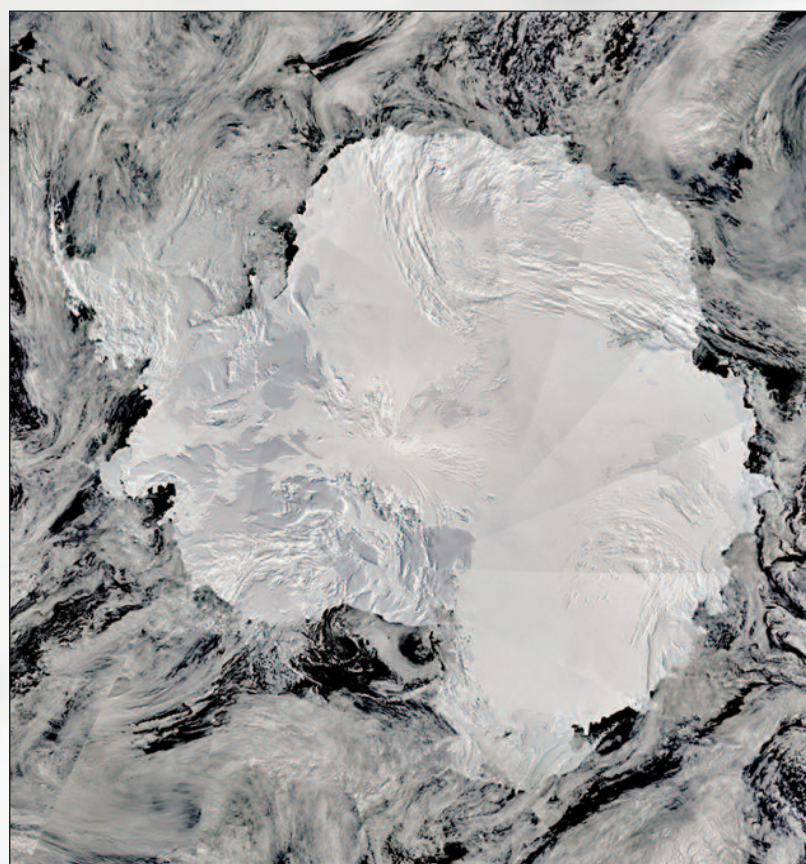


Smeltwater West-Antarctica ongelijk verdeeld

'Het is niet waarschijnlijk dat de ijskap van West-Antarctica nog deze eeuw instort', lezen we in het laatste rapport van het internationale klimaatpanel IPCC. Stel dat dit ooit toch zou gebeuren, hoeveel meter komt de zeespiegel dan omhoog? Voor zover bekend bevat de soms twee kilometer dikke ijskap voldoende water om het zeeniveau bij een 'eerlijke' verdeling wereldwijd ongeveer vijf meter te laten stijgen. Maar gaat dat water wel gelijkmatig over de wereldzeeën uitstromen?

Jerry Mitrovica en zijn medewerkers denken van niet. In een recent artikel in het natuurwetenschappelijke tijdschrift *Science* legt de hoogleraar geofysica aan de Universiteit van Toronto nog maar weer eens uit waarom. Hoewel de tekst slechts een pagina van het tijdschrift in beslag neemt en de meeste van de zeespiegelopdrijvende effecten eerder



Antarctica ligt als een grote witte vlek op dit samengestelde satellietbeeld. Als de ijskap van West-Antarctica (linker deel) zou smelten, is de daaruit voortvloeiende zeespiegelstijging bij Noord-Amerika en in de Indische Oceaan groter dan elders. (Bron: NASA)

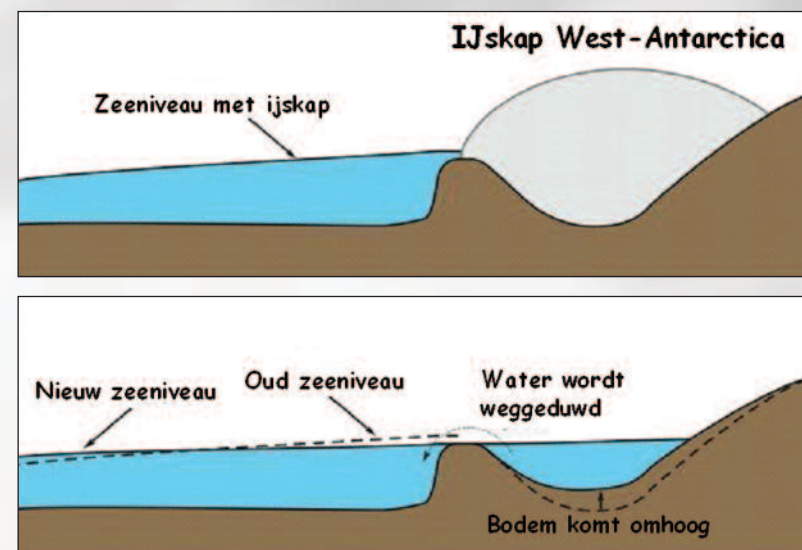
bekend waren, kwam er toch veel aandacht van de Amerikaanse media. Vooral de uitkomst dat het zeeniveau langs de dichtbevolkte kusten van Noord-Amerika bijna anderhalve meter meer stijgt dan die eerder genoemde vijf IPCC-meters, maakte veel indruk. Daarom zag Peter Clark, hoogleraar aardwetenschappen aan de Oregon State University en mede-auteur van het artikel zich genoodzaakt wat gas terug te nemen. Hij benadrukte tegenover de pers dat het artikel niet de suggestie wil wekken dat de ijskap van West-Antarctica nu al aan het instorten is, al kan hij bij verdere opwarming van de aarde wel gemakkelijk onstabiel worden. De onderzoekers wilden alleen weten wat de gevolgen zijn als dit honderden jaren durende proces zich in gang zou zetten.

Vijf meter?

De redenering achter de vijf meter

zeespiegelstijging verloopt als volgt: eerst wordt bepaald hoeveel ijs er rust op de bodem van West-Antarctica. Vervolgens wordt bekeken hoeveel water niet naar zee kan wegstromen omdat het achter blijft in laaggelegen gebieden op Antarctica, zonder open verbinding met zee. Ten slotte wordt het water dat wel weg kan gelijkmatig over de wereldzeeën verdeeld.

Op die aanpak is wel het een en ander aan te merken, zo blijkt ook nu weer uit het *Science*-artikel. Vooral de aanname dat het water langs alle kusten evenveel omhoog komt is onjuist. Oceanen zijn nu eenmaal geen badkuip waarin je een emmer water stort, waarop het water vervolgens overal langs de randen evenveel omhoog klimt. Daarvoor zijn verscheidene redenen aan te geven waarvan Mitrovica en collega's er drie de revue laten passeren.



2. De ijskap van West-Antarctica trekt door zijn massa het oceaانwater in de omgeving aan. Door dit zogeheten gravitatie-effect is het zeeniveau in de buurt van de kust hoger dan op grote afstand (boven). Als de ijskap verdwijnt, stelt de zeespiegel zich in op een nieuw niveau (onder); het oude niveau is aangeduid met een streepjeslijn. In de buurt van de kust daalt de zeespiegel, op een afstand van 2200 kilometer uit de kust verandert er niets en op grotere afstand stijgt het zeeniveau.

Door het verdwijnen van de ijskap komt de bodem, die aanvankelijk gebukt ging onder het gewicht van het ijs, langzaam omhoog (onder, rechts); het oude niveau van de bodem is weergegeven met een streepjeslijn op bruine achtergrond. Daardoor wordt water, dat na het wegsmelten van de ijsmassa's was achtergebleven in meren en dalen zonder directe verbinding met zee, alsnog geloosd op de oceaan. (Bron: Mitrovica et al, 2009)

Gravitatie-effect

Als landijs smelt, wijken de veranderingen in het zeeniveau sterk af van wat je op grond van het badkuipmodel zou verwachten. Een ijskap, zoals die van West-Antarctica, trekt namelijk water aan, net als de zon en de aarde elkaar aantrekken of de aarde en de maan. Door dit zogeheten gravitatie-effect staat de zeespiegel in de wijde omgeving hoger dan verder weg (figuur 2 boven). Als de ijskap is weggesmolten, is de oorzaak van de hogere zeewaterstanden bij de kust van Antarctica verdwenen. Het wateroppervlak stelt zich in op een nieuwe stand, zoals weergegeven in figuur 2 (onder). Tussen de kust en het snijpunt van het oude (streeplijn) en het nieuwe zeeniveau daalt de zeespiegel. Je kunt met de gravitatiewet van Newton en simpele goniometrie uitrekenen dat de zeespiegel gaat dalen tot op een afstand van 2200 kilometer van de ijsmassa's. Daarbuiten stijgt de zeespiegel. Als de afstand tot de oorspronkelijke ijsmassa's meer dan 6700 kilometer bedraagt, is die stijging zelfs groter dan het naar de prullenbak verwezen badkuipmodel voorspelt. De kusten van Noord-Amerika, maar ook die van Nederland en Vlaanderen, liggen vanuit Antarctica

bezien meer dan 6700 kilometer ver weg. Door het gravitatie-effect draagt in die gebieden de zeespiegelstijging, die samenhangt met het instorten van de ijskap van West-Antarctica, meer dan vijf meter. (Figuur 4A). De grootste verschillen treden op in het noordelijk deel van de Stille Oceaan.

Bodemstijging

Bij het maken van figuur 4 is nog een tweede effect verdisconteerd. Als het gewicht van de ijskap niet langer op de bodem drukt, komt die ondergrond langzaam weer omhoog, wat ook gevolgen heeft voor het zeeniveau. Dit effect was net als het gravitatie-effect al in de jaren zeventig van de vorige eeuw onder geofysici algemeen bekend. Van recenter datum is de aandacht voor twee andere effecten. Zo blijft er na het verdwijnen van de ijskap op Antarctica smeltwater achter in laaggelegen delen, die niet in open verbinding staan met de oceaan. Als de bodem stijgt, als gevolg van het verdwijnen van de last van het ijs, neemt de wateropslagcapaciteit van die meren af en wordt het water in de loop van duizenden jaren alsnog geloosd op de oceaan (figuur 2, rechtsonder).

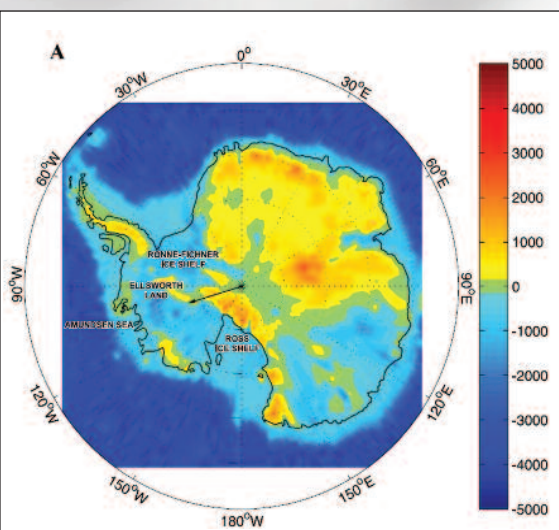
Poolvlucht

Het tweede effect dat Mitrovica en zijn collega's in de zeespiegelstijgingberekeningen meenamen, is de zogenoemde poolvlucht. Door het verdwijnen van de ijskap, het omhoog komen van de aardkorst en de gewijzigde verspreiding van het water over de oceanen, verandert de massaverdeling van water en ijs over de aarde. Dat heeft weer gevolgen voor de aardrotatie, zoals het op drift slaan van de polen. De poolvlucht bedraagt 100 meter voor elke meter zeespiegelstijging volgens het badkuipmodel. In het geval van West-Antarctica met een gemiddelde zeespiegelstijging van ongeveer vijf meter, gaat het dus om 500 meter.

De draaiing van de aarde maakt dat deze niet precies bolvormig is, maar meer de vorm heeft van een ellipsoïde. Als de draaiingsas verandert, komt ook die ellipsoïde iets anders te liggen (figuur 3). Het wateroppervlak volgt deze ellipsoïde en komt daardoor omhoog in de blauwe gebieden (rond Noord-Amerika en op de Indische Oceaan) en zakt omlaag in de rode zones (bij Azië en Zuid-Amerika).

Noord-Amerika

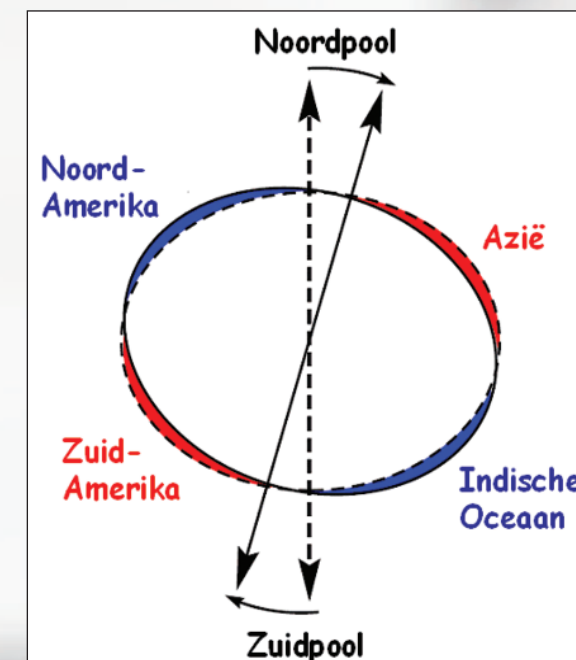
Als je alle genoemde effecten bij elkaar optelt, kom je op een verdeling van de zeespiegelstijging over de



Hoogtekaart van Antarctica en de omliggende zeebodem. Grote delen van Antarctica liggen onder zeeniveau, mede als gevolg van de grote ijslast die de bodem moet torsen. De zuidpool bevindt zich in het midden van de figuur. Als de ijskap van West-Antarctica zou verdwijnen, verplaatst de pool zich 500 meter in de richting die is aangegeven door de pijl. (Bron: Mitrovica et al, 2009)

Kees Floor

Kees Floor verzorgt cursussen, workshops, lezingen en geschreven teksten over het weer en aanverwante onderwerpen. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op keesfloor.nl.



3. Als de ijskap van West-Antarctica verdwijnt, wijzigt de massaverdeling van de aarde zich en veranderen de polen van plaats. Daarbij treedt er in de blauwe gebieden (Noord-Amerika en Indische Oceaan) een extra zeespiegelstijging op. In de rode gebieden (Azië en Zuid-Amerika) valt de zeespiegelstijging wat mee. (Bron: Mitrovica et al, 2009)

