



***Terra Incognita* (IX) - SPECIAL**

Hoe is het gesteld met onze planeet?

Het nieuwe VN-klimaatrapport

Het uitgangspunt van deze rubriek is dat het Ecosysteem Aarde in een no-analogue state verkeert. Zowel de snelheid, de grootte als de ruimtelijke schaal van de menselijk veroorzaakte wijzigingen zijn zonder weerga in de geschiedenis van deze planeet¹ – zodat er dus geen ‘analoog’ geval meer is waarmee men het huidige tijdvak kan vergelijken. We begeven ons op onbekend terrein. Deze rubriek besteedt daarom uitvoerig aandacht aan een aantal relevante milieuwetenschappelijke discussies. Ik beperk me daartoe tot de vaktijdschriften Nature (www.nature.com) en Science (www.sciencemag.org). Geenszins is het mijn betrachting een exhaustief overzicht te bieden van alle recente ontwikkelingen; wel is het een poging de aandacht van de lezer te vestigen op enkele markante evoluties. Deze kunnen hopelijk een ander licht laten schijnen op de wetenschappelijke én maatschappelijke onverantwoordelijkheid van elke vorm van ‘onredelijk milieuoptimisme’².

In deze speciale aflevering van *Terra Incognita* ga ik het exclusief hebben over het nieuwe, langverwachte rapport van het VN-klimaatpanel (IPCC). Dit *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007* (AR4) werd wereldkundig gemaakt op 2 februari 2007.

Wat is het IPCC?

Vooraleer in te gaan op de inhoud van het AR4 zelf, loont het de moeite om kort de achtergrond van dit rapport te schetsen. Het IPCC werd in 1988 opgericht door de Wereld Meteorologische Organisatie en het milieuprogramma van de VN. Dit panel evalueert de beschikbare wetenschappelijke, technische en socio-economische informatie die relevant is voor het inzicht in de risico's van klimaatverandering voor de mens. Het is belangrijk om weten dat het IPCC zelf niet aan wetenschappelijk onderzoek doet, maar op basis van vakliteratuur overzichtsrapporten opstelt (zie www.ipcc.ch). Deze meerdelige rapporten bespreken de wetenschappelijke inzichten in het klimaatgebeuren, de impact ervan en adaptatie en reductiemogelijkheden. Omdat het vorige VN-klimaatrapport al van 2001 dateerde (het *Third Assessment Report*, TAR), keek de internationale gemeenschap reikhalzend uit naar het nieuwe AR4-rapport. Het nu voorliggende rapport is het eerste deel van het AR4 (*The Physical Science Basis*): het behandelt de kennis van het klimaatsysteem en de te verwachten gevolgen. Het gaat hier over heus titanenwerk. Gedurende meer dan drie jaar werkten zeshonderd topklimaatwetenschappers uit veertig verschillende landen aan de systematische analyse van de vakliteratuur – *Nature*, *Science*, *PNAS*, *Climatic Change*

etc. Zij werden daarin bijgestaan door ongeveer zeshonderdtwintig expert-nalezers (*reviewers*) en een groot aantal overheidsgerelateerde nalezers. Omdat de rapporten van het IPCC doorgaans zeer omvangrijk zijn, werkt men ook klassiek met een korte samenvatting, de zogenaamde '*Summary for Policymakers*'.³ Het is deze synthese die we hier zo dadelijk zullen bespreken. Belangrijk om weten is dat dit korte rapport gewoonlijk het onderwerp vormt voor grote discussies tussen de verschillende regeringsmedewerkers. De enige leden van het IPCC zijn namelijk regeringen en dus hebben zij, in principe althans, het laatste woord. Juist omwille van de grote impact van dit rapport, wordt er daarom over elk woord in het uiteindelijke rapport onderhandeld. Dit is de reden waarom men kan stellen dat het IPCC in wezen relatief conservatieve syntheserapporten uitbrengt: alleen datgene waarover een voldoende sterke consensus bestaat, zal naar buiten worden gebracht. Mede daarom is het huidige AR4-rapport zo cruciaal. Het stelt namelijk dat de opwarming sneller en ernstiger zal zijn dan 'tot op heden' aangenomen. Met dit nieuwe rapport zal het rookgordijn dat door de laatste klimaatontkenners werd opgetrokken voor eens en voor altijd moeten verdwijnen.

AR4 '*Physical Science Basis*': *Summary for Policymakers*

Het eerste deel van het AR4-rapport bespreekt de evolutie van de wetenschappelijke kennis omtrent de klimaatwijzigingen. Het bouwt verder op het TAR-rapport van 2001 en maakt gebruik van de vele recente wetenschappelijke publicaties. Sinds 2001 werd heel wat vooruitgang geboekt in het klimaatonderzoek: nieuwe en betere data, meer verfijnde dataverwerkingsmethodes, verbetering van de kennis inzake klimaatprocessen etc. In dit overzicht zal ik de structuur van het AR4-rapport volgen. Achtereenvolgens komen aan bod: menselijke en natuurlijke oorzaken van klimaatwijzigingen, observatie van recente klimaatwijzigingen, klimaatgevoeligheid en, ten slotte, projecties voor toekomstige klimaat evoluties.

Oorzaken van klimaatwijzigingen

In het klimaatverhaal moet men rekening houden met zowel opwarmende als afkoelende elementen. Zo leidt een toename van broeikasgassen in de atmosfeer tot een opwarmend effect. De verhoging van de concentratie aan broeikasgassen zorgt ervoor dat er een onevenwicht ontstaat tussen de hoeveelheid zonne-energie die de aarde absorbeert en de mate waarin ze die opnieuw uitstoot in de ruimte. Het verschil tussen deze twee factoren wordt uitgedrukt in een hoeveelheid Watt per vierkante meter (W/m^2). Met een wetenschappelijke term noemt men dit *climate forcing*. Broeikasgassen zorgen dus voor een positieve *forcing*. Anderzijds bestaan er ook koelende factoren. Zo leidt de aanwezigheid van fijne sulfaataërosoldeeltjes⁴ tot een afkoeling. Naast broeikasgassen en sulfaataërosolen zijn er nog andere factoren die de netto energiebalans van de aarde beïnvloeden: wijzigingen in zonnebestraling, landoppervlakte-eigenschappen, andere aërosolen zoals roetdeeltjes etc. Een van de belangrijkste bevindingen in het AR4-rapport is dat men nu een grotere duidelijkheid heeft gekregen over de netto invloed van al deze factoren. Sinds de publicatie van het IPCC-rapport in 2001 is het wetenschappelijk gezien veel zekerder geworden – *very high confidence* (kans > 90%) in wetenschappelijk jargon – dat menselijke activiteiten hebben geleid tot een netto opwarming van de aarde. Sinds 1750 is het netto effect van menselijke activiteiten een *forcing* van $+1,6 W/m^2$. Die waarde is de som van een aantal verschillende (opwarmende én koelende) effecten. Het gaat daarbij zowel om menselijke factoren (broeikasgassen, aërosolen, ozon etc.) als natuurlijke factoren

(e.g. zonnebestraling). De invloed van de verschillende factoren wordt schematisch weergegeven in Fig. 1.

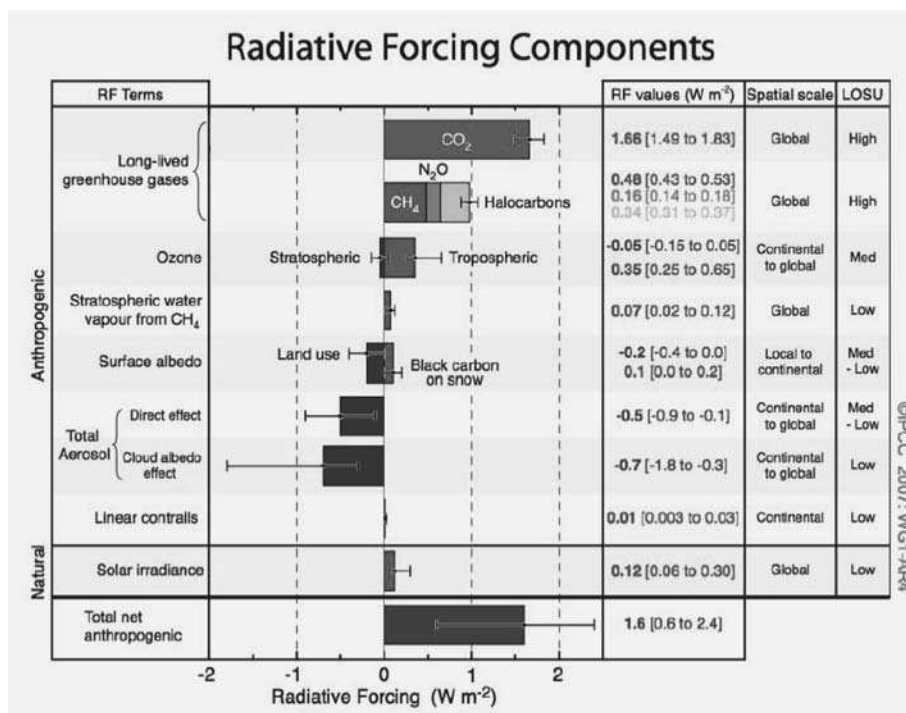


Fig. 1: Invloed van verschillende factoren in de globale opwarming. De balken geven weer of er een opwarming (positieve radiative forcing) dan wel een afkoeling (negatieve radiative forcing) plaatsvindt.

Broeikasgassen. Het effect van de toename in (menselijke) broeikasgassen wordt geschat op een sterke opwarming van, globaal genomen, + 2,3 W/m^2 . De globale gemiddelde concentraties van koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) in de atmosfeer zijn inderdaad significant toegenomen sinds 1750. Zij zijn nu aanzienlijk hoger dan de pre-industriële waarden, zoals die bepaald werden door ijsboringen (Groenland, Antarctica). De toename van de CO₂-concentratie is het gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen en wijzigingen in landgebruik (bv. ontbossing), terwijl de verhoogde methaan- en lachgasconcentraties vooral het gevolg zijn van landbouwactiviteiten. CO₂ is het belangrijkste (menselijke) broeikasgas: de concentratie ervan is toegenomen van een pre-industriële waarde van 280 deeltjes per miljoen (ppm) tot een cijfer van 379 ppm in 2005. Dit is een concentratie die ver buiten het natuurlijke variabiliteitsgebied (tussen minima van 180 ppm en maxima van 300 ppm) ligt van de laatste 650.000 jaar (zoals bepaald door ijsboringen). De CO₂-aangroeisnelheid was het snelst gedurende de laatste 10 jaar (gemiddeld 1,9 ppm per jaar). De atmosferische methaanconcentratie is gestegen van een pre-industriële waarde van 715 ppb (deeltjes per miljard) tot een actuele waarde van 1774 ppb. Net als bij CO₂ betreft het hier een stijging tot op een niveau dat buiten de natuurlijke variabiliteitsregio ligt.

“De opwarming vindt niet alleen plaats in de atmosfeer, maar ook in de oceanen. 80% van de extra energie in het klimaatsysteem is geabsorbeerd door de oceanen. Hogere oceaantemperaturen leiden tot een expansie van het zeewater, wat bijdraagt tot de zeespiegelstijging.”

Aërosolen. Anderzijds is het zo dat het opwarmende effect vanwege de verhoogde broeikasgasconcentraties momenteel nog gedeeltelijk gemaskeerd wordt door een koelende invloed van aërosolen (sulfaat, organische koolstof, stof etc.). Het IPCC schat de netto bijdrage van deze aërosolen op $-0,5 \text{ W/m}^2$ - $0,7 \text{ W/m}^2$, overeenkomend met respectievelijk de directe en de indirecte *forcing*. In vergelijking met het rapport

van 2001 is de wetenschappelijke zekerheid hieromtrent gevoelig verbeterd, al blijft de invloed van aërosolen vandaag nog steeds de grootste onzekerheidsfactor.

Andere invloeden. Naast de invloed van broeikasgassen en aërosolen zijn er nog een aantal andere, minder belangrijke, menselijke klimaatbijdragen, die ik hier niet verder bespreek. Wel is het interessant om te wijzen op het feit dat natuurlijke factoren, zoals de wijziging in zonnebestraling, voor een netto opwarmend effect hebben gezorgd. Die bijdrage wordt geschat op $+0,12 \text{ W/m}^2$. In vergelijking met het effect van broeikasgassen ($+2,3 \text{ W/m}^2$) is dit met andere woorden slechts klein bier.

Observatie van recente klimaatwijzigingen

Het IPCC stelt met klem dat de opwarming van het klimaatsysteem nu onmiskenbaar is. Elf van de laatste twaalf jaar (1995-2006) bevinden zich in de top twaalf van de warmste jaren sinds het begin van de directe waarnemingen (1850). De totale temperatuurtoename (gemiddeld gezien over de wereld) tussen 1850-1899 en 2001-2005 wordt geschat op $0,76^\circ\text{C}$. In het TAR-rapport in 2001 heette het nog dat de opwarming tussen 1901 en 2000 ‘slechts’ $0,6^\circ\text{C}$ bedroeg. Tezelfdertijd werd ook vastgesteld dat, overeenkomstig hogere luchttemperaturen, de gemiddelde waterdampconcentratie van de atmosfeer is toegenomen sinds de jaren ‘80. De opwarming vindt niet alleen plaats in de atmosfeer, maar ook in de oceanen. 80% van de extra energie in het klimaatsysteem is geabsorbeerd door de oceanen. Hogere oceaantemperaturen leiden tot een expansie van het zeewater, wat bijdraagt tot de zeespiegelstijging (zie verder). Berggletsjers en sneeuwbedekking zijn in Noord en Zuid afgenomen in grootte. Nieuwe data sinds 2001 tonen ook aan dat ijsverliezen in Groenland en Antarctica in de periode 1993-2003 ‘zeer waarschijnlijk’ hebben bijgedragen tot de stijging van het zeeniveau. Het gaat vooral over de versnelling van de zogenaamde *outlet glaciers*, de gletsjers die uitlopen in de zee. In Groenland is er ook sprake van ijsverlies door het sneller smelten van ijs dan de aangroei via sneeuwval. Als gevolg van deze evoluties, is het globale zeeniveau met een gemiddelde van $1,8 \text{ mm}$ per jaar aan het stijgen (periode 1961-2003). In de periode 1993-2003 was de toename sneller: gemiddeld gezien $3,1 \text{ mm}$ per jaar. Bekeken over de 20ste eeuw verhoogde de zeespiegel met $0,17$ meter.

Los van de globale evolutie inzake temperatuur en zeeniveau beginnen er zich nu ook een heel aantal trends af te spelen op het continentale en regionale niveau. Ik vat er enkele van samen. De gemiddelde temperatuur aan de Noordpool is tijdens de voorbije honderd jaar twee keer zo snel gestegen als de gemiddelde globale opwarming. Dit heeft er mee toe geleid dat het Arctische zee-ijs in omvang afneemt. Dit is vooral duidelijk in de zomerperiodes waarin een gemiddelde reductie van $7,4\%$ per decade werd opgemeten. Zoals bekend is dit zeer problematisch voor de toekomstige levenskansen van ijsberen. Ook de temperatuur van de bovenste lagen van de permafrost (‘eeuwig bevroren grond’) in de Noordelijke hemisfeer is toegenomen (met een cijfer tot 3°C)

sinds de jaren '80. Neerslagpatronen zijn ook significant gewijzigd. In de oostelijke delen van Noord- en Zuid-Amerika, Noord-Europa en Noord en Centraal-Azië is de regenval toegenomen; in de Sahel, de mediterrane gebieden, Zuidelijk Afrika, een deel van Zuid-Azië is er een gevoelige verdroging opgetreden. Los van de langetermijntrends in regenval stelt men ook vast dat er sinds 1970, in grote delen van de wereld, meer intense en langere droogteperiodes voorkomen. Anderzijds is er ook een toename merkbaar van plotse en hevige neerslagperiodes. Gedurende de voorbije vijftig jaar is er ook een duidelijke trend in extreme temperaturen: koude dagen en nachten komen minder voor; hete dagen, nachten en hittegolven worden meer frequent. Het IPCC oppert ten slotte ook dat er meer en meer bewijsmateriaal voorhanden is om een link te leggen tussen de opwarming en een toename van intense tropische orkanen in de Noord-Atlantische Oceaan, een thema dat bij sommige wetenschappers nog erg gevoelig ligt. Wat het totale aantal tropische orkanen betreft, is er nog geen duidelijke trend merkbaar. De grote natuurlijke variabiliteit van tropische orkanen bemoeilijkt namelijk het detecteren van langetermijntrends.

Klimaatgevoeligheid

Een belangrijke parameter om accurate schattingen te kunnen maken voor toekomstige klimaatwijzigingen is de zogenaamde 'klimaatgevoeligheid'. Die definieert men als de uiteindelijke temperatuurstijging bij een verdubbeling van de atmosferische CO₂-concentratie ten opzichte van het pre-industriële niveau (280 ppm). De onzekerheid omtrent de precieze grootte van deze klimaatgevoeligheid is altijd groot geweest. Tot op heden werkte het IPCC steeds met een relatief ruim onzekerheidsinterval: *i.e.* een temperatuurstijging van 1,5 à 4,5°C voor een verdubbeling van de atmosferische CO₂-concentratie. Nochtans hadden tal van wetenschappers niet bijzonder veel vertrouwen in die schatting voor de klimaatgevoeligheid. In het nieuwe IPCC-rapport claimt men nu dat men de onzekerheid omtrent de klimaatgevoeligheid heeft kunnen verminderen. Het IPCC stelt in AR4 dat het 'waarschijnlijk' (kans > 66%) is dat de klimaatgevoeligheid in een vork tussen 2 en 4,5°C ligt, met 3°C als de 'meest waarschijnlijke waarde'. Dit is een bevestiging van de vele studies over klimaatgevoeligheid die in deze *Terra Incognita*-rubriek de laatste jaren zijn besproken. Tezeldertijd claimt het IPCC dat een lage klimaatgevoeligheid (< 1,5°C opwarming bij een verdubbeling van de CO₂-concentratie) – die verdedigd wordt door klimaatsceptici als Bjorn Lomborg – zo goed als uitgesloten kan worden (< 10% kans). Anderzijds kan men niet met zekerheid stellen dat klimaatgevoeligheidswaarden van meer dan 4,5°C onmogelijk zijn.

Toekomstige klimaat evoluties (tot 2100)

Om iets te kunnen zeggen over de te verwachten opwarming tijdens de komende decennia moet men kennis hebben van de klimaatgevoeligheid enerzijds (zie vorige paragraaf) en de toekomstige broeikasgasemissies anderzijds. Over beide aspecten heerst er een niveau van onzekerheid. Dit resulteert eveneens in een relatief grote onzekerheid over de toekomstige opwarming. Om het tweede type onzekerheid (toekomstige emissies) op te vangen, werkt het IPCC met een serie emissiescenario's voor de te verwachten broeikasgasuitstoot. In het evaluatierapport van 2001 (TAR) hanteerde het IPCC een zestal families van emissiescenario's die 'even plausibel' waren. Het betrof A1FI, A1B, A1T, A2, B1 en B2. Het AR4-rapport werkte overigens met dezelfde emissiescenario's als het TAR-rapport. De A1-familie betreft scenario's waarin de wereld een zeer snelle economische groei kent en de mondiale bevolking

rond 2050 een maximum bereikt en vervolgens afneemt. Nieuwe en meer efficiënte technologieën doen hun intrede terwijl er een convergentie plaatsvindt tussen het per *capita* inkomen van de verschillende landen in de wereld. De A1-familie valt uiteen in drie onderscheiden richtingen: fossiel intensief (A1FI), niet-fossiel intensief (A1T) en gematigd fossiel intensief (A1B).

In de A2-verhaallijn blijft de wereld zeer heterogeen, waarbij zelfvoorziening een centrale rol inneemt. De bevolking blijft in dit scenario ook ná 2050 toenemen.

De B1-familie beschrijft een wereld die sterk lijkt op die van de A1-scenario's met het verschil dat er in dit geval meer werk wordt gemaakt van schone en energie-efficiënte technologieën. De klemtoon ligt op globale oplossingen om economische, sociale en ecologische duurzaamheid te bekomen, met inbegrip van het nastreven van meer gelijkheid. Net zoals het geval is in de A2-scenario's, ligt de nadruk bij de B2-scenario's op lokale oplossingen voor milieubescherming en sociale gelijkheid, evenwel te midden van een wereld waarin de bevolking blijft toenemen. Uit deze bespreking volgt al zeer duidelijk dat de beleidskeuzes van overheden wel degelijk een grote invloed zullen hebben op de toekomstige klimaatwijzigingen. Zo zal de impact in het geval van de B-scenario's gevoelig lager zijn dan in het A1FI-scenario. Indien additionele klimaatmaatregelen worden genomen – bijvoorbeeld een krachtig postKyoto-akkoord dat alle landen in de wereld betreft en significante reductiedoelstellingen vooropstelt – is het zelfs mogelijk om emissiescenario's te bekomen die tot minder broeikasgasuitstoot zullen leiden dan in het meest optimistische IPCC-scenario (namelijk B1).

Wanneer het IPCC in het TAR-rapport van 2001 de twee types van onzekerheid met elkaar combineerde, kwam het tot een te verwachten temperatuurtoename tegen 2100 van 1,4 à 5,8°C (t.o.v. 1990). De zeespiegel zou stijgen met 9 à 88 cm. Dat waren de cijfers van 2001. De vraag is nu wat het AR4-rapport hierover schrijft. Een rechtstreekse vergelijking tussen de TAR-resultaten en de AR4-projecties is niet zo eenduidig. De gehanteerde werkwijze verschilt. De betrouwbaarheid van de bekomen projecties is ook veel beter, omdat de klimaatmodellen robuuster zijn geworden én bovendien ook nieuwe informatie integreren omtrent de aard van een aantal belangrijke terugkoppelingsmechanismen in het klimaat.

Globale temperatuurprojecties. Vooreerst projecteert het IPCC voor de twee komende decennia een verdere temperatuurstijging van 0,2°C/decennium, en dit voor de verschillende emissiescenario's. Wanneer het gaat over de te verwachten temperatuurtoename tegen 2100 is het wél belangrijk een onderscheid te maken in emissiescenario. In Tabel 1 staan de resultaten van de gemaakte projecties. In de eerste kolom staat het emissiescenario. De tweede kolom geeft de 'meest waarschijnlijke waarde' voor de te verwachten temperatuurtoename ten opzichte van 1980-1999. In de kolom ernaast wordt, per emissiescenario, een vork aangegeven voor de geprojecteerde temperatuurtoename. In realistische emissiescenario's bedraagt

"Het is evident dat de klimaatveranderingen niet plotseling zullen stabiliseren in 2100. De traagheid in heel het klimaatsysteem is immers immens. Simplistisch gesteld is de opwarming die we nu zien het gevolg van emissies uit een vroegere periode; terwijl de gevolgen van de veel hogere emissies van vandaag zich nog moeten vertalen in de toekomst."

de meest waarschijnlijke opwarming tegen 2100 dan 1,8° à 4,0°C. Als men rekening houdt met de al geobserveerde 0,76°C opwarming ten opzichte van 1850-1899, dan betreft het hier in alle gevallen een temperatuurtoename boven de 2°C-grens. Dat laatste cijfer is evenwel de waarde die naar voren wordt geschoven als de drempelwaarde die niet zou mogen worden overschreden. Meer dan 2°C opwarming zou immers leiden tot 'gevaarlijke menselijke interferentie'

met het klimaat.⁵ In zekere zin is het met andere woorden al vijf na twaalf. Voor de volledigheid werd ook een hypothetisch geval toegevoegd aan Tabel 1: de opwarming in het (uiteraard onrealistische) scenario dat de broeikasgasconcentraties zouden kunnen worden bevroren op het huidige niveau. Door de traagheid in het klimaatsysteem zou zelfs in dat geval de temperatuur nog verder toenemen met 0,3 à 0,9°C ten opzichte van de huidige waarde.

Tabel 1: AR4-Projecties tot 2100

case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	Likely range	Model-Based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^c	0.6	0.3 - 0.9	NA
B scenario	1.8	1.1 - 2.9	0.18 - 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 - 3.8	0.20 - 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 - 3.8	0.20 - 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 - 4.4	0.21 - 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 - 5.4	0.23 - 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 - 6.4	0.26 - 0.59

Projecties voor de zeespiegelstijging. De laatste kolom in Tabel 1 maakt een schatting voor de te verwachten zeespiegelstijging tegen 2100. Opnieuw wordt per emissiescenario een vork aangegeven. De bekomen intervals zijn kleiner dan in het TAR-rapport omdat er meer zekerheid is over een aantal fysische verschijnselen. Anderzijds is het wel zo dat er nog steeds een aantal andere fenomenen (klimaat-koolstof terugkoppeling, dynamisch gedrag Groenland- en Antarctisch ijs) die nog niet werden opgenomen in deze berekeningen, wegens een gebrek aan relevante wetenschappelijke data.

Verzuring oceanen. Als gevolg van de stijging van de atmosferische broeikasgasconcentraties verwacht men alleszins ook een verdere verzuring van de oceanen. De oceanen fungeren immers als een koolstofput (*sink*): zij zijn in staat om een deel van de door de mens uitgestoten CO₂ te absorberen. Koolstofdioxide lost in water op als koolzuur waardoor de zuurtegraad (pH) gradueel beïnvloedt wordt. Afhankelijk van het toekomstig emissiescenario schat het IPCC dat die zuurtegraad van de oceanen met 0,14 à 0,35 eenheden zou dalen tijdens de 21ste eeuw. Hoewel het onderzoek naar de effecten van een verzuring van de oceanen nog slechts in zijn kinderschoenen staat, gaat men ervan uit dat dit potentieel negatieve gevolgen zou hebben voor het plankton en de koraalriffen. Beide zijn essentieel voor de instandhouding van marine ecosystemen. Omdat zowel plankton als koraalriffen grotendeels opgebouwd zijn uit calciumcarbonaat – een stof die opgelost kan worden door koolzuur – zijn zij zeer gevoelig voor té snelle pH-wijzigingen.

Regionale gevolgen. Het AR4-rapport spreekt zich ook uit over de te verwachten gevolgen op continentaal en regionaal vlak. Gesteld wordt dat het 'zeer waarschijnlijk' is dat warmte-extremen, hittegolven en hevige neerslagepisodes meer frequent zullen voorkomen. Het is 'waarschijnlijk' dat toekomstige tropische orkanen in intensiteit zullen toenemen. Hevige stormen zullen ook meer en meer voorkomen in de niet-

tropische gebieden. Wat de kracht van de Golfstroom⁶ betreft, verwacht men een verzwakking (~25% tegen 2100) maar geen abrupte uitschakeling, ten minste niet in de 21ste eeuw. Dit is inderdaad een bevestiging van de meest recente literatuur omtrent dit gegeven.

Gevolgen op de zeer lange termijn

Temperatuur. Het is evident dat de klimaatveranderingen niet plotseling zullen stabiliseren in 2100. De traagheid in heel het klimaatstelsel is immers immens. Simplistisch gesteld is de opwarming die we nu zien het gevolg van emissies uit een vroegere periode; terwijl de gevolgen van de veel hogere emissies van vandaag zich nog moeten vertalen in de toekomst. In tegenstelling tot aërosoldeeltjes vertonen broeikasgassen een lange levensduur waardoor zij tot lang na hun uitstoot kunnen bijdragen aan de opwarming van de atmosfeer, zelfs bij een stabilisatie van hun atmosferische concentratie. Het IPCC geeft dan ook aan dat de temperatuur, zelfs in de optimistische emissiescenario's, na 2100 verder zal stijgen. In het B1-scenario is dat nog ongeveer 0,5°C, waarvan het grootste deel zou optreden tegen 2200.

"De vraag is trouwens niet of men vandaag iets doet. Het gaat erom of men voldoende doet om klimaatcatastrofes te voorkomen. Er is een radicale ecologische omslag nodig. Die is niet vanzelfsprekend, maar wel realistisch."

Zeespiegel. In het geval van de stijging van het zeeniveau is dit traagheidseffect nog veel groter. Het zeeniveau wordt niet alleen bepaald door de hoeveelheid extra water die er na (partieel) smelten van ijskappen en gletsjers in de oceanen terecht komt, maar ook door de (thermische) uitzetting van het water als gevolg van de opwarming (zie boven). Beide fenomenen verlopen echter bijzonder langzaam. Door

de trage transportsnelheid van energie in de oceanen (die optreden als een buffer) en de relatief langzame respons van de ijskappen op opwarming, zal er bijgevolg, zelfs bij een drastische daling van de broeikasgasuitstoot, nog een lange periode nodig zijn vooraleer het klimaatstelsel een nieuw stabiel regime bereikt. Enkele concrete cijfers kunnen dit verduidelijken. In het AR4-rapport geeft men aan dat, in een gemiddeld emissiescenario (A1B), het zeeniveau alleen al als gevolg van thermische uitzetting met 30 à 80 cm zou stijgen tegen 2300 (ten opzichte van 1980-1999). De contractie van het Groenlandijs zal ook ná 2100 blijven bijdragen aan de stijging van de zeespiegel. Indien het ijs sneller smelt dan verloopt de aangroei via sneeuwval (kritische drempelwaarde ligt ergens tussen 1,9 en 4,6°C), en zal dit uiteindelijk leiden tot de volledige eliminatie van de Groenlandse ijskap. Dit zou leiden tot een zeespiegelstijging van 7 meter. Bovendien is het zo dat een aantal dynamische processen (versnelde gletsjervloei) nog niet geïntegreerd zijn in de huidige modellen. Recente waarnemingen suggereren dan ook dat de kwetsbaarheid van de ijskappen groter zou kunnen zijn dan tot op heden aangenomen.⁷ Dit alles zou leiden tot hogere zeespiegelstijgingen. Momenteel is er echter geen wetenschappelijke consensus omtrent deze kwestie.

Wat de toekomst van het Antarctische ijs betreft, schrijft het IPCC dat dit continent te koud zal blijven om verregaand te smelten. Bovendien verwacht men een aangroei van de ijskap als gevolg van hevigere sneeuwval. Deze stelling wordt echter door een heel aantal klimaatwetenschappers in vraag gesteld, die erop wijzen dat er versnelde gletsjergroei aan het optreden is.⁸ Dit zijn dezelfde 'dynamische processen' als diegene die ook in Groenland worden vastgesteld. Het IPCC erkent dit trouwens: *'However, net loss of ice mass could occur if dynamical ice discharge dominates the ice sheet mass balance'*.

Besluit

Het AR4-rapport bevestigt wat iedereen die de klimaatliteratuur opvolgt eigenlijk al lang wist. De opwarming is aan het versnellen. De situatie dreigt uit de hand te lopen. De 2°C-grens zal met een aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid overschreden worden. Om de opwarming min of meer binnen de perken te houden, heeft men nog tien à vijftien jaar om het roer om te gooien. De doelstelling is nu om de 2°C-grens 'zo weinig mogelijk' te overschrijden. Voert men geen ernstig klimaatbeleid, dan laten we wellicht het *point of no return* achter ons: de opwarming kan dan in een *runaway*-modus terechtkomen, een situatie waarin de opwarming zichzelf voedt en versterkt. En zoals het Sternrapport heeft aangetoond, zal voortdoen als vandaag zorgen voor economische schade van 5 à 20 procent van het bruto mondiaal product.⁹ We kunnen dan ook niet genoeg onderstrepen welke zware verantwoordelijkheid klimaatsceptici dragen: mee door hun toedoen heeft de internationale gemeenschap jaren verloren om de oorzaken van de opwarming te bestrijden. Gedane zaken nemen echter geen keer. Als 2006 het jaar was waarin de wereld eindelijk accepteerde dat klimaatopwarming een ernstig probleem is, dan moet 2007 het jaar worden dat de overheden politieke actie ondernemen.

Zoals de Belgische klimaatwetenschapper Jean-Pascal Van Ypersele heeft aangegeven, moeten we komen tot reductiedoelstellingen die het mogelijk maken de CO₂-concentratie te stabiliseren op 400 ppm (terwijl we nu aan ~380 ppm zitten). Een tijdelijke overschrijding van die limiet mag worden getolereerd, maar dan moet die concentratie snel naar beneden. Op mondiaal vlak moet daarom dringend werk worden gemaakt van een verregaand postKyoto-akkoord, waarin men voor de periode na 2012 op een rechtvaardige wijze alle landen ter wereld betreft. Rijke landen zullen het initiatief moeten nemen. Pas als wij onze uitstoot drastisch doen dalen (80 à 90 procent tegen 2050), kunnen we van landen als China, Brazilië en India verwachten dat zij overschakelen naar een lagekoolstofeconomie. Hoe sneller deze duurzaamheidstransitie wordt ingezet, hoe groter de kans dat het doemscenario wordt vermeden.

Dat brengt ons bij het Belgische en Vlaamse klimaatbeleid. Het is bekend: onze regeringen halen hun Kyotodoelstellingen niet. En die gaan over een broeikasgasreductie van enkele luttele procenten ten opzichte van het referentiejaar 1990. Om reducties te halen van eerst 50 procent (tegen 2030) en nadien 80 procent (tegen 2050) zijn enkele groene correcties ruim onvoldoende. De vraag is trouwens niet of men vandaag *iets* doet. Het gaat erom of men *voldoende* doet om klimaatcatastrofes te voorkomen. Er is een radicale ecologische omslag nodig. Die is niet vanzelfsprekend, maar wel realistisch. Wie die uitdaging niet aangaat, kiest *de facto* voor een doemscenario.

Peter Tom Jones

BIO

Peter Tom Jones (1973) is Burgerlijk Ingenieur Milieukunde, Doctor in de Materiaalkunde en werkzaam als postdoctoraal onderzoeker aan de KU-Leuven. Hij publiceerde in diverse tijdschriften over thema's als (anders)globalisering en ecologie. In april 2006 verscheen zijn boek (samen met Roger Jacobs) *Terra Incognita: Globalisering, ecologie en rechtvaardige duurzaamheid* (GINKGO peer review reeks, Academia Press, Gent).

EINDNOTEN

- ¹ Voor meer recente gegevens, zie Spahni, R., *et al.*, 'Atmospheric Methane and Nitrous Oxide of the Late Pleistocene from Antarctic Ice Cores', *Science*, 310, 2005, 1317-1321; Osborn, T.J., Briffa, K.R., 'The Spatial Extent of 20th-Century Warmth in the Context of the Past 1200 Years', *Science*, 311, 2006, 841-844; Schiermeier, Q., 'A Sea Change', *Nature*, 439, 2006, 256-260.
- ² Zie bijvoorbeeld Jones, P.T., Jacobs, R., 'Pleidooi tegen onredelijk milieuoptimisme', *Oikos*, (29), 2004, 15-33.
- ³ Downloadbaar op <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>
- ⁴ Dit zijn deeltjes die eveneens kunnen vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen maar die dus een negatieve *forcing* met zich meebrengen (zie *global dimming* in vorige afleveringen van *Terra Incognita*).
- ⁵ Zie p. 78 in Jones, P.T., Jacobs, R., *Terra Incognita: Globalisering, ecologie en rechtvaardige duurzaamheid*, Gent, 2006.
- ⁶ De Golfstroom maakt deel uit van het mondiale systeem van stromingen in de oceanen ('thermohaliene circulatie'). De Golfstroom ontstaat door verschillen in temperatuur en zoutgehaltes: warm oppervlaktewater vloeit vanuit de Golf van Mexico naar West-Europa waardoor het klimaat in dit gebied gematigd is. Dit warme water wordt kouder en keert ter hoogte van Groenland om en stroomt hierna op grotere diepte terug, net zoals bij een transportband.
- ⁷ Zie ook het werk van de gerenommeerde Belgische klimaatwetenschapper Philippe Huybrechts.
- ⁸ Zie bv. interviews in McKie, R., 'Experts split over climate danger to Antarctica', *The Guardian*, 28/1/2007. Zie ook commentaarstuk op de website van *Nature*: <http://www.nature.com/news/2007/070129/full/070129-15.html>
- ⁹ Stern, N., *Stern Review on the Economics of Climate Change*, (Royal Institute London), 30/10/2006.