



januari 2010

Een uitgave van het PCCC

De Staat van het Klimaat 2009

Actueel onderzoek en beleid
nader verklaard



*De Staat van
het Klimaat 2009*

Actueel onderzoek en beleid
nader verklaard

januari 2010

Verantwoording

Deze brochure is geschreven door en tot stand gekomen onder verantwoordelijkheid van de Wetenschappelijke Redactie van het PCCC. Alvorens tot publicatie over te gaan is de inhoud aan een extra check onderworpen door de volgende wetenschappers van uiteenlopende disciplines:

Stefan Bakker, ECN
Eelco van Beek, Deltares
Frans Berkhout, Vrije Universiteit
Janette Bessembinder, KNMI
Kornelis Blok, Universiteit Utrecht
Hans de Boois, NWO
Joost Buntsma, Ministerie VenW
Heleen de Coninck, ECN
Jos Dijkman, Deltares
Peter Driessen, Universiteit Utrecht
Job Dronkers, Deltares
Jan Willem Erisman, ECN
Arnout Feijt, KNMI
Ronald Flipphi, Ministerie VROM
Harry Geurts, KNMI
Wilco Hazeleger, KNMI

Andries Hof, PBL
Henry Hooghiemstra, Universiteit van Amsterdam
Monique Hoogwijk, Ecofys
Pavel Kabat, Wageningen UR
Tom Kram, PBL
Joop Oude Lohuis, PBL
Francine Loos, Wageningen UR
Leo Meyer, PBL
Ipo Ritsema, Deltares
Margriet Roukema, Deltares
Tejo Spit, Universiteit Utrecht
Rob Swart, Wageningen UR
Wim Turkenburg, Universiteit Utrecht
Pier Vellinga, Wageningen UR
Nanne Weber, KNMI

Wij zijn hen bijzonder erkentelijk voor de gemaakte opmerkingen en suggesties, die wij zoveel mogelijk hebben overgenomen. De wijze waarop wij de commentaren hebben verwerkt, is vervolgens gecontroleerd door Fons Baede, die heeft geconcludeerd dat de eindredactie de gemaakte op- en aanmerkingen zeer gewetensvol heeft verwerkt.

Aan deze brochure kan als volgt worden gerefereerd: 'Rob van Dorland, Wieke Dubelaar-Versluis en Bert Jansen (red.), 2010, De Staat van het Klimaat 2009, uitgave PCCC, De Bilt/Wageningen.'

Rob van Dorland, Wieke Dubelaar-Versluis en Bert Jansen / januari 2010

ISBN/EAN 978-94-90699-01-7

Inhoudsopgave

Verantwoording	3
Inleiding	7
1. Het klimaatsysteem	11
1.1 Status van het klimaatsysteem	
1.2 Kennis van het klimaatsysteem	
1.3 Klimaatprojecties	
2. Broeikasgasemissies en de tweegradendoelstelling	21
2.1 Trend in de mondiale emissies van broeikasgassen	
2.2 Invloed van de economische recessie op de emissies	
2.3 Nieuwe emissiescenario's van het IPCC	
2.4 Kan de opwarming worden beperkt tot 2 graden?	
3. Klimaatadaptatie en waterproblematiek	29
3.1 Klimaatbestendigheid en waterveiligheid in Nederland	
3.2 Klimaatbestendige zoetwatervoorziening	
3.3 Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op natuur	
3.4 Klimaatverandering in het stedelijk gebied	
3.5 Afwegingen en ruimtelijke planvorming	
3.6 Internationale ontwikkelingen en verkenningen	
4. Energie- en mitigatiebeleid	43
4.1 Terugdringen CO ₂ -emissies	
4.2 Hernieuwbare energie	
4.3 Nieuwbouw elektriciteitscentrales en gevolgen voor hernieuwbare elektriciteit	
4.4 Elektrische auto's	
4.5 Luchtvaart	
4.6 Afvang en opslag van CO ₂	
5. Klimaatop Kopenhagen	53
5.1 Wat gebeurde er tijdens COP15?	
5.2 Wat houdt het Akkoord van Kopenhagen in?	
5.3 Hoe zit het met de reducties ten opzichte van de tweegradendoelstelling?	
Referenties en noten	59
Wat doet het PCCC?	66
Colofon	67

Inleiding

Het klimaatjaar 2009 stond, vooral in de media, voor een groot deel in het teken van 'Kopenhagen'. De grote VN-klimaatconferentie van afgelopen december wierp het hele jaar door zijn schaduw al vooruit. 'Veel gesprekken, weinig vorderingen', was lange tijd de teneur van de vele conferenties in de aanloop naar Kopenhagen. Toch waren er ook positieve signalen. Zo beloofde president Hu Jintao van China, tijdens een voorbereidende klimaatconferentie van de Verenigde Naties in New York, dat zijn land tegen 2020 een 'opmerkelijke hoeveelheid' van de CO₂-uitstoot zal terugschroeven, zonder overigens concrete getallen te noemen. De Amerikaanse president Barack Obama meldde dat hij het risico op een 'onomkeerbare catastrofe' wil vermijden, maar ook hij kwam niet met concrete beloften. Premier Balkenende, eveneens aanwezig in New York, noemde wel concrete getallen. Hij pleitte voor een wereldwijde halvering van de CO₂-uitstoot: 'In Copenhagen the Netherlands will call for worldwide CO₂ emissions to be halved by 2050 from 1990 levels.' En op een EU-beraad in oktober hebben de ministers van Milieu gezamenlijk beloofd dat de EU in 2050 zo'n 80 tot 95 procent minder CO₂ zal uitstoten dan in 1990¹. Wat er uiteindelijk in Kopenhagen van deze goede voornemens terecht is gekomen, kunt u lezen in het laatste hoofdstuk van deze Staat van het Klimaat.

Overigens stond het belang van klimaatverandering tot december maatschappelijk gezien relatief laag op de agenda. In een 'Burgerpeiling Klimaatadaptatie' enquêteerde TNS NIPO in een representatieve steekproef 1000 Nederlanders van 18 jaar en ouder². Daaruit bleek dat de klimaatverandering in Nederland op de 10e plaats stond van belangrijke onderwerpen, na onder andere gezondheidszorg, werkgelegenheid, inkomenszekerheid en criminaliteit. De stijging van de zeespiegel zagen de geënquêteerden als het meest urgente probleem, hittegolven werden nauwelijks als probleem gezien. Iets dergelijks kwam ook naar voren uit de '21 minutenenquête', een initiatief van McKinsey en De Publieke Zaak. Hier stond klimaatverandering op de 14e plaats van grootste zorgen³. Als deze vraag aan dezelfde respondenten werd gesteld over de toekomst, dus voor toekomstige generaties, wordt dat overigens de 6e plaats. Een kwart van de jongeren plaatste de klimaatverandering dan zelfs in de top-3. Een derde van de bevolking dacht volgens deze enquête onder ruim 70.000 Nederlanders nog altijd dat de mens geen invloed heeft op het klimaat.

Bovenstaande constatering staat in sterk contrast met de inspanningen van veel (maatschappelijke) organisaties om de klimaatverandering hoog op de agenda te krijgen. Zo heeft het Wereld Natuur Fonds de gevolgen van de opwarming van de aarde op een rij gezet⁴. Daarbij is gekeken naar wat er gebeurt met onder andere volksgezondheid, landbouw, waterbeheer, gletsjers en de zeespiegel als het 2, 3 of 4 graden warmer wordt op aarde. Doel hiervan was het publiek bewust te maken van de noodzaak om de opwarming te beperken tot maximaal 2 graden.

Ook wetenschappers mengden zich in de publieke discussie. Zo betoogde een groep van 40 vooraanstaande internationale onderzoekers in een open brief⁵ dat de CO₂-uitstoot in geïndustrialiseerde landen in 2020 met ten minste 40% omlaag moet ten opzichte van het niveau van 1990, om de wereldbevolking in met name de kustgebieden te

beschermen. Het Planbureau voor de Leefomgeving bevestigde dat een vermindering van 25 tot 40% nodig is om de 2-gradendoelstelling binnen bereik te houden⁶. De rijke landen zouden hun voorstellen als groep daarvoor moeten aanscherpen.

Een van de problemen met het besef van klimaatverandering is dat het broeikasgas-effect voor veel mensen een abstract begrip is. Uit eerdergenoemde TNS NIPO-enquête bleek dat de meerderheid van de bevolking nog niets of niet veel van klimaatverandering merkt. Dat is logisch als je bedenkt dat de jaarlijkse temperatuurstijging slechts enkele honderdsten van een graad bedraagt. Toch is er in een tijdsbestek van enige tientallen jaren de klimaatverandering merkbaar. Zo was dit eerste decennium van de 21e eeuw volgens het WMO, het meteorologisch Instituut van de VN, wereldwijd het warmste sinds 1856, het jaar waarin werd begonnen met het bijhouden van de temperatuur. In De Bilt is de gemiddelde jaartemperatuur in 2009 uitgekomen op 10,5 graden. Hiermee valt dit jaar weliswaar buiten de top-10 van warmste jaren, maar dat neemt niet weg dat dit aanzienlijk hoger is dan het klimatologisch gemiddelde van 9,8 graden over het tijdvak 1971-2000. Ook is merkbaar dat de wintertemperaturen behoorlijk gestegen zijn, met beduidend minder schaatsgelegenheden. De winter van 2009 wordt met 2,2 graden getypeerd als koud, maar dit is hoger dan het gemiddelde van 2 graden in het tijdvak 1941-1970. Kennelijk zijn we inmiddels aan de huidige temperaturen gewend geraakt.

Velen realiseren zich dat het aanspreken van jongeren relevant is, omdat zij nog meer met de problematiek te maken zullen gaan krijgen dan oudere generaties. Daarom worden er vele acties georganiseerd om juist jongeren te bereiken. Zo lanceerde de voormalige secretaris-generaal van de VN, Kofi Annan, samen met een groot aantal artiesten een petitie waarbij jongeren geen handtekening op een lijst hoefden te zetten, maar hun mening bekend konden maken door op hun mp3-speler een klimateesong te downloaden⁷. Elke download telt hierbij als een digitale handtekening. Naast populaire artiesten als Duran Duran, Youssou n'Dour en Bob Geldof hebben ook klassieke musici en bijvoorbeeld de voetballer Clarence Seedorf zich bij de actie aangesloten. De Europese Commissie gooit het over een soortgelijke boeg. Samen met de muzikzender MTV en de popgroep The Backstreet Boys heeft men de campagne 'Play to Stop - Europe for Climate' gelanceerd⁸, met tv-spotjes, webcasts, games en (ouderwetse) commentaren. Deze actie loopt overigens niet in Nederland, wel in enkele grote West-Europese en een aantal Oost-Europese landen. UNICEF tenslotte mobiliseerde 13 jongeren die tijdens de top in New York persoonlijk aan de wereldleiders mochten vertellen waarom het tegengaan van klimaatverandering voor hen zo belangrijk is⁹. Zij noemden drijvende scholen als een van de oplossingen, naast zonne- en windenergie.

Deze PCCC-brochure 'De Staat van het Klimaat 2009' is geschreven vanuit een wetenschappelijke context. We geven een actueel overzicht van recente ontwikkelingen op het gebied van klimaatverandering, zowel in het onderzoek als in de maatschappelijke en beleidsdiscussies. Om het overzicht beknopt te houden, ontkomen we echter niet aan het selecteren van onderwerpen. We hopen met onze keuze de hoofdlijnen van de ontwikkelingen te hebben afgedekt. Achtereenvolgens vindt u in de brochure de natuurwetenschappelijke ontwikkelingen, de stand van zaken rond de broeikasgasemissies en de tweegradendoelstelling, ontwikkelingen op het gebied van

adaptatie en waterproblematiek, en de recente inzichten op het gebied van energie- en mitigatiebeleid. Deze onderwerpen sluiten nauw aan bij de thema's van de klimaatop in Kopenhagen in december 2009. Hoewel de afspraken gemaakt op deze klimaatop geconcretiseerd worden in de loop van 2010, geven we in deze brochure vast een impressie van de ontwikkelingen in de wereldwijde klimaatonderhandelingen. Op alle terreinen hebben we geprobeerd om zowel nieuwe feiten als de bijbehorende onzekerheden en dilemma's op een evenwichtige manier te belichten.

Outreach & Communication Award 2009 voor PCCC

Het Platform Communication on Climate Change (PCCC) heeft de 'Outreach & Communication Award 2009' van de European Meteorological Society gewonnen. Deze prijs is op 1 oktober in Toulouse uitgereikt, waarbij de jury het volgende opmerkte: "The PCCC is the digital entry of the Dutch knowledge centres, where in an integrated way actual knowledge on climate, climate change, effects, adaptation and mitigation is provided for policy makers, companies, media and the general public. An important product of PCCC is the brochure De Staat van het Klimaat ('The state of the climate') that is annually published by PCCC."



Het klimaatsysteem

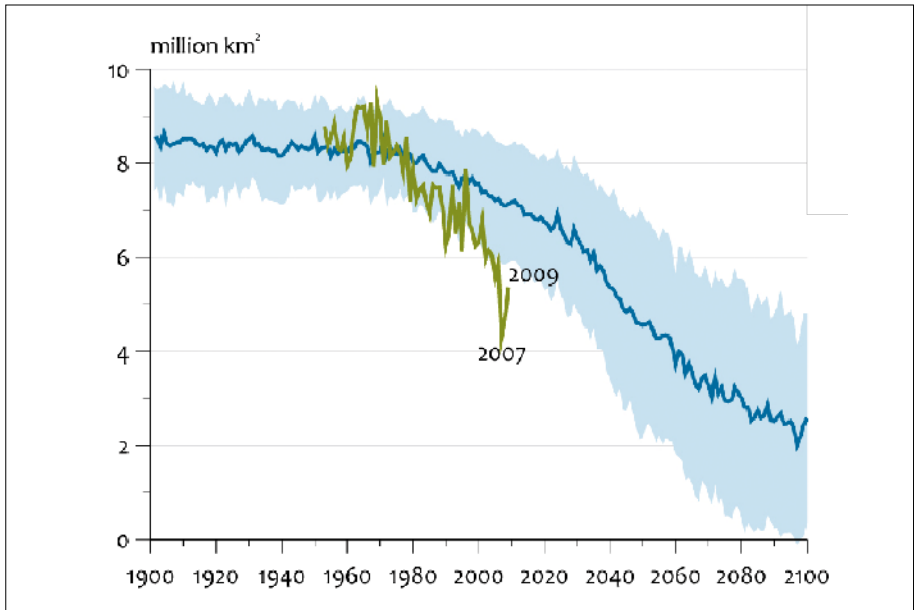
In 2009 kwam in de Stille Oceaan weer een El Niño op gang. Het effect op de mondiaal gemiddelde jaartemperatuur is op dit moment nog niet duidelijk zichtbaar vanwege het na-ijleffect van circa een half jaar. Niettemin is 2009 uitgekomen op de 5e of 7e plaats (afhankelijk van de gebruikte dataset) van warmste jaren sinds het begin van de metingen. De wereldgemiddelde temperatuur in 2009 is circa 0,1 graad hoger dan in 2008. Het eerste decennium van de 21e eeuw is het warmste tijdvak van tien jaar sinds het begin van de temperatuurmetingen. De gemiddelde temperatuur tussen 2000 en 2010 was bijna 0,2 graden hoger dan het gemiddelde van de jaren negentig. De jaar-tot-jaar ontwikkeling van de temperatuur wordt bepaald door een complex van natuurlijke en antropogene invloeden. In de Staat van het Klimaat 2008 is beschreven hoe natuurlijke factoren de mondiaal gemiddelde temperatuur hebben beïnvloed. Zo was 1998 een enorme uitschieter naar boven van naar schatting 0,25 graden vanwege de sterkste El Niño van de 20e eeuw. De La Niña van 2008 gaf de mondiaal gemiddelde temperatuur juist een zetje van ongeveer 0,15 graden naar beneden.

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de mogelijke invloed van de zon in de komende decennia en aan de wetenschappelijke ontwikkelingen op het gebied van klimaatgevoeligheid, van belang voor onder andere de schatting van de menselijke invloed. Onderzoekers verkennen de mogelijkheden voor het maken van algemene klimaatverwachtingen voor de komende tien tot twintig jaar, gegeven een aantal deels voorspelbare invloeden op het klimaat. Voor de wat langere termijn, 2050 en 2100, heeft het KNMI de klimaatscenario's voor Nederland verfijnd. We beginnen dit hoofdstuk met de ontwikkelingen van het klimaat in de poolgebieden met speciale aandacht voor de veranderingen van land- en zeeijs.

1.1 Status van het klimaatsysteem

Temperatuurontwikkeling in de poolgebieden

Het Noordpoolklimaat verandert snel door sterke temperatuurstijging nabij het oppervlak. De temperatuur stijgt hier twee keer zo snel als wereldgemiddeld¹⁰. Dit wordt polaire versterking genoemd. Dit effect treedt op door de veranderende verhouding tussen invallende en teruggekaatste zonnestraling, het zogenoemde ijs-albedo terugkoppelingsmechanisme. Ook veranderingen in poolwaarts warmtetransport in de atmosfeer en oceaan spelen een rol^{11 12}. In het Zuidpoolgebied blijkt in tegenstelling tot eerdere bevindingen op zowel West- als Oost-Antarctica de gemiddelde temperatuur te zijn toegenomen. Het Antarctisch schiereiland is zelfs een



Minimum zeeijsbedekking: Waarnemingen (—) versus het gemiddelde van de modellen voor het A1B scenario (—) en de onzekerheidsbandbreedte (), zoals gerapporteerd door het IPCC 2007.

van de gebieden op de wereld die het snelst opwarmen (meer dan een halve graad per decennium). Door het beperkte aantal meetpunten op Antarctica is de bepaling van gebiedsgemiddelde temperaturen echter lastig.

Zeeijs

De zomerse zeeijsbedekking in het Noordpoolgebied is de laatste jaren sneller geslonken dan op basis van de projecties van het IPCC in 2007 verwacht werd. In september 2009 was de bedekking met 5,1 miljoen km² enigszins hersteld ten opzichte van 2007 (record minimum) en 2008, maar nog steeds ver onder het gemiddelde van 1979-2000¹³. Sinds 1980 bedraagt de afname van de ijsbedekking zo'n 10% per tien jaar¹⁴. Naast de bedekking is ook de gemiddelde dikte van het ijs sterk afgenomen, waardoor het zeeijs gevoeliger wordt voor verder slinken in de zomer. Een ijsloze Arctische zee in de zomer zal waarschijnlijk eerder voorkomen dan pas tegen het einde van deze eeuw, zoals het IPCC in 2007 had geconcludeerd. Wanneer het verdwijnen van zeeijs een onomkeerbaar proces wordt, is lastig te bepalen. Nu groeit het zeeijs 's winters weer aan, maar bij een verdere opwarming van het poolklimaat wordt op een bepaald moment een kritisch omslagpunt bereikt, waarbij de kans op herstel van winterse ijsbedekking steeds minder wordt.

Overigens heeft het smelten van zeeijs geen directe gevolgen voor de zeespiegel. Het kan wel grote gevolgen hebben voor het klimaat in het Noordpoolgebied en daarbuiten, zoals een verdere stijging van de temperatuur en veranderingen in de stromingspatronen

in de atmosfeer en de oceaan, die op hun beurt de temperatuur kunnen beïnvloeden. Hiermee neemt het risico voor het slinken van de Groenlandse ijskap toe.

Op het zuidelijk halfrond is de gemiddelde jaarlijkse zeeijsbedekking sinds eind jaren 70 met 1% per tien jaar toegenomen. De sterkste toename vindt plaats in september en oktober. De toename van zee-ijs rondom Antarctica wordt soms als teken gezien dat het met de klimaatverandering niet zo'n vaart loopt. Modelexperimenten suggereren echter dat de toename veroorzaakt wordt door veranderingen in de atmosferische stromingspatronen, waardoor de uitstroom van zeeijs in de Rosszee bevordert wordt¹⁵. Met name in september en oktober zijn de westenwinden sterker door toedoen van het ozongat, maar natuurlijke variabiliteit kan hierbij ook een rol spelen. Het langzamere herstel van het ozongat wordt op haar beurt weer toegeschreven aan het versterkte broeikaseffect, dat een afkoeling teweegbrengt in de hogere luchtlagen ter hoogte van de ozonlaag. Lagere temperaturen bevorderen de afbraak van ozon.

Ijskappen

Ijskappen hebben een belangrijke invloed op het klimaat en de hoogte van de zeespiegel. Zowel Groenland als Antarctica lijken sneller massa te verliezen dan door het IPCC werd aangenomen^{16,17}. Uit waarnemingen blijkt dat de afkalving van ijs aan de randen van de Groenlandse en de West-Antarctische ijskap de laatste jaren is toegenomen¹⁸. Lokaal treden echter sterke fluctuaties op, soms ook een afname van de afkalving.

Recentelijk is onderzoek gedaan naar het lubricatie-effect: smeltwater dat doordringt tot de onderkant van de ijskap en het glijden van het ijs richting zee bevordert. Metingen van de afgelopen 17 jaar wijzen uit dat de stroomsnelheid van ijs op Groenland echter verminderd is¹⁹. Dit duidt erop dat het afwateringssysteem zich heeft aangepast aan de toename van de hoeveelheid smeltwater. Kleinschalige, dynamische processen die aanleiding geven tot fluctuaties in de massa van ijskappen worden echter nog onvoldoende begrepen. Dat maakt het lastig om de toekomstige bijdrage aan de zeespiegelstijging van lubricatie en afkalving (gegeven de temperatuurstijging) in te schatten.

Een belangrijk dynamisch proces voor de afkalving is de wisselwerking tussen de rand van de ijskap en de oceaan. Op Groenland grenzen enkele gebieden, die onder zeeniveau liggen en gevuld zijn met ijs, aan de oceaan. Bij afkalving wordt het oppervlak aan ijs dat in contact staat met het zeewater dan steeds groter, waardoor de ijskap versneld massa verliest²⁰. Maar dit proces van afkalving wordt afgeremd als het contact met de oceaan wordt verloren bij het verder terugtrekken van de ijskap naar gebieden die boven zeeniveau liggen. Aan de zuidoost kant van Groenland lijkt dit proces recentelijk te zijn gestopt²¹. Extrapolatie van dit dynamische effect levert een bijdrage aan de zeespiegelstijging in 2100 van hooguit 49 cm²². Dit is reeds verdisconteerd in de 'high end' scenario's van zeespiegelstijging van de tweede Deltacommissie (de Commissie Veerman) (zie ook extreme zeespiegelstijging in paragraaf 1.3).

Gletsjers

Gletsjers in Afrika, Zuid-Amerika, Indonesië en Tibet zijn snel aan het smelten. Ook op hogere breedtegraden is het smelten een algemeen verschijnsel. De World Glacier Monitoring Service (WGMS) meldde in 2008 dat de snelheid waarmee gletsjers wereldwijd smelten, steeds groter wordt. Het is dan ook aannemelijk dat het verdwijnen van de gletsjers wordt veroorzaakt door veranderingen die een mondiaal karakter hebben, en dat de wereldwijde temperatuurstijging een factor van belang zou kunnen zijn. Dit laatste is vrijwel zeker voor de lager gelegen gletsjers, zoals bijvoorbeeld in de Alpen. De gletsjers leveren hun smeltwater toe aan veelal grote riviersystemen, waar wereldwijd vele miljoenen mensen afhankelijk van zijn, onder andere voor hun drinkwater, voor irrigatie van landbouwgrond, voor waterkrachtcentrales.

De Alpen worden vaak beschreven als de ‘watertoren van Europa’, omdat een flink deel van het zoetwater in West-Europa afkomstig is van rivieren die in de Alpen ontspringen. Het Alpengebied heeft de afgelopen honderd jaar een temperatuurstijging doorgemaakt van meer dan 1 graad. Gletsjers smelten, de sneeuwlijn schuift steeds verder omhoog en de manier waarop het gebergte het water verzamelt en opslaat in de winter, en weer verspreidt in de warmere zomermaanden, verandert langzaam²³. Omdat de bijdrage van smeltwater aan de totale afvoer van de rivier de Rijn gering is, zal de afvoer bij Lobith als gevolg van een mogelijk versneld afsmelten van de Alpengletsjers met hooguit een procent toenemen. Het smelten van de gletsjers zal in Nederland niet leiden tot een hogere kans op overstroming of watertekort. Wel worden in de klimaatprojecties veranderingen in de waterafvoer verwacht als gevolg van andere neerslagpatronen²⁴.

De Himalaya is de watertoren van Azië. Het Noord-Indiase hydrologische systeem wordt *Kilimanjaro*.



Foto: ANP

door twee factoren bepaald: de moessonregens in de zomer en de ontwikkeling van de sneeuwbedekking in de Himalaya. De Himalaya heeft, op de Zuidpoolregio na, de grootste concentratie gletsjers in de wereld. Zij voorzien de grote rivieren van Azië van water voor meer dan een vijfde deel van de wereldbevolking. In de afgelopen jaren is de temperatuur in het Himalayagebied meer gestegen dan het gemiddelde wereldwijd. Bij een verdere temperatuurstijging zal op korte termijn een toename, en op lange termijn een afname van de afvoer van rivierwater plaatsvinden. Omdat sneeuw de lucht afkoelt, heeft afname van de sneeuwbedekking ook effect op de moesson. Deze wordt daardoor zwakker. De impact van het terugtrekken van de gletsjers en de mogelijke veranderingen van de moessonpatronen in de zomer op de ruimtelijke en temporele verdeling van de watervoorziening in het noorden van India worden uitvoerig bestudeerd²⁵. Doel hiervan is na te gaan in welke mate hydrologische extremen (met name droogte) worden beïnvloed door klimaatverandering.

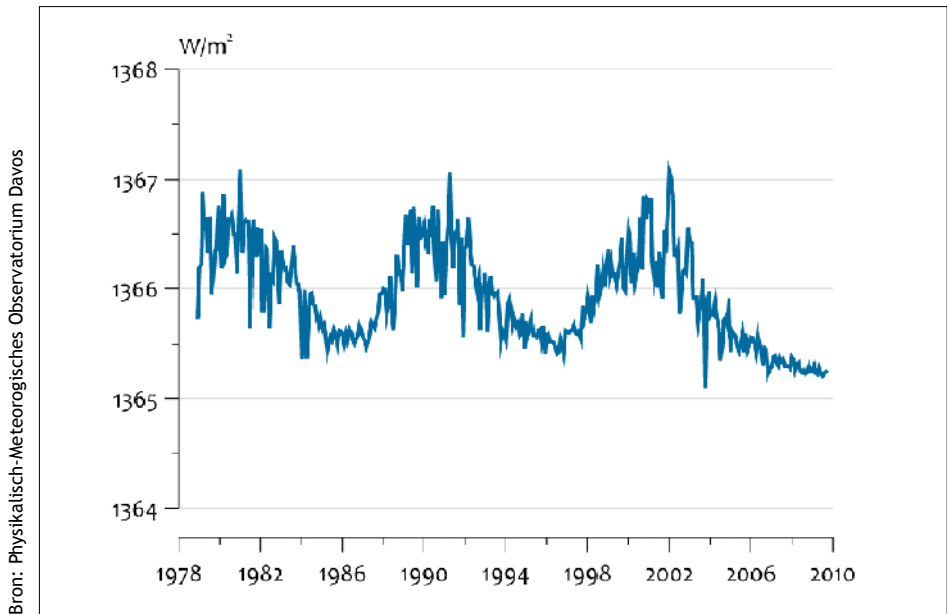
In 1912 was het oppervlak van de tropische gletsjer op de Kilimanjaro in Tanzania ruim 12 km². In 1950 was dit bijna gehalveerd en in 2008 resteerde er nog 1,8 km², waarbij de afgelopen 8 jaar is vastgesteld dat ook de dikte van het ijs snel afneemt²⁶. Hoogstwaarschijnlijk zal het ijs binnen 20 jaar verdwenen zijn. In hoeverre dit wordt veroorzaakt door temperatuurstijging, valt door een gebrek aan betrouwbare metingen van neerslag en temperatuur niet eenduidig vast te stellen, maar vast staat wel dat dit niet eerder in het Holoceen (de periode van 11.700 jaar geleden tot nu) is voorgekomen. Ook niet tijdens een uiterst droge periode 4200 jaar geleden die 300 jaar duurde.

1.2 Kennis van het klimaatstelsel

Zonneactiviteit en klimaat

Het huidige zonnevlekkenminimum wordt door de NASA gekarakteriseerd als zeer diep. In 2008 zijn op 266 van de 366 dagen (73%) geen zonnevlekken waargenomen. Dit is sinds 1913 (311 vlekkenloze dagen) niet meer voorgekomen. Satellietmetingen wijzen uit dat de hoeveelheid zonne-energie lager is dan tijdens de minima in 1986 en 1996. In termen van stralingsforcering is dit 0,05 Wm⁻², circa viermaal kleiner als de forcering tussen een zonnevlekkenmaximum en -minimum. Vanuit de astrofysica komen steeds meer signalen dat de activiteit van de zon in de komende decennia nog lager kan worden²⁷, een toestand die vergelijkbaar is met het Maunder Minimum (eind 17e en begin 18e eeuw) of het Daltonminimum (begin 19e eeuw).

Het zonnevlekkenminimum rond 1700 wordt vaak verward met de Kleine IJstijd (1550-1750), die echter langer heeft geduurd en eerder begon. De gemiddelde jaartemperatuur gedurende de Kleine IJstijd lag 0,4 tot 0,9 graden lager dan in de periode 1961-1990²⁸. Waarschijnlijk had de rustige zon inderdaad een koelende invloed op het klimaat van toen, zo'n 0,2 graden (hooguit 0,4 graden)²⁹, maar ook andere factoren speelden een rol. Er waren sterke vulkaanuitbarstingen en bovendien speelden autonome variaties in het klimaat waarschijnlijk een rol, zoals veranderingen in zeestromingen en in de atmosferische circulatie. In hoeverre autonome variaties samenhangen met zonneactiviteit is niet duidelijk. De zon lijkt vooral het klimaat te beïnvloeden via variaties van de zonne-energie.



Totale hoeveelheid zonne-energie van 1979 tot 2009.

Temperatuurvariaties door veranderingen in zonneactiviteit in de 20^e eeuw worden geschat op 0,05 tot hooguit 0,2 graden^{30 31}. Verder is de bijdrage van variaties in de zonneactiviteit aan de mondiale opwarming sinds 1980 zeer waarschijnlijk verwaarloosbaar. Voor de komende twee tot drie decennia houdt een rustige zon een afkoeling in van 0,2 tot hooguit 0,4 graden, gelijk aan de schatting van afkoeling tijdens het Maunder Minimum en rekening houdend met de traagheid van het klimaatsysteem. Extrapolatie van de waargenomen temperatuurstijging van de afgelopen dertig jaar, die zeer waarschijnlijk grotendeels door de mens wordt veroorzaakt, geeft voor de komende twee tot drie decennia een temperatuurstijging van 0,4 tot 0,6 graden. Door een heel rustige zon wordt de temperatuurstijging dus mogelijk getemperd, maar een nieuwe Kleine IJstijd in de nabije toekomst is heel onwaarschijnlijk.

Klimaatgevoeligheid

Onderzoek naar de gevoeligheid van het klimaat voor toename van broeikasgassen is in volle gang. Het gaat hierbij om de bepaling van de uiteindelijke temperatuurstijging bij een verdubbeling van de (equivalente) CO₂-concentratie in de atmosfeer. Het IPCC gaf in 2007 als beste schatting een stijging van 3 graden met een waarschijnlijke (66%) marge van 2 tot 4,5 graden. Dit is gebaseerd op zowel waarnemingen als klimaatmodellen. Beide laten een vergelijkbare range zien.

Hoofdoorzaak van de onzekerheid in de klimaatgevoeligheid, bepaald met behulp van modellen, is de rol van wolken in een veranderend klimaat^{32 33}. Wolkeneigenschappen zijn afhankelijk van de temperatuur, de vochtbeschikbaarheid en van de concentratie condensatiekernen. Deze zijn lokaal niet alleen bepaald door de wereldgemiddelde

trends, maar ook door de atmosferische circulatie, die deels autonoom varieert en deels samenhangt met de mondiale temperatuur.

Een onzekere factor bij de bepaling van de klimaatgevoeligheid uit waarnemingen is de sterkte van het koelende effect van aerosolen. Dit geldt zowel voor de bepaling uit directe metingen van de laatste eeuw als uit paleoklimatologische gegevens. Een recente studie³⁴ heeft uitvoerig gekeken naar alle waargenomen componenten van de energiebalans sinds 1950, die van belang zijn voor de bepaling van klimaatgevoeligheid. Hierbij zijn satellietwaarnemingen van uitgaande warmtestraling en gereflecteerde zonnestraling gebruikt om correlaties af te leiden met de gemeten oppervlakte-temperatuur. Met deze gegevens was het mogelijk om de bovengrens (>95% waarschijnlijkheid) van het aerosoleffect te schatten. Dit leverde een maximale schatting van de klimaatgevoeligheid van 10 graden op voor een verdubbeling van CO₂. In het IPCC-rapport van 2007 kon een bovengrens van de klimaatgevoeligheid niet worden vastgesteld vanwege de grote onzekerheid in de forcering door aerosolen. De ondergrens van de klimaatgevoeligheid is wel beter vast te stellen, namelijk hoogstwaarschijnlijk 1,5 graden³⁵.

Schattingen van de klimaatgevoeligheid uit *paleoklimatologische* gegevens zijn ook afhankelijk van de sterkte van het aerosoleffect en van de hoeveelheid ijs en sneeuwbedekking op aarde. Zo was er gedurende ijstijden meer stof in de atmosfeer aanwezig, een gevolg van minder vegetatie en een lager atmosferisch vochtgehalte. Maar hoeveel meer dan in het huidige klimaat is voorsnog onduidelijk. Schattingen van de aerosolforcering lopen een factor drie à vier uiteen. In de Staat van het Klimaat 2008 is bericht over een klimaatgevoeligheid van 6 graden, afgeleid uit paleoklimatologische gegevens van temperatuur, broeikasgasgehalte en sneeuw- en ijsbedekking en een lage schatting van het aerosoleffect. Deze tweemaal zo grote gevoeligheid als de beste schatting van het IPCC zou het gevolg zijn van langzame feedbacks, zoals veranderingen in vegetatie en ijskappen, die onvoldoende in de huidige klimaatmodellen zijn verdisconteerd³⁶. Een sterker aerosoleffect, zoals geschat uit ijskernen³⁷, zou die klimaatgevoeligheid reduceren. Voorsnog zijn er geen doorslaggevende aanwijzingen om de marge van 2 tot 4,5 graden in de klimaatgevoeligheid bij te stellen³⁸.

1.3 Klimaatprojecties

Verfijning KNMI-klimaatscenario's voor Nederland

Het klimaat in Nederland verandert sterk. Nederland en West-Europa warmen snel op en de hevigheid van extreme buien neemt toe. De scenario's die het KNMI voor het toekomstige klimaat in Nederland in 2006 heeft uitgebracht^{39, 40}, zijn in 2009 getoetst aan de nieuwste nationale en internationale inzichten. Daarover is een brochure⁴¹ verschenen.

De inschatting is dat de veranderingen, voor zover die op dit moment zijn vast te stellen, grotendeels binnen de vier KNMI'06 scenario's vallen. In 2006 was al rekening gehouden met grote onzekerheden. De onderzoekresultaten brengen wel meer tekening in de waarschijnlijkheid van de verschillende scenario's. De warme scenario's passen momenteel het beste bij de temperatuurontwikkeling in Nederland en omstreken. De

toename van de intensiteit van zware buien is goed weergegeven in de twee scenario's met ongewijzigde veranderingen in luchtstromingen. Dit geldt ook voor de periodes van natter weer in de zomer in de kustgebieden. Mogelijk langdurige periodes met droogte passen daarentegen weer beter bij de scenario's met meer oostenwind in de zomer.

Het KNMI heeft nu, in aanvulling op de eerder gepubliceerde KNMI'06 cijfers, de overgangsperiodes herfst en lente en veranderingen in alle afzonderlijke maanden in de scenario's geïntroduceerd. Verder zijn er nu ook statistieken gemaakt van extreme neerslaghoeveelheden voor verschillende locaties, verschillende periodes in het jaar en met verschillende cumulatietijden voor het huidige klimaat. De meest extreme neerslag doet zich voor aan de kust en in het Rijnmondgebied. Voor waterbeheerders is dit belangrijke informatie, aangezien zij behoefte hebben de waterafvoersystemen te dimensioneren aan kansen van voorkomen van extreme buien.

De recente onderzoekresultaten geven richting aan het vervolgonderzoek dat omstreeks 2013 moet leiden tot een volgende generatie klimaatscenario's voor Nederland, aansluitend op het dan te verschijnen vijfde IPCC-rapport. Het is duidelijker geworden welke aspecten van klimaatmodellen bruikbaar zijn voor het voorspellen van lokale klimaatveranderingen in de toekomst, waar verbeteringen mogelijk en noodzakelijk zijn, en welke keuzes daarbij moeten worden gemaakt.

Klimaatverwachtingen voor de komende decennia

Het klimaat vertoont een natuurlijke variabiliteit door zowel interne als externe invloeden. Onder natuurlijke externe invloeden worden variaties in zonneactiviteit en krachtige vulkaanuitbarstingen verstaan. Interne invloeden zijn fluctuaties van het klimaat door de wisselwerking van atmosfeer, oceaan, ijsbedekking en biosfeer. Een sprekend voorbeeld hiervan is de El Niño Southern Oscillation (ENSO), een fluctuatie van atmosfeer- en oceaanstromingen met een frequentie van twee tot zeven jaar, die variaties bewerkstelligt in bewolking, neerslag en (mondiale) temperatuur.

De laatste jaren is veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om algemene tendensen van het klimaat voor de komende tien tot twintig jaar te voorspellen. Uitgebreide berekeningen van het klimaat van de afgelopen decennia^{42 43 44 45} bevestigen de haalbaarheid van deze decenniumverwachtingen, hoewel niet alle invloeden op een termijn van tien jaar ingeschat kunnen worden. Aangezien de werelddoceanen een relatief lang geheugen hebben vanwege hun grote warmtecapaciteit, is een goede bedekking van oceaansmetingen nodig voor deze verwachtingen. Dat is nu nog beperkt, maar dit zal waarschijnlijk snel verbeteren.

Zo observeert een netwerk van circa 3.000 boeien onder de naam ARGO de oceaan in drie ruimtelijke dimensies en de tijd. De hoop is dat daardoor variaties in patronen van variabiliteit in de oceaan, zoals de thermohaline circulatie en variaties in El Niño, beter voorspelbaar worden. Sommige invloeden, zoals de effecten van krachtige vulkaanuitbarstingen, kunnen echter niet voorspeld worden. Voor variaties in zonneactiviteit is dit ten dele het geval: het verloop van de 11-jarige zonnevlekken-cyclus is bij benadering bekend. Onzekerder is de verwachting dat de zon aan de vooravond staat van een langdurige minder actieve periode (zie paragraaf 1.2).

Extreme zeespiegelstijging

In een recente studie⁴⁶ is gekeken naar de relatie tussen de verandering van de wereldgemiddelde temperatuur en de zeespiegelstijging in het afgelopen millennium. Deze relatie levert, bij de hoogste temperatuurprojectie van 6,4 graden, een zeespiegelstijging op van 190 cm rond 2100 ten opzichte van 1990 (ter vergelijking: het laatste IPCC-rapport gaf een maximum waarde van 76 cm⁴⁷). Aan deze benadering en extrapolatie wordt echter getwijfeld: ten eerste omdat de berekende zeespiegelstijging tussen het jaar 1000 en nu substantieel hoger is uitgevallen dan waargenomen en ten tweede omdat de temperatuurveranderingen in de afgelopen duizend jaar veel kleiner zijn geweest dan de ruim 6 graden behorend bij het doorgerekende hoogste scenario. Dit maakt extrapolatie naar de toekomst lastig.

In tegenstelling tot bovengenoemde studie, die gebaseerd is op een correlatie van wereldgemiddelde gegevens, komt een andere recente studie⁴⁸ uit op hooguit 105 cm zeespiegelstijging. Deze bovengrens van zeespiegelstijging is gebaseerd op een set van klimaatmodellen, waarbij rekening gehouden is met het gravitatie-effect op de verdeling van zeespiegelstijging. Dit is besproken in De Staat van het Klimaat 2008. Deze klimaatmodellen bevatten driedimensionale oceaanprocessen, die waarschijnlijk een beter beeld geven van de uitzetting van oceaanwater bij stijgende temperaturen dan correlaties van temperatuur en zeespiegelstijging.

2

Broeikasgasemissies en de tweegradendoelstelling

De mondiale broeikasgasemissies blijven stijgen, ook al wordt door de huidige economische crisis de groei tijdelijk afgezwakt. Op basis van de beschikbare informatie van begin januari 2010, zouden de mondiale emissies in 2009 zelfs lager kunnen zijn geweest dan in 2008. In 2008 was de uitstoot van CO₂ door de ontwikkelingslanden voor het eerst hoger dan die van de geïndustrialiseerde landen. Waar de recessie op korte termijn positief uitwerkt op de uitstoot, kan dit op langere termijn juist ongunstig zijn, omdat investeringen in milieuvriendelijke technologie dreigen achter te blijven. Op dit moment worden er nieuwe mondiale scenario's ontwikkeld om de gevolgen van verschillende ambitieniveaus van klimaatbeleid beter te kunnen analyseren, zoals de breed gedragen ambitie om de wereldwijde gemiddelde temperatuurstijging binnen de twee graden Celsius te houden (de 'tweegradendoelstelling'). De uitdaging hieraan te voldoen is enorm, maar het is in technisch opzicht mogelijk tegen directe, jaarlijkse kosten van maximaal 2% van het wereldwijde Bruto Nationaal Product.

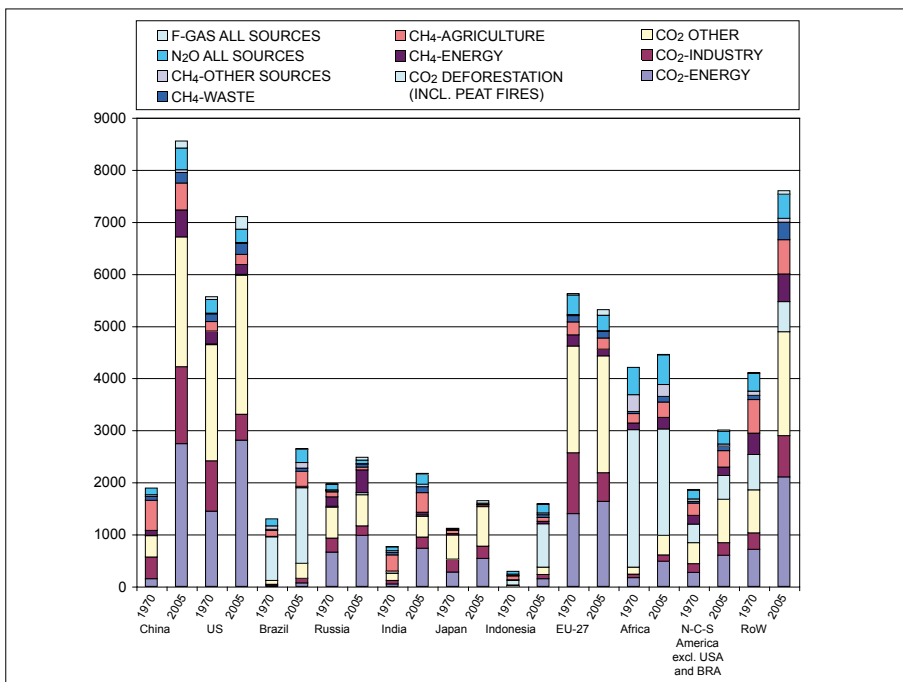
2.1 Trend in de mondiale emissies van broeikasgassen

Ontwikkeling mondiale BKG- en CO₂-emissies

De broeikasgasemissies vertonen een sterke toename in de periode 1970-2005. Hierbij valt op dat vooral China en India, door hun snelle economische ontwikkeling, een sterke toename laten zien. De broeikasgasconcentraties, vooral van CO₂, nemen daardoor steeds verder toe.

In 2008 stootten de ontwikkelingslanden (zonder bos- en veenbranden) voor het eerst in de geschiedenis meer CO₂ uit dan de industrielanden. De zeer hoge olieprijs tot aan de zomer van 2008 en de wereldwijde financiële crisis, zorgden in 2008 voor een halvering van de jaarlijkse toename van de CO₂-emissies. In 2009 was er waarschijnlijk zelfs sprake van een afname van de uitstoot. Sinds 1981 (oliecrisis) was dit niet meer voorgekomen. Het gebruik van olieproducten nam mondiaal met 0,6% af. Het gebruik van steenkool nam toe met 3,5%; in de jaren daarvoor was dat 5%. Het gasverbruik was met een toename van 3% gelijk aan voorgaande jaren.

De elektriciteit- en staalsectoren leveren een belangrijke bijdrage aan de CO₂-emissies.



Broeikasgasemissies (in Mton CO₂-eq) in 1970 en 2005 voor elf wereldregio's (RoW = Rest van de Wereld).

In de VS daalde het gebruik van olieproducten en steenkool voor elektriciteit en staal. Het benzineverbruik was hier in de eerste helft van 2009 het laagst sinds 1983 en het steenkoolgebruik daalde met 10% ten opzichte van 2008. In China is de staalproductie en het daaraan gerelateerde steenkoolverbruik sinds december 2008 weer aan het stijgen; het kolengebruik lag in het eerste kwartaal van 2009 zo'n 3,5% hoger dan in 2008. Ook wereldwijd stijgt de staalproductie weer, zoals in Japan, Duitsland en Frankrijk. In totaal daalden de CO₂-emissies in 2008 en 2009 zowel in de VS als in de Europese Unie. Emissies in China stegen in 2008 en 2009 nog wel, maar het waren de laagste toenames sinds 2001.

Europese Unie

De broeikasgasemissies van de 15 'oude' EU-lidstaten zijn in 2008 met 1,3% gedaald ten opzichte van 2007 tot 4 miljard ton CO₂-equivalent. Een sterke daling van het elektriciteitsgebruik was een van de factoren die daaraan bijdroeg. Hiermee liggen de emissies ruim 6% onder het niveau van 1990. Volgens het Kyoto Protocol moet dit 8% worden in de periode 2008-2012. De kans is dus groot dat de EU-15 gaat voldoen aan haar Kyoto-doel. Voor de EU-27 als geheel liggen de emissies in 2008 bijna 1,5% lager dan in 2007 (iets minder dan 5 miljard ton) en 13,6% onder het niveau van 1990. Er is geen collectief EU-27 doel, want EU bestond uit 15 landen toen het Kyoto Protocol werd ondertekend. Tien van de twaalf nieuwe EU-landen hebben echter wel individuele targets, die ook zeer waarschijnlijk worden gehaald.

Nederland

In 2008 is voor het vierde opeenvolgende jaar de uitstoot van broeikasgassen in Nederland verminderd. De daling in 2008 met bijna 1,5 Mton komt vooral door een lagere uitstoot van lachgas (N₂O) door reductiemaatregelen bij de salpeterzuur-fabrieken. De dalende trend in broeikasgasemissies zal waarschijnlijk nog doorzetten vanwege de economische krimp in 2009 en de verwachte nulgroei in 2010⁴⁹. De geraamde emissie voor 2010 liggen zo'n 4 tot 9% lager dan in 2008 en 7 tot 12% lager dan in 1990, waarmee de doelstelling uit het Kyoto Protocol (6%), zelfs zonder het gebruik van de 'Kyoto-mechanismen' (zie Kyoto-mechanismen), ruim wordt gehaald.

Landgerelateerde mondiale CO₂-emissies

Ontbossing, bosbranden, degradatie van bestaande bossen en CO₂-uitstoot uit veengronden in onder andere Indonesië, leveren een belangrijke bijdrage aan de mondiale CO₂-emissies. In het vierde rapport van het IPCC uit 2007⁵⁰ werd deze bijdrage voor wat betreft de jaren 90 geschat op 7 miljard ton (met overigens een onzekerheidsmarge van 50% of meer), wat neerkomt op 23% van de totale CO₂-uitstoot. Sindsdien is er veel werk verricht om deze schattingen te verbeteren. Dit heeft geleid tot een lagere inschatting van deze emissies tot 5,5 miljard ton of 15% van het totaal over de periode 1997-2006 met een range van 8 tot 20%. Dit lagere percentage van 15% komt niet alleen doordat de landemissies in absolute zin lager worden ingeschat dan voorheen, maar ook doordat de emissies door de verbranding van fossiele brandstoffen in die periode sterk zijn toegenomen. Dit aandeel van 15% is inclusief 3% afkomstig van veengronden, waarmee het procentuele aandeel van alleen de bossen nog iets kleiner is geworden⁵¹. Deze nieuwe inzichten betekenen voor het klimaatbeleid dat de rol van bossen⁵² in het reduceren van emissies kleiner zal zijn dan men tot op heden dacht. Niettemin blijft het voor tientallen ontwikkelingslanden de grootste bron van broeikasgasemissies, waarvan de reductie nog steeds een aanzienlijke bijdrage kan leveren aan een mondiale emissiebeperking.

De opname van CO₂ door de biosfeer en de oceaan

Volgroeide bossen in de tropen lijken meer koolstof op te nemen dan men dacht tijdens het schrijven van het vierde rapport van het IPCC. Daartegenover staat dat de opname van de bossen op het Noordelijk halfrond minder is dan men dacht in 2007⁵³. De koolstofopname van de oceanen op het zuidelijk halfrond en de Atlantische Oceaan is echter afgenomen, waarbij nog niet duidelijk is of deze afname valt binnen de 'gewone' langetermijnfluctuaties. De opname door biosfeer en oceaan samen over de periode 2000-2007 is nagenoeg gelijk aan de opname in de jaren negentig (ongeveer 5,5 miljard ton per jaar). De CO₂-emissies uit fossiele brandstoffen in die periode zijn echter sterk toegenomen. Hierdoor is de fractie van de emissies, die wordt vastgelegd door de biosfeer en de oceaan, afgenomen van 75% in de jaren 90 naar 65% in de eerste zeven jaar van de 21e eeuw.

Overige broeikasgassen

Tussen 1970 en 2005 stegen de mondiale emissies van methaan en lachgas beide met 35%. Inclusief gefluorideerde broeikasgassen (HFK, PFK, SF₆) bedroeg de toename van de

De Kyoto-mechanismen

Er zijn drie Kyoto-mechanismen: het Clean Development Mechanism (CDM), de Joint Implementation (JI) en het Emission Trading Scheme (ETS).

- *CDM's* stellen industrielanden in staat om, aanvullend op besparingen in eigen land, de broeikasuitstoot mondiaal te beperken via duurzame projecten in landen die geen reductieverplichtingen hebben binnen het Kyoto Protocol. Dit zijn veelal ontwikkelingslanden. Aan de hand van 'emissiecredits' (Certified Emission Reductions of CER's) mogen ze de aldus gerealiseerde besparingen van hun eigen verplichtingen aftrekken.
- *JI* is een vergelijkbaar mechanisme, maar is bedoeld voor landen die wel een reductieverplichting hebben. JI wordt vooral toegepast in Oost-Europa, waar nog veel kosteneffectieve mogelijkheden zijn om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.
- *ETS* is de handel in emissierechten. Emissierechten geven landen of bedrijven het recht om broeikasgassen of andere schadelijke gassen uit te stoten, bijvoorbeeld kooldioxide (CO₂), lachgas (N₂O), gehalogeneerde koolwaterstoffen (HFK's) en stikstofoxiden (NO_x). In hoofdstuk 3 van 'De Staat van het Klimaat 2008' is uitgebreid ingegaan op het ETS.

uitstoot van niet-CO₂-broeikasgassen circa 40%. Vooral de toename van methaanemissies sinds 2000 met 11% is opmerkelijk, na een periode van gelijkblijvende emissies in de jaren 90. De mondiale uitstoot van gefluorideerde broeikasgassen is sinds 2000 met 40% gestegen, vooral door een toename van de uitstoot van HFK's in de Verenigde Staten en in mindere mate in de Europese Unie en China. In China zijn ook de SF₆-emissies de laatste jaren zeer sterk gestegen door de uitbreiding van het elektriciteitsnetwerk. Hoewel de uitstoot van deze andere broeikasgassen in absolute hoeveelheden veel lager is dan CO₂, is hun broeikaswerking veel groter, waardoor ze samen (indien uitgedrukt in CO₂-equivalenten) een kwart bijdragen aan de totale jaarlijkse uitstoot.

2.2 Invloed van de economische recessie op de emissies

Wereldwijd

Volgens voorlopige cijfers van het CPB is de wereldeconomie in 2009 gekrompen met bijna 2%. In 2010 wordt weer uitgegaan van een groei van 2,5%. Volgens het Internationaal Energie Agentschap (IEA) zullen ten gevolge van de economische crisis de uitgaven voor exploratie van olie en gas in 2009 naar verwachting 21% lager zijn dan in 2008. De mondiale elektriciteitsvraag zal in 2009 voor het eerst sinds 1945 dalen. In 2008 daalden de broeikasgasemissies van de elektriciteitssector met 2,8% tot 5.8 miljard ton CO₂-equivalent, het laagste niveau sinds 2000. In de OESO (de 'rijke landen') daalde de totale energieconsumptie in 2008 met 2,2%, waarbij het effect van de economische crisis in de VS aanmerkelijk groter was dan 2,2%. Wereldwijd blijkt het door de

financiële crisis steeds lastiger te zijn om projecten voor hernieuwbare energie gefinancierd te krijgen. Het gevaar op Nederlands niveau (zie hieronder) dat emissies op langere termijn (sterk) gaan groeien door achterblijvende milieuvriendelijke investeringen speelt ook op modiaal niveau: in het laatste kwartaal van 2008 en in het eerste kwartaal van 2009 daalde deze investeringen sterk. Echter, in het derde en vierde kwartaal veerde de investeringen weer op om uiteindelijk in 2009 slechts 6,5% lager uit te komen dan in 2008. In Amerika en Europa was de daling sterker (14% en 25%), maar vooral door de enorme investeringen van China in windenergie, bleven de investeringen op mondiaal niveau toch redelijk op peil.

Europese Unie

Volgens schattingen van eind vorig jaar is de economie van de EU in 2009 met ruim 4% gekrompen, dat is sneller dan het wereldgemiddelde. Het herstel zal in 2010 waarschijnlijk kleiner zijn (minder dan 1% groei). Voor de CO₂-emissies geldt dat het Europees Emissiehandel Systeem (ETS), waaronder ongeveer de helft van de emissies valt, een stabiliserende werking heeft omdat de emissies begrensd zijn door een emissieplafond. De economische crisis heeft geen invloed op de hoogte van dit plafond, waardoor fluctuaties in de economische ontwikkeling zich slechts ten dele vertalen in fluctuaties in emissies. Het enige effect van de crisis is dat de prijs van emissierechten daalt, omdat de vraag naar energie terugloopt. Dat kan leiden tot een lagere prikkel voor investeringen in energiebesparing.

Nederland

In 2009 kromp de Nederlandse economie, volgens de schattingen van eind 2009, met bijna 5%. Ook voor 2010 is het beeld met een geraamde nulgroei nog steeds niet goed⁵⁴. Naast een terugval in de export (15%), namen ook de investeringen onder invloed van de recessie af (7%). De mate waarin de emissies afnemen is echter niet alleen afhankelijk van de totale krimp, maar ook van de verdeling over de verschillende bedrijfstakken. Zo geldt voor de chemische en de metaalindustrie dat ze een hoge uitstoot van emissies hebben, ten opzichte van hun aandeel in de economie. Een andere bepalende factor zijn de energieprijzen, die bepaald worden door de olieprijsontwikkeling: door de wereldwijde recessie zal de vraag naar olie teruglopen, wat een neerwaarts effect op de prijs heeft. Een derde factor die de emissies beïnvloedt, is de mate waarin bedrijven investeren in emissiebeperkende maatregelen. Dit is echter vaak pas op langere termijn merkbaar.

Waar de recessie op korte termijn de emissies doet afnemen, zijn de effecten op lange termijn minder gunstig omdat milieuvriendelijke investeringen onder druk staan. Of in 2010 sprake zal zijn van herstel, is op dit moment nog onduidelijk. Banken zullen terughoudend zijn met de financiering van risicovolle projecten. De lage prijzen van olie en CO₂-emissierechten maken het voor bedrijven minder interessant om in milieuvriendelijke technologie of duurzame energie te investeren. Nationale overheden zullen de komende jaren ook weinig financiële middelen beschikbaar hebben om investeringen in CO₂-reductie te stimuleren. Alleen als de huidige crisis een langdurig dempend effect op de economische groei heeft, zal de verminderde milieuvriendelijke investeringsactiviteit niet leiden tot een sterke groei van de emissies op lange termijn.

Een aantrekkende groei gecombineerd met achterblijvende milieusporende investeringen door bedrijven en consumenten, zal hier wel toe kunnen leiden⁵⁵.

2.3 Nieuwe emissiescenario's van het IPCC

In de afgelopen twee jaar zijn vier nieuwe concentratie- en emissiescenario's ('Representative Concentration Pathways' of 'RCPs') ontwikkeld voor het 5e klimaatrapport van het IPCC dat in 2013 moet uitkomen. De oude IPCC-scenario's zijn afkomstig uit 2000 en voldoen niet meer voor nieuwe analyses. Dit komt onder meer door een toegenomen databehoeftte van klimaatmodellen, maar vooral ook door een veranderde behoefte in de ondersteuning van het klimaatbeleid. Daarom ligt in tegenstelling tot eerdere scenario's de focus niet meer op de verwachte ontwikkelingen *zonder* klimaatbeleid, maar op de effecten van verschillende ambitieniveaus van het beleid. De gekozen scenario's zijn dan ook langs de beleidsas georganiseerd en gaan van 'geen klimaatbeleid' tot 'een zeer ambitieus klimaatbeleid'. Er wordt in de scenario's expliciet rekening gehouden met veranderingen in landgebruik. In totaal zijn vier scenario's uitgewerkt, die overeenkomen met een atmosferische broeikasgasconcentratie van 1400, 870, 650 en 450 ppm CO₂-equivalent in 2100, ofwel met een klimaatforcering van 8.5, 6.0, 4.5 en 2.6 W/m². De scenario's zijn gemaakt door wetenschappers uit Japan, Oostenrijk, VS en Nederland. Het Nederlandse team (dat gebruik maakt van het IMAGE-model) is verantwoordelijk voor het laagste scenario waarin de kans het grootst is dat de gemiddelde wereldwijde temperatuurstijging beperkt blijft tot 2 graden, ervan uitgaande dat de broeikasgasconcentratie na 2100 verder daalt tot 400 ppm.

De scenario's worden doorgerekend met complexe klimaat- en aardsysteemmodellen waarin zowel de atmosfeer als de oceaan gedetailleerd worden gemodelleerd en die weken tot maanden rekentijd nodig hebben voor het één keer doorrekenen van een scenario. Er zijn daarvoor nieuwe databestanden gemaakt met wereldwijde kaarten van emissies van broeikasgassen en verontreinigingen (VOC, CO, SO₂, NO_x en aerosolen) voor de periode van 1850 tot 2000 en landgebruikkaarten van 1700 tot 2100, die in alle modellen op dezelfde wijze worden gebruikt. De doorrekeningen met de klimaatmodellen zijn in het najaar van 2009 gestart en de eerste resultaten worden verwacht in de loop van 2010.

2.4 Kan de opwarming worden beperkt tot 2 graden?

De G-8 landen hebben in 2009 hun interesse uitgesproken om te streven naar een maximale opwarming van 2 graden ten opzichte van het pre-industriële tijdperk, de doelstelling van EU klimaatbeleid. Hiermee heeft deze doelstelling nadrukkelijk aan relevantie gewonnen. Al in 2007 is door het Planbureau voor de Leefomgeving aangetoond⁵⁶ dat het mogelijk is emissies dusdanig te reduceren, dat er een redelijke kans is op het halen van de tweeegradendoelstelling. Het maximaal haalbare lijkt dat in eerste instantie de broeikasgasconcentraties nog wat verder doorstijgen, maar dat

daarna de concentraties tijdig (dat wil zeggen uiterlijk in 2020) gaan afnemen tot het niveau dat correspondeert met een tweegradendoelstelling (de 'piekscenarios'). Studies uit 2009⁵⁷ tonen aan dat de kans op het halen van deze doelstelling sterk afhankelijk is van de cumulatieve emissies tussen 2000 en 2050. Voor een 20-70% kans (450 ppm CO₂-equivalent) op het halen van de tweegradendoelstelling zouden de cumulatieve emissies beperkt moeten blijven tot rond de 1400 miljard ton CO₂-equivalent (ongeveer 40 keer de huidige jaarlijkse emissies) en voor een slaagkans van 40-90% (400 ppm CO₂-equivalent of ongeveer 350 ppm CO₂) tot 1000 Gigaton CO₂-equivalent (30 keer de huidige emissies). Niet alleen de emissies in 2050 zijn dus van belang, maar ook de weg daar naar toe. Er zijn overigens ook andere doelen voorgesteld dan 2 graden, zowel strenger als minder streng.

Studies naar mogelijkheden om de broeikasgasconcentratie in de atmosfeer te beperken tot 450 ppm CO₂-equivalent⁵⁸ laten zien dat dit technisch mogelijk is tegen directe, jaarlijkse kosten van maximaal 2% van het wereldwijde Bruto Nationaal Product (BNP)⁵⁹. Wel zijn er behoorlijke verschillen in kosten tussen landen en tussen verschillende sectoren. De totale omvang van de kosten is vergelijkbaar met de huidige kosten voor milieubeleid in de OESO-landen. Wat betreft macro-economische effecten is er nog veel onzekerheid, maar veel modeluitkomsten laten zien dat reductiemaatregelen leiden tot een afname in de economische groei van maximaal 0,1% per jaar. Belangrijk daarbij is de vroege deelname van opkomende economieën aan internationaal klimaatbeleid en het op termijn bereiken van 'negatieve' emissies. Dit laatste is onder andere te realiseren door het toepassen van grootschalige bio-energie in combinatie met ondergrondse CO₂-opslag⁶⁰. Er is onderzocht⁶¹ of een ambitieus klimaatbeleid (450 ppm CO₂-equivalent in 2100) ook kan worden gehaald bij sterk vertraagde deelname van de opkomende economieën en de ontwikkelingslanden (vertraging tot 2050). De meeste modellen laten zien dat bij zo'n vertraagde deelname de doelstelling niet haalbaar is.

Sommige wetenschappers zijn van mening dat het behalen van de tweegradendoelstelling niet waarschijnlijk of zelfs niet realistisch is, gezien de huidige emissietrends (sterke stijging tot 2006)⁶². Anderen wijzen er op dat het gevaarlijk is om korte termijn trends zomaar door te trekken, zoals bijvoorbeeld blijkt uit het effect van de economische crisis op de emissies van 2008 en 2009 (zie paragraaf 2.1 en 2.2)⁶³. De sterke stijging van de uitstoot in de periode van 2000 tot 2006 kwam voornamelijk door de zeer snelle economische vooruitgang in China, en de daarmee gepaard gaande stijging van het kolengebruik. Naar verwachting zal de economische groei in China op de langere termijn afzakken en zullen ook andere energiebronnen, zoals windenergie, een belangrijke rol gaan spelen.

Alles bij elkaar is het zowel in technisch als economisch opzicht nog steeds mogelijk om aan de tweegradendoelstelling te voldoen. Het vereist dat de mondiale emissies in de komende tien tot twintig jaar een maximum bereiken en dat daarna een sterke daling wordt ingezet. Het bereiken hiervan is vooral een politieke en maatschappelijke uitdaging, waarbij wereldwijd concrete afspraken moeten worden gemaakt en nagekomen.

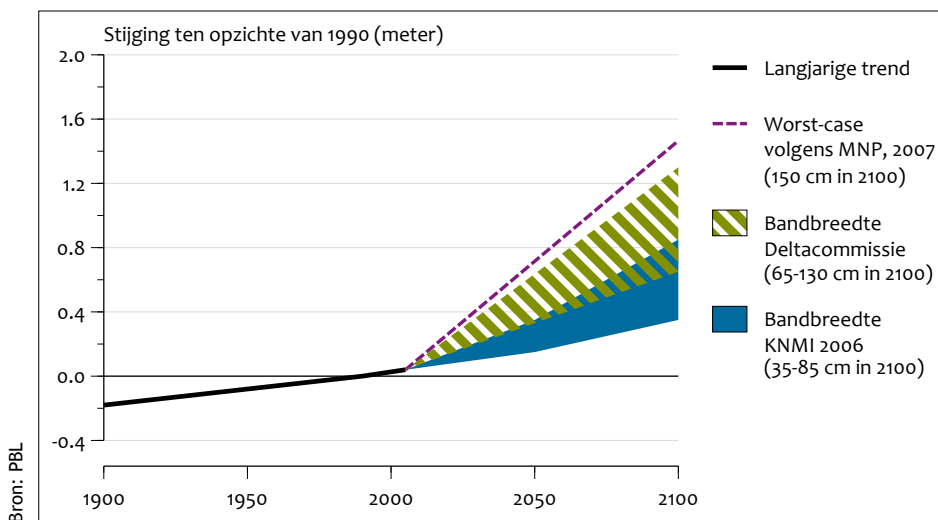
Klimaatadaptatie en waterproblematiek

In Nederland is de afgelopen jaren veel onderzoek gestart naar de impact van klimaatverandering en naar mogelijke maatregelen om sectoren, gebieden en het watersysteem klimaatbestendiger te maken. In de studie 'Wegen naar een klimaatbestendig Nederland'⁶⁴ worden de speerpunten voor een klimaatbestendige ruimtelijke strategie benoemd. Het gaat hierbij om de langetermijnveiligheid tegen overstromingen, de waarborging van de zoetwatervoorziening gekoppeld aan het gebruik voor landbouw en natuur, een klimaatbestendige ontwikkeling van de natuur en de integratie van klimaatopgaven in het stedelijk gebied.

Het waarborgen van de veiligheid tegen overstroming is vooral een probleem in de benedenloop van de grote rivieren, meer dan in het bovenrivierengebied of langs de Noordzeekust⁶⁵. In de programma's 'Ruimte voor de Rivier' en 'Zwakke Schakels langs de Kust' wordt actief gewerkt aan oplossingen vanuit het huidige waterbeheer, maar bij een zeespiegelstijging van meer dan een halve meter zijn aanvullende maatregelen nodig⁶⁶. In navolging van het advies van de Tweede Deltacommissie⁶⁷ worden in het nieuw gestarte Deltaprogramma de mogelijke adaptatiemaatregelen voor de waterveiligheid en een klimaatbestendige zoetwatervoorziening verder verkend. In stedelijke gebieden zijn behalve overstromingsgevaar, ook wateroverlast door hevige regenval en gezondheidseffecten door hitte-stress belangrijke aandachtsgebieden. Het besef groeit dat voor effectieve adaptatie van het waterbeheer internationale samenwerking en kennisontwikkeling onontbeerlijk is.

3.1 Klimaatbestendigheid en waterveiligheid in Nederland

De kwetsbaarheid van Nederland voor klimaatverandering hangt mede af van ons aanpassingsvermogen. Aanpassing aan overstromingsgevaaren gebeurt in Nederland al eeuwen. Maar ook al is Nederland een van de best beveiligde landen ter wereld, klimaatverandering zorgt ervoor dat ons watersysteem blijvend aandacht, en investeringen, behoeft^{65,68}. De kosten van de benodigde dijkversterkingen, zandsuppleties en rivierverruiming zijn niet uitzonderlijk hoog, ook niet bij een stijgende zeespiegel⁶⁶. Jaarlijks gaat het dan om 0,3 à 0,4 respectievelijk 0,6 à 0,7 miljard euro voor aanpassing aan 60 respectievelijk 150 cm zeespiegelstijging in de loop van deze eeuw. Als er nog aanvullende maatregelen worden genomen, bijvoorbeeld het



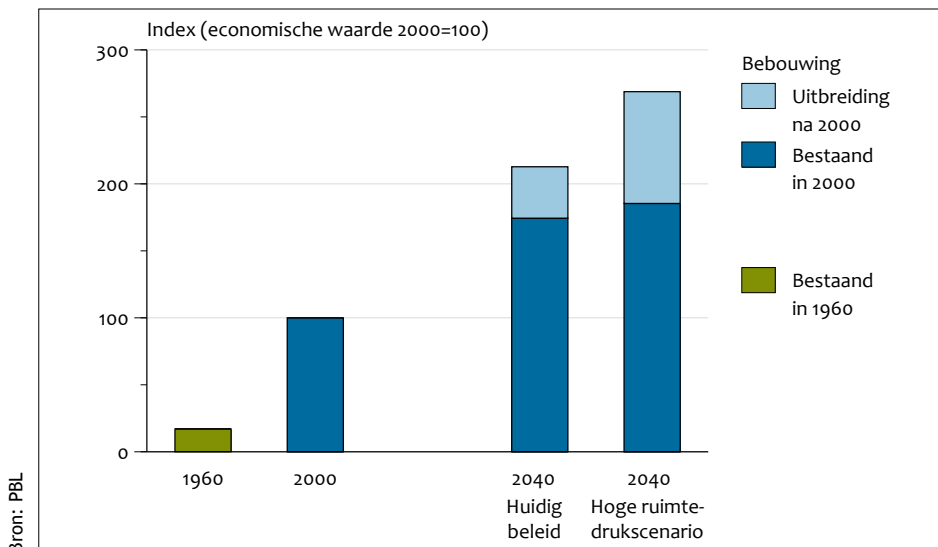
Verwachtingen van de zeespiegelstijging bij Nederland.

ophogen van de bodem voor woningbouw in laag Nederland, dan komt daar zo'n 0,4 tot 1,7 miljard euro per jaar bij, ofwel 0,1-0,5% van het BNP⁶⁷.

Langs de kust is de situatie met de huidige methoden van zandsuppletie en het versterken van waterkeringen goed beheersbaar, ook bij een zeespiegelstijging van ongeveer 1,5 meter in deze eeuw. Er moet dan - vooral qua tempo - wel een schepje bovenop. Voor de grote rivieren geldt dat met meer rivierverruimende maatregelen de waterstanden in het bovenriviereengebied kunnen worden beheerst. Daarvoor is langs de grote rivieren al ruimte gereserveerd, maar als de maatgevende rivierafvoeren fors gaan toenemen is dat onvoldoende. Met het oog op de toekomst is het raadzaam een groter gebied te vrijwaren van belemmerende ruimtelijke ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de IJsseldelta en langs de Waal⁶⁵. De grootste uitdagingen liggen in de overgangsgebieden van rivieren naar zee: het benedenriviereengebied, het zuidwestelijk estuariumgebied en het IJsselmeer. Daar belemmert een hogere zeespiegel de vrije uitstroom van het rivierwater en moet veel water geborgen kunnen worden.

De omgeving van Dordrecht is het meest kritisch. Ingrijpende maatregelen kunnen nodig zijn om de stad te blijven beschermen tegen overstromingen. Zo leren de eerste voorzichtige kansberekeningen dat een oplossing 'afsluitbaar open' voor de Rijnmond niet altijd de nu beoogde waterstandbeheersing kan garanderen⁶⁹. Op lange termijn moet gedacht worden aan andere oplossingen, zoals grootschalige dijkverhoging, een volledige afsluiting van de Nieuwe Waterweg en grootschalige pompinstallaties.

Het waterveiligheidsbeleid met betrekking tot klimaatverandering is tot voor kort gebaseerd geweest op een top-down benadering, waarbij met behulp van klimaat-scenario's van het KNMI geanalyseerd werd wat de gevolgen van klimaatverandering voor rivierafvoeren en waterniveaus zouden kunnen zijn, waarbij dan oplossingen bedacht



Door investeringen in bebouwing en infrastructuur neemt het schaderisico in overstromingsgevoelige gebieden toe.

werden. Zoals ook toegepast in de studie Nederland Later⁶⁵, is in het kader van Nederland Waterland door Deltares een alternatieve benadering gevolgd, de zogenoemde knikpuntenanalyse^{70 71 72}. Hierbij wordt de vraag gesteld hoeveel het klimaat kan veranderen voordat het huidige waterbeheer niet meer toereikend zal zijn. Deze ‘omgekeerde’ analyse sluit goed aan bij de beleidspraktijk, en suggereert dat in geval van een ongunstig klimaatscenario knikpunten eerder kunnen worden bereikt in de zoetwatervoorziening dan in de waterveiligheid.

3.2 Klimaatbestendige zoetwatervoorziening

IJsselmeergebied

Om over voldoende zoet water te beschikken in Nederland, kiest het kabinet voor het versterken van de strategische zoetwaterfunctie van het IJsselmeergebied (Nationaal Waterplan; uitwerking via Deltaprogramma IJsselmeergebied). De beoogde insteek is om op de korte termijn, tot minimaal 2035, in de zomerperiode de fysieke ruimte in de drie compartimenten van het IJsselmeergebied te benutten voor het veiligstellen van de zoetwatervoorraad. De inrichting van het systeem is nu namelijk afgestemd op de strenge veiligheidseisen voor de winterperiode. Gedacht wordt aan een flexibel peilbeheer met een maximaal 30 cm hoger zomerpeil, dat mag uitzakken gedurende de zomer. Op de langere termijn, op zijn vroegst na 2035, kan gebruik gemaakt worden van een grotere waterschijf in het IJsselmeer; hierop zal de inrichting dan moeten worden aangepast.

Als we niets doen zal als gevolg van de verhoogde rivierafvoer in de winter en de stijgende zeespiegel het IJsselmeerpeil gaan meestijgen met de zee. Uitgaande van een

zeespiegelstijging van 1,3 m⁶⁷ leidt dit tot een nieuw ‘natuurlijk’ winterpeil in het IJsselmeer van NAP +0,7m⁷³. Dit peil is lager dan de gemiddelde zeespiegel, want water kan tijdens eb onder natuurlijk verval worden gespuid. Net als voor de korte termijn, is ook in deze situatie in de zomer ruimte om extra water te bergen door het peil op te zetten. Op deze manier kan de peilstijging in het IJsselmeer worden bereikt waar de Deltacommissie vanuit ging (maximaal 1,3 m peilverhoging). Het huidige streefpeil in de winter wordt dan als ondergrens in de zomer aangehouden, zodat scheepvaart en regionaal waterbeheer niet in de problemen komen. Daarnaast zijn de gevolgen voor de IJsseldelta minder omvangrijk, want het winterpeil stijgt minder met de zeespiegel mee (NAP +0,7 m) dan waar de Deltacommissie vanuit ging.

Als vanuit veiligheidsoverwegingen niet gekozen wordt voor spuien onder vrij verval, maar voor gemalen op de Afsluitdijk om het overtollige water kwijt te raken, kan de regionale zoetwatervoorziening worden geregeld via anticiperend peilbeheer en het ruimte bieden aan extra uitzakken. De kosten voor beide opties zijn met elkaar vergeleken⁷⁴, terwijl de (beoogde en niet-beoogde) effecten van de verschillende peilregimes onderwerp zijn van verdere studie. Hier ligt een belangrijke opgave voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied: het waarborgen van de veiligheid en het versterken van de strategische zoetwatervoorraad, rekening houdend met behoeften en wensen ten aanzien van wonen, werken en leven in het gebied.

Zuid-West Nederland

De Deltawerken hebben de beschikbaarheid van zoet water in delen van de Zuidwestelijke delta sterk verbeterd. De komende decennia zullen het zout maken van het Volkerak-Zoommeer en effecten van klimaatverandering de beschikbaarheid van zoet water echter nadrukkelijk beïnvloeden⁷⁵. Daarnaast zal ook de vraag naar zoetwater toenemen met de trend naar meer hoogrenderende, zoutgevoelige en watervragende teelten. De verzilting zal toenemen. Het aanbod van zoet water zal vaker lager zijn dan nu het geval is, terwijl de vraag zal blijven stijgen. De onzekerheden over de toekomstige waterbeschikbaarheid zijn echter groot. In de toekomst zullen in de zomer vaker watertekorten kunnen optreden als de drogere klimaatscenario's bewaarheid worden.

Voorbeeld Goeree-Overflakkee: landbouw sturend of water sturend?

De helft van het water dat vanuit het hoofdwatersysteem op Goeree-Overflakkee wordt ingelaten, is nodig voor het verdunnen en afvoeren van de zoute kwel ('zoetspoelen') en de andere helft om het waterpeil constant te houden. De netto landbouwwatervraag voor beregening is een zeer kleine post op de waterbalans (< 5%). Voor de lange termijn zijn er twee opties voor een klimaatbestendige zoetwaterhuishouding: weerstand blijven bieden tegen verzilting, of meebewegen met verzilting⁷⁵.

Bij een voortzetting van de huidige weerstandstrategie die beoogt verzilting tegen te gaan, moet bij een afnemende waterbeschikbaarheid ook de watervraag voor doorspoelen en peilbeheer verminderen. Dit vraagt om structurele aanpassingen aan het waterhuishoudkundige systeem, zowel regionaal (vergroting van de zelfvoorzienings-

graad) als ook nationaal, zoals een efficiëntere zoutbestrijding op de Nieuwe Waterweg. Bij deze strategie wordt de beschikbaarheid van zoet water voor de landbouw als publieke voorziening gehandhaafd, terwijl toch de noodzaak van grootschalige externe aanvoer wordt verminderd.

Als wordt meebewogen met de verzilting, wordt de zoutbestrijding losgelaten. Er is dan geen waterinlaat vanuit de grote wateren meer nodig om de sloten door te spoelen. De landbouwwatervoorziening in deze regio wordt dan losgekoppeld van de waterhuishouding. Dit kan leiden tot de verplaatsing van teelten ('functie mijdt zout'). Maar er zou ook een markt kunnen ontstaan voor private levering van zoet water via de waterketen. Een natuurlijke, meebewegende, klimaatadaptieve waterhuishouding leidt dan tot kunstmatige, technische oplossingen om de landbouw van zoet water te voorzien. Het telen van zoutresistente gewassen zal slechts in geringe mate bijdragen aan een oplossing.

3.3 Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op natuur

De veerkracht van de Nederlandse natuur moet worden vergroot om de mogelijke gevolgen van klimaatverandering op te kunnen vangen. Dit kan worden bewerkstelligd door het creëren van grotere en beter verbonden natuurgebieden, het creëren van betere milieuocondities (o.a. ecohydrologie), bij locatiekeuzes sterker aan te sluiten bij de natuurlijke gradiënten en het versterken van internationale samenwerking⁶⁴.

In 2009 is onderzocht hoe de effecten van veranderingen in de hydrologie doorwerken op de vegetatie van Nederland⁷⁶. Deze studie is gebaseerd op de ecohydrologische effecten van het natte W-scenario en het drogere W+-scenario van het KNMI (met een wereldgemiddelde temperatuurstijging van 2 graden in 2050)⁷⁷. Dit heeft geresulteerd in een voorlopige schetskaart van ecohydrologische effecten. De schetskaart geeft inzicht in de mogelijke veranderingen in ecosystemen als gevolg van veranderingen in de ecohydrologie. De onzekerheden, die inherent zijn aan deze studie, geven echter onvoldoende basis voor vergaande beleidsbeslissingen, zoals het opgeven van bepaalde natuur.

Wel kan geconcludeerd worden dat de grootste effecten op de vegetatie worden verwacht voor ecosystemen die volledig afhankelijk zijn van neerslag, zoals droge duingraslanden, heide (droog en nat), bossen, hoogveen en vennen. De impact van het W+-scenario op de ecohydrologie is groot, omdat in dit scenario het vochttekort aanzienlijk zal toenemen. Hierdoor neemt het aantal droogteresistente soorten toe en zal het zwaartepunt van het groeiseizoen verschuiven naar het vroege voorjaar. De ontwikkeling van levend hoogveen in Nederland is onder het W+-scenario waarschijnlijk kritiek, omdat dit natuurype zeer verdrogingsgevoelig is en veel koudeminnende soorten herbergt.

De kwel naar lage gebieden zal in het natte W-scenario toenemen. Deze toename is gunstig voor ecosystemen die afhankelijk zijn van kwelwater, zoals beekdalen en schraalgraslanden. In het droge W+-scenario neemt de kwel mogelijk ook toe. De

vegetatie reageert op watertekorten door de verdamping sterk te reduceren, waardoor er alsnog een neerslagoverschot kan ontstaan. Hiernaar is modelonderzoek gedaan in de kustduinen van Nederland⁷⁸.

Waterbeheersmaatregelen leiden voor de natuur vaak tot veel grotere effecten dan die van klimaatverandering zelf. Dat geldt bijvoorbeeld ook rond het gebruik van het IJsselmeer als zoetwatervoorziening, waarvoor men overweegt het waterpeil te laten meestijgen met de zeespiegel. De waterdiepte neemt dan toe, maar omdat de dijken het gebied begrenzen, kunnen ecosysteemtypen niet opschuiven en zullen ze op termijn verdrinken⁷⁹. Peilverhoging, al of niet in combinatie met onderwaterdrains, kan de toenemende bodemdaling remmen.

Waarheen met het veen?

In 2009 kwam het boek 'Waarheen met het veen?'⁸⁰ uit met de resultaten van onderzoek naar effecten van peilbeheer op bodemdaling en op emissies van broeikasgassen in het westelijk veenweidegebied. Vooral door drooglegging ten behoeve van de landbouw oxideert de veenbodem waardoor de bodem daalt en CO₂ en N₂O vrijkomen. De snelheid van bodemdaling hangt af van de diepte van drooglegging en de samenstelling van de veenbodem (wel of geen kleidek) en bedraagt soms meer dan 1 m per eeuw. Bij extreme klimaatverandering (scenario W+) kan de bodemdaling toenemen tot 1,80 m per eeuw.

Uit veldonderzoek bleek dat extensief en intensief beheerde veenweide-polders jaarlijks tussen de 20 en 30 ton broeikasgassen per hectare (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) uitstoten. Berekend is dat dit voor alle veenweidegebieden in Nederland neerkomt op een totale uitstoot aan broeikasgassen, die vergelijkbaar is met de emissie van 1,7 miljoen personenauto's. Wanneer in een veenweidepolder echter het waterpeilbeheer wordt aangepast waardoor vernatting optreedt, en landbouw plaats maakt voor natuur, wordt de broeikasgasbalans ongeveer neutraal of zelfs licht negatief. Dan worden broeikasgassen vastgelegd in plaats van uitgestoten. Dit komt doordat kooldioxide niet vrijkomt door de veenoxidatie, maar wordt vastgelegd in de groeiende planten in het natuurgebied die, anders dan bij landbouwkundig gebruik, niet worden afgevoerd.

3.4 Klimaatverandering in het stedelijk gebied

Waterrobuust Bouwen

De komende jaren zet de verstedelijking in Nederland door, vooral in de Randstad. Wat betreft klimaatverandering is het stedelijk gebied vooral kwetsbaar voor een toename van extreme weersomstandigheden. Wateroverlast als gevolg van piekbuien, droogte en hitte kunnen leiden tot meer economische schade en tot negatieve gevolgen voor de ecologie en de volksgezondheid. Om schade nu en in de toekomst zo veel mogelijk te voorkomen is extra aandacht nodig voor de inrichting en het beheer van het stedelijk gebied⁶⁴.

Waterrobuust Bouwen⁸¹ biedt een strategie en een overzicht van maatregelen om het stedelijk gebied waterrobuust in te richten, en daarbij de juiste maatregelen te kiezen,

Waterrobuust bouwen

*De kracht van kwetsbaarheid
in een duurzaam ontwerp*

Bron: Deltares, Witteveen en Bos



Adaptatie gaat ook over duurzaam ontwerpen.

maatregelen die aansluiten bij de lokale condities, toekomstige ontwikkelingen en eisen van alle betrokkenen. De strategie gaat in op een gebiedsanalyse aan de hand van de lagenbenadering uit de Nota Ruimte (ondergrond, netwerklaag, occupatielaag), op een analyse van de kwetsbaarheid⁸², en vervolgens op een strategische keuze van maatregelen. Een goede samenhang daarin is van belang om de kosten te beperken en uiteindelijk tot een waterrobuust geheel te komen.

Waterrobuust bouwen biedt gemeenten, provincies, waterschappen, projectontwikkelaars, bouwbedrijven, woningbouwcorporaties en belangengroepen de mogelijkheid om risico's te beperken en het stedelijk gebied duurzaam in te richten. Het is een effectieve manier om onze leefomgeving te laten meebewegen met de klimaatverandering.

Buitendijks Bouwen

Vanwege de druk op de ruimte worden steeds meer buitendijkse terreinen (her)ontwikkeld, niet alleen in Nederland maar in alle dichtbevolkte delta's. Dit schept kansen voor innovatief bouwen en het ontwikkelen van klimaatbestendige oplossingen. Voor de benedenrivierenregio heeft de provincie Zuid-Holland in de periode 2006 - 2009 een 'Risicomethode buitendijks bouwen'⁸³ ontwikkeld. Langetermijneffecten van klimaatverandering (zeespiegelstijging en piekafvoer van de grote rivieren) zijn hierin meegenomen via het sluitregime van de Maeslantkering. De methode weegt het provinciaal belang van een gebruiksfunctie af aan de kwetsbaarheid van die functie bij

hoogwater. Bij het provinciaal belang gaat het om een ‘ja, mits’ benadering: ontwikkelingen zijn toegestaan, maar pas na het nemen van maatregelen om de kwetsbaarheid of de kans op hoogwater te verkleinen. In deze risicobenadering is de kwetsbaarheid uitgewerkt voor vijf schadecategorieën die voor de afweging van belang zijn, zoals het aantal slachtoffers en de mate van maatschappelijke ontwrichting. De provincie Zuid-Holland zal de risicomethode buitendijks in een tiental praktijksituaties uittesten.

Wateroverlast

In dichtbebouwde stedelijke gebieden worden de belangrijkste problemen gevormd door wateroverlast en gezondheidseffecten vanwege het zogenoemde hitte-eilandeffect. Er worden frequentere en zwaardere buien verwacht, waarbij enerzijds meer water op straat geaccepteerd zou moeten worden of de afwateringssituatie verbeterd. RIONED heeft voor deze problematiek aanbevelingen geformuleerd⁸⁴. Rotterdam bereidt zogenaamde waterpleinen voor tijdelijke waterberging voor. Hiernaast worden problemen verwacht met langere en frequentere perioden met hogere temperaturen (hittegolven), die vooral voor ouderen en andere zwakkere bevolkingsgroepen een probleem kunnen vormen.

Hitte-eilanden

In Nederland zijn er tot de zomer van 2009 twee onderzoeken naar het stedelijk hitte-eilandeffect (Urban Heat Island-effect) uitgevoerd, de eerste in 1971 en de andere

Urban Heat Island-effect: Meten is weten..!

Foto: Wageningen UR



de afgelopen twee jaar. Onder de vlag van het Rotterdam Climate Initiative is in augustus 2009 gestart met het uitvoeren van meetproeven met speciaal ingerichte bakfietsen. Met een aantal meteorologische instrumenten, gevoed via een zonnepaneel, wordt op deze bakfietsen langs de route op vaste intervallen vanaf een halve meter boven de grond gemeten. Hoe de mens warmte ervaart, wordt bepaald door luchttemperatuur samen met straling, luchtvochtigheid en wind. De eerste resultaten worden in 2010 verwacht. Op een vergelijkbare manier is er de afgelopen jaren op meer dan 100 dagen in Utrecht gemeten. Daarnaast worden gegevens geanalyseerd van weeramateurs en van het Gladheids Meldings Systeem om het UHI-effect beter te kunnen kwantificeren.

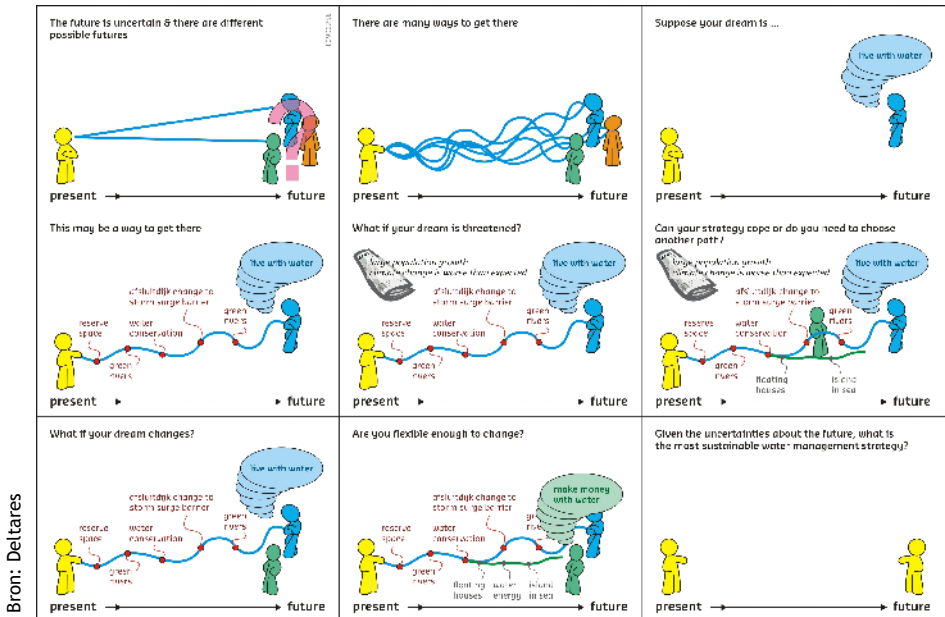
Het stedelijk hitte-eilandeffect is ook van belang in relatie tot de buiten- en binnenluchtverontreiniging en blootstelling daaraan. Een bekend voorbeeld is de zomer van 2003 toen een groot aantal mensen, vooral in steden, kwam te overlijden.

In 2009 is 'Heat in the City'⁸⁵ gepubliceerd (TU Delft, SBR). Deze definitiestudie inventariseert de aanwezige kennis en kennislacunes over hittestress in Nederland en onderzoekt mogelijkheden om hittestress tegen te gaan. De mogelijkheden om het Urban Heat Island-effect aan te pakken zijn zeer gevarieerd en op verschillende schaalniveaus uitvoerbaar. Op straat- en gebouwniveau zijn groene daken en gevels, verhogen van reflectie, thermische eigenschappen van materialen en permeabele straatoppervlakken mogelijke adaptatiemaatregelen. Meer beschaduwing en meer water kan bij elke (her)inrichting overwogen worden. Op regionaal niveau kunnen natuurlijke bronnen van koelte (bossen, parken en plassen) een belangrijke bijdrage leveren aan het leefbaar houden van de steden. Uit de 'Heat in the City'-studie blijkt dat het vergroten van schaduwoppervlakken en verdamping gecombineerd het beste resultaat leveren. Het planten van bomen komt uit verschillende studies als beste optie naar voren. Het is echter niet bekend hoeveel invloed het planten van een boom of een gedeelte van een park uitoefent op het stadsklimaat. Kennis over hittestress in de ruimtelijke ordening blijkt zeer beperkt. Wel zijn maatregelen opgenomen in het Nationaal Hitteplan, inclusief een waarschuwingssysteem en aanbevelingen voor zorgverleners en zorginstellingen voor aanpassing van de zorg⁸⁶.

In de zomer van 2009 is in het kader van het Europese project Future Cities een fotovlucht uitgevoerd boven Arnhem en Nijmegen. Tijdens deze vlucht heeft Alterra Wageningen UR infrarood foto's gemaakt om de 'hot spots' in deze steden vast te stellen. Een systematische analyse met behulp van zogenaamde 'Urban Climate Maps' moet in onderlinge samenhang laten zien wat de ernst van de problematiek in de Nederlandse steden is. De eerste resultaten hebben tot nu toe laten zien dat er weinig verschillen zijn tussen Rotterdam en Arnhem.

3.5 Afwegingen en ruimtelijke planvorming

De onzekerheid over de omvang en het tempo van klimaatverandering vormt een essentieel punt bij beslissingen over de ruimtelijke inrichting. Zo rijst vaak de vraag of we proactief aan de slag moeten om toekomstige problemen te voorkomen, met het



Bron: Deltares

Sustainable water management strategies in an uncertain future: are you flexible enough to change if needed?

risico dat we nu maatregelen nemen die uiteindelijk niet nodig blijken te zijn, of dat we beter kunnen afwachten hoe de situatie zich ontwikkelt, met het risico dat we dan te laat zijn met maatregelen, of dat ze veel duurder zijn geworden dan nodig. Daarom wordt er gewerkt aan het ontwikkelen van een afwegingskader voor klimaatbestendigheid ten behoeve van het toetsen van ruimtelijke ontwikkelingen.

De huidige wet- en regelgeving biedt voldoende mogelijkheden om adaptatiedoelen in ruimtelijke plannen op te nemen. Belangrijk daarbij is dat de overheid heldere ambities stelt voor de klimaatbestendigheid van de Ruimtelijke Hoofdstructuur. Daarbij gaat het om de grootschalige waterverdeling en watervoorziening, de kans op overstromingen, natuur, de rijksinfrastructuur, nutsvoorzieningen en de bestrijding van ziekten en plagen⁶⁴. Er moet vroegtijdig rekening worden gehouden met mogelijke discrepanties tussen ruimtelijke plannen en klimaatbestendigheid. Dit biedt kansen voor synergie en innovatieve oplossingen op verschillende schaalniveaus. Een ‘klimaatwijzer’ als richtlijn voor ruimtelijke ordenaars is in voorbereiding. Ook wordt gewerkt aan het ontwikkelen van een landelijke klimaateffectatlas⁶⁷, waarin inmiddels een groot aantal klimaat-effecten te raadplegen is. De atlas wordt onder andere door de provincies gebruikt bij het inbrengen van klimaatinformatie in ruimtelijke planvormingstrajecten. In de ‘Routeplanner-studies’ staan verdere aanbevelingen voor afwegingsprocessen op nationaal, provinciaal en projectniveau⁶⁸.

Daarnaast zijn strategieën nodig, waardoor we beter om kunnen gaan met onzekere ontwikkelingen, zoals de effecten van klimaatverandering op rivierafvoeren, de druk op de ruimte en economie, en veranderende wensen, visies en doelen vanuit de

maatschappij. Scenarioanalyses kunnen dienen om de effectiviteit van strategieën te toetsen. Maar terwijl er grote vooruitgang is geboekt in het ontwikkelen van klimaat- en hydrologische modellen, beperkten scenariostudies zich tot voor kort vaak tot het evalueren van een of twee momenten in de toekomst, meestal 2050 en 2100.

Inmiddels is er een voor het waterbeheer innovatieve methode van scenarioanalyse ontwikkeld^{89, 90}. Elementen hierin zijn de toepassing van sociaal-culturele *perspectieven*, en het opstellen en evalueren van *transient scenario's*. Een perspectief kan worden opgevat als een 'bril' waardoor men naar de wereld kijkt; deze bepaalt daarmee onze doelen en waarden, verwachtingen voor de toekomst, en voorkeur voor strategieën. Transient scenario's beschrijven het verloop in de tijd van klimatologische en socio-economische ontwikkelingen, hun effecten op het watersysteem en de reactie van het waterbeheer hierop. Uit deze scenario's komt een groot aantal mogelijke adaptatiepaden. De methode illustreert dat het verminderen van de kwetsbaarheid voor weersextremen (klimaatvariabiliteit) het meest belangrijk is voor het succes van strategieën op de korte termijn. Eerst voor de langere termijn is het belangrijk om ook de verwachte effecten van klimaatverandering mee te nemen⁸⁷. Toevallige omstandigheden spelen hierbij eveneens een rol: een bijna-overstroming kan heel goed de katalysator zijn voor het ontwikkelen van een lange termijn klimaatadaptatiestrategie.

Ruimtelijke ordening houdt zich per definitie bezig met (middel)langetermijnbeleid. Aangezien veranderingen in het ruimtelijk beleid de neiging hebben zich zeer geleidelijk te voltrekken is het een belangrijke opgave om nu reeds de opgedane inzichten een plaats te geven in het vigerende ruimtelijk beleid. Immers, indien er nu reeds voorgesorteerd kan worden in de ruimtelijke ordening op aanpassing aan veranderende (klimaat)omstandigheden, zullen de uiteindelijke adaptatiemaatregelen relatief moeiteloos in het bestaande ruimtelijke ordeningsstelsel kunnen worden ingebed. Met andere woorden, met deze werkwijze worden de 'natuurlijke' weerstanden in het systeem geminimaliseerd.

De actuele beleidsagenda biedt voldoende mogelijkheden om op korte termijn de klimaatbestendigheid te vergroten. Zo geeft het Planbureau voor de Leefomgeving aan dat, gegeven de verwachte grote investeringen in de stedelijke ontwikkeling de komende decennia, met name in het stedelijk gebied een belangrijke 'window of opportunity' ligt om de klimaatbestendigheidsopgave op te pakken en te combineren met andere maatschappelijke doelen, zoals verbeteren van de leefomgevingskwaliteit en het terugdringen van broeikasgasemissies. Hoewel de kennis en technieken daarvoor beschikbaar zijn, komt dit echter niet vanzelfsprekend tot stand⁶⁴.

3.6 Internationale ontwikkelingen en verkenningen

Ontwikkelingen in EU- en UN-kader

In april 2009 heeft de Europese Commissie een Witboek uitgebracht over klimaatadaptatie⁹¹. Hierin wordt voorgesteld tot 2010 in een eerste fase Europees beleid te ontwikkelen volgens vier lijnen:

- oprichting van een platform voor kennisuitwisseling en kennisontwikkeling, het zogenaamde ‘Clearing House Mechanism’
- integratie van klimaatadaptatie in alle relevante EU-beleidsterreinen (‘mainstreaming’)
- aanpassing en ontwikkeling van (financieel) instrumentarium
- doorontwikkeling van het externe EU-beleid

De lidstaten blijven hierbij primair verantwoordelijk voor adaptatie aan klimaatverandering, waarbij de Europese Commissie een faciliterende rol zal vervullen.

Een goed voorbeeld van hoe in een transnationale context landen samen afspraken kunnen maken over adaptatiemogelijkheden in het waterbeheer, wordt gegeven door de UN Economic Commission for Europe. Deze organisatie publiceerde in november 2009 onder haar Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes een guidance document⁹². Nederland leverde een belangrijke bijdrage aan de totstandkoming van dit document. Op Europese schaal vormde de recent aangenomen Europese Hoogwaterrichtlijn een belangrijk kader voor afstemming van adaptatiestrategieën voor de grensoverschrijdende stroomgebieden.

Verkenning van adaptatiebeleid in andere landen

Een vergelijkende analyse van de ontwikkeling van adaptatiestrategieën in veertien Europese landen⁹³ richtte zich op generieke aspecten van het adaptatiebeleid, zoals interacties tussen wetenschap en beleid, communicatie, schaalniveaus en beleidsintegratie. In alle landen speelt de wetenschap hierbij een belangrijke rol. De manier waarop wetenschappelijke kennis wordt overgedragen verschilt echter sterk. Slechts enkele landen (Duitsland, Engeland, Finland, Nederland) hebben specifiek op adaptatie gerichte onderzoekprogramma’s. Alle landen erkennen de noodzaak om ook op regionaal en lokaal niveau goed te communiceren met alle betrokken partijen. In het Verenigd Koninkrijk vervult het UK Climate Impacts Programme als brugorganisatie een voortrekkersrol op dit punt.

De studie laat zien dat de verantwoordelijkheden en rollen op lokaal, regionaal, nationaal en Europees niveau vaak nog onduidelijk zijn. Landen met een federale structuur, zoals Duitsland, Spanje en het Verenigd Koninkrijk, staan op dit punt voor een extra moeilijke opgave. Ook blijkt het lastig te zijn om klimaatadaptatiebeleid te integreren met het bestaande beleid voor specifieke sectoren, zoals waterbeheer, landbouw, gezondheid of toerisme. Wel is het zo dat alle landen het belang hiervan erkennen.

De meeste landen in Europa bevinden zich qua planvorming in ongeveer dezelfde fase bij het ontwikkelen van nationaal adaptatiebeleid. Het Verenigd Koninkrijk, Finland en Nederland kunnen als voorlopers worden beschouwd. Er zijn overigens interessante verschillen in benadering tussen de verschillende landen⁹⁴. Waar in Nederland bij kustveiligheid voor een proactieve aanpak wordt gekozen (Tweede Deltacommissie), kiest Denemarken bewust voor een reactieve benadering. De strategie van de Denen is om problemen op ad-hoc basis aan te pakken, binnen bestaande wet- en regelgeving. Een andere interessante bevinding is dat diverse landen, zoals Finland, Duitsland, Spanje en Frankrijk, expliciet de impact van klimaatverandering elders in de wereld

meenemen in hun nationale strategie, niet alleen omdat de ontwikkelingslanden kwetsbaarder zijn dan de Europese landen, maar ook omdat impact elders in de wereld via internationale verbindingen zoals handel, vluchtelingen en veiligheidsproblemen gevolgen kan hebben voor Europese landen. In Nederland heeft deze problematiek nog relatief weinig aandacht gekregen.

Versterking van de kennisinfrastructuur

Het besef groeit dat veel vraagstukken rond aanpassing aan klimaatverandering een internationale gegevens- en kennisinfrastructuur behoeven. De derde World Climate Conference van de World Meteorological Organisation die eind augustus 2009 in Geneve gehouden werd, was geheel aan deze problematiek gewijd. Regeringsvertegenwoordigers op ministersniveau, spraken zich uit voor de oprichting van een 'Global framework on climate services'.

Ook op Europese schaal is er toenemende activiteit om inspanningen te bundelen en te komen tot grensoverschrijdende klimaatprojecties. Dit uit zich o.a. in workshops, zoals de 'International Workshop on Climate Services', die in september 2009 werd gehouden, in EU-calls for proposals waarin gevraagd wordt om het ontwikkelen van een internationale kennisinfrastructuur, en bilaterale initiatieven rond stroomgebieden van de Rijn en Donau.

Kennis delen in deltagebieden wereldwijd: de Delta Alliance

Wereldwijd leven meer dan een half miljard mensen in rivierdelta's⁹⁵. Delta's zijn belangrijk, maar ook kwetsbaar. Veel delta's in de wereld ervaren soortgelijke problemen met betrekking tot demografische en economische ontwikkelingen, snelle urbanisatie, en uitdagingen om het waterbeheer daarop aan te passen. Daar komt het omgaan met de mogelijke effecten van klimaatverandering bij. Door samen te werken aan deze problematiek kunnen betrokkenen in deze delta's sneller leren en werken aan klimaatbestendige handelingsperspectieven.

In 2009 heeft het onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat het initiatief genomen om samen met Leven met Water en het Cooperative Programme on Climate and Water de Delta Alliance⁹⁶ op te richten. Deze alliantie is een internationaal netwerk dat zich bezig houdt met adaptatie aan klimaatverandering in deltagebieden. Dat betreft integraal water- en kustbeheer, voedselvoorziening, stedelijke ontwikkeling en ruimtelijke planning. De Delta Alliance zal de internationale uitwisseling en verdere ontwikkeling van kennis stimuleren, de toepassing daarvan ondersteunen en een platform bieden om opgedane ervaringen en 'best practices' met elkaar te delen. Daartoe omvat het netwerk zowel universiteiten en kennisinstellingen als overheden, ingenieurs- en adviesbureaus en NGO's.

4

Energie- en mitigatiebeleid

Het terugdringen van de broeikasgasuitstoot is zowel een technisch als vooral een politiek probleem. De diverse energiestenari's op nationaal, Europees en mondiaal niveau laten zien dat de emissies aan broeikasgassen gestaag blijven toenemen.

Zowel Nederland als de Europese Unie proberen het economisch herstel zodanig te bevorderen dat ook mitigatiemaatregelen en het milieu hiervan profiteren. Bijvoorbeeld door het bevorderen van windenergie op zee en CO₂-opslag. Internationale afspraken zijn onontbeerlijk voor het oplossen van het klimaatprobleem. Tot op heden gaat het in overleggen, zowel op Europees als mondiaal niveau, echter nog vooral om plannen en goede bedoelingen.

4.1 Terugdringen CO₂-emissies

IEA World Energy Outlook

De CO₂-emissies zullen in 2009 volgens het International Energy Agency (IEA) mondiaal 3% lager liggen dan in 2008 werd geschat, als gevolg van de wereldwijde economische recessie⁹⁷. Deze daling zal volgens het IEA nog zeker twintig jaar doorwerken. Zo zal in 2020 de mondiale CO₂-uitstoot bijna 2 Gigaton lager liggen dan in de World Energy Outlook uit 2008 werd geschat⁹⁸.

Als gevolg van de economische crisis wordt mogelijk een derde van de benodigde reductie bereikt die nodig is om met een redelijke kans binnen de grens van 2 graden opwarming van de aarde te blijven. Naast een referentiescenario waarbij de mondiale CO₂-emissies van energiegebruik oplopen tot meer dan 40 Gigaton, schetst het IEA een 450 ppm beleidsvariant, waarmee de emissies in 2030 op 25 Gigaton uitkomen.

Echter, zonder aanvullend beleid en met te weinig investeringen in efficiënte, hernieuwbare en CO₂-arme technologie, zal de CO₂-uitstoot blijven groeien. Naast energiebesparing zijn ook forse investeringen in nieuwe energietechnologie nodig. Beide opties dragen dan ieder de helft van de resterende tweederde aan benodigde reductie bij. Deze doelstellingen ten aanzien van de benodigde investeringen en technologieontwikkeling zijn ambitieus (zie ook paragraaf 2.2).

Aanvullend beleidsakkoord Nederlands kabinet

Het Nederlandse kabinet wil met behulp van een aanvullend beleidsakkoord twee

vliegen in een klap slaan: het bevorderen van economisch herstel en meer energiebesparing en hernieuwbare energie⁹⁹. Het kabinet wil dat bereiken met een pakket van stimulerende maatregelen die tevens de oorspronkelijke kabinetsdoelstellingen van het programma Schoon en Zuinig bevorderen. Die doelstellingen zijn 30% broeikasgasemissiereductie in 2020 ten opzichte van 1990, 20% duurzame energie en 2% energiebesparing per jaar. Schoon en Zuinig bestaat uit vele beleidsacties: subsidies, fiscale maatregelen, regelgeving, afspraken en sectorakkoorden die door verschillende departementen worden uitgevoerd. Voor energiebesparende maatregelen en maatregelen om de bouw op gang te houden is voor de periode 2009-2010 ruim 700 miljoen euro vrijgemaakt. Ook het gebruik van windenergie wordt gestimuleerd. Het kabinet wil eind 2011 de omvang van windenergie op land hebben verdubbeld tot 4000 Megawatt. Voor windenergie op zee wil het kabinet bereiken dat er eind 2011 zekerheid is voor in totaal 950 Megawatt extra. In het programma Schoon en Zuinig lag de lat nog op 450 Megawatt. Het kabinet stelt de middelen beschikbaar om deze groei mogelijk te maken. Ook de Europese Commissie stelt extra middelen voor windenergie en opvang en opslag van CO₂ beschikbaar (zie paragraaf 4.2 en 4.6).

Een structurele maatregel om de subsidies voor Stimulering Duurzame Energie (SDE) te financieren is een opslag op de stroomprijs. Nu worden de benodigde subsidies nog uit de lopende rijksbegroting gefinancierd, die ieder jaar weer opnieuw moet worden vastgesteld en onzekerheden voor de producenten van hernieuwbare energie oplevert. Als indicatie van wat voor het jaar 2020 mogelijk is, noemt het kabinet in een brief aan de Tweede Kamer een aandeel van 35% elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. De technische mogelijkheden om dit te realiseren zijn doorgerekend in de 'Verkenning' van het programma Schoon en Zuinig¹⁰⁰.

Behalve het nationale tussendoel voor duurzame energie in 2011, is voor Nederland ook de Europese duurzame elektriciteitsdoelstelling voor het jaar 2010 van belang. De Verkenning raamt voor 2010 een aandeel van iets meer dan 9%, gelijk aan het doel. De Nederlandse Kyoto-verplichting voor de reductie van broeikasgassen in de periode 2008-2012 wordt waarschijnlijk gehaald, mede dankzij het aankopen van emissiereducties in ontwikkelingslanden via het Clean Development Mechanism, en sinds dit jaar ook met Joint Implementation uit Oost-Europa¹⁰¹. Deze conclusie is niet afhankelijk van de mate waarin de huidige economische recessie doorwerkt.

Voor Nederland komt een groot gedeelte van het klimaatbeleid uit Brussel. Met name het Europese emissiehandelssysteem is belangrijk. De sectoren die onder de emissiehandel vallen, liggen op schema voor wat betreft hun emissiereducties. Voor de niet-emissiehandelssectoren (zoals transport en gebouwen) is het nog onduidelijk of de voor 2020 geplande reductie van broeikasgassen wordt gehaald. Het beeld varieert van het halen van de doelstelling tot een tekort van 16 Megaton. Aanvullend beleid kan dus nodig zijn en wordt daarom voorbereid. Voor de lange termijn is onderzocht welke opties in de elektriciteitsopwekking noodzakelijk zijn om de klimaatdoelstellingen voor het jaar 2050 te halen¹⁰³. Hieruit blijkt dat op mondiaal en Europees niveau alle opties noodzakelijk zijn, inclusief het gebruik van kernenergie, de afvang en opslag van CO₂ en het gebruik van biomassa. Voor Nederland zijn volgens het Planbureau voor de Leefomgeving in ieder geval CO₂-afvang en -opslag en biomassa onontbeerlijk. De combinatie van die twee leidt zelfs tot negatieve emissies.

Beleidsthema	2011		2020		
	Doelstelling Kabinet	Verwachte resultaten	Doel	Verkenning Schoon en Zuinig	Actualisatie referentieraming ¹⁰²
Broeikasgassen - Mton CO ₂ -equivalenten	maximaal 209	wordt naar verwachting gehaald	150 (=30% t.o.v. 1990)	resterende beleidsopgave is 14-32 Mton	225
Energiebesparing - Petajoule primaire energie per jaar	29 - 61	23 - 54		712 - 842	
Besparingstempo - %/jaar			2	1,2 - 1,5 periode 2011-2020	circa 1,0 periode 2005-2020
Duurzame energie - % duurzame energie - in vermeden Petajoule primaire energie - % biobrandstoffen	29 - 61 4	4 - 6 23 - 54 4	20	5 - 15 175 - 567	5
Extra opgesteld windenergievermogen	2285 Megawatt financieel gecommiteerd	bij succesvolle vergunningverlening ca. 3500 Megawatt mogelijk			

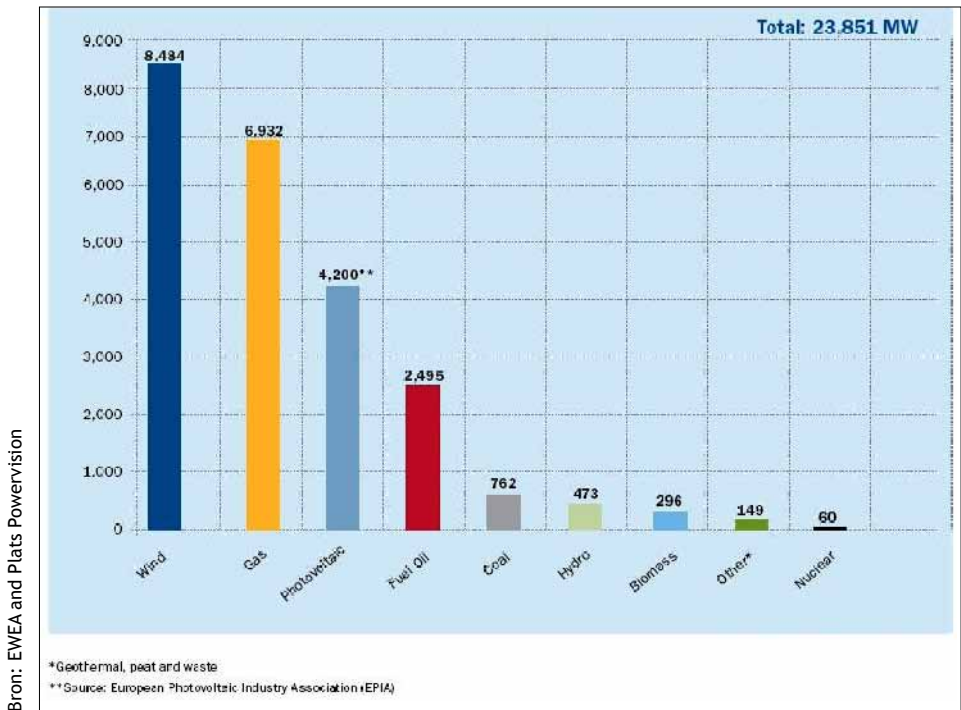
Kabinetsdoelen 2011 en 2020 voor Schoon en Zuinig en verwachte realisatie.

4.2 Hernieuwbare energie

Windenergie is sterkste groeier in Europa

Windenergie is binnen Europa de sterkst groeiende vorm van elektriciteitsproductie. De toename in 2008 was bijna 8500 Megawatt, en daarmee 36% van het totale nieuwe elektriciteitsproductievermogen¹⁰⁴. In de jaren 2009-2012 is binnen Europa veel nieuwbouw van gas- en kolencentrales te verwachten (zie ook paragraaf 4.3).

Als onderdeel van het economisch stimuleringspakket van de Europese Unie heeft de Europese Commissie 165 miljoen euro beschikbaar gesteld voor de ontwikkeling van windenergie op de Noordzee. Windenergie op zee is voor de Europese Commissie en de Noordwest-Europese landen een van de belangrijke opties voor het halen van de doelstellingen. Wel dient de elektriciteitsinfrastructuur voor de inpassing hiervan fors te



Toename van elektriciteitsproductievermogen in Europese Unie in 2008. Windenergie is de grootste groeier, circa 8500 Megawatt windvermogen erbij.

worden uitgebreid. Onderdeel daarvan is het investeren in veel meer en ruimere interconnectieverbindingen tussen de Noordwest-Europese landen, alsmede het aanleggen van de noodzakelijke kabelverbindingen op zee. Dit vereist grote investeringen, zo'n 3 tot 4 miljard euro voor 5400 Megawatt in de periode 2013-2020¹⁰⁵.

Nederland: op weg naar 6000 Megawatt windenergie op de Noordzee

Verdere uitbreiding van windenergie op zee wordt door het kabinet gezien als een van de belangrijkste opties voor het halen van de doelen voor 2020. Op dit moment zijn er twee windparken op zee van in totaal circa 220 Megawatt. Eind 2011 wil het kabinet zekerheid hebben voor 950 Megawatt extra. Zij wil daarvoor financieel commitment van de partijen die in een tenderprocedure plannen hebben ingediend voor de SDE-subsidie. De overheid maakt in 2010 een selectie uit de ingediende plannen die in totaal de 950 Megawatt overschrijden. Voor 2020 is het streven om 6000 Megawatt aan windenergie op de Noordzee te hebben. Er is een concreet plan voor een groot en 'ver weg' windpark op zee, zo'n 75 km uit de kust bij Callantsoog. Daar wil een consortium een demonstratiepark ontwikkelen van maximaal 60 turbines. Het consortium bestaat uit energiebedrijven, windturbineproducenten, offshore aannemers, kennisinstellingen en de nationale stroomtransporteur TenneT. Het zeewater is er 30 tot 35 m diep. Nergens

ter wereld is momenteel een windpark zo ver uit de kust en in deze waterdiepten operationeel. Het project heeft de naam FLOW¹⁰⁶ (Far and Large Off-shore Wind). De omvang van het park is 100 tot 300 Megawatt. Het streven is om het eind 2013 in bedrijf te hebben. Voor de lange termijn is becijferd dat de infrastructuurkosten ('Net op Zee') voor het ambitieuze doel van 6000 Megawatt in 2020 zo'n 5 tot 11 miljard euro gaan bedragen¹⁰⁷. In een studie voor het ministerie van Economische Zaken worden meerdere varianten geschetst om een dergelijke hoeveelheid windenergie technisch te kunnen inpassen in het elektriciteitsstelsel.

Het plan voor Windpark Noordoostpolder (bij Urk) voldoet aan de financiële voorwaarden van het ministerie van Economische zaken. Dit park, met een omvang van 429 Megawatt, wordt het grootste windturbinepark in Nederland. Het park zal 880 miljoen euro SDE-subsidie krijgen om de onrendabele top te compenseren en tevens een investeringssubsidie van maximaal 116 miljoen euro. Dit laatste vanwege het innovatieve karakter van het plan¹⁰⁸.

Kentering in kosten waarneembaar

De prijzen van zowel hernieuwbare als conventionele energietechnologieën nemen sinds 2002 vooral toe¹⁰⁹. Dit geldt voor conventionele kolen- en gascentrales, kerncentrales, maar tevens voor duurzame technologie zoals windenergie en zon-PV (zonnecellen). Deze algehele kostenescalatie werd veroorzaakt door een combinatie van toenemende vraag naar deze technologieën en toenemende kosten voor grondstoffen (staalprijzen) en energie. Waar voor innovatieve en duurzame technologieën eerder vaak leercurves werden verondersteld die, bij verdere toename van het opgesteld vermogen, een kostendaling laten zien, blijkt dat concept in de afgelopen jaren niet geldig te zijn geweest.

In de loop van 2009 wordt een kentering in deze kostenstijgingen waargenomen voor onder andere kolen- en gascentrales en kerncentrales¹¹⁰. Deze, beperkte, daling wordt vooral toegeschreven aan dalende grondstofprijzen en ruimere marktcondities, beide een gevolg van de mondiale economische crisis.

Nederland: nieuwe adviesbedragen subsidies Stimulering Duurzame Energie (SDE)

Wind op zee

In de recentste SDE-schattingen stellen ECN en KEMA dat de kosten van offshore wind medio 2009 hoger liggen dan in vorige schattingen¹¹¹. Van de initiatieven die beoogen mee te dingen naar de 950 Megawatt tender Wind op Zee, zijn 16 initiatieven onderzocht op productiekosten. Die kosten liggen tussen de 16,4 en 18,4 cent per kilowattuur. In deze kosten zijn de netaansluitingen opgenomen.

Wind op land

Op de meest gunstige windlocaties op land kan de kostprijs op 7 cent per kilowattuur uitkomen. Op die locaties is windenergie bijna rendabel toe te passen. De gemiddelde referentietechnologie die de basis voor de SDE-subsidiebedragen vormt, komt echter nog op ruim 9 cent per kilowattuur uit.

Zonnecellen

Voor zonnecellen ('zon-PV') wordt rekening gehouden met een jaarlijkse kostendaling van 7 tot 8%. Indien die ontwikkeling zich doorzet, dan zou in Nederland toepassing van zonnecellen in de gebouwde omgeving rond 2020 tot een kostprijs leiden die vergelijkbaar is met de elektriciteitsmarktprijs voor consumenten. In Amerika wordt voor elektriciteitsproductie voor zon-PV en andere hernieuwbare opties rekening gehouden met respectievelijk een 50%- en 10%-daling aan het eind van 2009, in vergelijking met eind 2008¹¹².

4.3 Nieuwbouw elektriciteitscentrales en gevolgen voor hernieuwbare elektriciteit

Nederland is koploper in Noordwest-Europa met de bouw en plannen voor nieuwe elektriciteitscentrales, zowel ter vervanging van oude capaciteit als voor uitbreiding. Op dit moment is er al circa 10000 Megawatt in aanbouw, in de vorm van drie kolencentrales en zes gascentrales. Hiermee bereikt Nederland een snelle omslag van importeur van stroom naar exporteur^{113 114 115}. Omdat de elektriciteitssector onder het EU ETS valt, heeft de nieuwbouw geen gevolgen voor de CO₂-emissies en de klimaatdoelstellingen voor het jaar 2020.

In de Tweede Kamer werd een motie van GroenLinks aangenomen die stelt dat er aan nieuwe Nederlandse kolencentrales een CO₂-emissionorm van 350 gram per kilowattuur moet worden opgelegd¹¹⁶. Dit is ruim de helft minder dan de nu in aanbouw zijnde kolencentrales van E-ON en Electrabel uit zullen stoten. De motie roept het kabinet op deze norm ook in Brussel te bepleiten. Op basis van de huidige EU-regelgeving is het niet duidelijk of Nederland deze norm eenzijdig kan opleggen. Tevens kan de norm niet meer voor de nu in aanbouw zijnde kolencentrales gaan gelden. Moderne kolencentrales zouden aan de norm kunnen voldoen, indien zij meer dan 50% biomassa zouden meestoken of indien er op grote schaal CO₂ zou worden afgevangen. Het is nog niet duidelijk wat het kabinet met deze motie gaat doen.

Daarnaast is er het plan van het Zeeuwse energiebedrijf Delta om een tweede kerncentrale in het Sloe-gebied te bouwen. De omvang van deze 'Borssele-2' centrale zal met 1600 tot 2500 Megawatt tussen de 3 tot 5 keer de grootte van de bestaande kerncentrale zijn. Naar verwachting van de initiatiefnemer¹¹⁷ kan deze centrale in 2018 in bedrijf worden genomen. Dit plan gaat verder dan wat het kabinet in het Energierapport 2008 voor mogelijk houdt. In dat rapport schetste het kabinet een drietal kernenergie-scenario's: (1) geen nieuwe kerncentrales; (2) een nieuwe kerncentrale ter vervanging van de kerncentrale Borssele eind 2033; (3) nieuwe kerncentrales kort na 2020¹¹⁸. Het kabinet organiseert een overleg tussen stakeholders om deze scenario's te bespreken, als voorbereiding voor een besluit over kernenergie door een volgend kabinet. De milieubeweging geeft te kennen niet aan het overleg deel te willen nemen¹¹⁹.

De beheerder van het hoogspanningsnet TenneT heeft voor de periode tot en met 2016 rekening gehouden met 20.000 Megawatt aan nieuwbouw centrales. Voor de periode na

2016 zijn er nog extra aanvragen, waaronder de eerder genoemde kerncentrale¹²⁰. Aanmelding bij TenneT betekent niet dat de centrale ook gebouwd gaat worden. Uiteindelijk moet een vergunning tot bouw worden gekregen en daadwerkelijk besloten worden tot bouw.

Zowel het plan voor de nieuwe kerncentrale als de geplande nieuwbouw aan kolen- en gascentrales leidt tot veel discussie. Minister Cramer en de milieuorganisaties stellen dat de omvang van deze nieuwbouw van centrales de groei van hernieuwbare elektriciteit tegenwerkt¹²¹. De minister roept de elektriciteitssector dan ook op om meer te investeren in hernieuwbare energie. In het wetsvoorstel 'Voorrang voor Duurzaam' wordt geregeld dat op momenten en locaties van congestie in het elektriciteitsnet, hernieuwbare elektriciteit voorrang krijgt op grijze elektriciteit. Deze voorrangssituatie geldt dus alleen in het kader van congestiemanagement¹²³. In een studie voor Natuur en Milieu concludeert CE dat de vele nieuwbouw en in het bijzonder de nieuwe kolencentrales de ambities voor verdere groei van hernieuwbare elektriciteit kan belemmeren¹²².

4.4 Elektrische auto's

Het Europees beleid voor personenauto's zal de norm voor nieuwe auto's verscherpen tot 95 gram CO₂ per kilometer¹²⁴ (per 2020). Momenteel is er reeds een marktpenetratie van hybride auto's zoals de Toyota Prius, die op benzine en elektriciteit rijdt. Het is in 2009 een van de meest verkochte auto's in Nederland. Een nieuwe ontwikkeling is de plug-in hybride auto. Dat type kan thuis of op speciale plekken worden opgeladen. De verdere ontwikkeling van de elektrische auto¹²⁹ staat sterk in de belangstelling. Naast een verbetering van de luchtkwaliteit, kunnen elektrische voertuigen leiden tot minder CO₂-emissies, als de benodigde elektriciteit voldoende CO₂-arm wordt opgewekt¹²⁵. Er wordt echter niet alleen gestudeerd. Er worden ook proefprojecten gestart, onder andere door het regionale elektriciteitsdistributiebedrijf Enexis¹²⁶. Verschillende organisaties en partijen zien in de toename van elektrisch vervoer mogelijkheden om 'overschotten' in het elektriciteitsaanbod in periodes met lage vraag (vooral 's nachts) te benutten door het opladen van deze voertuigen¹²⁷. Het opladen van elektrische auto's leidt tot een toename in de elektriciteitsvraag en een afname van de vraag naar olieproducten. Elektrische auto's vergen nog wel behoorlijk wat ontwikkeling: betere en lichtere batterijen en ontwikkelingen in het elektriciteitsnetwerk, zoals voldoende oplaadpunten en zogenaamde intelligente energienetten ('Smart Grids')¹²⁸.

De ministeries van Verkeer en Waterstaat en Economische Zaken willen het gebruik van elektrische auto's stimuleren. Het kabinet heeft de ambitie om in Nederland te komen tot 200.000 elektrische auto's in 2020 en doorgroei naar een miljoen in 2025¹³⁰. Die laatste ambitie veronderstelt dat deze auto's tegen die tijd kunnen concurreren met benzine- of dieselauto's. De eerste prototypen van elektrische auto's zijn nu nog veel duurder dan bestaande auto's. Zo kost het ombouwen van een kleine middenklasser tot elektrische auto circa 100.000 euro.

De nationale en Europese elektriciteitsproducenten zien in de opkomst van elektrische voertuigen een groeiemarkt. Ook in de Verenigde Staten begint er belangstelling te



Ruud Lubbers laadt op de Universiteit van Tilburg zijn elektrische auto op bij het allereerste oplaadpunt van de energiewaardens.

komen voor meer elektrisch vervoer¹³¹. Zo wil men in 2040 75% van de voertuigkilometers elektrisch maken. De huidige afhankelijkheid van olie en energievoorzieningszekerheid speelt een belangrijke rol bij de motivatie om naar elektrisch vervoer over te gaan.

4.5 Luchtvaart

EU-luchtvaart ook onder EU-ETS

De emissies van de luchtvaart nemen een substantieel deel van de totale CO₂-emissies voor hun rekening. Voor de EU is dit 12% van de totale transport emissies binnen de EU-27¹³² en daarmee ca. 3% van de totale broeikasgassen binnen de EU-27. Om de CO₂-emissies van de luchtvaartsector te verminderen, vallen deze vanaf 2012 onder het Europese emissiehandelssysteem. In het jaar 2012 bedragen de emissierechten 97% van de gemiddelde uitstoot over de periode 2004-2006. In de jaren 2013-2020 is dit 95%. Een deel van de emissierechten wordt kosteloos toegewezen, 15% wordt geveild. Vliegmaatschappijen die het gevlogen aantal kilometers en de daarbij behorende CO₂-uitstoot kwantificeren, komen in aanmerking voor gratis rechten.

4.6 Afvang en opslag van CO₂

Extra subsidies uit Brussel voor demo's

Als technologie in de demonstratiefase heeft de afvang en opslag van CO₂ (CCS, Carbon Capture and Storage) met allerlei barrières te maken. Het volwassen worden van de technologie kost veel geld. CO₂-afvang en -opslag is echter kandidaat voor een deel van 300 miljoen extra emissierechten die de Europese Commissie tot 2015 beschikbaar wil stellen voor het stimuleren van innovatieve hernieuwbare en CO₂-afvang en opslagstechnologie. Over de precieze verdeling moet het definitieve besluit nog vallen, en om hoeveel geld het gaat hangt af van de CO₂-prijs.

Het Rotterdam Climate Initiative heeft inmiddels een nieuw plan om CO₂-afvang te realiseren¹³³. Onderdeel daarvan is het toepassen van CO₂-afvang bij twee nieuwe kolencentrales. Zo wil men eind 2015 ruim 1 miljoen ton CO₂ afvangen en transporten naar een off-shore locatie op 25 km uit de kust. Daar zal de CO₂ worden opgeslagen in een leeg aardgasveld. In het kader van het Europees Economisch Herstel Plan stelt de Europese Commissie 180 miljoen euro beschikbaar voor dit demonstratieproject met afvang en opslag van CO₂ in Rotterdam.

Opslag maatschappelijk niet onomstreden

CO₂-afvang en opslag is niet onomstreden. De vergunningsverlening van een demonstratieproject met CO₂ uit de raffinaderij van Pernis en opslag in twee nabije, uitgeputte gasvelden moest worden uitgesteld, omdat er veel weerstand ontstond bij de omwonenden in Barendrecht, de gemeente die boven de gasvelden ligt. Het Barendrecht-project is inmiddels synoniem geworden voor publieke perceptieproblemen rondom CO₂-afvang en opslagstechnologie¹³⁴. Het levert belangrijke lessen op voor het besluitvormingstraject, zoals de noodzaak van het vooraf betrekken van de omwonenden bij ondergrondse opslag onder dichtbevolkt gebied.

In november 2009 besloten de ministers Van der Hoeven en Cramer dat het pilot project in Barendrecht doorgaat, ondanks de vele lokale weerstand bij de betreffende gemeentes¹³⁵. Er zal in twee fases respectievelijk 0,8 en 9 Megaton CO₂ worden opgeslagen, in twee lege gasvelden. Na de eerste fase zal worden onderzocht of de tweede fase doorgaat. Tevens melden zij dat zij met private partijen willen overleggen om in Noord-Nederland ook tot een demonstratieproject te komen¹³⁶.

Kostenontwikkeling Carbon Capture and Storage (CCS)

De kostenontwikkeling van toepassing van CCS op grotere schaal dan in de diverse demo's is nog onzeker. Onderzoek en verdere technologische ontwikkeling zijn nodig om de kosten in de toekomst te reduceren. Specifiek voor de Rotterdamse situatie zijn nieuwe kostenschattingen gemaakt¹³⁷. De afvang van circa 4 Megaton CO₂ bij twee nieuwe kolencentrales, en transport en opslag in een leeg gasveld voor de kust, kost 36 tot 89 euro per ton CO₂. Andere studies komen tot een range van circa 60 tot 90 euro per ton^{138 139}. Voor toepassing van CCS bij raffinaderijen komen bedrijven zelf tot kosten van meer dan 80 euro per ton CO₂ voor alleen de afvang van CO₂¹⁴⁰. Het EU ETS biedt voorlopig geen uitzicht op dat soort hoge prijzen. Aanvullend beleid is dus vereist, wil

CCS toegepast worden. Net als bij de technologieën voor hernieuwbare energie is de lange termijn kostenontwikkeling onzeker en afhankelijk van de daadwerkelijk gerealiseerde technologieontwikkeling en de mate van stimulering van de marktpenetratie via subsidies of andere beleidsinstrumenten.

5

Klimaattop Kopenhagen

Gedurende heel 2009 is intensief onderhandeld om nieuwe internationale afspraken te maken over maatregelen om klimaatverandering af te remmen. In het Bali Action Plan (december 2007), was afgesproken om in december 2009 in Kopenhagen concrete afspraken over het internationale klimaatbeleid na Kyoto te presenteren. Eind 2008, in Poznań, bleek dat er meer overleg nodig was om op tijd zo'n nieuwe overeenkomst klaar te hebben. Het tempo werd opgevoerd en er werden extra bijeenkomsten gepland. Waar onderhandelaars elkaar gewoonlijk twee keer per jaar gedurende twee weken tegenkomen, zagen ze elkaar in 2009 wel zes keer. En daar kwamen de vele informele bijeenkomsten nog bij.

De agenda die door het Bali Action Plan was opgelegd bestond uit vijf punten: een allesomvattende 'gezamenlijke visie', mitigatie, adaptatie, technologie en financiering. De afspraken over mitigatie zouden een drastische vermindering van de emissies door rijke landen moeten behelzen, evenals inspanningen van ontwikkelingslanden om de groei in emissies af te remmen. Daarnaast zouden er afspraken moeten worden gemaakt over de financiering en de controleerbaarheid van deze inspanningen. Op deze sporen werd intensief onderhandeld. Later kwamen daar nog andere onderwerpen bij, zoals de

De Nederlandse delegatie tijdens de klimaattop in Kopenhagen.

Foto: VROM



opbouw van kennis over maatregelen en monitoring in ontwikkelingslanden en het tegengaan van ontbossing via het programma 'Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation' (REDD). De complexiteit van de onderhandelingen nam snel toe en alles hing met alles samen. Financiering kan niet los worden gezien van adaptatie, capaciteitsopbouw niet van technologieoverdracht, en REDD niet van mitigatie. Naarmate het jaar vorderde namen de discussies steeds meer toe. In augustus was de onderhandelingsstekst gegroeid tot een document van rond de 250 pagina's en was de voornaamste opdracht om uit het kluwen van voorstellen een simpel en effectief akkoord te distilleren. Op de meeste essentiële punten waren er grote tegenstellingen. Bijvoorbeeld over de vraag hoeveel emissiereducties ontwikkelde en ontwikkelingslanden zouden moeten realiseren, en wanneer. Of over de vraag welke gegevens gerapporteerd en geverifieerd moeten worden, en hoe de financiering van maatregelen te regelen. Daarnaast bleek het moeilijk om de twee naast elkaar bestaande sporen te verenigen: enerzijds een actualisatie van het Kyoto Protocol (zonder de VS) waarin ontwikkelingslanden niet verplicht zijn tot emissiereductie, en anderzijds een nieuw concreet verdrag over klimaatverandering waarin ook reductiedoelen voor de VS en klimaatacties door de grote ontwikkelingslanden zijn opgenomen.

5.1 Wat gebeurde er tijdens COP15?

Bij de start van de vijftiende Conference of Parties in Kopenhagen (CoP15) was al duidelijk dat het een hele uitdaging zou worden om tot een breed aanvaard akkoord te komen. Denemarken, dat als gastland voorzitter was van de onderhandelingen, bereidde daarom een concepttekst voor die zou kunnen worden ingezet als de andere onderhandelingsporen vastliepen. Die tekst lekte echter in het begin van CoP15 al uit, wat tot veel commotie leidde, met name bij de landen (veelal ontwikkelingslanden) die niet bij het opstellen van deze tekst betrokken waren geweest. Ook later schoten de onderhandelingen niet op en bleven er veel discussiepunten over.

Meer dan honderd staatshoofden en regeringsleiders hadden toegezegd in Kopenhagen aanwezig te zullen zijn. De verwachting bestond dat het verdrag op de laatste dag, als de Amerikaanse president Obama en de Chinese premier Wen Jiabao zouden komen, toch nog kon worden gered. Amerika en China zijn samen verantwoordelijk voor bijna de helft van de mondiale broeikasgasuitstoot. De hele wereld keek in spanning toe toen tijdens een special event, georganiseerd door de Deense overheid, eerst premier Wen en later president Obama hun toespraken hielden. Die brachten echter niet de doorbraak. In een speciaal overleg tussen de hoogste vertegenwoordigers van de EU, China, de VS, India, Brazilië en Zuid-Afrika werd wel een 'Copenhagen Accord' opgesteld dat door 20 andere landen werd geaccepteerd. Deze tekst was geen ratificeerbare verdragstekst, maar meer een politieke intentieverklaring. De tekst werd vervolgens aan de voltallige CoP voorgelegd, waar deze op veel weerstand stuitte van een beperkt aantal armere ontwikkelingslanden, laagliggende eilandstaten, olie-exporterende landen en socialistisch geïntendeerde staten. Het was vrijdag 18 december, de laatste dag van de CoP, twee uur 's nachts, en het leek onmogelijk om overeenstemming te krijgen. De voorzitter heeft toen voorgesteld dat de CoP 'kennis neemt' van het akkoord.

5.2 Wat houdt het Akkoord van Kopenhagen in?

De uitkomst van Kopenhagen is een akkoord waarmee de ontwikkelde landen en opkomende economieën hebben ingestemd en waar veel ontwikkelingslanden kennis van hebben genomen. Het is geen juridisch bindend akkoord, wel is het van politieke betekenis, als formeel onderdeel van het onderhandelingsproces onder auspiciën van de Verenigde Naties. Het is dus de moeite waard om de vier belangrijkste elementen, met hun consequenties en onzekerheden, kort te bespreken.

De tweegradendoelstelling

Het meest zichtbare element van het Akkoord van Kopenhagen is de generieke doelstelling dat de wereldwijde gemiddelde temperatuurstijging beneden de 2 graden moet blijven. Dat moet ook het uitgangspunt zijn voor de emissiereducties. Niet is aangegeven of het gaat om 2 graden ten opzichte van het heden, of ten opzichte van het pre-industriële tijdperk. De tweegradendoelstelling was tot nu toe vooral een EU-doelstelling, en die dus nu een breder draagvlak heeft gekregen. Er staat echter niets concreets vermeld over het tijdpad en omvang van de reducties die de tweegradendoelstelling binnen bereik zouden moeten houden.

Tabel met beloftes

Zowel ontwikkelde als ontwikkelingslanden moeten eind januari 2010 een tabel ingevuld hebben waarin ze aangeven in hoeverre ze hun emissies denken te reduceren. Die tabel is anders voor industrielanden dan voor ontwikkelingslanden. Ontwikkelde landen moeten absolute emissiedoelen invullen (emissies in 2020 onder het niveau van 1990), ontwikkelingslanden mogen ook een relatieve doelstelling opvoeren (emissies per eenheid product of welvaart). Deze doelstellingen zijn, in tegenstelling tot het Kyoto Protocol, nog niet bindend aangezien het akkoord geen verdragstekst is.

Rapporteren van emissies in ontwikkelingslanden

In het Akkoord staat dat ontwikkelingslanden iedere twee jaar in een 'National Communication' hun broeikasgasemissies zullen rapporteren. Dat deden deze landen tot nog toe nog niet structureel. Voor veel landen stamt de laatste officiële inventarisatie van emissies uit 1994. Dit punt wordt als een concessie van China aan de Verenigde Staten gezien. De landen mogen zelf hun eigen getallen verifiëren, controle van buitenaf zoals onder het Kyoto Protocol is niet aan de orde. Wel mag er 'internationale consultatie en analyse' komen, maar met de verzekering dat de nationale soevereiniteit gerespecteerd zal worden.

Financiering

Er zijn twee afspraken over financiering opgenomen: 30 miljard dollar voor 'fast-track' financiering van adaptatie en mitigatie in de komende drie jaar, en 100 miljard per jaar vanaf 2020. Dat zijn forse bedragen, maar er zijn wel wat onzekerheden. Het Akkoord noemt dat het "nieuw en additioneel" geld moet zijn en dat het moet worden uitgegeven aan activiteiten met een balans tussen mitigatie en adaptatie. De 100

miljard vanaf 2020 mag geld uit 'publieke en private bronnen' zijn, wat kan betekenen dat de jaarlijkse publieke bijdrage beperkt blijft en het bedrijfsleven de private investeringen moet genereren.

Het is de bedoeling dat er in 2015 een evaluatie komt van de uitvoering van de nu gemaakte afspraken. In het Kopenhagen Akkoord is geen uitspraak gedaan over de beoogde emissiereducties in 2050. Die zullen dan opnieuw aan de orde worden gesteld, rekening houdend met de kennis van dat moment. Daarbij zal kunnen worden verwezen naar de rapporten van het Fifth Assessment van het IPCC, die zullen uitkomen in 2013-2014. Ook zal in 2015 de wens van Afrika en kleine eilandstaten om de opwarming te beperken tot 1,5 graad naar verwachting opnieuw aan de orde worden gesteld.

5.3 Hoe zit het met de reducties ten opzichte van de tweegradendoelstelling?

Het akkoord erkent dat er omvangrijke emissiereducties nodig zijn om de opwarming van de aarde beneden de 2 graden te houden. Het is voor het eerst dat zowel de VS, China, India en Brazilië dit EU-doel expliciet onderschrijven. De huidige voorstellen van rijke landen leiden echter waarschijnlijk tot een reductie van slechts 12 tot 18% ten opzichte van 1990¹⁴¹, terwijl 25 tot 40% nodig is om het tweegradendoel te bereiken¹⁴². Verdere acties van de VS met betrekking tot het tegengaan van ontbossing in ontwikkelingslanden, en het voorkomen van overschotten aan emissierechten (zogenoemde 'hot air')¹⁴¹ zouden het reductiepercentage nog kunnen verhogen. De EU blijft bij de toezegging om 30% minder uit te stoten - mits de andere landen met vergelijkbare inspanningen komen. De terugvalpositie voor de EU is -20% in 2020. De voorstellen van het Witte Huis zijn nu nog onderwerp van behandeling in de Senaat. Op basis van voorlopige berekeningen van het PBL blijkt dat de voorstellen van China, India en de overige ontwikkelingslanden leiden tot een reductie van de broeikasgassen op mondiale schaal van maximaal 10% ten opzichte van ongewijzigd beleid. Het uiteindelijke effect is sterk afhankelijk van de economische groei in die landen in de komende jaren. In een scenario met vergelijkbare inspanningen van alle partijen, blijkt dat voor het bereiken van de tweegradendoelstelling een reductie van 15 tot 30% in 2020 nodig is, ten opzichte van 'business as usual' door China, India en de gezamenlijke ontwikkelingslanden.

Wat is er gebeurd met de twee onderhandelingssporen?

De afgelopen twee jaar zijn onderhandelingen gevoerd over twee sporen, namelijk het vervolg van het Kyoto Protocol (zonder de VS), en afspraken over gemeenschappelijke acties onder het Klimaatverdrag, inclusief de VS en de grote ontwikkelingslanden. Deze zullen volgend jaar worden voortgezet, met als doel deze in december 2010 tijdens de zestiende CoP in Mexico Stad met een juridisch bindend besluit af te ronden. Het Akkoord van Kopenhagen heeft hiertoe een impuls gegeven, maar over alle belangrijke punten is nog geen overeenstemming bereikt, zoals bindende afspraken over de emissiereducties in 2020, het oplossen van overschotten aan emissierechten en het

vermindere van de uitstoot van broeikasgassen door luchtvaart en scheepvaart.

Verdere stappen

Tot eind januari 2010 konden landen hun vrijwillige reductiebeloftes indienen bij het VN-Klimaatbureau. Verder zal er hard gewerkt moeten worden aan de twee onderhandelingsporen zodat er bij de volgende CoP een ratificeerbare verdragstekst kan worden goedgekeurd. Hiervoor is het vertrouwen nodig tussen de verschillende landen en in het proces van de Verenigde Naties. De tijd om nog een redelijke kans te maken om de tweegradendoelstelling binnen bereik te houden wordt steeds korter. Modelberekeningen geven aan dat de emissies rond 2020 wereldwijd van een stijging moeten worden omgezet in een daling. De ontwikkelde landen zullen dan eerder moeten 'pieken' met hun emissies dan de ontwikkelingslanden.

Wat merken we in Nederland van het Akkoord van Kopenhagen?

Het Akkoord van Kopenhagen geeft geen concrete aanleiding tot wijziging van het Nederlands beleid. De Europese Unie zal eerst naar verwachting in dit voorjaar haar evaluatie van het akkoord presenteren. Nederland heeft zich vastgelegd op een reductiedoelstelling van 30 % in 2020 ten opzichte van 1990. Een belangrijk deel van de reducties zullen plaats moeten vinden onder de 3e fase van het Emission Trading Scheme (ETS) van de EU, waar de elektriciteitscentrales en zware industrie onder vallen. Dit jaar zal een evaluatie plaats vinden van het 'Schoon en Zuinig'-programma. De politiek zal zich dan buigen over de vraag op welke wijze de Nederlandse doelstellingen met verdere maatregelen zullen worden ingevuld.

Referenties en noten

1. Ministerie van VROM (2009), Doorbraak in overleg klimaatministers, Persbericht 21 oktober 2009
2. Nationaal Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat (2009), Burgerpeiling Klimaat-adaptatie
3. McKinsey & Company en De Publieke Zaak (2009), 21minuten.nl tussenrapportage Klimaat en Milieu
4. Wereld Natuur Fonds (2009), Gevolgen van klimaatverandering, http://assets.wnf.nl/downloads/wnf_thermometer_gevolgen_opwarming_aarde.pdf
5. Science Alert (2009), Climate targets 'must be bolder', Nieuwsbericht 18 september 2009
6. Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Voorstellen voor Kopenhagen: 10 procent te weinig om het 2 graden celsius doel te halen, Persbericht 7 oktober 2009
7. Time for Climate Justice (2009), themalied, <http://www.timeforclimatejustice.org/downloads/thesong>
8. MTV (2009), Play for Climate, <http://www.mtvplay4climate.eu/>
9. UNICEF (2009), lid worden van UNICEF, <http://www.unicef.nl/unicef/show/id=53926/contentid=4121>
10. Serreze, M. C. & Francis, J. A. (2006), The Arctic amplification debate, *Climatic Change* 76, 241-264
11. Graversen, R.G., T. Mauritsen, M. Tjernström, E. Källén and G. Svensson, (2008), Vertical structure of recent Arctic warming, *Nature* 451, doi:10.1038/nature06502
12. Dmitrenko, I., I.V. Polyakov, S. Kirillov, L. Timokhov, I.E. Frolov, V.T. Sokolov, H.L. Simmons, V.V. Ivanov, D. Walsh (2008), Towards A Warmer Arctic Ocean: Spreading Of The Early 21st Century Atlantic Water Warm Anomaly Along The Eurasian Basin Margins, *Journal of Geophysical Research*, 113, C05023, doi:10.1029/2007JC004158
13. National Snow and Ice Data Center (2009), website, http://nsidc.org/data/seaice_index/
14. Comiso, J.C., C.L. Parkinson, R. Gerten, L. Stock (2008), Accelerated decline in the Arctic sea ice cover, *Geophysical Research Letters* 35, L01703, doi:10.1029/2007GL031972.2008
15. Turner, J., J.C. Comiso, G.J. Marshall, T.A. Lachlan-Cope, T. Bracegirdle, T. Maksym, M.P. Meredith, Z. Wang, and A. Orr (2009), Non-annular atmospheric circulation change induced by stratospheric ozone depletion and its role in the recent increase of Antarctic sea ice extent, *Geophysical Research Letters* 36, L08502, doi:10.1029/2009GL037524
16. Cazenave, A., Dominh, K., Guinehut, S., Berthier, E., Llovel, W., Ramilien, G., Ablain, M., and G. Larnicol (2009), Sea level budget over 2003-2008. A re-evaluation from GRACE space gravimeter, satellite altimetry and ARGO, *Global and Planetary Change* 65, 83-88
17. Velicogna, I. (2009), Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE, *Geophysical Research Letters* 36, L19503, doi:10.1029/2009GL040222
18. Pritchard, H.D, R. J. Arthern, D. G. Vaughan, L. A. Edwards (2009), Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets. *Nature* 461, doi:10.1038/nature08471
19. Wal, R.S.W van de et al. (2008), Large and rapid velocity changes in the ablation zone of the Greenland ice sheet. *Science* 321, 111-113
20. Pfeffer, W.T., J.T. Harper, and S. O'Neel (2008), Kinematic constraints on glacier

- contributions to the 21st-century sea-level rise, *Science* 321, 1340-1343
21. Howat, I., I. R. Joughin and T. A. Scambos (2007), Rapid changes in ice discharge from Greenland outlet glaciers, *Science*, doi:10.1126/science.1138478
 22. Katsman, C. A., A. Sterl, J.J. Beersma, H. van den Brink, J. Church, W. Hazeleger, R. Kopp, D. Kroon, J. Kwadijk, R. Lammersen, J. Lowe, M. Oppenheimer, H-P. Plag, J. Ridley, H. v. Storch, D. G. Vaughan, P. Vellinga, B. Vermeersen, R.S.W. van de Wal, R. Weisse (2009), High-end climate change scenarios for flood protection of a low lying delta, *Climate Change*, ingediend
 23. Europees Milieu Agentschap (2009), Water resources across Europe - confronting water scarcity and drought, Rapport 2/2009, Europees Milieu Agentschap, Copenhagen
 24. Deltares/Rijkswaterstaat (2008, 2009), Waterbeheer in een veranderend klimaat. Feiten en fictie van tachtig beweringen in de media, Deltares/Rijkswaterstaat, Delft/Lelystad
 25. Singh, P. and L. Bengtsson (2004), Hydrological sensitivity of a large Himalayan basin to climate change, *Hydrological Processes* Volume 18 Issue 13, 2363 - 2385
 26. Thompson, L.G. et al. (2009), Glacier loss on Kilimanjaro continues unabated, *PNAS*, <http://www.pnas.org/content/106/47/19770>
 27. Jager, C. de and S. Duhau (2009), Forecasting the parameters of sunspot cycle 24 and beyond, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 71, 239-245
 28. Intergovernmental Platform on Climate Change (2007), Fourth Assessment Report
 29. Van Dorland, R., C. de Jager and G.J.M Versteegh (2006), Scientific Assessment of Solar Induced Climate Change, Report 500102001 Climate Change: Scientific assessment and policy analysis (WAB)
 30. Erlykin, A.D., T. Sloan and A.W. Wolfendale (2009), Solar activity and the mean global temperature, *Environmental Research Letters* 4, doi:10.1088/1748-9326/4/1/014006
 31. Benestad, R. E. and G. A. Schmidt (2009), Solar trends and global warming, *Journal of Geophysical Research* 114, D14101, doi:10.1029/2008JD011639
 32. Soden, B.J. and I.M. Held (2006): An Assessment of Climate Feedbacks in Coupled Ocean-Atmosphere Models, *Journal of Climate* 19, 3354-3360
 33. Dufresne, J.-L. and S. Bony (2008), An Assessment of the Primary Sources of Spread of Global Warming Estimates from Coupled Atmosphere-Ocean Models, *Journal of Climate* 21, 5135-5144, doi:10.1175/2008JCLI2239.1
 34. Murphy, D.M., S. Solomon, R.W. Portmann, K.H. Rosenlof, P.M. Forster, and T. Wong (2009), An observationally based energy balance for the Earth since 1950, *Journal of Geophysical Research* 114, D17107, doi:10.1029/2009JD012105
 35. Knutti, R. and G.C. Hegerl, (2008), The equilibrium sensitivity of the Earth's temperature to radiation changes, *Nature Geosciences*, 236-243
 36. Hansen, J., M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M. Raymo, D.L. Royer, J.C. Zachos (2008), Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim? *Open Atmospheric Science Journal* 2, 217-231, doi:10.2174/1874282300802010217
 37. Chylek, P., and U. Lohmann (2008), Reply to comment by Andrey Ganopolski and Thomas Schneider von Deimling on "Aerosol radiative forcing and climate sensitivity deduced from the Last Glacial Maximum to Holocene transition," *Geophysical Research Letters* 35, L23704, doi:10.1029/2008GL034308
 38. Van Dorland, R., B.J. Strengers, H. Dolman, R. Haarsma, C. Katsman, G.J. van Oldenborgh, A. Sluijs and R.S.W. van de Wal (2009), News in Climate Science Since IPCC 2007, Topics of interest in the scientific basis of climate change, KNMI, PBL, VU, UU
 39. Van den Hurk, B. et al. (2006), *Klimaat in de 21e eeuw: vier scenario's voor Nederland*, KNMI brochure

40. Van Dorland, R. en B. Jansen (Red.) (2006), De Staat van het Klimaat 2006, uitgave PCCC, De Bilt/Wageningen
41. KNMI (2009), Klimaatverandering in Nederland. Aanvulling op de KNMI'06 scenario's, KNMI, de Bilt
42. Smith, D. M., Cusack, S., Colman, A. W., Folland, C. K., Harris, G. R., and Murphy, J. M. (2007), Improved Surface Temperature Prediction for the Coming Decade from a Global Climate Model, *Science* 317, 796-799, doi:10.1126/science.1139540
43. Keenlyside, N. S., Latif, M., Jungclaus, J., Kornblueh, L., and Roeckner, E. (2008), Forecasting North Atlantic Sector Decadal Climate Variability, *Nature* 453, 84-88, doi:10.1038/nature06921
44. Pohlmann, H., J.H. Jungclaus, A. Köhl, D. Stammer, J. Marotzke (2009), Initializing decadal climate predictions with the GECCO oceanic synthesis; Effects on the North Atlantic. *Journal of Climate*, in press
45. Van der Linden, P. and J.F.B. Mitchell (eds) (2009), ENSEMBLES. Climate Change and its Impacts: Summary and Results of the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Fitzroy Rd , Exeter EX1 3PB, UK, 160 pp
46. Vermeer, M. and S. Rahmstorf (2009), Global sea level linked to global temperature, *PNAS*, in press
47. Van Dorland, R., B.J. Strengers, H. Dolman, R. Haarsma, C. Katsman, G.J. van Oldenborgh, A. Sluijs and R.S.W. van de Wal (2009), News in Climate Science Since IPCC 2007, Topics of interest in the scientific basis of climate change, KNMI, PBL, VU, UU
48. Katsman, C. A., A. Sterl, J.J. Beersma, H. van den Brink, J. Church, W. Hazeleger, R. Kopp, D. Kroon, J. Kwadijk, R. Lammersen, J. Lowe, M. Oppenheimer, H-P. Plag, J. Ridley, H. v. Storch, D. G. Vaughan, P. Vellinga, B. Vermeersen, R.S.W. van de Wal, R. Weisse (2009), Exploring high-end scenarios for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low-lying delta, *Climate Change*, ingediend
49. Centraal Planbureau (2009), Macro-economische verkenning 2010
50. Solomon, S. et al. (2007), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
51. Van der Werf, G.R. et al. (2009), CO2 emissions from forest loss, *Nature Geoscience*, vol.2 November 2009
52. In de klimaatonderhandelingen wordt dit aangeduid met de term REDD dat staat voor 'Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation'
53. Planbureau voor de Leefomgeving, Koninklijk Meteorologisch Instituut, Wageningen Universiteit en Research centrum, News in Climate Science and Exploring the Boundaries
54. Centraal Planbureau (2009), Macro-economische verkenning 2010
55. Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Milieubalans 2009
56. Vuuren, D.P. van et al. (2007), Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs, *Climatic Change* 81:119-159
57. Zie bijvoorbeeld Meinshausen et al. (2009), Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees Celsius. *Nature* Vol 458
58. Milieu en Natuur Planbureau (2006), Van Klimaatdoel naar emissiereductie
59. Rao, S. et al. (2008), IMAGE and MESSAGE Scenarios Limiting GHG Concentration to Low Levels. IIASA, Laxenburg, Oostenrijk
60. Knopf, B. et al. (2009), The economics of low stabilisation: implications for technological change and policy, in: Hulme M, Neufeld H (eds.) (2009), Making climate work for us
61. Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, M. Tavoni (2009), International

- Climate Policy Architectures. Overview of the EMF 22 International Scenarios. Energy Economics Volume 31, Supplement 2, 2009, S64-S81
62. Anderson, K. and A. Bows (2008), Reframing the climate change challenge in light of post-2000 emission trends, Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 366: 3863-3882
 63. Vuuren, D.P. van en K. Riahi (2008), Do recent emission trends imply higher emissions forever? Climatic Change Volume 91, doi: 10.1007/s10584-008-9485-y
 64. Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Wegen naar een klimaatbestendig Nederland, PBL-publicatienummer 50078001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag
 65. Milieu en Natuur Planbureau (2007), Nederland Later. Tweede Duurzaamheidsverkenning - deel Fysieke Leefomgeving. MNP-publicatienummer 500127001/2007, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven
 66. Kwadijk, J., A. Jeuken en H. van Waveren (2008), De klimaatbestendigheid van Nederland-Waterland, Rapport T2447 & Beleidsamenvatting, Deltares/RWS, Delft/Lelystad
 67. Deltacommissie (2008), Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst, Bevindingen van de Deltacommissie 2008
 68. Klijn, F., P. Baan, K. de Bruijn & J. Kwadijk (2007), Overstromingsrisico's in een veranderend klimaat, Rapport Q4290, Deltares, Delft
 69. Klijn, F., J. Kwadijk, K. de Bruijn e.a. (2010), Overstromingsrisico's en droogterisico's in een veranderend klimaat. Verkenning van wegen naar een klimaatbestendig Nederland, Rapportnr. 1002565, Deltares, Delft
 70. Kwadijk, J., M. Haasnoot, M. Hoogvliet, A. Jeuken, R. van de Krogt, N. van Oostrom, H. Schelphout, E. van Velzen, M. de Wit en H. van Waveren (2008), Klimaatbestendigheid van Nederland als waterland, H2O, 23, 10-12
 71. Passchier, R., F.Klijn en H. Holzhauser (2009), Beleidsomslagpunten in het zuidwestelijk estuariumgebied? Verkenning van klimaatveranderingsbestendigheid van het waterbeleid, Rapport 1200163-006, Deltares, Delft
 72. Kwadijk, J., M. Haasnoot, J. Mulder, M. Hoogvliet, A. Jeuken, R. van der Krogt, N. Oostrom, H. Schelphout, E. van Velzen, H. van Waveren and M. de Wit (2009), Adapting to sea-level rise in the Netherlands, Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, ingediend
 73. Noot: De Deltacommissie ging uit van een peilstijging tot NAP + 1,1 m.
 74. Ter Maat, J en G. van Meurs (in voorbereiding), Strategie "meestijgen IJsselmeerpeil bij zeespiegelstijging": werkpakket Veiligheid IJsselmeergebied, Deltares, Delft
 75. De Vries, A., J. Veraart, I. de Vries, G. Oude Essink, G.J. Zwolsman, R. Creusen en H. Buijtenhek (2009), Vraag en aanbod van zoet water in de Zuidwestelijke Delta - een verkenning, Rapport Programmabureau Kennis voor Klimaat en Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, Wageningen
 76. Witte, J.P.M., Runhaar J. en R. van Ek (2009), Echohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland, Rapport KWR 2009.032, KWR/ Deltares, Nieuwegein/Delft
 77. Beek, E. van, M. Haasnoot, K. M. Meijer, J. Delsman, J. Snepvangers, G. Baarse, R. van Ek, G. Prinsen, J.C.J. Kwadijk, J. van Zetten (2008), Verkenning kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van de G+ en W+ klimaatscenario's, Deltares, Delft
 78. Witte, J.P.M., R.P. Bartholomeus, D.G. Circel en P.W.T.J. Kamps (2008), Echohydrologische gevolgen van klimaatverandering voor de kustduinen van Nederland, Rapport KWR 08.006, KWR, Nieuwegein

79. Harezlak, V. en M. Maarse (2009). Verkenning effecten van peilstijging op de natuur in het IJsselmeer. Een habitat analyse, Deltares, Delft
80. Woestenburger, M. (2009), Waarheen met het veen? Kennis voor keuzes in het westelijk veenweidegebied, Uitgeverij Landwerk, Wageningen
81. Ven, F.H.M. van de, E. Luyendijk, M. de Gunst, E. Tromp, B. Gersonius, M.J. Schilt, L.E. Krol, R. Peeters, L.A. Valkenburg en C. Vlaming (2008), Waterrobuust Bouwen, de kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp, 3BW/SBR, Rotterdam
82. Graaf, R. de, N. van de Giesen and F. van de Ven (2007), Alternative water management options to reduce vulnerability for climate change in the Netherlands, Natural Hazards, doi:10.1007/s11069-007-9184-4
83. Provincie Zuid-Holland (2009), Risicomethode Buitendijks Bouwen, Provincie Zuid-Holland, Den Haag
84. RIONED (2007), Klimaatverandering, hevige buien en riolering. Visie van RIONED
85. Salcedo Rahola, B., P. van Oppen en K. Mulder (2009), Heat in the city; an inventory of knowledge and knowledge deficiencies regarding heat stress in Dutch cities and options for its mitigation, Rapportnummer 013/2009, Programmabureau Klimaat voor Ruimte, Wageningen
86. Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (2007), Nationaal Hitteplan, Den Haag
87. Wageningen Universiteit en Researchcentrum (2009), Geoportaal Klimateffectatlas, <http://klimateffectatlas.wur.nl>
88. Leusink, A. en H.A. Zanting (2009), Naar een afwegingskader voor een klimaatbestendig Nederland, met ervaringen uit 4 case studies. Samenvatting voor bestuurders, ARK Routeplanner Rapport, Den Haag
89. Haasnoot, M., H. Middelkoop, E. van Beek, W. P. A. van Deursen (2009), A method to develop sustainable water management strategies for an uncertain future, Sustainable Development, doi: 10.1002/sd.438
90. Offermans, A., M. Haasnoot, P. Valkering (2009), A method to explore social response for water management strategies under changing conditions, Sustainable Development, doi: 10.1002/sd.439
91. Europese Commissie (2009), Witboek 'Adapting to climate Change: towards a framework for action', COM(2009)147/4, Brussel
92. United Nations Economic Commission for Europe (2009), Guidance on Water and Adaptation to Climate Change, Geneva
93. Partnership for European Environmental Research (2009), Europe Adapts to Climate Change: Comparing National Adaptation Strategies, PEER Report No 1, Helsinki
94. Claessen, F., C. van de Guchte, H. van der Most, W. Oosterberg, R. Portielje (2009), Hoe veranderen andere landen mee met het klimaat? Internationale verkenning van klimaatadaptatie, met name in relatie tot het waterbeleid, Rapport T2586, Deltares/RWS, Delft/Lelystad
95. Overeem, I. en J. Syvitski (2009), Dynamics and vulnerability of Delta Systems, LOICZ Reports and studies no. 35
96. Delta Alliance, website, <http://www.delta-alliance.org>
97. International Energy Agency (2009), World Energy Outlook 2009, IEA, Parijs, zie ook International Energy Agency (2009), How the energy sector can deliver on a climate agreement in Copenhagen - Special early excerpt of the World Energy Outlook 2009 for the Bangkok UNFCCC meeting 6 oktober 2009
98. International Energy Agency (2008), World Energy Outlook 2008, IEA, Parijs
99. Ministerie van VROM, Dossier Crisismaatregelen, <http://www.vrom.nl/pag.html?id=39078>

100. Energy Research Centre of the Netherlands en Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Verkenning Schoon en Zuinig. Stand van zaken 2009, ECN-E-09-022, Petten/Bilthoven
101. Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Invloed van de recessie op het halen Kyoto-doel en 2011-Schoon en Zuinig doel, Memo aan Minister van VROM, 0047/09 NMD NH/is
102. Energy Research Centre of the Netherlands en Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Actualisatie Referentieramingen Energie en Emissies 2008-2020, ECN-E-09-10, Petten/Bilthoven
103. Wijngaart, R.A. van den en J.P.M. Ros (2009), Schoon en Zuinig in breder perspectief - De effecten op het luchtbeleid en de betekenis voor de lange termijn, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven
104. Gebaseerd op EWEA, EPIA, Platts PowerVision. Zie o.a. EWEA (2009), <http://www.ewea.org/index.php?id=180> and http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/2008_wind_map.pdf
105. Ministerie van Economische Zaken (2009), Hoofdrapport Net op Zee
106. Energy Research Centre of the Netherlands (2009), Far and Large Offshore Wind spant de kroon, Persbericht september 2009
107. Ministerie van Economische Zaken (2009), Hoofdrapport Net op Zee
108. Ministerie van Economische Zaken (2009), Minister Van der Hoeven maakt Windpark Noordoostpolder financieel mogelijk, Persbericht 17 november 2009
109. Junginger, M., P. Lako, S. Lensink, W. van Sark, M. Weiss (2008), Technological learning in the energy sector, Report 500102 017, NWS-E-2008-14, ECN-E--08-034
110. Pennwell Petroleum Group (2009), Power plant construction costs fall, index shows, Nieuwsbericht juli 2009
111. Energy Research Centre of the Netherlands (2009), Subsidie-aanvragen 950 MW tender, ECN-BS--09-037
112. New Energy Finance (2009). Solar power 50% cheaper by year end. Other clean energy technologies fall by around 10%, Persbericht 23 November 2009
113. Energy Research Centre of the Netherlands en Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Actualisatie Referentieramingen Energie en Emissies 2008-2020, ECN-E-09-10, Petten/Bilthoven
114. TenneT (2009), Monitoring Leveringszekerheid 2008-2024, OBR 09-176, Arnhem
115. Ministerie van Economische Zaken, DG voor Energie en Telecom (2009), Het kabinetsbeleid ten aanzien van kolencentrales. Brief minister van der Hoeven aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten Generaal, http://www.ez.nl/pv_obj_cache/pv_obj_id_86C88036DE95072E77A2F09A02788FC572A30000
116. Groenlinks (2009), GroenLinks boekt succes met uitstootplafond kolencentrales, Persbericht 3 november 2009
117. Delta (2009), Startnotitie MilieuEffectrapport Tweede Kerncentrale Borssele. Het gefaseerd bouwen en vervolgens bedrijven van een nucleaire elektriciteitscentrale met een vermogen van maximaal 2500 MWe, http://www.delta.nl/over_DELTA/kernenergie/startnotitie_tweede_kerncentrale/
118. Ministerie van Economische Zaken (2008), Energierapport 2008
119. Laka (2009), Geen deelname milieuoorganisaties aan 'stakeholders-overleg', nieuwsbericht 14 oktober 2009
120. TenneT (2009), Monitoring Leveringszekerheid 2008-2024
121. VROM (2009), Bericht op website VROM n.a.v. toespraak minister Cramer bij Hogeschool Arnhem.
122. CE (2009), Duurzaamheid elektriciteitsmarkt? Delft, oktober 2009

123. EZ (2009), Persbericht EZ: Voorrang op het net voor duurzame elektriciteit, http://www.ez.nl/Actueel/Pers_en_nieuwsberichten/Persberichten_2009/November_2009/Voorrang_op_het_net_voor_duurzame_elektriciteit, 17 november 2009
124. Europees Parlement, Verordening (EG) nr. 443/2009, Publicatieblad Nr. L 140, 05/06/2009, 0001-0015
125. Hoen, A., K. Geurs, H. de Wilde, C. Hanschke, M. Uyterlinde (2009), CO2 emission reduction in transport - Confronting medium-term and longterm options for achieving climate targets in the Netherlands, Planbureau voor de Leefomgeving/ Energy Research Centre of the Netherlands, PBL 500076009/ECN-B--09-015
126. Enexis (2009), website, <http://www.enexis.nl/site/>
127. Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening (2008), Naar een duurzame elektriciteitsvoorziening. De Visie, SenterNovem, oktober 2008
128. Energy Research Centre of the Netherlands (2009), Intelligent Energy Grids, <http://www.ecn.nl/nl/units/ei/rd-program/intelligent-energy-grids/>
129. Brabants Dagblad, Eerste oplaadpunt voor elektrische auto in Tilburg, nieuwsbericht 14 oktober 2009
130. Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken, Brief 3 juli 2009, Tweede Kamer, vergaderjaar 2008-2009, 31 305 Mobiliteitsbeleid, nr. 145
131. Electrification Coalition (2009), Electrification Roadmap. Revolutionizing Transportation And Achieving Energy Security, <http://downloads.pennnet.com/coalition/roadmap.pdf>
132. European Environment Energy Agency (2007), Greenhouse gas emissions trends and projections in Europe 2007
133. Rotterdam Climate Initiative (2009), CO₂ Capture, Transport and Storage in Rotterdam. Report 2009, DCMR, Schiedam
134. CDA-Barendrecht (2009), CDA-Barendrecht tegen de ondergrondse opslag van CO₂, <http://www.cdabarendrecht.nl/co2/>
135. NRC Handelsblad (2009), Ministers trotseren boze en bange burgers: Inwoners en bestuurders Barendrecht geven verzet tegen CO₂-opslag niet op, Nieuwsbericht 2 december 2009
136. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu en Ministerie van Economische Zaken (2009), Groen licht voor beperkte CO₂-opslag Barendrecht, Persberichten 19 november 2009
137. Rotterdam Climate Initiative (2009), CO₂ Capture, Transport and Storage in Rotterdam. Report 2009, DCMR, Schiedam
138. Energy Research Centre of the Netherlands en Planbureau voor de Leefomgeving (2009), Verkenning Schoon en Zuinig, ECN-E-09-022
139. Seebregts, A. en H. Groenenberg (2009), GHGT-9 - How may CCS technology affect the electricity market in North-Western Europe? In: Energy Procedia 1 (2009) 4181-4191, doi:10.1016/j.egypro.2009.02.228
140. Straelen, J. van, F. Geuzebroek, N. Goodchild, G. Protopapas, L. Mahony (2009), CO₂ capture for refineries, a practical approach. In: International Journal of Greenhouse Gas Control (2009), doi:10.1016/j.ijggc.2009.09.022
141. Elzen, M.G.J. den, M. Roelfsema, S. Slingerland (2009), Too hot to handle? The emission surplus in the Copenhagen negotiations, Report no.500114016, PBL
142. Elzen, M.G.J. den, N. Höhne (2009), Sharing the reduction effort to limit global warming to 2 degree C, Climate Policy (submitted), PBL

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:

- PBL: Planbureau voor de Leefomgeving
- KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
- Wageningen UR: Climate Change and Biosphere Centre en Alterra
- ECN: Energieonderzoek Centrum Nederland
- Vrije Universiteit
- Universiteit Utrecht
- Deltares
- 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 o.van.steenis@programmabureauklimaat.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: PBL, KNMI, Wageningen UR (CCB en Alterra), ECN, Vrije Universiteit, Universiteit Utrecht, Deltares en NWO.

januari 2010

Auteurs

Heleen de Coninck, ECN
Rob van Dorland, KNMI
Wieke Dubelaar-Versluis, KNMI
Cees van de Guchte, Deltares
Bert Jansen, Wageningen UR
Fokke de Jong, Alterra, Wageningen UR
Leo Meyer, PBL
Kaj van de Sandt, Alterra, Wageningen UR
Ad Seebregts, ECN
Bart Strengers, PBL

Frans Klijn, Deltares
Sonja Kruitwagen, PBL
Cees Kwakernaak, Alterra, Wageningen UR
Gerda Lenselink, Deltares
Willem Ligtvoet, PBL
Erik Luijendijk, Grontmij
Judith ter Maat, Deltares
Ton Manders, PBL
Gerard van Meurs, Deltares
Hans Middelkoop, Universiteit Utrecht
Herman van der Most, Deltares
Jos Olivier, PBL
Rob Swart, Alterra, Wageningen UR
Ellen Tromp, Deltares
Emiel van Velzen, Deltares
Ies de Vries, Deltares
Detlef van Vuuren, PBL
Berend van Zeggeren, Vrije Universiteit

Mede-auteurs

Jeroen Aerts, Vrije Universiteit
Eelco van Beek, Deltares
Dick van den Bergh, Deltares
Hasse Goossen, Alterra, Wageningen UR
Marjolijn Haasnoot, Deltares
Ad Jeuken, Deltares

Productiebegeleiding

Ottelien van Steenis, Alterra, Wageningen UR

Vormgeving en druk

Uitgeverij RIVM



Meer exemplaren van deze brochure zijn gratis te bestellen via: [www.klimaatportaal.nl/publicaties/PCCC brochures](http://www.klimaatportaal.nl/publicaties/PCCC_brochures)

Voor meer informatie:

Secretariaat PCCC

p/a Alterra, Wageningen UR

Ottelien van Steenis

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

T 0317 48 6540

E o.van.steenis@programmabureauklimaat.nl

W www.klimaatportaal.nl