

OVER DE SNELHEID VAN GEOLOGISCHE PROCESSEN

Zowel uit tijdschriften en kranten als uit boeken over geologie zijn we enigszins vertrouwd geraakt met de grootschalige veranderingen van de aardkorst. Uit de artikelen over de platen-tektoniek krijgen we de indruk dat deze processen nogal snel verlopen. Het woord "tektoniek" suggereert al snelheid. Dat klopt waarschijnlijk omdat tektonische gebeurtenissen, die in de dagbladen worden vermeld, vrijwel altijd tot de calamiteiten behoren: aardverschuivingen; aarbevingen, welke dikwijls samengaan met het ontstaan van spleten in de bodem waardoor wegen en huizen worden beschadigd; vulkanische uitbarstingen, enz.

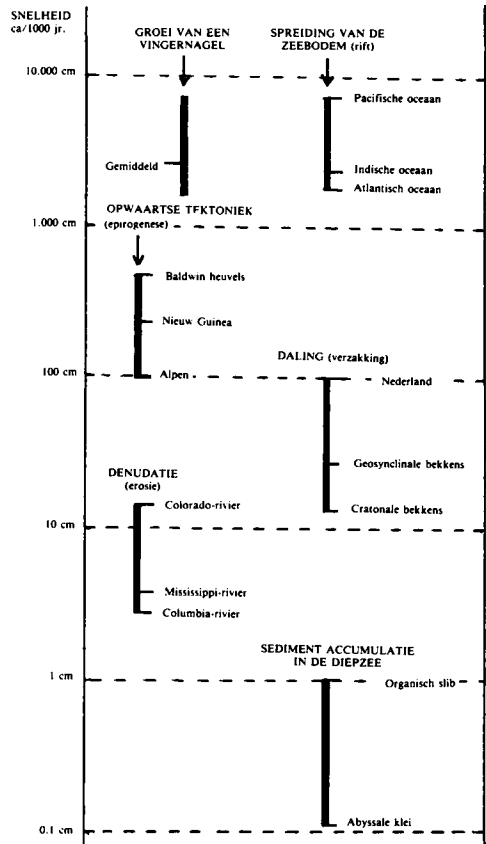
Het spreken over "continenten-drift" en "botsende continenten" versterkt het beeld van grote snelheid. Hoe is het echter gesteld met de "eeuwigduurende" veranderingen van de aarde die niet tot het "hot-news" behoren? Met welke snelheid ontstaat een bekken en hoe vlug wordt dit opgevuld met sedimentaire afzettingen? Soms worden getallen genoemd waarin sprake is van centimeters per honderd of duizend jaren, maar een duidelijk beeld krijgen we hierdoor toch niet; de traagheid van deze processen blijft ons ongaan, vooral omdat we geen goede vergelijking kunnen maken met iets dat ons vertrouwd is.

In 1983 publiceerde ROWLAND een artikel waarin een aardig voorbeeld is gebruikt, namelijk de snelheid waarmee de nagels van vingers en tenen aangroeien. Hij liet de studenten een krasje op de nagels aanbrengen, waarna elke veertien dagen het opschuiven hiervan ten opzichte van de nagelrand moest worden gemeten. De snelheden van de groei blijken nogal uiteen te lopen, niet alleen per individu maar ook per seizoen, en wel van 1 tot 7½ cm per jaar met een gemiddelde van 3,95 cm. ROWLAND heeft deze resultaten in een tabel gezet, tesamen met snelheden van een vijftal geologische processen.

- de spreiding van de zeebodem, d.w.z. het uiteengaan van de randen van een riftzone;
- opwaartse tektoniek, hetzij langs verticale breuken, hetzij door positieve epirogenese;

- negatieve epirogenese, ofwel daling;
- denudatie: het verlagen van het oppervlak van bijv. een schiervlakte (peneplain) door erosieve afvoer van gesteente;
- de toename van sedimentpakketten op de bodem van de diepzee (abyssaal = dieper dan 4000 meter).

De tabel is hier, enigszins veranderd, overgenomen. Van elk van de vijf processen zijn gegevens uit verschillende gebieden bijeengezet, waardoor we een indruk van de variatie krijgen. We zien dat het uiteengaan van de continenten, zoals dat bij de oceanische ruggen plaats vindt, inderdaad tot de groep met de grootste snelheden behoort en dat ze van dezelfde orde van grootte zijn als het aangroeien van onze nagels. Alle andere voorbeelden zijn van 10 tot tienduizend maal langzamer. De getoonde voorbeelden zijn geselecteerd op duidelijke verschillen. Er zijn veel meer langzame geologische veranderingen en er is meer variatie in de snelheden waarmee deze plaats vinden.



C.J. Homburg

STRUKTUURVERANDERING IN AARDMANTEL

De aardmantel is de zone in de aarde tussen de aardkorst en de aardkern. De ondergrens reikt tot ongeveer 2900 kilometer diepte. Hieruit blijkt dat de mantel verreweg het grootste volume van de aarde inneemt.

Boven de mantel bevindt zich de asthenosfeer, een overgangszone die zich uitstrekt tot diepten variërend van 100 tot 400 kilometer. Daarboven bevindt zich de ca. 100 kilometer dikke steenschaal (lithosfeer), met aan de buitenzijde de eigenlijke aardkorst. Deze laatste is onder de continenten gemiddeld 35 kilometer dik, maar onder de oceanen veel dunner. Daar varieert de dikte van ca. 4 tot 8 kilometer.

Uit talrijke seismische onderzoeken is bekend dat trillingsgolven zich niet gelijkmatig door de aarde verplaatsen. Er zijn trajecten waar de snelheid merkbaar vertraagd wordt, naast gebieden waar versnellingen optreden. Zo'n duidelijke overgang wordt aangetroffen op een diepte van ongeveer 400 kilometer. Voorbij deze zogenaamde discontinuïteit neemt de voortplantingssnelheid van de seismische golven sterk toe, hetgeen op veranderingen in het gesteente wijst. Geofysici nemen aan dat de mantel uit vast gesteente is opgebouwd. Alleen in de boven de mantel gelegen asthenosfeer is de temperatuur/drukverhouding zodanig dat het gesteente meer plastische eigenschappen bezit. Verder naar onderen zijn de omstandigheden anders, waardoor de plasticiteit geringer is.

In de plastische asthenosfeer treden bewegingen op die het verschuiven van grote aardkorstplaten, met daarop de continenten en de oceanen mogelijk maken.

De vraag die de onderzoekers bezig hield was of de discontinuïteit inhield dat het gesteente alleen een structuurverandering ondergaat, of dat het ook te maken heeft met een chemische verandering. Geofysici menen dat de asthenosfeer uit peridotiet bestaat, dat voornamelijk uit het mineraal olivijn is samengesteld. De overgang van de asthenosfeer op 400 kilometer diepte werd al langer toegeschreven aan een structuurverandering van de mineralen. Door de enorme druk die daar heerst zou het mineraal olivijn overgaan in een vorm met een veel dichtere structuur, gelijk aan die van spinel. Deze structuurverandering wordt veroorzaakt doordat de atomen van het mineraal dichter op elkaar gaan liggen.

Enkele jaren geleden veronderstelden enkele Amerikaanse onderzoekers dat zo'n fase-overgang niet plotseling optreedt. De discontinuïteit zou heel geleidelijk verlopen, waarbij men vooral dacht aan een chemische verandering van het gesteente op die diepte. Onderzoekers

verbonden aan de Northwestern University in Evanston (USA) hebben echter aan kunnen tonen dat het overgangsgebied aan de onderkant van de asthenosfeer slechts 6 kilometer dik kan zijn. De discontinuïteit verloopt dus in het geheel niet geleidelijk. Sterker nog, het vertoont een veel abrupter overgang dan op grond van seismische waarnemingen mocht worden geconcludeerd. De exacte begrenzing van de overgangszone is moeilijk aan te geven, maar ook andere berekeningen komen uit op een dikte van ongeveer 10 kilometer. Het gesteente in deze zone is ongeveer voor 70% uit olivijn opgebouwd, zodat vastgesteld kan worden dat de discontinuïteit op 400 kilometer diepte geen verandering in chemische samenstelling te zien geeft, maar dat het om een structuurverandering van het mineraal olivijn gaat.

Nature

EVOLUTIE: TOCH EEN SNEL PROCES?

Op ongeveer 1000 kilometer oostelijk van het zuidamerikaanse Equador in de Grote Oceaan liggen de Galapagos eilanden. Deze eilanden worden wel het laatste paradijs op aarde genoemd vanwege het bijzondere planten- en dierenleven dat daar nog aanwezig is. De eilanden zijn van vulkanische oorsprong en op enkele eilanden is nog steeds actief vulkanisme aanwezig.

De Galapagos eilanden zijn vooral door de reis van Charles Darwin bekend geworden, omdat hij daar voorbeelden in de dierenwereld aantrof die hem in staat stelden zijn evolutietheorie te formuleren.

Sindsdien waren en zijn biologen van mening dat het ontstaan van nieuwe soorten en bepaalde eigenschappen een zeer geleidelijk verloopend proces is.

Darwin trof op de verschillende eilanden een dertiental soorten vinkachtige vogels aan, die in leefwijze en snavelvorm weliswaar sterk van elkaar verschilden, maar die in hun overige kenmerken toch blijken gaven ontstaan te zijn uit een bepaald soort vink, afkomstig uit Zuid-Amerika. Doordat de vinken tamelijk geïsoleerd van elkaar op de verschillende eilanden leefden, hebben zij zich langzamerhand tot geheel aparte soorten ontwikkeld.

Op grond van het voorkomen van een bepaald type fossiele schelpen die overeenkomsten vertoonden met soortgelijke exemplaren uit Californië schatte men de ouderdom van de Galapagos eilanden op ongeveer 10 miljoen jaar. Merkwaardig is dat geologische dateringen aan gesteenten op een ouderdom wijzen van hooguit

5 miljoen jaar, waarbij aangetekend moet worden dat de meeste gesteenten op de eilanden niet ouder zijn dan ca. 2 miljoen jaar.

Omdat de schelpsoort in Californië ca. 10 miljoen jaar geleden uitstierf wil dit echter nog niet zeggen dat hetzelfde gebeurde met die op de eilanden. Uit onderzoekingen is vast komen te staan dat de fossiele schelpen op de eilanden in vulkanische gesteenten voorkomen die niet ouder zijn dan 2 miljoen jaar. Uit de omstandigheden waaronder ze zijn gevonden heeft men kunnen opmaken dat de dieren net dood waren of nog leefden ten tijde van hun inbedding in vulkanische as.

Dit geeft een aanwijzing dat de evolutie op de eilanden zich voornamelijk binnen een tijdsbestek van 2 miljoen heeft voltrokken. Dat evolutie niet altijd een proces is dat heel geleidelijk verloopt, werd al door de Amerikaanse bioloog Stephen Jay Gould vermoed. Volgens hem zou het evolutieproces zich bij vlagen voltrekken. Perioden van snelle veranderingen wisselen af met perioden waarin zich weinig wijzigingen voordoen. Zijn opvatting noemt men de theorie van het 'onderbroken evenwicht'.

Science

CANADEZEN GRAVEN NAAR CHINESE DINOSAURUS FOSSIELEN

Een van de omvangrijkste palaeontologische expedities die ooit op het grondgebied van China is ondernomen staat in de startblokken. Ongevoon is evenwel de aanwezigheid van buitenlanders bij dit onderzoek. De Chinese autoriteiten hebben acht Canadese wetenschappers uitgenodigd om gedurende twee maanden, samen met hun Chinese collega's naar dinosaurusbotten te gaan zoeken. De locatie is al bekend, nl. het uiterste noordwesten van China, bij de stad Urumqi. Het is al enige tijd bekend dat met name de omgeving van deze stad bijzonder rijk is aan fossiele beenderen van dinosaurussen. De resten bevinden zich in afzettingen uit het Jura-tijdperk en het Onder-Krijt (150-100 miljoen jaren geleden). De verwachting van de Canadezen is dat zij wellicht nieuwe soorten en misschien wel geheel onbekende families zullen aantreffen.

Dat uitgerekend Canadese onderzoekers voor deze expeditie zijn uitgenodigd hoeft niet te verbazen: bijzonder veel - bijna de helft van alle bekende dinosaurussorten - zijn in China en Canada gevonden.

Aangezien de landgebieden van China en Noord-Amerika ooit met elkaar verbonden waren, zijn de verwachtingen zeer hoog gespannen. Men hoopt hierdoor veel meer aan de weet te komen over het evolutieverloop van deze reptielen.

Verder hebben dezelfde Chinese onderzoekers een jaar geleden in Canada mogen graven, in de wildernis van Alberta en het uiterste noorden van Canada. Uit deze gezamenlijke activiteiten is een langduriger onderzoeksprogramma ontstaan. Men wil gedurende acht jaren in beide landen intensief onderzoek verrichten naar dinosaurussen. Het ligt in de bedoeling de vondsten in de jaren negentig in de vorm van een reizende tentoonstelling de wereld over te struen.

New Scientist

SCHEDEL OERMENS VIJF JAAR ONOPGEMERKT IN DUIJS MUSEUM

In een grindaafgraving in het Westduitse Reilingen is in 1978 een schedel gevonden van een zgn. *Homo erectus*. Dit was een voorloper van de huidige mens die *Homo sapiens* genoemd wordt. Aangezien het maar tweemaal eerder is voorgekomen dat een schedel van dit type oermens in Midden-Europa is gevonden, zou het zeer belangrijk zijn de ouderdom van de bodemlaag waarin het fossiel gevonden is te weten. Jammer is nu dat dit niet meer te achterhalen is. De schedel heeft namelijk vijf jaar lang onopgemerkt in het Natuurhistorisch Museum in Stuttgart gelegen. Het is aan de antropoloog Czarnecki te danken dat het stuk bot als zodanig herkend werd.

Deze voorouder van de huidige mens ontstond ongeveer 1.6 miljoen jaar geleden in Oost-Afrika. Men vermoedt dat zo'n 700.000 jaar geleden de eerste vertegenwoordigers van dit menstype in Europa verschenen, maar dit is allerminst zeker. Zeker is wel dat *Homo sapiens* ca. 200.000 jaar geleden is ontstaan. Hiervan zijn twee aparte ondersoorten of wellicht rassen bekend die gelijktijdig hebben geleefd: de Neanderthaler en de Cro Magnon mens. Hoe zij zich evolutionair tot elkaar verhouden hebben en waar en wanneer welke variant geleefd heeft is nog niet bekend. De in Zuid-Frankrijk gevonden resten van *Homo erectus* zijn waarschijnlijk ouder dan die uit Duitsland. Uit de opbouw van de grindrijke sedimentpakketten bij Reilingen blijkt dat de gevonden schedel relatief jong is. Zo jong zelfs dat hij waarschijnlijk tegelijk of zelfs wat later dan de Steinheim-mens en de Britse Swanscombe-mens heeft geleefd. De laatste twee worden door de wetenschap tot *Homo sapiens* gerekend.

Het gelijktijdig voorkomen van *Homo erectus* met de beide *Homo sapiens* variëteiten werpt dezelfde vragen op als over het samen voorkomen van Neanderthaler en Cro Magnon mens. Heeft de een de ander gewoon verdrongen of is er sprake geweest van uitroeiing? Ook is het mogelijk dat beide menstypen tot één versmolten zijn.