

GEOCOMmunicatie 22



over geologische giganten:
dieren, consequenties van
verweringsprocessen,
raadselachtige gaten in de
zeebodem, inslagkraters
en oprispingen

A.J. (Tom) van Loon*

Inleiding

Het veldseizoen is weer aangebroken, en iedere rechtgeaarde WTKG'er is natuurlijk allang met zijn veldspullen naar exotische oorden vertrokken. Of gaat dat gauw doen. Niets lezen, en zeker geen Afzettingen. Graven, zeven, spoelen. Dat is pas het echte werk. Maar dan toch, 's avonds, misschien even een blik in Afzettingen, en misschien zelfs wel even een blik in deze nieuwe aflevering van GEOCOMmunicatie. Ook ik ga trouwens op pad: het verre Spanje lokt. Niet als vakantie-oord, zelfs niet als veldwerkgebied, maar 'gewoon' als een nieuw thuis. Ik verhuis er op korte termijn naar toe (zie alvast mijn tijdelijke postadres). Naar de Spaanse kust. Niks zandstrand (afgezien van in wat kleine baaien), maar echte rotskusten. Zo keer ik terug naar een oude hobby (?): hard-rock geologie. Dan durf ik me helemaal niet meer onder WTKG'ers te vertonen, of zouden die toch ook een zwak hebben voor 'harde' geologische nieuwtjes. Dat lijkt er wel op, gezien de reacties op mijn eerdere bijdragen aan Afzettingen'. Toch zal ik daar over een tijdje mee stoppen. Nog een jaartje, misschien. En dan zal Lars van den Hoek Ostende het alleen moeten doen. Tenzij er weer een nieuwe auteur opstaat, met zijn eigen nieuwe aanpak, frisse ideeën en een eigen stijl. Om voor eeuwig in het WTKG-archief te worden vastgelegd als rubrieksauteur. En wie zou die kans op eeuwige roem nu willen laten lopen? Gigantische roem! Daarom deze keer, als lekkermakertje, wat bijdragen over gigantische zaken. Maar niet alle lekkermakertjes zijn lekker. Dat blijkt hopelijk uit het laatste onderdeel: een moeilijk verteerbaar brokje.

eters waren, en dat ze koudbloedig waren.

Amerikaanse en Australische onderzoekers analyseerden hiertoe gegevens van de grootste planten- en vleeseters van 30 eilanden en continenten (dus door water omringde - en dus biogeografisch geïsoleerde - landmassa's). Voor elk van deze gebieden keken ze naar de grootste (gewervelde) landdieren die nog leven, of - indien groter - naar de grootste soorten die binnen de laatste 65.000 jaar zijn uitgestorven. Uit hun analyses blijkt dat, voor een landmassa van een bepaalde grootte, de grootste warmbloedige planteneter altijd groter was/is dan de grootste warmbloedige vleeseter; het gaat daarbij wat gewicht betreft zelfs ruwweg om een factor 10! Eenzelfde relatie lijkt te bestaan tussen koudbloedige planten- en vleeseters. Omdat er veel minder koudbloedige dan warmbloedige reuzen onder de gewervelde landdieren zijn, zijn de gegevens voor koudbloedige reuzen overigens betrekkelijk schaars. De zeer schaarse (3!) gegevens voor koudbloedige planteneters wijzen erop dat ze groter zijn dan de warmbloedige planteneters. Op basis van deze gegevens voor (sub)recente soorten zijn de onderzoekers nagegaan wat dit kan hebben betekend voor de ontwikkeling van reuzensoorten. Daarbij maakten ze gebruik van wiskundige relaties die ze tussen de diverse gegevens hadden vastgesteld.

Een van de eerste vragen die opkomt, is natuurlijk waarom de grootste vleeseters zoveel kleiner zijn dan de grootste planteneters. Het antwoord op die vraag is echter al bekend: bij iedere stap omhoog in de voedselketen, neemt de hoeveelheid voedsel in een bepaald gebied af met ongeveer 90%. Vleeseters vinden op een eiland dus een hoeveelheid voedsel (in de vorm van prooidieren) die slechts 10% is van de hoeveelheid voedsel (planten) die de prooidieren zelf ter beschikking hebben. Als er evenveel jagers als prooidieren voorkomen, kan het gemiddelde lichaamsgewicht van de jagers dus slechts zo'n 10% van dat van de prooidieren bedragen. Dat dat ook voor de reuzensoorten geldt, is niet onlogisch.

Dat verklaart echter nog niet waarom de maximale lichaamsgrootte in de loop van de geologische geschiedenis ook direct verband hield met de grootte van de toenmalige continenten. Hierbij speelt volgens de onderzoekers een rol dat de grootte van een continent verband moet houden met het aantal individuen van een reuzensoort; dat kan men zich inderdaad voorstellen wanneer een continent (of eiland) in zijn totaliteit het woongebied vormt voor de desbetreffende reuzensoort: ieder individu moet immers ruimte hebben om voldoende voedsel te bemachtigen, maar de individuen moeten elkaar ook weer kunnen vinden, bijvoorbeeld om te paren. De onderzoekers laten op deze gegevens enkele wiskundige bewerkingen los, en vinden dan een wiskundig verband tussen de grootte van een landmassa en de maximale lichaamsgrootte. Die relatie testten ze uit, wat niet goed mogelijk bleek voor amfibieën en reptielen (bij gebrek aan gegevens), maar wel voor zoogdieren. Daarvoor bleek de gevonden relatie zeer goed op te gaan, behalve voor betrekkelijk kleine eilanden waar de grootste zoogdieren minder dan 100 g zou-



Evolutie van de maximale lichaamsgrootte

Een van de vragen waarvoor biologen en paleontologen zich gesteld zien is waarom sommige diergroepen reuzensoorten bevatten en andere niet. Het was al langer bekend dat reuzen op het land alleen zijn ontstaan toen er grote continenten bestonden. Een algemeen aanvaarde verklaring daarvoor ontbrak overigens tot nu toe. Nieuw onderzoek geeft meer inzicht en wijst bovendien uit dat de grootste landdieren ook alle planten-

den mogen wegen; in die gevallen bleken toch zoogdieren van zo'n 100 g voor te komen (dat houdt waarschijnlijk verband met de relatief grote oppervlakte - en dus het relatief grote warmteverlies - van kleine dieren). Maar dat de echte reuzensoorten alleen op betrekkelijk grote continenten konden ontstaan, wordt uit hun relatie wel duidelijk.

Gaat dit nu ook op voor bijv. de reuzendinosauriërs (die tenslotte geen zoogdieren waren)? De onderzoekers zijn dat nagegaan voor zes reuzensoorten waarvan het gewicht van volgroeide exemplaren redelijk nauwkeurig bekend is. Van deze zes soorten waren er drie vleeseters (*Tyrannosaurus rex*, *Giganotosaurus carolinii* en *Caracharodontosaurus saharicus*) en drie plantenetters (*Sauroposeidon proteles*, *Argentinosaurus huinculensis* en *Paralititan stromeri*). Het blijkt dat deze soorten alle in de orde van honderdmaal zwaarder waren dan uit de vastgestelde relaties kan worden berekend, ervan uitgaand dat alle betrokken soorten warmbloedig waren. Indien ze koudbloedig waren, was hun gewicht nog altijd zo'n tienmaal groter dan uit de voor zoogdieren gevonden verbanden zou kunnen worden afgeleid.

Hierbij is het grootste probleem natuurlijk de zwaarst bekende dinosauriër, de plantener *Argentinosaurus huinculensis*, die zo'n 73.000 kg moet hebben gewogen. De zwaarst bekende vleeseter, *Giganotosaurus carolinii*, die zich mogelijk ook met *Argentinosaurus* voedde, moet zo'n 9000 kg hebben gewogen. Deze reuzendinosauriërs leefden weliswaar op een groot continent (beide soorten bevolkten Zuid-Amerika zo'n 180 miljoen jaar geleden), maar dat was niet groter dan nu: het uiteendrijven van Afrika en Zuid-Amerika was al begonnen. Het grote supercontinent Pangea bestond dus niet meer ten tijde van deze reuzensoorten.

Burness en zijn mede-onderzoekers geven niettemin een mogelijke verklaring. In het Krijt (144-65 miljoen jaar geleden) was de concentratie van koolzuurgas (CO_2) in de atmosfeer tot tienmaal zo hoog als nu. Maurer voegt daaraan toe dat de verdeling van de continenten over de aarde tijdens het Krijt bovendien zodanig was dat slechts weinig gebieden een koel klimaat hadden. Dit betekent dat een veel groter deel van de aarde dan nu een gematigd warm of tropisch klimaat had, waardoor een groot deel van de aarde een uitzonderlijk weelderige vegetatie kende, waardoor er op een landmassa van bepaalde grootte meer plantenetters (en zeker meer reuzensoorten) konden leven dan gedurende het grootste deel van de laatste 250 miljoen jaar het geval was. En dus konden er ook meer reuzenjagers wonen.

Het is een hypothese die volgens Maurer getest zou kunnen worden door na te gaan of op tropische eilanden de grootste voorkomende soorten zwaarder zijn dan op even grote eilanden in koudere zones.

Referenties: 1, 5



Continentale verwerking blijkt verantwoordelijk voor zwarte ollemoedergesteenten

Veel aardolie is ontstaan in zwarte schalies ('versteende kleien'), die hun kleur danken aan de grote hoeveelheid organisch materiaal. Dat deze op de zeebodem gevormde zwarte schalies zoveel organisch materiaal bevatten (waaruit voor een deel olie en gas ontstond), werd tot nu toe geïnterpreteerd als een bewijs dat er in het sediment op de zeebodem geen rotting kon optreden door gebrek aan zuurstof. Grote delen van de oceanen leken dan ook - diverse malen in de aardgeschiedenis - verstoken van zuurstofrijk water. De oorzaak daarvan werd gezocht in het circulatiepatroon van de zeestromen, waarbij weinig zuurstofrijk oppervlaktewater naar de diepte zonk.

Een onderzoek van geologen van de Universiteit van California en de U.S. Geological Survey wijst echter op een heel andere ontstaansgeschiedenis van de zwarte schalies die zo belangrijk zijn voor de olie-industrie. Het zou volgens hen niet gaan om een sediment dat zijn bijzondere eigenschappen dankt aan het stromingspatroon in de oceanen, maar aan de bijzondere verwerking die op de continenten plaatsvond. De achterliggende redenering is dat bij die verwerking kleimineralen ontstonden die door rivieren naar zee werden afgevoerd, en dat die kleimineralen in staat waren om grote hoeveelheden koolwaterstoffen aan zich te binden.

De onderzoekers kwamen tot deze conclusie (die, bij aanvaarding door de geologische gemeenschap, de interpretatie van de aardgeschiedenis aanzienlijk zal veranderen) door analyse van zwarte schalies uit het Laat-Krijt (97-65 miljoen jaar geleden) van de Verenigde Staten. Ze vonden hierbij dat de zwarte schalies worden gekenmerkt door een hoog gehalte aan het kleimineraal smectiet en het daaraan verwante kleimineraal 'mixed-layer' smectiet. De kristallen van deze kleimineralen vormen dunne plaatjes die dus, ten opzichte van hun volume, een grote oppervlakte hebben (800 m² per gram). De mineralen kunnen gemakkelijk organische stoffen aan zich binden, en vanwege hun grote werkzame oppervlakte zijn dat bij smectiet grote hoeveelheden. Daarbij worden deze organische stoffen beschermd tegen de oxidatie (rotting) die gewoonlijk in zuurstofrijk water plaatsvindt. Bij andere kleimineralen is de werkzame oppervlakte veel geringer. Bij de veel vaker voorkomende kleimineralen illiet en kaolinit is dat bijv. 'slechts' 30 m² per gram, resp. minder dan 20 m² per gram. Deze mineralen zijn dus veel minder in staat om organisch materiaal van afgestorven organismen dat op de zeebodem terecht komt te behoeden voor verrotting.

De onderzoekers, die een analogie trekken met de kleis sedimentatie in de huidige zeeën, menen dat de samenstelling van de op de zeebodem aanwezige kleimineralen daarom van groot belang is voor de variatie in organisch materiaal in de zeebodem. Ze schatten dat de aard van de kleimineralen deze variatie voor ongeveer 85% kan verklaren. Omdat de klei in zee (vrijwel) geheel bestaat uit deeltjes die vanaf het land worden aangevoerd, en omdat

die kleideeltjes op het land (behalve in de gewoonlijk relatief smalle laaglandkustgebieden) vooral ontstaan door verwerking, zou de hoeveelheid organisch materiaal in de zeebodem dus de weerslag vormen van de verwerking op het land.

Die verwerking hangt af van diverse facetten. Uiteraard van de aard van de aan verwerking blootgestelde gesteenten, maar vooral ook van de klimaatomstandigheden. Die geven slechts zelden aanleiding tot de vorming van smectiet op grote schaal. De zwarte schalies zouden daarom in feite tamelijk uitzonderlijke klimaatomstandigheden weerspiegelen, die gigantische consequenties hebben voor de huidige olievoorraden.

Referentie: 3



Raadsel van kraters in zeebodem wordt alleen maar groter

Het blijkt een gigantische vergissing: de kraterachtige structuren die op de bodem van diverse zeeën - ook de Noordzee - voorkomen, zijn niet (zoals tot nu toe werd aangenomen) ontstaan doordat uit het onderliggende sediment grote bellen gas (in het bijzonder methaan) of vloeistof zijn ontsnapt. Dat blijkt uit onderzoek dat door Amerikaanse onderzoekers is uitgevoerd bij zulke structuren die onderaan de continentale helling voor de kust van Californië voorkomen.

Deze structuren, die 'pockmarks' worden genoemd, zijn op veel plaatsen aangetroffen waar met seismische apparatuur gezocht werd naar olie en gas. Pockmarks blijken in velden voor te komen van vaak vele honderden vierkante kilometers. De 'kraters', die met elkaar kunnen zijn vergroeid, kunnen een doorsnede van enkele honderden meters bereiken, maar zijn altijd ondiep (tot ca. 10 m), hebben een vlakke bodem, en steile wanden.

Het onderzochte gebied is ongeveer 560 km² groot en bevat zo'n 1500 pockmarks. In 19 hiervan zijn boringen gezet, zowel in het vlakke binnendeel als op de steile flanken; verder zijn er met op afstand bediende vaartuigjes video-opnames gemaakt om na te gaan of er tekenen van ontsnappende gassen of vloeistoffen te vinden zijn. Daartoe is ook het water in de pockmarks en daarboven geanalyseerd op het voorkomen van o.a. methaan.

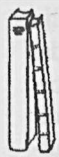
Uit de boringen blijkt dat het hele gebied is bedekt met fijne siltpakketten (2-64 micron), en dat het materiaal in en buiten de pockmarks identiek is. Het sediment vertoont geen aanwijzingen dat er ooit een vloeistof of gas doorheen gekomen is. Uit radiometrische ouderdomsdateringen (met C-14) van het organische materiaal in de bodem blijkt dat er voor de hele periode waarin dateringen met deze techniek betrouwbaar mogelijk zijn (de laatste 45.000 jaar) een voortdurende sedimentatie heeft plaatsgevonden met een snelheid van ongeveer 10 cm per 1000 jaar. Dit is niet verschillend voor binnen en buiten de pockmarks.

De concentraties van opgeloste anorganische koolstof, sul-

faat, chloride en ammonium in het poriënwater wijken niet af van die in het zeewater, en veranderen slechts heel weinig met toenemende diepte; dit wijst op een geringe biochemische activiteit. De geringe veranderingen met de diepte maken het ook zeer onwaarschijnlijk dat er in de bovenste 100 m van het sedimentpakket gas voorkomt; tevens is het hierdoor onwaarschijnlijk dat er vloeistofstromen optreden.

De onderzoekers concluderen dat de pockmarks meer dan 45.000 jaar oud zijn, dat er thans geen activiteit in optreedt, en dat er ook geheel geen aanwijzingen zijn voor het vroeger op deze plaatsen opstijgen van gas of vloeistof. De tot nu toe aangenomen verklaring voor het ontstaan van deze structuren kan dus niet juist zijn. Zo heeft dit onderzoek een nieuw raadsel geschapen.

Referentie: 6



Asteroiden sloegen onvoorstelbaar grote kraters in de aarde

Kraters groter dan continenten. Die moeten volgens David Kring (Laboratorium voor Maan- en Planetair Onderzoek van de Universiteit van Arizona) en Barbara Cohen (Geologische Afdeling van de Universiteit van Tennessee) omstreeks 3,9 miljard jaar geleden op aarde zijn ontstaan. Ze waren het gevolg van een regen van asteroiden (vaste brokken ruimtemateriaal, die veel zwaarder en sterker zijn dan kometen, die in feite bestaan uit ijsmassa's met daarin vaak wat ruimtegruis).

Ze komen tot die conclusie op basis van onderzoek van inslagkraters op de maan, Mars en Jupiter, en van de analyse van maanmonsters. Al die hemellichamen vertonen grote aantallen inslagkraters, die goed bewaard zijn gebleven doordat er bij gebrek aan een dichte atmosfeer - en daarom ook een gebrek aan water - nauwelijks erosieprocessen konden plaatsvinden. Diverse studies, waarbij maanmonsters met radiometrische methoden werden gedateerd, hadden al uitgewezen dat veel grote kraters op de maan zo'n 3,9 miljard jaar geleden moeten zijn ontstaan. Veel inslagkraters op Mars zouden een gelijke ouderdom hebben, en mogelijk die op Jupiter ook. Dat wijst erop dat ons zonnestelsel toen een 'wolk' van hemellichamen passeerde.

Onderzoek aan maanmateriaal wijst uit dat minimaal een van de grote inslagkraters moet zijn gevormd door een asteroïde, en dat maakt het waarschijnlijk dat de hele 'zwerm' hemellichamen waar ons zonnestelsel zich destijds doorheen bewoog, uit asteroïden bestond. Als dat inderdaad het geval is geweest, moeten die asteroïden toen ook op aarde voor een enorm aantal inslagen hebben gezorgd. Van de maan zijn uit de desbetreffende periode 1700 inslagkraters met een doorsnede van meer dan 20 km bekend, waaronder 15 met een diameter van 300-1200 km. Die moeten zijn gevormd in een periode van 20-200 miljoen jaar. Uit die gegevens is, rekening houdend met de

grotere omvang van de aarde en de sterkere aantrekkingskracht van de aarde, te berekenen dat er toen tenminste 22.000 inslagkraters groter dan 20 km en zo'n 40 met een doorsnede van 1000 km moeten zijn gevormd. Enkele kraters zouden zelfs 5000 km groot zijn geweest, dus groter dan de meeste huidige continenten.

Het effect dat deze vaste brokstukken op de aarde hadden, moet uiteraard dramatisch zijn geweest. Volgens de onderzoekers is de regen van asteroïden ervoor verantwoordelijk dat er letterlijk geen steen op aarde meer overleefde: alle gesteenten smolten op of veranderden zodanig dat ze niet meer herkenbaar zijn. Dat verklaart volgens hen waarom er op aarde nooit oudere gesteenten zijn gevonden. De asteroïdenregen kan volgens Kring en Cohen echter nog veel meer invloed op de aardgeschiedenis hebben gehad. Zo zouden er bij de inslagen heel goed hydrothermale systemen (hete waterige oplossingen) kunnen zijn ontwikkeld die de geochemische ontwikkeling van de aarde hebben versneld, en mogelijk anders doen verlopen dan zonder het bombardement het geval zou zijn geweest. Momenteel gaan veel onderzoekers ervan uit dat zulke hydrothermale systemen een geschikt milieu vormen voor het ontstaan van primitief leven (veel primitieve organismen die de laatste jaren zijn ontdekt bij vulkaanachtige structuren (de zogeheten black smokers) op de zeebodem zouden zelfs zulke primitieve 'oer-organismen' kunnen vertegenwoordigen). Daardoor zouden inslaande hemellichamen, hoewel ze zelf geen organische materialen meevoerden, toch indirect verantwoordelijk kunnen zijn geweest voor het ontstaan van het leven op aarde. Dat er een verband tussen het bombardement en het leven op aarde is, wordt ook gesuggereerd door de tijdsrelatie: de oudst bekende organismen stammen van omstreeks 3,85 miljard jaar geleden, dus 'slechts' zo'n 50 miljoen jaar na het asteroïden-bombardement.

Referentie: 4



Fossiele braakballen

We kennen braakballen van tal van dieren: uilen en andere roofvogels weten zo de botten, veren en andere onverteerbare delen van in hun geheel doorgeslikte prooidieren weer kwijt te raken. Katten spugen regelmatig haarballen uit, bestaande uit haar dat ze bij het zichzelf schoonlikken hebben binnengekregen. En potvissen spugen regelmatig de harde delen uit van de octopussen die een hoofdbestanddeel van hun voedsel uitmaken. Braakballen zijn dus niet ongewoon, maar fossiele braakballen zijn dat wel. Eigenlijk is er geen enkele bekend waarvan de aard onomstreden is.

Nu ligt er opnieuw een claim, en dat is nog een heel bijzondere ook. Engelse aardwetenschappers hebben namelijk in een kleigroeve bij Peterborough belemnieten gevonden; de toen uiteraard nog onversteende schelpen zouden zijn uitgespuugd door een dier dat hen levend had

ingeslikt. Dat moet een marien reptiel zijn geweest, waarschijnlijk een ichthyosauriër.

Peter Doyle (Universiteit van Greenwich) en Jason Wood (Open Universiteit) zijn er rotsvast van overtuigd dat de belemnieten een tijdje hebben doorgebracht in een maag. Ze concluderen dat uit putjes op de schelpen die ze toeschrijven aan corrosie door maagzuur. De putjes kunnen moeilijk anders dan door aantasting worden verklaard, maar die aantasting kan niet door het leefmilieu zijn veroorzaakt, want andere belemnieten vertonen de putjes niet. Bovendien gaat het bij de aangetaste exemplaren om juveniele vormen, wat erop wijst dat ze geen natuurlijke dood stierven in de warme kustwateren waarin ze 160 miljoen jaar geleden leefden.

Volgens Doyle kunnen de belemnieten niet zijn uitgespuugd; de schelpen zouden het darmkanaal van hun 'gastheer' dan zodanig beschadigd hebben dat die het niet zou hebben overleefd; ook zelf zouden ze er dan niet ongeschonden vanaf zijn gekomen. Dan moet de conclusie dus zijn dat de schelpen weer zijn uitgespuugd.

Referentie: 2

Geraadpleegde literatuur

- 1 Burness, G.P., Diamond, J. & Flannery, T., 2001. Dinosaurs, dragons, and dwarfs: the evolution of maximal body size. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98, p. 14518-14523.
- 2 Holden, C. (ed.) Fossil vomit. *Science* 295, p. 1459.
- 3 Kennedy, M.J., Pevear, D.R. & Hill, R.J., 2002. Mineral surface control of organic carbon in black shale. *Science* 295, p. 657-660.
- 4 Kring, D.A. & Cohen, B.A., 2002. Cataclysmic bombardment throughout the inner solar system 3.9-4.0 Ga. *Journal of Geophysical Research* 107 (E2) 4-1 - 4-6.
- 5 Maurer, B.A., 2002. Big thinking. *Nature* 415, p. 489-491.
- 6 Paull, C., Ussler III, W., Maher, N., Greene, H.G., Rehder, G., Lorensen, T. & Lee, H., 2002. Pockmarks off Big Sur, California. *Marine Geology* 181, p. 323-335.

*A.J. (Tom) van Loo n, Geocom B.V., Postbus 336, 6860 AH Oosterbeek, email: tom.van.loon@wxs.nl