggereert dat milieubeleid heeft geleid tot groene innovatie: de opbrengsten van de CO_2-beprijzing zouden bovendien ingezet kunnen worden voor de financiering van onderzoek en ontwikkeling, zoals ook besproken in de hoofdstukken 4 en 8. Omdat overheden meestal niet goed van tevoren kunnen onderscheiden welke technologieën het wel en niet zullen halen, moet de subsidiëring een algemeen karakter hebben. Howell (2017) laat zien dat subsidies sterk positief correleren met octrooiverleningen en omzet wanneer deze in een vroeg stadium worden ingezet, vooral bij kleine bedrijven met een beperkte financiële armslag. Mogelijk kan groene technologie zelfs een positieve mondiale externaliteit creëren die in een snellere adoptie van technologie elders resulteert (Acemoglu et al., 2012; Dechezleprêtre et al., 2013; Kuik en Gerlagh, 2014). Als dergelijk beleid vruchten afwerpt, daalt de vraag naar CO_2-uitstoot en ontstaat er ook minder noodzaak om CO_2 zwaar te belasten, waarmee uiteindelijk ook het beperkte risico van leakage kan worden omzeild.

In het kort

- CO2-beprijzing zal niet leiden tot relatieve krimp van CO2-intensieve sectoren, maar tot groei van 'schone' energie.
- Er is geen sterk bewijs dat bedrijven veel marktaandeel zullen verliezen of naar het buitenland zullen verhuizen.
- Effectief klimaatbeleid moet gecoördineerd worden met handelspartners.

LITERATUUR

Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn en D. Hemous (2012) The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166.

Aichele, R. en G. Felbermayr (2015) Kyoto and carbon leakage: an empirical analysis of the carbon content of bilateral trade. *Review of Economics and Statistics*, 97(1), 104–115.

Aldy, J.E. en W.A. Pizer (2015) The competitiveness impacts of climate change mitigation policies. *Journal of the Association of Environment and Resource Economists*, 2(4), 565–595.

Alpay, E., J. Kerkvliet en S. Buccola (2002) Productivity growth and environmental regulation in Mexican and U.S. food manufacturing. *American Journal of Agricultural Economics*, 84(4), 887–901.

Antweiler, W., B. Copeland en M.S. Taylor (2001) Is free trade good for the environment? *The American Economic Review*, 91(4), 877–908.

Böhringer, C., K.E. Rosendahl en H.B. Storrøsten (2017) Robust policies to mitigate carbon leakage. *Journal of Public Economics*, 149, 35–46.

Brunel, C. (2017) Pollution offshoring and emission reductions in EU and US manufacturing. *Environmental and Resource Economics*, 68(3), 621–641.

Calel, R. en A. Dechezleprêtre (2016) Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market. *The Review of Economics and Statistics*, 98(1), 173–191.

Carbone, J.C. en N. Rivers (2017) The impacts of unilateral climate policy on competitiveness: evidence from computable general equilibrium models. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(1), 24–42.

Chan, H.S., S. Li en F. Zhang (2013) Firm competitiveness and the European Union emissions trading scheme. *Energy Policy*, 63, 1056–1064.

Cherniwchan, J. (2017) Trade liberalization and the environment: evidence from NAFTA and U.S. manufacturing. *Journal of International Economics*, 105, 130–149.

CPB en PBL (2018) *De werkgelegenheidseffecten van fiscale vergroening*. Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau.

Dechezleprêtre, A., R. Martin en M. Mohnen (2013) *Knowledge spillovers from clean and dirty technologies: a patent citation analysis*. Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper, 151.

DNB (2016) *Tijd voor transitie: een verkenning van de overgang naar een klimaatneutrale economie*. DNB Occasional Studies, 14-2.

Esch, L. van (2018) *The clean-up in the Dutch manufacturing industry: technology or pollution offshoring?* Vrije Universiteit Amsterdam.

EU Commissie (2014) *Besluit van de Commissie van 27 oktober 2014 tot vaststelling, overeenkomstig Richtlijn 2003/87/EG van het Europees Parlement en de Raad, van een lijst van bedrijfstakken en deeltakken die worden geacht te zijn blootgesteld aan een significant CO_2-weglekrisico, voor de periode 2015–2019* (2014/746/EU). Te vinden op eur-lex.europa.eu.

EU Commissie (2018) *ETS Market Stability Reserve will start by reducing auction volume by almost 265 million allowances over the first 8 months of 2019*. Bericht te vinden op ec.europa.eu.

EU ETS Handbook (2015) *EU ETS Handbook*. Te vinden op ec.europa.eu.

Fowlie, M. (2009) Incomplete environmental regulation, imperfect competition, and emissions leakage. *American Economic Journal: Economic Policy*, 1(2), 72–112.

Greenstone, M., J.A. List en C. Syverson (2012) *The effects of environmental regulation on the competitiveness of U.S. manufacturing*. MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, Working Paper 2012-013.

Holladay, J.S. (2016) Exporters and the environment. *Canadian Journal of Economics*, 49(1), 147–172.

Howell, S.T. (2017) Financing innovation: evidence from R&D grants. *American Economic Review*, 107(4), 1136–1164.

Joltreau, E. en K. Sommerfeld (2018) Why does emissions trading under the EU Emissions Trading System (ETS) not affect firms' competitiveness? Empirical findings from the literature. *Climate Policy*, te verschijnen. DOI: 10.1080/14693062.2018.1502145.

Kahn, M.E. en E.T. Mansur (2013) Do local energy prices and regulation affect the geographic concentration of employment? *Journal of Public Economics*, 101, 105–114.

Keller, W. en A. Levinson (2002) Pollution abatement costs and foreign direct investment inflows to U.S. states. *The Review of Economics and Statistics*, 84(4), 691–703.

Kortum, S. en D. Weisbach (2017) The design of border adjustments for carbon prices. *National Tax Journal*, 70(2), 421–446.

Krugman, P. (1994) *Peddling prosperity*. New York: W.W. Norton, 303.

Kuik, O. en R. Gerlagh (2014) Spill or leak? Carbon leakage with international technology spillovers: a CGE analysis. *Energy Economics*, 45, 381–388.

Levinson, A. (2009) Technology, international trade and pollution from US manufacturing. *American Economic Review*, 99(5), 2177–2192.

Löschel, A., B.J. Lutz en S. Managi (2018) The impacts of the EU ETS on efficiency and economic performance: an empirical analyses for German manufacturing firms. *Resource and Energy Economics*, te verschijnen.

Martin, R., M. Muûls, L.B. de Preux en U.J. Wagner (2014a) On the empirical content of carbon leakage criteria in the EU Emissions Trading Scheme. *Ecological Economics*, 105, 78–88.

Martin, R., L.B. de Preux en U.J. Wagner (2014b) The impact of a carbon tax on manufacturing: evidence

from microdata. *Journal of Public Economics*, 117, 1–14.
Martin, R., M. Muûls en U.J. Wagner (2016) The impact of the European Union emissions trading scheme on regulated firms: what is the evidence after ten years? *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 129–148.
Michielsen, T.O. (2013) The distribution of energy-intensive sectors in the USA. *Journal of Economic Geography*, 13(5), 871–888.
Naegele, H. en A. Zaklan (2017) *Does the EU ETS cause carbon leakage in European manufacturing?* DIW Discussion Paper, 1689.
Nordhaus, W.D. (2015) Climate clubs: overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review*, 105(4), 1339–1370.
OESO (2013) *Taxing energy use: a graphical analysis*. Parijs: OESO.
Petrick, S. en U.J. Wagner (2014) *The impact of carbon trading on industry: evidence from German manufacturing firms*. Kiel Working Paper, 1912.
Poelhekke, S. en F. van der Ploeg (2015) Green havens and pollution havens. *The World Economy*, 38(7), 1159–1178.
Porter, M.E. en C. van der Linde (1995) Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*, 73(5), 120–134.
Reingewertz, Y. (2018) Will leading by example help in mitigating climate change? A comment on 'the economics of leadership in climate change mitigation' by Gregor Schwerhoff. *Climate Policy*, 17(6), 814–816.
Sato, M. en A. Dechezleprêtre (2015) Asymmetric industrial energy prices and international trade. *Energy Economics*, 52(S1), S130–S141.
SER (2018) *Energietransitie en werkgelegenheid*. Sociaal-Economische Raad Advies, 18/03.
Vollebergh, H., E. Drissen, H. Eerens en G. Geilenkirchen (2014) *Milieubelastingen en groene groei, deel II. Evaluatie van belastingen op energie in Nederland vanuit milieuperspectief*. PBL-publicatienummer 904.
Wagner, U.J., M. Muûls, R. Martin en J. Colmer (2013) *An evaluation of the impact of the EU emissions trading system on the industrial sector. Plant-level evidence from France*. Paper gepresenteerd op de AERE Conference. 6 juni, Banff, Canada.

Klimaatbeleid en de groene paradox

Klimaatbeleid is vaak gericht op het verlagen van de vraag naar fossiele brandstoffen. Maar hoe reageren eigenaren van de immense fossiele reserves in Rusland, het Midden-Oosten en Noord-Amerika op de aangekondigde, wereldwijde emissiereducties? Zullen zij spoedig met grote, onverkoopbare voorraden blijven zitten, of gaan deze op korte termijn gedumpt worden op de wereldmarkt?

GERARD VAN DER MEIJDEN
Universitair docent aan de Vrije Universiteit Amsterdam (VU)

CEES WITHAGEN
Emeritus hoogleraar aan de VU

Nederland behoort niet tot de landen die zich sceptisch uitlaten over de klimaatverandering. In de publicatie *Klimaatbeleid* (Rijksoverheid, 2018) wordt onomwonden gesteld dat de mens de belangrijkste oorzaak is van het broeikaseffect en de versnelde klimaatverandering. Het klimaatbeleid van de overheid is tweeledig. Het beoogt te investeren in adaptatie om de negatieve gevolgen van klimaatverandering te beperken, dan wel te voorkomen. Daarnaast is er aandacht voor mitigatie: het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, zoals koolstofdioxide (CO_2) en methaan (CH_4). Het recente *Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord* (Sociaal-Economische Raad, 2018) noemt een groot aantal beleidsinitiatieven – zoals het stimuleren van windenergie (op land en zee) en zonne-energie (tot 2025 met subsidie), normen in de woning- en utiliteitsbouw, kostenreductie van isolatie, het aardgasvrij maken van woningen, elektrificatie, reductie van fossiele brandstoffen in de land- en tuinbouw, grotere inzet van biobrandstoffen en bevordering van zuiniger rijden. Deze maatregelen zijn alle gericht op het reduceren van de vraag naar en het gebruik van fossiele brandstoffen. Verder pleit het voorstel voor het beprijzen van de uitstoot van CO_2, en ook voor het investeren in CO_2-afvang en -opslag (*carbon capture and storage*, CCS). Nergens echter besteedt het voorstel expliciet aandacht aan het effect dat dergelijke maatregelen kunnen hebben op het aanbod van fossiele brandstoffen.

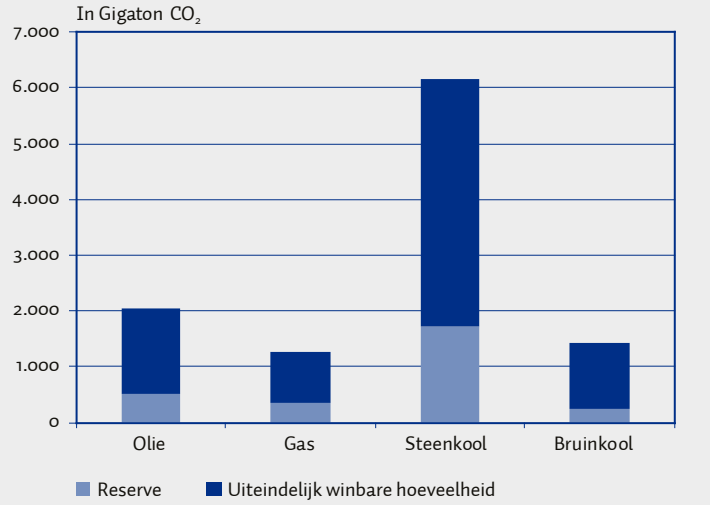
Figuur 1 laat zien dat de hoeveelheid CO_2 opgeslagen in de olie-, gas- en kolenvoorraden in de aardkorst vele malen meer is dan de 1.100 gigaton die we nog maximaal uit mogen stoten om de temperatuurstijging van twee graden Celsius, afgesproken in het Akkoord van Parijs, met een kans van vijftig procent niet te overschrijden (McGlade en Ekins, 2015; Aengenheyster et al., 2018). Het is daarom van cruciaal belang om te weten hoe het aanbod van deze fossiele brandstoffen zal veranderen als het klimaatbeleid wereldwijd wordt aangescherpt.

MINDER VRAAG ROEPT GROTER AANBOD OP

In een baanbrekend artikel laat Sinn (2008) zien dat het gebrek aan aandacht voor de aanbodzijde van de markt van fossiele brandstoffen het effect van het klimaatbeleid kan ondermijnen, en dat beleid zelfs kan leiden tot een versnelling van de opwarming van de aarde. Deze groene paradox doet zich niet voor indien er een optimaal (ofwel: *first-best*) klimaatbeleid gevoerd wordt, in de vorm waarin alle landen op de wereld een belasting per ton CO_2 invoeren die gelijk is aan de zogenaamde *social cost of carbon* (SCC). Om politieke redenen wordt het introduceren van zo'n *first-best* koolstofprijs echter bemoeilijkt door de vrees voor een verlies aan concurrentievermogen (zie de bijdrage van Steven Poelhekke in deze preadviezen). Politici zijn aldus genoodzaakt hun toevlucht te nemen tot alternatieve, suboptimale (ofwel: *second-best*) beleidsmaatregelen, zoals een subsidie op hernieuwbare energie of een aangekondigde toekomstige belasting per ton CO_2, die wél kunnen leiden tot een groene paradox.

Voorraden fossiele brandstoffen

FIGUUR 1



Bron: McGlade en Ekins (2015)

Het mechanisme achter de groene paradox kunnen we duidelijk maken aan de hand van het voorbeeld van de olievoorraden in Saoedi-Arabië. De huidige olieprijs is ongeveer zeventig dollar per vat, terwijl de productiekosten in Saoedi-Arabië per vat minder dan tien dollar zijn (Rystad Energy, 2016). Met zo'n grote winstmarge op de olieproductie is het niet de vraag óf dit land zijn olievoorraden op de markt wil blijven brengen, maar alleen wannéér het dat wil doen. In het extreme geval dat klimaatbeleid het gebruik van fossiele brandstoffen vanaf het jaar 2050 onmogelijk maakt, zal Saoedi-Arabië al zijn olie nog vóór die tijd willen verkopen.

In een minder extreem voorbeeld zorgt het klimaatbeleid in de komende decennia voor een min of meer geleidelijke daling van de vraag naar fossiel. Het verrassende is dat bij een toekomstige lagere vraag niet alleen de toekomstige prijs daalt maar ook de huidige prijs. Als alleen de toekomstige prijzen zouden dalen, valt er winst te behalen door de olieproductie te verschuiven naar de periode waarin de prijzen nog hoog zijn. Via arbitrage spreidt de prijsdaling zich zo uit over de tijd, en dit resulteert uiteindelijk in een lagere prijs over de hele periode. Kortom, aankondiging van strenger klimaatbeleid voor de toekomst leidt tot een versnelde olie-extractie in het heden. En omdat de klimaatverandering vooral het gevolg is van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer, betekent de versnelde productie dat we ook een sterkere toename van de temperatuur op aarde kunnen verwachten. Deze zogenaamde groene paradox is uitgebreid onderzocht in de academische literatuur op basis van het Hotelling-model (zie de uitleg in kader 1).

Het verschijnsel dat beleid gericht op het verminderen van de vraag naar fossiel leidt tot een versnelde productie staat bekend als de *zwakke* groene paradox (Gerlagh, 2011). Ten gevolge hiervan treedt aanvankelijk een versnelling op van de accumulatie van atmosferische CO_2 en dus ook van de klimaatverandering. Wanneer het beleid – bijvoorbeeld via een subsidie op hernieuwbare energie – ertoe leidt dat niet alleen de huidige CO_2-emissies stijgen, maar ook de verdisconteerde klimaatschade, dan spreken we van een *sterke* groene paradox. Ten slotte kan een *supersterke* groene paradox optreden, namelijk wanneer, als gevolg van het

De groene paradox in elementaire vorm

KADER 1

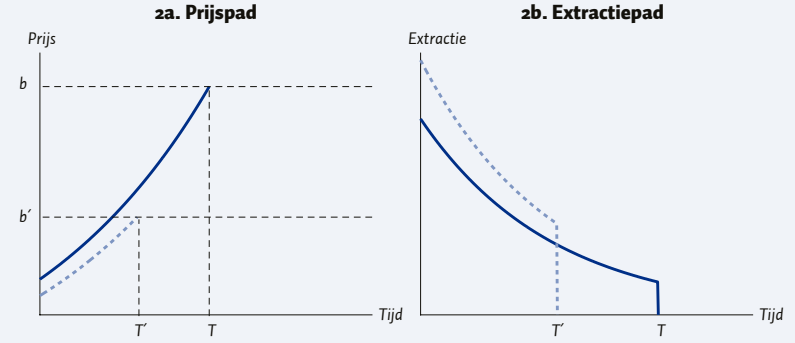
Het mechanisme achter de groene paradox wordt duidelijk als we de cruciale beslissingen doordenken van de eigenaren van uitputbare grondstoffen. De eigenaar van een olie- of gasbron moet een plan maken voor het uit de grond halen van de vaten olie of de kubieke meters gas, nu en in de toekomst. De winning van de olie (laten we ons hier, bij wijze van voorbeeld, even toe beperken) is kosteloos. Olie concurreert met een alternatieve energiebron, die in dezelfde behoefte als olie kan voorzien. Deze bron is niet kosteloos maar onuitputtelijk, en komt op de markt tegen, zeg, kostprijs b. De rentestand waarmee de olieproducent rekent, zeg r, is constant. Individuele olieproducenten kunnen de olieprijzen in de markt niet beïnvloeden, maar wel voorspellen. Zij vergelijken de contante waarde van de olieprijs op elk moment in de tijd. Indien de huidige contante waarde van de olieprijs hoger is dan de toekomstige, dan kan er geen sprake zijn van marktevenwicht: oliebezitters hebben dan immers een prikkel om hun productie van de toekomst naar het heden te verplaatsten. In een evenwicht moet daarom de contante waarde van de olieprijs op ieder moment in de tijd hetzelfde zijn, en dit impliceert dat de marktprijs van olie moet stijgen met een percentage gelijk aan de rentestand. Deze eerste evenwichtsvoorwaarde voor de groeivoet van de olieprijs heet de regel van Hotelling (Hotelling, 1931). Uiteraard willen olieproducenten hun hele voorraad verkocht hebben op het moment dat de olieprijs gelijk wordt aan de prijs van de concurrerende bron b, zeg op tijdstip T. Deze tweede voorwaarde bepaalt het niveau van de olieprijs. Hiermee is het marktevenwicht in dit eenvoudige voorbeeld volledig geschetst. De evenwichtige prijs- en extractiepaden zien eruit als de doorgetrokken lijnen in figuur 2.

Op het moment dat bekend wordt dat de overheid een subsidie verleent op de hernieuwbare energiebron, zodat de marktprijs daarvan daalt van *b* naar *b'*, ontstaat er een nieuw evenwicht waarbij de prijs nog steeds stijgt met een percentage gelijk aan de rentestand (omdat opnieuw de contante waarde van de prijs op ieder moment in de tijd hetzelfde moet zijn), en waarbij de oliebronnen zijn uitgeput op het moment dat de prijs gelijk wordt aan *b'*, zeg op tijdstip *T'*. Het nieuwe prijspad ligt dus geheel onder het oude. Immers, als de olieprijs eerder de prijs van de hernieuwbare energie evenaart, moet de aanvankelijke olieprijs lager zijn om toch de hele voorraad olie verkocht te krijgen en komt er over een kortere periode meer olie op de markt. De emissies van CO_2 nemen daardoor op korte termijn toe. Als de kosten van olieproductie niet te verwaarlozen zijn, maar evenredig zijn met het productievolume, dan gaat de Hotelling-regel in iets gewijzigde vorm nog steeds op: niet de prijs, maar de winst per eenheid stijgt met een percentage gelijk aan de rentestand. De groene paradox blijft dan overeind. Zolang de emissies per eenheid positief gecorreleerd zijn met de extractiekosten, leidt een subsidie op hernieuwbare hulpbronnen of een snel stijgende koolstofbelasting tot een groene paradox van de zwakke vorm, en zal de accumulatie van CO_2 sneller verlopen.

Als de kosten van de olieproductie toenemen naarmate de voorraden verder uitgeput zijn, dan staat het niet bij voorbaat vast hoeveel voorraden rendabel gewonnen kunnen worden. Zoals in de hoofdtekst beschreven wordt, treedt dan de groene paradox minder snel op.

Prijs- en extractiepaden in elementair extractiemodel

FIGUUR 2



Noot: De doorgetrokken lijn stelt het evenwicht voor zonder beleid (waarin de prijs van hernieuwbare energie gelijk is aan b) en de gestreepte lijn geeft het evenwicht met beleid weer (waarin de prijs van hernieuwbare energie gelijk is aan b' < b)

klimaatbeleid, de totale welvaart afneemt – bijvoorbeeld gemeten als de som van consumenten- en producentensurplus verminderd met de schade van klimaatverandering. In het voorbeeld gaan de energieconsumenten erop vooruit omdat zij minder voor hun energie hoeven te betalen, maar de subsidie moet worden opgebracht en leidt tevens tot een verstoring van het energiegebruik. Per saldo kan de totale welvaart dus afnemen.

Het is niet de vraag óf Saoedi-Arabië zijn olievoorraden op de markt brengt, maar wannéér het dat doet

De specifieke aard van de productiekosten voor fossiele brandstoffen leidt ertoe dat een versnelde productie uiteindelijk in veel gevallen niet tot een sterke of supersterke groene paradox leidt. De winning van olie en gas gaat gepaard met kosten.

Olie en gas uit bronnen met extractiekosten die hoger zijn dan de prijs van hernieuwbare energie kunnen niet rendabel gewonnen worden. Subsidies voor hernieuwbare energie of een belasting op de CO_2-uitstoot zorgen er derhalve voor dat de producenten die hogere kosten hebben, stoppen met olieproductie zodat hun voorraad dus in de grond blijft zitten – de zogenaamde *stranded assets* als gevolg van klimaatbeleid. Stel dat de prijs van hernieuwbare energie daalt tot 25 dollar per vat olie-equivalent. In dat geval kan de olievoorraad van Saoedi-Arabië, tegen extractiekosten van minder dan 10 dollar per vat, nog steeds rendabel gewonnen worden, maar de schalie-olie in Noord-Amerika, tegen extractiekosten van meer dan 50 dollar per vat, niet (Rystad Energy, 2016). Ook indien de winningskosten van olie en gas afhankelijk zijn van de resterende voorraad in de bron, kan een deel van de voorraden ongebruikt blijven, en heeft klimaatbeleid dus een matigende invloed op de cumulatieve CO_2-emissies.

MARKTMACHT

Met name voor de oliemarkt moeten we rekening houden met de marktmacht van een aantal zeer grote producenten, zoals Saoedi-Arabië en Rusland. Enerzijds willen zij door rantsoenering van het huidige aanbod de prijs hoog houden, maar ook weer niet zo hoog dat er concurrerende hernieuwbare energie op de markt komt. Om de gevolgen voor de groene paradox te schetsen, beschouwen we eerst het extreme geval van een puur monopolistisch aanbod van fossiele brandstoffen. Een interessant verschijnsel dat zich nu voordoet, heet *limit pricing*. Hierbij stelt de monopolist een prijs vast die net onder de prijs van de alternatieve energiebronnen ligt (Salant, 1977; Stiglitz en Dasgupta, 1982). Er zal in een evenwicht altijd zo'n fase met *limit pricing* op het eind zijn, dat wil zeggen net voorafgaande aan de uitputting van de olievoorraad. Voortdurende *limit pricing*, te weten vanaf het begin, doet zich voor bij een inelastische vraag. Dan immers wordt de prijs door de monopolist zo hoog mogelijk vastgesteld.

Als de monopolist de olieprijs van begin tot eind gelijk stelt aan de prijs van hernieuwbare energie (of net daaronder) dan kan een subsidie op hernieuwbare energie zowel tot een zwakke als tot een sterke groene paradox leiden. De subsidie verlaagt de consumentenprijs van de energie, waardoor de extractie op ieder moment in de tijd stijgt totdat de bron is uitgeput. Indien de vraag echter elastisch is en de initiële voorraad voldoende groot is om een aanvankelijke fase met een olieprijs onder de prijs van hernieuwbare energie te verkrijgen, dan vindt er een *omkering* van de zwakke groene paradox plaats. In dat geval zal de monopolist initieel minder olie aanbieden indien de hernieuwbare energie gesubsidieerd wordt. De intuïtie wat betreft dit resultaat is dat de monopolist de minder rooskleurige toekomst wil uitstellen door de extractie van de eerste vaten langer over de tijd uit te smeren middels een verhoging van de initiële prijs (Hoel, 1983; Van der Meijden en Withagen, 2016). Het optreden van de sterke groene paradox is in dit geval ongewis, omdat na het aanvankelijk lagere winningstempo de extractie tijdens de *limit pricing*-fase toeneemt als gevolg van de subsidie op hernieuwbare energie.

Naast de OPEC zijn er nog vele andere aanbieders van olie, onder andere die van de olie uit de teerzanden in Canada en de schalie-olie in de VS, die de laatste tijd een hoge vlucht genomen hebben. Bovendien is de OPEC al lang niet meer het coherente kartel van voorheen. Daarom schetsen Benchekroun et al. (2017) een evenwicht op de oliemarkt waarbij er onderscheid gemaakt wordt tussen twee soorten olie: OPEC-olie en olie uit de rest van de wereld, beide met constante marginale winningskosten. De laatste producentengroep is competitief. Aangetoond wordt dat als de OPEC machtig is (wegens een grote gezamenlijke voorraad van of sterke cohesie tussen de OPEC-landen) we wat de groene paradox betreft dicht bij de uitkomsten voor het pure monopolie zitten. Bij een zwakkere OPEC komen de resultaten meer overeen met die onder volledige mededinging.

TRANSITIE NAAR HERNIEUWBARE ENERGIE

De groene paradox zal minder sterk optreden als het aandeel hernieuwbare energiebronnen in de energievoorziening snel gaat groeien in reactie op het klimaatbeleid. Enerzijds versnelt een subsidie op hernieuwbare energie de olieproductie, maar anderzijds zal een elastisch aanbod van hernieuwbare energie de fossiele energiebronnen gemakkelijk kunnen vervangen. Indien het effect van groene subsidies op de huidige vraag naar fossiele energie het effect op de toekomstige vraag overtreft, doet de groene paradox zich in het geheel niet voor (Gerlagh, 2011; Grafton et al, 2012; Van der Meijden en Withagen, 2016).

Simultaan gebruik van meerdere fossiele brandstoffen die verschillen wat betreft de mate van hun CO_2-emissie, kan eveneens leiden tot een afzwakking van de groene-paradox-effecten. Michielsen (2014) analyseert een model met twee perioden, waarin steenkool, olie en hernieuwbare energie als imperfecte substituten naast elkaar worden gebruikt. Bij steenkool is de emissie dertig tot veertig procent hoger dan bij olie. Bovendien is steenkool in zulke grote hoeveelheden in de aardkorst aanwezig dat de schaarstepremie erop verwaarloosbaar klein is, waardoor we geen versnelde steenkoolwinning hoeven te verwachten als reactie op klimaatbeleid. Een toekomstige belasting op CO_2 leidt er wel toe dat olie dan goedkoper wordt ten opzichte van steenkool. Dit kan zelfs betekenen dat de olieproductie wordt uitgesteld in plaats van versneld, waardoor de groene paradox zich niet voordoet. Indien het oliegebruik wél naar voren wordt gehaald in de tijd als gevolg van toekomstig klimaatbeleid, leidt deze verschuiving tevens tot een daling van het huidige gebruik van steenkool, waardoor de groene paradox wordt afgezwakt. In een gekalibreerde versie van zijn model vindt Michielsen dientengevolge slechts zeer kleine en zwakke groene-paradox-effecten. Het optreden van een sterke groene paradox onder deze omstandigheden is erg onwaarschijnlijk.

ALGEMEEN EVENWICHT

Klimaatbeleid heeft niet alleen gevolgen voor de markt voor fossiele brandstoffen, maar ook voor andere markten in de economie. Deze algemeen-evenwichtseffecten hebben invloed op de groene paradox. Een belangrijk algemeen-evenwichtseffect doet zich voor in de kapitaalmarkt. Klimaatbeleid heeft namelijk gevolgen voor de opbrengsten van investeringen in kapitaal. Als het rendement op investeringen in kapitaal afneemt, wordt het minder aantrekkelijk om de voorraad direct te exploiteren. Een verlaging van het rendement op kapitaal leidt daardoor tot uitstel van de productie van olie en gas, een verhoging van het rendement op kapitaal leidt tot een hogere huidige productie. Van der Ploeg en Withagen (2014) analyseren deze effecten en vinden voorbeelden waarin een subsidie op hernieuwbare energie wel leidt tot een zwakke maar niet tot een sterke groene paradox.

Van der Meijden et al. (2015) breiden de analyse uit naar een internationale context met olie-exporterende en -importerende landen. Zij laten zien dat een toekomstige koolstofbelasting bij een vaste rente de huidige olieprijs drukt, waardoor de huidige extractie en de huidige productie toenemen ten opzichte van die in de toekomst. Dit zou betekenen dat er, bij een ongewijzigde rente, een toekomstig vraagoverschot ontstaat. De rente, ofwel de relatieve prijs van de huidige consumptie ten opzichte van de toekomstige consumptie, moet dus dalen om het evenwicht op de goederenmarkt te herstellen. De rentedaling zet olieproducenten er vervolgens toe

aan om in evenwicht olie juist geleidelijker te gaan winnen, waardoor de groene paradox wordt afgezwakt. Unilateraal beleid in een internationale context kan bovendien leiden tot *carbon leakage* (Eichner en Pethig, 2011; Hoel, 2011; Ryszka en Withagen, 2016; Böhringer et al., 2017). Poelhekke gaat hier in zijn bijdrage aan deze preadviezen op in.

Smulders et al. (2012) laten zien dat bij een algemeen evenwicht de aankondiging van toekomstig klimaatbeleid, zelfs zonder uitputbare hulpbronnen, de huidige uitstoot kan toenemen. Het mechanisme verloopt hier via het gangbare motief om de consumptie gelijkmatig uit te smeren over de tijd. Een aangekondigde belasting op CO_2 betekent dat huishoudens verwachten dat de productie in de toekomst lager wordt. Om het toekomstig consumptieverlies te beperken, verhogen de huishoudens hun besparingen. De extra kapitaalaccumulatie die hier het gevolg van is, leidt tot een toename van de productie en van de vraag naar fossiele energie in de periode tussen de aankondiging en de daadwerkelijke invoering van de CO_2-belasting, en dus tot een stijging van de initiële emissies.

Bij 25 dollar is de winning van olie in Saoedi-Arabië nog rendabel, maar die van schalie-olie in Noord-Amerika niet

EMPIRIE

Hoewel de groene paradox in de theorie van uitputbare hulpbronnen een bijna onontkoombaar effect is, kan dit effect in de praktijk ondergesneeuwd raken door allerlei andere factoren. Zonder gedetailleerde empirische studies is het echter lastig om de orde van grootte en daarmee de beleidsrelevantie van groene-paradox-effecten in te schatten. Helaas zijn er tot op heden slechts twee studies gepubliceerd die de groene paradox aan empirische toetsing hebben onderworpen. Deze betreffen beide bovendien het gebruik van steenkool, waarvan de uitputbaarheid – een belangrijk aspect van de groene paradox – in twijfel kan worden getrokken.

Di Maria et al. (2012) gebruiken het in 1990 aangekondigde *Acid Rain Program* (ARP) dat in 1995 is geïmplementeerd in de Verenigde Staten, als onderdeel van de amendementen van de *Clean Air Act*. Het ARP bestond uit een systeem van verhandelbare SO_2-emissierechten, met een plafond op de totale uitstoot van SO_2. Aangezien SO_2 vrijkomt bij de verbranding van steenkool, voorspelt de theorie achter de groene paradox dat de winning van steenkool naar voren wordt gehaald in de tijd, zij het slechts in beperkte mate omdat de voorraad steenkool relatief groot is. Met behulp van gegevens over steenkoolleveranties aan kolencentrales, toetsen Di Maria et al. drie op basis van de theorie geformuleerde hypothesen: de prijs van steenkool daalt, het gebruik van steenkool stijgt, en de SO_2-intensiteit van de gebruikte steenkolen stijgt. Het artikel vindt overtuigend bewijs voor een prijsdaling van steenkool. Het gebruik van steenkool in de periode voor de invoering steeg echter alleen significant in kolencentrales met flexibele contracten op de kolenmarkt; centrales met langetermijncontracten verhoogden hun gebruik niet significant. Voor de derde hypothese vindt de studie geen bewijs: er is geen sprake van een significante stijging van de SO_2-intensiteit van de gebruikte steenkolen.

Lemoine (2017) gebruikt het onverwacht sneuvelen van de *American Power Act* (APA, de zogenaamde *Waxman-Markey bill*) in april 2010, die tot doel had om de uitstoot van broeikasgassen in de Verenigde Staten te reduceren (tot 17 procent onder het 2005-niveau in 2020, en 83 procent onder het 2005-niveau in 2050) via een systeem van verhandelbare emissierechten dat in 2013 ingevoerd zou worden. De studie vindt een significante stijging van de prijs en een daling van het gebruik van steenkolen na het onverwachte sneuvelen van de APA, in overeenstemming met de theorie achter de groene paradox. Uit de data blijkt dat het effect binnen deze korte tijdspanne met name toe te schrijven is aan een stijging in de kolenopslag in plaats van aan een daling van de initiële extractie. Op basis van zijn resultaten concludeert de auteur dat indien marktparticipanten de invoering van de

APA *nu* over vier jaar zouden verwachten, ze hun steenkoolconsumptie zouden verhogen met een hoeveelheid vergelijkbaar met de verhoging die het gevolg zou zijn van een subsidie van tussen de 1 en 12 dollar per ton CO_2.

CONCLUSIES

De groene paradox beschrijft het effect van een suboptimaal klimaatbeleid op het aanbod van fossiele brandstoffen en de gevolgen daarvan voor de opwarming van de aarde. Bij het ontbreken van een correcte beprijzing van CO_2 (hetzij via een koolstofbelasting, hetzij door een systeem van verhandelbare emissierechten) en bij het op grote schaal subsidiëren van alternatieve energiebronnen, moet er rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat landen die fossiele brandstoffen aanbieden, deze gaan dumpen. Het is duidelijk dat Nederland in zijn eentje hier weinig aan kan doen, maar dat er, bijvoorbeeld op Europees niveau, gecoördineerd opgetreden moet worden. Daarbij is het noodzakelijk om goed inzicht te hebben in het functioneren van de internationale olie- en gasmarkten.

Onder bepaalde voorwaarden (weinig marktmacht en een goede substitutie van fossiele door vernieuwbare energie) leidt aangekondigd toekomstig klimaatbeleid ertoe dat de winning van olie en aardgas versneld plaatsvindt, waardoor de aanvankelijke uitstoot van CO_2 toeneemt en de aarde sneller opwarmt. Dit beleid zorgt er echter ook voor dat de cumulatieve CO_2-emissies dalen, omdat een groter deel van de (niet-conventionele) fossiele reserves onaangeroerd blijft. Het tegengaan van de groene paradox vereist dat klimaatbeleid niet wordt uitgesteld, dat de aanvankelijke CO_2-beprijzing niet te laag is vergeleken met de CO_2-prijs in de toekomst, en dat het beleid mondiaal geïmplementeerd wordt. Er zijn slechts twee empirische studies gedaan naar de groene paradox. Aanvullend empirisch onderzoek is daarom gewenst.

In het kort

- Toekomstig klimaatbeleid kan de emissies van broeikasgassen op korte termijn verhogen.
- De eerste empirische studies vinden bewijs voor de groene paradox, maar aanvullend empirisch onderzoek is nog nodig.
- Ondanks de groene paradox kan aangekondigd toekomstig klimaatbeleid wel de cumulatieve CO2-emissies verlagen.

LITERATUUR

Aengenheyster, M., Q.Y. Feng, F. van der Ploeg en H.A. Dijkstra (2018) The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance. *Earth System Dynamics*, 9(3), 1085–1095.

Benchekroun, H., G.A. van der Meijden en C.A. Withagen (2017) *OPEC, shale oil and global warming: on the importance of the order of extraction*. Tinbergen Institute Discussion Paper, 2017-104/VIII.

Böhringer, C., K.E. Rosendahl en H.B. Storrøsten (2017) Robust policies to mitigate carbon leakage. *Journal of Public Economics*, 149, 35–46.

Di Maria, C., I. Lange en E. van der Werf (2014) Should we be worried about the green paradox? Announcement effects of the Acid Rain Program. *European Economic Review*, 69(C), 143–162.

Eichner, T. en R. Pethig (2011) Carbon leakage, the green paradox, and perfect future markets. *International Economic Review*, 52(3), 767–805.

Gerlagh, R. (2011) Too much oil. *CESifo Economic Studies*, 57(1), 79–102.

Grafton, R.Q., T. Kompas en N. Van Long (2012) Substitution between biofuels and fossil fuels: is there a green paradox? *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(3), 328–341.

Hoel, M. (1983) Future conditions and present extraction: a useful method in natural resource economics. *Resources and Energy*, 5(4), 303–311.

Hoel, M. (2011) The supply side of CO_2 with country heterogeneity. *The Scandinavian Journal of Economics*, 113(4), 846–865.

Hotelling, H. (1931) The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.

Lemoine, D. (2017) Green expectations: current effects of anticipated carbon pricing. *The Review of Economics and Statistics*, 99(3), 499–513.

McGlade, C. en P. Ekins (2015) The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature*, 517(7533), 187–190.

Meijden, G. van der, en C. Withagen (2016) *Limit pricing, climate policies and imperfect substitution*. Tinbergen Institute Discussion Paper, 2016-089/VIII.

Meijden, G. van der, F. van der Ploeg en C. Withagen (2015) International capital markets, oil producers and the green paradox. *European Economic Review*, 76(C), 275–297.

Michielsen, T.O. (2014) Brown backstops versus the green paradox. *Journal of Environmental Economics and Management*, 68(1), 87–110.

Ploeg, F. van der, en C. Withagen (2014) Growth, renewables, and the optimal carbon tax. *International Economic Review*, 55(1), 283–311.

Rijksoverheid (2018) *Klimaatbeleid*. Publicatie te vinden op www.rijksoverheid.nl.

Rystad Energy (2016) *Saudi-Arabia's resources are the most competitive*. Persbericht te vinden op www.rystadenergy.com, 20 mei.

Ryszka, K. en C. Withagen (2016) Unilateral climate policies: incentives and effects. *Environmental & Resource Economics*, 63(2), 471–504.

Salant, S.W. (1977) *Staving off the backstop: dynamic limit-pricing with a kinked demand curve*. International Finance Discussion Paper, 110.

Sinn, H.-W. (2008) Public policies against global warming: a supply side approach. *International Tax and Public Finance*, 15(4), 360–394.

Smulders, S., Y. Tsur en A. Zemel (2012) Announcing climate policy: can a green paradox arise without scarcity? *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(3), 364–376.

Sociaal-Economische Raad (2018) *Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord*. Te vinden op www.klimaatakkoord.nl.

Stiglitz, J.E. en P. Dasgupta (1982) Market structure and resource depletion: a contribution to the theory of intertemporal monopolistic competition. *Journal of Economic Theory*, 28(1), 128–164.

Nederland moet klimaatclub met koolstofheffing initiëren

Ondanks de unieke effectiviteit van de koolstofbeprijzing is de steun ervoor fragmentarisch. Eenieder die klimaatverandering wenst te stoppen, zou dit instrument echter moeten omarmen. In dit hoofdstuk wordt bepleit om tot een internationale klimaatclub voor een uniforme koolstofprijs te komen. Nederland kan een katalyserende rol spelen bij het opzetten en uitbouwen van zo'n club, wat op termijn kan resulteren in een mondiaal effectieve emissiereductie.

JEROEN VAN DEN BERGH
ICREA Hoogleraar aan de Universitat Autònoma de Barcelona en bijzonder hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam

De ontwikkeling van het klimaatbeleid wereldwijd verloopt te traag om de gevaarlijke klimaatverandering te stoppen. Velen beschouwen het klimaatakkoord van Parijs als een mijlpaal in de internationale samenwerking op klimaatgebied. Anderen wijzen echter op de inherente tekortkomingen die de vereiste emissiereductie belemmeren, en die moeilijk te repareren zijn zonder verdere internationale onderhandelingen. Een dergelijk traject is – gezien de beperkte animo ervoor, de traagheid ervan, en de invloed van de niet-ambitieuze landen – een *cul-de-sac*. Creatieve alternatieven zijn daarom nodig. Hier beschouwen we het idee van een klimaatclub gericht op een gecoördineerde koolstofheffing, en de rol die Nederland hierbij kan spelen.

Een logische stap in de internationale klimaatonderhandelingen is om de *Conference of the Parties* (COP) binnen de UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change* uit 1992) te sturen in de richting van een wereldwijde koolstofbeprijzing. Dit kan twee, elkaar versterkende sporen omvatten, namelijk het opzetten van een klimaatlandenclub gericht op koolstofbeprijzing, en het geleiden van UNFCCC-onderhandelingen in de richting van mondiale CO_2-prijzen. Hoewel veel landen reeds een CO_2-belasting of -markt hebben geïmplementeerd (World Bank et al., 2016), vormen de afwezigheid van een internationale klimaatbeleidscoördinatie en de terechte angst voor verlies van concurrentiepositie barrières voor het invoeren van een mondiale CO_2-prijs die voldoende hoog is om de benodigde reductiedoelstellingen te realiseren.

AKKOORD VAN PARIJS IS INEFFECTIEF

Een effectief internationaal klimaatverdrag laat nog steeds op zich wachten. Dit komt omdat het nationale beleid om het mondiale klimaat (een mondiaal publiek goed) niet te veel te laten opwarmen, lijdt onder het *free-rider*-gedrag. Dit verklaart waarom de ratificatie van het Kyoto-protocol acht

jaar (1997–2005) op zich liet wachten en het verdrag uiteindelijk een bescheiden emissiereductie opleverde, namelijk zes procent in 2012 ten opzichte van het overeengekomen peiljaar 1990 – en dit vooral dankzij de financiële crisis. Onderhandelingen gedurende 2009 in Kopenhagen liepen uit op een fiasco, en de enige mogelijkheid bleek vervolgens om in 2015 in Parijs in te zetten op een verdrag met vrijwillige en niet-gecoördineerde, en dus tamelijk willekeurige beloftes aangaande emissiereductie (*Nationally Determined Contributions*; NDC's), in plaats van op een bindend akkoord. Het gevolg is een ineffectief klimaatverdrag dat de mondiale emissies nauwelijks zal reduceren en naar verwachting rond 2100 een temperatuurstijging oplevert van 3,2 °C – en mogelijk zelfs van meer dan 4 °C (Raftery et al., 2017). Tevens is het zeer onwaarschijnlijk dat de Parijse doelen van nul emissies in de tweede helft van de 21e eeuw worden gehaald.

Het akkoord van Parijs zal de mondiale emissies nauwelijks reduceren

De ineffectiviteit van het Akkoord van Parijs kunnen we verklaren uit vier belangrijke tekortkomingen. Ten eerste leveren de arbitraire reductiepercentages voor landen geen uniforme impliciete koolstofprijs op, zodat in het ene land reductieprikkels heel anders zullen zijn dan in het andere. Aldy et al. (2016) illustreren dit duidelijk wanneer ze uitrekenen welke koolstofprijzen elk land moet implementeren om de nationale reductiebelofte na te komen. De prijzen waar zij op uitkomen, variëren van nagenoeg nul tot ruim 200 dollar per ton CO_2-equivalent. Een verdrag zal echter effectiever zijn als het de uniforme koolstofbeprijzing vastlegt, in plaats van willekeurige kwantitatieve doelen (of reductiepercentages) zoals het Akkoord van Parijs doet. Ten tweede zijn de NDC's niet op te tellen tot iets dat in de buurt komt van de doelstelling van 2 °C, laat staan het meer ambitieuze streven naar 1,5 °C (Rogelj et al., 2016). Ten derde kan het vrijwillige karakter ervan landen – inclusief die binnen de relatief ambitieuze EU – prikkelen om profiteursgedrag *(free riding)* te vertonen en een zwak nationaal beleid te ontwikkelen, zodat ze hun toezeggingen uiteindelijk niet zullen nakomen (Victor et al., 2017). En ten vierde zal het gebrek aan wereldwijde coördinatie van het nationale klimaatbeleid waarschijnlijk verschillende negatieve systeemeffecten veroorzaken. Denk bijvoorbeeld aan de weglekeffecten door verschuiving van de koolstofintensieve productie naar landen met een zwakker klimaatbeleid (Peters et al., 2011), teweeggebracht door de verschillen in ambities van NDC's tussen landen onderling, of denk aan een 'rebound' van de energiebesparing door zwak klimaatbeleid (Brockway et al., 2017).

Een optimistische visie is dat het beoordelen en herzien van de NDC's om de vijf jaar, zoals gepland in het Akkoord van Parijs, de ambitie van de deelnemende landen zal vergroten. Dat moge waar zijn, maar het blijft een vrijwillige inspanning met gevaar voor niet-naleving en free-rider-gedrag, omdat landen profiteren van emissiereducties door andere naties zonder daar zelf vergelijkbare reducties tegenover te hoeven stellen. Het is onwaarschijnlijk dat veel landen eenzijdig strenge en wederzijds consistente maatregelen zullen nemen omdat de binnenlandse klimaatvoordelen over het algemeen klein zijn en niet opwegen tegen de kosten van een zwakkere concurrentiepositie. Het hieruit voortvloeiende free-rider-probleem maakt het lastig voor landen om zich te binden aan beleid dat consistent is met de doelen. Op de lange termijn is de doelaanpak, zoals in Parijs besloten, dan ook veel minder effectief dan beleidscoördinatie, vooral als deze laatste een vorm van koolstofbeprijzing zou omvatten.

REDENEN VOOR EEN KOOLSTOFHEFFING

Zowel conservatieve als progressieve economen en beleidsmakers hebben koolstofbeprijzing verdedigd (Baker et al., 2017; Cramton et al., 2017). Goed ontworpen koolstofprijzen zullen snel en effectief de samenstelling van consumptie en productie in de richting van een lage koolstof-emissie sturen. Koolstofprijzen zullen bovendien de investeringen en innovaties sturen in de richting van energie-efficiënte

en koolstofarme productielevenscycli, hetgeen voor de resterende emissiereductie kan zorgen (Aghion et al., 2016). Eén wereldwijde koolstofprijs maakt producten en diensten duurder naarmate er meer koolstof vrijkomt bij de productie ervan, ongeacht waar deze plaatsvindt, en is dus in staat om miljarden beslissingen van consumenten, producenten, investeerders en technologie-ontwikkelaars te verschuiven naar koolstofarme opties (Baranzini et al. 2017).

De koolstofheffing wordt geïmplementeerd waar fossiele brandstoffen – kolen, olie of gas – uit de grond worden gehaald, of ook kunnen ze geïmporteerd worden uit een land dat geen koolstofprijs heeft ingesteld. Elk intermediair en eindproduct of elke dienst zal dan een prijs krijgen die bij benadering alle geproduceerde kooldioxide-emissies weerspiegelt, namelijk doordat alle CO_2-prijseffecten gedurende de gehele productiecyclus in de marktprijs worden geaggregeerd (Karstensen en Peters, 2018). Dit verzekert de wereldwijde koolstofbeprijzing van een uniek systemisch karakter dat het hele economische systeem bestrijkt, en daarom zowel weglekeffecten als *rebound* voorkomt.

Koolstofprijzen zijn in wezen een vorm van gedecentraliseerd overheidsbeleid. Dit betekent dat de informatiebehoeften en daarmee de kosten voor de overheden laag zijn, wat een duidelijk voordeel is ten opzichte van bijvoorbeeld technische normen. Deze laatste zouden regelmatig bijgewerkt moeten worden om technologische veranderingen voldoende te reflecteren. Voorts zouden ze moeten worden gedefinieerd voor miljoenen afzonderlijke producten en technieken, teneinde weglekeffecten te voorkomen, omdat producenten of consumenten overschakelen van gereguleerde naar minder of niet-gereguleerde technologieën.

Een kerninzicht uit de milieu-economie is dat koolstofbeprijzing niet alleen effectief is om emissiereductie te stimuleren, maar tevens binnen de heterogeniteit aan reductiemogelijkheden van vervuilers de goedkoopste opties selecteert en zodoende de totale reductiekosten voor de maatschappij minimaliseert (Baumol en Oates, 1988). Dit kan bijdragen aan politieke steun voor het instrument.

Koolstofprijzen kunnen tot stand komen door een koolstofbelasting in te voeren of een markt voor emissievergunningen op te zetten. Een CO_2-belasting is een eenvoudige manier om een koolstofprijs te implementeren. Ze moet niet worden verward met de bestaande benzineaccijnzen of energiebelastingen. Deze belasten energiegebruik, maar ze differentiëren niet naar de CO_2-intensiteit van de energiedrager. CO_2-emissies zijn moeilijk te monitoren en daarom lastig direct te belasten. Gelukkig volstaat het om bij fossiele brandstoffen een heffing op te leggen in proportie met hun koolstofgehalte, aangezien iedere eenheid koolstof zich bij verbranding evenredig vertaalt in CO_2-emissies en bovendien de schade ervan onafhankelijk is van de uitstootlocatie. Op deze manier hoeven slechts een handvol bedrijven, namelijk de leveranciers van fossiele brandstof, administratief de koolstofprijs te betalen, in plaats van de miljoenen vervuilers verderop in de keten van vraag en aanbod. De resulterende kosten van koolstof worden dan eenvoudig opgenomen in de prijs van intermediaire en finale goederen en diensten, en dan doorberekend – via bestaande markten en kostenaccounting – naar bedrijven en eindgebruikers.

De CO_2-belasting maakt het bovendien mogelijk om emissiereductie geleidelijk aan te passen via een gecentraliseerd prijsmechanisme waardoor beleid snel kan worden herzien wanneer er nieuwe inzichten beschikbaar komen uit de natuur- en sociale klimaatwetenschappen – zoals over variaties in mondiale emissies of atmosferische concentraties, of over gerealiseerde schadekosten. In het geval van verhandelbare emissierechten kan het plafond aan alle emissies worden bijgesteld.

Het effect van koolstofprijzen is niet afhankelijk van milieubewustzijn of altruïsme van consumenten en bedrijven – prijsprikkels sturen hen automatisch in de richting van koolstofarme opties. Dit neemt niet weg dat ook het milieubewustzijn moet worden bevorderd, vooral omdat dit kan helpen om politieke steun te verwerven voor beprijzing (Drews en Van den Bergh, 2016). Maar vrijwillig gedrag is de oorzaak en kan niet de oplossing zijn van het klimaatprobleem.

OPPOSITIE ZONDER EFFECTIEF ALTERNATIEF

Ondanks de brede steun onder economen, negeren of bagatelliseren vele andere sociale wetenschappers het belang van

koolstofbeprijzing. Deels is dit wellicht het resultaat van een onvoldoende begrip van de voordelen, zoals zojuist besproken (Kallbekken et al., 2011). Anderzijds kan het verklaard worden door tradities die de aandacht vestigen op andersoortige instrumenten, gekoppeld aan de typische focus van disciplines, zoals de rol van interacties in sociale netwerken binnen de sociologie, of van onbaatzuchtig gedrag gedreven door *environmental values* binnen de psychologie. Voorts lijken economen meer dan andere sociale wetenschappers gericht op de netto-effectiviteit en algehele kosten van instrumenten, terwijl de laatsten meer de sociale rechtvaardigheid benadrukken (maar zie *Koolstofheffing bij uitstek geschikt voor eerlijke verdeling* hieronder). Andere argumenten die sociale wetenschappers inbrengen tegen koolstofbeprijzing zijn *crowding-out* van intrinsieke preferenties voor milieu en begrensde rationaliteit, maar geen van beide ondergraaft de hoge mate van effectiviteit van koolstofbeprijzing in vergelijking met andere instrumenten (Gsottbauer en Van den Bergh, 2011; Baranzini et al., 2017). Ze suggereren echter wel aanvullend beleid (zie hieronder *Breder klimaatbeleid*). Wellicht zien ook veel niet-economen prijsinstrumenten als iets van economen, waar zij geen boodschap aan hebben. Dit geldt vooral voor hen die kritisch zijn op markten of het (semi-)kapitalistisch-economische model (Klein, 2014). Voor meer discussie, zie Van den Bergh (2017).

Sociale klimaatonderzoekers benadrukken vaak bottom-up-oplossingen via vrijwillige en lokale actie (Seddon en Ramanathan, 2013), of een rigide schema van maximale koolstof-emissies voor elk individu (Fawcett, 2010). De laatstgenoemde benadering zou de consumptie door rijken en armen in even grote mate beperken. Hoewel het ethisch bewonderenswaardig is, zou het immense politieke weerstand ondervinden. Een ander wijdverbreid idee is dat ecolabels, ondersteund door levenscyclusanalyses (LCA's) van de milieueffecten in productieketens, consumenten nuttige informatie bieden bij beslissingen om vrijwillig hun koolstofvoetafdruk te verkleinen (Baldo et al., 2009). Door de beperkte menselijke capaciteiten van altruïsme en informatieverwerking kan deze aanpak echter geen grootschalige emissiereductie opleveren (Waechter et al., 2015). Bij het realiseren van lokale, bottom-up-klimaatoplossingen worden ook steden vaak genoemd (Hale, 2016). Deze oefenen echter alleen directe controle uit over een beperkt deel van de totale uitstoot gegenereerd door de industrie, elektriciteitsproductie en consumptie in stedelijke gebieden, en zijn niet in staat om een systematische koolstofheffing op alle relevante activiteiten te realiseren. Bovendien zullen ongecoördineerde beleidsmaatregelen op sub-nationaal niveau tot koolstoflekkage tussen regio's leiden.

Ontkenning van het klimaatprobleem was en is nog steeds een barrière voor politieke oplossingen, vooral in de Verenigde Staten. Maar laten we een tweede type van ontkenning, namelijk die van het belang van een koolstofheffing, niet onderschatten. Deze vormt in mijn visie momenteel de belangrijkste belemmering voor een snelle overgang naar een koolstofarme samenleving. Sociale wetenschappers die adviseren over klimaatbeleid zouden er goed aan doen om serieus tijd te investeren in het doorgronden van de finesses van een koolstofheffing en de rol die deze kan spelen bij het realiseren van een snelle en definitieve oplossing van het klimaatprobleem. Dit kan bijdragen aan een bredere steun voor dit instrument, en aldus de verwarring bij beleidsmakers verminderen doordat er minder tegenstrijdige ideeën over klimaatbeleid op hen afkomen vanuit de sociale (klimaat)wetenschappen.

BREDER KLIMAATBELEID

De voorgaande opmerkingen zijn niet bedoeld om de noodzaak te ontkennen van een breder beleidspakket, dat naast koolstofbeprijzing ook andere instrumenten bevat. Zonder volledigheid na te streven, noem ik hier een aantal essentiële additionele instrumenten in willekeurige volgorde.

Informatievoorziening kan inzicht en ondersteuning bieden voor koolstofprijsbepaling. 'Zetjes of duwtjes in de goede richting' *(nudges)* kunnen informatiefouten en begrensde rationaliteit aanpakken, bijvoorbeeld door een koolstofarm product te presenteren als de standaardoptie voor consumenten. Voorts is er regulerend beleid nodig om bepaalde niet-energetische broeikasgasemissies te beheersen, zoals die welke afkomstig zijn van landconversie, ontbossing en stortplaatsen. Tevens is innovatiebeleid, inclusief innova-

tie- en in mindere mate adoptiesubsidies, vereist om verdere ontwikkeling van veelbelovende koolstofarme technologieën te waarborgen die nog te duur zijn om op markten te concurreren, maar wel onderhevig zijn aan leereffecten en overloopeffecten ('spillovers') of soms worden gemeden vanwege kortzichtigheid van investeerders. Maar zulke subsidies zijn geen substituut voor een koolstofheffing, terwijl de laatste ook bijdraagt aan het versnellen van en richting geven aan '*low-carbon* innovaties' (Fischer en Newell, 2008).

Desalniettemin worden subsidies – voor onderzoek of adoptie van nieuwe technologieën – nog steeds als het belangrijkste instrument bij klimaatbeleid gezien. Echter, zonder koolstofprijzen kunnen we er niet voor zorgen dat de volledige levenscyclus van de nieuwe innovaties daadwerkelijk minder koolstof zal gaan gebruiken (Popp, 2006). De productiecycli van bepaalde batterijen voor elektrische voertuigen of zonnepanelen kunnen bijvoorbeeld onnodig intensief zijn wat betreft de uitstoot van kooldioxide – door de aard van de productieprocessen en de bron van het elektriciteits- en andere energiegebruik – wat een overgang naar een koolstofarme economie vertraagt (Feng en Van den Bergh, 2018). Meer in het algemeen levert de productie van schonere technologieën emissies op tijdens de transitie van een economie die nog hoofdzakelijk op fossiele brandstoffen werkt. Om de koolstofintensiteit van dergelijke productiecycli te beperken, schieten subsidies voor schone energie simpelweg tekort. Essentieel is dat productieprocessen met een hoge koolstofintensiteit voldoende worden bestraft of ontmoedigd, anders kan men een snelle transitie naar een koolstofarme energievoorziening rustig vergeten.

KOOLSTOFHEFFING BIJ UITSTEK GESCHIKT VOOR EERLIJKE VERDELING

Hoewel men vaak de bezorgdheid uit dat koolstofbeprijzing ongewenste verdelingseffecten zou kunnen sorteren, kan dit – indien goed opgezet – een van de meest rechtvaardige instrumenten bij het klimaatbeleid opleveren. In tegenstelling tot andere instrumenten – zoals quota, technologienormen of subsidies voor hernieuwbare energie – genereert koolstofbeprijzing namelijk inkomsten die kunnen worden ingezet ter compensatie van huishoudens met lage inkomens of voor internationale financiële overdrachten van rijke naar arme landen. Dit geldt niet alleen voor koolstofbelasting, maar ook voor emissiehandel, aangezien hier inkomsten worden gegenereerd door de verkoop of veiling van vergunningen. Compenseren voor ongelijke gevolgen van een koolstofprijsbepaling elimineert niet de bestaande ongelijkheid, maar neutraliseert de additionele ongelijkheid die door het klimaatbeleid ontstaat. Dit kan door de inkomstenbelasting te verlagen via de opbrengsten van een koolstofheffing. In dit verband is er gewezen op de mogelijke voordelige effecten voor werkgelegenheid ('tweesnijdend zwaard'), hoewel de literatuur hierover niet eensluidend is (zie een overzicht van veertig studies door Freire-González, 2018).

Ecolabels leveren geen grootschalige emissiereductie op

Volgens publieke-perceptiestudies is het specifieke gebruik van de overheidsinkomsten verkregen via koolstofheffingen van cruciaal belang voor de sociale en politieke acceptatie van dit instrument en de steun ervoor (Dresner et al., 2006; Amdur et al., 2014). De unieke context van een land kan bepalen welk recyclingschema de beste keuze is om de acceptatie te verbeteren (Klenert et al., 2018). Veel burgers prefereren het oormerken van heffingen voor milieudoelen boven het gebruik ervan voor algemene middelen of lagere inkomstenbelastingen. Hiermee kan het ontwerp van instrumenten gericht op politieke haalbaarheid rekening houden, zonder al te veel afbreuk te doen aan de effectiviteit en kosten- of welvaarts-efficiëntie ervan. We kunnen daarbij denken aan het reserveren van een deel van de koolstofheffingsopbrengst voor het financieren van hernieuwbare energiesubsidies.

De discussie over herverdeling van inkomsten verkregen via een koolstofprijs kent tevens een internationale dimensie.

Een startpunt vormt de reeds overeengekomen aanpak voor financiële steun aan landen met lage en middelhoge inkomens, zoals besloten in conferenties van de partijen (COP's) binnen de UNFCCC en bevestigd in Parijs. Deze afspraak houdt in dat, in de periode 2020–2025, 100 miljard dollar per jaar zal worden vrijmaken voor klimaatfinanciering, ter ondersteuning en compensatie van het klimaatbeleid in ontwikkelingslanden. In een scenario met voldoende emissiereducties om de opwarming rond 2100 onder de 2 °C te houden, zou de koolstofprijs mogelijk inkomsten tot zes procent van het bruto-wereldproduct kunnen opleveren (Davies et al., 2014). Dit laat zien dat koolstofprijzen immense fondsen kunnen genereren om ongelijkheid en armoede te verminderen.

Koolstofbeprijzing genereert inkomsten die kunnen worden gebruikt ter compensatie van lage inkomens

De verdelingseffecten van koolstofbeprijzing steken gunstig af bij die van andere klimaatbeleidsinstrumenten. Technische normen, bijvoorbeeld, maken producten even duur voor mensen met zowel lage als hoge inkomens, en betekenen daardoor relatief hoge kosten voor huishoudens met een laag inkomen, zonder dat er inkomsten tegenover staan die dit kunnen compenseren. Subsidies voor hernieuwbare energie maken gebruik van overheidsinkomsten in plaats van die te genereren, en zijn dus niet in staat om te compenseren voor welke verdelingseffecten dan ook. Subsidies voor zonnepanelen resulteren in een overdracht van inkomen uit de samenleving aan relatief welgestelde huiseigenaren, waarbij rijke huishoudens met grote huizen nog veel meer voordelen hebben (Borenstein, 2017). Evenzo begunstigen subsidies voor windenergie de landeigenaren, vooral van grote percelen die geschikt zijn voor windmolens, terwijl gesubsidieerde elektrische voertuigen onevenredig ten goede komen aan huishoudens die zich relatief dure auto's kunnen veroorloven. Dus een koolstofheffing heeft al met al relatief positieve verdelingseffecten.

ONTWERP VAN EEN LANDENCLUB MET KOOLSTOFHEFFING

Wanneer een club van landen een meer dan gemiddelde ambitie heeft om effectief klimaatbeleid te implementeren, zou een beleidsovereenkomst tussen deze landen politiek haalbaar en invloedrijk kunnen zijn. Dit staat in de literatuur bekend als een 'klimaatclub' (Victor, 2011) en is gerelateerd aan het oudere idee van 'clubgoederen' (Cornes en Sandler, 1996). Een meer specifieke koolstofheffingsclub zou koolstofheffingen of -markten coördineren in de lidstaten, en een grens-koolstoftarief toepassen op de invoer van goederen en grondstoffen van niet-leden, en mogelijk de koolstofuitgaven voor export te vergoeden (Keohane et al., 2017). Binnenlandse bedrijven zouden dan geen concurrentienadeel ondervinden op binnenlandse en wereldmarkten ten opzichte van de concurrenten uit landen buiten de club (Fischer en Fox, 2012). Niet-lidstaten zouden een prikkel voelen om lid te worden van de club en een koolstofprijs in te voeren. Bovendien zou dit een bestaande club burgers en milieu-NGO's stimuleren om bij hun regering te lobbyen om lid te worden van de club. De geschiedenis geeft succesvolle casussen te zien waarin clubs zich uitbreiden naar een mondiale overeenkomst, zoals de Algemene Overeenkomst inzake Tarieven en Handel (GATT), die 23 leden had bij de start in 1947 en zich uiteindelijk ontwikkelde tot de Wereldhandelsorganisatie met 164 landen. Men zou hiertegen in kunnen brengen dat internationale handel, in tegenstelling tot klimaatbeleid, privaat winstgevend is. Met een klimaatclub echter hebben de niet-leden kosten, aangezien ze op de handelsbarrières van de klimaatclubleden stuiten, en daarmee hebben ze ook hier private baten van het lidmaatschap, namelijk doordat deze barrières dan voor hen worden weggenomen.

Een terugkerend discussiepunt betreft de juridische haalbaarheid volgens de WTO-GATT-regels. Hoewel verschillende auteurs hebben betoogd dat koolstofgrenstarieven in overeenstemming kunnen zijn met WTO-regels – met als kernargument dat het niet berekenen van een koolstofheffing

neerkomt op dumping – zijn anderen het daar niet mee eens (voor een discussie, zie Cottier, 2009). De enige manier om dit op te lossen, is het verkrijgen een WTO-uitspraak over een initiatief om een klimaatprijzenclub op te richten. Dit zal media- en politieke aandacht opleveren, wat als gunstig neveneffect kan leiden tot een internationaal debat over hoe de WTO in overeenstemming te brengen met klimaatdoelen zoals overeengekomen in Parijs.

Wat betreft de praktische uitvoering, zouden idealiter de emissies verbonden aan importen moeten worden gemeten door de technologie van het buitenland te analyseren. Het belasten van emissies op basis van de binnenlandse technologie, die gemakkelijker te beoordelen is door de landen in de club, is echter al een goede stap in de richting van gelijkschakeling van het speelveld (Rocchi et al., 2018). Om de complexiteit van het ontwerpen van koolstofgrenstarieven te omzeilen, stelt Nordhaus (2015) een uniform percentagetarief voor op alle invoer van niet-deelnemers, wat zou kunnen dienen als een sanctie op niet-deelname aan de club. Zijn modelsimulaties wijzen erop dat dit voorstel veel landen ertoe zou aanzetten om lid te worden van de club en een koolstofprijs in te voeren.

Door enerzijds een uniforme koolstofprijs toe te passen in lidstaten en anderzijds een soort van grensoverschrijdend tarief voor andere landen, zou de club kunnen dienen als een overgangsvoertuig naar een volledige participerende overeenkomst wat betreft een wereldwijde koolstofprijs. Hoe groter de club – in termen van mensen, handelsmacht en emissies – des te aantrekkelijker het voor niet-leden is om mee te doen, aangezien meer landen hun koolstofintensieve invoer zouden reguleren en dus free-riding minder voordelig zou worden. Het clublidmaatschap zou verder kunnen worden aangemoedigd door specifieke lidmaatschapsvoordelen te creëren – voor zover toegestaan volgens WTO-regels – zoals wederzijdse financiële steun en samenwerking in handel alsmede in koolstofarme innovatie (Victor, 2015).

Om aan te geven dat koolstofgrenstarieven worden ingegeven door bezorgdheid over de klimaatverandering, en niet dienen als een verkapte protectionistische maatregel of een bron van overheidsinkomsten, zou men ze kunnen aanvullen met *revenue recycling offsets* (Van den Bergh, 2016). In dat geval zouden de tariefinkomsten worden teruggegeven aan de derde landen waaruit de invoer afkomstig was, om zo aan te geven dat de tarieven bedoeld zijn om het klimaatbeleid te beschermen, en niet om inkomsten te genereren voor de club. De tarieven zouden dan de importvraag naar koolstofintensieve goederen in de clublanden verminderen, terwijl de financiële gevolgen voor de importerende landen tot een minimum worden beperkt. Mogelijk kunnen deze landen worden aangemoedigd om het geretourneerde geld te gebruiken voor de overgang van hun getroffen industrieën naar het gebruik van koolstofarme productietechnologieën (Grubb, 2011). Clubleden kunnen bovendien toezicht houden op het gebruik van inkomsten door niet-lidstaten, om te voorkomen dat deze bepaling verkeerde prikkels oplevert. Andere suggesties voor het gebruik van het geld zijn afkomstig uit de literatuur over klimaatfinanciering (Steckel et al., 2017). Uiteraard zou men op termijn, bij voldoende omvang van de club, kunnen toewerken naar een systeem zonder offsets, teneinde de prikkel om clublid te worden te maximaliseren. Dit zou clublanden tevens meer financiële ruimte geven om een verdelingspolitiek te bedrijven om aldus armere landen te overtuigen lid te worden.

Het is nu mogelijk een heffing in te voeren zonder dat die direct tot extreem hoge brandstofprijzen leidt

INITIATIE EN ROL NEDERLANDSE OVERHEID

Wat betreft de initiatie van een 'koolstofheffingsclub' zouden een aantal gewillige landen, waaronder Nederland, kunnen beginnen met beraadslagingen. Men kan daarbij denken aan landen die aanzienlijk bijdragen aan de wereldwijde uitstoot, ambitieuze klimaatdoelen hebben of reeds een koolstofbelasting of emissiehandel hebben ingevoerd. Landen kunnen

tevens gemotiveerd worden om deel te nemen vanwege de zogenaamde *co-benefits* van het klimaatbeleid, zoals minder lokale emissies die de gezondheid schaden (Edenhofer et al., 2015).

Een recente modelsimulatie van klimaatclubs en hun langetermijneffecten heeft aangetoond dat een club die is geïnitieerd door de EU en de VS bijzonder snel zal groeien naar een omvang die de uitstoot effectief vermindert (Hovi et al., 2017). Vroege deelname van China en Japan zou dan bijna het succes garanderen. Een verwante studie stelt vast dat clubs zelfs zonder de deelname van de VS kunnen functioneren, zolang andere grote *emitters* maar leiderschap tonen (Sprinz et al., 2018). Een studie van Martin en Van den Bergh (2018) bepleit een multi-level-klimaatclub met naast landen ook individuele Amerikaanse staten ter compensatie van de VS die momenteel geen interesse toont voor serieus nationaal klimaatbeleid en het Akkoord van Parijs. De studie ontwikkelt tevens een methode om binnen de VS de meest geschikte staten voor deelname te vast te stellen.

Het uitgangspunt is gunstig voor een landenclub-brede koolstofheffing aangaande markprijzen van fossiele brandstoffen. Omdat sinds 2015 de olieprijzen op een relatief laag niveau liggen in vergelijking met de periode 2005–2014, is het gemakkelijker om over de tijd de heffing te laten stijgen zonder dat de resulterende brandstofprijzen gelijk – historisch gezien – extreem hoog worden. Dit betekent dat de economie de tijd krijgt om zich aan te passen aan de nieuwe situatie. Koolstofprijzen zullen niet alleen de uitstoot van CO_2 verminderen, maar tevens bijdragen aan economische stabiliteit. Een hoge koolstofprijs zal namelijk als een stabiliserende factor fungeren, waardoor er minder ruimte is voor fluctuaties in de olieprijs. Dit zal op zijn beurt een duidelijk signaal afgeven dat bedrijven en particulieren aanmoedigt om langetermijninvesteringen te doen in energie-efficiëntie, hernieuwbare energie en elektrische voertuigen, om zo bij te dragen aan een snelle energietransitie. We bevinden ons dus in een uniek win-win-tijdvenster, waarin we zowel milieu- als macro-economische voordelen kunnen aangrijpen.

Koolstofheffingen zullen er tevens voor zorgen dat de winstmarges op fossiele brandstoffen omlaag gaan – wat niet alleen de investeringen erin remt, maar ook een verschuiving teweegbrengt van de opbrengsten van producerende naar consumerende landen. Dit kan de lasten van het klimaatbeleid voor de laatstgenoemde landen drukken. Het betekent echter ook dat olierijke landen niet snel geneigd zullen zijn om deel te nemen aan een koolstofheffingsklimaatclub.

Hoewel Nederland een kleine speler is, maakt het niet alleen deel uit van de meest vooruitstrevende landen, maar ook van de relatief ambitieuze EU, en kan om deze twee redenen een katalyserende rol spelen. Nederlandse diplomaten en politici zouden alle kansen moeten aangrijpen om internationaal steun te verwerven – binnen de EU en de UNFCCC – voor een koolstofheffing en een klimaatclub met een uniforme heffing. Nederland kan uiteraard inzetten op ambitieus binnenlands klimaatbeleid, en zo voor andere landen een voorbeeldrol spelen – getuige de recent gepresenteerde Klimaatwet. Maar het is mogelijk effectiever om diplomatiek te investeren in een landenclub die gecoördineerd een koolstofprijs invoert en zijn gezamenlijke grenzen beschermt tegen importen uit vervuilende landen.

De overheid zou een internationale conferentie over een *carbon-pricing climate club* kunnen organiseren in Nederland, alwaar het bepleit dat de EU samen met China een dergelijke club opricht – beide experimenteren immers reeds met koolstofmarkten. Andere landen zullen zich dan snel aansluiten, vanwege een klimaatambitie of angst voor importbeperkingen. Nieuwe leden van de koolstofheffingsclub kunnen worden uitgenodigd tijdens de UNFCCC COP-vergaderingen, waarbij Nederland tevens een intermediaire ambassadeursrol zou kunnen vervullen. Dit zou de club tevens in staat stellen om druk uit te oefenen op toekomstige klimaatonderhandelingen binnen de UNFCCC, waaraan alle landen deelnemen, om aldus toe te werken naar een mondiale koolstofbeprijzing. Een klimaatclub komt dus neer op een parallel spoor naast de UNFCCC/COP-onderhandelingen ná Parijs, en geen substituut ervoor. Het Akkoord van Parijs, overeengekomen op 12 december 2015, is tot nu toe ineffectief gebleken in termen van feitelijke mondiale emissiereductie: hoewel het van kracht werd op 4 november 2016, zijn in 2017 de emissies wereldwijd aanzienlijk gestegen (IEA, 2018) en mag

men niet verwachten dat de emissietrend zich snel omkeert. Dus zonder Parijs op te geven, kunnen we het streven naar een klimaatclub zien als een investering in alternatieven, wat strookt met het voorzorgsprincipe. Uiteraard is er haast geboden, aangezien het tijdvenster gunstig maar smal is, en het klimaat snel en onomkeerbaar aan het veranderen is.

In het kort

- De beprijzing van koolstof kent vele unieke voordelen.
- Landen zouden een klimaatclub met uniforme koolstofbeprijzing moeten opzetten waarbij steeds meer leden zich aansluiten.
- Nederland kan een katalyserende rol spelen bij het opzetten en uitbreiden van een dergelijke club.

LITERATUUR

Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hémous et al. (2016) Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: evidence from the auto industry. *Journal of Political Economy*, 124(1), 1–51.

Aldy, J., W. Pizer, M. Tavoni et al. (2016). Economic tools to promote transparency and comparability in the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, 6, 1000–1004.

Amdur, D., B.G. Rabe en C. Borick (2014) Public views on a carbon tax depend on the proposed use of revenue. *Issues in Energy and Environmental Policy*, 13, 1–9.

Baker III, J.A., M. Feldstein, T. Halstead et al. (2017) *The conservative case for carbon dividends. February 2017*. Washington, DC: The Climate Leadership Council. Tekst te vinden op www.clcouncil.org.

Baldo, G.L., M. Marino, M. Montani en S.-O. Ryding (2009) The carbon footprint measurement toolkit for the EU Ecolabel. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(7), 591–596.

Baranzini, A, J. van den Bergh, S. Carattini et al. (2017) Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political-economy considerations. *WIREs Climate Change*, 8(4), e462.

Baumol, W.J. en W.E. Oates (1988) *The theory of environmental policy*, 2e editie. Cambridge, VK: Cambridge University Press.

Bergh, J.C.J.M. van den (2016) Rebound policy in Paris Agreement: instrument comparison and climate-club revenue offsets. *Climate Policy*, 17, 801–813.

Bergh, J.C.J.M. van den (2017) Green agrowth: removing the GDP-growth constraint on human progress. In: P.A.Victor en B. Dolter (red.), *Handbook on growth and sustainability*. Cheltenham: Edward Elgar.

Borenstein, S. (2017) Private net benefits of residential solar PV: the role of electricity tariffs, tax incentives, and rebates. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(S1, part 2), S85–S122.

Brockway, P.E., H. Saunders, M.K. Heun et al. (2017) Energy rebound as a potential threat to a low-carbon future: findings from a new exergy-based national-level rebound approach. *Energies*, 10(1), 51.

Cornes, R. en T. Sandler (1996) *The theory of externalities, public goods and club goods*. New York: Cambridge University Press.

Cottier, T. (red.) (2009) *International trade regulation and the mitigation of climate change*. Cambridge, VK: Cambridge University Press.

Cramton, P., D.J.C. MacKay, A. Ockenfels en S. Stoft (red.) (2017) *Global carbon pricing: the path to climate cooperation*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Davies, J.B., X. Shi en J. Whalley (2014) The possibilities for global inequality and poverty reduction using revenues from global carbon pricing. *The Journal of Economic Inequality*, 12(3), 363–391.

Dresner, S., L. Dunne, P. Clinch en C. Beuermann (2006) Social and political responses to ecological tax reform in Europe. *Energy Policy*, 34(8), 895–904.

Drews S. en J. van den Bergh (2016) What explains public support for climate policies? A review of empirical and experimental studies. *Climate Policy*, 16(7), 855–876.

Edenhofer, O., M. Jakob, F. Creutzig et al. (2015) Closing the emission price gap. *Global Environmental Change*, 31, 132–143.

Fawcett, T. (2010) Personal carbon trading: a policy ahead of its time? *Energy Policy*, 38(11), 6868–6876.

Feng, L. en J. van den Bergh (2018) *Differences in production and lifecycle CO_2 emissions of solar PV among technologies and regions (China, EU and USA)*. Working Paper, ICTA-UAB. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

Fischer, C. en A.K. Fox (2012) Comparing policies to combat emissions leakage: border carbon adjustments versus rebates. *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(2), 199–216.

Fischer, C. en R. Newell (2008) Environmental and technology policies for climate mitigation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 55(2), 142–162.

Freire-González, J. (2018) Environmental taxation and the double dividend hypothesis in CGE modelling literature: a critical review. *Journal of Policy Modeling*, 40(1), 194–223.

Grubb, M. (2011) International climate finance from border carbon cost levelling. *Climate Policy*, 11(3), 1050–1057.

Gsottbauer, E. en J.C.J.M. van den Bergh (2011) Environmental policy theory given bounded rationality and other-regarding preferences. *Environmental and Resource Economics*, 49(2), 263–304.

Hale, T. (2016) 'All hands on deck': the Paris Agreement and nonstate climate action. *Global Environmental Politics*, 16(3), 12–22.

Hovi, J., D.F. Sprinz, H. Sælen en A. Underdal (2017) The club approach: a gateway to effective climate co-operation? *British Journal of Political Science*, 15 juni. Te vinden op www.cambridge.org.

IEA (2018) *Global energy & CO_2 status report, 2017*. Parijs: International Energy Agency.

Kallbekken, S., S. Kroll en T.L. Cherry (2011) Do you not like Pigou, or do you not understand him? Tax aversion and revenue recycling in the lab. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(1), 53–64.

Karstensen, J. en G. Peters (2018) Distributions of carbon pricing on extraction, combustion and consumption of fossil fuels in the global supply-chain. *Environmental Research Letters*, 13(1). Te vinden op iopscience.iop.org.

Keohane, N., A. Petsonk en A. Hanafi (2017) Toward a club of carbon markets. *Climatic Change*, 144(1), 81–95.

Klenert, D., L. Mattauch, E. Combet et al. (2018) Making carbon pricing work for citizens. *Nature Climate Change*, 8, 669–677.

Klein, N. (2014) *This changes everything: capitalism versus the climate*. Londen: Penguin Books.

Martin, N. en J. van den Bergh (2018) *A multi-level climate club with US states*. Working Paper, ICTA-UAB. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

--Nordhaus, W.D. (2015) Climate clubs: overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review*, 105(4), 1339–1370.

Peters, G.P., J.C. Minx, C.L. Weber en O. Edenhofer (2011) Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(21), 8903–8908.

Popp, D. (2006) R&D subsidies and climate policy: is there a 'free lunch'? *Climate Change*, 77(3-4), 311–341.

Raftery, A.E., A. Zimmer, D.M.W. Frierson et al. (2017) Less than 2 °C warming by 2100 unlikely. *Nature Climate Change*, 7, 637–641.

Rocchi, P., M. Serrano, J. Roca en I. Arto (2018) Border carbon adjustments based on avoided emissions: addressing the challenge of its design. *Ecological Economics*, 145(3), 126–136.

Rogelj, J., M. den Elzen, N. Höhne et al. (2016) Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, 534(7609), 631–639.

Seddon, J. en V. Ramanathan (2013) Bottom-up solutions to mitigating climate change. *Stanford Social Innovation Review*, 11(3), 48–53.

Sprinz, D.F., H. Sælen, A. Underdal en J. Hovi (2018) The effectiveness of climate clubs under Donald Trump. *Climate Policy*, 18(7), 828–838.

Steckel, J.C., M. Jakob, C. Flachsland et al. (2017) From climate finance toward sustainable development finance. *WIREs Climate Change*, 8(1), e437.

Victor, D. (2011) *Global warming gridlock: creating more effective strategies for protecting the planet*. Cambridge, VK: Cambridge University Press.

Victor, D. (2015) *The case for climate clubs: E15 expert group on measures to address climate change and the trade system*, januari. Genève: International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD) and the World Economic Forum.

Victor, D.G., K. Akimoto, Y. Kaya et al. (2017) Prove Paris was more than paper promises. *Nature*, 548(7665), 25–27.

Waechter, S., B. Sütterlin en M. Siegrist (2015) The misleading effect of energy efficiency information on perceived energy friendliness of electric goods. *Journal of Cleaner Production*, 93, 193–202.

World Bank, Ecofys en Vivid Economics (2016) *State and trends of carbon pricing 2016*. Washington, DC: World Bank.

Kan en zal de wereld het klimaat redden door geo-engineering?

Grootschalige en tot nu toe onbeproefde manieren om de temperatuur op aarde te verlagen, komen wellicht snel en goedkoop beschikbaar. Is het waarschijnlijk dat deze technieken ergens in de wereld zullen worden toegepast om daarmee – in de toekomst of zelfs nu al – het klimaatbeleid overbodig te maken?

SJAK SMULDERS
Hoogleraar aan Tilburg University

Nederland heeft zich gecommitteerd aan strikte emissiereductiedoelstellingen, maar het blijft de vraag of de doelstellingen van Parijs zullen worden gerealiseerd. Het feit dat aandelenkoersen van bedrijven nauwelijks lijken te reageren op klimaatnieuws of aangekondigd klimaatbeleid, wekt de indruk dat bedrijven en beleggers verwachten dat de soep niet zo heet zal worden gegeten (Sen en Von Schickfus 2017). Als het niet lukt om via wereldwijde emissiereductie de temperatuurstijging onder de 1,5 graden Celsius te houden (en misschien zelfs ook niet onder de 2 graden), bestaat er de mogelijkheid om de temperatuur op aarde via directe ingrepen in het klimaat te verlagen. Direct wereldwijd ingrijpen in het klimaat zou een laatste redmiddel kunnen zijn. Als we de influx van zonne-energie verlagen, daalt de temperatuur, zelfs als de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer naar recordhoogtes stijgt. Maar als we dergelijke koeltechnieken hebben, waarom zou Nederland dan alles op alles willen zetten om de emissies van broeikasgassen drastisch te reduceren? In dit hoofdstuk gaan we na of dit soort ingrepen realistisch zijn en of we er rekening mee moeten houden voordat we besluiten over grote investeringen in de emissiereducties voor Nederlandse bedrijven en huishoudens. Er kleven verschillende risico's en neveneffecten aan. Bovendien zal de inzet van deze techniek op internationaal niveau worden bepaald, dus moeten we de voor- en nadelen bekijken wat betreft de verschillende internationale spelers in het klimaatveld.

Climate engineering, oftewel direct ingrijpen in het klimaatsysteem en door ons vertaald als 'klimaatsturing', kunnen we indelen in twee klassen. De eerste vorm is zonlichtmanagement *(solar radiation management)* dat de mogelijkheid biedt om de temperatuur op aarde direct te beïnvloeden door het zonlicht terug te kaatsen via 'spiegeldeeltjes' in de

stratosfeer. Hoe minder zonne-energie het aardoppervlak bereikt, hoe koeler de aarde wordt. Zonlichtmanagement creëert als het ware een thermostaatknop voor het wereldklimaat. De tweede vorm is koolstofverwijdering *(carbon dioxide removal)* die versneld CO_2 uit de atmosfeer haalt en opslaat in duurzame reservoirs. Denk bijvoorbeeld aan herbebossing, waarmee er CO_2 uit de atmosfeer gehaald wordt die wordt opgeslagen in hout. Dit is een vorm van negatieve emissie. Beide vormen komen in dit hoofdstuk aan bod, met een korte beschrijving van de principes, de mate van toepasbaarheid, en van de kosten en risico's.

ZONLICHTMANAGEMENT.

De uitbarsting in 1991 van de vulkaan Pinatubo in de Filipijnen, verlaagde de gemiddelde temperatuur op aarde met een halve graad Celsius. De uitbarsting in 1815 van de vulkaan Tambora in Indonesië, maakte van 1816 'het jaar zonder zomer', met misoogsten in Europa en ijs op de Grote Meren van de Verenigde Staten in juni en juli. Vulkaanuitbarstingen verlagen de temperatuur omdat ze zwaveldeeltjes (met name zwaveldioxide, SO_2) in de atmosfeer brengen, die zich vervolgens snel verspreiden. De deeltjes kaatsen zonlicht terug voordat het de aarde bereikt. De weerspiegeling van het zonlicht wordt de *albedo* genoemd. Vanwege de snelle verspreiding van de deeltjes in en boven de atmosfeer kunnen lokale vulkaanuitbarstingen de albedo wereldwijd versterken, en zo de gehele aarde doen afkoelen.

Het wereldwijde koeleffect van een lokale vulkaanuitbarsting kan gecontroleerd worden nagebootst door middel van de uitstoot van kleine hoeveelheden zwaveldeeltjes op zo'n twintig kilometer hoogte, in de stratosfeer. De Nederlandse Nobelprijswinnaar Paul Crutzen, expert op het gebied van zure regen, heeft uitgerekend dat deze vorm van zonlichtmanagement goed te beheersen is door de juiste dosering van zwaveldeeltjes; we hoeven dus niet bang te zijn dat zonlichtmanagement met behulp van zwaveldeeltjes resulteert in ijzige zomers. De SO_2 komt, net als na een vulkaanuitbarsting, binnen een paar jaar naar beneden. In feite is dit zure regen, het mondiale milieuprobleem van de jaren 1990, maar in veel kleinere omvang (Crutzen, 2006). Zwaveldeeltjes zijn niet de enige vorm van zonlichtmanagement; de albedo kan ook worden verhoogd door wolken te creëren boven de oceanen, bijvoorbeeld door een mist van zoutwaterdruppeltjes te maken. Zonlicht dringt diep in de oceanen door en verwarmt zo het zeewater; wolken zorgen ervoor dat minder zonlicht het zeeoppervlak bereikt (Heutel et al., 2016).

Kosten en neveneffecten

Zonlichtmanagement is zeer effectief en heel goedkoop. De operationele kosten zijn laag omdat de op vliegtuigen en schepen te monteren apparatuur eenvoudig en goedkoop is. De echte kosten die zonlichtmanagement met zich meebrengt, zijn niet de operationele kosten, maar de mogelijke neveneffecten en uitgelokte reacties. Deze kosten vloeien voort uit het feit dat zonlichtmanagement alleen een specifiek symptoom van het klimaatprobleem aanpakt, de te hoge temperaturen, maar niet de oorzaak, de te hoge concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer (Klepper en Rickels, 2014). Dit heeft verschillende gevolgen.

Het belangrijkste effect van zonlichtmanagement is dat de te hoge concentratie van CO_2 in de atmosfeer niet langer een probleem is voor de temperatuur, maar nog wel voor de ecosystemen (Moreno-Cruz en Smulders, 2017). Ook met zonlichtmanagement genereren CO_2-emissies negatieve externe effecten, omdat oceanen verzuren en de temperatuur- en regenpatronen veranderen. Zonlichtmanagement kan de gemiddelde temperatuureffecten van CO_2 neutraliseren, maar het koelingseffect is niet gelijkmatig verdeeld over de aarde. Bij een zonlichtmanagement-inspanning die het effect van CO_2 op de mondiale gemiddelde temperatuur constant houdt, treedt relatief veel koeling op rond de evenaar en relatief weinig rond de polen (Bala et al., 2008). Op zich is dit geen probleem: koele landen rond de polen zullen economisch profiteren van opwarming en warme landen rond de evenaar zijn economisch gebaat bij koeling (Burke et al., 2015; Dell et al., 2012). Noordelijke landen als Canada profiteren, landen als India lijden onder hogere gemiddelde temperatuur door het broeikaseffect. Als zonlichtmanagement vooral de temperatuur rond de evenaar verlaagt, maar minder rond de polen, dan wint India door klimaatsturing en ver-

liest Canada nauwelijks iets van de winst door het broeikaseffect. Beide landen kunnen in dit voorbeeld uiteindelijk beter af zijn. Moreno-Cruz et al. (2012) onderscheiden – op basis van een gekalibreerd regionaal klimaatmodel – scenario's waarin een beperkte inzet van zonlichtmanagement alle landen economisch voordeel oplevert.

Verder heeft zonlichtmanagement een effect op neerslagpatronen. Er treedt een verdroging op ten opzichte van de situatie zonder CO_2 en zonlichtmanagement (Ricke et al., 2010). Niettemin overheersen uiteindelijk de temperatuureffecten en lijkt vanuit een technisch oogpunt zonlichtmanagement een effectieve positieve bijdrage te kunnen leveren aan de economie, mits beperkt ingezet. Voor ecosystemen zijn de gevolgen minder positief. In het bijzonder zullen de huidige ecosystemen op de polen en evenaar waarschijnlijk verdwijnen – de biodiversiteit van de wereld verschraalt.

Moreel risico en internationale verhoudingen

Zonlichtmanagement geeft ons dus een goedkope en effectieve thermostaatknop. Maar gaan we die op de juiste manier gebruiken? En wat betekent dit voor het Nederlandse klimaatbeleid gericht op het terugdringen van broeikasemissies? Het schrikbeeld is dat het Akkoord van Parijs vaarwel wordt gezegd, en een situatie ontstaat waarin ieder land naar eigen voorkeur de thermostaatknop nog een stukje lager kan zetten dan de andere landen al hebben gedaan. Het logische resultaat is dat het land dat het meest profiteert van koeling het resultaat bepaalt. De archipel Tuvalu in de Stille Oceaan, waarvan het voortbestaan wordt bedreigd door zeespiegelstijging, kiest in dat scenario een inspanning aan zonlichtmanagement die voor alle andere landen excessief is. Weitzman (2015) noemt dit het '*free-driver*-probleem'. Ieder land kan tegen lage kosten het stuurwiel overnemen en legt daarmee aan alle andere landen een externaliteit op. Dit als tegenstelling van het *free-rider*-probleem, waarbij niemand het stuurwiel wil overnemen omdat de maatregelen in eigen land duur zijn ten opzichte van de eigen voordelen, met wachtgedrag als gevolg.

Het lijkt onwaarschijnlijk dat een land als Tuvalu het zonlichtmanagement van de wereld gaat dicteren. Internationale verontwaardiging zal niet uitblijven en boycotten zullen ingesteld worden, zoals in reactie op nucleaire programma's en schendingen van afspraken over kernwapens (Schelling, 1996). Omdat landen met relatief kleine klimaatschade het economische en politieke overwicht in de wereld hebben, zullen deze de overige landen waarschijnlijk kunnen afhouden van het drastische gebruik van zonlichtmanagement.

Risico's en koolstofkaters

Verschillende andere potentiële neveneffecten van zonlichtmanagement maken grootschalig gebruik in de nabije toekomst onwaarschijnlijk. Het is een onbeproefde technologie, en dat maakt dat we voorzichtig moeten zijn met de toepassing omdat we niet alle gevolgen kunnen overzien. Zelfs ontwikkeling van de technologie op zich is riskant, omdat het uitproberen altijd consequenties heeft op wereldschaal.

De temperatuur op aarde kan direct beïnvloed worden door zonlicht terug te kaatsen

De grote intuïtieve weerstand tegen wereldwijd experimenteren met het klimaat via zonlichtmanagement, is vooral geïnstigeerd door de mogelijke neveneffecten op het gebied van het klimaat zelf en van de ecosystemen. Met zonlichtmanagement gaan we spelen met de natuur. Klimaatbeleid is juist ingegeven door de zorg dat de mens op de natuur een te grote invloed heeft, die ons bestuurlijk vermogen overstijgt. Zonlichtmanagement lijkt een kunstmatige ingreep om een kunstmatige beïnvloeding van het milieu ongedaan te maken. Als we beginnen met zonlichtmanagement zijn we er voor eeuwen van afhankelijk. Als we toestaan dat er te veel CO_2 in te atmosfeer komt, moeten we deze kunstmatige ingreep vele eeuwen volhouden om zo het temperatuureffect van het teveel aan CO_2 in de atmosfeer blijvend te corrigeren. Dit lijkt vergelijkbaar met een permanent kernafvalprobleem. Al deze zaken roepen weerstand en wrevel op.

De intuïtieve weerstand is gerechtvaardigd binnen een context van onzekerheid en kansen op grote onvoorziene neveneffecten. Als na een aantal jaren of decennia blijkt dat de neveneffecten van zonlichtmanagement te groot zijn, moeten we ermee stoppen. Maar als we ermee zijn begonnen, zitten we met een groter probleem dan wanneer we nooit zonlichtmanagement hadden ingezet. Dit argument suggereert dat we de techniek misschien nooit in zullen gaan zetten omdat, als we ermee beginnen, we er verslaafd aan raken – en moeten we ermee stoppen dan zijn we ten prooi aan een 'koolstofkater'. Zolang zonlichtmanagement wordt ingezet, is de reductie van CO_2-emissies niet nodig om de mondiale temperatuurstijging in de hand te houden. Dure emissiereductiemaatregelen blijven achterwege. Maar hierdoor zal tijdens de inzet van zonlichtmanagement de voorraad CO_2 in de atmosfeer zich ophopen. Als het zonlichtmanagement moet stoppen, is de temperatuurstijging die volgt veel groter, en ook sneller, dan zonder zonlichtmanagement. De snelle stijging van de temperatuur is een groot probleem op zich, omdat het aanpassen van zowel de economie als de ecosystemen veel tijd kost (zie ook de bijdrage van Richter en Groeneveld aan deze preadviezen). Er is dus een afruil tussen een traditioneel klimaatbeleid zonder zonlichtmanagement en snelle afbouw van emissies, en een riskant klimaatbeleid met een langzame afbouw van emissies en zonlichtmanagement – met het risico van een extra probleem als zonlichtmanagement niet werkt zoals gehoopt.

Om de koolstofkater te voorkomen, mag de inzet van zonlichtmanagement de inspanningen aan CO_2-reducties niet verminderen. Het is daarom vooral een middel achter de hand voor het geval dat het plotseling blijkt dat, zelfs bij de grootste inspanning voor emissiereducties, temperaturen harder gaan stijgen dan acceptabel – een zogenaamde 'hoge klimaatgevoeligheid' (Crutzen, 2006). Zonlichtmanagement zou dan kunnen worden ingezet om tijdelijk de wereld te koelen, totdat er voldoende negatieve emissies en adaptatie zijn gerealiseerd.

Zonlichtmanagement fungeert dan als verzekering tegen extreme klimaatonzekerheid (Emmerling en Tavoni, 2018). Om het morele risico *(moral hazard)* te voorkomen dat de optie van zonlichtmanagement leidt tot een vertraagde emissiereductie, moet het duidelijk zijn dat zonlichtmanagement alleen kan worden ingezet om risico's af te dekken die niet meer kunnen worden afgewend door emissiereductie (Klepper en Rickels, 2014).

KUNSTMATIGE CO_2-VERWIJDERING

Klimaatsturing neemt de vorm aan van CO_2-verwijdering *(carbon dioxide removal*, CDR), als we kunstmatig de capaciteit en snelheid verhogen waarmee de aarde CO_2 uit de atmosfeer haalt. We noemen dit ook wel 'negatieve emissies' (zie ook de bijdrage van Van Vuuren aan deze preadviezen). Het verbranden van fossiele brandstoffen in combinatie met opvang en opslag van CO_2 draagt niet bij aan negatieve emissies. CDR vergt drie noodzakelijk stappen: afvang, opslag en voorkomen dat de CO_2 opnieuw vrijkomt.

Bebossing is de gemakkelijkst voor te stellen vorm van CDR. Bomen nemen CO_2 uit de lucht op (afvang) en zetten het om in biomassa (opslag). Zolang de bomen blijven staan of het hout wordt gebruikt voor duurzame toepassingen (denk aan kozijnen) blijft de CO_2 opgeslagen. Wordt het hout later gekapt en verbrand, dan is er uiteindelijk geen sprake van negatieve emissies omdat de laatste noodzakelijke stap voor CDR ontbreekt.

De meest futuristische vorm is *direct air capture*, waarbij industriële installaties CO_2 uit de lucht halen. Opslag vindt dan plaats door de CO_2 vast te leggen in ondergrondse geologische rotsformaties die daarvoor geschikt zijn en geen CO_2 laten weglekken naar de atmosfeer. Ook is voorgesteld om specifieke rotsen te vermalen zodat er een groot oppervlak ontstaat dat CO_2 kan absorberen. De meest praktische toepassing is de productie van bio-energie gecombineerd met afvang en opslag. Een andere optie is om ijzerdeeltjes toe te voegen aan de oceanen zodat algen meer CO_2 opnemen.

Smith et al. (2016) geven een mooi overzicht van de verschillende CDR-mogelijkheden. Zij concluderen dat *direct air capture* kostbaar is omdat de verschillende stappen veel energie kosten. Bebossing kost niet zozeer energie, maar kan gevolgen hebben voor de waterhuishouding en watercyclus, en het heeft veel ruimte nodig. Bio-energie met afvang-

en-opslag levert energie op, maar heeft opnieuw gevolgen voor de waterhuishouding en ecosystemen. Niettemin blijft de optie van bio-energie met afvang-en-opslag de meest realistische.

Kosten en neveneffecten

Anders dan zonlichtmanagement pakt CDR de oorzaak van het probleem van klimaatverandering aan. Dat is veelbelovend. Twee nadelen zijn echter dat de techniek traag werkt en kostbaar is. Klepper en Rickels (2014) beargumenteren dat CDR inherent duur is. De kosten om een eenheid CO_2 te verwijderen zouden kunnen dalen over de tijd, maar er zijn geen schaalvoordelen te verwachten. De verwijderingskosten van CO_2 zijn altijd hoger dan de kosten van het voorkomen van de uitstoot. De kosten nemen bovendien meer dan proportioneel toe met de hoeveelheid CO_2 die uit de atmosfeer moet worden gehaald. Een belangrijke reden is landgebruik. Productie van biobrandstoffen gecombineerd met koolstofafvang en -opslag is de meest realistische manier van CDR, maar zal, bij grootschalige toepassing, het landgebruik en de voedselproductie sterk beïnvloeden. Vaughan et al. (2018) berekenen in hun scenario's dat vier procent van het totale landoppervlak op aarde nodig is voor CDR om de temperatuur te stabiliseren op 1,5 graad. Omdat land voor landbouw maar een deel van het totale landoppervlak kan beslaan, betekent dit een relatief grotere impact op het landareaal voor de voedselproductie. Als bio-energie wordt geproduceerd op land dat niet in gebruik is voor landbouw, zal dat de waterhuishouding sterk veranderen en ecosystemen belasten. Het vervangen van bosareaal, met eigen CO_2-opslag, voor de productie van bio-energie lijkt ook niet zinvol. Klimaatveranderingen bedreigen ecosystemen en de voedselproductie, maar CDR zorgt ook voor risico's. CDR levert niet zozeer een oplossing, als wel een nieuw dilemma.

Bovendien spelen hier weglek-effecten een belangrijke rol (zie ook de bijdrage van Poelhekke aan deze preadviezen). CDR via (her)bebossing of het opschorten van boskap in één land kan de vraag naar hout verschuiven naar andere hout producerende landen en daar leiden tot extra boskap. Een tweede probleem is dat CDR via bebossing alleen effectief is als de opgeslagen CO_2 later niet opnieuw weer in de atmosfeer komt. Bossen moeten blijven staan en niet door latere overheden worden gekapt. Vaughan et al. (2018) wijzen erop dat het grootste potentieel voor (her)bebossing is gesitueerd in landen met zwakke politieke instituties. CDR is in deze landen slechts beperkt geloofwaardig.

CO2-afvang en -opslag lijkt op de korte termijn geen alternatief voor emissiereductie

CDR met geologische opslag van CO_2 is ook beperkt vanwege de benodigde capaciteit en concentratie in bepaalde regio's. Deze vorm van CDR genereert vraag naar transportsystemen om broeikasgassen te vervoeren van afvang naar opslag. Bedrijven met expertise op het gebied van gaspijpleidingen kunnen nieuwe markten aanboren, wat relevant is voor de Nederlandse expertise. Maar er is ook weerstand onder de Nederlandse bevolking. De test met opslag van CO_2 in Barendrecht heeft het imago van CDR geschaad. Nieuwe technologieën kosten tijd, niet alleen om de techniek operationeel te maken, maar ook om betrokkenen te informeren en inspraak te geven. Opslag onder zee is een alternatief. De opslagtechnieken zijn nog lang niet uitontwikkeld, en voor de korte termijn lijkt CDR geen grootschalig alternatief voor emissiereductie.

Instrumentering en prikkels

Welke economische instrumenten kunnen CDR-toepassing en -innovatie in de goede richting en samenstelling sturen? Terwijl bij zonlichtmanagement vooral internationale onderhandelingen en afspraken het (eventuele) gebruik zullen moeten reguleren, kan voor CDR een marktgerichte benadering effectief zijn. CDR kan decentraal worden georganiseerd omdat ze is uit te voeren in kleine projecten en in projecten van verschillende aard, bijvoorbeeld herbebossingsprojecten

en commerciële bio-energieproductie. Een uniforme koolstofprijs is in principe een goede manier om niet alleen de uitstoot te verminderen, maar ook om de CDR te bevorderen. Dan zou de koolstofprijs dus geheven moeten worden op basis van de daadwerkelijke (netto-)emissies, en op alleen de koolstofinhoud van bijvoorbeeld grondstoffen of brandstoffen. Er is een meetsysteem nodig om te weten welk deel van deze koolstofinhoud als emissies in de atmosfeer komt en welk deel er wordt afgevangen en opgeslagen. Alleen het eerste deel moet worden belast. Een soort van statiegeldsysteem kan hiervoor zorgen (Fullerton en Wolverton, 2005). Daarbij betaalt de gebruiker voor brandstoffen een belasting naar rato van hun koolstofinhoud, maar krijgt hij een belastingteruggave naar rato van de bewezen afvang van CO_2. De 'belastingteruggave' kan worden vormgegeven door certificaten voor bebossing en andere vormen van CDR.

Deze subsidie voor afvang van CO_2 is niet gelijk aan de prijs van CO_2 die vervuilers betalen. We moeten hier het mantra van de 'uniforme koolstofprijs' zorgvuldig herformuleren. Efficiëntie vereist dat er een (te betalen) uniforme prijs is voor CO_2 in de atmosfeer, maar de (te ontvangen) prijs voor de opslag van CO_2 wijkt hiervan af . De laatste is zelf niet uniform, maar hangt af van de betreffende opslagplaats. De opslag in ieder specifiek reservoir heeft eigen lokale milieu-effecten, risico's en neveneffecten. De prijs voor opslag weerspiegelt de vermindering van de CO_2, maar ook de eventuele specifieke externe effecten verbonden aan de specifieke opslag. (Lafforgue et al., 2008). Zo kan opslag in de oceaan andere risico's met zich meebrengen dan herbebossing, en is er ruimte voor specifieke subsidies. In de praktijk zal een verandering van de CO_2-prijs zich natuurlijk wel moeten vertalen in een verandering van de CO_2-opslag-subsidie, omdat de CO_2-prijs de belangrijkste component is – en zelfs bij een conservatieve inschatting van het weglekken van CO_2 uit geologische formaties blijft CO_2-opslag aantrekkelijk (Van der Zwaan en Gerlagh, 2009).

Moreel risico

CDR is dus beschikbaar in verschillende vormen en decentraal aan te sturen. Om de wereldeconomie klimaatneutraal te maken, is het noodzakelijk om onvermijdbare broeikasgasemissies te compenseren met negatieve emissies. Het vooruitzicht van CDR geeft ook een moreel risico. Anderson en Peters (2016) laten zien dat veel klimaatbeleidsscenario's veronderstellen dat de toekomstige kosten van CDR laag zijn. Zij waarschuwen dat het onwaarschijnlijk is dat de technologieën voor negatieve emissie de veronderstellingen kunnen waarmaken. Maximale onmiddellijke reductie van CO_2-emissies blijft noodzakelijk. Er staat te veel op het spel.

CONCLUSIE VOOR NEDERLAND

Hoe belangrijk is directe klimaatsturing voor Nederland? De beslissing over de inzet van zonlichtmanagement wordt niet genomen binnen Nederland, maar ons land moet wel nadenken en anticiperen op mogelijke gevolgen. Ook al lijkt zonlichtmanagement aantrekkelijk vanwege de lage kosten en directe voordelen, onze conclusie is dat er grote bezwaren zijn en dat we niet moeten verwachten dat het op grote

In het kort

- Geo-technieken zijn beschikbaar, maar zullen de reductie van CO2-uitstoot niet grootschalig kunnen vervangen.
- Verwijderen van CO2 uit de atmosfeer, oftewel negatieve emissies, wordt duur bij toepassing op grote schaal.
- Zonlicht-terugkaatsing is technisch gesproken goedkoop, maar brengt risico's en neveneffecten met zich mee.

schaal toegepast gaat worden. Zonlichtmanagement werkt imperfect en 'symptomatisch', roept enorme weerstand op, en geeft internationale frictie en onbekende risico's.

Evenmin zijn grootschalige negatieve emissies realistisch in de toekomst. Voor CDR zijn er bij gericht beleid weliswaar kostendalingen te verwachten, mede omdat opslag van CO_2 op decentraal niveau plaatsvindt, blootstaat aan marktselectie en vatbaar is voor prijsprikkels. Maar, als negatieve emissies op grote schaal nodig zijn, zullen de kostendalingen teniet worden gedaan door de schaalnadelen vanwege landgebruik. Negatieve emissies zijn noodzakelijk om de wereld klimaatneutraal te maken, maar ze zijn geen substituut voor de benodigde emissieverminderingen.

Nederland moet niet verwachten dat magische futuristische technieken de noodzaak verminderen voor sterk direct klimaatbeleid. Wel kan Nederland inspelen op de toekomstige markt voor technieken voor negatieve emissie door tijdig te investeren in CO_2-opvang en -opslag en door de huidige geologische en boortechnische expertise in deze opkomende industrie toe te passen.

LITERATUUR

Anderson, K. en G. Peters (2016) The trouble with negative emissions. *Science*, 354(6309), 182–183.

Bala, G., P.B. Duffy en K.E. Taylor (2008) Impact of geoengineering schemes on the global hydrological cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(22),7664–7669.

Burke, M., S.M. Hsiang en E. Miguel (2015) Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527, 235–239.

Crutzen, P.J. (2006) Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: a contribution to resolve a policy dilemma? *Climatic Change*, 77(3-4), 211–220.

Dell, M., B.F. Jones en B.A. Olken (2012) Temperature shocks and economic growth: evidence from the last half century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3), 66–95.

Emmerling, J. en M. Tavoni (2018) Climate engineering and abatement: a 'flat'
relationship under uncertainty. *Environmental and Resource Economics*, 69(2), 395–415.

Fullerton, D. en A. Wolverton (2005) The two-part instrument in a second-best world. *Journal of Public Economics*, 89(9-10), 1961–1975.

Heutel, G., J. Moreno-Cruz en K. Ricke (2016) Climate engineering economics. *Annual Review of Resource Economics*, 8(1), 99–118.

Klepper, G. en W. Rickels (2014) Climate engineering: economic considerations and research challenges. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2), 270–289.

Lafforgue, G., B. Magné en M. Moreaux (2008) Energy substitutions, climate change and carbon sinks. *Ecological Economics*, 67(4), 589–597.

Moreno-Cruz, J.B. en S. Smulders (2017) Revisiting the economics of climate change: the role of geoengineering. *Research in Economics*, 71(2), 212–224.

Moreno-Cruz, J.B., K.L. Ricke en D.W. Keith (2012) A simple model to account for regional inequalities in the effectiveness of solar radiation management. *Climatic Change*, 110(3-4), 649–668.

Ricke, K.L., M.G. Morgan en M.R. Allen (2010) Regional climate response to solar-radiation management. *Nature Geoscience*, 3(8), 537–541.

Schelling, T.C. (1996) The economic diplomacy of geoengineering. *Climatic Change*, 33(3), 303–307.

Sen, S. en M.-T. von Schickfus (2017) *Will assets be stranded or bailed out? Expectations of investors in the face of climate policy.* CESifo working paper 238, te vinden op www.cesifo-group.de.

Smith, P., S.J. Davis, F. Creutzig et al. (2016) Biophysical and economic limits to negative CO_2 emissions. *Nature Climate Change*, 6, 42–50.

Vaughan, N.E., C. Gough, S. Mander en D.P. van Vuuren (2018) Evaluating the use of biomass energy with carbon capture and storage in low emission scenarios. *Environmental Research Letters*, 13(4), 044014.

Weitzman, M. (2015) A voting architecture for the governance of free-driver externalities, with application to geoengineering. *The Scandinavian Journal of Economics*, 117(4), 1049–1068.

Zwaan, B. van der, en R. Gerlagh (2009) Economics of geological CO_2 storage and leakage. *Climatic Change*, 93(3-4), 285–309.

Klimaatbeleid dreigt te verzanden in de polder

Vergeet de klimaattafels en voer nu samen met buurlanden een oplopende belasting in op CO_2-emissies, beginnend met veertig à tachtig euro per ton CO_2. Gebruik de inkomsten om lage inkomens, en niet de CO_2-intensieve sectoren, te compenseren. Uitstel en subsidies zijn contraproductief en leiden uiteindelijk tot hogere kosten. Duidelijkheid beperkt het beleggersrisico op gestrand vermogen.

RICK VAN DER PLOEG
Hoogleraar aan de Universiteit van Oxford

Tijdens de internationale klimaattop in Parijs in 2015 hebben 194 landen zich gecommitteerd om de opwarming van de aarde te beperken tot 2 °C en zo te streven naar een temperatuurstijging van maximaal 1,5 °C ten opzichte van de pre-industriële periode. Klimaatwetenschappers hechten aan deze doelstellingen, omdat die helpen om een cascade aan kantelpunten en daarmee een pad richting 'Hothouse Earth' te voorkomen (Steffen et al., 2018). Om deze doelstellingen te halen, moet de uitstoot van CO_2 drastisch beperkt en uiteindelijk gestopt worden.

Een twee-derde kans op het bereiken van de 2 °C-doelstelling vereist dat vanaf nu de wereld niet méér mag uitstoten dan een totaal van 600 à 1.100 gigaton CO_2 ($GtCO_2$). De doelstelling van 1,5 °C betekent een uitstootplafond van 150–300 $GtCO_2$ (Aengenheister et al., 2018). Deze plafonds voor de mondiale uitstoot zijn de belangrijkste bepalende factor voor het noodzakelijke klimaatbeleid. Als de wereld niets doet om uitstoot te beperken, dan raakt het CO_2-budget op: in 18 tot 33 jaar voor de doelstelling van 2 °C, en in 5 tot 9 jaar voor de doelstelling van 1,5 °C.

Er is dus heel weinig tijd voordat het te laat is en de doelstellingen van Parijs nooit meer gehaald kunnen worden, tenzij onorthodoxe beleidsmaatregelen zoals geo-engineering worden ingezet om negatieve emissies te bewerkstelligen (zie de bijdrage van Sjak Smulders aan deze preadviezen). Sowieso zal het gebruik van biobrandstoffen moeten worden gecombineerd met de afvang en opslag van ten minste negentig procent van de daarbij vrijkomende CO_2 – en dat terwijl het realistische potentieel van deze maatregelen vooralsnog bescheiden is (Strengers et al., 2018). Als bestaande kolencentrales doorgaan met het produceren van elektriciteit tot aan het einde van hun normale economische levensduur, dan worden de Parijse doelstellingen zeker overschreden (Pfeiffer et al., 2016).

Een zeer ambitieus klimaatbeleid moet dus door alle landen worden gevoerd. Dit vereist pijnlijke maatregelen, zoals het afschrijven van opgebouwd kapitaal, dat nog niet

in staat is geweest al de gepleegde investeringen terug te verdienen, en wellicht zelfs maatregelen die negatieve uitstoot bewerkstelligen zoals geo-engineering.

DE GULDEN REGEL: ZET EEN PRIJS OP DE UITSTOOT VAN CO_2

De koninklijke weg om drastische verminderingen in de uitstoot te bewerkstelligen is om deze te beprijzen. Dit kan door je vooraf te committeren aan een oplopend pad van CO_2-belastingen, zoals Zweden, Noorwegen, Finland, Zwitserland en het Verenigd Koninkrijk al hebben gedaan. Of door het invoeren van een competitieve markt voor verhandelbare CO_2-uitstootvergunningen. Het European Emissions Trading Scheme (ETS) is daar het bekendste voorbeeld van, maar in vele andere delen van de wereld (vooral in China) worden zulke markten steeds vaker ingevoerd. Het verhandelen van dergelijke emissievergunningen zorgt ervoor dat de uitstootbeperking plaatsvindt in die sectoren en landen waar dit tegen de laagste kosten per bespaarde ton CO_2 kan. Het nadeel van deze markten is dat de prijs van CO_2-vergunningen schommelt over de tijd, en dat het signaal minder sterk is voor industrie en huishoudens om de overstap te maken naar een CO_2-vrije productie en consumptie. Maar aan het opleggen van een CO_2-belasting zijn ook nadelen verbonden, en wel dat beleidsmakers niet precies weten hoe hoog die belasting moet zijn om de gewenste emissiereductie te kunnen halen. Het is daarom aantrekkelijk het beste van beide te combineren door nu een oplopend pad voor de minimum CO_2-prijs af te kondigen en daaraan vast te houden. Het Verenigd Koninkrijk doet dit sinds 2018. Als de prijs van CO_2 op het ETS onder de minimumprijs ligt, wordt er een extra heffing opgelegd om het gat te dichten. Dit geeft duidelijkheid en zekerheid.

Hoe hoog moet de minimum CO_2-prijs zijn? Economen beantwoorden deze vraag door te berekenen wat de economische schade is die de CO_2-uitstoot en de resulterende temperatuurstijging veroorzaken, en door deze te vergelijken met de kosten van emissiereductie, om zo de welvaart te maximaliseren. Omdat de klimaatschades met grote onzekerheden omgeven zijn, meestal veel te laag worden ingeschat en over een zeer lange termijn verdisconteerd moeten worden met een discontovoet waar veel discussie over is, kiezen de klimaatwetenschappers en het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) meestal een andere weg. Zij kiezen het tijdpad van de CO_2-prijs dat ervoor zorgt dat de doelstellingen van 2 °C of 1,5 °C tegen minimale kosten worden gerealiseerd. De prijs aan het eind van het fossiele tijdperk wordt bepaald door de kosten van totale decarbonisatie van de economie – en in de periode daarvoor stijgen de prijzen met de discontovoet oftewel ruwweg de rentevoet. Dit geeft een prijs in 2020 van ten minste veertig à tachtig euro per ton CO_2, die vervolgens stijgt met twee à vijf procent per jaar (exclusief de inflatiecorrectie). Zo'n prijspad is noodzakelijk om aan de Parijse doelstellingen te voldoen (Stiglitz en Stern, 2017). De snel stijgende CO_2-prijs reflecteert de toenemende schaarste naarmate het CO_2-budget behorende bij een plafond van 2 °C opraakt.

De voor 2018 benodigde CO_2-prijs is nog veel hoger als er een plafond is van 1,5 °C. Belangrijk is niet dat de voorraden olie, gas of steenkool schaars zijn (de hoeveelheid koolstof in de aarde is veel groter dan wat we nog kunnen uitstoten als we de doelstellingen willen halen), maar dat de *toegestane* hoeveelheid CO_2-uitstoot beperkt en dus schaars is. De welvaartsbenadering leidt tot een CO_2-prijs die minder hard stijgt, te weten met een voet gelijk aan de groei van het nationale inkomen (zeg twee procent per jaar exclusief de inflatiecorrectie), maar die dan wel op een hoger niveau moet beginnen. Een combinatie van de welvaarts- en kostenminimalisatiebenadering met maximale temperatuurstijging leidt tot een groei van de CO_2-prijs met een voet die ergens tussen de groeivoet van het reële wereld-bbp en de rentevoet in zit (Van der Ploeg, 2018).

Het beprijzen van de uitstoot helpt de transitie naar een CO_2-vrij tijdperk op vele manieren. Het drukt de vraag naar fossiele energie, stimuleert de vervanging van CO_2-intensieve steenkool in productie en consumptie door minder CO_2-intensieve energiebronnen als olie en gas, stimuleert innovatie in zowel de circulaire economie als de hernieuwbare energie, maakt afvang en opslag van CO_2 economisch rendabel, en dwingt energiebedrijven als BP, Shell, Chevron en Exxon-

Mobil en staatsbedrijven in energie-exporterende landen om de voorraden steenkool, olie en gas in de bodem te laten zitten en niet te gebruiken. Daarnaast worden de bijkomende voordelen van een ambitieus klimaatbeleid steeds duidelijker, zoals de verbetering van de luchtkwaliteit in de grote steden en minder doden – met name schoolkinderen in de buurt van drukke wegen – ten gevolge van het afstappen van fossiele brandstoffen (Mayrhofer en Gupta, 2016). De ontwikkelingen in China tonen aan dat deze bijkomende voordelen een belangrijke versneller kunnen zijn bij het aan banden leggen van dieselauto's en -vrachtwagens en van klimaatbeleid in het algemeen. De reden is dat bijkomende voordelen direct lokaal zichtbaar zijn, terwijl de directe kosten van de opwarming van de aarde de hele mensheid betreffen – wat dus een welhaast onmogelijk mondiaal extern effect is. Vanwege de bijkomende voordelen van klimaatbeleid speelt het probleem van meeliftgedrag veel minder een rol dan gedacht werd.

NEEM KLIMAATSCEPTICI SERIEUS, MAAR BEPRIJS DE UITSTOOT VAN CO_2

Een van de grootste obstakels voor een succesvol klimaatbeleid is de opkomst van het populisme en de klimaatsceptici. Het alom gerespecteerde Federale Milieuagentschap van de Verenigde Staten (de EPA) is in 1970 door president Nixon ingevoerd, maar president Trump probeert het om zeep te helpen door aanvankelijk de klimaatontkenner Scott Pruitt tot directeur te bombarderen – die inmiddels is opgevolgd door de even grote klimaatontkenner Andrew Wheeler. Pruitt ontkende de wetenschappelijke consensus dat door mensen veroorzaakte CO_2-uitstoot een primaire bijdrage levert aan de opwarming van de aarde. Een gevolg is dat Trump uit het Akkoord van Parijs is gestapt, en de CO_2-beperkende maatregelen heeft afgeschaft die Obama oplegde aan kolengestookte centrales. Het is onduidelijk of dergelijke populisten, ondanks alle wetenschappelijke inzichten en bewijzen, geloven dat enerzijds de enorme toename in de CO_2-uitstoot sinds het begin van de industriële revolutie niets te maken heeft met de opwarming van de aarde, of dat anderzijds hun scepticisme domweg ingegeven is door het eigenbelang van de steenkoollobby's.

Maar het maakt weinig verschil of klimaatsceptici serieus genomen worden of niet. Stel dat er een kans is van tien procent dat de klimaatsceptici het bij het juiste eind hebben (en de wetenschappers dus niet), dan zal de optimale CO_2-prijs amper dalen (Rezai en Van der Ploeg, 2017). En als men het beste probeert te doen onder de slechtst mogelijke uitkomst voor het klimaat, dan zal men CO_2 willen beprijzen. De reden daarvoor is dat de kosten van het beprijzen van CO_2 vrij gering zijn (zeker als de inkomsten teruggesluisd worden naar gezinnen en bedrijven, bijvoorbeeld door het verlagen van de inkomstenbelasting en vennootschapsbelasting), en dus zijn de kosten van het onnodig beprijzen (in het geval dat de klimaatsceptici het bij het rechte eind zouden hebben) ook vrij gering. Maar de kosten van het niet beprijzen van CO_2 zullen gigantisch zijn als de klimaatwetenschappers het bij het rechte eind hebben, en de temperatuur op aarde stijgt tot meer dan 4 °C boven het niveau van voor de industriële revolutie.

Het beprijzen van de uitstoot helpt de transitie naar een CO_2-vrij tijdperk op vele manieren

ZORG DAT DE KOSTEN PER UITGESPAARDE TON CO_2 OVERAL HETZELFDE ZIJN

De meest efficiënte manier om de overstap te maken naar het fossielvrije tijdperk is om ervoor te zorgen dat de prijs van CO_2-uitstoot overal ter wereld hetzelfde is. Bedrijven en consumenten vergelijken immers de kosten per bespaarde ton CO_2 met de baten ervan (in de vorm van de heffing die ze dan niet hoeven te betalen), en dus leidt één CO_2-prijs ertoe dat de kosten per bespaarde ton overal gelijk zullen zijn. Door het toestaan en aanmoedigen van internationale handel in CO_2-rechten zullen sommige landen, die heel veel extra productie-

waarde kunnen genereren per extra ton CO_2 (bijvoorbeeld de cementindustrie), rechten kopen van landen die de uitstoot met minder hoge kosten kunnen verminderen (bijvoorbeeld door de boskap in het Boheemse woud te voorkomen). Vanuit een mondiaal perspectief is de uitstootvermindering dan goedkoper. Arme landen zitten niet te wachten op de invoering van een CO_2-prijs en snelle omschakeling van een vooral op steenkool leunende economie naar een die gebaseerd is op wind-, water- en zonne-energie. Het succes van een internationale klimaatovereenkomst is dus alleen verzekerd als de rijkere landen de armere landen een bedrag fourneren om het voor hen aantrekkelijk te maken om de CO_2-uitstoot te beprijzen

De klimaattafels zijn een ramp voor het klimaatbeleid

en, tussen haakjes, hen ook te compenseren voor de historisch hoge CO_2-uitstoot van de rijkere landen – terwijl aan de armere landen die kans om zich zo te ontwikkelen wordt ontnomen. Ondanks ruim dertig jaar van klimaattoppen, is er nog steeds geen politiek draagvlak voor zulke overdrachten.

Hetzelfde efficiency-principe van het gelijkstellen van de kosten van een bespaarde ton CO_2 moet gelden tussen de sectoren van elke economie. De prijs voor de CO_2-uitstoot moet dus hetzelfde zijn in de staalindustrie, het verkeer, de gebouwde omgeving, de tuinbouw, de landbouw en bij de mensen thuis. Dit kan het eenvoudigst door partijen op de Europese markt te laten handelen in CO_2-rechten. Dit gebeurt echter niet als er allerlei uitzonderingen zijn, waardoor in de praktijk alleen huishoudens en het midden- en kleinbedrijf betalen voor uitstoot. De reden is dan dat de lobby om een staalfabriek open te houden sterker en meer geconcentreerd is dan bijvoorbeeld de lobby om woningen van het gas af te halen.

DE TAFELS VAN HET KLIMAATAKKOORD ZIJN ONDOELMATIG EN VEEL TE KOSTBAAR

In de praktijk vinden politici belastingen en prijzen vervelend en subsidies fijn – ook al zijn de laatste veel kostbaarder om een gegeven doel te behalen. Dit zien we in Nederland bij de 'tafels van Wiebes', die zijn ingevoerd door de huidige minister van Economische Zaken en Klimaat, Eric Wiebes. Deze zijn opgedeeld in een algemene tafel voor het klimaatberaad, en in sectortafels voor de industrie, mobiliteit, gebouwde omgeving, elektriciteit, en landbouw & landgebruik. Naar goed Nederlands gebruik zitten de grootste vervuilers in elke sector rond de tafel, samen met andere belanghebbenden, zoals de FNV, de gemeenten, het Interprovinciaal Overleg en de RAI. Voor de goede orde zijn hieraan de groene lobby's zoals Greenpeace en Natuur en Milieu toegevoegd. Zij mogen plannen bedenken om de uitstoot aan iedere tafel terug te dringen met een bepaald opgelegd percentage. De kosten lijken van ondergeschikt belang. In ieder geval variëren die sterk per uitgespaarde ton CO_2 per sector, per tafel en per beleidsmaatregel. En het is volstrekt onduidelijk wie voor de kosten moet opdraaien. In de meeste gevallen wordt er verwacht dat de belastingbetaler flink in de buidel moet tasten. Sectoren als staal willen niet krimpen, dus lobbyen die voor CO_2-afvang en -opslag.

Deze klimaattafels zijn een ramp voor het klimaatbeleid. Ze scheppen veel te hoge verwachtingen, maximeren de lobby's van bestaande vervuilers om zelf niet te veranderen of niet voor de energietransitiekosten op te draaien, leiden tot verkeerde keuzes om uitstoot te verminderen, en zijn absurd duur. Het is daarom zaak dat minister van Financiën Wopke Hoekstra ingrijpt en duidelijkheid en zekerheid verschaft door een serieuze oplopende CO_2-belasting af te kondigen en in te voeren – in plaats van een pot met subsidies open te trekken voor technologieën waar de overheid geen verstand van heeft. Sowieso doet Hoekstra er goed aan van alle tafels te vragen wat voor alle sectoren en maatregelen de kosten zijn per uitgespaarde ton CO_2 in Nederland, en wat de hogere kosten per uitgespaarde ton CO_2 zijn nadat er rekening is gehouden met de eventuele toename van de uitstoot in buurlanden (zie de discussie van het weglekeffect hieronder en in

de bijdrage van Steven Poelhekke aan deze preadviezen). Als die kengetallen erg verschillen per sector en per maatregel, dan weten we dat er geld over de balk wordt gesmeten. Dit is precies wat er in Duitsland gebeurde met de subsidies voor zonne-energie in de elektriciteitscentrales – die bleken tientallen malen hoger te zijn dan de vereiste prijs van CO_2. Beter is de CO_2-uitstoot te beprijzen en de harde economische keuzen op grond van de groene werkelijkheid aan de bedrijven over te laten en niet aan de overheid.

STOP PER ONMIDDELLIJK MET SUBSIDIES VOOR FOSSIELE ENERGIE

In een ideale wereld is het optimaal om de CO_2-uitstoot te beprijzen. Er is echter ook nog de *no-brainer* van het per onmiddellijk stopzetten van alle subsidies voor het gebruik van fossiele brandstoffen. Wereldwijd zijn deze expliciete subsidies plus de impliciete subsidies ten gevolge van vrijstellingen van milieumaatregelen heel groot: 5,3 biljoen dollar oftewel 6,5 procent van het wereld-bbp, vergeleken met een schamele 120 miljard dollar subsidies voor hernieuwbare energie (Coady et al., 2016). Deze subsidies op fossiele brandstoffen zijn vaak het hoogst in de olie- of gasproducerende landen, waarvan de belasting- en overheidsstelsels onvoldoende capaciteit hebben voor het herverdelen van de inkomens naar de armsten in de samenleving. Maar subsidies voor fossiele energie zijn een botte, kostbare en CO_2-intensieve manier om de armsten te helpen.

In Europa zijn de grootste vervuilers – zoals de kolencentrales, de staal- en aluminiumproducenten, en de luchtvaartindustrie – het meest succesvol gebleken in het claimen van uitzonderingen op het ETS. Bovendien, de praktijk van het gratis weggeven van emissievergunningen, met name in de eerste fase van het ETS, aan de grootste vervuilers (het zogeheten *grandfathering*) betekende dat de grootste vervuilers de meeste rechten kregen. Recente hervormingen van het ETS pogen deze inefficiënties te elimineren. De overheid doet er goed aan om met de stofkam door alle 'fossielsubsidies' te gaan en deze per onmiddellijk stop te zetten.

Soms is het subtiel. Zo wordt er in Nederland, onder druk van de fossiellobby, tot nu toe niet de CO_2-uitstoot maar het energieverbruik belast. Dit betekent dat steenkool aan de dans ontspringt, omdat het relatief het vervuilendste is van alle energiebronnen. Hoewel de fossiellobby's traditioneel buitengewoon machtig zijn gebleken, zien we nu een opkomst van hernieuwbare-energielobby's. Deze trachten de hand te leggen op de klimaatsubsidies. Ook dit is ongewenst, omdat de zakenwereld, en niet de ambtenaren en de regering, moet inzetten op nieuwe technologieën want die heeft er het meeste verstand van en moet het risico nemen. De overheid moet daarentegen de overgang naar hernieuwbare energie stimuleren door de CO_2-uitstoot te beprijzen, maar een neutrale houding aannemen op het punt van welke specifiek uitstoot-verminderende technologie het meest kosteneffectief zal blijken.

VERMIJD ONBEDOELDE NADELIGE EFFECTEN ZOALS DE GROENE PARADOX EN HET CO_2-LEK

Politici willen verkiezingen winnen en populair zijn. Daarom hebben ze een hekel aan belastingen en vinden ze subsidies leuk. Politici neigen er ook toe om belangrijke maatregelen voor zich uit te schuiven, met name als deze gepaard gaan met kortetermijnkosten terwijl de baten van het beleid slechts vele generaties later hun vruchten afwerpen. Dit geldt ook voor het klimaatbeleid, en verklaart waarom politici hun opvolgers het liefst willen verbinden aan ambitieus klimaatbeleid. Dit was ook het geval toen de ministers van alle landen het Klimaatakkoord van Parijs ondertekenden.

Het probleem is dat een toekomstige, of beter gezegd uitgestelde CO_2-belasting ertoe leidt dat kolen-, olie- en gasbaronnen hun reserves sneller uit de grond halen omdat ze bang zijn dat als ze wachten ze de toekomstige belastingklappen moeten opvangen (of dat kolen, olie en gas sowieso niet meer gebruikt kunnen worden). Dit heeft een neerwaartse werking op de energieprijzen en stimuleert de huidige vraag naar fossiele brandstoffen. Dit leidt weer tot opwarming van de aarde op korte termijn, en staat bekend als de 'groene paradox' (zie ook de bijdrage van Cees Withagen en Gerard van der Meijden aan deze preadviezen). Het effect is sterker als het aanbod van kolen, olie en gas niet erg gevoelig is voor de energieprijs, zoals op de korte termijn zeker het

geval is. Desalniettemin leidt dit beleid ertoe dat meer fossiele brandstoffen en CO_2 in de grond blijven zitten en dat op termijn de aarde minder opwarmt. Vanwege deze onbedoelde effecten is het efficiënter als politici zichzelf committeren aan een oplopend pad van CO_2-beprijzing, en daar direct mee beginnen. Overigens, zelfs zonder de groene paradox leidt uitstel van een onvermijdelijk klimaatbeleid ertoe dat de kosten flink stijgen. Dit komt omdat de kosten van opwarming meer dan proportioneel stijgen als de temperatuur op aarde verder toeneemt.

De ruimtelijke equivalent van de groene paradox is het CO_2-lek (zie ook de bijdrage van Steven Poelhekke aan deze preadviezen). Dit ontstaat wanneer slechts een deel van de landen in staat blijkt om de CO_2-uitstoot te beprijzen. Aan-

Politici vinden belastingen en prijzen vervelend en subsidies fijn – ook al zijn de laatste veel kostbaarder

gezien een deel van de CO_2-belasting wordt afgewenteld op de producenten, dalen energieprijzen en stijgt de energievraag en uitstoot in landen waar CO_2 niet wordt beprijsd. Schattingen van de omvang van dit lek variëren van bijna niets tot iets meer dan twintig procent (IPCC, 2001). Dit betekent dat tot een vijfde van de uitstootvermindering ten gevolge van CO_2-beprijzing teniet wordt gedaan door uitstootverhoging in landen die niet meedoen aan de beprijzing. Vanwege het feit dat Nederland een belangrijke energiehub is in Europa, is dit lek voor Nederland veel hoger dan voor andere landen. Invoering van een unilaterale CO_2-belasting in Nederland leidt tot een aanzienlijke, additionele steenkool- en gas-invoer vanuit België en Luxemburg waar CO_2 niet wordt belast. Dit betekent dat de kosten per netto bespaarde ton CO_2 veel hoger zijn als er rekening wordt gehouden met de uitstootverhoging in buurlanden. De multilaterale beprijzing is daarom veel effectiever dan de unilaterale beprijzing van CO_2. Daarom moet Nederland druk zetten op deze buurlanden en op Duitsland om mee te doen met de CO_2-beprijzing, indien nodig door het aanbieden van andere voordelen om deze landen over de streep te trekken (zie ook de bijdrage van Jeroen van den Bergh aan deze preadviezen). Zo is het efficient om Duitsland te helpen hun relatief vieze kolencentrales zo snel mogelijk te sluiten.

VERMIJD NADELIGE EFFECTEN OP LAGE INKOMENS

Een van de grootste obstakels voor een succesvol klimaatbeleid is het effect van CO_2-belastingen op de laagste inkomens. Deze belastingen verhogen elektriciteitsprijzen en raken de lage inkomens meer dan de hogere, zeker als de eersten in slecht geïsoleerde huizen wonen. Een belangrijke beleidsvraag is daarom wat te doen met de inkomsten van de CO_2-belastingen. Als het belastingsysteem reeds optimaal is, ligt het voor de hand om deze inkomsten als een vaste som aan elke burger te restitueren. Dit helpt de laagste inkomens het meest. Om het maatschappelijk draagvlak van een CO_2-belasting zo groot mogelijk te maken en de lagere en middeninkomens zo veel mogelijk te ontzien, moet men deze vaste sommen zo zichtbaar en duidelijk mogelijk maken door dit beleid te bestempelen als een 'koolstofheffing- en milieudividend'-aanpak (Klenert et al., 2018). Het kan ook helpen om subsidies te geven voor dak- en raamisolatie in de woningen van lagere inkomens. Indien de belastingen op arbeid of bedrijven suboptimaal hoog blijken, dan kan een deel van die inkomsten gebruikt worden om de inkomstenbelasting of vennootschapsbelasting te verlagen. Dit helpt om de werkgelegenheid en economische productie te vergroten. Verder helpt dit ook om het draagvlak onder bedrijven te vergroten, zeker als het gepaard gaat met tarieven op CO_2-intensieve invoerproducten en aftrekposten voor schone uitvoerproducten. De Wereldhandelsorganisatie zou dit toe moeten staan omdat ze "noodzakelijk zijn om het menselijk, dierlijk en plantaardige leven en de gezondheid beschermen".

Er wordt soms voorgesteld de inkomsten van de CO_2-belasting aan te wenden om het gebruik van hernieuwbare

energie te subsidiëren. Maar wanneer men argumenteert op grond van *learning by doing* of *infant industry*, dan is het zaak om deze subsidies niet afhankelijk te maken van de vraag of de CO_2-belasting wel of geen inkomsten genereert (Acemoglu et al., 2012). Er zijn ook lobby's die eisen dat men die inkomsten gebruikt voor de compensatie van CO_2-intensieve bedrijfstakken zoals kolencentrales en staalfabrieken. Dat is een slecht idee. Het is beter dat men deze bedrijfstakken duidelijkheid op langere termijn verschaft wat betreft de noodzakelijke nieuwe investeringen die zij moeten doen door het cumulatieve CO_2-budget zo vroeg mogelijk aan te kondigen en te zeggen wat dit betekent voor deze sectoren qua transitie naar de fossielvrije economie en door het afkondigen van een oplopend pad van CO_2-belastingen. Het geeft nog meer duidelijkheid als dit wordt vastgelegd in een niet-vrijblijvende Klimaatwet.

BEPERK HET RISICO VAN GESTRAND VERMOGEN

De waarde van de bewezen voorraden van steenkool, olie en gas is acht tot tien keer zo groot als het CO_2-budget. Dit betekent dat de grote energieproducenten niet al hun voorraden kunnen verkopen, omdat de verbranding ervan zou leiden tot een te grote opwarming van de aarde. In zoverre de markten dit niet verdisconteren, zijn de aandelenkoersen van energieproducenten overgewaardeerd. Het alternatief is dat de markt het tijdens de top van Parijs aangekondigde klimaatbeleid niet serieus neemt, en dat de voorraden gewoon zouden kunnen worden verkocht en verbrand. Tegelijkertijd stelt het de particuliere en institutionele investeerders bloot aan het risico dat de energieproducenten en CO_2-intensieve bedrijfstakken in waarde dalen als het klimaatbeleid in de toekomst plotseling ambitieuzer wordt. Dit risico is niet denkbeeldig, aangezien Royal Dutch Shell het grootste aandeel is in de portfolio's van veel pensioenfondsen. Maar producenten van steenkool, olie en gas zouden, net als de kolencentrales en staalbedrijven, het meeste aan waarde verliezen als de overheden ineens wakker worden en eindelijk een serieus klimaatbeleid gaan voeren. Het risico van gestrand vermogen, in het geval van onverwachte veranderingen in het klimaatbeleid, is het sterkst voor de CO_2-intensieve bedrijfstakken met hoge, moeilijk omkeerbare investeringen.

Recentelijk heeft het grootste pensioenfonds in Zweden, AP7, daarom al zijn aandelen afgestoten in bedrijven die tegen het Parijse Klimaatakkoord ingaan (te weten Exxon Mobil, Gazprom, TransCanada Corporation, Westar WR-N, Entergy en Southern Corporation). Pensioenfondsen kunnen zich ook indekken door te investeren in *low-carbon trackers*, zoals bijvoorbeeld aangeboden door MSCI. Zulke trackers geven een soortgelijk rendement als gewone trackers wanneer het klimaatbeleid niet echt van de grond komt, maar geven ook een goed rendement door gestrand vermogen en koersverliezen te vermijden als het klimaatbeleid in de toekomst eindelijk zal worden versterkt.

Toezichthouders als De Nederlandsche Bank maken zich terecht zorgen om de risico's van de opwarming van de aarde voor de pensioenfondsen, maar ook aangaande de potentiële nadelige gevolgen ervan voor verzekeraars en banken. Het is daarom belangrijk dat er geregeld klimaatstresstesten worden uitgevoerd wat betreft de financiële sector.

In het kort

- Multilateraal commitment aan een oplopende belasting op CO2-emissies is het beste klimaatbeleid.
- Sluit per direct alle kolencentrales en schrap alle subsidies op fossiele brandstoffen.
- Klimaattafels zijn een zeer dure manier om de uitstoot van CO2 terug te dringen.

CONCLUSIE

Om de mondiale temperatuur binnen veilige grenzen te houden, moet de wereld in de komende tien à dertig jaar af van haar verslaving aan fossiele grondstoffen. Dit vereist een onmiddellijk moratorium op het verbranden van steenkool, eliminatie van alle directe en indirecte subsidies voor het gebruik van fossiele brandstoffen, en een *commitment* aan een snel oplopend pad van CO_2-prijzen voor alle economische regio's en sectoren. Het is belangrijk dat de CO_2-uitstoot multilateraal wordt beprijsd en CO_2-rechten internationaal verhandeld kunnen worden, dat fossiele-brandstoflobby's worden afgewezen, en dat subsidies worden vermeden voor allerlei manieren om de uitstoot terug te dringen, tenzij er sprake is van marktfalen ten gevolge van *learning by doing*-effecten. Om het maatschappelijk draagvlak te vergroten kan men een deel van de CO_2-belastingopbrengsten gebruiken voor een zichtbaar CO_2-dividend voor alle burgers, eventueel gecombineerd met subsidies voor de isolatie van woningen van de lagere inkomens. Het vooruit schuiven van noodzakelijke maatregelen drijft de transitiekosten naar de fossielvrije economie op en vergroot het risico dat men onorthodoxe en riskante maatregelen zoals geo-engineering moet implementeren. De klimaattafels geven ruim baan aan lobby's, met het risico dat de verkeerde fossielvrije technologieën tegen zeer hoge kosten worden gekozen. Bovendien leidt het polderen aan deze tafels tot versnippering van het klimaatbeleid. Het beprijzen van de CO_2-uitstoot is veel effectiever. Tot slot moet de financiële sector zich aanpassen om de energietransitie te weerstaan – of nog beter: om er voordeel bij te behalen door de transitie te faciliteren.

LITERATUUR

Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn en D. Hemous (2012) The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166.

Aengenheyster, M., Q.Y. Feng, F. van der Ploeg en H.A. Dijkstra (2018) The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance. *Earth System Dynamics*, 9(3), 1085–1095.

Coady, D., I.W.H. Parry, L. Sears en B. Shang (2016) *How large are global energy subsidies?* IMF Working Paper, 15/105.

IPCC (2001) *Climate change 2001: the scientific basis*, paragraaf 8.7. Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Klenert, D., L. Mattauch, E. Combet et al. (2018) Making carbon pricing work for citizens. *Nature Climate Change*, 8, 669–677.

Mayrhofer, J. en J. Gupta (2016) The science and politics of co-benefits in climate policy. *Environmental Science & Policy*, 57, 22–30.

Pfeiffer, A., R. Millar, C. Hepburn en E. Beinhocker (2016) The '2°C capital stock' for electricity generation: committed cumulative carbon emissions, from the electricity generation sector and the transition to the green economy. *Applied Energy*, 179, 1395–1408.

Ploeg, F. van der (2018) The safe carbon budget. *Climatic Change*, 147(1-2), 47–59.

Rezai, A. en F. van der Ploeg (2017) Climate policies under model uncertainty: max-min and min-max regret. *Energy Economics*, 68(S1), 4–16.

Steffen, W., J. Rockström, K. Richardson (2018) Trajectories of the earth system in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(33), 8252–8259.

Stiglitz, J.E. en N. Stern (2017) *Report of the High-Level Commission on carbon prices*, 29 mei. Carbon Pricing Leadership Coalition. Washington, DC: World Bank.

Strengers, B., H. Eerens, W. Smeets et al. (2018) *Negatieve emissies: technisch potentieel, realistisch potentieel en kosten voor Nederland*. PBL Achtergrondstudie, 2606.

Handvatten voor beleid

Lessen voor het Nederlandse klimaatbeleid

DAAN VAN SOEST
Hoogleraar bij het Tilburg Sustainability Center (TSC) aan Tilburg University

REYER GERLAGH
Hoogleraar bij het TSC aan Tilburg University

SJAK SMULDERS
Hoogleraar bij het TSC aan Tilburg University

De bijdragen in deze bundel geven inzicht in de opgave waar Nederland zich voor gesteld ziet – wat de gevolgen zijn als de gemiddelde temperatuurstijging niet sterk wordt beteugeld, welke kansen het klimaatbeleid de Nederlandse economie biedt, en wat de gevolgen zijn voor onze economie als het Nederlandse klimaatbeleid veel ambitieuzer blijkt dan dat van de rest van de wereld. In dit hoofdstuk vatten we de belangrijkste beleidslessen van de preadviezen samen.

GEVOLGEN VAN KLIMAATVERANDERING EN DOELEN VAN BELEID

De doelstelling van Parijs betekent dat Nederland rond 2050 klimaatneutraal moet zijn. Stabiliseren van de uitstoot van broeikasgassen op het huidige niveau is niet genoeg, het doel moet zijn om deze binnen dertig à veertig jaar (lineair) terug te brengen tot nul. Dat is een moeilijke klus, maar we kunnen het ons niet veroorloven om beleid uit te blijven stellen – in tegendeel. Verder uitstel is ongewenst, ook als dat is ingegeven door onzekerheid of de andere landen wel hun aandeel zullen bijdragen. In plaats van een afwachtende houding aan te nemen, kan Nederland zich beter richten op het meekrijgen van andere landen in een ambitieus klimaatbeleid. De huidige binnenlandse plannen zijn echter onvoldoende om de doelstellingen van Parijs te bereiken. De doelstelling van het Akkoord van Parijs om de temperatuurstijging te beperken tot 'ruim onder de twee graden' betekent, praktisch gezien, dat we er zo snel mogelijk voor moeten zorgen dat alle investeringen in kapitaal en infrastructuur volledig koolstofneutraal zijn. Denk bijvoorbeeld aan de woningbouw; heel veel van de huizen die nu gebouwd worden, zullen er immers aan het einde van de eeuw nog steeds staan. Hoe sneller we onze investeringsgoederen koolstofneutraal maken, hoe minder groot de opgave in de toekomst zal zijn. Dat is de uitdaging voor het beleid. Deze beleidsconclusie trekken we uit de analyse van Detlef van Vuuren.

Van Vuuren geeft een overzicht van de inspanning die nodig is, zowel in Nederland als wereldwijd, om aan de doelstellingen van Parijs te voldoen. Er blijft een grote mate van onzekerheid bestaan over de ontwikkeling van het klimaat, maar toch kunnen natuurwetenschappers de temperatuurdoelstelling vertalen naar een zogeheten 'koolstofbudget'. Koolstofdioxide (CO_2) is het belangrijkste broeikasgas, dus is het noodzakelijk om de totale toekomstige uitstoot van dit gas te beperken. Om te voorkomen dat er meer dan vijftig procent kans is dat de temperatuurstijging oploopt tot boven de twee graden Celsius, mag het koolstofbudget – de hoeveelheid CO_2 die we vanaf nu nog mogen uitstoten – niet uitkomen boven de 1.000 à 1.400 miljard ton (oftewel 1.000 à 1.400 gigaton; $GtCO_2$). Bij een ambitieuzere doelstelling van 1,5 graden Celsius is het koolstofbudget rond de 400 tot 600 $GtCO_2$. We kunnen deze budgetten vergelijken met de jaarlijkse wereldwijde uitstoot van ongeveer 40 $GtCO_2$. Dan zullen we zien dat, als we de uitstoot niet verlagen, we over 10 tot 15 jaar (2028–2033) het budget voor de 1,5 gradengrens hebben opgebruikt. En in 25 tot 35 jaar (2043–2053)

zal dan ook het budget voor de 2 gradengrens op zijn. Zodra het budget op is, moeten we dus klimaatneutraal zijn. Daarom kunnen we niet anders dan kiezen voor een snelle afbouw naar nul. Het budget van 1,5 graden Celsius is zo klein dat we, zelfs met de beste inspanning, bijna zeker door dat budget heen zullen schieten. Het is uiteraard niet mogelijk om met de huidige snelheid te blijven uitstoten en vervolgens abrupt de emissies terug te brengen tot nul. Als we de klimaatgrenzen accepteren, moeten vanaf nu de wereldwijde

We kunnen het ons niet veroorloven om beleid uit te blijven stellen

emissies (ongeveer lineair) gaan dalen – met als doelstelling nul emissies rond 2070, en netto negatieve emissies daarna. Negatieve emissie betekent het verwijderen van CO_2 uit de atmosfeer, bijvoorbeeld door in te zetten op een grootschalige productie van biobrandstoffen, waarvan de gassen bij verbranding worden opgeslagen onder de grond. Dergelijke negatieve emissies zijn mogelijk, maar grootschalige inzet is ook heel duur. En ook een groeiende wereldbevolking staat op gespannen voet met het onttrekken aan de landbouw van grond om er biobrandstoffen op te gaan verbouwen. Daarom betekent een trage start van het klimaatbeleid nu ook dat er in de toekomst minder landbouwgrond beschikbaar zal zijn voor de voedselvoorziening. Dus dat is de afweging die het beleid moet maken.

Andries Richter en Rolf Groeneveld schetsen in hun bijdrage hoe, vanwege de klimaatveranderingen, het beleid rekening zal moeten houden met extra druk op ecosystemen. Door gevoelige ecosystemen tijdelijk minder intensief te gebruiken, kunnen ze zich beter aan het nieuwe klimaat aanpassen. Bij ongewijzigd beleid kunnen ecosystemen immers blijvend aangetast raken. De komende tijd zal beleidsaanpassing belangrijk worden, bijvoorbeeld in de visserij. Een duurzame landbouw en visserij zullen in de volgende decennia, waarin de natuur zich aan een nieuw klimaatevenwicht aanpast, extra aandacht vereisen wat betreft de draagkracht van die natuur.

Richter en Groeneveld beschrijven welke veranderingen we in de natuur kunnen verwachten bij stijgende temperaturen. De natuur past zich aan, omdat dieren via genenselectie hun gedrag aanpassen om beter te kunnen overleven bij hogere temperaturen. Als gevolg van klimaatveranderingen zullen bijvoorbeeld vogels vroeger in het jaar eieren leggen en/of noordwaarts migreren. De grutto zal mogelijk uit Nederland verdwijnen, en de zilverreiger zal, vanuit het zuiden komend, steeds gewoner worden in Nederland – zoals we nu al zien. Als er aanwezige soorten verdwijnen en nieuwe komen, dan zal ook de structuur van de ecosystemen veranderen. Gemiddeld is de temperatuurgradiënt (en dus de habitat) in Nederland ongeveer 250 kilometer naar het noorden opgeschoven. Vlinders en vogels volgen hun habitat, maar slechts ten dele. Vlinders zijn nu al gemiddeld 110 km noordelijker opgeschoven, en vogels 40 km. Biologen zien de migratie gebeuren, maar merken dat deze achterloopt en geen volledige compensatie biedt voor de temperatuurstijging. Daarbij zijn vogels en vlinders nog relatief mobiel. Soorten die zich minder gemakkelijk verplaatsen, hebben meer last van klimaatveranderingen. Toch is een verandering van de natuur niet altijd negatief, zolang soorten zich maar aan kunnen passen, in plaats van uit te sterven.

In de Nederlandse wateren worden er ook grote veranderingen verwacht. Snoekbaars gedijt goed bij hogere temperaturen, maar bij temperaturen boven de 25 graden Celsius domineert de blauwalg en stikken vissen. De zee absorbeert veel warmte, en werkt als een klimaatstabilisator. De makreel vertrekt vanuit de Noordzee naar de noordelijke Atlantische Oceaan. Dit geeft politieke conflicten omdat landen opnieuw moeten onderhandelen over vangstquota. Ook verzuurt de zee door CO_2, wat schadelijk is voor schelpdieren. In Nederland zal de oester- en mosselteelt daar last van gaan krijgen. In warmere wateren, bijvoorbeeld in de tropen, is de verwachting dat hogere temperaturen, tezamen met de verzuring, zullen leiden tot aanzienlijk lagere visopbrengsten.

Wouter Botzen beschrijft in zijn bijdrage beleid dat lokale en nationale aanpassingen aan de klimaatverandering kan stimuleren. Zulk beleid moet flexibel zijn vanwege de onzekerheid over de gevolgen van de klimaatveranderingen, en ook gebaseerd zijn op een goede analyse van kosten en baten. Sommige weersveranderingen zijn al duidelijk zichtbaar in de data van de afgelopen eeuw. Het regent meer, er is vaker extreem veel neerslag, en hagel en onweer komen ook vaker voor. De combinatie met zeespiegelstijging en bodemdaling zorgt voor meer wateroverlast en een toename van overstromingsrisico's. Deze risico's zijn deels al onderkend in het nieuwe Deltaprogramma met zijn nieuwe veiligheidsnormen voor de waterkeringen. De optimale maatregelen om deze nieuwe normen te halen, verschillen echter per gebied en zijn afhankelijk van de onzekere ontwikkeling van de klimaatverandering. Recent onderzoek toont aan dat de zeespiegelstijging waarschijnlijk sneller gaat dan in het Deltaprogramma is voorzien. Deze ontwikkelingen dienen te worden meegenomen bij het vaststellen van de optimale mix aan beschermingsmaatregelen en de langetermijnfinanciering van het Deltaprogramma.

Het beleid moet zich niet alleen richten op het uitvoeren van grote infrastructurele projecten, zoals dijkversteviging, maar ook op lokale maatregelen, zoals groene daken, overloopgebieden en aangepast bouwen. Meer groen in de stad heeft veel voordelen: het vermindert de warmtestress, absorbeert extreme regen, filtert de lucht, en het geeft rust en recreatie voor de bewoners. Het gaat daarbij om planten op publiek terrein, maar ook op particulier grondgebied zoals tuinen en daken. Een differentiatie van lokale belastingen en heffingen op basis van de bijdrage van huishoudens aan de groene stad verdient aanbeveling.

Verzekeringen hebben een belangrijke rol bij het beschermen van het individu tegen de financiële gevolgen van extreem weer. Het blijkt echter dat specifieke verzekeringen tegen de gevolgen van extreem weer niet erg in trek zijn bij burgers en bedrijven, zelfs niet als de overheid bijdraagt met een aanzienlijke subsidie. Het is belangrijk dat de overheid het bewustzijn wat betreft risico's en de dekkingsgraad door verzekeringen verhoogt. Ten eerste omdat het economisch herstel van een gebied na een natuurramp spoediger verloopt bij voldoende financiële compensatie. En ten tweede omdat uit empirische studies blijkt dat verzekeraars mensen kunnen helpen om maatregelen te nemen die de schade voorkomen of verminderen. De overheid kan het zich verzekeren stimuleren door meer duidelijkheid te geven over de risico's die de overheid vergoedt, en door als herverzekeraar op te treden bij extreme schades.

Ton Dietz bediscussieert in zijn bijdrage het effect van klimaatveranderingen op de internationale migratie en vluchtelingenstromen. De media schetsen een somber beeld van droogte in arme landen en van bewoners die naar Europa vluchten. We zouden bijna vergeten dat er ook regio's zijn die van klimaatveranderingen profiteren. Noordelijke landen, zoals Canada en Rusland, zien de productiviteit van hun landbouwgronden toenemen. Andere landen, zoals Groenland, ontsluiten nieuwe gebieden voor ertswinning. Deze impuls voor de economie trekt migranten aan. Uiteindelijk is er nog geen consensus over de gevolgen van klimaatveranderingen voor internationale migratie, noch over de juiste karakterisering van klimaatmigranten – zijn zij vooral vluchtelingen of vrijwillige migranten die nieuwe mogelijkheden zien? Maar migratie zal de komende jaren zeker een belangrijk beleidsonderwerp zijn, hoewel het advies is om hierbij terughoudend te zijn en om migratiestromen niet te snel te koppelen aan klimaat.

Ook Dietz merkt op dat veel voorbeelden in de media van klimaatvluchtelingen geen wetenschappelijke basis hebben. Het effect van weersveranderingen op migratiedruk is niet zo eenvoudig vast te stellen. Hogere temperaturen leiden waarschijnlijk tot meer en heviger regenval, maar ook tot een verdroging van de grond in periodes zonder regen. Hoe de weerspatronen er over tien of twintig jaar uitzien, is nu nog niet duidelijk. Wat we wel weten, is dat de weerspatronen aan het veranderen zijn, wereldwijd. Boeren kunnen zich minder goed voorbereiden op de seizoenen en dat vermindert de opbrengst. In gebieden met lage voedselzekerheid kan dit politieke instabiliteit geven. Maar in de Sahel zien we, sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw, juist meer regen en is er een migratiestroom terug naar gebieden die

vóór de jaren tachtig verlaten werden vanwege de droogte. Een ander belangrijk aspect is dat niet de droogte, maar juist overstromingen een gevaar vormen voor een groot deel van de wereldbevolking. De steden aan de kusten zijn sterk gegroeid en een stijgende zeespiegel vormt voor steeds meer mensen een gevaar.

NEDERLANDSE ECONOMIE

Welke gevolgen de klimaatverandering heeft op onze economie, is het onderwerp van de volgende vijf bijdragen. Marjan Hofkes betoogt dat het beleid de ontwikkeling en het gebruik van duurzame technologie moet stimuleren. De eerste les is dat de overheid zo min mogelijk onzekerheid moet laten bestaan over toekomstig beleid. Innovatie gedijt slecht als de overheid geen duidelijkheid geeft over de richting die de economie op gaat. De tweede les is dat economische groei en dalende uitstoot heel goed samen kunnen gaan. Ook al is economische groei geen doel op zich – welvaart is breder dan alleen inkomen – toch is het voor velen geruststellend om te weten dat er geen reden is een dalende welvaart te vrezen. De derde les is dat de transitie zal leiden tot een grote verschuiving tussen sectoren. Het beleid moet zich richten op de kansen en nieuwe ontwikkelingen in de groeiende sectoren. Maar er zijn ook krimpende sectoren, met dalende productie en werkgelegenheid. Beleid moet ervoor zorgen dat werknemers uit deze sectoren op tijd opgevangen en omgeschoold worden, zodat ze in de groeiende sectoren inzetbaar zijn. Anders ontstaat er werkloosheid zonder uitzicht, waarmee Nederland bij een vorige transitie – van steenkool naar aardgas – al ervaring heeft gehad.

Hofkes levert, naast haar analyse, nog een inzicht dat belangrijk is bij de lezing van vele beleidsstudies over groene groei. De meeste toegepaste studies over groene groei hebben een te beperkte blik, en richten zich op werkgelegenheid in enkele sectoren, zonder rekening te houden met economische correctiemechanismen zoals loonhoogte. Deelstudies schetsen daardoor vaak een te positief of juist te negatief beeld: extra werkgelegenheid of juist een daling ervan. In de economie worden effecten geabsorbeerd door allerlei structurele veranderingen tussen en binnen sectoren, waardoor het uiteindelijke effect veel kleiner is dan initieel verwacht. Het verschil tussen groene en grijze groei is minder groot dan het lijkt – voor zover het de economie betreft. Maar voor het milieu is het verschil wel degelijk groot.

We kunnen de algemene theorie concreter invullen als we beseffen dat groene groei specifiek betekent dat de energievoorziening moet omschakelen van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energie. Henri de Groot en Ton van der Wijst sommen de beleidsuitdagingen op die met deze omschakeling gepaard gaan. Er zijn veel monteurs en technici nodig met kennis van hernieuwbare energie, en tegelijkertijd moeten werknemers uit de op fossiele brandstoffen georiënteerde sectoren worden omgeschoold. Er ontstaan ruimtelijke, sectorale en kwalitatieve mismatches op de arbeidsmarkt. Dit sluit aan bij de beleidsadviezen van Marjan Hofkes en vraagt gericht beleid voor scholing en omscholing.

De Groot en Van der Wijst pleiten voor integrale regionale Human Capital Agenda's met zowel sterke verbindingen met onderwijs- en kennisinstellingen als aandacht voor mensen met een zwakke arbeidsmarktpositie. Verder is het belangrijk dat de regionaal-economische agenda's nadrukkelijker inspelen op de kansen en werkgelegenheidseffecten van de energietransitie. Die energietransitie vraagt grote investeringen, tot misschien wel drie procent van het nationaal inkomen, en daarvoor moet er financiering komen. Zowel een stapsgewijze fiscale vergroening zich richtend op het wegnemen van perverse prikkels in het belastingsysteem, als een effectieve beprijzing van CO_2 is daarom onmisbaar voor de kostenbeheersing en financierbaarheid van de energietransitie. Maar ook moet de overheid erop letten dat deze investeringen de opgaande conjunctuurgolf niet te veel versterken. Dat betekent dat de overheid de transitie goed moet managen en daarbij rekening moet houden met de economische conjunctuur en de toenemende krapte op de arbeidsmarkt. Adequate timing van beleid is een instrument om de kosten van het klimaatbeleid te beperken. Dat is het tweede advies. Het derde advies is dat de markt beperkte informatie over technische mogelijkheden heeft en onbekend is met risico's van investeringen in duurzame energie. De overheid moet een coördinerende rol spelen om deze onzekerheid te

verminderen. Henri de Groot en Ton van der Wijst juichen het daarom toe dat het Topsectorenbeleid zich sterker gaat toeleggen op de aanpak van maatschappelijke vraagstukken. Meer ruimte voor nieuwkomers en sector-overschrijdende samenwerking zijn belangrijke elementen in het nieuwe missie-gedreven innovatiebeleid.

Hendrik Vrijburg, Corjan Brink en Justin Dijk gaan specifiek in op de instrumenten die de overheid tot haar beschikking heeft om de transitie naar een klimaatneutrale economie effectief en efficiënt in gang te zetten. Ze kaarten het probleem aan dat de impliciete prijzen die de verschillende sectoren in Nederland moeten betalen voor hun CO_2-uitstoot sterk van elkaar verschillen. Dat betekent dat sommige sectoren hele dure investeringen moeten doen om hun CO_2-uitstoot te verlagen, terwijl de sectoren die met minder streng beleid worden geconfronteerd diezelfde uitstootreductie tegen veel lagere kosten zouden kunnen realiseren. Het zijn vooral de huishoudens en consumenten die de rekening betalen. De belangrijkste winst die Nederland kan boeken in het klimaatbeleid, is om dit laatste gat te verkleinen. De industrie, glastuinbouw en landbouw kunnen de uitstoot wel aanzienlijk verlagen tegen beperkte kosten. In de gebouwde omgeving en bij het verkeer zijn de maatregelen voor verdergaand klimaatbeleid veel duurder. Maar voor alle sectoren geldt dat de impliciete of expliciete CO_2-prijs te laag is om de Nederlandse bijdrage aan de tweegradendoelstelling te bereiken. Het eerste advies is daarom om in alle sectoren veel hogere kosten in rekening te brengen voor de uitstoot van broeikasgassen, maar vooral in de landbouw en industrie. De auteurs stellen een minimum CO_2-prijs voor die in Nederland geldt voor alle processen in alle sectoren. Deze zou zelfs gelden voor sectoren die onder het EU ETS vallen. De nieuwe regels in het EU ETS hebben weglekeffecten sterk verminderd; meer daarover in de bijdrage van Steven Poelhekke.

Tegenover de klimaat-gerelateerde belastingen staat een grote lijst met subsidies. Deze vallen bijna allemaal toe aan het bedrijfsleven, en de effectiviteit ervan is niet altijd duidelijk. Een tweede beleidsadvies is dat subsidies het beste alleen kunnen worden verstrekt voor de verdere ontwikkeling van groene technologieën, zodat de energietransitie uiteindelijk goedkoper wordt en groene technologie misschien zelfs kan gaan concurreren met bestaande technologie. Subsidies die erop gericht zijn om milieuvriendelijk gedrag te stimuleren, kunnen beter worden vervangen door uitstoot-gerelateerde belastingen.

De huidige plannen zijn onvoldoende om de doelen van Parijs te bereiken

Naast belastingen en subsidies gebruikt de Nederlandse overheid enerzijds convenanten met sectoren, en anderzijds wetgeving zoals de verplichting om energiebesparende maatregelen te nemen indien deze zich binnen vijf jaar terugverdienen. Een betere handhaving van convenanten en wetgeving helpt om de klimaatdoelstellingen dichterbij te brengen. Bij het autogebruik moet de overheid er rekening mee houden dat niet alle consumenten altijd volledig rationeel handelen. Bij de aankoop van een auto vergelijken ze wel de aankoopprijzen, maar verdisconteren ze onvoldoende de benzinekosten van verschillende auto's. Een belasting op personenauto's en motorrijwielen op basis van de uitstoot, zoals momenteel toegepast, is daarom goed te verdedigen. Bij zakelijk gebruik is het belangrijk om regels voor de fiscale bijtelling afhankelijk te maken van de effectieve CO_2-uitstoot van de leaseauto.

Eric Drissen en Herman Vollebergh tonen aan dat het perspectief van een circulaire economie een grote overlap heeft met de transitie naar een klimaatneutrale economie. Een analyse van de Nederlandse economie laat zien dat grondstofgebruik en afvalproductie sterk samenhangen met het gebruik van fossiele brandstoffen, omdat de verwerking van primaire grondstoffen energie-intensief is. Minder gebruik van primaire grondstoffen geeft ook minder afval.

Juist in de industrie zijn veranderingen nodig om een circulaire economie op te zetten. Een belasting op primaire grondstoffen is daarom een voor de hand liggend instrument, dat meerdere doelen tegelijk dichterbij brengt.

Dirk Brounen en Nils Kok gaan specifiek in op de mogelijkheden die de overheid heeft om de vastgoedmarkt een actieve rol te laten spelen in het klimaatbeleid. In de voorgaande twee bijdragen, hebben we gezien dat de grootste stappen in de industrie te zetten zijn, maar ook zijn er nog vele mogelijkheden om huizen en kantoren energiezuiniger te maken, en om duurzame energie op te wekken als onderdeel van de gebouwde omgeving. Nederland heeft goede ervaringen met scherpe energetische normen voor nieuwbouw. Ook laten recente empirische studies zien dat de extra kosten van nieuwe eisen worden terugverdiend via een hogere waarde van de gebouwde huizen. Het advies is om dit goed werkende beleidsinstrument aan te vullen. Bewoners in huizen met betere isolatie zetten de thermostaat vaak hoger. Daardoor gaat een deel van de besparing verloren. Dit is geen reden om goede isolatie minder te waarderen, want de consument geniet van een behaaglijk huis. Wel moet er meer rekening worden gehouden met gedragseffecten bij beleidsanalyses waarin de effecten van maatregelen worden voorspeld. Meestal worden inschattingen van besparingseffecten gedaan onder de veronderstelling dat de gebruikers hun gedrag niet zullen veranderen, maar dat is meestal juist wel het geval – energiezuinigere technologieën worden vaak intensiever gebruikt, omdat de variabele kosten van gebruik lager zijn. Een andere observatie is dat consumenten onvoldoende kennis hebben van de baten en kosten van energiebesparende maatregelen. Informatieverstrekking kan hierbij helpen, maar de effectiviteit van de informatievoorziening hangt sterk af van hoe de informatie wordt aangeboden. Een vergelijking van energieverbruik met dat van identieke huishoudens lijkt in de praktijk goed te werken om huishoudens tot energiebesparing aan te zetten. De slimme meters die in Nederland op grote schaal worden ingevoerd, kunnen hierbij een belangrijke rol spelen. Daarnaast is de plaatsing van zonnepanelen op daken een effectieve manier om huishoudens mee te krijgen in de energietransitie. Om ze hiertoe over te halen, kan het helpen om niet alleen de terugverdientijd van zonnepanelen te vermelden (acht tot vijftien jaar), maar ook om te benadrukken dat zonnepanelen de verkoopwaarde van een huis aanmerkelijk te verhogen. Zelfs bewoners die verwachten binnen korte tijd te verhuizen, kunnen zo aangemoedigd worden om mee te doen. Tot slot is het belangrijk dat de overheid zich niet alleen focust op het stimuleren van de vraag naar energiebesparing en duurzame energie, maar ook kijkt naar de aanbodzijde – beter geïnformeerde installateurs kunnen ook beter advies geven. Maar over het algemeen is er nog weinig aandacht voor de vraag hoe men installateurs ertoe kan aanzetten om zich verder te specialiseren in duurzame technieken.

INTERNATIONALE CONTEXT

Na bovenstaande aanbevelingen op basis van inzichten in de Nederlandse economie, gaan de volgende bijdragen in op de beleidsimplicaties van de internationale Nederlandse positie. Steven Poelhekke geeft inzichten voor klimaatbeleid gebaseerd op de theorie en empirie van handel. Als er een groot verschil ontstaat tussen Nederlands klimaatbeleid en buitenlands beleid, zullen bedrijven hun activiteiten mogelijk gaan verplaatsen. Dan zou het Nederlandse beleid dus leiden tot verplaatsing van uitstoot van broeikasgassen en zou zo minder bijdragen dan gepland aan een daling van de (wereldwijde) uitstoot. Om dergelijke weglekeffecten te voorkomen, moet de Nederlandse overheid naast het binnenlandse beleid ook druk uitoefenen op de EU en andere landen om het klimaatbeleid te verscherpen. Maar ook zonder al te grote coördinatie blijft het Nederlandse klimaatbeleid effectief; de weglekeffecten moeten niet worden overschat. De conclusies van Poelhekke bevestigen die van Hofkes over groene groei. Uit zowel empirische als kwantitatieve studies komt naar voren dat een sterke reductie van de broeikasgassenuitstoot in Nederland niet tot minder werkgelegenheid leidt, en ook vrijwel geen effecten heeft op het inkomen. De internationale aanpassing van bedrijven, mogelijk vanwege de handel, leidt wel tot een kleine stijging van de emissies in het buitenland, maar deze extra uitstoot is veel kleiner dan de binnenlandse besparing. Dit geldt zelfs

voor de sectoren die onder het EU ETS vallen, met dank aan de nieuwe regels die zijn goedgekeurd in januari 2018.

De internationale effecten van het Nederlandse klimaatbeleid worden voor een belangrijk deel bepaald door de aanbodzijde van fossiele brandstoffen. De afgelopen jaren zijn er veel studies gedaan naar de zogenaamde groene paradox; deze wordt door Gerard van der Meijden en Cees Withagen uitgelegd. Een belangrijke les voor het beleid is dat een aankondiging van het toekomstige klimaatbeleid niet altijd effectief is, en zelfs contraproductief kan zijn. Als de bezitters van voorraden olie, kolen en gas weten dat de toekomstige vraag naar fossiele brandstoffen gaat dalen ten opzichte van hun eerdere verwachtingen, dan zullen ze als groep de fossiele brandstoffen eerder op de markt brengen, tegen lagere prijzen. Klimaatbeleid zou er dan toe leiden dat toekomstige uitstoot wordt verschoven naar het heden, met als gevolg dat de koolstofbudgetten eerder opraken. Om dit te voorkomen moet beleid zowel direct als effectief zijn. De (impliciete) CO_2-prijs moet langzaam in de loop van de tijd stijgen.

De kans dat zich een groene paradox voordoet, is niet voor alle fossiele brandstoffen even groot. Het mechanisme van de groene paradox werkt het sterkst voor olie, omdat hierbij de productiekosten veel lager zijn dan de marktprijs. De olieproducenten hebben goede reden om zich ervan te verzekeren dat al hun voorraden op de markt komen voordat klimaatbeleid de vraag te ver laat dalen. Wat steenkool betreft is het effect veel minder, omdat de productiekosten vergelijkbaar zijn met de verkoopprijs. Effectief beleid richt zich daarom op een prohibitief hoge belasting op steenkoolgebruik. Dat is ook consistent met een gelijke CO_2-prijs voor diverse brandstoffen, omdat bij de verbranding van steenkool relatief veel CO_2 vrijkomt.

Jeroen van den Bergh breekt een lans voor een diplomatiek offensief. Hij adviseert Nederland om een 'koolstofclub' op te zetten. Zoals in voorgaande bijdragen vermeld is, zitten er grote voordelen aan een uniforme koolstofbeprijzing tussen landen en tussen sectoren. Gelijke prijzen zorgen ervoor dat bedrijven en consumenten effectieve en efficiënte keuzes maken, dat weglekeffecten van beleid worden geminimaliseerd, en dat belastinginkomsten uit klimaatbelastingen kunnen worden gebruikt om andere belastingen te verlagen en zo de inkomensverschillen te verkleinen. Veel landen hebben intern al een vorm van CO_2-beprijzing ingevoerd, maar in de afwezigheid van internationale coördinatie kan deze misschien niet voldoende stringent worden toegepast.

Een gelijk speelveld voor alle sectoren, zet goedwillende beloftes om in grote veranderingen

Indien dergelijke landen samenwerken en een koolstoftarief op importen leggen, kunnen ze een zeer effectieve coalitie vormen waarbij het voor andere landen buiten de coalitie aantrekkelijk wordt om mee te doen. Een mogelijkheid is dat een dergelijke koolstofclub interne handelsvoordelen inzet. De handelspolitiek van de VS in de afgelopen maanden laat zien dat de regels van de Wereldhandelsorganisatie (WTO) minder beperkend zijn dan vaak wordt verondersteld. Van den Bergh waarschuwt voor te veel vertrouwen in unilateraal beleid, bottom-up-initiatieven en vrijwillige gedragsveranderingen, gestimuleerd door bijvoorbeeld eco-labels of subsidies voor groene energie. Studies tonen aan dat deze ineffectief zijn wanneer ze niet worden ondersteund door CO_2-beprijzing. Als de EU samen met een paar andere grote landen een klimaatclub begint, kunnen we hopen op meer succes dan we in de afgelopen jaren hebben gezien aangaande internationale klimaatafspraken. Dit zou druk kunnen leggen op verdere klimaatonderhandeling binnen het UNFCCC en aldus kunnen uitmonden in een mondiale koolstofbeprijzing. Van den Bergh schetst een mogelijke katalyserende rol van Nederland om zo'n proces in goede banen te leiden.

De mogelijkheid bestaat dat het op enig moment in de toekomst duidelijk wordt dat de afremming van de temperatuurstijging niet snel genoeg gaat. Wat gebeurt er dan, als we besluiten dat extra emissiereductie te duur is? Sjak Smulders

bespreekt of het waarschijnlijk kan zijn dat we dan bewust het klimaat gaan manipuleren, bijvoorbeeld door actief zwaveldeeltjes in de atmosfeer te brengen. Zwaveldeeltjes in de stratosfeer kaatsen zonlicht terug en verkoelen de aarde. Dat dit effectief is, weten we van de grote vulkaanuitbarstingen

De opbrengsten van een koolstofheffing kunnen worden gebruikt om Nederland competitiever te maken

die de gemiddelde temperatuur op aarde tijdelijk aantoonbaar hebben verlaagd door hun zwavelinjecties hoog in de atmosfeer. Dit koeleffect kunnen we kunstmatig en goedkoop nabootsen door vanuit vliegtuigen zwaveldeeltjes in de stratosfeer te brengen. Deze vorm van *geo-engineering* geeft ons dus een 'thermostaatknop' die we koeler kunnen zetten als de CO_2-emissies zich ophopen. Maar de vraag is uiteraard wat het betekent als we over een dergelijke thermostaat beschikken. Dat de wereld de knop heeft, wil nog niet zeggen dat we hem (willen) gaan gebruiken.

Wie krijgt een prikkel om aan de thermostaatknop te gaan draaien? Dat is het land dat de grootste schade van temperatuursverandering ondervindt. Helaas heeft geo-engineering asymmetrische effecten op de temperatuur in verschillende landen, zodat als één land begint, er gemakkelijk een internationaal conflict kan ontstaan – vergelijkbaar met, maar vermoedelijk groter dan, de wapenwedloop en met de conflicten rond nucleaire programma's. Omdat landen met relatief weinig klimaatschade het economische en politieke overwicht hebben in de wereld, zullen deze de overige landen waarschijnlijk kunnen afhouden van het drastische gebruik van zonlichtmanagement. Bovendien zal de wereld als geheel, misschien door bemiddeling van de VN, meewegen dat zonlichtmanagement voor verschillende landen asymmetrisch uitwerkt. Het kan weliswaar de gemiddelde temperatuur op aarde bepalen, maar de regionale verdeling van de temperatuursverandering en andere klimaateffecten (zoals neerslag) kan het niet *finetunen*. We kunnen ons dus niet rijk rekenen door te vertrouwen op een goedkope thermostaatknop in de toekomst.

De andere vorm van geo-engineering is *carbon dioxide removal* (CDR) – opvang en opslag van emissies. Dit is sterk gerelateerd aan de negatieve emissies die al besproken zijn in de bijdrage van Van Vuuren. Kostendalingen zijn te verwachten voor deze techniek, mede omdat opslag van CO_2 op verschillende manieren is te realiseren en prikkels daarom op verschillende plaatsen innovatie kunnen uitlokken. Echter, de kostendalingen zullen vooral de kosten betreffen per eenheid emissie. Hoe meer CO_2 zich in de atmosfeer ophoopt, hoe hoger de totale kosten zijn. Een belangrijke reden is landgebruik: productie van biobrandstoffen gecombineerd met koolstofafvang is de meest realistische manier van CDR, maar zal, bij grootschalige toepassing, landgebruik en voedselproductie sterk beïnvloeden. Bovendien is de geologische opslagcapaciteit beperkt. Hier moet de conclusie dan ook luiden dat het niet te verwachten is dat negatieve emissies een groot aandeel kunnen leveren in de klimaatinspanning. Deze zijn immers noodzakelijk om de wereld klimaatneutraal te maken omdat we niet overal CO_2-emissies kunnen voorkomen, maar ze kunnen geen goedkoop substituut worden voor overige emissiereducties.

Aan het eind van deze preadviezen deelt Rick van der Ploeg zijn visie. Zijn voorstellen over internationale samenwerking gaan iets minder ver dan de koolstofclub, zoals besproken door Jeroen van den Bergh, maar zijn beleidssuggesties zijn bijzonder praktisch. Het polderen in Nederland geeft te veel oponthoud. De klimaatveranderingen wachten niet, en uitstel leidt tot grotere schade en kosten in de toekomst. Nederlandse beleidsmakers moeten een omslag maken van mooie doelstellingen in de verre of minder verre toekomst, en van overleg aan klimaattafels waar vooral kostbare voorstellen worden gepresenteerd, naar een effectief beleid op basis van een pad van CO_2–prijzen – het liefst in overleg met buurlanden. Om effect te sorteren zouden CO_2-prijzen kunnen beginnen bij 40 euro per ton CO_2. De steenkoolcentrales zullen onherroepelijk sluiten als steenkool te

duur wordt. Opbrengsten van een koolstofbelasting kunnen gebruikt worden om schone sectoren en lage inkomens te compenseren. Dan kan Nederland klimaatneutraal worden zonder ingewikkeld overleg.

SLOTWOORD

De Nederlandse overheid heeft – met het ondertekenen van het Akkoord van Parijs, en met de beslissing om de Groningse aardgaswinning versneld af te bouwen – een krachtig signaal afgegeven dat men in hoog tempo de uitstoot van broeikasgassen zal gaan verminderen. Dit signaal is opgepikt in nagenoeg alle sectoren en lagen van de samenleving. Ondernemers zien hier kansen voor duurzame producten en duurzame productieprocessen, burgers investeren in zonnepanelen en in zuinigere of zelfs emissieloze auto's.

Aan de Klimaattafels wordt er nagedacht over de manieren om emissies te reduceren in de industrie, de gebouwde omgeving, mobiliteit, elektriciteit, landbouw en landgebruik. Emissiereductiekansen worden geïnventariseerd, en er wordt onderhandeld over wie de rekening van de te nemen maatregelen dient te betalen. Uiteindelijk is het nemen van duurzame maatregelen een kwestie van verantwoordelijkheid nemen, maar ook een kwestie van kosten en baten.

Met een eerste vergroening van het belastingstelsel zette de overheid al een belangrijke stap in het verbeteren van de financiële kosten-batenverhouding van duurzame productie en consumptie. Daarmee creëert ze prikkels voor een versnelde transitie naar een duurzame samenleving. Maar de discussies aan de Klimaattafels geven aan dat er meer nodig is. Een gelijk speelveld voor alle sectoren, bijvoorbeeld door een economie-brede minimumkoolstofprijs, zet goedwillende beloftes om in grote veranderingen. Een koolstofheffing kan de lasten van de transitie naar een koolstofloze economie eerlijker verdelen, geeft prikkels voor innovatie en adoptie van nieuwe producten en productieprocessen, stimuleert de aanschaf van zonnepanelen en nieuwe warmtesystemen in zowel de nieuwbouw als de bestaande bouw, en helpt de transformatie van onze huidige lineaire economie naar een circulaire economie. Als de overheid zich niet alleen verbindt aan een koolstofprijs voor nu, maar ook aan een expliciete koolstofprijs voor de toekomst, dan zullen de langetermijninvesteringen die burgers en bedrijven vandaag doen, kunnen bijdragen aan de emissiereductie in de toekomst. De opbrengsten van koolstofheffing kunnen worden gebruikt om de Nederlandse economie competitief te houden of wellicht zelfs competitiever te maken, door de inkomstenbelasting en de vennootschapsbelasting te verlagen en door te investeren in een van de belangrijkste vestigingsplaatsfactoren voor het internationale bedrijfsleven – een goed opgeleide beroepsbevolking, die klaar is voor de 21e eeuw.

ISBN/EAN: 978-90-826379-2-2