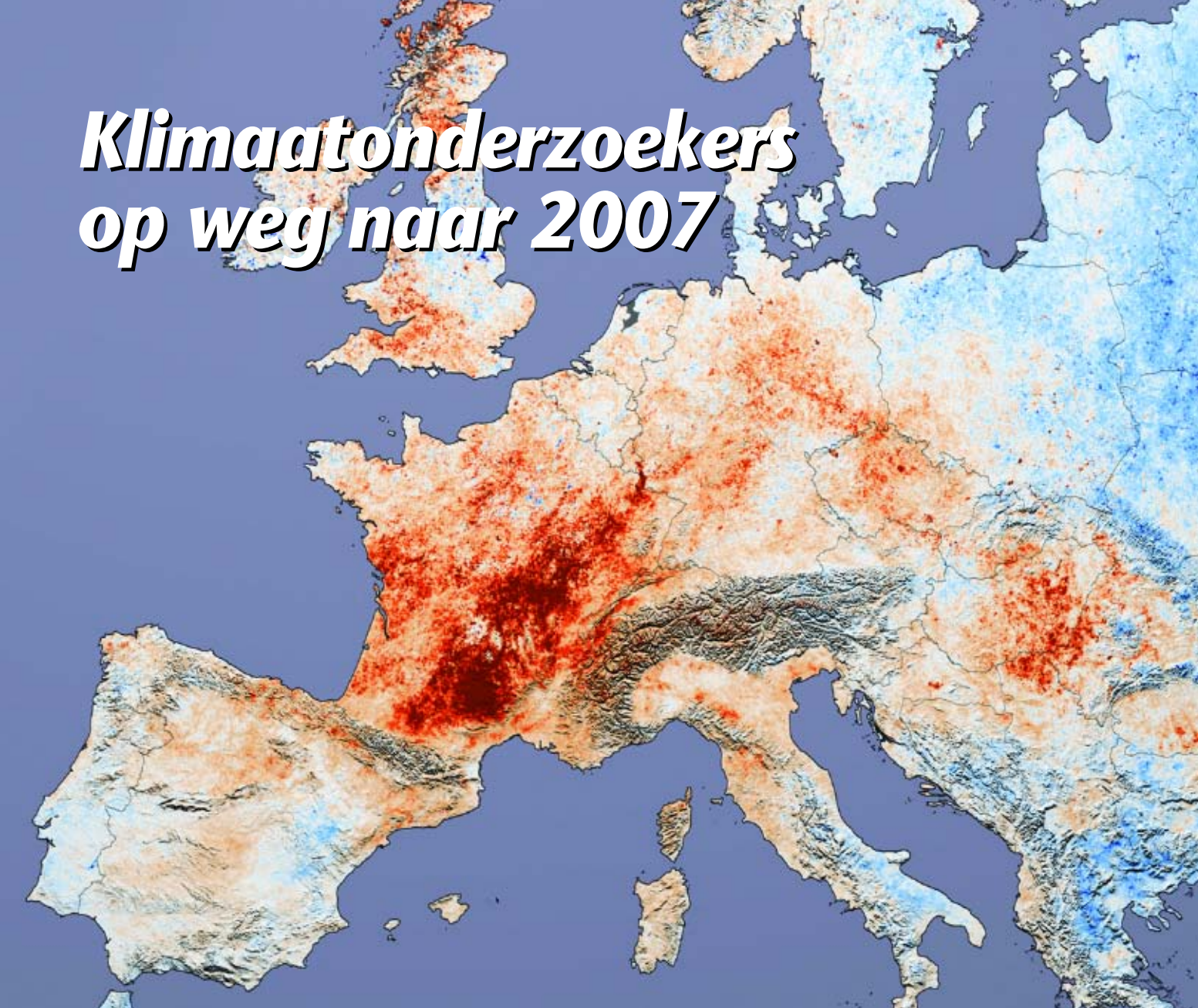


# Klimaatonderzoekers op weg naar 2007



Kees Floor\*

**Was de warmte van 2003 mensenwerk? Zijn klimaatmodellen wel nauwkeurig genoeg? Wat gebeurt er als de Warme Golfstroom plotseling stilvalt of Groenlands ijskap smelt? Met dit soort vragen houdt Dave Griggs zich bezig. Onlangs was hij in Nederland om verslag te doen van nieuwe onderzoeksresultaten van het Hadley Centre voor klimaatonderzoek, waarvan hij directeur is. Samen met de bevindingen van talrijke andere instituten zullen ze ongetwijfeld worden opgenomen in het volgende IPCC-rapport, dat in 2007 verschijnt.**

Nog twee jaar en dan komt het *International Panel on Climate Change* (IPCC) met zijn nieuwe analyse van de klimaatverandering. Wetenschappers overal ter wereld schrijven teksten, leveren grafieken of geven hun oordeel over het werk van hun collega's. Van verscheidene hoofdstukken is de opzet klaar, maar details en illustraties worden later aangeleverd. Het onderzoek waarop die zijn gebaseerd, is nog volop aan de gang. 'De tussenresultaten zijn nog lang niet allemaal vrijgegeven,

uit angst dat anderen er met de bevindingen vandoor gaan', bekennt Zhai Panmao van het Chinees Meteorologisch Instituut in Peking op een bijeenkomst van de Wereld Meteorologische Organisatie in Kuala Lumpur. Hij toont de ruwe versie van het hoofdstuk 'Waargenomen klimaatverandering', waaraan hij samen met onder anderen Albert Klein Tank van het KNMI werkt. De plaatsen waar in de definitieve versie de plaatjes met de meest recente resultaten moeten komen, zijn nu nog wit of er staan

*Hittegolf van 2003 in Frankrijk: verschil in gemiddelde maandtemperatuur van het aardoppervlak in juli 2003 en juli 2001. Satelliet: Terra. (Bron: NASA/Earth Observatory/MODIS Land Science Team)*

oude figuren. Voor zover in concept gereed moeten de teksten nog voor review worden bekeken door meteorologische zwaargewichten. Toch sijpelt er van tijd tot tijd wat informatie naar buiten. Dat was bijvoorbeeld in juni het geval, toen Dave Griggs, directeur van het Britse Hadley Centre, Nederland aandeed om over de laatste bevindingen van dit prestigieuze instituut voor klimaatonderzoek te praten. Geheimzinnigheid is er wat hem betreft niet bij. 'Wij krijgen ons geld via contracten waarin vrije beschikbaarheid van alle gegevens en kennis nadrukkelijk is opgenomen', zo licht hij zijn openheid toe. 'En die kennis moeten we dan nog zo verwoorden, dat ze gaat leven voor de

beleidsmakers.' Bovendien bleek dat sommige resultaten al via de vakpers of eigen publicaties verspreid, en dus vrijelijk beschikbaar, waren.

## Verstedelijking

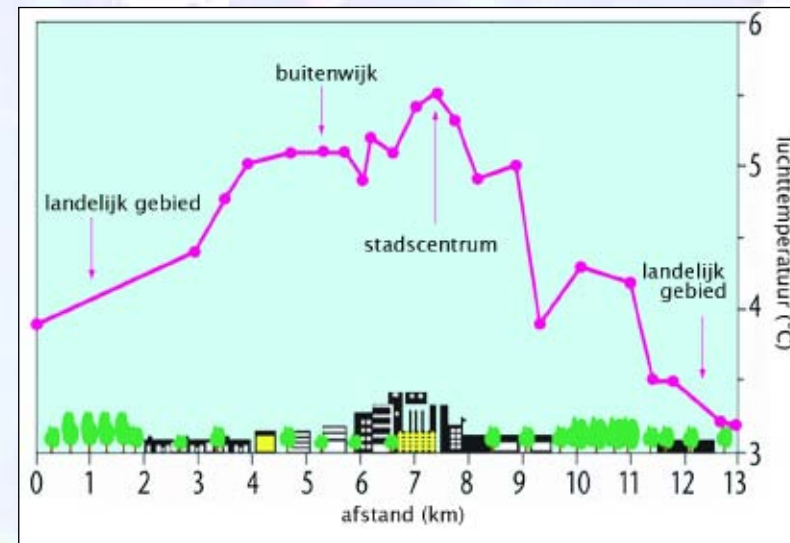
'Een van de vragen die sterk leven, is de invloed van de verstedelijking', weet Griggs. 'Veel waarnemstations die vroeger in het buitengebied lagen, worden nu omgeven door bebouwing. Kun je de waargenomen temperatuurstijging niet daarop terugvoeren, is dan de vraag. In de stad is het namelijk warmer dan in landelijk gebied.' (Zie fig. 1.)

Het temperatuurverschil doet zich vooral voor bij rustig weer. Als het waait, zijn de temperatuurverschillen tussen stad en omgeving verwaarloosbaar. Daarom maakten de onderzoekers van het Hadley Centre onderscheid tussen waarnemingen bij rustig weer en waarnemingen bij veel wind. Voor beide gevallen berekenden ze de trends in de minimumtemperatuur. Er bleek geen verschil (fig. 2). Hun conclusie: de gemeten opwarming van de aarde kan niet worden toegeschreven aan urbanisatie.

Ook Zhai ontkent de invloed van verstedelijking. Hij verwijst naar vergelijkbaar onderzoek, waarin de weerwaarnemingen van landelijk gelegen stations apart waren genomen (fig. 3). 'De opwarmingstrend was op deze landelijke stations nagenoeg gelijk aan die van de volledige set met gegevens', zegt Zhai.

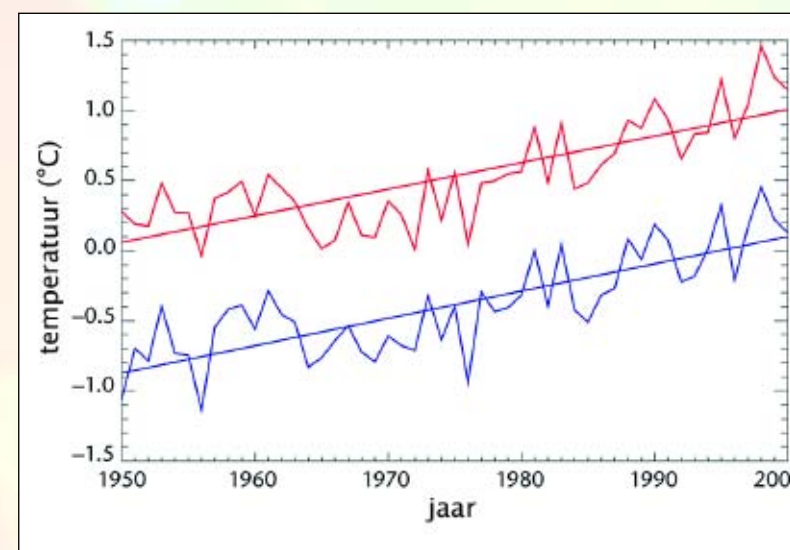
## Onzekerheid modellen

'Gedraagt de atmosfeer zich net zo als jouw modellen?', krijgt Griggs verder vaak te horen. Onzekerheid in de klimaatprojecties blijft natuurlijk een heikel punt. 'Het klimaat vertoont altijd al een zekere variabiliteit. Ook weten we niet hoeveel broeikasgassen er uiteindelijk in de dampkring terecht zullen komen', aldus Griggs. 'De klimaatmodellen vormen zelf eveneens een bron van onzekerheid', wrijven klimaatsceptici hem graag onder de neus. Om meer zicht te krijgen op die onzekerheid, onderging het klimaatmodel van het Hadley Centre een aantal kleine aanpassingen. Enkele componenten van het klimaat werden in de gewijzigde versie net iets anders beschreven dan in het oorspronkelijke model, maar toch nog realistisch. Vervolgens ging men opnieuw aan het rekenen over een periode van dertig jaar. De proce-



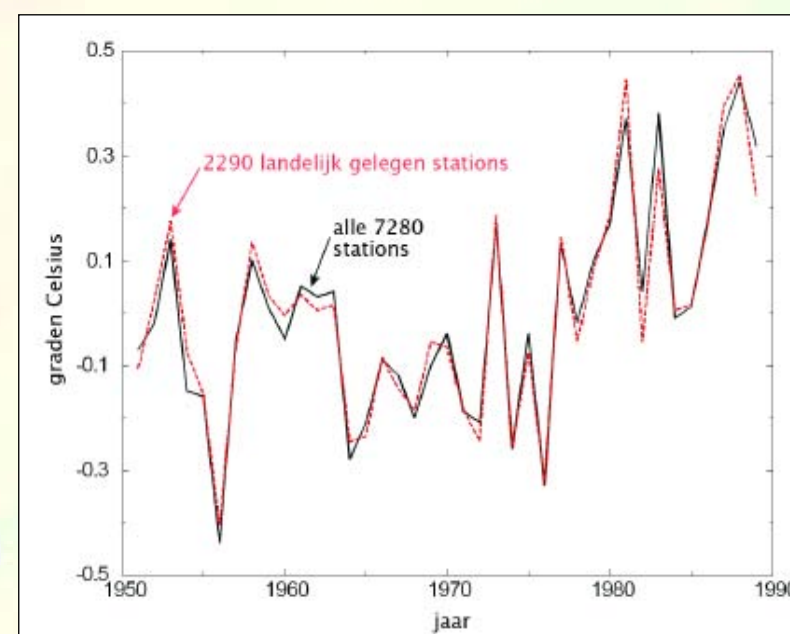
1. De temperatuur ligt in steden gewoonlijk hoger dan in het landelijk gebied eromheen. Door toegenomen verstedelij-

king zijn veel waarnemstations die vroeger op het platteland lagen, nu omgeven door bebouwing. Dit effect zou de oorzaak kunnen zijn van de gemeten opwarming van de aarde. (Bron: Lowe et al., 2004)

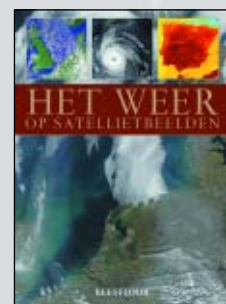


2. Trends in de jaarlijks gemiddelde minimumtemperatuur-per etmaal bij rustig weer (blauw, sterk stadseffect) en in situaties met meer wind

(rood, verwaarloosbaar stadseffect). De trend van oplopende temperaturen is in beide gevallen terug te vinden; het stadseffect speelt dus waarschijnlijk geen rol. (Bron: Lowe et al., 2004)

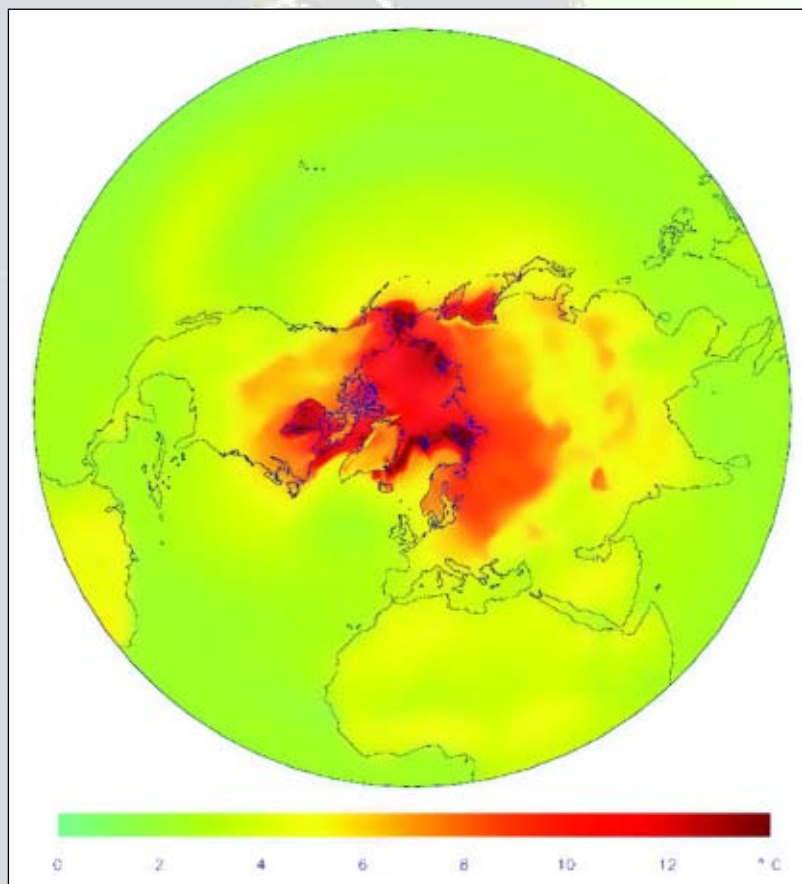
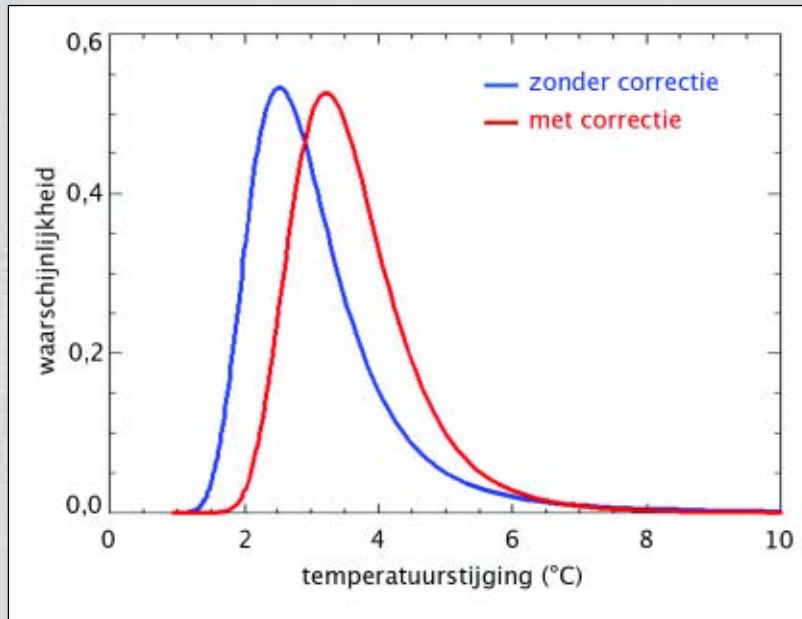


3. Invloed van verstedelijking op mondiale temperatuurtrends. De 2290 landelijk gelegen waarnemstations vertonen eenzelfde trend als de volledige verzameling van 7280 stations. Een stadseffect is dus niet terug te vinden. (Bron: Peterson et al., 1999)



\* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: [www.keesfloor.nl](http://www.keesfloor.nl). Deze maand verschijnt bij Uitgeverij Elmar zijn boek *Het weer op satellietbeelden*.

4. Kans (tussen 0 en 1, dus niet in procenten) op een temperatuurstijging zoals aangegeven langs de horizontale as, ontleend aan 53 'runs' over dertig jaar van het klimaatmodel van het Britse Hadley Centre voor klimaatonderzoek. Bij de rood gepresenteerde kansen (met correctie) zijn de rekenresultaten van de modellen die het temperatuurverloop in de twintigste eeuw het beste weergaven, zwaarder gewogen. (Bron: Lowe et al., 2004)



5. Verandering van de temperatuur gemiddeld over een tijdvak van twintig jaar bij verdubbeling van de concentraties koolstofdioxide. Gemiddeld over de aarde bedraagt de temperatuurstijging volgens de hier weergegeven klimaatprojectie 3,5 °C, maar de verschillen van gebied tot gebied zijn groot. (Bron: Thorpe, 2005)

ture werd nog 51 maal herhaald, zodat er uiteindelijk 53 klimaatprojecties beschikbaar kwamen. Dat resulteerde bij een verdubbeling van de concentratie van het broeikasgas koolstofdioxide in een temperatuurstijging in West-Europa van één tot zeven graden. De meest waarschijnlijke waarde bedroeg 2,5 graad (fig. 4, blauw). Als aan de modelversies die de waarnemingen

uit de twintigste eeuw het dichtst benaderden, een zwaarder gewicht werd toegekend, was de gemiddelde temperatuurstijging zelfs 3,5 graad (fig. 4, rood). 'Bedenk wel dat de opwarming van gebied tot gebied varieert', waarschuwt Griggs. 'Boven land warmt het meer op dan boven de oceanen en vooral op noordelijke breedten is de verwachte temperatuurstijging

veel groter dan het mondiaal gemiddelde' (vergelijk fig. 5).

### Extreme warmte

'Het gemiddelde weer is overigens niet het belangrijkste', benadrukt Zhai. 'Uitzonderlijke gebeurtenissen, zoals hittegolven, extreme droogte, overstromingen en zware stormen, zijn zeker zo belangrijk: zij hebben de meeste impact. De klimaatmodellen geven aan dat juist die extremen veel sterker veranderen dan de gemiddelden.' De berekeningen van het ensemble van het Hadley Centre illustreren dat nog eens duidelijk. Figuur 6 toont de verwachte temperatuurveranderingen voor Washington DC in de Verenigde Staten. De gemiddelde zomertemperatuur neemt er zes graden toe. De heetste dag van het jaar blijkt echter tien tot vijftien graden warmer. Het plaatje voor het Amazonegebied (niet afgebeeld) ziet er net zo uit als dat van Washington, maar in bijvoorbeeld Mexico-Stad is er vrijwel geen verschil tussen blauwe en rode staafjes.

'Nederlands onderzoek toont eveneens aan dat de kans op extreem warme zomers toeneemt in een warmer klimaat', laat Henk Dijkstra vanuit de Verenigde Staten weten. Dijkstra is daar als gasthoogleraar verbonden aan Colorado State University in Fort Collins. Hij werkte met anderen aan het Challenge-project van het Centrum voor Klimaatonderzoek, waar eerder een ensemble werd gebruikt voor het maken van in dit geval 62 klimaatprojecties. Aan het gekozen klimaatmodel werd niet gesleuteld, maar de begincondities opeens steeds verschillend. Figuur 7 toont alvast wat voorlopige resultaten. Bij het gekozen scenario ligt de gemiddelde temperatuur in augustus in de periode 2051-2080 twee graden hoger dan in 1961-1990. De temperatuur van een warme augustusmaand zoals die eens in de tien jaar optreedt, is echter vier graden toegenomen: van 23 naar 27 graden!

### Hittegolf als mensenwerk

De zomer van 2003 was in Europa de warmste in vijfhonderd jaar. 'Iedereen wilde meteen weten of dat een gevolg was van de opwarming van de aarde door toedoen van de mens,' aldus Griggs. 'Wij vinden dus dat we dit soort vragen moeten kunnen beantwoorden en inmiddels kunnen we dat. Het is voor 90% zeker dat de kans op een

hittegolf als die van 2003 door menselijk toedoen meer dan verdubbeld is', zegt hij stellig. 'Dan hebben we het dus over de klimaatverandering die nu al aan de gang is. Vroeger kon je eens in de duizend jaar zo'n zomer tegemoet zien, nu is dat al eens in de 250 jaar. En de opwarming van de aarde gaat nog door', waarschuwt hij. 'Een zomer zoals die van 2003 is in Europa in 2040 heel normaal en in 2060 zelfs aan de koude kant (fig. 8). We praten dan wel over de tijd waarin onze kinderen en kleinkinderen leven.'

Griggs' uitspraken zijn gebaseerd op onderzoek met het klimaatmodel van het Hadley Centre, aangevuld met statistische methodieken; het werd in december vorig jaar gepubliceerd in *Nature* (Stott et al. 2004). Volgens Myles Allen, een van de auteurs van het artikel, kunnen we voortaan de uitstoot van broeikasgassen direct koppelen aan de opgetreden schade. 'Individen kunnen in de toekomst processen beginnen tegen veroorzakers van de klimaatverandering, die vergelijkbaar zijn met de processen die nu lopen tegen de tabaksindustrie,' zei hij tegen de BBC. 'De eerste stap daartoe hebben we nu gezet.'

### Warme Golfstroom

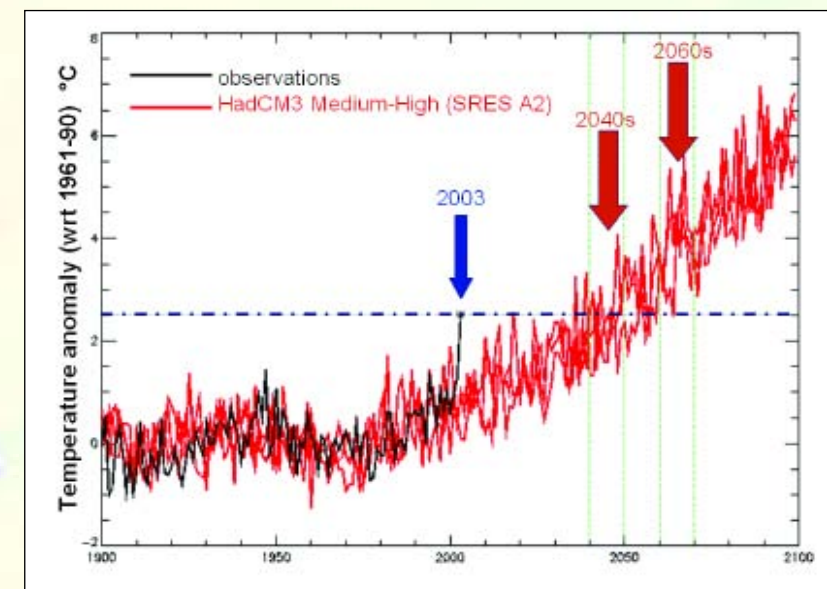
Griggs' Hadley Centre wil ook gevaren en risico's van klimaatveranderingen in kaart brengen. 'Wat-als-onderzoek' noemt Griggs dat, en geeft twee voorbeelden: Wat gebeurt er met de temperatuur in Engeland als de Warme Golfstroom morgen stilvalt? Wat gebeurt er met Groenlands ijskap als de hoeveelheid koolstofdioxide opeens verviervoudigt? 'Het zijn volgens de huidige inzichten overigens erg onwaarschijnlijke worst case scenario's', stelt hij direct gerust, 'maar het geeft je toch gevoel voor de achilleshielen van het klimaatsysteem.'

De Warme Golfstroom vormt een onderdeel van een wereldwijd netwerk van zeestromingen, dat bekend staat als de thermohaline circulatie (THC). De oceanen worden op gang gehouden door temperatuurtegenstellingen en door verschillen in zoutgehalte. In de noordelijke Atlantische Oceaan zijn er twee gebieden waar het zee-water wordt gekoeld door koude poolwinden. Het ene ligt in de Labrador Zee tussen Canada en Groenland, het andere tussen Groenland, IJsland en Noorwegen

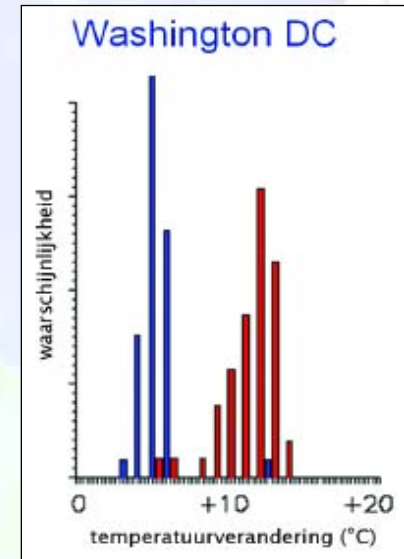
(fig. 9, gele stippen). Het koude water zakt naar beneden en stroomt vervolgens richting evenaar (blauw). Het wordt vervangen door warm water, dat vanuit de Golf van Mexico langs het oceanoppervlak naar het noordoosten stroomt (rood): de Warme Golfstroom. Smeltwater dat de oceaan in loopt, kan dit proces echter ontregelen. De golfstroom kan dan vertragen of verdwijnen. Zoiets gebeurde na de laatste ijstijd, nu zo'n 13.000 jaar geleden. In Europa werd het toen binnen een periode van tien tot twintig jaar al enkele graden kouder. 'We kunnen iets zeggen over wat de gevolgen zijn voor de temperatuur als dat opnieuw zou gebeuren', geeft Griggs aan. 'We zetten in ons klimaatmodel gewoon de golfstroom uit.' Figuur 10 toont het resultaat in rood. Al na enkele jaren zou strenge vorst in de wintermaanden in Midden-Engeland normaal zijn geworden. Met Warme Golfstroom, of preciezer met THC, zijn dergelijke minima zeldzaam (fig. 10, zwart).

### Smeltend ijs

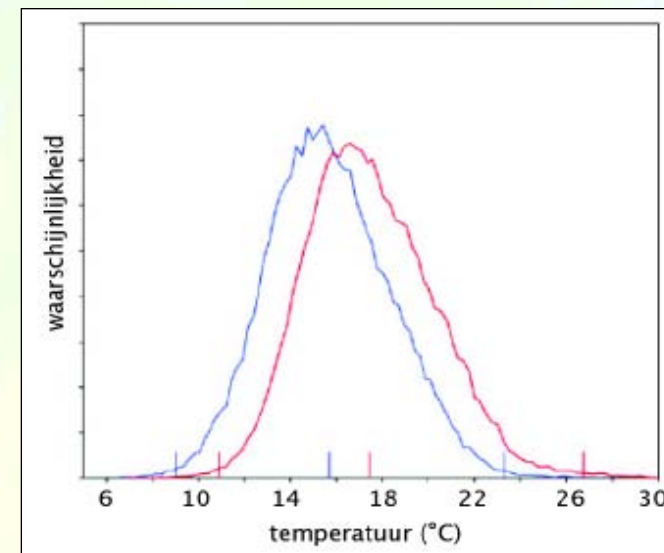
Het smelten van Groenlands ijskap wordt eveneens gezien als een serieuze dreiging. Eerder onderzoek gaf aan dat dit proces op gang komt als de temperatuur 2,7 graden stijgt. 'Zo'n waarde wordt thans zeker voor mogelijk gehouden', geeft ook Zhai aan. 'De projecties van de klimaatmodellen lopen namelijk uiteen van 1,4 tot 5,8 graden.' Om een inschatting te maken van de gevolgen van het smelten van het ijs, koppelden onderzoekers van het Hadley Centre een ge-



2003 was uitzonderlijk warm. De modelberekeningen suggereren dat een dergelijke zomer in de jaren veertig van deze eeuw normaal is en in de jaren zestig zelfs aan de koude kant. (Naar Stott et al., 2004)



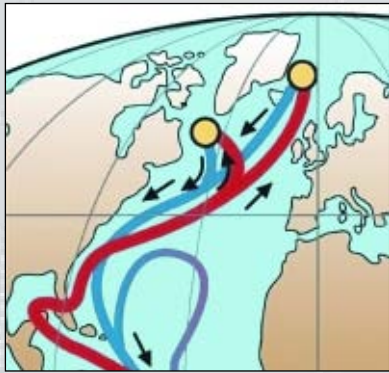
6. Relatieve verdeling van de verwachte toename van de gemiddelde dagelijkse maximumtemperatuur in de zomermaanden (blauw) en van de maximumtemperatuur op de heetste dag van het jaar (rood) in Washington DC, volgens het ensemble van 53 leden van het Hadley Centre. (Bron: Hadley Centre)



7. Kansverdeling van gemiddelde etmaaltemperaturen in augustus in het tijdvak 1961-1990 (blauw) en 2051-2080 (rood) volgens het Challenge-project. De gemiddelde temperatuur ligt in de toekomst twee graden hoger. De temperatuur van een warme augustusmaand zoals die eens in de tien jaar optreedt, komt echter vier graden hoger te liggen. (Bron: Challenge Project)

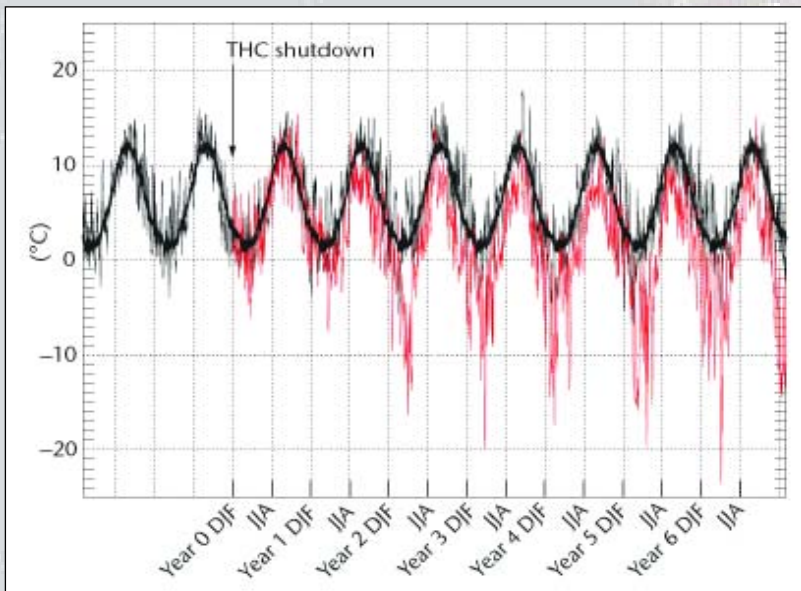
8. Afwijking van de gemiddelde temperatuur in juli en augustus over Europa ten opzichte van het gemiddelde in de periode 1961-1990. De rode curven geven rekenresultaten van klimaatmodellen van het Hadley Centre. Waargenomen temperaturen zijn aangegeven in zwart. De zomer van

9. Warme Golfstroom. Voor verklaring: zie tekst op blz. 399



omhoog en stijgt het waterniveau met 5,5 mm per jaar. Dat is veel ten opzichte van de in de twintigste eeuw waargenomen zeespiegelrijzing van jaarlijks een tot twee millimeter. Het effect op de Warme Golfstroom is minder groot: een tijdelijke afzwakking van enkele procenten, dus bij lange na geen stopzetting. 'Andere klimaatprojecties komen met hogere waarden, tot maximaal dertig procent', zegt Alan Thorpe, een van de voorgangers

10. Dagelijkse minimumtemperaturen in Midden-Engeland met Warme Golfstroom (zwart) en zonder (rood). In de modelberekeningen is de Warme Golfstroom in het jaar 0 (year 0) abrupt uitgezet (zie pijl THC-shutdown). DJF is de winterperiode december, januari, februari; JJA is de zomerperiode juni, juli en augustus. (Bron: Jenkins et al., 2005)



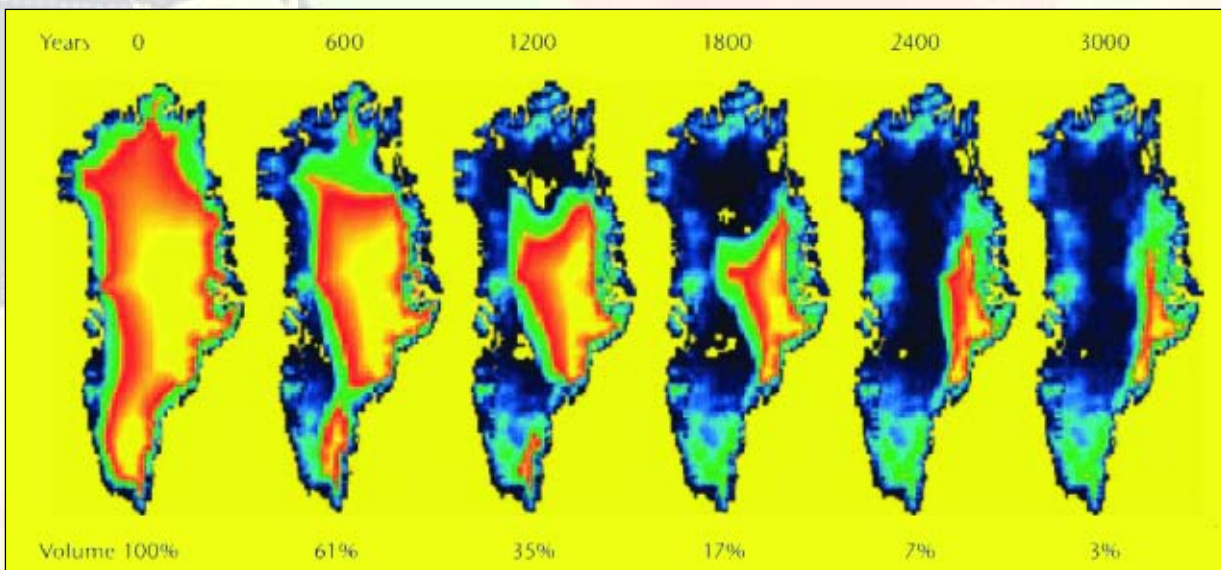
detaillieerd ijskapmodel van Groenland aan hun grofmaziger klimaatmodel. De ijskap blijkt volgens de berekeningen in ruim drieduizend jaar te verdwijnen (fig. 11). Tegelijkertijd komt de zeespiegel zeven meter

van Griggs als directeur van het Hadley Centre. 'Maar desondanks laten de klimaatmodellen de temperatuur in die regio sterk oplopen.' (Zie fig. 5.)

#### Modelontwikkeling

Het in 1990 door Margaret Thatcher geopende Hadley Centre werkt

11. Verandering in het volume van de ijskap van Groenland volgens berekeningen van het klimaatmodel van het Hadley Centre, gekoppeld aan het ijskapmodel van het Alfred Wegener Instituut. De berekening zijn uitgevoerd voor een situatie waarbij de concentratie van het broeikasgas koolstofdioxide is verviervoudigd. Geel duidt op een dikke ijskap; bij blauw is de ijskap dun of geheel verdwenen. (Bron: Jenkins et al., 2005)



voor een deel op kosten van overheidsinstellingen. Die zitten bij hun planning meestal niet te wachten op voorspellingen en projecties met brede marges en grote onzekerheden. Ook aan onwaarschijnlijke calamiteiten die toch niet helemaal zijn uit te sluiten, hebben ze geen boodschap. Om de onzekerheden te verkleinen en duidelijker uitspraken te kunnen doen over vooralsnog onwaarschijnlijk geachte gebeurtenissen, zijn betere modellen nodig. 'Daar blijven we aan werken', zegt Griggs toe. Ook van elders zijn op dat terrein bijdragen te verwachten zoals bijvoorbeeld uit China. 'Bij ons stappen steeds meer meteorologen over naar het klimaatonderzoek', aldus Zhai. 'Daar zit het meeste geld.' De onderzoeksresultaten zullen ongetwijfeld hun weg vinden naar het IPCC-rapport van 2007 of latere rapporten.

#### Literatuur

Jenkins, G. et al., 2005, *Stabilising climate to avoid dangerous climate change; a summary of relevant research at the Hadley Centre*, Defra and Met Office/Hadley Centre, Exeter, UK.  
Lowe, J. et al., 2004, *Uncertainty, risk and dangerous climate change, recent research on climate change research from the Hadley Centre*, Defra and Met Office/Hadley Centre, Exeter, UK.  
Peterson, T.C. et al., 1999, *Global rural temperature trends*. *Geophys. Res. Letts.*, 26, 329-332.  
Selten, F., Kliphuis, M. en Dijkstra, H., 2003, *Transient coupled ensemble climate simulations to study changes in the probability of extreme events*, *Climate Exchanges* 28, 10-12.  
Stott, P.A. et al., 2004, *Human contribution to the European heatwave of 2003*, *Nature*, 432, 610-614.  
Thorpe, A.J., 2005, *Climate Change Prediction, A challenging scientific Problem*, Institute of Physics, London, UK.

### POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN

MEADE LX90 8" LNT



- \* Level North Technology (voor snelle uitlijning)
- \* UHTC coating (voor briljant, contrastrijk beeld)
- \* Autostar met 30.000 hemelobjecten
- \* Electronische waterpas
- \* Exacte tijdsaanduiding
- \* Rode lichtpuntzoeker
- \* Zwaar LX200 statief

POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN  
Nachttegaalstraat 76; 3581 AM Utrecht  
tel/fax: 030-2322569  
e-mail: fa.polaris@wolmail.nl

### Starlight Xpress

CCD-camera  
**SXV-M8C**  
Sony SuperHAD  
2312 x 1720:  
4 miljoen pixels  
inclusief  
Claire de Lune aanbieding  
aluminium koffer  
**€ 1.925,-**



Claire de Lune • Amsterdam  
tel.: 020 4112937 • 06 51999671 • fax: 020 6673220  
[www.clairedelune.nl](http://www.clairedelune.nl)

## MEADE NIEUW LX90 8" LNT

De nieuwe transportabele alleskunner LX90 is nu nog eenvoudiger te bedienen. Met de EasyAlign met Smartfinder in combinatie met de door MEADE ontwikkelde en gepatenteerde LNT (level north technology) kan de LX90 perfect en zeer snel uitgelijnd worden en binnen een mum van tijd is hij gereed voor probleemloze waarnemingen.

- \* UHTC coating (voor een briljant, contrastrijk beeld)
- \* Autostar met 30.000 hemelobjecten
- \* Electronisch waterpas
- \* Electronisch kompas
- \* Exacte tijdsaanduiding
- \* Rode lichtpuntzoeker
- \* Zwaar LX200 statief

NIEUW eind van dit jaar leverbaar:  
LX90 LNT in 10" EN 12" uitvoering

Benel bv  
Postbus 482 7900 AL Hoogeveen Tel. 0528-234828 Fax. 0528-235390  
Email: [info@benel.nl](mailto:info@benel.nl) site: [www.benel.nl](http://www.benel.nl)

