

GEOCOMmunicatie 19



over vulkanische uitbarstingen

en hun gevolgen,

klimaatwisselingen

en hun gevolgen, en een

merkwaardig oud diertje

*A.J. (Tom) van Loon**

Inleiding

Na de vakantie-uitstapjes naar tal van exotische oorden, en met de recente uitbarsting van de Etna nog in het geheugen, lijkt er alle aanleiding om weer eens iets vulkanisch op tafel te leggen. En daaraan - via de tektoniek - gekoppeld iets over olievoorraden. Dan mag er na de warme zomer die we hebben gehad, en met alle commotie rondom de klimaatconferentie onder leiding van Jan Pronk, ook wel weer eens iets worden gezegd over het vroegere klimaat. Want ook Pronk zal ooit moeten beseffen dat het klimaat altijd zijn eigen gang is gegaan, en ook in de huidige samenleving heus niet altijd naar de politiek zal luisteren; ook zijn de recente problemen die uit de huidige opwarming voortvloeien, niet altijd even gemakkelijk op te lossen met wat vage afspraken: de Siberische werkelijkheid bewijst dat weer eens. En ten slotte, om de liefhebbers van fossiele beestjes te plezieren, ook nog iets over een prachtige vondst en de problemen die het gevonden fossiel opwerpt.



Extreem zware vulkaanuitbarsting in Japan gereconstrueerd

De gesteentepakketten die ontstonden bij de uitbarsting van een Japanse vulkaan, ruim twee miljoen jaar geleden, duiden op een extreem zware uitbarsting. Daarbij moeten, nog afgezien van de uitgestroomde lava, honderden kubieke kilometers aan materiaal in de lucht zijn uitgestoten. Dat is de conclusie van onderzoekers van de universiteiten van Osaka en Fukushima.

Uit het geologische verleden zijn meer sporen van grote vulkaanuitbarstingen bekend, maar die sporen zijn in het algemeen zo schaars dat het niet mogelijk is om daaruit een goed beeld te reconstrueren van de ontwikkeling van de uitbarsting; en zelfs de juiste plaats van de uitbarsting is vaak niet te traceren. De Japanse onderzoekers is dat wel gelukt. De vulkanische as en de grotere fragmenten (vulkanische bommen) zijn uitgestoten in centraal Japan, door de Ebisutoge-Fukuda. De as werd tot meer dan 300 km van de vulkaan door de lucht vervoerd, en bedekt nu een gebied van meer dan 290.000 km². Vooral de analyse

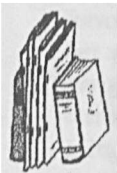
van het materiaal dat verder dan 150 km van de vulkaan terecht kwam, heeft inzicht gegeven in de geschiedenis van de eruptie. Dat is van belang, omdat daarmee inzicht wordt verkregen in de mogelijke ontwikkeling van zware erupties die in de toekomst kunnen optreden; veiligheidsmaatregelen kunnen daardoor meer gericht worden getroffen.

Het blijkt dat er vijf fasen bij de eruptie van de Ebisutoge-Fukuda zijn te onderscheiden. De eerste bestond uit een uitbarsting waarbij gassen - waarschijnlijk voor een groot deel bestaande uit waterdamp - onder zeer hoge druk werden uitgestoten, samen met een hoop as. De hoeveelheid via de lucht uitgestoten materiaal moet groter zijn geweest dan 105 km³. Tegelijk vloeiende er ook nog lava uit, maar in betrekkelijk kleine hoeveelheden. In de twee volgende fasen vloeiende er vooral dun-vloeibare lava uit; het opstijgen van het magma uit de dieper gelegen magmakamers ging gepaard met zeer sterke ontgassing. De vrijkomende gassen zorgden voor explosieve uitbarstingen. Daarnaast vormden as en condenserende waterdamp modderige massa's, die vanaf de hellingen omlaag gleden.

De vierde fase werd weer vooral door de uitstoot van magmatische gassen gekarakteriseerd. Door de extreem hoge druk waaronder dat plaatsvond, werden de uitgestoten deeltjes (waaronder vulkanisch glas) tot zeer grote afstanden via de lucht meegevoerd. Bovendien werd de vulkaankegel door het uitgestoten materiaal hoog opgebouwd. In de laatste fase stortte de vulkaan in elkaar, waarbij weer grote vulkanische modderstromen zich tot in de verre omtrek uitbreidden. De afzettingen van deze modderstromen omvatten samen 250-350 km³ en bedekken een groot deel van de eerder gevormde afzettingen van vulkanische as.

Omdat de uitbarsting ongeveer aan het begin van het IJstijdvak plaatsvond, vormen de afzettingen een goed traceerbare grens. De diverse afzettingen kunnen volgens de onderzoekers ook worden gebruikt voor het analyseren van de invloed van grootschalige erupties op het mondiale klimaat.

Referentie: 2



Bij eruptie die tot einde van Minoïsche beschaving leidde werden grote brokken vele kilometers weggeslingerd

Ook minder ernstige uitbarstingen dan die in Japan kunnen tot catastrofes leiden. Dat blijkt uit de vulkanische uitbarsting die omstreeks 1640 voor Christus plaatsvond en waarbij blokken tot 1,6 m in doorsnede tot 7 km ver werden weggeslingerd. De gebeurtenis maakte een plotseling einde aan de Minoïsche beschaving op Kreta. Dat was een gevolg van een enorme vloedgolf die Kreta overspoelde (de legende van het verzonken Atlantis is waarschijnlijk hierop gebaseerd) na de 'ontploffing' van de Santorini, een vulkaan op het Griekse eiland Thera. Bij de eruptie werd zoveel materiaal explosief uitgestoten

dat er een instortingskrater (caldera) ontstond, waarvan nog een gedeelte over is.

De hoeveelheid materiaal die binnen korte tijd werd uitgestoten was onvoorstelbaar groot (de as is te vinden tot ver in Egypte en is waarschijnlijk - door de directe en indirecte gevolgen - verantwoordelijk voor 'de zeven plagen van Egypte'). De exacte locatie en grootte van de kraterpijp waren overigens niet bekend als gevolg van de vorming van de instortingskrater.

Onderzoek van de aan de Universiteit van Aarhus (Denemarken) verbonden aardwetenschapper T. Pfeiffer heeft daarin nu licht gebracht. Hij richtte zich bij zijn onderzoek op het verloop van de gebeurtenissen aan de hand van de karakteristieken van de afzettingen die nog zijn terug te vinden. Zijn onderzoek toont aan dat de uitbarsting vier fases kende: een eerste fase waarin de druk zich gedurende jaren langzaam steeds verder opbouwde totdat een explosieve eruptie optrad, een tweede fase waarin vooral lava uitstroomde, een derde fase waarin vooral as werd uitgestoten, en een vierde fase waarin gloedwolken langs de kraterhelling omlaag raasden.

De locatie van de kraterpijp is door Pfeiffer vastgesteld op basis van de verspreiding van bepaalde afzettingen. Voor de eerste fase van de eruptie kon dat aan de hand van de verdeling in de ruimte van uitgestoten deeltjes met bepaalde afmetingen: de grootste vielen immers het dichtst bij de kraterpijp terug. Voor de tweede fase bleek die aanpak niet mogelijk, maar wel bleek dat blokken tot 1,6 m in doorsnede alle binnen een cirkelvormig gebied met een diameter van 14 km liggen. Daaraan kan de conclusie worden verbonden dat de kraterpijp toen ongeveer in het midden van die cirkel moet hebben gelegen, en dat de brokstukken dus zeker 6-7 km ver moeten zijn weggeslingerd. Dat tekent de enorme kracht van de eruptie.

Overigens werden nog veel grotere brokstukken weggeslingerd, vooral in de derde fase van de eruptie. Brokstukken van drie meter in doorsnede zijn niet ongewoon. De verspreiding daarvan is echter anders dan die van de weggeslingerde stukken uit fase 2. Pfeiffer leidt uit die gegevens af dat er in fase 1 een betrekkelijk kleine kraterpijp was, die zich in fase 2 via een breuksysteem vergrootte naar het zuidwesten. Gedurende fase 3 moet zich minstens 1 nieuwe kraterpijp in het noorden van de krater hebben ontwikkeld, mogelijk gelokaliseerd op hetzelfde breuksysteem, dat zich toen verder naar het noordoosten ontwikkelde.

Referentie: 4



Doorbraak van 'vulkanische dam' in Alaska veroorzaakte stortvloed

Weer een heel andere catastrofe als gevolg van een vulkanische uitbarsting vond plaats in Alaska. Een stortvloed waarbij per seconde 10.000 tot 1.000.000 m³ water per seconde vrijkwam in het dal van de Chakachhatna, moet het gevolg zijn geweest van het doorbreken van een na-

tuurlijke dam in zuidelijk Alaska, waarschijnlijk zo'n 7500-10.000 jaar geleden. Hoe dramatisch het vrijkomen van een dergelijke hoeveelheid water in een rivierdal is, blijkt uit een vergelijking met de Rijn; bij hoogwater komt bij Lobith per seconde ook zo'n 10.000 m³ ons land binnen (de grootst gemeten hoeveelheid ooit bedroeg ca. 12.500 m³). In Alaska had de stroom dus minimaal dezelfde omvang, maar was mogelijk honderdmaal zo groot. Dat concludeert Christopher Waythomas van de Geologische Dienst van Alaska.

De hoeveelheid water die per seconde vrij moet zijn gekomen berekende hij op basis van de kracht waarmee het water een natuurlijke dam erodeerde en materiaal daarvan (en uit het benedenstroomse gebied) meevoerde. De erosie van de dam moet extreem snel zijn verlopen: in de orde van grootte van 10-100 m per uur. Het gevolg was dat het meer dat zich achter de dam had gevormd, in korte tijd grotendeels leegliep.

Het meer was eerder ontstaan uit smeltwater dat van gletsjers door een rivierdal omlaag stroomde, maar daarin plotseling werd gehinderd doordat bij een uitbarsting van een vulkanisch complex (van de Spurr) gloedwolken met vulkanische as, in combinatie met een soort lawines van kort daarvoor uitgestoten vulkanisch materiaal van de vulkaan-helling omlaag raasden en in het dal tot stilstand kwamen. Het water achter de zo gevormde dam werd tegengehouden, begon te stijgen en kwam vrij toen de dam werd geërodeerd, waarschijnlijk doordat het waterpeil zo ver was gestegen dat het water over de dam begon heen te lopen. Deze gang van zaken is op zichzelf niet uitzonderlijk. In hetzelfde dal is dat in de laatste 10.000 jaren nog enkele malen voorgekomen. Ook in 1953 en in 1992 werden na vulkanische uitbarstingen op gelijke wijzen natuurlijke dammen gevormd, die leidden tot meertjes die ook weer leegliepen nadat de dammen doorbraken. Daarbij kwam echter niet meer dan 1000-10.000 m³ per seconde vrij. Dat was dus veel minder catastrofaal dan de eerdere gebeurtenis, waarvan de sporen nu nog zijn terug te vinden in de vorm van grote meegesleurde brokstukken in de benedenloop, en in een grote delta-vormige waaier van sediment dat in het dal werd afgezet op een plaats benedenstrooms van de doorgebroken dam, waar een verbreding van het dal zorgde voor een afname van de stroomsnelheid van de enorme vloedgolf.

Het herkennen van dit proces - en het inschatten van de kans van optreden en de daarbij behorende gevolgen - is van belang voor het nemen van eventuele veiligheidsmaatregelen in het overigens zeer dunbevolkte gebied.

Referentie: 7



Meer winbare olie in diep gedaalde en weer opgeheven sedimenten

Vulkanisme hangt samen met de processen in de diepe ondergrond. Diezelfde processen zijn ook verantwoordelijk voor het dalen en (soms) weer opheffen van grote gebieden. Dat kan grote economische - en vaak onverwachte - consequenties hebben, zoals uit een recent onderzoek naar mogelijke olievoorcomens bleek.

De nog in de ondergrond winbare hoeveelheden olie van bruikbare kwaliteit lijken veel groter dan tot nu toe werd aangenomen. Dat komt doordat de bacteriële processen die zorgen dat de olie ondergronds langzaam een steeds minder goede kwaliteit krijgt, stoppen wanneer het olie-reservoir diep genoeg ligt. Noorse en Britse onderzoekers komen tot die conclusie op basis van de vondst van olie van onverwacht goede kwaliteit.

In de ondergrond komen bacteriën voor waarvan een aantal soorten overleeft als de bodem waarin zij leven langzaam aan bedekt wordt door steeds dikkere lagen sediment. Een dergelijke opeenstapeling vindt onder meer plaats in deltagebieden, waar de rivier veel slib aanvoert dat zich voor de monding opstapelt; door het gewicht van het zich ophopende sediment wordt de bodem omlaag gedrukt, zodat er ter plaatse nog meer sediment kan worden afgezet. Zo kunnen delta-afzettingen ontstaan van vele kilometers dik. Juist in delta's bestaat in het algemeen een rijk leven. De afgestorven organismen worden in het zich opstapelende sediment begraven, en worden daarbij geleidelijk omgezet in olie-achtige stoffen. Daarom zijn veel grote oliereservoirs juist in 'fossiele' delta's aangetroffen.

In het begraven sediment zijn ook bacteriën aanwezig, waarvan sommige soorten zich met olie voeden. Dat leidt tot omzetting van het organische materiaal, waarbij de olie zodanig verandert dat die steeds minder geschikt wordt voor toepassingen zoals we die nu kennen; deze vermindering van kwaliteit door organische activiteit wordt met de term 'biodegradatie' aangeduid.

Biodegradatie kan optreden tot temperaturen van omstreeks 150 °C, omdat sommige bacteriën bij die temperatuur nog overleven; dat is echter een uitzonderlijke situatie, want de meeste bacteriën geven de strijd op bij zo'n 80 °C. Wanneer een oliehoudend sedimentpakket geleidelijk door bekkendaling dieper wordt begraven, dan komt er dus een moment dat er geen significante bacteriële activiteit meer is omdat de temperatuur in de ondergrond toeneemt met de diepte. Bodemdaling gaat echter in het algemeen zo langzaam dat 'oude' olie bijna altijd (vrijwel) ongeschikt voor gebruik is geworden. Daarom speuren oliemaatschappijen ook niet of nauwelijks naar dergelijke oude olie.

De onderzoekers vonden echter in ondiepe (dus ook relatief koude) sedimentpakketten betrekkelijk oude olie die slechts in geringe mate door biodegradatie was veranderd. De verklaring die ze hiervoor geven op basis van de geologische wordingsgeschiedenis van het betrokken gebied

is even simpel als overtuigend. Als er een snelle daling van het desbetreffende oliehoudende sediment plaatsvindt tot een diepte waar de temperatuur hoger is dan 80-90 °C, dan vindt als het ware sterilisatie van het pakket plaats: de aanwezige bacteriën worden gedood. Wordt het gebied daarna weer opgeheven tot een niveau waar in principe wel biodegradatie kan optreden, dan zal dat proces echter niet meer kunnen plaatsvinden bij gebrek aan de daarvoor verantwoordelijke bacteriën. Kennelijk kunnen dan ook geen bacteriën van het aardoppervlak tot die diepte doordringen.

Deze ontdekking brengt de onderzoekers tot de conclusie dat het zinvol is alsnog naar olie te gaan zoeken in potentiële reservoirgesteenten die in het verleden eerst diep zijn gedaald, en die nu weer betrekkelijk ondiep liggen. Dergelijke gesteenten zijn tot nu toe nauwelijks op de aanwezigheid van olie onderzocht.

Referentie: 8



Braziliaans regenwoud overleefde tal van klimaatfluctuaties

Het is bekend dat vulkanisme en gebergtevorming van grote invloed kunnen zijn op het klimaat. Maar bij het klimaat spelen veel meer factoren een rol. Daarom treden er ook zoveel - schijnbaar willekeurige - klimaatschommelingen op.

Ook het tropisch regenwoud in het Braziliaanse Amazonegebied heeft een gecompliceerde afwisseling van klimatologische omstandigheden doorgemaakt, maar daarvan heeft het kennelijk niet veel last gehad. Dat stellen Braziliaanse onderzoekers vast. Ze voerden voor hun onderzoek analyses uit van boorkernen uit twee meren in het regenwoud, in de omgeving van Carajas.

Een belangrijk onderdeel van de analyses betrof de geochemische samenstelling van de boormonsters, in samenhang met een karakterisering van het in die monsters aangetroffen organische materiaal. Dat organische materiaal maakte het bovendien mogelijk om via de C-14 methode de ouderdommen van de verschillende eenheden in de boorkernen vast te stellen (het bleek in totaal om de afgelopen 30.000 jaar te gaan, met een hiaat voor het interval van ca. 24.000 tot 15.400 jaar geleden). De geochemie en de mineralogische samenstelling gaven informatie over de hydrologische geschiedenis, onder meer in de vorm van de kracht van oppervlaktestromen en hun erosiecapaciteit. Het blijkt dat het klimaat tussen 30.000 en 22.000 jaar geleden voortdurend droger werd, waardoor de onderzochte meren steeds ondieper werden (wel verdamping, weinig aanvoer via oppervlaktewater en neerslag). Van de volgende periode zijn onvoldoende gegevens beschikbaar voor een betrouwbare reconstructie van de ontwikkeling van het klimaat. Tussen 15.400 en 12.900 jaar geleden steeg het waterpeil in de meren weer geleidelijk, wat wijst op een vochtiger klimaat. Gedurende dit vochtiger interval voerden stromen veel erosiemateriaal (vooral

kwarts, ijzeroxiden en het kleimineraal kaolinit) naar de meren, hetgeen erop wijst dat de dunne verweringsbodem onder het regenwoud tijdelijk sterk door oppervlaktestroompjes werd aangetast; dat kan een gevolg zijn geweest van de vorming van nieuwe geulpatronen in een gebied waar daarvoor slechts weinig regenwater oppervlakkig hoefde te worden afgevoerd.

Het klimaat fluctueerde in de daarop volgende eeuwen op een even grillige wijze, omstreeks het tijdstip dat op het noordelijk halfrond de laatste ijstijd eindigde. Tussen 8900 en 4500 jaar geleden moeten er in het onderzoeksgebied, net als in het interval van 2780 tot 1360 jaar geleden, bijzondere condities hebben bestaan. Dat komt in het sediment van de meren tot uiting in de fijne laminatie, waarbij laagjes met veel van grote bomen afkomstig houtskool afwisselen met laagjes waarin veel naalden van sponzen voorkomen. Deze opeenvolging reflecteert een snelle afwisseling van droge en natte tijden.

Deze afwisselingen vonden snel plaats, veelal in de orde van grootte van hooguit enkele tientallen jaren. Het ecosysteem werd daardoor kennelijk echter niet zodanig uit balans gebracht dat er effecten met een op langere termijn blijvend karakter door werden teweeggebracht.

Referentie: 5



Smeltende permafrost bedreigt Infrastructuur

Klimaatfluctuaties mogen voor het Braziliaans regenwoud dan weliswaar geen probleem hebben opgeleverd, elders kunnen er wel degelijk grote problemen door ontstaan. Zo gaat de huidige opwarming van de aarde niet alleen gepaard met het versneld afsmelten van poolkappen en gletsjers, maar ook met het verdwijnen van ijs in de bodem. In koude gebieden is de bodem (behalve 's zomers in de bovenste meter) voortdurend bevroren. Deze bevroren bodem, de permafrost, bevat in het algemeen veel ijs, zoals een warmere bodem grondwater bevat. Nu de temperatuur stijgt, wordt het gebied waar zich permafrost bevindt steeds kleiner, en bovendien ontdooit 's zomers een steeds diepere toplaag, en gebeurt dat langer dan voorheen.

Amerikaanse en Russische aardwetenschappers luiden daarover de noodklok. Zij wijzen erop dat veel infrastructuurle werken (wegen, etc.) in het permafrostgebied hun stabiliteit ontleen aan de eeuwig bevroren toestand van de bodem. Dat geldt ook voor grote aantallen gebouwen, die als het ware zijn verankerd in de permafrost (die net zo hard is als vast gesteente). Het verdwijnen van de bodemstabiliteit bedreigt daarom het voortbestaan van tal van wegen, gebouwen en andere bouwwerken.

Het gaat hierbij om een groot gebied. Afgezien van wat kleinere permafrostgebieden in hooggebergten, betreft het meer dan de helft van Canada, een groot deel van de voormalige Sovjet-Unie en de noordelijkste delen van Europa. Dat zijn weliswaar geen dichtbevolkte gebieden, maar er

worden wel veel activiteiten uitgevoerd, onder meer in de vorm van de winning van delfstoffen.

De onderzoekers hebben aan de hand van een klimaat-model voor de betrokken gebieden berekeningen uitgevoerd over de verwachte ontwikkelingen met betrekking tot de dikte van de permafrost, de hoeveelheid ijs in de permafrost en soortgelijke parameters. Op basis daarvan hebben ze voor het noordelijk halfrond een kaart opgesteld die aangeeft welke gebieden vooralsnog een stabiele permafrost lijken te houden, en in welke gebieden het afnemen van de permafrost risico's oplevert; dat laatste gebied is weer onderscheiden in deelgebieden met laag, matig en hoog risico.

Het gebied met het hoogste risico bevindt zich in grote lijnen rondom de Noordelijke IJsee. Dat impliceert dat daar een toenemende kans op kusterosie is. Dit gebied omvat een aantal bevolkingscentra zoals Barrow en Inuvik, maar ook overslaghavens (Salekhard, Igarka, Dudinka, Tiksi). Bovendien loopt er een aantal zeer belangrijke olie- en gasleidingen door het gebied, terwijl er ook een soort transportzones (voor vervoer in de winter over de dan bevroren ondergrond) liggen. Deze worden in feite alle bedreigd met onbruikbaarheid binnen een aantal jaren tot tientallen jaren.

De onderzoekers stellen voor om de werkelijk optredende veranderingen in de permafrost (die nu eenmaal kunnen afwijken van de scenario's op basis van modellen) nauwkeurig te meten, om bij dreigende catastrofes tijdig te kunnen ingrijpen.

Referentie: 3



Vondst van prachtig gefossiliseerd geleedpotig diertje geeft nieuwe kijk op evolutie

Zowel zijn schaal (van calciumfosfaat) als weke delen zijn prachtig gefossiliseerd; voor een geleedpotig dier is dat al uitzonderlijk, maar in dit geval gaat het om een bijzonder oud fossiel dat ook nog eens een nieuwe kijk op de evolutie geeft. De extreem fraaie conservering laat geen twijfel over de aard van het diertje: het behoort tot de phosphatocopide crustaceën (kreeftachtigen).

Het uitzonderlijke in dit geval is dat de vondst werd gedaan in een gesteente (de Protolenus kalksteen in Shropshire, GB) van zo'n 511 miljoen jaar oud. Dat is (volgens de door de onderzoekers gehanteerde tijdschaal) slechts zo'n 22 miljoen jaar na het begin van het Cambrium, de geologische periode waarin als het ware met een plotselinge evolutionaire explosie de daarvoor vrijwel uitsluitend uit weke delen bestaande fauna zich in tal van takken opsplijste; daarbij ontwikkelden zich ook veel taxa met goed fossiliseerbaar skelet (hetzij van calciumfosfaat, hetzij van calciumcarbonaat). Daarom worden er vanaf het Cambrium grote aantallen fossielen gevonden, maar gebeurt dat slechts zelden in oudere gesteenten.

De nieuwe vondst, gedaan door een team van Britse en

Duitse onderzoekers, is van groot belang omdat eruit blijkt dat er reeds geruime tijd voor het begin van het Cambrium een ontwikkeling gaande was binnen de Crustacea. Met die constatering moet opeens veel meer waarde worden toegekend aan de al eerder opgestelde (maar vrijwel door alle deskundigen verworpen) hypothese dat er al voor het begin van het Cambrium een aanzienlijke diversiteit in het dierlijk leven moet hebben bestaan. Dat doet dan echter weer direct de vraag rijzen waarom er nooit fossielen van die kennelijk al sterk gedifferentieerde vroege fauna zijn gevonden, en waarom alle fauna's die bekend zijn van omstreeks de grens tussen Precambrium en Cambrium zo sterk op elkaar lijken, en waarom daarin geen skeletvormende dieren aanwezig zijn.

Hiervoor zijn twee mogelijke verklaringen: de eerste is dat zich na een eerdere diversificatie onder invloed van de milieu-omstandigheden een ontwikkeling voordeed waarbij de diverse taxa steeds meer op elkaar gingen lijken, althans voor zover herkenbaar aan gefossiliseerde weke delen (er hoeven zich immers nog niet zo vroeg ook skeletten te hebben gevormd). Dat lijkt niet erg waarschijnlijk. Een andere mogelijkheid is dat er wel degelijk reeds tussen 700 en 500 miljoen jaar geleden een duidelijke diversificatie aftekende (ook DNA van huidige diergroepen lijkt daarop te wijzen), maar dat de verschillende diergroepen zich geografisch gescheiden van elkaar ontwikkelden. Omdat er slechts weinig oude gesteenten in de loop van de geologische geschiedenis bewaard zijn gebleven - en omdat bepaalde groepen zich wellicht ontwikkelden in milieus die minder geschikt zijn voor fossilisatie) zouden de tot nu toe gedane vondsten in feite - al dan niet toevallig - een niet representatief beeld van het zeer oude leven op aarde hebben geschapen. Het meest waarschijnlijk is echter toch dat de eerder reeds gediversifieerde fauna pas bij het begin van het Cambrium begon met het maken van skeletten.

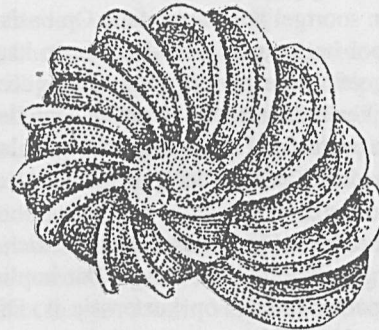
Referenties: 1, 6

Geraadpleegde literatuur

- 1 Fortey, R., 2001. The Cambrian explosion exploded?. - *Nature* 293, p. 438-439.
- 2 Kataoka, K., Nagahashi, Y. & Yoshikawa, S., 2001. An extremely large magnitude eruption close to the Plio-Pleistocene boundary: reconstruction of the eruptive style and history of the Ebisutoge-Fukuda thephra, central Japan. - *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 107, p. 47-69.
- 3 Nelson, F.E., Anisimov, O.A. & Shiklomanov, N.I., 2001. Subsidence risk from thawing permafrost. - *Nature* 410, p. 889-890.
- 4 Pfeiffer, T., 2001. Vent development during the Minoan eruption (1640 BC) of Santorini, Greece, as suggested by ballistic blocks. - *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 106, p. 229-242.

- 5 Sifeddine, A., Martin, L., Turcq, B., Volkmer-Ribeiro, C., Soubiès, F., Campello Cordeiro, R. & Suguio, K., 2001. Variations of the Amazonian rainforest environment: a sedimentological record covering 30,000 years. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 168, p. 221-235.
- 6 Siveter, D.J., Williams, M. & Waloszek, D., 2001. A phosphatocopid crustacean with appendages from the Lower Cambrian. - *Science* 293, p. 479-481.
- 7 Waythomas, Chr.F., 2001. Formation and failure of volcanic debris dams in the Chakachatna River valley associated with eruptions of the Spurr volcanic complex. - *Geomorphology* 39, p. 11-129.
- 8 Wilhems, A., Larter, S.R., Head, I., Farrimond, P., di-Primo, R. & Zwach, C., 2001. Biodegradation of oil in uplifted basins prevented by deep-burial sterilization. - *Nature* 411, p. 1034-1037.

*Geocom B.V., Benedendorpsweg 61, 6862 WC Oosterbeek tel. 026-3390908, fax 026-3390783, email tom.van.loon@wx.nl



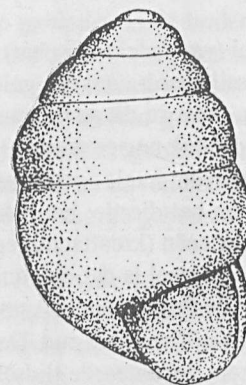
Gyraulus (Armiger) costatus (Klein, 1846)
Mioceen, Sarmatien, Pharon's Groeve
Steinheim am Albuch
(Tek. Cor Karnekamp)

Schetsboek
T



Negulus suturalis
(Sandberger, 1858)
Steinheim am Albuch
(Tek. Cor Karnekamp)

Schetsboek
T



Gastrocopta (Albinula) acuminata
acuminata (Klein, 1846)
Goldber, Nordlinger Ries
(Tek. Cor Karnekamp)