

De grens tussen Krijt en Tertiair

De laatste tijd staat de ondergrens van het tijdsinterval waarvoor onze werkgroep zich zo interesseert, het Kenozoïkum, volop in de belangstelling. In Denemarken werd van 18 tot 24 september 1979 een symposium over dit onderwerp gehouden en in januari stonden in de nederlandse kranten grote koppen over een theorie van de amsterdamse promovendus drs. J. Smit.

Waarom is deze grens zo belangrijk? We weten allemaal dat op die grens de dinosauriërs uitstierven. Maar er gebeurde veel meer. Ook de ammonieten, de rudisten (rifvormende tweekleppigen) en belemnieten stierven uit, terwijl grote veranderingen optraden in planktonische organismen en in de groot-foraminiferen. Behalve een verandering in de fauna, vond er ook een verandering plaats in de afzettingen die werden gevormd. In de ontwikkeling van het leven op aarde komen enkele malen grote crises voor. De grootste zijn die op de grens van Frasnien en Famennien (Devoon) met het verdwijnen van de paleozoïsche koraalriffen en de dieren die daarin en -om leefden; de grens Perm-Trias (Paleozoïkum-Mesozoïkum) met het verdwijnen van o.a. de trilobieten en de grens Krijt-Tertiair (Mesozoïkum-Kenozoïkum) waarover dit stukje gaat. Vroeger dacht men voor een verklaring van het uitsterven van de dinosauriërs alleen aan deze dieren zelf. Tegenwoordig weet men, dat er veel ingrijpendere veranderingen plaatsvonden en men zoekt dan ook voor de oorzaken naar belangrijker veranderingen dan bijvoorbeeld de opkomst van de zoogdieren, die de eieren van de dinosauriërs zouden hebben opgegeten, of de rupsen, die duidelijke voedselkonkurrenten zouden zijn. Om wat meer informatie te kunnen geven over de nieuwe theorieën zal ik hieronder een vrij vertaalde samenvatting geven van het artikel "The Cretaceous-Tertiary boundary problem" van D.A. Russell in Episodes 1979 (4):21-25, hier en daar aangevuld met andere gegevens, die dan steeds tussen haakjes staan. Voor literatuurverwijzingen refereer ik aan het artikel van Russell.

De discussie over de grens tussen Krijt en Tertiair werd vroeger vertroebeld doordat men het niet eens was over de positie van de grens. Die is met behulp van mikrofossielen vastgesteld op het begin van het Danien (Paleoceen). Nu gaat de discussie er vooral over of voor de verandering graduele (meestal terrestrische) of katastrofische (meestal van buiten de aarde) mechanismen verantwoordelijk zijn. Men is het in ieder geval over een aantal zaken eens. De grens kan in lokale secties steeds vrij gemakkelijk en precies worden getrokken. Deze grens valt steeds samen met een uitsterfniveau van meer dan gewoon belang en vaak ook met een lithologische (= samenstelling van het gesteente) verandering. De duur van het interval waarin de diergroepen uitsterven ligt tussen de duizend en anderhalf miljoen jaar.

BIOLOGISCHE GEGEVENS

Bij het onderzoeken van groepen zoals dinosauriërs, treden natuurlijk enorme problemen op. Vooral omdat ze zo lastig te verzamelen zijn. Tot nu toe zijn er uit het hele Mesozoïkum slechts een 5.000 skeletten van dinosauriërs verzameld, terwijl voor andere groepen vaak in enkele dagen monsters van duizenden exemplaren kunnen worden geprepareerd. Toch is het wel duidelijk geworden, dat tijdens het Laat Krijt de diversiteit bij de dinosauriërs niet afnam. Een ander probleem is, dat paleontologen vaak maar één diergroep bestuderen en dat nog maar voor korte tijdsintervallen. Daardoor wordt vergelijken van de gegevens erg

bemoeilijkt. Inmiddels weten we wel, dat sommige groepen sterke veranderingen ondergaan op de grens (bijvoorbeeld nannoplankton en dinosauriërs), terwijl andere groepen (zoals dinoflagellaten en krokodillen) vrij ongestoord verder leven. Om nu te achterhalen waarom deze verschillen optreden kan het beste worden gekeken welke eigenschappen de overlevenden vóór hadden op de andere. Als een groep volledig uitsterft is dat natuurlijk onmogelijk, al is er soms een koppeling te vinden tussen organismen, want de organismen die volledig afhankelijk zijn van andere zullen bij het uitsterven van die andere groep natuurlijk ook verdwijnen (of ze moeten zich snel aan de gewijzigde omstandigheden kunnen aanpassen). In ieder geval sterft op de grens Krijt-Tertiair 75 % van alle organismen, die toen op aarde leefden, uit. De meeste zoetwaterorganismen overleven echter de crisis.

GEGEVENS OMTRENT DE TIJDSDUUR

In de meeste sekties vindt de biologische verandering plaats in een vertikaal-interval, dat vergelijkbaar is met de dikte van de kleinste lithologische eenheden, wat wijst op het voorkomen van een hiaat (een tijdsperiode waarvan geen sedimenten zijn bewaard), of op een biologische crisis van korte duur. Als het tijdstip van uitsterven op wereldschaal diachroon is (dus niet overal tegelijk) zal een graduele verklaring het meest aanvaardbaar zijn. Als het echter een synchrone (overal tegelijk plaatsvindende) gebeurtenis is, verdient een katastrofisch mechanisme de voorkeur. Het chronologisch oplossend vermogen van radioisotopen is voor de betreffende periode ongeveer 500.000 jaar, het biostratigrafisch oplossend vermogen is van dezelfde orde van grootte. Om nauwkeuriger bepalingen te doen heeft men in Italië, Spanje, de Verenigde Staten en Canada magnetostratigrafisch onderzoek verricht. Daarbij worden de ompoling van het aardmagnetisch veld gemeten. De uitkomsten zijn tegenstrijdig. Dat komt doordat bij korte tijdsintervallen (duizenden jaren) de onzekerheid toeneemt door veranderingen in de sedimentatiesnelheid en het bestaan van allerlei hiaten. Als de sedimentatie echter snel en gelijkmatig gaat, is een nauwkeurige bepaling wel mogelijk.

SEDIMENTOLOGISCHE GEGEVENS

In meerdere sekties van terrestrische of ondiep mariene afzettingen komen bij het begin van het Paleoceen opeens hoger energetische milieus voor. De gevolgen hiervan zijn nog niet bestudeerd. Een mogelijke oorzaak is, dat de boomachtige planten in de opgeheven gebieden uitstierven met als gevolg het snel afstromen van water en de daarmee gepaard gaande verandering van ververing op het land. In mariene, pelagische afzettingen is onmiddellijk boven de grens een toename van het lichte koolstofisotoop ^{13}C gevonden. Dat zou een aanwijzing kunnen zijn voor het bestaan van een oppervlaktelaag van oceaanwater met een lager zoutgehalte, of voor een plotselinge toename in de fotosynthetische produktiviteit van landplanten ten opzichte van mariene planktonische algen. Of zou het uitsterven van coccolieten ervoor hebben gezorgd dat op de continentale shelf geen kalk werd afgezet, zodat een dun laagje relatief puur terrigeen materiaal overbleef. We weten niet welk van de variabelen biosfeer, tektoniek en klimaat het meeste invloed heeft gehad op de sedimentologische veranderingen rond de grens.

HYPOTHESEN

In de loop der tijd is een groot aantal hypothesen opgesteld over de oorzaken van alle veranderingen, zoals het plotseling sterk achteruitgaan

van marien plantaardig plankton, een grote toevoer van zoetwater in de oceanen, atmosferische effecten van vulkanische stofwolken, etc. Twee theorieën zullen uitgebreid worden behandeld.

Men beschouwt vloedgolven en snelle zeespiegelveranderingen als terrestische katastrofes. Snelle regressies worden vaak verantwoordelijk gesteld voor de vernietiging van mariene levensgemeenschappen op de shelf. Ook voor de Krijt-Tertiairgrens is wel zo'n regressie verondersteld. Hierover is echter weinig informatie beschikbaar. Zo wordt het droogvallen van de shelfgebieden wel verondersteld juist omdat de fauna's abrupt veranderen, waarmee je al snel in een cirkelredenering belandt. Om uitsluitel te verkrijgen over een regressie is eerst gedetailleerd onderzoek daarnaar nodig. (Overigens is ook voor de grens Frasnien-Famennien en de grens Perm-Trias wel een snelle regressie verantwoordelijk gesteld).

Het is duidelijk, dat het leven op aarde onder invloed staat van materie en energie uit de ruimte. Zo zal de biosfeer van de aarde desintegreren als de zon in het rode reuzenstadium komt, wat over ongeveer vijf miljard jaren zal gebeuren. Extreem krachtige, maar kortdurende explosies van sterren (supernova's) komen regelmatig voor. Een nabije supernova zou zorgen voor een toename van kosmische gamma- en ultraviolette straling op het aardoppervlak, alsook voor een afname van de temperatuur, regenval, verlichting in de zichtbare golflengten etc. Deze effecten zouden tienduizenden jaren kunnen voortduren. De ernst van deze veranderingen is nog niet helemaal duidelijk, maar veel mariene organismen bijvoorbeeld leven dicht tegen de limiet van hun tolerantie voor ultraviolette straling. Om te weten of een supernova optrad zal men daarom het bewijs niet moeten zoeken in veranderingen in de biosfeer, maar meer door snel en kontinu afgezette sedimenten te onderzoeken op elementen die afkomstig kunnen zijn van supernova's zoals ^{26}Mg , ^{129}I , ^{244}Pu . Zo'n onderzoek wordt momenteel gedaan door dr. Alvarez en zijn medewerkers van de Universiteit van California in Berkeley. Zij vonden extreem hoge iridiumconcentraties (iridium is een element nauw verwant aan platina) op de grens met een $^{191}\text{Ir}/^{193}\text{Ir}$ -verhouding, die overeenkomt met de verhouding van het zonnestelsel. Omdat er geen toename van ^{244}Pu is gevonden lijkt een supernova niet de oorzaak te zijn. Men onderzoekt nu de effecten van een inslag van een planetoid.

Tot zover het artikel van Dale Russell. In de kranten van januari werd met grote koppen de theorie van drs. J. Smit van de Universiteit van Amsterdam gebracht. Hij doet een onderzoek naar de grens Krijt-Tertiair in Spanje en bekijkt daartoe foraminiferen. Daarbij stuitte hij op de grens op een scherp begrensd kleilaagje met een extreem hoog gehalte aan iridium en osmium en enkele andere elementen, terwijl juist een tekort aan zeldzame aarden optreedt. In hetzelfde laagje treedt een sterke verandering in de microfauna op. Een vergelijkbare ontwikkeling werd in enkele sekties in andere landen waargenomen. Smit brengt dit in verband met de inslag van een meteor (of komeet), die bij inslag volkomen zou zijn verpulverd, waardoor een stofwolk ontstond die een vier à vijf jaar durende totale zonsverduistering zou veroorzaken. Hierdoor zouden de planten afsterven en zouden slechts wortelstokken overblijven. De plantetende dinosauriërs zouden van honger omkomen. Deze samenvatting is gebaseerd op een lezing van Smit in Utrecht. In de kranten werd de theorie erg verschillend gebracht. 'De Telegraaf' sprak van een element iridium, het 'Algemeen Dagblad' meldde dat bij de inslag evenveel energie vrijkwam als in een jaar tijd op de zon wordt geproduceerd (sic!). Volgens de kranteberichten zou de meteoriet zijn ingeslagen in een oceaan, waardoor een enorme hoeveelheid oceaankwater verdampte, de zeespiegel tientallen meters daalde en de ondiepwaterfauna verdween.

In zijn lezing nam Smit dit terug. Wel deed hij in 'De Telegraaf' de voorspelling dat de aarde over honderd jaar tot een miljoen jaar zou vergaan door de inslag van een enorme meteoriet. Op de fouten, die de kranten in hun berichten stopten wil ik hier niet ingaan. Wel wil ik zeggen, dat naar mijn mening de konklusies die uit het kleilaagje met iridium worden getrokken veel te ver gaan. Helaas moet hetzelfde worden gezegd van vele andere theoriën die zijn opgesteld. Al met al ben ik wel erg benieuwd naar de promotie van Smit die in september zou moeten plaatsvinden. Misschien voert hij in zijn proefschrift meer bewijsmateriaal aan. Overigens is ook voor andere grenzen zoals die tussen Frasnien en Famennien wel een meteorinslag verantwoordelijk gesteld. Dat zou dan gepaard zijn gegaan met kilometers hoge vloedgolven. Het is dan wel vreemd, dat ik daarvoor tijdens mijn veldwerk in het Cantabrisch Gebergte in Spanje geen enkele aanwijzing vond, terwijl Smit bij de grens Krijt-Tertiair een vloedgolf niet eens overweegt!

Pas nadat ik een eerste versie van dit artikel had ingeleverd, zag ik in de decembernummers van 'Science' de heftige discussie die momenteel tussen wetenschappers wordt gevoerd. Twee elkaar tegensprekende theoriën worden daarin ontvouwen en ik zal ook deze hieronder kort bespreken.

McLean stelt dat tijdens het Maastrichtien de temperatuur in de oceanen afnam, maar aan het eind weer steeg. Door de sterke teruggang in de coccolietenfauna zou minder CO_2 in de oceanen gebonden blijven (als kalk) en het verhoogde CO_2 -gehalte in de atmosfeer zou voor een broeikas-effekt zorgen. De zo veroorzaakte, hoge temperatuur zou een desastreuze invloed hebben op de voortplanting van de dinosauriërs. Ook bij mensen neemt in warme perioden de vruchtbaarheid af zoals deze eeuw al de menselijke vruchtbaarheid terugloopt door de hogere temperatuur op aarde (ook nu door een verhoogd CO_2 -gehalte in de atmosfeer!). Tegenover deze theorie stellen Gartner en McGuirk het 'Arctic spillover model'. De Arctische Oceaan werd door tektonische oorzaken en een regressie van de shelfzeeën afgesloten van de wereldoceanen tijdens het laatste deel van het Krijt. Door neerslag verzoette het bekken. Vijfenzestig miljoen jaar geleden begon toen het uiteendrijven van Groenland en Europa, waardoor tussen Groenland en Noorwegen een doorgang ontstond waardoor zout water uit de Atlantische Oceaan het Arctisch Bekken binnendrong. Het lichtere, koude en zoete water van de poolzee vloeide over alle oceanen uit, zodat het stenohalien (geen grote verandering in zoutgehalte verdragende) plankton uitstierf. Door de lichte oppervlaktelaag werd de oceanische circulatie verstoord en onder de oppervlaktelaag ontstond een zuurstofgebrek waardoor allerlei benthos en nekton stierf. De koude oppervlaktelaag had ook een directe invloed op het klimaat: de temperatuur en de neerslag namen sterk af. Dat had weer ecologische rampen op het land tot gevolg. Zo waren flora's in Noord-Amerika tropisch en subtropisch maar werden nu vervangen door een gematigd of seizoensklimaat prefererende flora. Zestig procent van de plantensoorten zou zijn vervangen. Deze verandering had gevolgen van lange duur. In het algemeen stierven de grote landdieren uit, terwijl kleine dieren verder leefden. Dat kan goed door droogte worden verklaard, want de dieren waren gewend het hele jaar door genoeg voedsel te hebben (in het Krijt was het klimaat heel anders dan nu). Overlevenden zijn de schildpadden, en krokodillen, die in kleine zoetwatergebieden de ramp overleefden, en hagedissen en slangen. Overigens is weleens geopperd, dat de toen snel opkomende angiospermen (bedektzadigen) de doodsoorzaak van de dinosauriërs zou kunnen zijn. De planten bevatten gifstoffen (alcaloïden), die door reptielen in tegenstelling tot zoogdieren niet kunnen worden geïmagineerd. De plantenetende reptielen zouden

door ophoping van deze gifstoffen sterven. Aangezien deze planteneters meestal vooraan in een voedselketen staan zouden dan ook de predatoren van deze reeds vergiftigde planteneters het gif binnenkrijgen en sterven. (Denk aan het DDT-effekt bij tegenwoordige voedselketens).

Al met al kan worden gekonkludeerd, dat men nog steeds niet weet wat de uiteindelijke oorzaak is van de veranderingen rond de grens Krijt-Tertiair. Mogelijk zijn er meerdere oorzaken. Het is best mogelijk dat we nooit een bevredigende oplossing vinden. Gelukkig maakt het onderzoek nu veel vorderingen, omdat nauwkeurige waarnemingen worden gedaan en in het gerichte onderzoek niet meer alleen paleontologen, maar ook allerlei wetenschappers uit andere disciplines zich met de problematiek bezighouden. Ik blijf benieuwd.

De twee delen met resultaten van het symposium in Kopenhagen zijn te bestellen door een cheque ter waarde van 150 Deense kronen (ongeveer zestig gulden) te sturen aan het Institute of Historical Geology and Palaeontology, Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen-K, Denmark. Hierin staan 62 artikelen en vier exkursiegidsen van het kongres. Het behandelt hypothesen voor de crisis, de veranderingen, veel grensprofielen, stratigrafische, sedimentologische en paleontologische problemen en studies.

Han Raven.

Ik wil degenen, die geïnteresseerd zijn in de materie die in het artikel van Han Raven wordt behandeld, nog verwijzen naar twee artikelen:

1. Nature, vol. 281, 11 oktober 1979 blz. 430-431, The end of the Cretaceous, van A. Hallam.

Hij behandelt hierin aan de hand van vele literatuurgegevens een aantal theorieën over de gebeurtenissen aan het einde van het Krijt.

2. Evolution, vol. 33(3), 1979 blz. 983-997, Ecothermy and the success of Dinosaurs, van M. J. Benton.

Het betreft hier een overzichtsverhaal, waarin de wijze waarop de sauriërs hun temperatuur regelden, wordt behandeld. Hij bediscussieert de voor en tegens van ectothermie (warmte komt van bronnen buiten het dier, meestal zonne-energie) en endothermie (warmte uit inwendige bronnen, meestal uit stofwisselingsprocessen of spierarbeid). Hij toont daarna aan, waarom naar zijn mening de sauriërs ectotherm moeten zijn geweest. Tot slot gaat hij nog in op het verdwijnen van de sauriërs aan het einde van het Krijt, waarbij het ectotherm zijn van de dieren als spil van de beschouwing wordt gebruikt.

Beide tijdschriften zijn in de meeste universiteitsbibliotheken voorhanden en tegen een vergoeding van meestal 30 cent per pagina te kopieëren.

L.V.
