

Inleiding

Het was nacht toen er op de deur werd geklopt. In het donker kon ik twee gele jassen onderscheiden, met daaronder zwarte uniformen – politie. Ze waren bezig om van deur tot deur te gaan, vertelden de agenten, om de mensen te waarschuwen in het gebied waar direct gevaar voor overstroming dreigde. Ze overhandigden ons een gekopieerd foldertje, waarin we werden geadviseerd om de stroom uit te schakelen en alle waardevolle spullen naar boven te verhuizen – en weg waren ze.

Twee dagen eerder was het begonnen met regenen. Het grootste deel van de dag kwam het met bakken tegelijk naar beneden, vergezeld van felle bliksemflitsen, afgewisseld met donderslagen. De wegen stonden volkomen blank terwijl het water in plassen uit de weilanden kwam stromen. Binnen een paar uur tijd was de spoorlijn naar het noorden afgesloten en was Oxford, zoals veel andere steden in de Midlands en het zuiden van Engeland, van de wereld afgesneden. Vier dagen later steeg het water nog steeds, terwijl de kruin van een vloedgolf de rivier de Thames af kwam rollen vanuit bovenstroomse gebieden die nog erger onder water stonden. Toen ik het nieuws op de televisie aandeed, zag ik hoe het schilderachtige stadje Tewkesbury met kathedraal en al in een eiland was veranderd, hoe zowel Cheltenham als Gloucester door stroomuitval waren getroffen en hoe scholen in de hele regio gesloten waren. Het wassende water overspoelde een waterzuiveringsinstallatie, waardoor een kwart miljoen mensen ruim een week zonder drinkwater kwamen te zitten. Hoewel mijn eigen huis niet overstroomd

werd, ruik ik nog, terwijl ik dit schrijf, de stank van rottende waterplanten die de rivier in het nabije Port Meadow heeft achtergelaten.

De enorme intensiteit en het geweld van de regen deed me denken aan een tropische storm in de Outer Banks in North Carolina, waar ik een paar jaren eerder doorheen gereden was terwijl ik onderzoek deed voor mijn eerste boek *Het nieuwe weer*. De hemel had op dezelfde manier iets onheilspellend donkers en de neerslagkaart op de website van het Meteorological Office liet dezelfde rode en witte vlekken zien van de super-intense neerslag, die ik eerder onder ogen had gehad in het busje van de orkaanjagers bij Cape Hatteras in 2002. Orkanen veroorzaken de zwaarste soort regenval op aarde en als een orkaan toeslaat kun je er donder op zeggen dat er overstromingen van komen. Zoals het ontstellende drama dat zich ontvouwd toen de orkaan Katrina New Orleans trof, kan zo'n overstroming – in combinatie met een gigantische vloedgolf – dodelijk zijn.

Al deze gebeurtenissen vormden vensters op een veranderende wereld. De opwarming van de aarde maakt de hydrologische cyclus intenser, en zorgt ervoor dat er op zee zwaardere stormen en heviger orkanen worden gebrouwen. Jazeker, extreem weer is er altijd geweest, maar het feit dat stijgende gehalten broeikasgassen de zonnewarmte vasthouden betekent dat er in het systeem meer energie beschikbaar is – zodat het ergste zich steeds vaker voordoet. De ellende die New Orleans te doorstaan kreeg, leek mij een kijkje te geven in datgene wat de 21e eeuw voor velen van ons, op ontelbare plekken ter wereld, in petto heeft nu de klimaatverandering steeds sneller gaat.

De beelden bleven in mijn hoofd rondspoken, zelfs nog toen de stad was geëvacueerd en de doorweekte overlevenden van New Orleans en het hele gebied rond de Golf waren afgevoerd naar tijdelijke opvangcentra in Texas en elders, waar een half miljoen van hen nog steeds verblijven op het moment dat ik dit schrijf – al of niet de eerste klimaatvluch-

telingen, voorgoed van huis en haard verdreven. Ik bleef me afvragen: waar gaat het de volgende keer gebeuren? Wat gaat er gebeuren als de wereld beetje bij beetje warmer wordt? Wat gaat er gebeuren met onze kusten, onze steden, onze bossen, onze rivieren, onze akkers en onze bergen, nu er, volgens het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), voor de komende honderd jaar een wereldwijde opwarming tot zes graden op het programma staat? Zullen wij allen, zoals sommige milieudeskundigen suggereren, zijn veroordeeld tot het bij elkaar schrapen van een bestaan in de verwoeste restanten van de beschaving, in een uithoek van het poolgebied die er nog mee door kan, of gaat het leven gewoon door – alleen een beetje warmer?

Toen ik hierover nadacht was ik al begonnen om de nieuwste wetenschappelijke literatuur over opwarming van de aarde na te pluizen. Ik wist uit mijn eerdere onderzoek voor *Het nieuwe weer* dat wetenschappers inmiddels honderden toekomstverwachtingen hebben gemaakt – meestal op basis van complexe computermodellen – van hoe de opwarming op alles van invloed zal zijn, van de maïsogst in Tanzania tot aan de sneeuwval in de Alpen. Af en toe haalt een bijzonder treffend onderzoek de krantenkoppen, maar de grote meerderheid van deze voorspellingen wordt bijgezet in obscure specialistische tijdschriften, die zijn voorbestemd om uitsluitend door andere klimatologen te worden gelezen. De meeste van deze tijdschriften vallen in de bus bij de Radcliffe Science Library van de University of Oxford, nog geen twee kilometer van mijn huis vandaan, waar ze weken of zelfs jaren lang op schaars verlichte planken staan. Ik beseftte dat het was alsof ik een Orakel van Delphi in mijn achtertuin had staan, of Nostradamus naast me had wonen – behalve dan dat deze wetenschappelijke profetieën al werkelijkheid aan het worden waren.

Eerder dat jaar was ik begonnen om met mijn laptop elke dag een pelgrimstocht te maken naar de kelder van de Radcliffe Science Library, waar ik week in week uit tiendu-

zenden wetenschappelijke artikelen uitkamde. De seizoenen kwamen en gingen, en ik maakte er nauwelijks iets van mee. Ik voerde elk relevant artikel in een spreadsheet in – artikelen over twee graden opwarming in de rubriek van twee graden, artikelen over vijf graden opwarming in de rubriek van vijf graden, enzovoort. Het waren niet allemaal projecties van computermodellen – een deel van het interessantste materiaal kwam uit paleoklimatologische studies, onderzoeken naar de invloed van temperatuurveranderingen op de planeet tijdens warmere periodes in de prehistorie. Deze gegevens van broeikasperiodes in het verleden, zo realiseerde ik me, konden wel eens parallellen naar de toekomst vormen. En zo werden ook zij in mijn zes-gradentabel geschoven, volgens de temperatuur van de klimaatperiodes die zij vertegenwoordigden.

Op het laatst bedacht ik dat ik iets had dat feitelijk uniek was: een graad-voor-graad-gids voor de toekomst van onze planeet. En zo begon het boek, op basis van dit ruwe materiaal, steeds meer vorm te krijgen: in mijn eerste hoofdstuk stonden alle effecten van wereldwijde opwarming die ik had gevonden in verband met een temperatuurstijging van één graad, in mijn tweede hoofdstuk stonden die van twee graden, in mijn derde hoofdstuk die van drie graden... en zo verder omhoog tot aan zes graden – het wetenschappelijke *worst-case scenario*. Er is geen wetenschapper en geen journalist die dit werk ooit eerder heeft gedaan met iets wat ook maar in de buurt komt van deze gedetailleerdheid, en nooit eerder is zoveel van deze informatie in boekvorm toegankelijk gemaakt voor een algemeen publiek.

Terwijl het werk gestalte kreeg begon het gevoel aan me te knagen dat ik het misschien allemaal maar geheim moest houden. *Zes Graden* begon te voelen als een overlevingsgids, barstensvol aanwijzingen over welke delen van de aardbol je maar beter de rug toe kon keren, en welke er vermoedelijk bewoonbaar zouden blijven. Misschien moest ik deze informatie alleen delen met mijn familie en vrienden, om degenen

die mij het meest nabij waren stilletjes een schot voor de boeg te geven? Of moest ik het misschien zo breed mogelijk rondbazuinen, als een soort waarschuwing, om mensen ervan te overtuigen om campagne te voeren om snel de uitstoot te beperken en de *worst-case scenario's* te vermijden vóór het te laat is?

Vanzelfsprekend koos ik voor de tweede, optimistischere koers. Maar een vraag die ermee samenhang bleef me achtervolgen toen ik lezingen over het materiaal voor *Zes Graden* ging geven. Dat was vooral nadat ik een keer na afloop van zo'n avond in de toiletten een gesprek opving, waarin iemand uit het publiek een ander zijn excuses aanbood voor het feit dat hij deze had meegesleept naar zoiets deprimerends. Ik schrok me rot. Deprimerend? Het was werkelijk geen moment bij me opgekomen dat *Zes Graden* deprimerend zou kunnen zijn. Jazeker, de gepresenteerde gevolgen zijn angstaanjagend – maar ze zijn ook, in hoofdzaak, nog te voorkomen. Gedeprimeerd raken over de situatie nu is net zoiets als stokstijf in je woonkamer zitten toekijken hoe de keuken vlam vat, en je dan steeds ellendiger gaan voelen terwijl het vuur zich door het huis verspreidt – in plaats van een blusapparaat te grijpen en op de vlammen in te spuiten.

Ik probeerde het boek ook aan niet-specialisten uit te leggen, en daarbij drong het steeds meer tot me door dat de meeste mensen volstrekt geen idee hebben wat een gemiddelde opwarming van twee, vier of zes graden in werkelijkheid eigenlijk betekent. Het lijken nog steeds hele kleine veranderingen, wanneer het kwik tussen dag en nacht wel vijftien graden heen en weer vliegt. Wanneer het donderdag zes graden warmer is dan woensdag, betekent dat voor de meesten van ons niet het einde van de wereld; het betekent dat we onze jas thuis kunnen laten. Dat zijn gewoon de grillen van het alledaagse weer. Maar een wereldwijde verandering van gemiddeld zes graden is een totaal ander vooruitzicht.

Ga maar na: 18.000 jaar geleden, tijdens de allerkoudste periode van de laatste ijstijd, was de temperatuur wereldwijd

zo'n zes graden kouder dan tegenwoordig. In dat ijzige klimaat strekten de ijsvlaktes zich uit over heel Noord-Amerika, van de ene oceaan tot de andere. Zoals gletsjergeulen in de rotsen van Central Park aantonen, was New York begraven onder een dik pak ijs, dat zich met een dikte van bijna twee kilometer uitstreckte naar het midden van het continent. Het noorden van New Jersey lag eronder begraven, net als het hele gebied van de Grote Meren, en vrijwel volledig Canada. Verder naar het zuiden moet het agrarische hart van staten als Missouri en Iowa een ijskoude toendra geweest zijn, bestookt door stofstormen die vanaf de ijsskap kwamen aanzwiepen, en liggend op dikke lagen permafrost. Mensen waren in de ijstijd ver naar het zuiden verdreven, waar plekken die nu subtropisch zijn, zoals Florida en Californië, een gematigd klimaat hadden behouden.*

Bovendien verliepen de temperatuurschommelingen verbijsterend snel – meerdere graden binnen een tijdsbestek van tien jaar waarin het klimaat opwarmde en weer afkoelde. Op een bepaald moment, zo'n 70.000 jaar geleden, blies een enorme vulkaanuitbarsting in Indonesië duizenden kubieke kilometers stof en zwavel de atmosfeer in, zodat de zonnearmte werd afgesneden en de temperatuur wereldwijd naar beneden dook. Menselijk leven werd bijna uitgeroeid in de 'nucleaire' winter die daarop volgde: de totale wereldbevolking klapte in elkaar tot ergens tussen de 15.000 en 40.000 individuen, een overleving op een haar na, die tot op heden in de genen van elk levend mens gegrift staat. Wanneer zes graden afkoeling in het verleden genoeg was om ons vrijwel weg te vagen, betekent dat dan impliciet dat zes graden op-

* Nvdv: Ook de noordelijke helft van 'Nederland' werd eens bedekt door uitvloeisels van het enorme pakket landijs dat zich in Scandinavië vormde, maar dat was in de op een na laatste ijstijd, de Ristijd. Wij danken er de stuwwallen aan van bijvoorbeeld de Utrechtse Heuvelrug.

warming in de toekomst net zo'n soort gevolg zal hebben? Dat is de vraag die dit boek probeert te beantwoorden.

In die zomer van 2005, toen ik het spoor van de vermoedelijke toekomst van de mensheid begon te volgen, voelde ik me als Dante aan de poorten van het Inferno – bevoorrecht om te zien wat maar weinigen aanschouwd hebben, maar ook diep verontrust door de gruwelen die in het verschiet leken te liggen.* Zoals Dante de dichter Vergilius als gids bij zich had toen hij afdaalde in de hel, zo heb ik als mijn gidsen de vele begaafde wetenschappers die zo hartstochtelijk het oorspronkelijke onderzoek deden waarop dit boek gebaseerd is. Ik betuig hen mijn dank, en hoop dat zij zich goed weergegeven voelen door wat nu volgt.

*'Eén wil verenigt ons. Ga nu op pad
U leidt mij, onderwijst mij, richt mijn schreden,'
En toen hij zich op weg begeven had,
Begon mijn barre voettocht naar beneden.*

uit: Hel, Canto 2. Vertaling: Ike Cialona, Peter Verstegen.
(De Goddelijke Komedie, Dante Alighieri, Athenaeum-
Polak & van Gennep, Amsterdam, 2000)

Een technische wegwijzer

Zoals dat een populair-wetenschappelijk auteur betaamt heb ik getracht om elke gevalstudie zo veel mogelijk tot leven te laten komen zonder de degelijkheid van het originele artikel kwijt te raken. Waar de wetenschap zelf zich in de loop der jaren verder heeft ontwikkeld, heb ik geprobeerd om dat in het verhaal te verwerken. Uiteraard waren er hindernissen:

* De tekst is zowel in 2007 als in september 2008 nog grondig bijgewerkt.

vrijwel alle onderzoeken gebruiken andere modellen, waarbij elk model zich baseert op andere aannames, zodat een onderlinge vergelijking soms zoets is als die tussen kalk en kaas. Ook bevat elk onderzoek zowel onzekerheden – vaak kwantitatief uitgedrukt, zo zit goede wetenschap nu eenmaal in elkaar – als door de auteurs zorgvuldig afgewogen, doordachte uitspraken, die niet altijd nauwgezet zijn weer te geven in een globale, schetsmatige benadering als deze. De lezer die vragen heeft over enig deel van de gepresenteerde informatie is vrij om referenties na te trekken en de oorspronkelijke werken zelf te beoordelen. En kom niet bij mij met klachten en met twijfels over de methodologiën die in de oorspronkelijke onderzoeken zijn toegepast; ik ben geen klimatoloog, ik ben slechts de vertolker.

Ten behoeve van die lezers die het nogal verwetenschappelijke debat over klimaatverandering niet helemaal kunnen volgen, hier nog iets heel algemeen over de achtergrond van de wereldwijde opwarming: In wezen refereert deze laatste term (die ik afwisselend gebruik met ‘klimaatsverandering’, ook al betekenen zij technisch gezien dan net iets anders) aan de stijging van de wereldwijde atmosferische temperaturen als gevolg van stijgende concentraties broeikasgassen in de lucht om ons heen. Dat broeikasgassen een opwarmend effect hebben, zo’n beetje als een extra deken om de aarde heen, staat buiten kijf en geldt al meer dan honderd jaar als een natuurkundig gegeven. Deze gassen veroorzaken een ‘broeikaseffect’ omdat zij de infrarode lange-golfstraling niet doorlaten; invallende warmte van de zon is korte-golfstraling, en gaat er dus zonder meer doorheen, maar wanneer deze warmte door de aarde wordt teruggestraald, heeft zij een langere golflengte, en daarvan wordt een deel door deze gassen vastgehouden – net zoals glas in een plantenkas warmte vasthoudt. Als er helemaal geen broeikasgassen in de atmosfeer waren, zou de gemiddelde temperatuur op aarde ongeveer -18°C zijn.

Sinds het begin van de industriële revolutie zijn concentraties van het voornaamste broeikasgas, kooldioxide (CO_2), met eenderde gestegen, terwijl die van methaan – een ander sterk broeikasgas – verdubbeld zijn. Hoewel er over periodes van tien jaar altijd wel schommelingen zijn geweest, zijn de temperaturen wereldwijd over de laatste 150 jaar ook gestegen met ongeveer $0,8^\circ\text{C}$, en zullen ze naar verwachting de komende eeuw nog sneller oplopen aangezien de CO_2 -niveaus alsmaar blijven stijgen. Voor een deel zijn die toekomstige temperatuurstijgingen het gevolg van emissies in het verleden, en voor een ander deel weerspiegelen zij hoe snel de broeikasgasemissies door menselijke activiteit naar verwachting zullen stijgen. Dat we grotere temperatuurstijgingen kunnen voorkomen door uitstoot te verminderen is een cruciaal punt dat ik in dit boek hoop aan te tonen.

Hoewel ik mijn best heb gedaan om de juiste gevolgstudies in de juiste hoofdstukken te presenteren, zijn er ook gevallen waarin de beslissing om iets ergens onder te brengen nogal arbitrair is. Vele – of eigenlijk de meeste – artikelen vermelden niet de precieze gemiddelde temperatuursverandering waarnaar hun onderzoek verwijst, met name wanneer zij op een regionale verandering zijn gericht. Een onderzoek over ijs in de Noordelijke IJszee kan zich bijvoorbeeld baseren op een serie verschillende toekomstige kooldioxide-concentraties die door de auteurs geen van alle worden geïnterpreteerd als wereldwijde temperatuurgemiddelden. Dat zadelt mij op met de lastige keuze om in te schatten in welk hoofdstuk zij het beste thuishoren. Bovendien delen verschillende studies die dezelfde toekomstige CO_2 -gehalten gebruiken niet noodzakelijkerwijs dezelfde temperatuurprojecties; alle modellen hebben verschillende ‘gevoeligheden’ voor de toename van atmosferische broeikasgassen, wat de procedure nog ingewikkelder maakt. Niettemin is het van belang om te benadrukken dat al het materiaal in dit boek afkomstig is van *peer-reviewed* wetenschappelijke literatuur – nergens baseer

ik voorspellingen op minder betrouwbare bronnen als krantenartikelen of persberichten van campagne-groepen.

Tevens is het van belang om op te merken dat de temperatuurschaal van dit boek is gebaseerd op het maatgevende temperatuurbereik van 1,4 tot 5,8°C, dat het IPCC publiceerde in het *Third Assessment Report* van 2001, waarin voorspellingen tot aan zes graden zijn gedaan. Dit bereik wordt weerspiegeld in de structuur van de hoofdstukken die volgen. Het drie-graden-hoofdstuk omvat bijvoorbeeld mondiale temperatuurstijgingen van 2,1°C tot 3°C, terwijl het zes-graden-hoofdstuk 5,1°C tot 5,8°C omvat. In februari 2007 publiceerde het IPCC zijn *Fourth Assessment Report* (AR4), dat het bereik van temperatuurprojecties voor 2100 verbreedde. In het laagste emissie-scenario, waarbij mondiale broeikasgasemissies scherp dalen, zou de opwarming rond 2100 op het lage punt van 1,1°C kunnen uitkomen, terwijl die in het hoogste emissie-scenario 6,4°C zou kunnen halen. Met andere woorden, het bereik is groter, en in het slechtste geval gaat het er nog drastischer aan toe dan in het IPCC-rapport van 2001 – tot aan zeven graden op de schaal van dit boek.

Het *Fourth Assessment Report* onderzoekt ook in detail welke effecten er van toekomstige klimaatveranderingen te verwachten zijn en bestrijkt daarbij in grote lijnen hetzelfde terrein als dit boek, met referenties naar veel van dezelfde artikelen. De niet-technisch taal maakt het voor leken best begrijpelijk – bepaald een verbetering ten opzichte van eerdere rapporten. Met name zou ik geïnteresseerde lezers willen verwijzen naar het deel van *Working Group II* in het rapport, en dan met name naar een tabel in de Samenvatting voor Beleidsmakers, waarin de verwachte gevolgen van opwarming met 1 tot 5°C worden aangegeven in een simpele schaal met graden (waarom de tabel niet tot zes graden gaat, hoewel dat binnen de temperatuurprojecties van het IPCC valt, wordt niet uitgelegd). De volledige Engelse tekst van alle IPCC-rapporten is beschikbaar via het web op www.ipcc.ch.

Een duidelijke valkuil van de keuze voor een structuur van dit boek die op temperaturen is gebaseerd, is dat het heel lastig is om tijdstippen aan te geven. De wereld zou tegen het jaar 2100 twee graden warmer kunnen worden, maar zover zou het ook al in 2030 kunnen zijn. De lezer moet zich vooral blijven bedenken dat hoe sneller de opwarming gaat hoe meer moeite de menselijke beschaving en natuurlijke ecosystemen hebben om zich aan te passen aan het veranderende klimaat. De alternatieve optie, om de 21e eeuw te doorlopen met sprongen van tien jaar, zou volgens mij nog problematischer zijn geweest, aangezien de tijdstippen die aan verschillende emissie-scenario's en temperatuurveranderingen zijn gehangen hoogst onzeker zijn. Dit boek gaat alleen over wat wetenschappers 'kortstondige' klimaatsverandering noemen: vanwege de thermische traagheid van de oceanen zal het eeuwen duren voordat de temperaturen zich bij een willekeurige concentratie broeikasgassen stabiliseren in een zogenaamde 'evenwichtsstaat'.

Ik heb ook af en toe nogal speculatief bekeken wat de projecties van de huidige wetenschappers zouden betekenen voor de toekomstige samenleving. Zou China Siberië binnentrekken om subarctische *Lebensraum* zeker te stellen op een aardbol waar steeds smallere zones bewoonbaar blijven? Zouden India en Pakistan in hun strijd over de opdrogende bronnen van de Himalaya-rivieren naar kernwapens grijpen wanneer hun bevolking dorst lijdt? Ik zou niet wijs zijn als ik dacht dat deze voorspellingen letterlijk zullen uitkomen – de geschiedenis leert ons dat menselijke gebeurtenissen te onvoorspelbaar zijn om zo'n deterministische benadering te onderschrijven. Maar hier twijfel ik niet aan: klimaatverandering is het doek waarop de geschiedenis van de 21e eeuw geschilderd gaat worden. Een gewaarschuwd mens telt voor twee.

Vooruit dan maar. Laten we samen het Inferno binnengaan.