

GEOCOMmunicatie 14



over een vroeg begin van de Pleistocene(?) ijstijden, het klimaat in het laatste interglaciaal, overwinteren tijdens 'sneeuwbal aarde', en de waarde van klimaatmodellen: ijselijke verhalen

A.J. (Tom) van Loon*

Inleiding

Ook GEOCOMmunicatie 13 heeft u (en heb ik) overleefd. Zonder massaal uitsterven, inslaande hemellichamen, vulkanische erupties (nu ja, hier en daar) of andere wereldwijde catastrofes. We kunnen dus weer door, in afwachting van een volgende kritische grens. Die grens is hopelijk dichterbij dan de volgende ijstijd; dat bedacht ik toen ik voor een van de vele onderafdelingen van een 'concurrent' van de WTKG onlangs weer een lezing hield over de ontwikkeling van de theorie over het voorkomen van ijstijden. Inmiddels weten we maar al te goed dat we daar eigenlijk nog maar weinig van weten. Daarom deze keer weer eens een 'special' geheel gewijd aan ijstijden en wat daar mee samenhangt - in de ruimste zin des woords. Het wordt dus een ijselijke aflevering ...



Landijs op Antarctica begon 34 miljoen jaar geleden sterk te groeien

Het Pleistoceen, met zijn afwisseling van vergletsjersfases (glacialen) en warmere tussen-ijstijden (interglacialen), begon omstreeks twee miljoen jaar geleden. Die ondergrens is gelegd op basis van onderzoek dat in de negentiende eeuw in de Alpen werd begonnen. De ijstijden van het Pleistoceen waren niet alle even koud, en mede daarom groeiden de landijskappen niet in elke ijstijd even sterk aan. Maar hun uitbreiding was toch veelal zo sterk dat het oppervlak van de zee, waaruit het ijs - via verdamping van zeewater en neerslag als regen, sneeuw en hagel - uiteindelijk ontstond, enkele malen meer dan honderd meter daalde. Inmiddels is de afwisseling van koudere en warmere fases gedurende het Pleistoceen op tal van manieren onderzocht. Een van de daarbij gebruikte methoden is de meting van de verhouding tussen de zuurstof-isotopen O-18 en O-16. Hun geringe verschil in massa komt tot uiting in een iets gemakkelijker verdamping van O-16, zodat het landijs iets rijker is aan O-16 dan aan O-18. Naarmate er meer water in de vorm van landijs is vastgelegd, neemt het relatieve aandeel van O-16 in de oceaan dus af, en het aandeel van O-18 toe. Omdat de meeste schelpdiertjes hun skelet opbouwen uit CaCO_3 , is analyse van de zuurstof uit hun schelpjes dus een maat voor de

temperatuur ten tijde van hun groei. Schelpjes uit het sediment op de oceaانبodem weerspiegelen zo, laagje voor laagje, de fluctuaties in de temperatuur van het zeewater. Engelse onderzoekers hebben nu een nieuwe methode toegepast en zijn daarmee tot een opzienbarende conclusie gekomen. Ze hebben in de kalkschaaltjes van foraminiferen de verhouding tussen magnesium en calcium bepaald (deze elementen zijn nauw verwant, waardoor in kalkschaaltjes een klein deel van het calcium door magnesium is vervangen). De verhouding tussen deze elementen blijkt ook direct te koppelen aan de temperatuur tijdens de groei van het schelpje. De onderzoekers vergeleken de zo verkregen 'temperatuurcurve' met de curve die bekend was door de analyse van de zuurstof-isotopen. Beide curves bleken zeer goed overeen te stemmen, zodat het meer dan aannemelijk is dat de 'magnesium/calcium-curve' inderdaad een betrouwbaar beeld geeft van het temperatuurverloop. Met deze nieuwe curve konden ze verder 'terug in de tijd' gaan dan eerder mogelijk was. Ze vonden daarbij dat het diepe oceaانwater in de afgelopen 50 miljoen jaar zo'n 12 °C kouder is geworden, en dat dat plaatsvond in vier relatief korte perioden. Daarnaast konden ze zo vaststellen dat de ijsskap op Antarctica al 34 miljoen jaar geleden sterk begon aan te groeien. Dat ging echter, verrassenderwijze, niet gepaard met een daling van de temperatuur van het diepzeewater.

Referenties: 1, 4



Laatste Interglaciaal was anders, namelijk niet anders

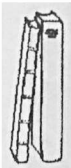
Het laatste interglaciaal, de tijd tussen de laatste ijstijd en de ijstijd die de stuwwallen op onder meer de

Veluwe veroorzaakte, is anders verlopen dan tot nu toe werd aangenomen. Op basis van diverse onderzoeken, waaronder die van boorkernen in de landijskap op Groenland en die van stuifmeelkorrels die het mogelijk maken om de vegetatie te reconstrueren, werd namelijk gedacht dat dat interglaciaal, het Eemien, een zeer wisselvallig temperatuurverloop kende. Het Eemien, dat van omstreeks 130.000 jaar geleden tot ongeveer 116.000 jaar geleden duurde, zou daarmee heel anders zijn geweest dan de huidige tijd, die door de meeste aardwetenschappers ook als een interglaciaal wordt beschouwd. De huidige tijd (Holoceen), die omstreeks 10.000 jaar geleden begon na de laatste ijstijd, wordt namelijk door een relatief stabiel klimaat gekenmerkt.

Nieuwe gegevens wijzen er echter op dat de aanname van een sterk wisselvallig temperatuurverloop in het Eemien beruiste op onjuiste correlaties tussen de boorkernen in de Groenlandse ijsskap en diepzeesedimenten. Die diepzeesedimenten zijn van belang omdat daarin de schaaltes bewaard zijn gebleven van microscopisch kleine diertjes, foraminiferen. Die kalkschaaltjes geven, via de verhouding tussen zuurstof-isotopen, aan of er ten tijde van hun leven veel water aan de zee was onttrokken of niet. Veel

onttrokken water duidt op aangroei van de landijskappen (op Antarctica en Groenland) en daarmee op een relatief lage temperatuur. Deze simpele redenering blijkt niet helemaal op te gaan. Het blijkt uit nauwkeuriger correlaties dat het oppervlaktewater in het centrale deel van de Atlantische Oceaan warm bleef gedurende het grootste deel van stadium MIS5d van het Eemien. Dit stadium duurde van omstreeks 124.000 tot omstreeks 114.000 jaar geleden, toen het - volgens gegevens uit de Groenlandse ijsskap - al duidelijk kouder aan het worden was. Ook de correlatie van stuifmeel met de Groenlandse ijskernen blijkt te moeten worden aangepast, wat er uiteraard toe leidt dat ook het inzicht in het tijdsverloop van de vegetatieverandering verandert. En er zijn tal van andere gegevens opgedoken die ook niet meer bij het oude idee van een wisselvallig Eemien-klimaat passen. Het lijkt er nu dan ook meer op dat het Eemien-klimaat gedurende de beginperiode van omstreeks 10.000-12.000 jaar ongeveer even stabiel is geweest als gedurende het Holoceen. Het klimaat was dus anders dan we dachten wat betreft temperatuurschommelingen, namelijk niet anders dan nu. De vegetatieveranderingen aan het einde van het Eemien vonden niet overal gelijktijdig plaats. Zo namen steppes in Duitsland eerder in omvang toe dan in Frankrijk, waar het einde van de grote bossen lijkt samen te vallen met het losraken en wegdrijven van grote massa's landijs, vanaf de Groenlandse ijsskap tot in het noorden van de Atlantische Oceaan. Dat laat het begin van de nieuwe ijstijd dus niet samenvallen met een groeiende ijsskap, maar juist met een sterk afbrokkelende ijsskap. Het Eemien staat momenteel volop in de belangstelling, ook al omdat de overgang naar de laatste ijstijd mogelijk informatie kan bieden over ons toekomstig klimaat. Het ongeveer gelijktijdig met dit nummer van 'Afzettingen' verschijnende juninummer van 'Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences' (de opvolger van 'Geologie en Mijnbouw', uitgegeven door het Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap - KNGMG - en de 'Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen' (NITG - TNO) zal de proceedings bevatten van een recentelijk gehouden internationaal congres over dit interglaciaal.

Referentie: 3



Organismen konden een 'sneeuwbal Aarde' overleven

De aarde is tussen 2400 en 600 miljoen jaar geleden volgens een aantal onderzoekers een aantal keren geheel vergletsjerd geweest. De aanwijzingen daarvoor beruiste op gesteenten die door gletsjers zijn afgezet, maar ook op isotopenverhoudingen waaruit een zeer lage temperatuur kan worden geïnterpreteerd. De hypothese van een dergelijke 'sneeuwbal aarde' wordt door anderen als onhoudbaar bestempeld, vooral op grond van de overweging dat een dikke ijsbedekking - ook op de oceanen -

fotosynthese van mariene organismen onmogelijk maakt, waardoor de basis van alle voedselketens op aarde zou ontbreken. Andere onderzoekers zijn tegen de hypothese van 'sneeuwbal aarde' gekant omdat het ondenkbaar zou zijn dat onder dergelijke omstandigheden enig organisme aan het ijsoppervlak te land of ter zee zou overleven. Volgens de Canadese bioloog Vincent en de Nieuw-Zeelandse geograaf Howard-Williams zijn deze tegenwerpingen echter onhoudbaar. Er bestaan namelijk leefgemeenschappen in zowel het noordpoolgebied als op Antarctica die aan dergelijke extreme omstandigheden zijn aangepast. De onderzoekers melden een situatie uit de huidige poolgebieden die analoog is aan de situatie zoals die zou hebben bestaan tijdens 'sneeuwbal aarde', met een ijsbedekking van 20-100 m. Het best vergelijkbaar is de McMurdo ijskap die op het continentaal plat van Antarctica rust; een goede gelijkenis toont ook de Wart Hunt ijskap op het plat in het uiterste noorden van Canada. In beide gebieden komt dik zee-ijs voor over een oppervlakte van 100-1000 km². Het blijkt dat op dit ijs leefgemeenschappen voorkomen in de vorm van plakken van sterk gepigmenteerde organismen. Deze plakken, die in veel opzichten overeenkomen met algenmatten, zijn in het ijs ingevroren en vertonen gedurende de grootste tijd van het jaar geen activiteit. Op het eind van de zomer, wanneer smeltwater op het ijs staat (en er gedeeltelijk in zit), 'ontwaken' ze echter voor enkele dagen tot hooguit enkele weken, en vindt fotosynthese plaats. In beide poolgebieden bestaan de plakken vooral uit cyanobacteriën. De plakken zorgen bovendien voor een micromilieu waarin ook andere organismen blijken te gedijen; het gaat daarbij niet alleen om micro- organismen zoals virussen en bacteriën, maar ook om hogere levensvormen zoals protisten en metazoa. De matten beschermen deze organismen tegen ultraviolette straling en bevriezing. Omdat cyanobacteriën ook reeds een wijde verspreiding hadden in de periode waarin de 'sneeuwbal aarde' zou hebben bestaan, kan volledige ijsbedekking niet langer als argument tegen de hypothese van 'sneeuwbal aarde' worden gehanteerd. De auteurs wijzen erop dat de huidige resistentie van de cyanobacteriën in de poolgebieden, in combinatie met hun vermogen om voldoende energie te verzamelen en te groeien in perioden van hogere temperatuur, wellicht een geërfde eigenschap is uit een tijd waarin alleen met dergelijke mogelijkheden een langdurige koude kon worden overleefd.

Referentie: 5



Blizar einde van laatste ijstijd geeft aan: ook de beste klimaatmodellen zijn noch voor het verleden noch voor de toekomst zinvol bruikbaar

De momenteel gehanteerde klimaatmodellen hebben geen enkele betekenis voor het geologische verleden; maar evenmin - en dat is een opmerkelijke conclusie - voor de toekomst, want hun betrouwbaarheid is volstrekt

onvoldoende. Die conclusie mag worden getrokken op basis van de internationale workshop (22-24 februari) over 'snelle temperatuurstijging aan het einde van de laatste ijstijd: analyse van geologische gegevens en klimaatmodellering'. Volgens Dr. Renssen (VU) doet het steeds krachtiger worden van computers voor berekeningen van klimatologische ontwikkelingen daar niets aan af: "er blijven steeds zoveel nieuwe parameters een significante invloed te hebben dat de toenemende rekencapaciteit daarbij in het niet valt". De kwaliteit van de talrijke thans gehanteerde klimaatmodellen staat dan ook niet voor niets regelmatig ter discussie; daarom is juist het einde van de laatste ijstijd zo interessant. Over de temperatuurfluctuaties die toen optraden, is namelijk veel bekend. Voor dit geologisch nabije verleden, zo'n 11.500 jaar geleden, heeft van oudsher analyse van stuifmeelkorrels (pollen) - via een reconstructie van de vegetatie - een hoofdrol gespeeld. Om de fluctuaties in temperatuur te kunnen vaststellen, moet echter ook een 'klok' worden geraadpleegd. Dat is sinds de veertiger jaren de radiometrische ouderdomsbepaling van organische stoffen geweest op basis van hun gehalte aan koolstof-14 (C-14). Juist die C-14-bepalingen hebben echter de laatste tijd aan waarde ingeboet, omdat tal van factoren (zoals variaties in de intensiteit van de zonnestraling) ervoor hebben gezorgd dat de verhouding tussen C-14 en (het normale) C-12 in de atmosfeer niet constant was. "We beginnen nu te begrijpen waarom vroegere dateringen met C-14 soms zulke vreemde uitkomsten gaven", merkte Prof. Björck (Kopenhagen) op. "Die merkwaardige dateringen hebben ons lang doen geloven dat klimaatmodellen zuiverder werken dan geologische gegevens, maar nu weten we wel beter". Niettemin zijn er inmiddels zoveel andere - onderling toetsbare - dateringsmethoden gevonden dat er een uiterst betrouwbaar beeld is ontstaan van de temperatuurfluctuaties aan het einde van de laatste ijstijd. De mate van detail is zo groot dat voor veel gebieden zelfs aparte temperatuurcurves voor de warmste maand en voor de winter kunnen worden gereconstrueerd. Opvallend is daarbij dat het tempo waarin de klimaatveranderingen zich toen voltrokken, afwijkt van de 'voorspellingen achteraf' van de diverse klimaatmodellen: "de modellen laten het klimaat veel sneller reageren dan in werkelijkheid plaatsvond", memoreerde Dr. Paul (La Jolla). De temperatuurcurves van het einde van de laatste ijstijd vertonen niettemin een schokkend beeld: de temperatuur ging na het laatste deel (Jonge Dryas) van de laatste ijstijd (Weichselien) binnen korte tijd met meer dan 5 °C omhoog. We weten nu dat die temperatuurstijging eerder binnen 20 dan binnen 50 jaar plaatsvond. Dat betekent dus een - voor huidige begrippen - bizarre temperatuurstijging van ca. 0,2 °C per jaar. Dat is wel iets anders dan de temperatuurstijging sinds het begin van de industriële revolutie, die ongeveer 0,5 °C bedroeg in meer dan een eeuw. Wetenschappelijk is natuurlijk van het grootste belang om te begrijpen waarom de huidige modellen niet voldoen. Ook daaraan werd de nodige aandacht besteed. Zo werd onder meer het vaak

gehanteerde CLIMBER-2 model op de korrel genomen. "Voor de postglaciale tijd klopt dat model redelijk voor het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan", merkte Dr. Weber (KNMI), die zelf met het model werkt, op, "maar niet voor het zuidelijk deel". Daarmee gaf ze in feite toe dat werken met dit model niet tot betrouwbare uitkomsten kan leiden. Overigens is ook de waarde van het model voor de noordelijke Atlantische Oceaan betrekkelijk. "Alle modellen gaan uit van het huidige circulatiepatroon daar, maar we weten dat dat in de loop van de tijd verandert, met grote klimatologische consequenties", lichtte Dr. Rahmstorf (Potsdam) toe. Tevens werd tijdens de discussies in Haarlem opgemerkt dat niet alle gebeurtenissen overall synchroon verlopen. "De analyses van een boorkern bij Byrd - op Antarctica - wijzen op perioden van opwarming tijdens de laatste ijstijd die omstreeks 1500 jaar eerder plaatsvonden dan vergelijkbare opwarmingen op Groenland", gaf Prof. Grootes (Kiel) aan. "Geen van de huidige modellen houdt met dergelijke gegevens op adequate wijze rekening. Daarom zal ook veel aandacht besteed moeten blijven worden aan lokale aanwijzingen". Die kunnen variëren van de spectaculaire bodemverstoringen die door koude in periglaciale gebieden veroorzaakt worden tot de verspreiding van groepen insecten. "Maar we moeten voorzichtig zijn met insecten", merkte Prof. Walker (Lampeter) op, "want we vinden bij insecten uit eenzelfde laag systematische ouderdomsverschillen tussen soorten op basis van C-14-bepalingen". Met het wegvallen van C-14-analyses voor zeer nauwkeurige dateringen, zal meer gewerkt moeten worden met 'markerhorizonten' in de vorm van laagjes met minuscule fragmentjes die tijdens vulkanische uitbarstingen over de aarde zijn rondgeblazen. "Juist dergelijke microdeeltjes zullen in de toekomst een steeds belangrijker rol bij correlaties spelen", zei Prof. Lowe (Londen) daarover. Met modellen zijn de geologen tot nu toe niet veel verder gekomen wat betreft hun begrip van vroegere klimaatfluctuaties. "Het is niet zozeer de vraag waarom het op het einde van de laatste ijstijd nog zo koud was", merkte Dr. Paul (van het Scripps Institute of Oceanography) op, "maar veel meer waarom het voorafgaand aan dat zo koude interval nog zo warm was, ondanks de grootschalige toevoer van koude smeltwaterstromen". Geen model dat op die vraag antwoord kon geven.

Referentie: 2

Geraadpleegde literatuur

- 1 Dwyer, G.S., 2000. Unraveling the signals of global climate change. *Science* 287, p. 246-247.
- 2 Goslar, T., Arnold, M., Tisnerat-Laborde, N., Czernik, J. & Wieckowski, K., 2000. Variations of Younger Dryas atmospheric radiocarbon explicable without ocean circulation changes. *Nature* 403: 877-880.
- 3 Kukla, G.J., 2000. The last interglacial. *Science* 287: 987-988.
- 4 Lear, C.H., Elderfield, H. & Wilson, P.A., 2000. Cenozoic deep-sea temperatures and global ice volumes from Mg/Ca in benthic foraminiferal calcite. *Science* 287, p. 269-272.
- 5 Vincent, W.F. & Howard-Williams, C., 2000. Life on snowball Earth. *Science* 277, p. 2421

*A.J. (Tom) van Loon, Geocom B.V., Benedendorpsweg 61, 6862 WC Oosterbeek tel. 026-339 09 08, fax 026-339 07 83, email tom.van.loon@wx.nl

