



januari 2008

Een uitgave van het PCCC

De Staat van het Klimaat 2007

Actueel onderzoek en beleid
nader verklaard





De Staat van het Klimaat 2007

Actueel onderzoek en beleid
nader verklaard

januari 2008

Verantwoording

Deze brochure is geschreven door en onder verantwoordelijkheid van de Wetenschappelijke Redactie van het Platform Communication on Climate Change (PCCC). Alvorens tot publicatie over te gaan is de inhoud aan een kritische toets onderworpen door de volgende wetenschappers van uiteenlopende disciplines:

Frans Berkhout, VU
Kornelis Blok, UU/Ecofys
Hans de Boois, NWO
Michiel van den Broeke, UU
Floor Brouwer, LEI, Wageningen UR
Heleen de Coninck, ECN
Bert Daniëls, ECN
Aryan van Engelen, KNMI
Jan Willem Erisman, ECN
Arnout Feijt, KNMI
Harry Geurts, KNMI
Joyeeta Gupta, VU
Henny Hooghiemstra, UvA
Pavel Kabat, Wageningen Universiteit
Caroline Katsman, KNMI
Arie Kattenberg, KNMI
Pieter Kroon, ECN

Peter Kuikman, Alterra, Wageningen UR
Rik Leemans, Wageningen Universiteit
Michael van der Meer, NEMO
Arthur Mol, Wageningen Universiteit
GeertJan van Oldenborgh, KNMI
Joop Oude Lohuis, MNP
Florrie de Pater, VU
Mieke Reijmerink, KNMI
Cor Schuurmans
Rob Sluijter, KNMI
Bart Strengers, MNP
Catrien Termeer, Wageningen UR
Wim Turkenburg, UU
Jan Verhagen, PRI, Wageningen UR
Hans Visser, MNP
Michiel van Weele, KNMI

Wij zijn hen bijzonder erkentelijk voor de gemaakte opmerkingen, die op diverse plaatsen nog tot aanscherpingen en verbeteringen van de concept-tekst hebben geleid. De wijze waarop wij de commentaren hebben verwerkt, is vervolgens gecontroleerd door Pier Vellinga (Wageningen UR/VU), die heeft laten weten dat de eindredactie de gemaakte op- en aanmerkingen zeer gewetensvol heeft verwerkt.

Aan deze brochure kan als volgt worden gerefereerd: 'Rob van Dorland, Bert Jansen en Wieke Dubelaar-Versluis (red.), 2008. De Staat van het Klimaat 2007, uitgave PCCC, De Bilt/Wageningen.'

Alle informatie uit deze brochure is gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek. In de brochure treft u echter geen literatuurverwijzingen aan. Dit hebben we gedaan om de tekst zo leesbaar mogelijk te houden. Op onze website, www.klimaatportaal.nl, vindt u een digitale versie van deze brochure, alsmede een lijst met gebruikte literatuur.

Rob van Dorland, Bert Jansen en Wieke Dubelaar-Versluis / januari 2008

Inhoudsopgave

Verantwoording 2

Inleiding Klimaatverandering in de maatschappelijke aandacht 5

1. Klimaatverandering in Nederland: wat merken we ervan? 7

- 1.1 Warmterecord 7
- 1.2 Hoe bijzonder is het lenterecord? 7
- 1.3 Verdere oorzaken van de warme lente 8
- 1.4 De stormdepressie Tilo 9
- 1.5 Wat zien we in de natuur? 9

2. De IPCC-rapporten 10

- 2.1 Het vierde Assessment Report van het IPCC 10
- 2.2 Rapport werkgroep I: Het klimaat 10
- 2.3 Rapport werkgroep II: Effecten en adaptatie 11
- 2.4 Rapport werkgroep III: Mitigatie 12
- 2.5 IPCC-syntheserapport 13
- 2.6 De betrouwbaarheid van de IPCC-rapporten 13
- 2.7 Het IPCC en klimaatverandering in Nederland 14

3. Kennisontwikkeling klimaatsysteem 15

- 3.1 Invloed variabiliteit zon op klimaat blijkt beperkt 15
- 3.2 Noordpoolijs smelt in recordtempo 15
- 3.3 Methaanuitstoot door planten en bomen 16
- 3.4 Ozon en het Montreal-protocol 17
- 3.5 Extremen toekomstig klimaat in kaart gebracht 18

4. Ontwikkelingen in klimaat- en energiebeleid 20

- 4.1 Ontwikkelingen 20
- 4.2 Nederland 20
- 4.3 Europa 22
- 4.4 Mondiaal 23
- 4.5 VN-klimaattop Bali 24

5. Ontwikkelingen mitigatie en energie 25

- 5.1 Ontwikkelingen 25
- 5.2 Energiebesparing 25
- 5.3 Aandeel hernieuwbare energie groeit snel 25
- 5.4 Potentiëlen biomassa voor Europa en mondiaal 25
- 5.5 Nieuwe kolencentrales in Nederland 26

- 5.6 Afvang en opslag van kooldioxide 27
- 5.7 Emissies van lucht- en scheepvaart 29
- 5.8 Nieuwe studies en discussie over kernenergie in Nederland 29
- 5.9 De rol van landgebruik in vastleggen van kooldioxide 30

6. Ontwikkelingen adaptatie in Nederland 31

- 6.1 Aanpassen aan klimaatverandering 31
- 6.2 Klimaatbestendigheid: theorie en praktijk 31
- 6.3 Aanpassingen in het waterbeheer 32
- 6.4 Klimaatverandering en verzekeren van rampschade 32
- 6.5 Aanpassingen aan hitte in het stedelijk gebied: Londen en Tilburg 33
- 6.6 Aanpassingen aan overstromingsrisico's in de Randstad: de Zuidplaspolder 33
- 6.7 Klimaatbestendige natuur 34
- 6.8 Klimaatbestendige landbouw 36

Wat doet het PCCC? 38

Colofon 39

Inleiding Klimaatverandering in de maatschappelijke aandacht

De opwarming van de aarde was een hot issue in 2007. Dat was voor een groot deel toe te schrijven aan één man: de voormalige aanstaande president van de Verenigde Staten, Al Gore. In het najaar van 2006 kwam zijn documentaire 'An inconvenient truth' uit, waarin hij op geheel eigen wijze klimaatverandering op de publieke en politieke agenda zette. Het verhaal van Al Gore won aan kracht toen het VN-klimaatpanel, het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), kwam met de ondubbelzinnige boodschap dat menselijke activiteiten in belangrijke mate de oorzaak zijn van de waargenomen klimaatverandering. Gore's alarmerende boodschap ijelde nog fors na in 2007, mede door de Oscar voor de beste documentaire die hij ervoor kreeg in het voorjaar, en de Nobelprijs in het najaar.

De maatschappelijke impact van de documentaire was groot. Of eigenlijk: de impact van Al Gore was groot. Eens te meer bleek namelijk dat een boodschap beter overkomt als hij wordt gebracht door iemand die de publiciteit tot in de perfectie weet te bespelen. Zeker voor een documentaire werd de film, ook in Nederland, druk bezocht. Dit kwam mede door de vele gratis voorstellingen die werden gegeven door tal van organisaties. Behalve veel lof voor de pakkende wijze waarop Gore wetenschappelijke kennis toegankelijk heeft gemaakt voor een groot publiek, was er ook kritiek op een aantal suggestieve uitlatingen. Bijvoorbeeld de effecten van de 6 meter zeespiegelstijging die hij laat zien, zonder daarbij te vermelden op welke termijn dit zal kunnen plaatsvinden. De suggestie die Al Gore wekt in zijn documentaire, dat orkanen en terugtrekkende gletsjers direct te relateren zijn aan door de mens veroorzaakte klimaatverandering, is wetenschappelijk gezien te kort door de bocht. Tenslotte moet worden vermeld dat Al Gore weinig aandacht schenkt aan de onzekerheden, bijvoorbeeld die over de relatie tussen de verandering van kooldioxideconcentratie en de verandering van temperatuur.

De documentaire was inderdaad wat eindimensionaal, zonder nuances en zonder aandacht voor onzekerheden. Niettemin, of juist daardoor, had hij een grote aandacht van de media voor klimaatverandering tot gevolg. Reacties daarop bleven niet uit. De mediahype leidde onder andere tot kamervragen van de PVV, die aan de ministers van OCW en VROM vroeg of dit verspreiden van 'omstreden theorieën' door de publieke omroep, niet deed denken aan de voormalige DDR. (Het antwoord van de ministers was overigens kort: "Nee.") Als tegengeluid werd door klimaatsceptici de documentaire 'The great global warming swindle' uitgebracht. Zoals de suggestieve titel al aanduidt, ging deze documentaire nog een flinke stap verder. Hij

bevatte een aantal zodanig aantoonbare onwaarheden dat deze er achteraf uit zijn gehaald. Op de Nederlandse televisie is de documentaire zonder deze passages vertoond. Enkele wetenschappers die aan de documentaire hadden meegewerkt, hebben zich er later van gedistantieerd.

Niet alleen door bovengenoemde documentaires kreeg klimaatverandering aandacht in de media. Ook de wetenschap kwam volop aan bod. Dit vooral naar aanleiding van de nieuwste rapportage van het IPCC. De belangrijkste boodschap daarin luidt: "De mens is zeer waarschijnlijk verantwoordelijk voor het grootste deel van de opwarming van de aarde van de afgelopen 50 jaar." Deze boodschap kwam in de berichtgeving hierover in ons land ook duidelijk naar voren. Dit kwam mede



Foto: © The Nobel Foundation

door een aantal persconferenties die bij het uitkomen van de drie IPCC-deelrapporten werden georganiseerd door respectievelijk KNMI, Wageningen UR en MNP. Het PCCC heeft een brochure uitgebracht met de belangrijkste bevindingen van het gehele IPCC-rapport.

Door al die media-aandacht is de publieke belangstelling voor het milieu toegenomen. Volgens de Milieubalans plaatsten burgers het onderwerp 'milieu' weer hoger op de lijst van onderwerpen waar ze zich zorgen over maken. De zorg om het broeikas-effect steeg op de ranglijst van de belangrijkste maatschappelijke vraagstukken naar de 10e plaats. Ook het draagvlak voor milieumaatregelen is aanzienlijk. Een ruime meerderheid van de Nederlandse burgers staat positief tegenover maatregelen die kooldioxide-reductie opleveren. Als gevolg daarvan profileert ook het bedrijfsleven zich meer en meer als klimaatbewust. Daarbij gaat het niet alleen om imago. 'Klimaatneutraliteit' begint een verkoopargument te worden. Recent marktonderzoek zet hier overigens kanttekeningen bij: 67% van de consumenten wantrouwt volgens bureau Marketresponse het groene gehalte van dit soort producten. Niettemin wordt er flink gehandeld in compensatieprojecten van diverse aard, en Philips noteerde bijvoorbeeld 40% meer verkochte spaarlampen in de winter van 2006/2007. Maar er werden ook meer tuinjacuzzi's en terraswarmers verkocht. Dat leidde in november tot een 'anti-jacuzzimotie' van de PvdA in de Tweede Kamer.

In maart 2007 is wereldwijd het International Polar Year (IPY) van start gegaan. Dit 'jaar' loopt van maart 2007 tot maart 2009. Doel ervan is het kweken van interesse voor de poolgebieden bij scholieren, publiek, politiek en beleid. Klimaatverandering speelt hierbij een belangrijke rol, omdat de polen tot de meest kwetsbare gebieden behoren. Dat bleek toen in september veel kranten schreven over het minimale oppervlak aan zeeijs dat op dat moment in de noordelijke IJzee werd waargenomen. In Nederland is het IPY geopend in aanwezigheid van Koningin Beatrix. Hoewel het IPY niet actief de publiciteit zoekt, en het zich daarom in betrekkelijke mediastilte afspeelt, vinden er veel activiteiten plaats. In heel Nederland zijn publieksactiviteiten met aandacht voor de poolgebieden: van exposities, lezingen en documentaires tot weblogs. In dit kader wordt ook veel wetenschappelijk onderzoek gedaan. Via activiteiten voor de jeugd wil het IPY graag een nieuwe generatie poolonderzoekers kweken: "van Peuter tot Postdoc".

Het IPCC en Al Gore ontvingen op 10 december gezamenlijk de Nobelprijs voor de Vrede. Het Noorse Nobelprijsc comité kende hen de onderscheiding toe voor hun "inspanningen om kennis op te bouwen en te verspreiden over de door de mens gecreëerde klimaatverandering, en het leggen van de fundamenten voor maatregelen die nodig zijn om deze tegen te gaan". Meer dan de helft van de wereldbevolking leeft in gebieden die kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Dit kan leiden tot slechtere oogsten en meer ziekten. Dat is een directe bedreiging voor het bestaan van miljarden mensen, met name in ontwikkelingslanden. Daardoor kunnen gemakkelijk gewapende conflicten en vluchtelingenstromen ontstaan. Het IPCC en Al Gore leveren met hun werk dan ook een belangrijke bijdrage aan het helpen voorkomen van conflicten, aldus het Nobelprijsc comité.

De toenemende publicitaire aandacht voor klimaatverandering heeft hoe dan ook - met dank aan Al Gore, het IPCC en de sceptici - geleid tot een toenemende belangstelling voor en behoefte aan wetenschappelijke kennis van klimaatsystemen en klimaatverandering. Door de open communicatie via media, films en internet is een sterke behoefte ontstaan om te weten 'hoe het nu eigenlijk zit' en 'wie er gelijk heeft'. Wetenschappelijke kennis, vertaald in toegankelijke informatie, is daarbij essentieel. Deze brochure wil hierin voorzien. Na een hoofdstuk over de vraag 'wat merken wij nu al van klimaatverandering' en een korte samenvatting van de IPCC-rapporten, wordt u als lezer achtereenvolgens meegevoerd door recente ontwikkelingen in de kennis van klimaatsystemen, ontwikkelingen in het klimaatbeleid, zowel in Nederland als in internationaal verband, om te eindigen bij onderzoeksprojecten over mitigatie en adaptatie.

1. Klimaatverandering in Nederland: wat merken we ervan?

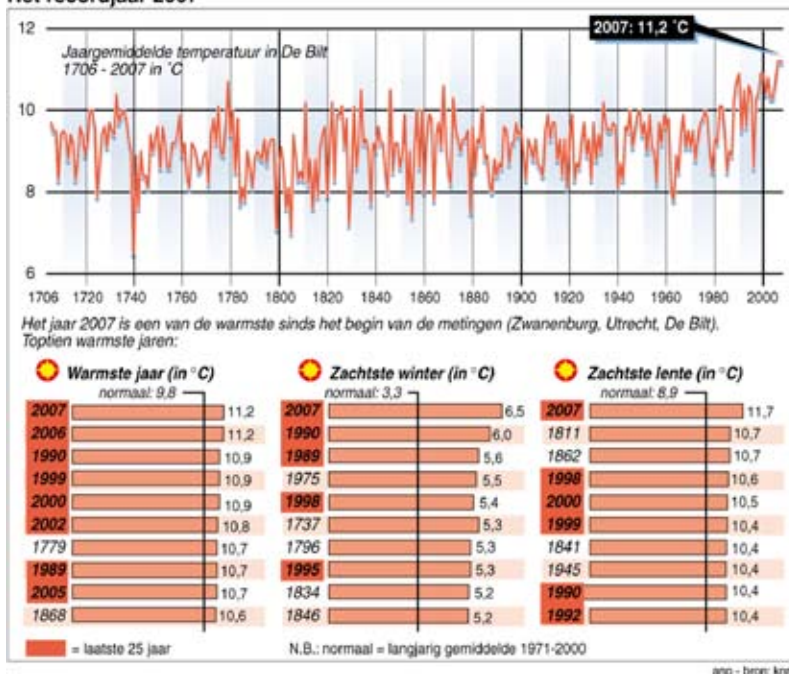
1.1 Warmterecord

Met een gemiddelde jaartemperatuur in De Bilt van 11,2°C tegen een langjarig gemiddelde van 9,8°C was 2007 samen met 2006 het warmste jaar sinds het begin van de regelmatige waarnemingen in 1706. Na de herfst van 2006 en de winter van 2006/2007 was ook de lente van 2007 de warmste in tenminste drie eeuwen in Nederland. Maart, april en mei waren met een gemiddelde van 11,7°C precies 1°C warmer dan het vorige record uit 1862. Het ontbreken van neerslag, in combinatie met het vaak uitzonderlijk warme en zonnige weer, heeft in april geleid tot een voor de tijd van het jaar record hoog neerslagtekort. Op 6 mei kwam er een einde aan een nagenoeg droge periode van 45 dagen. Dit was sinds het begin van de metingen in 1901 nog niet eerder voorgekomen. Daarna brak een periode aan van wisselvallig, nat weer. In De Bilt viel in mei niet eerder zoveel regen als dit jaar (135 mm; normaal 57 mm). Eind juni kwam er een eind aan het zeer warme tijdvak, dat vrijwel zonder onderbreking had geduurd vanaf september 2006. Van juli tot en met oktober week de temperatuur maar weinig af van normaal.

1.2 Hoe bijzonder is het lenterecord?

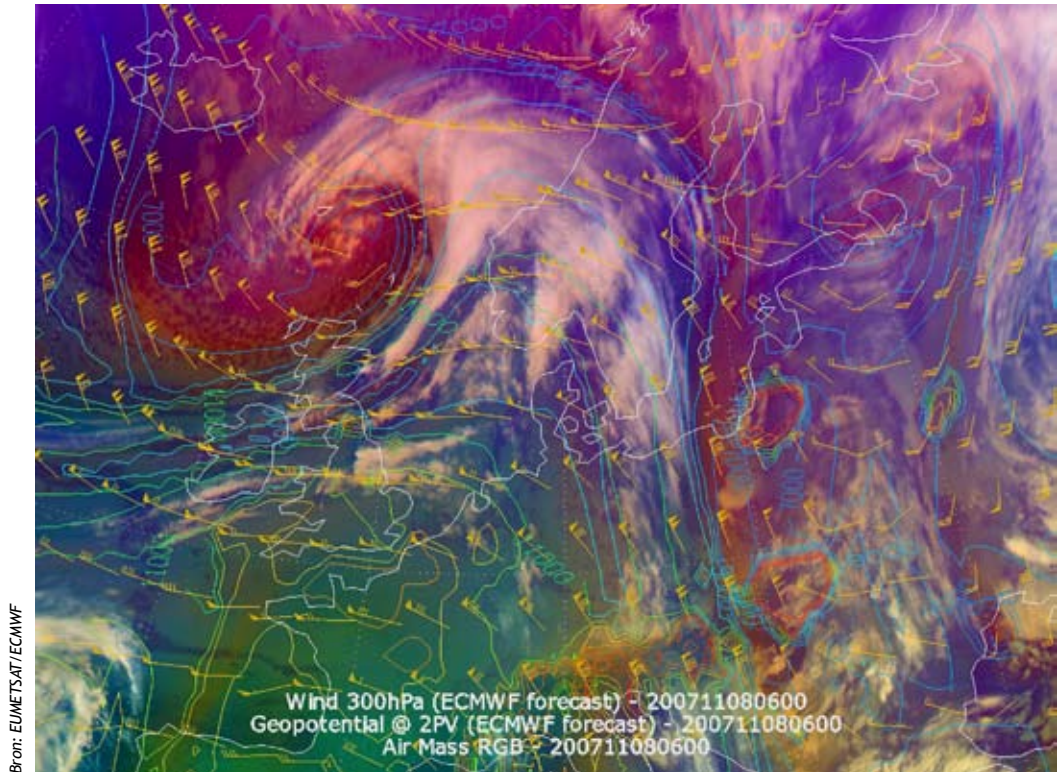
De vraag rijst hoe bijzonder deze records zijn en of de klimaatverandering hierbij een rol speelt. De kans op extreem weer wordt vaak aangegeven met een herhalingstijd. Een herhalingstijd van 100 jaar wil zeggen dat de kans op het optreden van zo'n gebeurtenis elk jaar 1% is. Deze waarde heeft ook een onzekerheid, daarom wordt ook als ondergrens de waarde genoemd waarvan we 97,5% zeker zijn dat het niet lager ligt. De 11,7°C die deze lente is gemeten, zou minder dan eens in de 700 jaar voorkomen als de gemiddelde temperatuur in ons land niet langzaam aan het veranderen was.

Het recordjaar 2007



Bron: KNMI

Jaartemperaturen en warmterecords in De Bilt sinds het begin van de metingen in 1706



Satellietfoto (Meteosat) van de stormdepressie Tilo voor de Noorse kust, waarop de bewolking zichtbaar is, gecombineerd met ECMWF windverwachting op 300 hPa (op circa 9 kilometer hoogte) van 8 november 2007 om 6 uur UT

De gemiddelde temperatuur is in Nederland de afgelopen eeuw echter met meer dan een graad toegenomen. De opwarming in de lente is over 1901-2006 ongeveer 1,6 keer zo snel gegaan als de wereldgemiddelde opwarming. Als gecompenseerd wordt voor de opwarming in Nederland, blijft de lente van 2007, evenals de voorafgaande herfst en winter, de warmste in de reeks vanaf 1901. De herhalingstijd wordt dan berekend op zo'n 250 jaar, met een ondergrens van ongeveer 75 jaar. Dit illustreert dat extreme warmte tegenwoordig minder uitzonderlijk is, maar nog wel steeds bijzonder, zeker in samenhang met de warmte van de twee voorafgaande seizoenen.

1.3 Verdere oorzaken van de warme lente

Een zachte winter wordt vaak gevolgd door een warm voorjaar. In maart en april zorgt een nog relatief warme Noordzee voor wat hogere temperaturen, vooral aan de kust. In april 2007 werd de uitzonderlijke warmte in Nederland voornamelijk veroorzaakt door overvloedige zonneschijn, die samenhangt met hogedrukgebieden boven onze omgeving. Zelfs mei was, ondanks het wisselvallige en regenachtige weer, nog warmer dan normaal. De vraag is of die omstandigheden nu vaker voorkomen dan vroeger, en of we in de toekomst meer seizoenen kunnen verwachten die bovengemiddeld warmer zijn. Volgens de klimaatmodellen wordt het gemiddeld wel warmer, maar de modellen geven geen aanwijzingen dat dit soort uitschieters in de herfst, de winter en de lente vaker zullen voorkomen dan vroeger. Voor de zomer wordt dat echter wel verwacht. Het aantal warme extremen en de kans op hittegolven zullen naar verwachting sterker toenemen dan de gemiddelde temperatuurstijging.

1.4 De stormdepressie Tilo

Op 9 november kreeg Nederland te maken met de stormdepressie Tilo. In ons land was het wat wind betreft een gewone herfststorm, die aan zee af en toe windkracht 9 bereikte. Er waren echter wel zeer hoge waterstanden langs de kust, vanwege de combinatie van noordwestenwind, de lange strijklengte van de wind over de Noordzee en het springtij. De stormvloedstand in Hoek van Holland was de hoogste sinds 1953: de Maeslantkering sloot voor het eerst tijdens een storm. Bij Delfzijl was de waterstand echter lager dan bij de 'paardenstorm' van 31 oktober 2006.

Deze maximale stormvloedstanden zullen hoger worden als gevolg van de verwachte stijging van de zeespiegel. In hoeverre het stormregime wordt beïnvloed door de opwarming van de aarde is nog onzeker. De huidige klimaatmodellen bieden nog onvoldoende basis om harde uitspraken te kunnen doen over de verandering in de sterkte van stormen op de gematigde breedten. De meeste modellen laten een poolwaartse verschuiving zien van de depressiebanen met maximaal enkele honderden kilometers in 2100. Dit is in overeenstemming met de waarnemingen, die over de afgelopen 40 jaar een noordwaartse verschuiving van 100 km over de Atlantische Oceaan vertonen.

Voor Nederland wordt een toename in de gemiddelde windsnelheid verwacht van hooguit 2% per graad temperatuurstijging, namelijk alleen in de klimaatscenario's met een toename in de frequentie van westenwinden in de winter. Dit is klein ten opzichte van de jaar-op-jaarvariaties. De klimaatmodellen laten vooral een toename van de zuidwestenwinden zien. Hoewel de huidige kennis geen aanleiding geeft om grote veranderingen in het windklimaat van Nederland te verwachten, is voorzichtigheid geboden.

1.5 Wat zien we in de natuur?

De extreem hoge temperaturen tussen de herfst van 2006 en de zomer van 2007 hebben een groot effect gehad op de natuur. Dat blijkt uit waarnemingen van De Natuurkalender. Begin december 2006 stonden er nog ruim 240 wilde en meer dan 200 gecultiveerde plantensoorten in bloei en werden bovendien nog grote aantallen vlinders gezien.

De lente begon voor planten en vlinders ruim 3 weken eerder dan normaal. De hyacinten voor de bloemencorso's kwamen te vroeg in bloei. De witte bloemen van de sleedoorn waren al op 28 februari te zien, 50 dagen eerder dan 50 jaar geleden. Trekvogels die ten zuiden van de Middellandse Zee overwinteren kwamen echter niet veel eerder terug dan normaal en hadden daarmee een achterstand van 3 weken op de rest van de natuur. Weidevogels, zoals de grutto, hadden het moeilijk omdat de boeren al zeer vroeg het gras maaiden, dat in de winter was doorgegroeid.

De hele winter door waren er teken actief. Het aantal meldingen van de eikenprocessierups nam sterk toe en de rups is dit jaar weer verder naar het noorden opgeschoven. De warmteminnende ambrosia, een hooikoortsplant, is in 2007 in een groot aantal tuinen opgekomen en lijkt zich dankzij de hogere temperaturen nu in de vrije natuur te kunnen voortplanten.

De vruchtrijping kwam evenals het groeiseizoen in 2007 zeer vroeg op gang. De wilde lijsterbessen hingen op 7 juli al rijp aan de bomen. De schema's van de nationale appelplukdagen moesten door de vroege rijping aangepast worden. Uit dit alles blijkt dat een jaar dat in meteorologische zin bijzonder is, ook in de natuur zich van andere jaren onderscheidt.

2. De IPCC-rapporten

2.1 Het vierde Assessment Report van het IPCC

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), het klimaatpanel van de Verenigde Naties, heeft verspreid over het jaar 2007 in vier delen het vierde Assessment Report (AR-4) uitgebracht. Dit rapport biedt de huidige inzichten op het gebied van klimaatverandering in de wereld. Aan het AR-4 is jaren gewerkt door een internationaal team van wetenschappers, onder wie verschillende Nederlanders. De commentaren van honderden onafhankelijke wetenschappers zijn in de eindtekst verwerkt. AR-4 bestaat uit drie deelrapporten van drie werkgroepen en een syntheserapport waarin de conclusies van die werkgroepen met elkaar in verband worden gebracht.

Elk IPCC-deelrapport bestaat in feite uit drie onderdelen: het wetenschappelijke hoofdrapport, een Technical Summary (TS) en een Summary for Policy Makers (SPM). Over die laatste is in de publiciteit veel te doen geweest. Op de wetenschappelijke rapportage hebben beleidsmakers namelijk geen enkele invloed, maar op de SPM wel. De SPM wordt regel voor regel besproken, waarbij de inbreng van sommige landen nogal politiek van aard is. Het gaat hierbij meer om de precieze formulering dan over de feitelijke inhoud. Dit heeft geen invloed op de wetenschappelijke conclusies. Iedere uitspraak in de SPM moet namelijk consistent zijn met het hoofdrapport. Wel wordt bij het opstellen van de eindtekst gestreefd naar consensus tussen alle landendelegaties. Overigens blijkt in de praktijk, dat de beleidsmakers in de SPM-versie van de wetenschappers meestal alleen nuances proberen te veranderen, en de hoofdboodschappen niet bestrijden.

2.2 Rapport werkgroep I: Het klimaat

De mensheid heeft een onmiskenbare invloed op het klimaat, zo concludeert werkgroep I. En dat blijft nog eeuwen zo, zelfs als we maatregelen nemen om die invloed te beperken. Er zijn steeds meer onderzoekresultaten die aannemelijk maken dat reeds waargenomen veranderingen, zoals gemiddeld hogere temperaturen, een stijgende zeespiegel en veranderingen in neerslag en extreem weer, verder zullen doorzetten.

De concentratie van de broeikasgassen kooldioxide en methaan in de atmosfeer is op dit moment de hoogste in minstens 650.000 jaar, zo blijkt uit analyses van ijsboringen. De toename hiervan sinds 1750, is voornamelijk het gevolg van menselijke emissies door het verbruik van fossiele brandstoffen, maar ook door landbouw, veeteelt en veranderingen in landgebruik. De kooldioxideconcentratie in de atmosfeer steeg de afgelopen 10 jaar sneller dan ooit. De hogere concentratie van broeikasgassen houdt warmte langer vast in de atmosfeer, waardoor de aarde opwarmt. Het effect van de menselijke invloed op het klimaat wordt steeds beter begrepen. De invloed van variaties in de instraling door de zon is naar de huidige inzichten minstens vijfmaal kleiner dan de totale menselijke invloed op het klimaat sinds 1750.

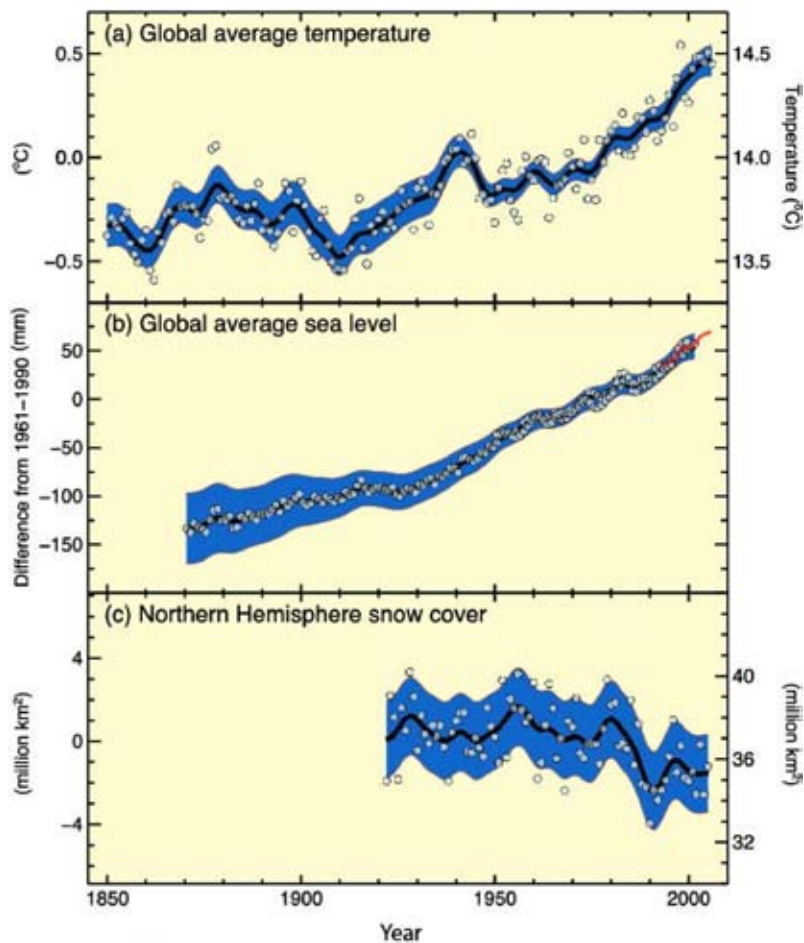
Hoewel er al vóór deze rapportage nauwelijks meer twijfel was dat het klimaat door de mens aan het veranderen is, geven de nieuwe gegevens een steeds duidelijker en samenhangender beeld van de mondiale opwarming. Niet alleen de lucht warmt op, maar ook de oceaan. Deze opwarming gaat gepaard met veranderingen in neerslag, sneeuw- en ijsbedekking en met een stijging van de zeespiegel. De menselijke invloed manifesteert zich niet alleen op mondiale schaal, maar begint ook op regionale schaal meetbaar te worden. De gemiddelde temperaturen op het noordelijk halfrond waren gedurende de tweede helft van de 20e eeuw zeer waarschijnlijk hoger dan de langjarige gemiddelden van de laatste 500 jaar.

Tegen het eind van de 21e eeuw wordt een mondiale opwarming tussen 1,1 en 6,4°C ten opzichte van 1990 verwacht. Gemiddeld over de hele aarde kan de zeespiegel dan tussen 18 en 59 cm gestegen zijn

als gevolg van de uitzetting van het zeewater, het smelten van gletsjers en kleine ijskappen, en het gestage slinken van de grote ijskappen. Als de waargenomen versnelde afkalving aan de randen van de Groenlandse en de West-Antarctische ijskap doorzet in de 21e eeuw, stijgt de zeespiegel volgens het IPCC-rapport met 10 tot 20 cm extra.

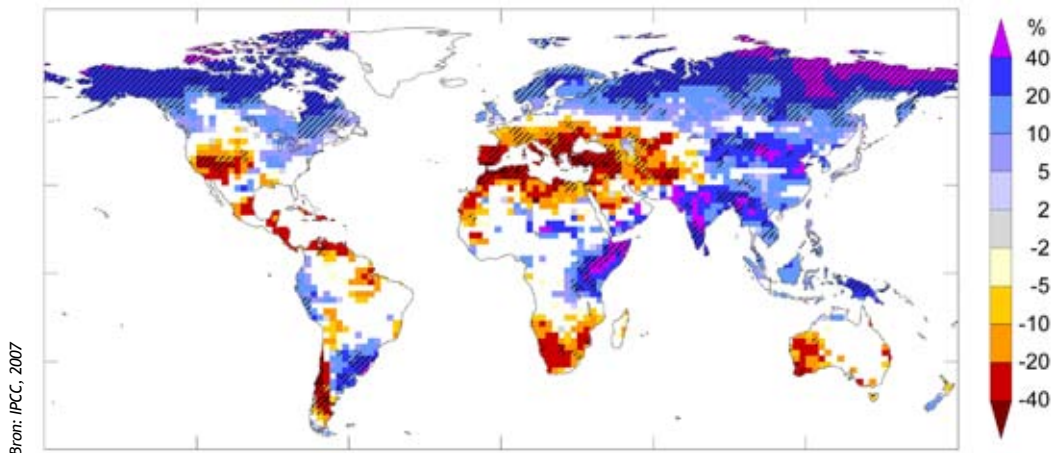
2.3 Rapport werkgroep II: Effecten en adaptatie

De gevolgen van klimaatverandering worden voor natuur, mens en maatschappij steeds duidelijker zichtbaar. Werkgroep II geeft aan dat klimaatverandering de zoetwatervoorraden van vele miljoenen mensen negatief beïnvloedt met gevolgen voor hun gezondheid. Droge gebieden zoals die ten zuiden van de Sahara en gebieden die wat betreft water sterk afhankelijk zijn van rivieren gevoed door sneeuw en ijs, lijken erg kwetsbaar en kunnen de gevolgen van klimaatverandering nauwelijks opvangen. Toenemende weerextremen, zoals hevige neerslag en langdurige droogte, vergroten wereldwijd de kans op overlast en schade.



Bron: IPCC, 2007

Waargenomen veranderingen in (a) mondiaal gemiddelde oppervlaktetemperatuur, (b) mondiaal gemiddelde zeespiegelstijging en (c) noordelijk halfrond sneeuwbedekking over de maanden maart en april. Cirkels representeren de jaarlijks gemiddelde waarden, lijnen de 10-jaar gemiddelden en blauwe banden tonen de onzekerheidsmarges



Mogelijke veranderingen in de beschikbaarheid van water over de hele wereld tegen het einde van de 21e eeuw

De werkgroep benadrukt het belang van aanpassing aan klimaatverandering (adaptatie). De noodzaak tot aanpassing en het aanpassingsvermogen is echter ongelijk verdeeld in de wereld. Landen en bevolkingsgroepen die over beperkte financiële en technologische middelen beschikken en sterk afhankelijk zijn van landbouw, bosbouw en visserij zijn kwetsbaar. Het meest kwetsbaar zijn dichtbevolkte kustgebieden en rivierdelta's met een hoge economische activiteit, zoals de Ganges-, de Mekong- en de Nijldelta. Maar ook landen met een hoog ontwikkelde infrastructuur blijken in de praktijk risico te lopen op economische schade door kleine veranderingen in weerextremen.

Voor Europa is voor het eerst wetenschappelijk aangetoond dat klimaatverandering waarneembare effecten heeft, zoals terugtrekkende gletsjers, langere groeiseizoenen en verschuiving van verspreidingsgebieden van soorten naar het noorden. De werkgroep stelt met nadruk dat de vermindering van emissies van broeikasgassen (mitigatie) urgent blijft, omdat anders de opwarming van de aarde onomkeerbare gevolgen heeft. Het aanpassingsvermogen van natuurlijke en maatschappelijke systemen loopt dan tegen zijn grenzen aan.

2.4 Rapport werkgroep III: Mitigatie

Uit het rapport van werkgroep III blijkt dat er in principe genoeg maatregelen beschikbaar zijn om de toename van broeikasgasemissies terug te dringen en zo de mondiaal gemiddelde opwarming door de mens te beperken tot 2 à 3°C. Analyses met sociaal-economische modellen laten zien dat zonder extra klimaatbeleid de broeikasgasemissies tussen 2000 en 2030 met 25 tot 90% zullen stijgen en de temperatuurstijging hoger kan uitvallen. Beperking tot 3°C leidt naar schatting tot een afname van 0,6% (met een bandbreedte van 0 tot 2,5%) van het bruto mondiaal product (BMP) in 2030. Tegen hogere kosten is het ook mogelijk de stijging te beperken tot 2°C. Gezien de grote inkomensverschillen in de wereld zullen de kosten voor rijke landen naar verwachting hoger uitvallen.

Een belangrijke conclusie is dat het scala aan technologieën dat nodig is om deze vermindering van uitstoot van broeikasgassen te bereiken, beschikbaar is. Ze zijn alleen vaak duurder dan de huidige technologie. Wil zo'n emissiebeperkingsbeleid effectief zijn, dan zullen alle landen en alle maatschappelijke sectoren betrokken moeten worden bij de realisatie van de maatregelen. Ongeveer 60% van de potentiële emissiereducties tot 2030 zijn in ontwikkelingslanden tegen lagere kosten haalbaar.

Maatregelen in gebouwen heeft wereldwijd het grootste potentieel tegen de laagste kosten. Daarnaast worden ook hernieuwbare energie, energiebesparing in andere sectoren, bevordering van alternatieve vervoerssystemen, inzet van kernenergie, en kooldioxide-afvang en -opslag in de diepe geologische reservoirs genoemd. De land- en bosbouwsector kunnen behalve door een vermindering van emissies ook een tijdelijke bijdrage leveren door de opname van kooldioxide en vastlegging in de bodem of in hout. Dit vraagt een verandering van nu gangbare landbouwtechnieken en landgebruik.

2.5 IPCC-syntheserapport

Het IPCC heeft op 17 november de synthese van het AR-4 vastgesteld door vertegenwoordigers van 130 landen en leden van het team klimaatonderzoekers dat het Assessment Report schreef. Dit zogenoemde syntheserapport bevat geen nieuwe onderzoekresultaten, maar door het combineren van de resultaten van de drie werkgroepen ontstaan nieuwe inzichten. Het rapport is bondig en biedt een samenhangende beschrijving van beleidsrelevante kennis over klimaatverandering, gevolgen en mogelijke maatregelen.

Het rapport omschrijft besluitvorming als een voortschrijdend risico-managementproces, waarbij zowel aanpassing als tempering (respectievelijk adaptatie en mitigatie) aan de orde zijn. Daarbij spelen de kosten, bedreigingen, bijkomende voordelen, duurzame ontwikkeling, billijkheid en houding tegenover risico's een rol.

Het klimaatpanel heeft veel zorg besteed aan het zichtbaar maken van de mate van (on)zekerheid van de verschillende bevindingen. Sommige dingen zijn zekerder dan andere. Voorbeelden van wat het IPCC robuuste bevindingen noemt, zijn de waargenomen opwarming van de aarde in de 20e eeuw, de waargenomen toename van de concentraties van broeikasgassen in de dampkring, de menselijke invloed op het klimaat en de verwachting dat verdere opwarming zal optreden. Belangrijke onzekerheden zijn de verwachte snelheid van opwarming, de te verwachten trends in extreem weer en het gedrag van ijskappen met de daarmee samenhangende zeespiegelstijging. Uit het socio-economische deel van het rapport komt duidelijk naar voren dat er nog veel onzekerheid is over de kosten van klimaatverandering, de kosten van aanpassing, de snelheid waarmee nieuwe technologie ontwikkeld en ingevoerd kan worden, en de economische groei op lange termijn. Tegelijk is er een grote mate van overeenstemming en veel bewijsmateriaal dat klimaatverandering kan worden afgeremd door emissie beperkende maatregelen.

2.6 De betrouwbaarheid van de IPCC-rapporten

Als reactie op het rapport van werkgroep I, en in het bijzonder de samenvatting voor beleidsmakers (SPM), heeft het Canadese Fraser Institute een 'onafhankelijke samenvatting' (ISPM, Independent Summary for Policy Makers) uitgebracht. Dit instituut is een onafhankelijk onderzoek- en onderwijsinstituut, opgericht in 1974, met partners in 70 landen. De auteurs hiervan stellen dat het IPCC uitgaat van vooringenomen beginselen, dat computermodellen hiervoor de basis zijn, en dat het effect van kooldioxide in de atmosfeer niet empirisch is bewezen. Zij vinden de conclusies van het IPCC te stellig en claimen een meer open analyse van klimaatveranderingen te geven. Volgens hen wordt de oorzaak niet uitsluitend toegeschreven aan de verhoging van de concentraties broeikasgassen in de atmosfeer.

Dat extra broeikasgassen het klimaat opwarmen, is maar één van de hypothesen die de waargenomen effecten kunnen verklaren, aldus het Fraser Institute. Dat lijkt een redelijk klinkende bewering, maar welke alternatieve hypothese dan waarschijnlijker is, wordt door het Fraser Institute niet genoemd. Als de huidige opwarming namelijk niet of nauwelijks wordt veroorzaakt door extra broeikasgassen, dan rijzen de volgende vragen: waar komt de waargenomen opwarming dan wel vandaan en waarom veroorzaakt de toename van broeikasgassen geen extra opwarming? Wat gebeurt er met die energie, of hoe wordt de extra opwarming die daaruit voortkomt gecompenseerd? Op deze kernvragen geeft het Fraser Institute in de ISPM geen antwoord.

De kritiek van het Fraser Institute roept de vraag op: hoe betrouwbaar zijn de conclusies van het IPCC? Wetenschap dient objectief en transparant te zijn. Als norm geldt daarvoor in de wetenschap het 'peer review' systeem, waarbij onafhankelijke experts een ingediende publicatie vooraf anoniem beoordelen. De eerste kwaliteitsstap van het IPCC is dat het vrijwel uitsluitend publicaties gebruikt die aan zo'n 'peer review' zijn onderworpen. De tweede kwaliteitsstap is de weging van dit materiaal door een breed team van zorgvuldig geselecteerde wetenschappers, waarbij ook wetenschappers werkzaam in industrie en maatschappelijke organisaties worden betrokken. Dit resulteert in de rapportage met bandbreedtes van wetenschappelijke resultaten. Als derde zijn er nog twee reviewrondes waarin de IPCC-rapporten worden beoordeeld. In de 'expert review' ronde kunnen wetenschappers in het vakgebied en daarbuiten, inclusief sceptici, hun commentaar leveren. In de 'government and expert review' kunnen, naast wetenschappers uit de 'expert review', ook overheidsinstellingen hun commentaar geven. Een speciale commissie van wetenschappers, apart benoemd door de landen die meedoen in het IPCC, ziet erop toe dat de auteurs de geleverde commentaren verwerken of verworpen. Dit gebeurt op grond van wetenschappelijke argumenten, onderbouwd met wetenschappelijke literatuur.

2.7 Het IPCC en klimaatverandering in Nederland

In het IPCC-rapport worden de gevolgen van klimaatverandering wel voor Europa, maar niet expliciet voor Nederland behandeld. In 2006 heeft het KNMI echter klimaatscenario's ontwikkeld, waarbij is uitgegaan van dezelfde modelresultaten als waarop het IPCC-rapport is gegrondvest. Vervolgens hebben de samenwerkende onderzoeksinstituten van Nederland de zogenoemde Routeplanner ontwikkeld voor klimaataanpassingen in Nederland. Uit het onderzoek en de klimaatscenario's blijkt dat er in Nederland niet alleen aanpassingen nodig zijn tegen overstromingen, maar dat er ook maatregelen moeten worden genomen om het hoofd te kunnen bieden aan de gevolgen van extreem droge en hete zomers, zoals die van 2003 en 2006. Ook moeten we rekening houden met meer extreme neerslag en een grotere waterafvoer in de rivieren in de winterperiode.

Dit vereist grotere investeringen in het beheer van rivieren en kust bedoeld om Nederland op de lange termijn bewoonbaar en veilig te houden. Warmere zomers en hittegolven zullen aanpassingen vergen in de gebouwde omgeving en in de stedelijke gebieden. De zoetwatervoorziening voor landbouw en glastuinbouw, maar ook voor industrie die gebruik maakt van oppervlaktewater als koelwater, kan in de toekomst problemen geven, waardoor aanpassingen nodig zijn. Dit probleem geldt ook voor de scheepvaart die vanwege steeds vaker voorkomende lage waterstanden in de zomer met minder vervoerscapaciteit te maken krijgt. Daarnaast leidt de zeespiegelstijging tot toenemende verzilting van de landbouw- en natuurgebieden in de kuststreek. Klimaatverandering heeft grote, en nog deels onbekende, gevolgen voor de natuur en de landbouw: het komen en verdwijnen van soorten planten en dieren gaat niet alleen door, maar dat proces lijkt zich te versnellen en voltrekt zich op een weinig voorspelbare wijze.

De hoofdpunten voor de Nederlandse situatie staan in de PCCC-brochure 'Het IPCC-rapport en de betekenis voor Nederland'.

3. Kennisontwikkeling klimaatsysteem

3.1 Invloed variabiliteit zon op klimaat blijkt beperkt

De mate waarin variaties in zonneactiviteit het aardse klimaat beïnvloeden, is al vele jaren een belangrijk wetenschappelijk thema. Het belang is ook groot, omdat dit onderwerp een rol speelt in de discussie over de relatieve bijdrage van de mens aan de waargenomen klimaatverandering. Het debat is heftig vanwege zowel de bijzondere veranderingen in de zonneactiviteit als de mondiale opwarming.

Er wordt internationaal veel onderzoek gedaan om de zonneactiviteit van de laatste 100 jaar te reconstrueren. De reconstructie laat een nagenoeg constante zonneactiviteit zien sinds ongeveer 1950. De toename in de eerste helft van de 20e eeuw kan waarschijnlijk een deel van de opwarming tussen 1910 en 1945 verklaren. Recente studies lijken erop te wijzen dat de zonneactiviteit momenteel over het maximum heen is en in de komende decennia zal afnemen.

De zonneactiviteit is onlangs uitgebreid onderzocht aan de hand van satellietmetingen vanaf 1979. In de wetenschappelijke publicatie hierover wordt geconcludeerd dat de recente periode van opwarming niet door verandering in zonneactiviteit kan worden verklaard. Alle onderzochte indicatoren, inclusief de gemeten kosmische straling, wijzen sinds 1985 juist op een afkoelend effect. Dit wordt bevestigd door schattingen van de zonneactiviteit over de afgelopen 11.400 jaar. Deze studie wordt vaak aangehaald omdat de zon verantwoordelijk wordt gehouden voor de opwarming van de aarde: de zon is in de afgelopen 8.000 jaar immers nog nooit zo actief geweest als nu. Maar de (sterke) opwarming van juist de laatste 30 jaar kan niet door de zon worden verklaard. Dit is ook één van de conclusies in een recente Nederlandse assessment over de rol van variaties in zonneactiviteit op het klimaat.

Volgens de meest recente inzichten is een toename met $0,4^{\circ}\text{C}$ de hoogste schatting van de temperatuurbeïnvloeding door de zon sinds 1715 (na het Maunder Minimum, de periode van 1645 tot 1715 met minimale zonneactiviteit). Deze schatting is gerelateerd aan lichtkrachtvariaties (één van de indicatoren). Variaties in de ultraviolette straling van de zon leiden tot aantoonbare veranderingen in ozon en temperatuur in de stratosfeer, maar het klimaateffect van dit indirecte effect van de zon lijkt vooralsnog marginaal te zijn. De beïnvloeding door de magnetische activiteit, bijvoorbeeld via variaties in kosmische straling die wolkenvorming zou kunnen beïnvloeden, lijkt op grond van de gegevens van de laatste 50 jaar niet aannemelijk. Voor zover de kennis nu reikt, is de variabiliteit van de zon in de afgelopen 50 jaar geen overheersende factor in de waargenomen temperatuurverandering geweest.

3.2 Noordpoolijs smelt in recordtempo

In het Noordpoolgebied is sinds het begin van de satellietwaarnemingen (1979) nog niet zo weinig zeeijs geweest. Aan de kant van de Beringstraat was er eind september een groot gebied met weinig of geen ijs. De ijsbedekking is afgelopen september 23% kleiner geweest dan het vorige record (september 2005), een verschil in oppervlak van dertig maal de grootte van Nederland. De ijsbedekking was in september 2007 39% lager dan het septembergemiddelde tussen 1979 en 2000. In de zomer van 2007 konden schepen van de Atlantische Oceaan via de Noordpool van Europa naar Azië varen. Uit de satellietbeelden bleek ook dat het centrale gedeelte van de Noordpool, een gebied met een oppervlakte van tienmaal de grootte van Nederland, voor het eerst sinds het begin van de satellietmetingen ijsvrij werd. Tot nu toe overleefde het zeeijs in dit gebied het smeltseizoen. Een verandering in de verhouding tussen dik meerjarig ijs en dun eenjarig ijs is van belang, omdat een groot gebied met dun eenjarig ijs in de winter de kans op open water in de zomer erna vergroot.

Deze veranderingen hebben voor een deel te maken met het weer van deze zomer in die regio: onder invloed van een standvastig hogedrukgebied was het zeer zonnig en lag de temperatuur relatief hoog. Op Melville Island, in het noorden van Canada tussen Groenland en het noorden van Alaska, was het in juli dagen achtereenvolgende warmer dan 15°C. Dat is zeker 5°C boven normaal. Op een aantal dagen werd zelfs 22°C gemeten. De sterke dooi leidde niet alleen tot een record aan smeltend zeeijs maar ook tot modderstromen en aardverschuivingen op land.

Een verband met het veranderende klimaat lijkt zeer aannemelijk. Sinds de jaren 70 is de temperatuur in het Noordpoolgebied met ongeveer 1°C gestegen. Dit is veel meer dan de wereldgemiddelde stijging. Indien de temperatuur blijft toenemen, is het denkbaar dat al halverwege deze eeuw de Noordelijke IJszee 's zomers ijsvrij zal zijn. Tot nu toe werd op grond van modelsimulaties ervan uitgegaan dat een dergelijke seizoensafhankelijke ijsbedekking zich pas aan het eind van deze eeuw zou voordoen. De nu waargenomen snelle afname is door geen enkel klimaatmodel voorspeld. Dit geeft te denken over de betrouwbaarheid van de huidige modellen in de weergave van de relatie tussen klimaat en ijsbedekking. Er zijn inmiddels meerdere verklaringen voor de gevonden discrepanties. Eén ervan is bijvoorbeeld onvolledig inzicht in de ijsdynamiek. Andere verklaringen richten zich op het onvoldoende meenemen van het albedo-effect (reflectie van zonlicht) en de invloed van luchtverontreiniging daarop. Verder kunnen veranderingen in lucht- en oceaanstromingen de hoeveelheid zeeijs in het Arctische gebied beïnvloeden. Omgekeerd kan het smeltende zeeijs gevolgen hebben voor zeestromingen in de Atlantische Oceaan en voor het warmtetransport dat deze stromingen voor hun rekening nemen, omdat relatief veel zoet water in de oceaan terecht komt.

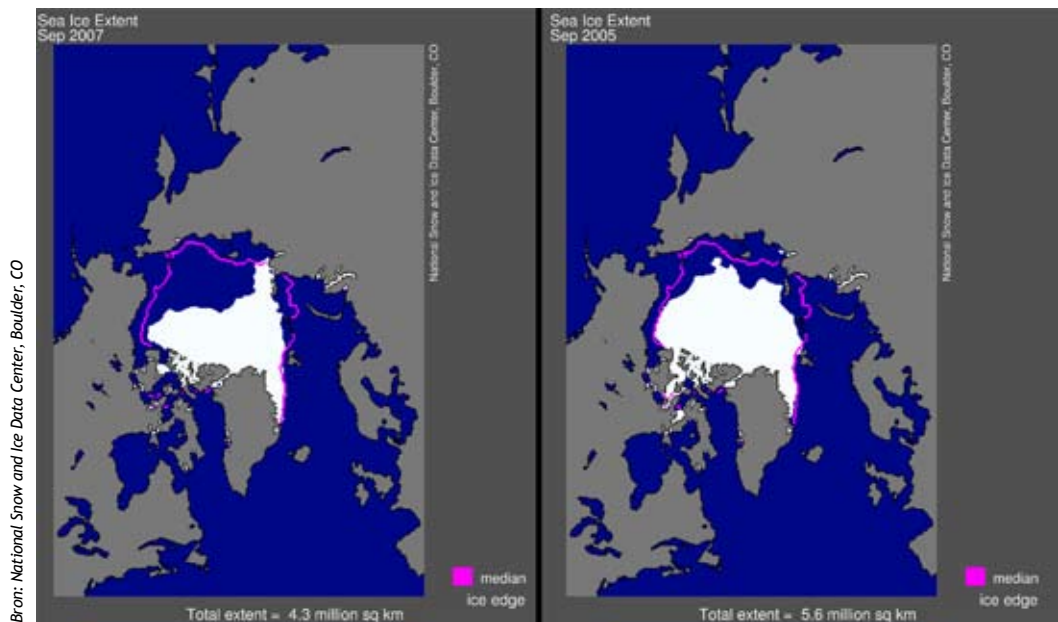
Het smelten van zeeijs op de Noordpool heeft overigens geen directe gevolgen voor de zeespiegel. Drijvend zeeijs verplaatst net zoveel water als het eigen gewicht en als het smelt, verandert de hoogte van de zeespiegel dus niet. Wanneer echter een gebied met open water ontstaat, neemt de absorptie van zonlicht toe. Dit heeft een relatief sterke temperatuurstijging in het Arctische gebied tot gevolg met mogelijk grote gevolgen voor de zeeijsbedekking in de daarop volgende jaren. Dit heeft weer gevolgen voor het tempo van afsmelten van het landijs op Groenland en het aantal dagen met sneeuwbedekking in Siberië en Canada.

Het kleiner worden van de Groenlandse ijskap leidt wel tot een zeespiegelstijging. Er zijn recente aanwijzingen dat de ijskap van Groenland versneld aan het afsmelten is, maar de onzekerheden rond de massabalans van deze ijskap zijn groot. Dit onderwerp is wetenschappelijk echter sterk in beweging, vooral door de observaties van paleoklimatologen dat de zeespiegel in het verleden met grotere snelheid is gestegen. Dit gebeurde bij een temperatuur die circa 2°C hoger lag dan nu en bij een ijsbedekking die ongeveer gelijk is aan de huidige.

3.3 Methaanuitstoot door planten en bomen

Uit nieuw onderzoek blijkt dat de methaanuitstoot van levende planten verwaarloosbaar klein is. In 2006 publiceerde Nature nog de opzienbarende conclusie dat planten methaan produceren (zie 'De Staat van het Klimaat 2006').

Volgens sommige onderzoekers was methaanuitstoot door planten en bomen onlogisch en in strijd met alle bekende mechanismen in de plantenfysiologie. De eerdere opmerkelijke en controversiële bevindingen heeft een groep Nederlandse wetenschappers aangespoord deze te testen. Zij deden een innovatief experiment. Planten werden opgekweekt in een omgeving met ¹³C, een niet-radioactieve isotoop van koolstof. Methaanemissies konden daardoor gemakkelijker worden gedetecteerd in de natuurlijke atmosfeer waarin ¹²C-methaan dominant is. De onderzoekers kweekten zes plantensoorten op waarbij de methaanuitstoot nauwkeurig werd gemeten met een foto-akoestische lasertechniek. Ondanks een hoge meetgevoeligheid werd er geen methaanemissie van enige betekenis gemeten.



Ijsbedekking Noordelijke IJzee in september 2007 (links) en in september 2005 (vorig minimumrecord sinds de satellietmetingen in 1979, rechts). Roze lijn is de mediaan van de ijsgrens. De helft van de waargenomen ijsbedekkingen bevindt zich binnen deze lijn

Ook bij experimenten waarbij planten gedurende langere tijd in een afgesloten ruimte werden opgekweekt, maten de onderzoekers geen noemenswaardige uitstoot van methaangas. Dit onderzoek is voor zover bekend het eerste onafhankelijke onderzoek waarin de stelling uit 2006 is getoetst. De resultaten van dit onderzoek zijn duidelijk: levende planten stoten geen methaan uit. De discrepanties tussen de studies zijn nog niet opgelost, maar er is nu duidelijke twijfel over een grote rol van planten in het methaanbudget. De verklaring dat de stijging van de wereldwijde methaanconcentraties in de laatste decennia afgeremd zou zijn door de grootschalige ontbossing in de tropen, zoals gemeld in 'De Staat van het Klimaat 2006', is volgens de huidige inzichten dus niet correct.

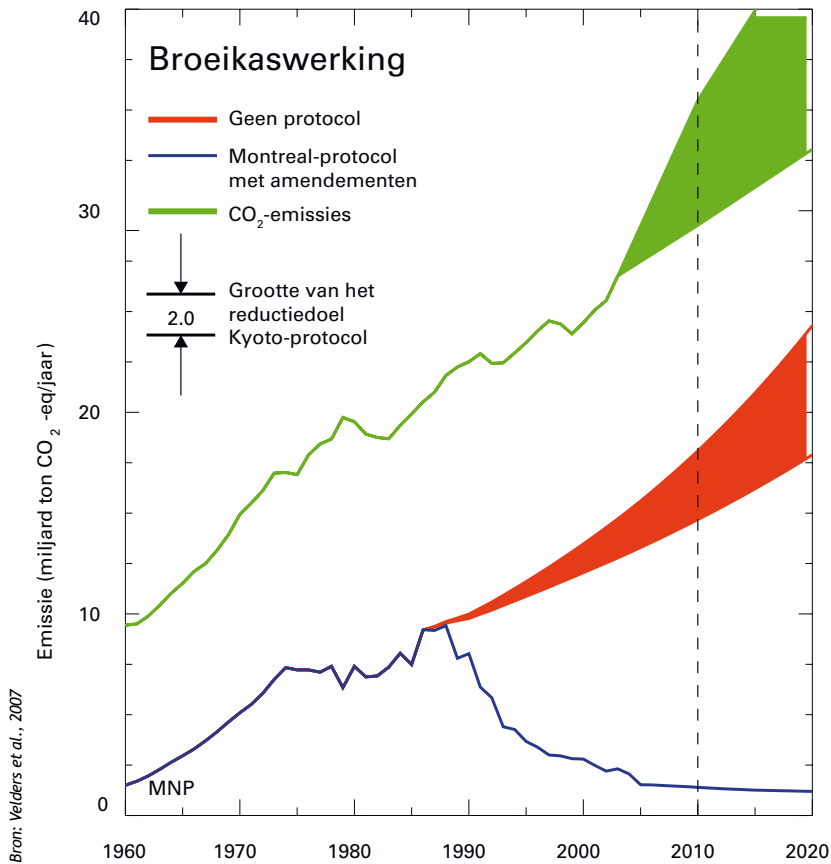
3.4 Ozon en het Montreal-protocol

20 jaar na het inwerkingtreden van het Montreal-protocol ter bescherming van de ozonlaag blijkt dat de afspraken werken. Het gebruik van CFK's (chloorfluorkoolstofverbindingen) is sterk afgenomen. In 1974 onderkennen onderzoekers voor het eerst dat CFK's de ozonlaag kunnen aantasten. De bezorgdheid over de ozonlaag werd in 1985 versterkt door de ontdekking van het ozongat (een lage ozonconcentratie op grote hoogte die enkele weken aanhoudt) boven Antarctica. Het Montreal-protocol en de latere amendementen zorgden ervoor dat de productie en het gebruik van ozonlaagaantastende stoffen in de afgelopen 20 jaar sterk is teruggedrongen. Ook de hoeveelheid ozonlaagaantastende stoffen in de atmosfeer is de afgelopen jaren enigszins afgenomen. Op termijn betekent dit een afname van het ozongat. Het afkoelen van de stratosfeer als gevolg van het versterkte broeikaseffect heeft echter een vertragend effect op het herstel van de ozonlaag boven de polen. Het ozongat was in 2007 30% kleiner dan het jaar ervoor, toen het een record vestigde qua grootte. Deze veranderingen zijn het gevolg van natuurlijke variaties en zeggen weinig over de langetermijn trend.

Het Montreal-protocol is gericht op bescherming van de ozonlaag, maar heeft tegelijkertijd bijgedragen aan het beperken van het broeikaseffect, omdat de ozonafbrekende gassen ook broeikasgassen zijn. Zonder protocol zou de broeikaswerking van ozonlaagaantastende stoffen tweemaal zo groot zijn geweest. Nederlandse wetenschappers hebben een belangrijke rol gespeeld bij het onderzoek en de analyse. Deze gang van zaken geeft aan dat internationale afspraken effect kunnen hebben.

3.5 Extremen toekomstig klimaat in kaart gebracht

Het Nederlandse project Essence heeft tot doel om klimaatverandering en klimaatvariabiliteit in relatie tot extreem weer te onderzoeken. In mei 2007 werden de eerste modelresultaten gepresenteerd. In een experiment zijn met een gekoppeld atmosfeer-oceaan-klimaatmodel zeventien klimaatsimulaties gemaakt voor de periode 1950-2100. Tot het jaar 2000 wordt het klimaatmodel gevoed met de waargenomen natuurlijke en menselijke verstoringen, zoals broeikasgassen en aërosolen. Elke berekening met het model heeft een minimaal verschillende begintoestand in 1950. Door het chaotische



Broeikaswerking van ozonafbrekende stoffen en van kooldioxide. De blauwe lijn toont de broeikaswerking van de ozonafbrekende stoffen volgens het Montreal-protocol en de later overeengekomen amendementen. De rode band toont hoe de broeikaswerking van ozonlaagafbrekende stoffen gestegen zou kunnen zijn zonder het Montreal-protocol. De groene lijn toont de broeikaswerking van de toegenomen hoeveelheid kooldioxide. De beperking van het broeikaseffect als gevolg van het Montreal-protocol is vijf keer groter dan het eerste doel van het Kyoto-protocol voor 2008-2012

karakter van het weer heeft iedere versie dan een iets ander klimaat als resultaat. De verschillen worden veroorzaakt door natuurlijke variatie. Daarnaast is het klimaatmodel een aantal keren gedraaid om effecten van gebeurtenissen, zoals vulkaanuitbarstingen, de toevoeging van smeltwater in de oceaan als representatie van het deels afsmelten van de Groenlandse ijskap en grote veranderingen in vegetatie, te bestuderen.

De resultaten van de zeventien klimaatsimulaties laten zien dat klimaatverandering door de toename van broeikasgassen het duidelijkst zichtbaar wordt in subtropische gebieden en rond de Noordpool. Dit gegeven maakt het aannemelijk dat de veranderingen die daar nu al te zien zijn, door de mens zijn veroorzaakt. Ook West-Europa warmt duidelijk op. De berekeningen laten vooral in de winter een flinke opwarming in West-Europa zien door de toename in de frequentie van westenwinden. De winter van 2006/2007 past eveneens in dat beeld. Gemiddeld wordt het steeds warmer, maar in verband met de natuurlijke variabiliteit van weer en klimaat blijft het mogelijk dat we ineens toch een strenge winter krijgen. Het aantal strenge winters zal echter afnemen.

De belangrijkste effecten voor de maatschappij hangen samen met weerextremen. Deze extremen veranderen onder de mondiale opwarming. Dit wordt bevestigd door de recente simulaties met klimaatmodellen, waarin een groot aantal berekeningen een nauwkeuriger inschatting van de verandering in extremen geeft dan bij eerdere simulaties. Hittegolven en zware neerslag zullen vaker voorkomen, extreme koude minder vaak. Of ook stormen op de gematigde breedten in kracht toenemen is nog altijd niet duidelijk.

4. Ontwikkelingen in klimaat- en energiebeleid

4.1 Ontwikkelingen

In 2007 zijn in Nederland en in de EU stappen gezet naar nieuw beleid: het kabinet Balkenende IV trad in februari aan met een concrete klimaatdoelstelling, de EU heeft in februari een duidelijke startpositie gekozen binnen de post-Kyoto-onderhandelingen en de Amerikaanse president Bush kwam met een eigen klimaatplan. Ook de G8 en de secretaris-generaal van de VN, Ban Ki-Moon, organiseerden internationale klimaattoppen. Het jaar 2007 kenmerkt zich door beleidsontwikkelingen op diverse schaalniveaus, die breed de aandacht hebben getrokken.

4.2 Nederland

In het coalitieakkoord van het kabinet zijn ambitieuze doelen voor energie- en klimaatbeleid vastgelegd. De beoogde emissiereductie van broeikasgassen bedraagt 30% in 2020 ten opzichte van 1990. Hierbij wordt ook ingezet op meer energiebesparing (2% per jaar) en het gebruik van 20% hernieuwbare energie in 2020. Rondom Prinsjesdag presenteerde het ministerie van VROM een werkprogramma genaamd 'Schoon en Zuinig' met concrete beleidsmaatregelen, die in deze kabinetsperiode worden ingezet om die doelen te bereiken. In dit werkprogramma worden voor bijna alle sectoren nieuwe en intensievere beleidsmaatregelen doorgevoerd en budgetten verhoogd: een trendbreuk met het verleden volgens de regering.

'Schoon en Zuinig' kan volgens het ECN ervoor zorgen dat de energiebesparing stijgt van 0,9% per jaar nu, naar 1,4 tot 1,9% gemiddeld over de periode 2011-2020 (afhankelijk van het Europese beleid, van de kooldioxideprijs en in mindere mate van de olieprijs). Dit is minder dan het gestelde doel van 2%. Ook het aandeel hernieuwbare energie lijkt in 2020 niet haalbaar. Er wordt een stijging voorzien van 2,4% in 2005 naar 11 tot 17% in 2020, eveneens afhankelijk van het Europese beleid. De bovengrens van 17% hernieuwbare energie wordt bovendien alleen bereikt door toevoeging van 20% biobrandstoffen in de verkeerssector. Het is twijfelachtig of die 20% haalbaar is binnen de duurzaamheidscriteria, die zowel het Nederlandse als het Europese parlement aan het gebruik van biomassa wil stellen.

Of het kabinetsdoel, een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met 30% in 2020, wordt gehaald met de maatregelen in 'Schoon en Zuinig' is onzeker volgens ECN en MNP. Een vermindering van 30% betekent dat Nederland in 2020 nog 150 Mton kooldioxide-equivalenten mag uitstoten. Inclusief de reducties die via kooldioxide-emissiehandel in het buitenland mogen worden aangekocht, komen de boekhoudkundige emissies van Nederland in 2020 in het meest gunstige scenario uit op 158 Mton (mits de EU met Europees breed beleid ook -30% nastreeft). Wellicht kan Nederland haar doelen nog halen door de aankoop van emissiereductie via Joint Implementation (JI: het financieren van projecten voor het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen in andere geïndustrialiseerde landen) of via Clean Development Mechanism (CDM: het opzetten van dergelijke projecten in ontwikkelingslanden). Het is echter nog niet bekend hoe deze instrumenten in een vervolg op Kyoto worden gehonoreerd.

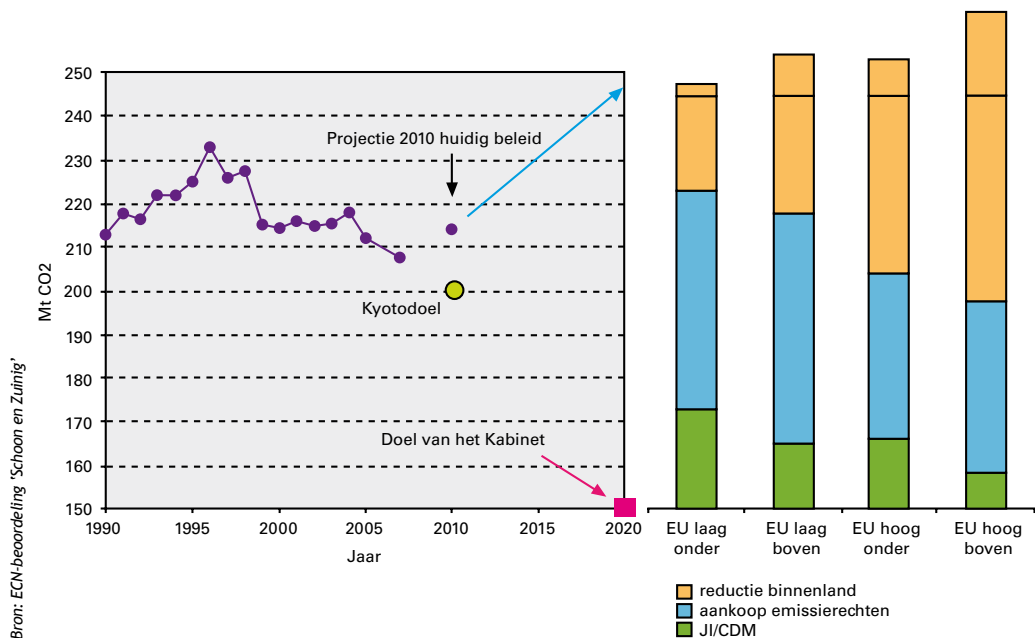
In reacties vanuit de politiek (met name GroenLinks en D66) werd vooral bekritiseerd dat het Nederlandse beleid voor het halen van haar klimaat- en energiedoelen teveel afhankelijk is van nog niet bestaand Europees beleid. In een analyse van ECN en MNP wordt bevestigd dat het halen van de Nederlandse doelen afhankelijk is van de ambities en het succes van Europees beleid. Zo mag weerstand van de Europese autolobby verwacht worden bij de veronderstelde efficiëntie-eisen aan personenauto's. Ook de energie-efficiëntie-eisen aan apparaten en verlichting, in het kader van de Ecodesign richtlijn, liggen nog niet vast. Naast Europese normering voor apparaten en voertuigen speelt het kooldioxide-emissiehandelssysteem een belangrijke rol. Vooral de verwachte prijs van kooldioxide-emissierechten is een bepalende factor. In het geval dat kooldioxide slechts 20 euro per ton kost, is het voor bedrijven niet aantrekkelijk om kooldioxide-

opslag toe te passen bij kolencentrales. Vanaf 50 euro per ton kooldioxide wordt het pas interessant voor bedrijven om kooldioxide op te slaan. Het is nog onduidelijk wat de kooldioxideprijs gaat doen als gevolg van Europese plannen voor het nieuwe emissiehandelssysteem. Als 'back-up' zou Nederland meer kunnen inzetten op hoge kooldioxideprijzen vanaf 50 euro per ton, in plaats van het Europese handelssysteem af te wachten. Daarnaast bevelen de instituten het kabinet aan om via gerichte klimaatdiplomatie ertoe bij te dragen dat de Europese plafonds en normen voldoende streng worden om de nationale doelen te bereiken.

Haalbaar of niet, de doelen van het kabinet maken het klimaatbeleid aanzienlijk duurder dan tot op heden. Consequente en gelijktijdige realisatie van bovengenoemde drie doelstellingen (-30% reductie van broeikasgassen, 2% per jaar energiebesparing en 20% aandeel van hernieuwbare energie) leidt tot nationale kosten (ten opzichte van het referentiescenario) van jaarlijks mogelijk 8 à 9 miljard euro. In een meer flexibelere aanpak (een wat lager tempo voor energiebesparing, een kleiner aandeel hernieuwbare energie, wat meer ruimte voor opslag van kooldioxide) kunnen deze kosten waarschijnlijk worden verlaagd tot 4 à 5 miljard euro per jaar. De onzekerheid in deze getallen is overigens groot.

Ook de maatschappelijke organisaties lieten in 2007 van zich horen en kwamen met eigen plannen. Milieu- en vakbeweging kwamen in het voorjaar gezamenlijk met het Green4sure-plan met als doel om in 2030 tot een reductie in broeikasgassen van 50% te komen ten opzichte van 1990. Dit plan is gebaseerd op een fors geïntensiveerd beleid voor energiebesparing en hernieuwbare energie, alsmede onmiddellijke kooldioxide-afvang bij alle nieuwe elektriciteitscentrales. Het plan gaat uit van een lagere economische groei dan het kabinet beoogt. Al in 2020 komt het plan op de kabinetsdoelstelling van 30% emissiereductie uit. Realisatie van dit plan gebeurt dan wel met een forse aankoop van kooldioxide-emissierechten in het buitenland. Het Green4sure-plan bevat duidelijk meer regulering dan de kabinetsplannen.

De energiebedrijven stellen in 'Energie 2007-2020' maatregelen voor die moeten leiden tot een structurele daling van de kooldioxide-uitstoot met in totaal 33 Mton in 2020. Dit correspondeert met



Klimaatdoelstellingen kabinet en wijze waarop reducties in 2020 bereikt kunnen worden

éénderde van de klimaatdoelstelling van het kabinet. In oktober kwam het 'Duurzaamheidsakkoord' tot stand. In dit convenant met het kabinet belooft het bedrijfsleven zich voorlopig in te zetten om in 2020 tot een reductie van 20% aan broeikasgassen te komen ten opzichte van 1990. Minister Cramer verklaarde dat zij in 2010 de voortgang van deze reductie zal ijken. Indien de voortgang haar niet fors genoeg is, belooft zij tegen die tijd voldoende stokken achter de deur te hebben. Het bedrijfsleven zal dan nagaan voor welke reductiedoelstellingen zij zich sterk zal maken, wat zal afhangen van de ontwikkelingen binnen de EU op dat moment. Ook de Vereniging Nederlandse Gemeenten tekende in november met minister Cramer een klimaatakkoord. Een stad als Rotterdam heeft zich inmiddels uitgesproken voor een reductiedoelstelling van 50% in 2025 ('Rotterdam Climate Initiative').

Op het gebied van Nederlands adaptatiebeleid is ook veel gebeurd in 2007. Agendering van de noodzaak tot adaptatie in het beleid gebeurt door diverse maatschappelijke actoren sinds het uitbrengen van het derde Assessment Report van het IPCC (2001). Het agenderen is moeilijk, omdat dit door sommige betrokkenen gezien wordt als het accepteren van het klimaatprobleem, waardoor mitigatiemaatregelen uit het oog verloren worden. In Nederland belandde adaptatie aan klimaatverandering definitief op de beleidsagenda naar aanleiding van de motie Lemstra (maart 2005) en komt nu in een volgende fase van de beleidscyclus. Deze motie stelde dat langetermijntoewijzingen (>2020), zoals klimaatverandering, onvoldoende geadresseerd worden in de beleidsnota's voor het waterbeheer en de ruimtelijke ordening. In antwoord hierop hebben de ministeries van VROM, LNV, VenW, EZ samen met IPO, VNG en de Unie van Waterschappen, het programma 'Adaptatie Ruimte en Klimaat' (ARK) opgestart. De bijbehorende werkgroep heeft in de afgelopen 2 jaar een nationale Adaptatiestrategie Ruimte en Klimaat ontwikkeld, die op 2 november is behandeld door de ministerraad en akkoord is bevonden.

Het kabinet stelt dat het klimaatbestendig maken van Nederland één van de grootste ruimtelijke opgaven is van de 21e eeuw. Deze opgave wordt in toenemende mate sturend voor korte- en langetermijninvesteringbeslissingen. De strategie richt zich met name op de maatschappelijke thema's veiligheid, biodiversiteit, economie en kwaliteit van de leefomgeving. De hoofdlijnen van de strategie worden uitgewerkt tot regionale adaptatiestrategieën voor acht concrete gebieden die benoemd zijn in het Kennis voor Klimaat programma, dat begin 2008 van start gaat. Op korte termijn ziet het kabinet kansen om bij grote investeringen van rijkswege nu al rekening te houden met klimaatverandering. De Zuidplaspolder, de Haarlemmermeer en Almere zijn hier voorbeelden van. Ook zet het kabinet in op het doorlichten van wet- en regelgeving en krijgt klimaatverandering een prominente plaats in reguliere besluitvormingsprocessen en beleidsplannen. De adaptatieagenda wordt verder uitgewerkt en uitgebreid met initiatieven die voortkomen uit de regionale impulsbijeenkomsten die de komende maanden georganiseerd worden. Samen vormen ze de eerste Nationale Adaptatieagenda, die juni 2008 wordt uitgebracht. Over de uitvoering zal jaarlijks worden gerapporteerd en de eerste agenda zal, indien nodig, over 2 jaar worden herzien.

4.3 Europa

Het Nederlandse klimaatbeleid is niet meer apart te beschouwen van de Europese Unie. Niet alleen is Nederland een kleine speler in Europa, ook qua beleid is Nederland steeds meer afhankelijk van besluiten die in Brussel worden genomen. Hoewel we zelf mee besluiten, is het Europese beleid doorslaggevend voor het succes van bijvoorbeeld 'Schoon en Zuinig'. Brussel is in hoge mate bepalend op het gebied van zuinige apparaten en voertuigen en kooldioxideplafonds bij het emissiehandelssysteem. In 'Schoon en Zuinig' is ongeveer de helft van de effecten op de binnenlandse broeikasgasemissies daarvan afhankelijk. Om de eigen doelstellingen te kunnen halen, zal het kabinet dus gerichte klimaatdiplomatie moeten bedrijven, om ervoor te zorgen dat de Europese plafonds en normen streng worden. Daarnaast helpt het om flankerend nationaal beleid te ontwikkelen om de effecten van Europees beleid te versterken of om als alternatief te dienen, mocht het Europese beleid minder streng worden dan verwacht.

In maart van 2007 heeft de Europese Unie haar klimaatdoelen vastgesteld. Waar Nederland voor een 30% reductie van broeikasgasemissies gaat, stelt de EU dit afhankelijk van activiteiten van niet-EU-landen. Alleen als andere landen meedoen aan post-Kyotoverplichtingen, stelt de EU zichzelf een doelstelling van 30% reductie in 2020. Zonder die internationale doelstellingen gaat de EU voor een 20% reductie in 2020. Op het gebied van energiebesparing wil de EU tot een jaarlijkse besparing van 2,7% komen. En het aandeel hernieuwbare energie moet, net zoals in Nederland, 20% zijn in 2020.

Technisch is het voor Europa mogelijk om een unilaterale reductiedoelstelling van 20% ten opzichte van 1990 te halen. De multilaterale reductiedoelstelling van 30% kan technisch waarschijnlijk alleen worden gehaald door de inzet van CDM en emissiehandel, maar wel met hogere kosten. Energie-efficiëntie verbeteringen vormen in beide scenario's veruit de belangrijkste reductie-optie, gevolgd door veranderingen in brandstofkeuze en de reducties van niet-koolstofdioxidebroeikasgassen. De reductiedoelstellingen en kosten voor de individuele EU-lidstaten in 2020 verschillen aanzienlijk. Ze zijn sterk afhankelijk van de gekozen methode voor de interne differentiatie van emissiereducties en in een mindere mate van de EU-reductiedoelstelling als geheel (20% unilateraal of 30% multilateraal). Hierdoor is een afspraak over de interne differentiatiemethode voor de individuele lidstaten net zo belangrijk als de afspraak over de algemene EU-reductiedoelstelling.

4.4 Mondiaal

Meest opvallend in 2007 is dat de Verenigde Staten in het klimaatveld lijken op te schuiven. In juni 2007 stond de G8 in Heiligendamm op initiatief van Duitsland in het teken van klimaatverandering. Er werd besloten dat in 2050 een "substantiële" beperking van de uitstoot van broeikasgassen nodig is. Ondanks de pogingen van Europa om een duidelijk percentage af te spreken, was dit resultaat toch opvallend, omdat de Verenigde Staten tot die tijd geen enkele uitspraak wilden doen over emissiedoelstellingen.

Behalve de G8 lijkt er ook beweging te komen in de standpunten van een aantal grote ontwikkelingslanden: op 24 september organiseerde Ban Ki-Moon, de secretaris-generaal van de Verenigde Naties, een 'High-Level' over klimaatverandering op het hoofdkwartier van de Verenigde Naties in New York. Gedurende één dag spraken ongeveer zeventig staatshoofden en vele ministers over vier thema's: mitigatie, adaptatie, technologie en financiering. Opvallend was de positieve stemming, die in scherp contrast stond met vrijwel alle eerdere klimaatconferenties, waarin weinig positiefs kon worden gemeld en zelfs het praten over een vervolg op Kyoto hoogst controversieel was. Het lijkt erop dat de stroom aan wetenschappelijke informatie en het grotere publieksbewustzijn het momentum bieden voor verdere afspraken. Er was duidelijk een consensus dat er iets moet gebeuren: een 'agreement to agree'. De inhoud van het post-Kyotoregime zal echter nog intensief overleg vragen. Het gaat hierbij om de toekenning en de gezamenlijke beperking van rechten op het gebruik van de atmosfeer en de compensatiemechanismen die horen bij dat gebruik. Bovendien gaat het om maatschappelijke en financiële waarden die van dezelfde orde grootte zijn als die van olie. Dat die belangen groot zijn, is uit de geschiedenis bekend.

Drie dagen na de VN-top organiseerde Bush een eigen klimaattop in Washington DC. Door sommigen werd deze top afgedaan als een poging tot ondermijning van het VN-proces, maar anderen zagen er een serieuze poging in om de mogelijkheden tot een afspraak te verkennen. Het bleek geen van beide. De vergadering in DC leverde, overigens volgens verwachting van vele waarnemers, weinig resultaten op.

Een ander belangrijk resultaat van 2007 is dat de nieuwe Australische premier, Kevin Rudd, op de 13e VN-klimaatconferentie op Bali heeft aangekondigd het Kyoto-protocol te ratificeren. Dit is van politiek belang, omdat die stap de Verenigde Staten het enige industrieland maakt dat Kyoto niet heeft geratificeerd.



Foto: Adek Berry/ANP

VN-klimaattop Bali

4.5 VN-klimaattop Bali

De VN-landen zijn het op Bali medio december eens geworden over de 'Bali Road Map', formeel omgedoopt tot het 'Bali Action Plan'. Dit plan geeft de onderwerpen aan waarover in 2009 afspraken moeten zijn gemaakt om in de periode na 2012 (afloop Kyoto-protocol) wereldwijd de nodige maatregelen te treffen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. De noodzaak om de uitstoot van broeikasgassen van alle ontwikkelde landen inclusief de Verenigde Staten terug te dringen, wordt nu erkend onder verwijzing naar het IPCC. Ook alle ontwikkelingslanden moeten in 2009 acties afspreken om ook hun broeikasgasuitstoot terug te dringen. Daarvoor krijgen zij financiële hulp met technologie en opbouw van kennis en expertise. Voor de rijke landen zijn nog geen getallen genoemd hoe snel die broeikasgasreductie moet plaatsvinden. Ook moeten er verdere afspraken komen over de aanpassingen aan reeds onvermijdelijke klimaatverandering. Daarvoor komen financiële middelen beschikbaar.

De 'Bali Road Map' en ook andere besluiten van de Bali-conferentie bevatten afspraken over het tegengaan van ontbossing, over technologie-overdracht en over de betekenis van het IPCC voor het klimaatverdrag. Hoe deze zaken ingevuld gaan worden, zal afhangen van de verdere onderhandelingen in de komende jaren. Dat wordt de taak van de nieuwe 'Ad-Hoc Working Group on Long Term Cooperative Action under the Convention', een nieuw ambtenarenlichaam onder het klimaatverdrag. Deze komt volgend jaar alleen al vier keer bijeen. Na CoP14 (december 2008, Poznan, Polen) moet de 'Bali Road Map' culmineren in bindende afspraken op CoP15 in december 2009 in Kopenhagen. Daarna moeten deze afspraken nog nader worden gedetailleerd en inwerkingtreden na 2012.

5. Ontwikkelingen mitigatie en energie

5.1 Ontwikkelingen

Voor de energiewereld is 2007 een turbulent jaar geweest. De eerste concrete initiatieven om het potentieel aan mogelijkheden voor energiebesparing te benutten, zijn van start gegaan in de gebouwde omgeving. De groei in hernieuwbare energie zet zich gestaag voort, maar de totale omvang blijft relatief gezien nog beperkt. De plannen om meerdere nieuwe kolencentrales te bouwen, zowel in Nederland als in andere Europese landen, worden steeds concreter. Hierdoor dreigen emissies hoger uit te komen dan geraamd. Zowel Nederland als Brussel nemen beleid voor om grootschalige kooldioxide-afvang en -opslag mogelijk te gaan maken. De markt pikt de signalen op en maakt zich gereed voor pilots en grootschaliger demonstratieprojecten. Tenslotte neemt ook de aandacht voor nieuwe kerncentrales in Nederland en Europa toe als mogelijkheid om kooldioxide-emissies te beperken.

5.2 Energiebesparing

Het gemiddelde energiebesparingstempo is in Nederland in de jaren 1995-2005 circa 0,9% per jaar geweest en deze trend zet zich voort. Door extra energiebesparing is echter nog veel vermindering van energiegebruik en daarmee kooldioxide-emissies te bereiken. Dit blijkt uit studies uit voorgaande jaren en uit de beoordeling van het 'Schoon en Zuinig'-werkprogramma (zie Hoofdstuk 4). Het geïntensiveerde energiebesparingsbeleid, nationaal en Europees, speelt daarop in. In 2007 startten steeds meer concrete initiatieven om dit potentieel aan energiebesparing te benutten. Enkele voorbeelden: in de gebouwde omgeving is de Slimme Energie campagne gestart. Eind 2007 is de campagne gestart om met een energielabel de energiekwaliteit van bestaande woningen te bepalen met de verplichting dit kenbaar te maken bij de verkoop/overdracht van de woning. Om consumenten op termijn beter inzicht te geven in hun energiegebruik en de mogelijke besparing, is de European Smart Metering Alliance (ESMA) opgericht. In Nederland vinden de diverse overheden en maatschappelijke organisaties elkaar om meer energiebesparing te gaan realiseren. In Hoofdstuk 4 zijn als voorbeeld hiervan de initiatieven 'Meer met Minder' en het convenant, dat minister Cramer met de Nederlandse gemeenten heeft gesloten, geschetst.

5.3 Aandeel hernieuwbare energie groeit snel

Het aandeel van hernieuwbare energie groeit snel. Wereldwijd werd er in 2007 circa 66 miljard USD geïnvesteerd in hernieuwbare energiebronnen, een stijging van 27% ten opzichte van 2006. In de EU-25 was er eind 2007 circa 57.000 MW aan opgesteld windenergievermogen. De groei in 2006 was 24%, in 2007 17%. Binnen Europa zijn vooral landen als Duitsland en Spanje koploper met respectievelijk 43 en 24%. Nederland droeg eind 2006 3% bij, maar windenergie is in de laatste 2 jaar al sterk gegroeid. Eind 2007 is 1.740 MW windvermogen opgesteld, een verdubbeling ten opzichte van 2002. In april werd het eerste offshore windpark voor de kust bij Egmond aan Zee geopend door kroonprins Willem-Alexander. Het demonstratiepark bestaat uit 36 windmolens met een capaciteit van 108 MW, voldoende voor het leveren van stroom overeenkomend met het gemiddelde jaarverbruik van meer dan 100.000 Nederlandse huishoudens. Het park zal uitgebreid worden gemonitord, wat zowel technische als ecologische gegevens moet opleveren over toepassing van wind op zee.

5.4 Potentiële biomassa voor Europa en mondiaal

Niet alleen beleidsmatig, maar ook in de wetenschap is in 2007 veel aandacht besteed aan biomassa en biobrandstoffen. Internationale organisaties, zoals FAO, OESO en de Wereldbank, publiceerden studies. In Nederland bundelden de wetenschappelijke instituten hun kennis in een assessment over het langetermijn (2050) potentieel van biomassa wereldwijd.

In dit assessment zijn bestaande, maar sterk uiteenlopende, biomassa studies op een rij gezet: hoeveel energie kan er theoretisch wereldwijd uit biomassa worden verkregen op de lange termijn (2050)? Hierbij gaan studies uit van het grootschalig kunnen toepassen van tweede generatie biobrandstoffen. Dit zijn houtachtige en grasachtige producten die kunnen worden omgezet in bio-ethanol en biodiesel voor de transportsector. Op dit moment zijn alleen eerste generatie biobrandstoffen beschikbaar. Dit betekent dat gewassen als suikers, granen en oliën nodig zijn om bio-ethanol en biodiesel te maken. Restafval en houtafval kunnen op dit moment alleen worden gebruikt bij elektriciteitsproductie en het genereren van warmte. Het is onzeker wanneer deze tweede generatie biobrandstoffen grootschalig en concurrerend voorradig kunnen zijn.

Het assessment concludeert dat er een groot verschil in potentieel in 2050 wordt verondersteld in de vele studies. De range varieert van 100 EJ tot ruim 1.500 EJ per jaar. Overigens is deze bovengrens echt de ultiem technisch haalbare bovengrens. Ter vergelijking: de huidige totale mondiale energievraag was in 2005 bijna 500 EJ. Het assessment concludeert tevens dat een middenschatting van alle studies leidt tot een range van 300 tot 800 EJ per jaar. Echter, er zijn mondiale beperkingen, zoals de beschikbaarheid van voldoende water, de kwaliteit van het land, de bescherming van bepaalde gebieden (biodiversiteit), en het beperkte landbouwareaal met het oog op de concurrentie met de productie van voedsel. Rekening houdend met deze beperkingen resulteert dit in een nauwere en lagere range van 200 tot 500 EJ per jaar. Indien voor dit laatste potentieel tevens de kosteneffectiviteit wordt beschouwd, leidt dat tot een inschatting van 50 tot 250 EJ per jaar voor de inzet van biomassa in 2050.

Voor Europa zijn er ook schattingen beschikbaar. Het Europese Milieu Agentschap (European Environment Agency; EEA) concludeert dat er binnen de EU-25 in 2030 voor circa 12 EJ bio-energie kan worden geproduceerd. Dat is ruim 20% van de totale energieconsumptie van de EU-25 (in 2030). Deze schatting houdt er rekening mee dat ruimte voor biodiversiteit gereserveerd wordt, dat extensieve landbouwgebieden niet worden gebruikt en dat er met mate gebruik wordt gemaakt van houtafval. Voor bio-energie verkregen uit de landbouw wordt er wel van uitgegaan dat tweede generatie biobrandstoffen in 2020 beschikbaar zijn, en dat het Europese gemeenschappelijke landbouwbeleid volledig wordt geliberaliseerd. Dit levert extra landbouwgebied op dat wordt ingezet voor teelt van biomassa. Dit zijn onzekere factoren. Bovendien wordt verondersteld dat in 2020 biobrandstoffen (biodiesel of bio-ethanol) een aandeel van 10% in de transportsector bereiken (dat is circa 1,6 EJ).

Deze potentieelstudies gaan alle uit van een theoretisch potentieel. In de praktijk wordt er door het beleid (zie Hoofdstuk 4) ingezet op directe productie van bio-energie om doelstellingen te halen voor een aandeel hernieuwbaar op korte termijn (2020). Het EU-doel van 10% hernieuwbaar in de transportsector in 2020 kan alleen worden gehaald door biobrandstoffen en op de korte termijn alleen door de eerste generatie gewassen. Dit spanningsveld tussen kortetermijndoelen met zeer geringe milieuvordelen en investeren in langere termijn zal in de komende jaren op de agenda blijven staan.

5.5 Nieuwe kolencentrales in Nederland

Vooral om aan de nog steeds stijgende elektriciteitsvraag te kunnen voldoen, zijn er veel nieuwbouwplannen voor elektriciteitscentrales. In totaal gaat het om 11.000 tot 15.000 MW aan nieuw vermogen. Momenteel is het totale opgestelde vermogen in Nederland circa 22.000 MW. Onder de nieuwe plannen zitten vijf nieuwe kolen/biomassacentrales met een totale omvang van circa 5.000 MW. Deze centrales zijn in staat 20 tot 60% biomassa te verstoffen. De nieuwe centrales hebben een hoger energierendement dan de bestaande kolencentrales (46 ten opzichte van 39%). In vergelijking met gascentrales stoten ze echter veel meer kooldioxide uit. Bij inzet van steenkool en biomassa als brandstof gaat het om een uitstoot van circa 500 tot 740 gram kooldioxide per kWh, voor het meestoken van respectievelijk 30% en 0% biomassa. Een moderne aardgascentrale met een rendement van 58% stoot circa 350 gram kooldioxide



Foto: NoordzeeWind

Offshore Windpark Egmond aan Zee

per kWh uit. De kooldioxide-emissie van alle bestaande elektriciteitscentrales in Nederland bedraagt nu circa 40 Mton. Dit is bijna 20% van de totale emissie van broeikasgassen in Nederland (212 Mton kooldioxide-equivalent in 2005). De extra kolencentrales zouden voor een toename kunnen zorgen van 20 tot 30 Mton, afhankelijk van de hoeveelheid meegestookte biomassa ter vervanging van kolen.

De meningen over de noodzaak en wenselijkheid van nieuwe kolencentrales zijn sterk verdeeld. Een deel van de huidige grote elektriciteitsproducenten en de werkgeversorganisaties acht nieuwe kolen- of zelfs kerncentrales nodig voor een betrouwbare en betaalbare elektriciteitsvoorziening en om de afhankelijkheid van aardgas te verminderen. De milieuorganisaties zijn tegen vanwege de hoge uitstoot van broeikasgassen. De politiek is verdeeld. De overheid heeft op dit moment geen wettelijke sturingsmogelijkheden wat betreft de brandstofkeuze en specifieke eisen met betrekking tot de broeikasgasuitstoot. Zij kan kolencentrales in de geliberaliseerde elektriciteitsmarkt niet verbieden. Het kabinet gaat ervan uit dat voldoende sturing op de ontwikkeling van de emissies en controle op een goede marktwerking plaatsvindt vanuit de EU. Dit moet een voldoende prikkel opleveren vanuit het EU-emissiehandelssysteem indien dat na 2012 wordt verbeterd en aangescherpt. Eind 2007 heeft E.ON als eerste een milieuvergunning gekregen voor de bouw van een nieuwe kolencentrale op de Maasvlakte.

5.6 Afvang en opslag van kooldioxide

De geplande kolencentrales zullen naar verwachting 'capture ready' worden ontworpen, wat betekent dat in een later stadium kooldioxide-afvang kan worden gerealiseerd. Verwacht wordt dat op dat moment de daarvoor benodigde technieken zijn verbeterd en markt- en beleidscondities gunstiger zijn. Zowel in de Rijnmond als in de Eemshaven hoopt men één van de door de EU beoogde twaalf grote demo's te gaan realiseren. Vooruitlopend daarop wordt een drietal kleinere proefprojecten door het ministerie van EZ gesubsidieerd. Dit betreft kooldioxide-afvang bij de bestaande kolenvergassingsinstallatie in Buggenum, een mogelijke opmaat tot toepassing bij een nieuwe multifuel vergassingscentrale van Nuon in de Eemshaven. Bij een nieuwe gascentrale in de Rijnmond wil Enecogen kooldioxide afvangen door gebruik te maken van zeer lage temperaturen van een naastgelegen LNG-installatie (LNG is vloeibaar gemaakt aardgas). LNG wordt op extreem lage temperatuur aangeleverd. De bij het opwarmen vrijkomende koude zal worden gebruikt om kooldioxide uit rookgassen van de gascentrale te



Foto: ECN

Proefinstallatie voor kooldioxide-afvang bij ECN

bevriezen, waarna die wordt afgevangen en opgeslagen. In december stelde Ruud Lubbers bij ECN een proefinstallatie voor kooldioxide-afvang in gebruik. Onderzoek moet ertoe leiden dat de kooldioxide-afvangtechnologie binnen afzienbare tijd beschikbaar komt voor commerciële toepassingen in elektriciteitscentrales.

In 2007 is een uitgebreide studie gedaan naar de beleidsvoorwaarden, de technologische mogelijkheden en de organisatie van grootschalige kooldioxide-afvang in Nederland. Hieruit blijkt dat de tijdige aanleg van een kooldioxidetransportnetwerk en faciliteiten bij lege gasvelden, waar de kooldioxide in opgeslagen moet worden, een kritieke factor is om tegen redelijke kosten kooldioxide-afvang in 2020 mogelijk te maken. Uit ander recent onderzoek blijkt dat in 2020 emissies van zo'n 15 Mton kooldioxide per jaar kunnen worden vermeden door afvang en opslag bij de nieuw te bouwen kolencentrales. In 2050 ligt het reductiepotentieel bij doorgroei van de elektriciteitsvraag op 60 tot 84 Mton kooldioxide per jaar, voor een scenario waarin de elektriciteitsproductie verdubbelt. Door kooldioxide-afvang en -opslag bij industriële processen kan nog eens een emissie van 16 Mton kooldioxide per jaar worden

vermeden. Indien auto's bovendien gaan rijden op waterstof of synthetische diesel uit fossiele brandstoffen gecombineerd met kooldioxide-afvang, dan zou dit op termijn nog eens meer dan 10 Mton kooldioxide-uitstoot per jaar kunnen schelen.

5.7 Emissies van lucht- en scheepvaart

De huidige snelgroeïende internationale lucht- en scheepvaartemissies, de zogenoemde bunkeremissies, zijn niet opgenomen in de doelstellingen onder het Kyoto-protocol. Uit een recente analyse blijkt dat in een mondiaal referentiescenario deze emissies in de periode 2000-2050 groeien met 275%. In 2050 zouden deze emissies 11% van de totale mondiale emissies van broeikasgassen kunnen bedragen. De internationale luchtvaart heeft niet alleen door de kooldioxide-emissies invloed op klimaatverandering. Ook door de uitstoot van andere gassen hoog in de atmosfeer, draagt de luchtvaart bij aan de verandering van de stralingsbalans. De 2% bijdrage van alleen de kooldioxide-emissies van de huidige luchtvaart neemt daardoor toe tot een klimaatbijdrage van 5%. In een reductiescenario voor broeikasgassen dat leidt tot een concentratie van 450 ppmv, neemt het relatieve aandeel van de internationale luchtvaart in de mondiale emissies toe van 6 nu naar 17% in 2050. Voor de internationale scheepvaart neemt dat aandeel toe van 11 naar 20%. Een andere belangrijke conclusie van de analyse is dat het meenemen van deze bunkeremissies in nationale en regionale reductiedoelstellingen kosteneffectiever is dan het niet meenemen en het voeren van apart sectorspecifiek beleid. De Nederlandse regering heeft recent besloten tot een kooldioxideheffing voor de luchtvaart.

5.8 Nieuwe studies en discussie over kernenergie in Nederland

De Sociaal Economische Raad (SER) zal in 2008 een advies uitbrengen over de rol van kernenergie in de toekomstige energievoorziening. Uitgangspunt van dit SER-advies is het streven naar een duurzame energievoorziening die tegelijkertijd betrouwbaar, schoon, veilig, betaalbaar en toegankelijk is. Input voor het advies is een in 2007 uitgevoerde 'fact finding' studie over de risico's, de beschikbaarheid en de herkomst van brandstof voor kerncentrales, de kosten van kernenergie en milieuaspecten, waaronder een vergelijking met andere energiebronnen ten aanzien van de kooldioxide-emissies gedurende de gehele levensduur. De kooldioxide-emissies van kernenergie gedurende de levenscyclus van een kerncentrale zijn per kWh vergelijkbaar met die van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. De studie concludeert verder dat kernenergie in zijn huidige vorm niet als duurzame technologie kan worden aangemerkt. Hiervoor dient de technologie op een aantal aspecten te worden verbeterd, onder meer ten aanzien van veiligheid, levensduur van het nucleair afval en proliferatie. Of kernenergie in een overgangperiode naar een duurzame energievoorziening een rol kan spelen, hangt volgens de onderzoekers af van de beoordeling van de economische, sociale en milieuaspecten van kernenergie ten opzichte van die van andere energiebronnen.

Een andere studie analyseert de gevolgen van het opheffen van nationale beperkingen op het toepassen van kernenergie en de gevolgen daarvan op het Europese energiesysteem. Deze studie gaat daarbij uit van een groei van 45% in de omvang van kernenergie in Europa, in de context van ambitieus klimaatbeleid (onder andere een toenemende kooldioxideprijs tot 65 euro/ton in 2030). Onder die condities en gezien de toenemende kosten voor de bestrijding van luchtverontreiniging door fossiele brandstoffen, kan toepassing van kernenergie interessant worden voor stroomproducenten. Ten opzichte van kolen centrales levert kernenergie mogelijk een batig saldo van 0,5 cent per kWh (ter vergelijking: de huidige gemiddelde groothandelselectriciteitsmarktprijs ligt voor Nederland tussen de 6 en 7 cent per kWh). In deze studie is echter een aantal nadelen van kernenergie, zoals proliferatie en definitieve eindopslag van kernafval, niet meegenomen onder andere omdat deze veel lastiger te kwantificeren zijn.

5.9 De rol van landgebruik in vastleggen van kooldioxide

Bossen spelen een voorname rol in de klimaatdiscussie. Het gaat dan bijvoorbeeld over de mondiale ontbossing, de rol van bossen in kooldioxidevastlegging en het potentieel voor bio-energie. Over de werkelijke impact van klimaatverandering op bossen, en de veerkracht en dynamiek in het bossysteem zelf, weten we nog relatief weinig. Er wordt onderzoek gedaan om een betere inschatting te kunnen maken van de bodemkoolstofvoorraad in heel Nederland en de veranderingen daarin. De bedoeling is om voor verschillende teelten (grasland, bouwland) en voor bossen de veranderingen zichtbaar te maken. De emissie van kooldioxide uit veengronden, als gevolg van drainage en landbouw, bedraagt nu 4.2 Mton kooldioxide. De opname van kooldioxide in de biomassa van groeiend bos bedraagt zo'n 2.2 Mton kooldioxide (ter vergelijking: de emissie van kooldioxide door het wegtransport bedraagt 25 Mton). Duidelijk is dat ook in de landgebruiksector van Nederland een duurzamer beheer een significante bijdrage kan leveren aan een betere broeikasgasbalans. Op basis van deze kennis kunnen het nationale rapportage- en inventarisatiesysteem en de inschattingen op Europese schaal in relatie tot veranderingen in landgebruik worden verbeterd.

6. Ontwikkelingen adaptatie in Nederland

6.1 Aanpassen aan klimaatverandering

Het klimaat verandert, zelfs als we erin slagen om de emissies van broeikasgassen sterk te verminderen. Natuurlijke systemen en maatschappelijke sectoren zullen zich wereldwijd dus in moeten stellen om hiermee om te kunnen gaan (adaptatie). Sommige van deze aanpassingen zullen vanzelf gaan, bijvoorbeeld in de natuur. Voor de meeste aanpassingen is er echter een bewuste herziening van landgebruik en waterbeheer noodzakelijk. De effecten van klimaatverandering zijn wereldwijd zeer divers. In het bijzonder zijn dichtbevolkte kustgebieden kwetsbaar met zowel risico's voor mens en kapitaal. In Nederland gaat het om mogelijke sociaal-economische gevolgen. Dit zijn risico's en tegelijkertijd kansen voor innovatie. Verder heeft klimaatverandering consequenties voor waterbeheer, biodiversiteit en voor een scala aan ruimtelijk gebonden sectoren. Na een algemene introductie over klimaatbestendigheid, risico's en projecten, worden in dit hoofdstuk ontwikkelingen in adaptatie onderzoek besproken. Gekozen is voor die projecten, die een praktische insteek hebben op het gebied van waterbeheer, stedelijk gebied, natuurbeheer en landbouw.

6.2 Klimaatbestendigheid: theorie en praktijk

Bij het ontwerpen van adaptatiestrategieën, of het klimaatbestendig maken van een bepaalde regio, is het van belang om effecten te beschouwen in het grotere verband van sociaal-economische ontwikkelingen op de lange termijn. Een klimaatbestendige regio is overigens geen regio waar de klimaatrisico's zijn teruggebracht tot het absolute minimum. Risico's worden in de praktijk meestal teruggebracht tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau, afgewogen tegen de kosten die het reduceren ervan met zich meebrengen. Het vaststellen van veranderingen in risico's is moeilijk omdat je niet alleen te maken hebt met klimaatverandering, maar ook met andere autonome ontwikkelingen en bijbehorende opeenstapeling van onzekerheden. Het bepalen van het 'maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau' is voorts een spel dat gespeeld wordt op het grensvlak van wetenschap en maatschappij, waarin wetenschappelijke en maatschappelijke actoren dit begrip op hun eigen wijze zullen interpreteren. Het is daarom moeilijk om vooraf de effectiviteit van adaptatiemaatregelen te bepalen. Mede daarom stelt het IPCC dat we kennis van adaptatie deels moeten zien te vergaren uit praktijkprojecten ('learning by doing') met inbreng van wetenschappelijk onderzoek.

In Nederland is in 2007 een aantal van dit soort projecten gestart: het klimaatbestendig inrichten van de Zuidplaspolder, een lokaal adaptatiearrangement voor de gemeente Tilburg en het klimaatbestendig maken van het nieuwe omgevingsplan van de provincie Groningen. Ook andere provincies willen nu kijken of hun omgevingsplannen klimaatbestendig kunnen worden gemaakt. Daarom is het project over de provinciale klimaatschetsboeken opgestart door het Klimaat voor Ruimte programma. Het is in praktijkprojecten vaak moeilijk om onderscheid te maken tussen klimaatverandering en omgaan met de huidige variabiliteit. Maar ook omgaan met klimaatvariabiliteit levert inzichten op die bruikbaar zijn als aanpassingsstrategie voor klimaatverandering. Zij dragen bij aan de bewustwording van het probleem binnen diverse sectoren. Zo bleek in de ICT dat bij extreme hitte in 2003 en 2006 de koeling van gebouwen met veel computers problematisch was. Wanneer dit soort apparatuur in de dienstverlening uitvalt, zijn de gevolgen groot.

Veel van deze praktijkprojecten, met ondersteuning van klimaatonderzoek, worden uitgevoerd binnen de nationale onderzoekprogramma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum. Een assessment (de Routeplanner) werd in januari 2007 gepubliceerd, waarin de kennisleemtes op het gebied van klimaat in de stad, waterveiligheid, het Groene Hart en klimaat en natuur zijn beschreven. Het assessment is een belangrijke bron voor de formulering van projecten in het vervolg-onderzoekprogramma over klimaatverandering: Kennis voor Klimaat, waarvoor het kabinet in juli 2007 zo'n 50 miljoen euro heeft uitgetrokken.

6.3 Aanpassingen in het waterbeheer

Gezien de geografische ligging is borging van de waterveiligheid van het hoofdwatersysteem (de zee en de grote rivieren) voor Nederland van oudsher altijd al van essentieel belang geweest. Anticiperen op toekomstige klimaatomstandigheden kan daar op voortbouwen. De huidige klimaatdiscussie dwingt Nederland na te denken over aanscherping van de bescherming tegen overstromen op lange termijn. Bij de kustverdediging en het waterbeheer wordt momenteel alleen de overschrijdingkans als maat gehanteerd. Door de toenemende bebouwing, ook buitendijks, staat de bruikbaarheid van deze maat onder druk en wordt in de wetenschap gekeken naar alternatieven, bijvoorbeeld het overstromingsrisico. Deze kan gedefinieerd worden als de te verwachten kans (op een weerextrem) maal de te verwachten schade. Met een risicobenadering is tevens een effectiever en efficiënter waterveiligheidsbeleid mogelijk. Elementen hiervan kunnen zijn: differentiatie in normen, robuustere waterkeringen, zoals overstroombare dijken en aangepast ruimtegebruik in gebieden met hoge overstromingskansen en compartimentering van polders.

In het voorjaar van 2008 zal een tussenrapport verschijnen over de veiligheid op de lange termijn van ons land tegen overstromingen, getiteld 'Aandacht Voor Veiligheid (AVV)', uitgevoerd in het kader van het programma Klimaat voor Ruimte en het programma Leven met Water. Uiteindelijk moet het project een discussie ondersteunend systeem gaan leveren, en aan de hand van kaarten en beelden inzicht verschaffen hoe door middel van ruimtelijke aanpassingen Nederland klimaatbestendig kan worden voor de lange termijn. Hierbij wordt, waar mogelijk, de boven beschreven risicobenadering gebruikt, waarbij de verwachte schade zoveel mogelijk in euro's wordt uitgedrukt. Door de hoge normen voor de kustverdediging en voor de dijken langs rivieren is de kans op overstromingen in Nederland klein. Echter, de potentiële economische schade is voor Nederland zeer groot en is de afgelopen decennia sterk toegenomen, net zoals het aantal mensen dat in laag Nederland leeft. Onder alle sociaaleconomische scenario's neemt de te verwachten schade voor mens en economie toe. In de klimaatscenario's richt het project zich in het bijzonder op veranderingen in de kans op weerextremen, inclusief de termijn en de intensiteit waarmee deze extremen zouden kunnen optreden. Ook wordt er gewerkt met scenario's met extreme zeespiegelstijging als gevolg van het afsmelten van Groenland en West-Antarctica, het afzakken van de Golfstroom, de veranderingen in storm(vloed)intensiteit, de langdurige en de overvloedige neerslag of de extreme afvoeren van onze grote rivieren.

Het op orde brengen van het stedelijk waterbeheer is één van de moeilijkste opgaven in het Nationaal Bestuursaccorder Water (NBW). In de context van klimaatverandering is met name de verandering in hevige neerslag van belang. Mede daarom heeft het KNMI de gegevens over hevige neerslag in de KNMI'06 scenario's vertaald naar korte tijdsduren (per 5-60 minuten). Deze gegevens worden momenteel gebruikt in verschillende projecten binnen de onderzoekprogramma's Klimaat voor Ruimte en Leven met Water, die zich richten op aanpassingsstrategieën in het stedelijk gebied.

6.4 Klimaatverandering en verzekeren van rampschade

Het Klimaat voor Ruimte project Financiële Arrangementen heeft laten zien dat de schade door overstromingen wereldwijd tussen 1977 en 2006 is vervijfvoudigd. Dat komt vooral doordat meer mensen en bedrijven zich hebben gevestigd in kwetsbare gebieden. Klimaatverandering kan de kans op schade laten toenemen. Commerciële verzekeringen zijn mogelijk een geschikte adaptatiemaatregel, omdat ze de welvaart doen toenemen van risico-averse personen en de wederopbouw na een ramp bespoedigen. De onderzoekers publiceerden deze resultaten in Science. In Nederland is overstromingschade echter niet verzekeraar, maar wordt deels vergoed door de Wet Tegemoetkoming Schade (WTS) bij rampen en zware ongevallen.

Het project beveelt een getrappt verzekeringsschema aan, waarbij huishoudens opdraaien voor geringe schade, verzekeringsmaatschappijen voor grote schade en de rijksoverheid voor zeer grote schade. Het

grootste voordeel van verzekeringen is dat het overstromingsrisicobewustzijn toeneemt. Door premie-differentiatie en een eigen risico worden huishoudens geprikkeld om de risico's te reduceren, zoals het verplaatsen van schadegevoelige objecten naar hogere verdiepingen of het plaatsen van tegelvloeren. De WTS geeft zulke prikkels niet. Na de overstromingen van de Elbe in Duitsland heeft meer dan 42% van de verzekerde huishoudens risicoreducerende maatregelen getroffen.

6.5 Aanpassingen aan hitte in het stedelijk gebied: Londen en Tilburg

In steden is een warme dag een stuk warmer dan in het landelijk gebied, dit wordt het 'hitte-eiland-effect' genoemd, en bouwt zich op tijdens een hittegolf. Het wordt veroorzaakt doordat steen veel warmte opneemt, bebouwing de wind breekt en er te weinig vegetatie is (wind en verdamping geven verkoeling). Op dit terrein is in Groot-Brittannië al veel meer onderzoek- en praktijkervaring opgedaan in vergelijking tot Nederland. Het hitte-eilandeffect is in Londen door de Brunel Universiteit in de zomer van 2003 uitgebreid gevolgd met een netwerk van meteorologische meetstations. Het bleek dat in het centrum van de stad de temperatuur soms tot 9°C hoger was in vergelijking met een referentiepunt in het landelijk gebied en 4 tot 5°C hoger in vergelijking tot andere stadsdelen tijdens een hittegolf. De combinatie van hittestress en slechte luchtkwaliteit in de stad leidde in de zomer van 2003 tot circa 500 vervroegde sterfgevallen. Ook waren er secundaire effecten, zoals een verminderde arbeidsproductiviteit en ontregeling van het openbaar vervoer.

In mei 2007 is een plan gepresenteerd voor het klimaatbestendig inrichten van Londen. Bij het maken van het plan is onder andere aangenomen dat de zomer van 2003 een gemiddelde zomer zou kunnen zijn in het jaar 2050, gebaseerd op de Britse klimaatscenario's. De richtlijnen voor een klimaatbestendig Londen betreffen 'bouwen met groen', een hittegolfplan, het aanpassen van gebouwen (retrofitting: het gebruik van nieuwe technieken in oude systemen), een minimaal gebruik van airconditioning en richtlijnen voor de verhouding tussen bebouwing, groen en water bij de ontwikkeling van nieuwe wijken.

Er is echter nog maar weinig bekend over de daadwerkelijke effectiviteit van bovengenoemde maatregelen om het hitte-eilandeffect tegen te gaan. Bovendien is er weinig kennis over het aanpassen van het leefgedrag van bewoners in een stad. Daarnaast spelen interacties tussen stedelijk waterbeheer (adaptatie) en stedelijk klimaat- en energiebeleid (mitigatie) een rol. In Tilburg zijn er onder andere experimenten opgezet waarbij groene daken regenwater van gebouwen geleidelijker afvoeren. Deze maatregel maakt dat zo'n wijk intensieve regenbuien, waarvan de kans in de zomer toeneemt, beter kan opvangen. Zulke daken, hoewel onbedoeld door de uitvoerders, dragen ook bij aan de tempering van het hitte-eilandeffect. Ook in Groningen en Rotterdam wordt traditioneel klimaat- en energiebeleid steeds meer in samenhang gezien met adaptatiemaatregelen, maar aanpassingen aan de effecten van hittegolven spelen daarbij vooralsnog nauwelijks een rol. Het ministerie van VWS heeft in 2007 wel een Nationaal Hitteplan aangeboden aan de Tweede Kamer.

6.6 Aanpassingen aan overstromingsrisico's in de Randstad: de Zuidplaspolder

De Zuidplaspolder, aan de zuidzijde van de Randstad en tevens grenzend aan het Groene Hart, ligt 6 meter onder NAP. Delen van de polder zijn gevoelig voor bodemdaling. Ook grenst de polder aan de Hollandse IJssel, die in verbinding staat met de grote rivieren en de zee. Een dijkdoorbraak kan grote gevolgen hebben. Klimaatverandering zorgt voor toenemende risico's op wateroverlast, op droogte en mogelijk op een toename van deels zout kwelwater. De polder moet zodanig ingericht worden dat de toekomstige bewoners en bedrijven geen last krijgen van dit soort effecten. Daarbij wordt het principe gehanteerd van 'functie volgt peil' in plaats van het huidige 'peil volgt functie'. De Zuidplaspolder is aangewezen voor verstedelijking en glastuinbouw. Het gaat om 7.000 tot 30.000 huizen en 280 ha glastuinbouw. Binnen het Klimaat voor Ruimte programma wordt voor dit gebied een inventarisatie gemaakt van mogelijkheden



Foto: Florrie de Pater

Zuidplaspolder

om dit te realiseren, in samenspraak met betrokkenen uit het gebied. Er worden wetenschappelijk onderbouwde risicokaarten en een regionaal klimaatschetsboek ontwikkeld. Er zijn ideeën uitgewerkt voor risicozonering, waterbuffers en vluchtroutes. Het gebruik van groen in woonwijken wordt niet veel aangewend. Het beoogde eindresultaat is een convenant om met de partijen in de Zuidplaspolder tot uitvoering van de opgedane ideeën en kennis te komen door aanpassing van de bestaande ruimtelijke ordeningsplannen.

6.7 Klimaatbestendige natuur

'Natuur' is een complex begrip met veel facetten: flora en fauna, gebieden en wateren, stoffenkringlopen en relaties in de voedselketen, omzetting van voedingstoffen, koolstof en energie in levende materie die afsterft en wordt afgebroken, levenscyclus en reproductie, verplaatsing van soorten, symbiose en concurrentie, successie en ontwikkeling van ecosystemen. Klimaatverandering grijpt aan op deze complexe processen en relaties, die ook beïnvloed worden door andere zaken zoals versnippering van leefgebieden en eutrofiëring (vermesting) van natuur. Er zijn directe effecten op het ecosysteem, maar ook indirecte gevolgen, omdat bijvoorbeeld grondwaterstand, bodemstructuur en beschikbaarheid van voedingstoffen door klimaatverandering wijzigen. De effecten worden zichtbaar, omdat planten en dieren veranderen in hun voorkomen of gedrag. Dit kan benoemd worden als een natuurlijke aanpassing. Daarnaast kan door lokaal natuur- en waterbeheer de veerkracht van individuele ecosystemen op ingenieuze wijze verbeterd worden, welke nog verder vergroot kan worden door natuurgebieden met elkaar te verbinden. Dit kan gecombineerd worden met aanpassingsmaatregelen in andere sectoren. Grotere en gevarieerde natuurterreinen zijn beter in staat om extreme afvoeren van Rijn en Maas op te vangen zonder dat dit tot het uitsterven van soorten hoeft te leiden.

Over het algemeen wordt verwacht dat de verspreidingsgebieden van soorten verschuiven naar het noorden en bergopwaarts. Voor Nederland betekent dit dat warmteminnende soorten ons land zullen

koloniseren, terwijl de omstandigheden voor koudeminnende soorten met een Noord-Europese verspreiding juist ongunstiger worden. Soorten kunnen geschikt geraakte leefgebieden echter alleen koloniseren als voor hen de afstanden ook overbrugbaar zijn. Daarbij komt dat de verschuiving voor veel soorten snel gaat: bij 2°C temperatuurstijging in 100 jaar is dat ongeveer 2 km per jaar. Dat is aanzienlijk meer dan de verspreidingsnelheid van vele soorten.

De reacties van planten- en diersoorten op klimaatverandering leiden tot veranderingen in de structuur en soortensamenstelling van ecosystemen. Door het vergroten van de samenhang tussen Natura 2000 (project van de Europese Unie), de Ecologische Hoofdstructuur (EHS: project van de Nederlandse overheid) en gebiedsgerichte maatregelen wordt beoogd, dat soorten zich kunnen verplaatsen tussen gebieden. Het is een maatregel om geïsoleerde natuurgebieden te ontsluiten en om versnippering tegen te gaan. Daarnaast biedt deze strategie de mogelijkheid voor soorten om te migreren naar plaatsen waar de klimaatomstandigheden gunstiger zijn en om risico's van verlies van biodiversiteit te beperken. De ruimtelijke voorwaarden voor het vergroten van de veerkracht van ecosystemen en de implementatie van ecologische kennis in beleid en beheer moeten nog nader worden onderzocht.

Om meer inzicht te krijgen in zowel korte- als langetermijngevolgen van klimaatverandering op bossen en het aanpassingsvermogen van bomen is in 2006 in vijf bosreservaten gestart met een nieuwe methode van langdurige monitoring van de diktegroei van bomen. Daaruit bleek een duidelijk meetbare krimp van de douglasspar door droogte in de loop van juli. Deze werd gevolgd door herstel in augustus toen de stam weer zwol door wateropname, verder groeide, en zelfs tijdens de hele (warme) winter van 2006/2007 enige diametertoename vertoonde. De extreem droge en warme maand april van 2007 liet weer krimp zien, maar daarna zette de groei weer in alsof er niets gebeurd was. Dit zegt iets over het reactievermogen van de douglasspar, een soort die als droogte-intolerant bekend staat.

Op Noordwest-Europese schaal is onderzocht waar de ecologische netwerken klimaatbestendig zijn en waar zich zwakke plekken bevinden. Soorten verschillen in habitatkeuze, oppervlaktebehoefte, afstand die ze kunnen afleggen en gevoeligheid voor barrières in het landschap. Deze eigenschappen bepalen de omvang van netwerken die nodig zijn om te overleven. De zwarte specht heeft bijvoorbeeld grote netwerken nodig en de boomkikker kleine. Op basis van de huidige verspreiding van een soort en op basis van klimaatprojecties kan een zone met een geschikt klimaat voor 2020 en 2050 worden voorspeld. Vervolgens is bepaald waar geschikte leefgebieden liggen in de nieuwe klimaatzone van 2020 en 2050 en of deze ook bereikt kunnen worden.

Aanpassen aan klimaatverandering vraagt dus om samenhang van natuurgebieden op internationale schaal, waarbij de Natura 2000 gebieden als uitgangspunt kunnen dienen. Klimaatverandering zal echter niet alleen grote gevolgen hebben voor de natuur. Ook andere vormen van grondgebruik, zoals waterbeheer en landbouw, zullen de gevolgen gaan voelen en er zijn aspecten voor de volksgezondheid. Zo lieten de extreem hoge temperaturen van juli 2006 tot en met juni 2007 duidelijk effect zien op dieren en planten die gezondheidsproblemen bij mens en dier veroorzaken. Teken bleven gedurende de hele winter actief waardoor de echte overlast een maand eerder dan normaal begon. Ook de eikenprocessierupsen, die gezondheidsproblemen veroorzaken met hun brandharen, waren vroeg actief. De rupsen hebben zich in 2007 verder over het land verspreid en waren op diverse plaatsen in zeer grote getale aanwezig. Ook knutten, die het blauwtongvirus overbrengen, hebben van de warme winter geprofiteerd, waardoor er in 2007 veel meer knutten waren dan in 2006. Het virus kon daardoor op meerdere plaatsen de winter doorkomen en daarna op een groot aantal bedrijven toeslaan. Tenslotte werd in 2007 op een groot aantal plaatsen de warmteminnende ambrosiaplant gevonden. Ambrosia is wereldwijd één van de belangrijkste veroorzakers van hooikoorts en breidt zich vanuit Zuid-Europa naar het noorden uit.



Foto: Wikipedia

Douglasspar

6.8 Klimaatbestendige landbouw

In het Klimaat voor Ruimte programma is een project opgestart over de toekomst van de landbouw onder verschillende markt- en klimaatscenario's voor de EU, Nederland en Noord-Nederland. Hierbij is gekeken naar de melkveehouderij, de aardappelbranche en de graanproductie. Voor iedere sector is gekeken hoe de gemiddelde klimaatverandering uitpakt; het bleek dat de marktontwikkelingen een veel grotere invloed hadden dan de klimaatverandering.

Uit het onderzoek blijkt dat melkproductie belangrijk blijft in (Noord-)Nederland, maar dat schaalvergroting noodzakelijk is, wanneer de markt liberaliseert. De hoge grondprijzen zijn daarvoor een belemmering. Tarweproduktie zal zich concentreren in Frankrijk, waar de grondprijzen geen belemmering vormen. In het vervolgonderzoek zal gekeken worden welke invloed de veranderende kans op weerextremen (droogte, extreme neerslag) zou kunnen hebben op de landbouw, in het bijzonder in Noord-

Nederland. Ook zal worden gekeken hoe de competitie om ruimte en verschuivingen tussen landbouwsectoren de veerkracht van regio's, die afhankelijk zijn van landbouw, kunnen veranderen.

In de dialoog tussen wetenschap en beleid worden door sommigen kansen gezien in nieuwe, Zuid-Europese gewassen, zoals druiven. Beleidsmakers, en ook belangengroeperingen zoals LTO, stellen dat er innovaties nodig zijn om in te spelen op verzilting, droogte en wateroverlast. Voorbeelden van kansrijke zoutminnende gewassen die genoemd worden, zijn zeekraal, zeekool en huttentut (een plant met oliehoudende zaden). Zulke zilte streekproducten kunnen een economisch aantrekkelijk product vormen. De lokale agrarische ondernemer is echter nog niet zo bezig met al deze nieuwe ontwikkelingen of is gewoonweg nog niet op de hoogte. Daarom worden er in 2008 bijeenkomsten georganiseerd in Noord-Nederland in het kader van dit project.

Wat doet het PCCC?

Het Platform Communication on Climate Change (PCCC) is een initiatief van een aantal Nederlandse onderzoekorganisaties op het gebied van klimaat en klimaatverandering en heeft als doel om de kwaliteit, efficiëntie en effectiviteit van de communicatie van het Nederlandse klimaatonderzoek te verbeteren. Het PCCC wordt mede ondersteund door het ministerie van VROM en wordt uitgevoerd in samenwerking met het BSIK-programma Klimaat voor Ruimte¹.

De activiteiten van het PCCC zijn o.a.:

1. Verstrekking van actuele en achtergrondinformatie via de gezamenlijke website www.klimaatportaal.nl
2. Materiaal en kennis beschikbaar stellen t.b.v. wetenschappelijke communicatie over klimaat en klimaatverandering o.a. door:
 - Opstellen van populair-wetenschappelijke rapportages
 - Opstellen van een jaarlijkse Staat van het Klimaat
 - Organiseren van een jaarlijkse klimaatdag
 - Organiseren van ad-hoc symposia en dialoogworkshops, afhankelijk van de actualiteit
3. Publieksvoorlichting via contacten met media
4. Bijhouden en weergave van een klimaatagenda via het klimaatportaal
5. Informatieverstrekking over internationale activiteiten (IPCC, Kyoto- en Montreal-protocol)

De organisaties achter het PCCC zijn:

- MNP: Milieu- en Natuurplanbureau
- KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
- Wageningen UR: Climate Change and Biosphere Centre en Alterra
- ECN: Energieonderzoek Centrum Nederland
- Vrije Universiteit: Klimaatcentrum
- Universiteit Utrecht
- NWO: Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

Het secretariaat van het PCCC wordt beheerd door het KNMI.
Voorzitter Wetenschappelijke Redactie PCCC: Dr. R. van Dorland (KNMI).

Correspondentie:

Secretariaat PCCC
p/a Alterra, Wageningen UR
Ottelien van Steenis
Postbus 47, 6700 AA Wageningen
T 0317 48 6540
E ottelien.vansteen@wur.nl
W www.klimaatportaal.nl

¹ BSIK staat voor Besluit Subsidie Investering Kennisinfrastructuur

Colofon

Uitgave

Dit is een uitgave van het PCCC, het Platform Communication on Climate Change.

De organisaties achter het PCCC zijn: MNP, KNMI, Wageningen UR (CCB en Alterra), ECN, Klimaatcentrum, Vrije Universiteit, Universiteit Utrecht en NWO

januari 2008

Auteurs

Rob van Dorland, KNMI

Michiel van Drunen, Klimaatcentrum, Vrije Universiteit

Bas Eickhout, MNP

Bert Jansen, Wageningen UR

Irene Kingma, Klimaatcentrum, Vrije Universiteit

Nicoline Meijer, UU

René Prop, NWO

Baud Schoenmaeckers, Synergos Communicatie

Ad Seebregts, ECN

Jeroen Veraart, Alterra, Wageningen UR

Mede-auteurs

Jeanette Bessembinder, KNMI

Bram Bregman, KNMI

Gert-Jan Nabuurs, Wageningen UR

Jan Verhagen, PRI, Wageningen UR

Arnold van Vliet, Wageningen UR

Claire Vos, Wageningen UR

Samenstelling en redactie

Rob van Dorland, KNMI

Wieke Dubelaar-Versluis, KNMI

Bert Jansen, Alterra, Wageningen UR

Productiebegeleiding

Ottelien van Steenis, Alterra, Wageningen UR

Vormgeving en druk

Uitgeverij RIVM



Mixed Sources

Productgroep uit goed beheerde bossen, gecontroleerde bronnen en gerecycled materiaal.

www.fsc.org Cert no. SGS-COC-003130
© 1996 Forest Stewardship Council





Meer exemplaren van deze brochure zijn gratis verkrijgbaar bij ottelien.vansteenis@wur.nl

Voor meer informatie:
Secretariaat PCCC
p/a Alterra, Wageningen UR
Ottelien van Steenis
Postbus 47, 6700 AA Wageningen
T 0317 48 6540
E ottelien.vansteenis@wur.nl
W www.klimaatportaal.nl