

De polen bewegen over het aardoppervlak. En niet zo'n beetje. Volgens geoloog Maloof stond de buitenkant van onze planeet 800 miljoen jaar geleden fors uit het lood.
Michiel van Nieuwstadt

ACHTHONDERD miljoen jaar geleden lag de aarde grotendeels op zijn kant. De aardkorst en de aardmantel, de buitenste 3.000 kilometer van de aarde, waren in vijf miljoen jaar tijd 55 graden uit het lood geraakt. De oriëntatie van de aardkern bleef ondertussen onveranderd. En ook de as waar hij omheen draait bleef staan zoals het hoort: in een hoek van ongeveer 67 graden op het vlak waarin de aarde rond de zon draait. Maar een vlaggetje op de 805 miljoen jaar oude 'Noordpool' was in vijf miljoen jaar beland op de breedtegraad van Tunesië. De precieze lengtegraad kan Maloof niet reconstrueren.

Die aardkanteling is een hypothese. Het is de ogenschijnlijk knotsgekke gedachte die de Amerikaanse geoloog Adam Maloof, *assistant professor* aan Princeton University, onderbouwt in het jongste nummer van het wetenschappelijke tijdschrift *Geological Society of America Bulletin* (september/oktober).

De langzame kanteling van 55 graden in vijf miljoen jaar is volgens Maloof de meest aannemelijke verklaring voor curieuze variaties in magnetisme die hij heeft ontdekt op Svalbard, de eilandengroep halverwege Noorwegen en de Noordpool waartoe Spitsbergen behoort. De conventionele verklaring dat Svalbard zich snel over het aardoppervlak heeft bewogen via plaattektoniek is gaat volgens Maloof in dit geval niet op. Zijn hypothese betekent dat de polen dolen: ze bewegen zich over het aardoppervlak. Het is hem te doen om de geografische polen, waar de denkbeeldige rotatie-as van de aarde door het aardoppervlak steekt. De magnetische polen zijn een verhaal apart (zie kader 'magnetische omzwerfingen').

Boven het stuk waarvan Maloof de eerste auteur is, staan ook de namen van veel geciteerde geologen waaronder Paul Hoffman van Harvard University, bekend geworden met zijn publicaties over *Snowball Earth*. Dat is de naam van de hypothese die zegt dat 700 miljoen jaar geleden de gehele aarde met ijs bedekt was.

SATELLIETEN Een rondgang leert dat Maloofs idee serieus wordt genomen, al zijn de meeste aardwetenschappers van mening dat het definitieve bewijs nog niet geleverd is. "Dit is een heel interessante *paper*", zegt Bert Vermeersen, universitair hoofddocent aan de faculteit Lucht en Ruimtevaarttechniek van de TU Delft. Vermeersen, specialist op dit gebied, vindt dat de inhoudelijke argumenten voor dolende polen (*true polar wander*) in het stuk helder op een rij staan.

Volgens David Evans, verbonden aan Yale en gespecialiseerd in geodynamica wordt *true polar wander* door veel wetenschappers ten onrechte genegeerd. Evans rekende in een publicatie in *Nature* vorige week definitief af met het idee dat de as in de afgelopen 2,5 miljard jaar tientallen graden schever heeft gestaan dan nu het geval is.

"Maar veel mensen verwarren *true polar wander* met obliquiteit, [het scheef staan van de aardas] schrijft hij in een e-mail. "Die twee zaken zijn totaal verschillend. Eigenlijk is de term *polar wander* misleidend, we zouden beter van een wandelende mantel kunnen spreken."

Ook Rob van der Voo, hoogleraar geologie aan de Universiteit van Michigan,



ILLUSTRATIE ROLAND BLOKHUIZEN

een van de wetenschappers die het artikel voorafgaand aan publicatie heeft beoordeeld acht Maloofs scenario denkbaar. "Wel is het buitengewoon gecompliceerd om 800 miljoen jaar terug te kijken in de tijd. Als Maloof gelijk heeft moeten we hetzelfde patroon terugvinden op alle andere continenten."

TERUG KIJKEN Met dat onderzoek is Maloof intussen begonnen. Hij bestudeert vulkanisch gesteente in Australië dat qua ouderdom vergelijkbaar is met de formaties op Svalbard. In zijn laboratorium van Princeton University zijn de eerste monsters geanalyseerd. "De eerste resultaten wijzen opnieuw in de goede richting", zegt hij in een telefonische toelichting.

AARDKORST EN -MANTEL SCHUIVEN ROND AARDKERN

Dolende polen

Het blijft lastig voor te stellen, zo'n aarde die rond zijn as blijft tollen, en tegelijk fors uit het lood raakt. Toch benadrukken de auteurs dat hun hypothese stoelt op betrekkelijk eenvoudige fysische principes. Als je een plak klei of ander zwaar materiaal bovenop een draaiende bal plakt, dan kantelt de bal, zodat de verzwaring uiteindelijk op de 'evenaar' komt te liggen. Zo ver mogelijk verwijderd van de as waar de bal omheen draait. "Op een draaiende bol gaat massa op zoek naar een plaats ver van de rotatie-as", zegt Maloof. Vergelijkbare krachten zijn verantwoordelijk voor de ietwat afgeplatte vorm van de aarde: de aardstraal vanaf aardkern naar Noordpool is 6356 kilometer, tegenover 6378 vanaf de aardkern naar de equator.

Volgens Maloof was er inderdaad eerst een toename van massa in de buurt van de Noordpool die uiteindelijk de kanteling heeft veroorzaakt. Het massa-overschot is volgens Maloof ontstaan bij het uiteenvallen van Rodinia, een supercontinent dat alle toenmalige continenten verenigde. Bij dit uiteenvallen ontstonden subductiezones, plaatsen waar de relatief zware oceaانبodem wegduikt onder lichtere landmassa's. Volgens Bert Vermeersen is het een aannemelijke voorstelling van zaken: "Subductiezones zijn de zwaarste onderdelen van de aardmantel. Ook nu ligt het zwaartepunt van de *ring of fire*, de ring van vulkanen en subductiezones rond de Stille Oceaan dicht bij de evenaar." Een cruciaal element in de hypothese van Maloof is dat aardkorst en aardmantel verschoven langs de buitenkant van de kern. De aardkern is de plaats waar het aardmagnetisch veld ontstaat. Omdat dat veld op zijn plaats bleef werd de beweging van Svalbard (en de rest van de buitenkant van de aarde) vastgelegd in de magnetisatie van gesteenten die op dat moment zijn ontstaan (zie kader 'vingerafdruk'). Volgens Maloof is het plausibel dat mantel en korst zich samen hebben bewogen. "Het 'losschieten' van de korst alleen is onwaarschijnlijk", zegt hij. "Het zijn vooral de massaverschillen in de mantel die een nieuwe evenwichtspositie hebben afgedwongen. Ook het verschil in stroperigheid tussen aardkern en aardmantel maakt losschieten langs deze grens het meest waarschijnlijk."

ROUD GESTEENTE De vraag of de polen dolen houdt aardwetenschappers bezig sinds zij in de negentiende eeuw magnetevelden kunnen meten in gesteente dat is gestold of in sediment dat uit water is neergeslagen. Daarin richten de magnetische deeltjes zich naar het heersende aardmagnetisch veld. De magnetevelden van oude gesteenten liggen zelden in dezelfde richting als het tegenwoordige aardmagnetisch veld.

Geologen kunnen daaruit twee conclusies trekken: het aardmagnetisch veld is van richting veranderd sinds het gesteente stelde, of de landmassa is verschoven ten opzichte van het aardmagnetisch veld.

Sinds Alfred Wegener hanteren geologen veelal de laatste verklaring. Wegener was de man die begin vorige eeuw inzag dat continenten verschuiven over het oppervlak van de aarde. Die verschuivingen konden worden getraceerd aan de hand van oriëntatieveranderingen in gesteente met magnetische mineralen. "Nadat de theorie van Wegener geaccepteerd was geraakt wilde niemand meer weten van *true polar wander*", zegt Vermeersen. "Daarin komt eigen-

lijk pas echt verandering vanaf de jaren tachtig van de vorige eeuw. Dat is het moment waarop we er met behulp van satellieten in slagen om steeds nauwkeuriger vast te stellen wat de positie van de aarde is ten opzichte van omliggende sterren en planeten."

ROTATIE-AS Vermeersen legt uit hoe de polen dolen: "Stel je voor dat je op de aardbol op zoek gaat naar het punt waar de denkbeeldige rotatie-as door het oppervlak steekt. Je zet er een stip. Als je een jaar later weer gaat kijken zul je zien dat de stip een tiental meters verschoven is. Deze variatie, die we met satellieten nauwkeurig kunnen meten, heet de *Chandler wobble*. Het gaat om een

cyclus van een jaar tot 14 maanden." "Wat de *Chandler wobble* veroorzaakt is nog onduidelijk", zegt Vermeersen. "Waarschijnlijk spelen kleine veranderingen in de massadichtheid van de aardbol een rol: oceaanstromingen drukken op de zeebodem en uitbarstende vulkanen of aardbevingen vervormen de aardkorst."

Een combinatie van gegevens van GPS-satellieten met astronomische data toont aan dat een proces dat vergelijkbaar is met de *Chandler wobble* speelt op langere termijn. De geografische Noordpool is in de twintigste eeuw met een snelheid van circa 10 centimeter per jaar verschoven in de richting van Canada; langs de meridiaan op 80 graden westerlengte. Deze observatie maakt Maloofs hypothese over een kantelende aarde minder gek dan hij op het eerste oog lijkt. "Het toont aan dat *true polar wander* op bescheiden schaal ook nu nog bestaat", zegt Rob van der Voo van de Universiteit van Michigan.

AFSMELTEN Volgens Vermeersen bestaat er een verband tussen het zuidwaarts gaan van de noordpool en het afsmelten van de ijskappen sinds de laatste ijstijd: "Tijdens het hoogtepunt van de laatste ijstijd [ca. 20.000 jaar geleden] lag op Noord-Europa en Noord-Amerika een pakket ijs met een dikte van maximaal 3 tot 4 kilometer: 10¹⁹ kilogram in het totaal. Die massa is niet onaanzienlijk in vergelijking met de totale massa van de aarde: 6 x 10²⁴ kilo."

Het ijs is sindsdien langzaam maar zeker afgesmolten, maar dat gebeurt niet gelijkmatig. De aarde raakt daardoor in onbalans. Op termijn van duizenden jaren is gesteente in de aarde visceus: het kan stromen. Daardoor kan het binnenste van de aarde zich aanpassen zodat een massaoverschot in de buurt van de polen verdwijnt naar de evenaar. Massa die opveert onder smeltende ijskappen verplaatst zich naar de evenaar.

Op een vergelijkbare manier is volgens Maloof een overschot aan massa ontstaan toen zich subductiezones vormden onder Rodinia, in de aanloop naar de opsplitsing van het supercontinent. En volgens Vermeersen bepalen dit soort mechanismen ook nu nog hoe de aarde er uitziet. "Het is geen toeval dat de Himalaya ongeveer op de evenaar ligt", zegt hij. "Het surplus aan massa zoekt de evenaar op. Kijk ook maar naar andere planeten. Op Mars ligt een complex van vulkanen perfect op de evenaar. De grootste vulkaan, Mount Olympus, is 27 kilometer hoog. Dat is een enorm formaat, zeker als je bedenkt dat Mars veel kleiner is dan de aarde. Ik geloof niet dat zo iets een kwestie van toeval is."

