

# Zeespiegelstijging: moeten we vrezen voor natte voeten?

Dries van den Eynde

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematische Model Noordzee, Gullelelle 100, B-1200 Brussel. [Dries.VandenEynde@mumm.ac.be](mailto:Dries.VandenEynde@mumm.ac.be)

Het klimaat verandert, daar kunnen we niet omheen. Ook al hebben sommigen nog levende herinneringen aan de hete zomers in 1976 en weet iedereen nog hoe koud het was de voorbije decembermaand, toch staat het ondertussen onomstotelijk vast dat de aarde opwarmt. Waarnemingen tonen overduidelijk dat de temperatuur wereldwijd stijgt, sneeuw en ijs wijdverspreid smelten en het gemiddelde zeeniveau stijgt. Niets nieuws onder de zon, ware het niet dat dit alles zich afspeelt aan een merkwaardig hoog tempo...

*“...het grote opperhoofd van de hemel...besloot deze grote stad te straffen... hij liet het water [...] stijgen. Sommige mensen zochten hun toevlucht in de heuvels, terwijl anderen aan boord van hun grote kano's gingen. Nog steeds kwam het water hoger en hoger, totdat alleen de hoge bergtoppen nog boven het hoogstaande water uitstaken. “*

*(Uit: een mythe van de Haida, een volk dat leefde op de Koningin Charlotte-eilanden 12.000 jaar geleden, bron: M. Barbeau: “Haida Myths”, 1953).*



## Oorzaken van de opwarming

Het staat zo goed als vast dat tenminste een deel van de opwarming van de aarde veroorzaakt wordt door de mens.

Het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), een internationaal panel van wetenschappers, publiceert om de 6-7 jaar een rapport met de actuele stand van zaken van de kennis over de klimaatsveranderingen. In hun 4<sup>de</sup> rapport, het Fourth Assessment Report (FAR) uit 2007, is te lezen dat er "sterke bewijzen zijn dat het grootste deel van de temperatuurstijging, waargenomen over de laatste vijftig jaar te wijten is aan menselijke activiteiten". Er bestaat dus een wetenschappelijke consensus dat de klimaatveranderingen mede veroorzaakt zijn door de mens. Daarnaast spelen ook andere factoren een rol in deze temperatuurtoename, zoals de natuurlijke schommelingen van het klimaat, de natuurlijke variatie van de zonneactiviteit en de aanwezigheid van stofdeeltjes in de atmosfeer. Deze zijn echter van minder belang en slechts verantwoordelijk voor een toename met 0,2-0,3°C.

De belangrijkste menselijke oorzaak van de opwarming van de aarde is de extra uitstoot van zogenaamde broeikasgassen (zie figuur). Dit zijn gassen die in de atmosfeer aanwezig zijn en die de invallende zonnestraling doorlaten, maar de teruggekaatste straling van het aardoppervlak absorberen. Omdat deze gassen – net als de glazen afdekking van een serre of broeikas – meer straling binnenlaten dan ze weer laten ontsnappen, gedragen ze zich als een soort deken en warmt de aarde op. Overigens is het een geluk dat deze broeikasgassen van nature voorkomen in de atmosfeer. Anders zou de gemiddelde aardtemperatuur een frisse -18°C zijn, en was er geen leven op aarde mogelijk. De bijkomende uitstoot of emissie van broeikasgassen naar de atmosfeer is echter wat te veel van het goede.

De voornaamste broeikasgassen zijn waterdamp (H<sub>2</sub>O), koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O). Vooral de stijging van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de atmosfeer is belangrijk voor de verandering van de stralingsbalans op de aarde, en goed voor meer dan 60% van de bijdrage. Verbranding van fossiele brandstoffen (o.a. via het verkeer) en ontbossing zijn de belangrijkste schuldigen. Omdat broeikasgassen als CO<sub>2</sub>, eens in de atmosfeer, daar tot 200 jaar lang aanwezig blijven, krijg je zelfs na een vermindering van de uitstoot van dit gas, nog

lange naijleffecten. Zo is berekend dat, zelfs als de concentraties van de broeikasgassen op het niveau van 2003 zouden blijven, de gemiddelde aardtemperatuur toch nog met 0,6°C blijft stijgen. Ook de bufferwerking van de oceanen vertraagt de opwarming van de aarde en tot slot zijn er nog verschillende complexe terugkoppelingseffecten. Sommige zijn positief, andere negatief. Zo bevatten de permafrost ("altijd bevroren") gebieden belangrijke hoeveelheden methaan. Wanneer deze gebieden ontdooien, komt dit methaan vrij, met een bijkomend broeikaseffect tot gevolg.



■ Het effect van broeikasgassen (Bron: VMM, 2006)



## België vandaag gemiddeld twee graden warmer

Gedurende de vorige eeuw steeg de globale temperatuur op aarde met ongeveer 0,6°C (zie figuur rechts). Dit lijkt niet veel, maar het is – tenminste voor het Noordelijk Halfrond – wel de sterkste opwarming in de laatste 1000 jaar. Dat ook in België de gemiddelde temperatuur stijgt, werd onlangs nog aangetoond door het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI). Het KMI stelde in de periode 1833-2007 in Sint-Joostden-Node en Ukkel een opwarming vast van ongeveer 2°C (zie figuur). Bovendien blijken de tien warmste jaren in de periode 1850-2007 zich allen te situeren tussen 1997 en 2007! In de periode 2001-2007 was het op aarde dan ook gemiddeld 0,21°C warmer dan in de periode 1991-2000.

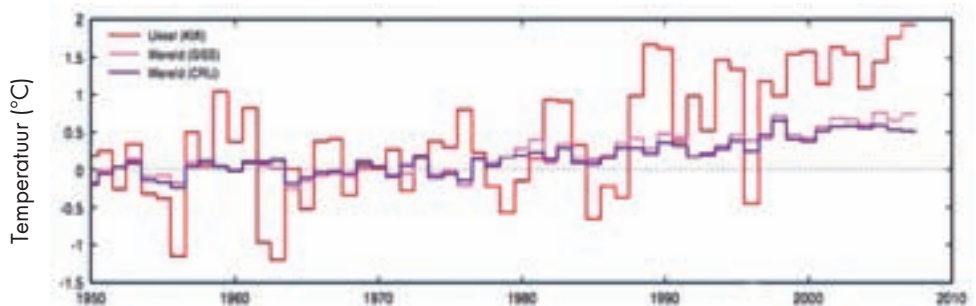
## Zeespiegelstijging door smelten van de ijskappen/gletsjers en uitzetend water

Eén van de meest in het oog springende gevolgen van de opwarming van de aarde is het stijgen van de zeespiegel. De stijging van de zeespiegel is voor een belangrijk deel het gevolg van het uitzetten van het water bij hogere temperaturen. Warmer water – tenminste boven de 4°C – neemt nu eenmaal meer plaats in dan koud water. Dit wordt **sterische zeespiegelstijging** genoemd. Hoeveel het water stijgt hangt onder andere af van het zoutgehalte van het water, van de diepte waarop het water zich bevindt en van de begintemperatuur. Zo stijgt een waterkolom van 100 m met een begintemperatuur van 10°C, bij 1°C opwarming, met 1,7 cm. Maar wanneer datzelfde water bij aanvang al 30°C meet, zal het zeeniveau zelfs met 3,4 cm stijgen.

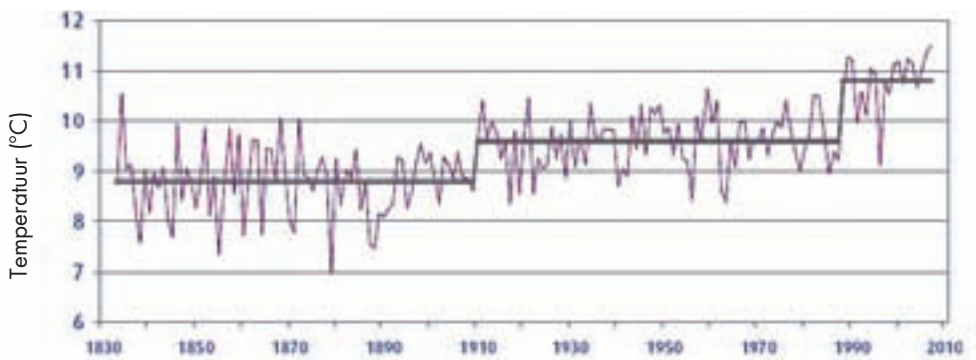
Anderzijds zorgt ook het vergroten van de totale hoeveelheid water in de oceanen voor een zeespiegelstijging. Dit is de zogenaamde **eustatische zeespiegelstijging**. Ze is het gevolg van het smelten van ijskappen en gletsjers, tenminste, voor zover die op land gelegen zijn. Ook kan veranderende opslag van water op land, in mindere mate, een rol spelen. Merk op dat wanneer zee-ijs smelt, het zeeniveau niet zal stijgen. Het grootste deel van dit zee-ijs bevindt zich immers onder water, en bij het overgaan van ijs naar water daalt het volume (denk maar aan het omgekeerde effect dat je bekomt door een volledig met water gevulde fles in de diepvries te plaatsen!). Stel dat al het ijs op Antarctica smelt, dan stijgt de zeespiegel met 61 m, terwijl het ijs op Groenland volstaat voor een zeespiegelstijging met 7 m. Al het andere landijs, zoals het ijs van de Zwitserse en Noorse gletsjers, zouden slechts een bijdrage leveren van 0,5 m. Reden voor directe ongerustheid? Toch niet, want om alle ijs op Antarctica te doen smelten moet de temperatuur met tenminste 20°C stijgen.



■ Boven het water uitstekende ijskappen en gletsjers zullen, bij afsmelten, grote hoeveelheden extra water in zee doen vloeien en de zeespiegel doen stijgen. Hier de smeltende Helheim gletsjer in het zuidoosten van Groenland (Bron: A.S. Khan, Danish National Space Centre)



■ Jaargemiddelde temperatuur in Ukkel (rode lijn) en wereldwijd (CRU/Hadley Centre – blauwe lijn en NASA/GISS – roze lijn) (Demarée et al., 2008)



■ De jaarlijks gemiddelde temperatuur te Sint-Joost-ten-Noode/Ukkel vertoont sinds 1833 een duidelijke stijging met 2°C (Bron: KMI, 2008)

Uit berekeningen blijkt dat gedurende de vorige eeuw het afsmelten van de gletsjers en de ijskappen en het afkalven van de ijsplaten op Groenland en Antarctica goed was voor ongeveer 62% van de stijging van de zeespiegel, terwijl het uitzetten van het oceaanwater instond voor de overige 38%. Gedurende de periode 1993-2003 is het uitzetten van het water belangrijker geworden en wordt nu verantwoordelijk geacht voor 57% van de zeespiegelstijging.

## Maar ook het landniveau kan dalen!

Een relatieve zeespiegelstijging kan ook veroorzaakt of versterkt worden door het wegzakken van het land. Het bewegen van de bodemplaten is een lokaal fenomeen en is o.a. het gevolg van de bewegingen van de aardplaten (tektoniek) of het inklinken van de bodem. Dit inklinken kan bijvoorbeeld optreden door het samengedrukt worden van veenlagen of door het verlagen van het grondwaterpeil. Heel belangrijk zijn ook de nog steeds doorwerkende effecten van het verdwijnen van de ijslagen en gletsjers uit de laatste ijstijden. Gedurende die ijstijden



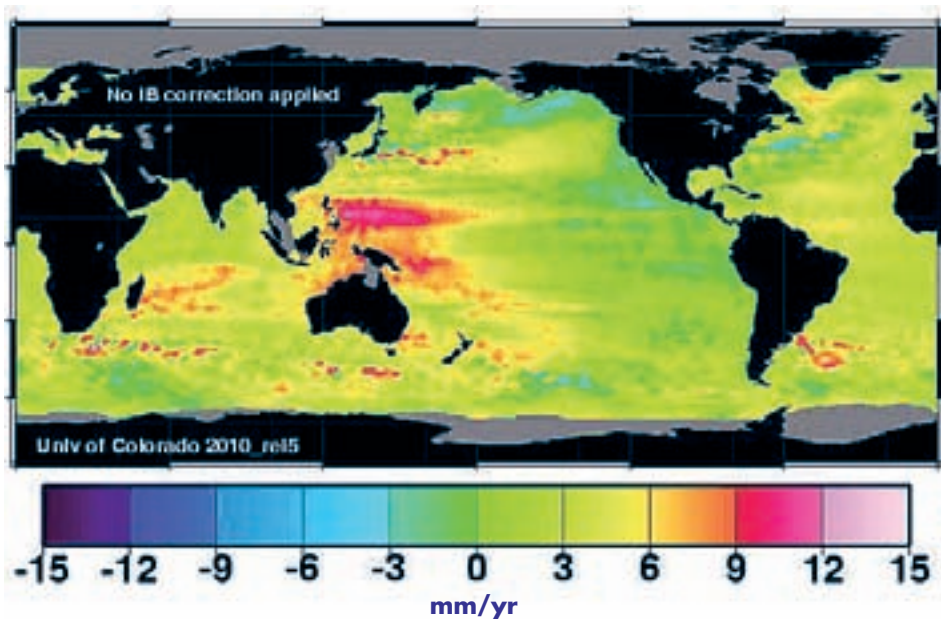
■ De zeespiegel stijgt bij klimaatsopwarming enerzijds door de uitzetting van het water bij hogere temperaturen, anderzijds door het afsmelten van ijskappen en gletsjers, voor zover die op het land gelegen. Daarnaast kan ook het wegzakken van het land leiden tot een relatieve zeespiegelstijging (MD)

lagen er immers zware pakketten ijs op de aardkosten. Omdat deze laatste op de vloeibare aardmantel “drijven”, komen ze bij verminderde druk (lees: het afsmelten van het ijs) geleidelijk terug omhoog. Door de interne sterkte van de korst kan dit duizenden jaren duren. Zo komt de aardkorst ter hoogte van Scandinavië nog steeds omhoog en daalt de bodem in Nederland met enkele centimeters per eeuw. België gedraagt zich op dit vlak vrij “neutraal”.

### Hoeveel stijgt de zee wereldwijd...

In de periode 1961-2003 steeg het wereldwijde zeeniveau gemiddeld met 1,8 mm/jaar. Deze gegevens zijn vooral gebaseerd op peilmetingen. Recent worden ook satellietbeelden gebruikt voor het meten van de zeespiegelstand. Deze geven een stijging met 3,1 mm/jaar gedurende de periode 1993-2003. Het is echter helemaal nog niet zeker of deze versnelling in de periode 1993-2003 louter het gevolg is van natuurlijke schommelingen tussen decennia, of dat het te wijten is aan een stijgende trend op langere termijn. Andere onderzoekers melden dat er sinds de jaren 1950 een significante versnelling is opgetreden van de wereldwijde zeespiegelstijging.

En ook wie dacht dat de absolute zeespiegelstijging overal ter wereld gelijk moet zijn, heeft het bij het verkeerde eind. Op bepaalde plaatsen stijgt de zeespiegel met veel meer dan 1,8 mm/jaar, terwijl op andere plaatsen de zeespiegel zelfs daalt. Dit fenomeen wordt veroorzaakt door verschillen in windpatronen, in oceaanstromingen en in zwaartekrachtvelden.



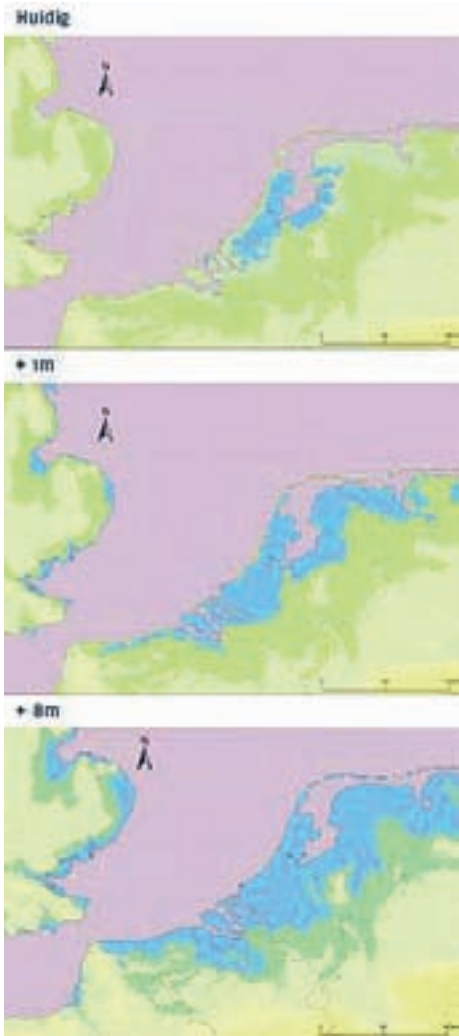
■ Voor de periode 1993-2003 bedraagt de zeespiegelstijging wereldwijd zo’n 3,1 mm per jaar. Dit belet niet dat verschillen in windpatronen, oceaanstromingen en zwaartekracht lokaal veel sterkere stijgingen of zelfs zeespiegeldalingen kunnen teweegbrengen (Bron: <http://sealevel.colorado.edu> en Leuliette et al., 2004)

### ... en in België?

Samen met Nederland is België misschien wel het meest kwetsbare land in Europa voor overstromingen ten gevolge van zeespiegelstijgingen. Als het zeeniveau met 1 m stijgt, kan zonder bescherming in Vlaanderen en Zeeuws-Vlaanderen ongeveer 63.000 ha land onder water lopen (zie figuur pag. 7 en voorkaft). Bij een stijging met 5 m worden Brugge, Antwerpen, Mechelen en Dendermonde kuststeden. Bovendien is nergens in Europa de kust zo dicht bevolkt als in België. In West-Vlaanderen woont 33% van de bevolking in laaggelegen

poldergebieden die gevoelig zijn voor overstromingen van de zee en is de strook tot 1 km van de kustlijn voor 50% bebouwd.

Het CLIMAR-project (zie kader) analyseerde recent nog de stijging van de zeespiegel aan de Belgische kust. Oostende bleek hierbij over de langste tijdreeks te beschikken (zie fig. p. 7). Verschillende datasets van het zeeniveau voor de periode 1927-2006 werden verkregen van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK) van de Vlaamse Gemeenschap, en van het Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL). De onderzoekers stelden, op basis van jaarlijkse zeeniveaumetingen van het PSMSL en van de

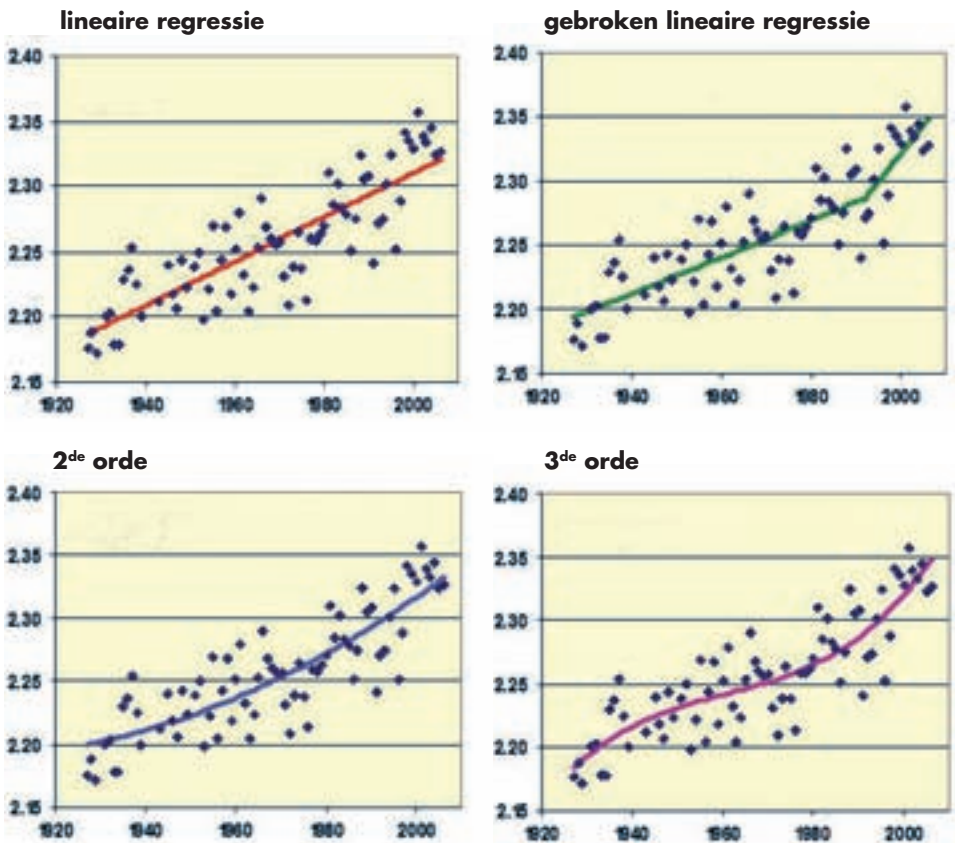


■ Nederland en België behoren tot de meest kwetsbare landen in Europa voor wat betreft overstromingen ten gevolge van zeespiegelstijging. Zonder bescherming zouden reeds in de huidige omstandigheden delen van Nederland onder water komen te staan (boven). Bij 1 m zeespiegelstijging deelt ook de Belgische kuststreek in de brokken en verdwijnt 63.000 ha onder water (midden). Bij +8 m kunnen heel wat landinwaarts gelegen steden zichzelf opwaarderen tot "badplaats" (Bron: van Ypersele en Marbaix 2004)

hoog- en laagwaterstanden bekend bij MDK, tijdreeksen samen van het jaarlijkse gemiddelde zeeniveau. Ze hielden ook rekening met mogelijke gaten in de tijdreeksen en verschillen in referentieniveaus. Door gebruik te maken van een eenvoudige lineaire regressie ("een lijn trekken door de gegevens") kon een zeespiegelstijging van 1,69 mm/jaar worden afgeleid (zie figuur). Deze waarde is groter dan die verkregen bij vroegere studies en benadert heel dicht het wereldwijde gemiddelde. Wanneer een andere techniek (een "gebroken lineaire regressie") werd toegepast, bleek er een breekpunt te liggen in 1992. M.a.w. vóór 1992 bedraagt de zeespiegelstijging 1,41 mm/jaar (= in overeenstemming met eerdere studies), erna is de gemiddelde zeespiegelstijging met 4,41 mm/jaar veel groter. Dit lijkt opnieuw te wijzen op een versnelling van de zeespiegelstijging gedurende de laatste decennia.



■ Door de sterke bebouwing en de concentratie aan bewoning, is de Belgische kustlijn extra kwetsbaar (DD)



Uit een gelijkaardig MDK-onderzoek blijkt dat bij een stijging van het gemiddelde zeeniveau de hoogwaterstanden sterker zullen stijgen dan de laagwaterstanden. Bovendien wordt in dit onderzoek aangetoond dat er een duidelijke schommeling is van de zeespiegelstijging, rond het gemiddelde, met een periode van 18,61 jaar (zie ook: [http://www.vliz.be/docs/groterede/GR15\\_zeespiegelstijging.pdf](http://www.vliz.be/docs/groterede/GR15_zeespiegelstijging.pdf)). Dit is het gevolg van de variatie van de hoek tussen de aarde, de zon en de maan. In sommige periodes stijgt de zeespiegel dus veel sterker dan in andere.

■ Voor de periode 1927-2006 is er te Oostende duidelijk sprake van een stijgende zeespiegel. Wanneer simpelweg een best passende lijn door de puntgegevens wordt getrokken (lineaire regressie), is er sprake van een zeespiegelstijging van 1,69 mm/jaar. Bij toepassing van een andere techniek, de gebroken lineaire regressie (die toelaat verschillen tussen tijdsegmenten te ontwaren), blijkt een versnelling van de zeespiegelstijging: van 1,41 mm/jaar vóór 1992, naar 4,41 mm/jaar erna (Bron: CLIMAR-project)



## De glazen bol... of toch niet?

Wanneer we de verschillende modellen opgesteld binnen het CLIMAR-project de zeespiegelstijging laten voorspellen tegen 2100, verkrijgen we waarden tussen +20 cm en +2 m (zie figuur). Deze waarden zijn gebaseerd op een eenvoudige extrapolatie en houden bij het voorspellen van de toekomst op geen enkele manier rekening met veranderingen in uitstoot van broeikasgassen of met andere socio-economische parameters. Dat doen klimaatmodellen wel. Zij geven een vereenvoudigde voorstelling van het klimaat op de aarde en bootsen de stromingspatronen en de fysische en chemische processen na die zich in de atmosfeer en in de oceanen afspelen, dit op basis van luchtdruk, temperatuur en luchtvochtigheid. Zij houden ook rekening met wolkenvorming, de invloed van zee-ijs e.d.. Alhoewel de voorspelling van het weer op langere tijd zeer moeilijk is door het sterk chaotische karakter van het weer

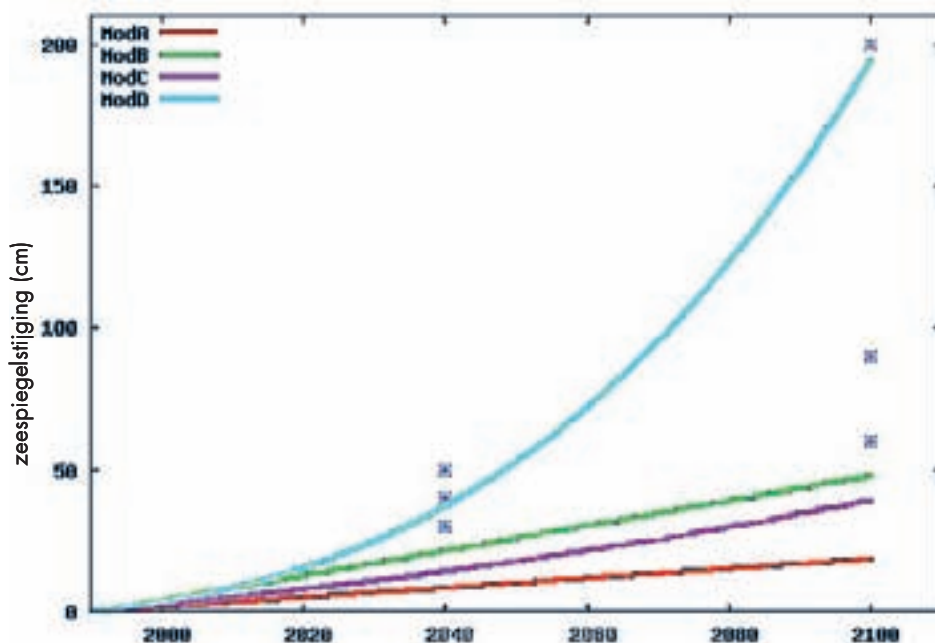
— de modelresultaten hangen heel sterk af van wat je er als beginvoorwaarden zelf in stopt — werken deze modellen beter voor de voorspellingen van het klimaat. Ondanks nog steeds grote onzekerheden, zijn verschillende klimaatmodellen op het ogenblik in staat om de gemiddelde oppervlaktetemperatuur op aarde te simuleren voor de laatste 150 jaar. Om ook de grote onzekerheden in rekening te brengen, gebruikt men trouwens meestal verschillende klimaatmodellen en worden meerdere simulaties uitgevoerd, met licht verschillende beginvoorwaarden. Door het vergelijken van hun resultaten krijgen de wetenschappers beter zicht op de kans dat de voorspelling uitkomt en op de bijhorende onzekerheden.

## Het onvoorspelbare gedrag van de mens en de IPCC-scenario's

Toch zijn we er nog niet. Want zelfs als we beschikken over degelijke modellen die in staat zijn min of meer betrouwbaar het toekomstige klimaat te voorspellen, dan nog blijft er steeds een belangrijke onbekende: het gedrag van de mens. De mens heeft immers niet alleen in het verleden en het heden zijn stempel gedrukt op het klimaat. Hij zal dat ook doen in de toekomst. De vraag blijft hoe. Daarom ontwikkelen en hanteren het IPCC en andere instanties verschillende zogenaamde scenario's. Voor wat IPCC betreft, zijn dat er 35 die elk met een tijdshorizon tot 2100 uitgaan van een andere demografische evolutie of van verschillende technologische en economische ontwikkeling. Belangrijk hierbij is natuurlijk ook de veronderstelde uitstoot van broeikasgassen.

Zo gaan het scenario A1 en het scenario B1 uit van een verdere mondialisering van de wereldbevolking en –economie, met een stijging van de bevolking tot het midden van de 21<sup>ste</sup> eeuw, met snelle economische veranderingen en een sterke evolutie naar de diensten- en informatie-economie. In het scenario A2 en het scenario B2 wordt verondersteld dat de wereld zich zal ontwikkelen naar een meer regionale geörienteerde wereld, waarbij het accent ligt op zelfvoorziening in de regio's en met meer gefragmenteerde economische ontwikkelingen. Verder zijn er scenario's die aannemen dat de maatschappij rekening zal houden met de impact op het milieu en propere en duurzamere technologieën zal introduceren (zoals scenario's B1 en B2), terwijl andere (scenario's A1 en A2) dan weer uitgaan van een verdere economische groei en tragere technologische vernieuwingen. Elk van de scenario's heeft een eigen veronderstelde evolutie van de uitstoot van broeikasgassen. Het VN-Klimaatpanel IPCC doet geen uitspraak over welk van de scenario's het meest waarschijnlijke is.

Elk van deze emissiescenario's dient dan om veranderingen in het klimaatsysteem te berekenen. Door hiervoor 23 mondiale klimaatmodellen te hanteren, verkrijgt je een bereik van uitkomsten die een groot deel van de onzekerheden omspant (zie figuur). Door het gebruik van de verschillende scenario's kunnen betekenisvolle uitspraken worden gedaan over de mogelijke veranderingen van het klimaat gedurende de volgende eeuw. Ook kunnen zo de grenzen, waartussen de mogelijke ontwikkelingen zich zullen afspelen, worden afgeïjnd. Extreme ontwikkelingen, zoals oorlogen of rampen, kunnen in deze scenario's niet worden meegenomen.



■ Bij gebruik van verschillende computermodellen, ontwikkeld binnen het CLIMAR-project, varieert de zeespiegelstijging tegen 2100 te Oostende van 20 cm tot 2 m. De sterretjes zijn de waarden voor de zeespiegelstijging, zoals resp. voor 2040 en 2100 in verdere CLIMAR-scenario's gebruikt (Bron: CLIMAR-project)

## En nu de voorspellingen voor 2100

### Op wereldschaal: zeespiegel + 0,55-1,20 m

Uitgaande van de verschillende scenario's gewaagt het IPCC van een stijging van de gemiddelde aardtemperatuur tegen 2100 met 1,1-6,4°C. Zo'n temperatuurstijging kan leiden tot een verschuiving van klimaatgordels en een belangrijke invloed hebben op het lokaal voorkomen en de ernst van extreme fenomenen zoals hittegolven en langdurige droogtes. Verder werd berekend dat bij een temperatuurstijging van 6°C een zeespiegelstijging van 0,55-1,2 m te verwachten is.

### De toekomst in eigen land: naar een 0,14-0,93 m hoger zeeniveau

Voor de Belgische situatie tonen modelberekeningen wintertemperaturen die in het scenario B2 met 1,7-4,6°C stijgen, of in het scenario A2 met 2,9-4,9°C. De zomertemperatuur zou zelfs toenemen met respectievelijk 2,4-4,6°C en 3,1-6,6°C!

Uitgaande van deze toenames in temperatuur kunnen ook uitspraken worden gedaan over de zeespiegelstijging. De Nationale Klimaatcommissie verwacht voor onze Belgische kust een stijging van 14-93 cm in de periode 1990-2100, voorspellingen die aansluiten bij die in Nederland verkregen. Ook het CLIMAR-project stelde klimaatscenario's (5) op. Dit gebeurde op basis van de conclusies van de Nationale Klimaatcommissie en rekening houdende met de klimaatscenario's opgezet in de ons omringende landen (Nederland, Groot-Brittannië en Duitsland).

#### En wat blijkt?

- In het gematigde **scenario M** wordt uitgegaan van een temperatuurstijging op aarde van 2°C in 2100 t.o.v. 1990, maar wordt aangenomen dat er in West-Europa geen verandering van luchtstromingen (met belangrijke gevolgen voor de neerslagpatronen) zal optreden. Het **scenario M+** houdt wel rekening met veranderingen van luchtstromingspatronen, met zachtere en nattere winters en warmere en drogere zomers als gevolg. Voor beide scenario's stijgt de zeespiegel met 60 cm tegen 2100.
- Verder is er ook een warm **scenario W** en een vergelijkbaar **scenario W+** ontwikkeld die uitgaan van een temperatuurstijging van 4°C tegen 2100. In dit geval wordt aangenomen dat de zeespiegel met 93 cm stijgt tegen 2100.
- Tenslotte passeerde ook een **worst-case scenario** de revue, leidend tot een

## Het CLIMAR-project

Het CLIMAR-project (2006-2011) onderzocht hoe de klimaatswijzigingen onze kust beïnvloeden, hoe je je daartegen kunt wapenen en met welke middelen je deze adaptatiestrategie kunt evalueren op zijn duurzaamheid. In dit project, uitgevoerd in opdracht van het Federale Wetenschapsbeleid en gecoördineerd door de Beheerseheid van het Mathematische Model van de Noordzee, werkten ook Arcadis Belgium, het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Gemeenschap, het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek en het Maritieme Instituut van de Universiteit Gent, mee.

Eerst onderzocht CLIMAR voor de Belgische kust de primaire effecten van de klimaatsveranderingen, zoals het stijgen van de zeespiegel, de verandering in frequentie en intensiteit van de stormen (zie volgend hoofdstuk in deze Grote Rede) en de wijzigingen in zeewatertemperatuur en zoutgehalte. Daarna zoomde het in op kustverdediging, visserij en kusttoerisme en bepaalde het de secundaire effecten van de klimaatswijziging op elk van deze sectoren. Vervolgens werden maatregelen vooropgesteld die in staat worden geacht de negatieve effecten van klimaatsveranderingen tegen te gaan of werd gewerkt naar aanpassingsstrategieën, die verschillende maatregelen combineren. Tenslotte is een instrument ontwikkeld, op basis van een kosten-baten analyse en een multi-criteria analyse, dat de voor- en nadelen van de verschillende aanpassingsstrategieën ten opzichte van elkaar kan afwegen. Dit maakt het mogelijk de meest optimale strategieën te selecteren. Het eindrapport van het project zal nog in de loop van 2011 beschikbaar komen.

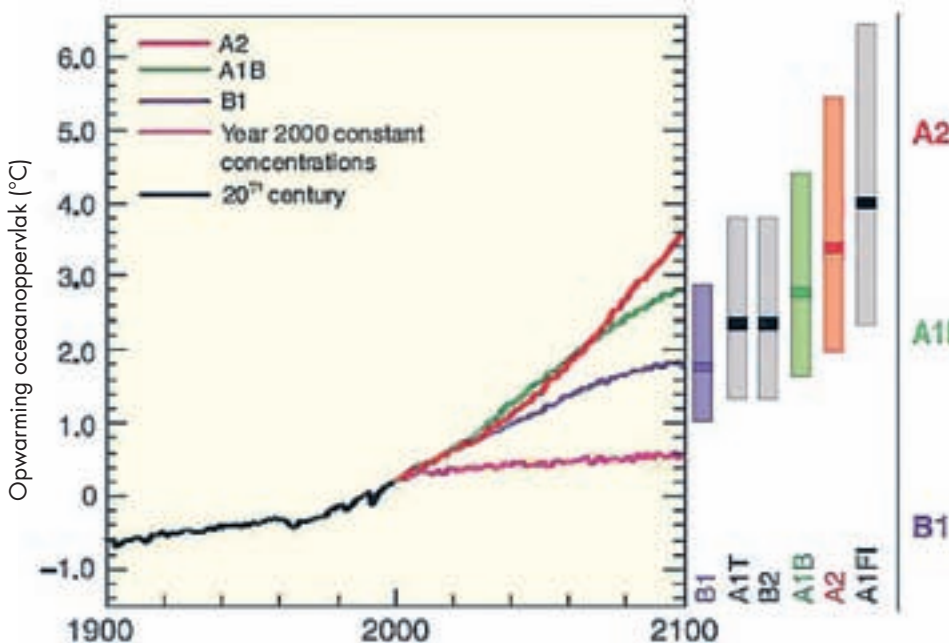
zeespiegelstijging van 200 cm. Dit is een onwaarschijnlijk, maar niet onmogelijk scenario, waarin rekening wordt gehouden met onverwachte, maar niet uit te sluiten terugkoppel-effecten, zoals het stilvallen van de warme Golfstroom langs de Britse kust, of het sneller dan verwacht afsmelten van de ijskappen.

#### Met dank aan:

José Ozer en Fritz Francken (Beheerseheid Mathematische Model Noordzee, Brussel)

#### Bronnen

- Buyl F., M. Sys & M. De Keyser (2009). Zeespiegelstijging langs de Belgische kust in de tweede helft van de 20ste eeuw. Vlaamse overheid, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust, Afdeling Kust, Oceanografisch Meteorologisch Station, 87 pp.
- Demarée G., P. Baguis, L. Debontridder, A. Deckmyn, S. Pinnock, E. Roulin, P. Willems, V. Ntegeka, A. Kattenberg, A. Bakker, J. Bessembinder & G. Lenderink (2008). Berekening van klimaatscenario's voor Vlaanderen. Eindverslag studie INBO.FD.2007.5, 73 pp.
- IPCC (2001). Third Assessment Report 2001. Intergovernmental Panel for Climate Change.
- IPCC (2007). Climate Change 2007, Synthesis report, Intergovernmental Panel for Climate Change.
- Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (2008). Oog voor het klimaat, Brussel, 58 pp.
- MIRA (2008). Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument Klimaatverandering 2007. J. Brouwers, L. De Nocker, K. Schoeters, I. Moorkens, K. Jespers, K. Aernouts, D. Beheydt & W. Vanneuville. Vlaamse Milieumaatschappij, april 2008, 224 pp., Downloadbaar op [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be)
- MIRA (2009) & NARA (2009). Wetenschappelijk rapport. Klimaatverandering en waterhuishouding. Rapport INBO.R.2009.49, 100 pp.
- Ozer J., D. Van den Eynde & S. Ponsar (2008). Trend analysis of the relative mean sea level at Oostende (Southern North Sea – Belgian coast). Technical Report CLIMAR/X/10/200807/ EN/TR3, Report prepared in the framework of the CLIMAR project for the Belgian Science Policy, Contract SD/NS/01A, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Brussels, 13 pp.
- Van den Eynde D., L. De Smet, R. De Sutter, F. Francken, J. Haelters, F. Maes, J. Ozer, H. Polet, S. Ponsar, J. Reynolds, K. Van der Biest, E. Vanderperren, T. Verwaest, A. Volckaert & M. Willekens (2011). Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities. Final Report - Draft. Brussels, Belgian Science Policy, Research Programme Science for a Sustainable Development, 100 pp.
- van Ypersele J.-P. & P. Marbaix (2004). Impact van de klimaatverandering in België. Rapport op vraag van Greenpeace, Brussel, 44 pp.
- Verwaest T., P. Viaene, J. Verstraeten & F. Mostaert (2005). De zeespiegelstijging meten, begrijpen en afblokken. De Grote Rede 15: 15-25.



■ De temperatuur aan het aardoppervlak zal (na een waargenomen stijging tussen 1900 en heden) afhankelijk van het gedrag van de mens meer of minder stijgen. Als we er in slagen de concentraties aan broeikasgassen op het huidige peil te bevroeren, zal de temperatuur maar met 0,6°C toenemen tegen 2100 (roze lijn). In het scenario A2, waarbij de economische ontwikkeling primair gericht is naar de regio's en de inkomensgroei en technologische ontwikkeling relatief traag verloopt, doen we er 3,6°C bij over dezelfde tijdspanne (Bron: IPCC 2007, Climate Change, 2007, Figure SPM.5).