

DE OERTIJD VAN DE AARDE

Deel 1, Op weg naar een ver verleden

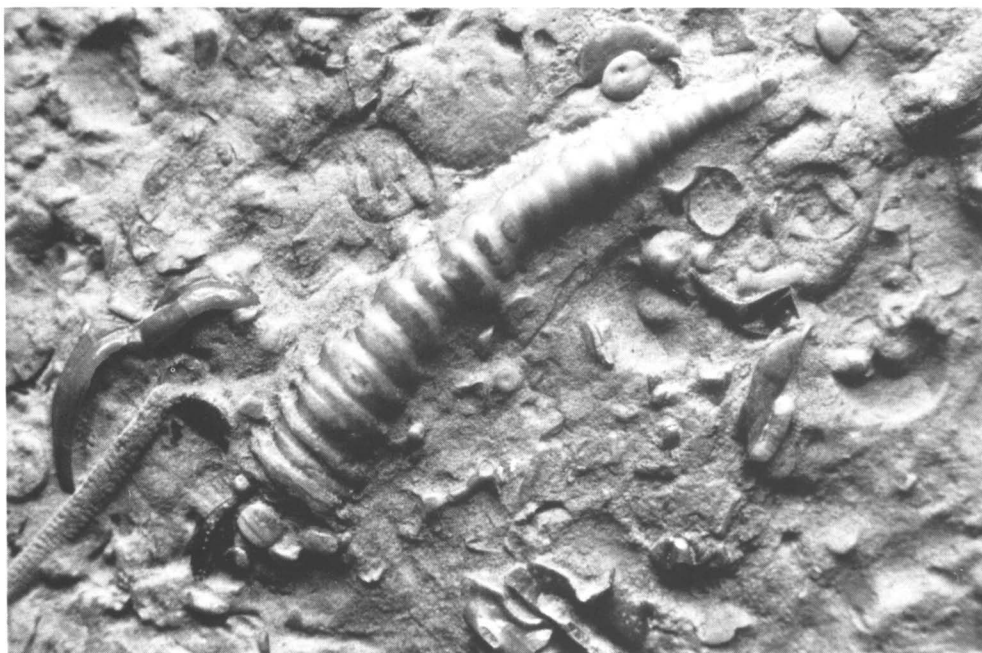
Dr. J. van Diggelen

De geschiedenis van onze Aarde is wonderlijker dan menig sprookje. Het is vooral een lange geschiedenis. Miljoenen jaren vergleden waarin het oppervlak van de Aarde in een onvoorstelbaar langzaam tempo werd vervormd.

Een tijdmaschine die ons terugbrengt naar het verre verleden is nog niet uitgevonden, maar de Aarde zelf bevat ontelbaar veel sporen en overblijfselen uit haar rijke verleden. Door deze te onderzoeken kunnen wij in onze voorstelling beelden oproepen van onze planeet in een lang vervlogen tijd.

Fossiele restanten van reeds lang uitgestorven dieren en planten maken het mogelijk de levensomstandigheden van vroeger te reconstrueren tot ruim 600 miljoen jaar terug. Fossielen uit de miljarden jaren daarvoor zijn zeer vaag en beperken zich tot afdrukken van weke delen van ons onbekende wezens of tot sporen van eencelligen. Zij geven ons maar weinig informatie over wat zich precies heeft afgespeeld in die tijd.

Wanneer de astronomen gelijk hebben als zij beweren dat de Aarde ongeveer 4600 miljoen jaar geleden ontstond (er zijn er die beweren dat de Aarde nog veel ouder is), dan is die ruim 600 miljoen jaar waarover de fossielen ons informeren, nog maar 13% van de aardgeschiedenis. De resterende 87% behoren tot het Precambrium en juist van die mysterieuze tijd zouden wij meer willen weten. Het Precambrium kan worden ver-



Fossiele restanten van reeds lang uitgestorven organismen verschaffen ons een eerste mogelijkheid om een indruk te krijgen van het leven op Aarde in het verre verleden. Het afgebeelde dier is waarschijnlijk een tentaculiet uit het Siluur van Gotland (ca. 400 miljoen jaar oud), temidden van overblijfselen van kleinere dieren op een versteenende zeebodem. (Foto J. van Diggelen)

deeld in drie onderdelen: de tijd van de Proto-Aarde, Het Archaëicum en het Proterozoïcum.

DE PRECAMBRISCHE AARDKORST

Het jongste deel van het Precambrium, het Proterozoïcum (2500 tot 600 miljoen jaar geleden), is een overgangstijd. Om er meer over te weten te komen kunnen we op zoek gaan naar gesteenten die afkomstig zijn uit die tijd. In de oude Precambrische Schilden, zoals deze voorkomen in Scandinavië en in Canada, vinden we fraaie voorbeelden van Precambrische gesteenten. Ook elders op Aarde worden ze aangetroffen. Het totale oppervlak van de toenmalige Precambrische aardkorst wordt op ongeveer 80% van het oppervlak van de huidige continenten geschat. Dat is minder dan een vierde deel van het totale aardoppervlak. Er moeten ook toen grote delen van de Aarde door oceanen bedekt zijn geweest. Het onderzoek van de gesteenten toont aan, dat de Aardkorst in het Proterozoïcum geplooid is. Hierbij ontstonden gebergten en vonden grote overschuivingen plaats. Er zijn twee hoogtepunten van activiteit te onderscheiden, die op het noordelijk halfrond ongeveer 1000 en 1800 mil-



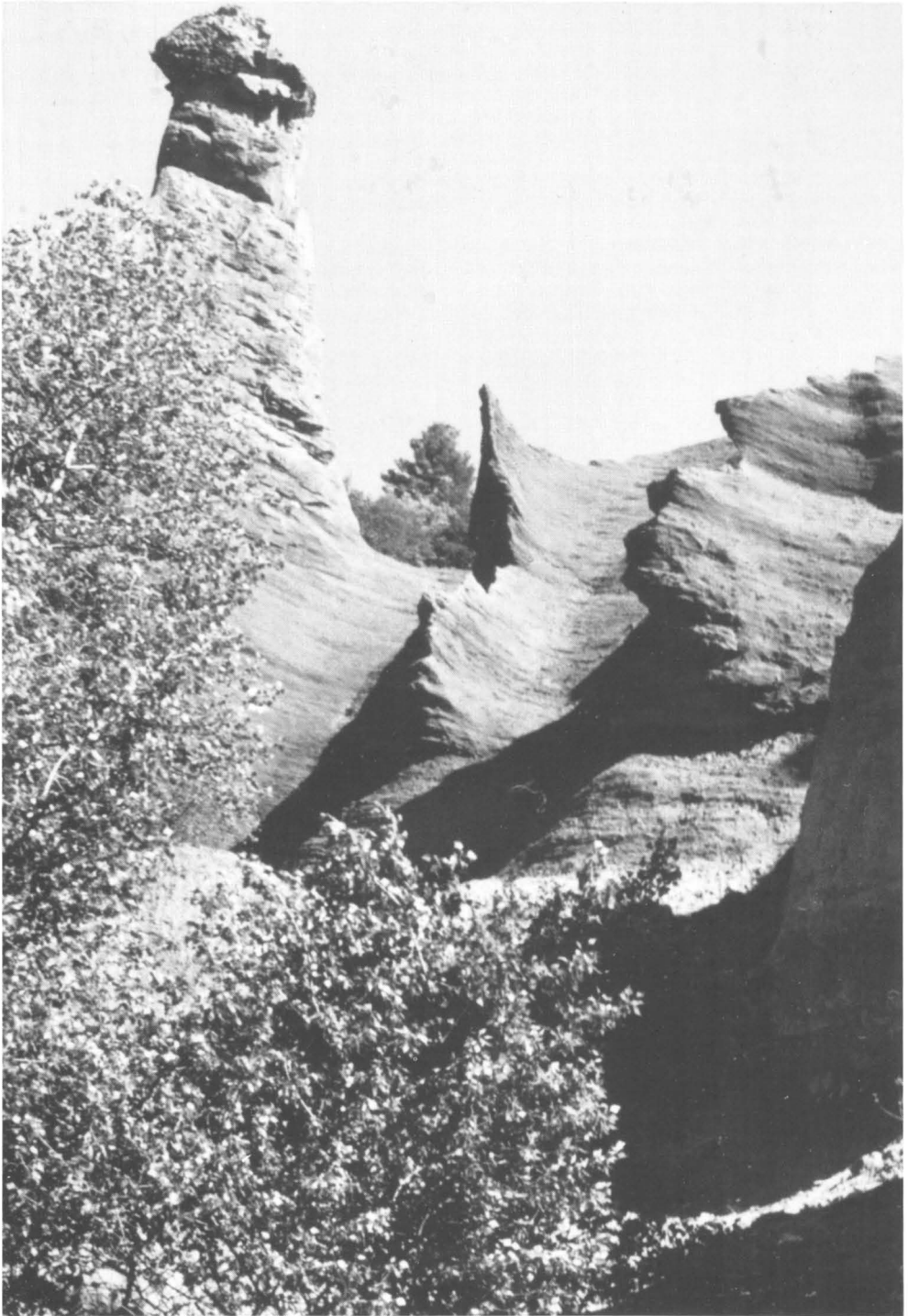
Zeer oude gesteenten in Europa, vaak fraai geplooid, vinden we in het noorden van Scandinavië vaak als gneizen en schisten. De foto toont een migmatietwand (migmatiet is een omgezet menggesteente van granitische samenstelling) langs de kustweg van Oulou naar Kemi in Finland. (Foto E.G.van Diggelen)

joen jaar terug liggen. Bij de eerste moet er een uitgebreide smelting van de lagere korst of de mantel hebben plaatsgevonden, waarbij in bepaalde gebieden gesteentepakketten smolten en bij een hoge temperatuur werden omgezet. Men noemt dit hoge temperatuurmetamorfose. In Scandinavië ontstonden grote anorthosietlichamen. Anorthosiet is een gesteente dat bijna geheel uit het mineraal plagioklaasveldspaat bestaat.

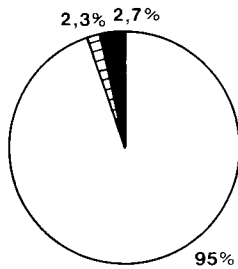
Om iets meer te begrijpen van de gang van zaken op onze planeet in het Precambrium moeten we ook alle andere mogelijke gegevens, voorzover die te vinden zijn, onder de loep nemen. We moeten ons verdiepen in de ontwikkeling van onze atmosfeer, want niet alleen door het voorkomen van leven, maar ook door haar zuurstofrijke atmosfeer onderscheidt de Aarde zich van de overige planeten van ons zonnestelsel. Andere interessante bronnen van informatie zijn de warmteproductie in de Aarde en de poolverplaatsingen bijvoorbeeld.

VERANDERINGEN IN DE ATMOSFEER

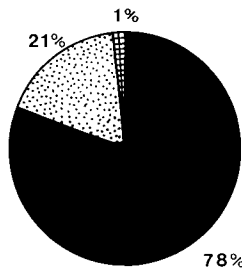
Het leven is tijdens het Precambrium ontstaan (de oudste levenssporen zijn gevonden in lagen die 3700 miljoen jaar oud zijn en bestaan uit celkernloze micro-organismen). Uit het onderzoek van de fossielen zien we hoe het leven daarna verder is geëvolueerd. Naast het voorkomen van leven, wijkt onze planeet ook van de overige af door de dampkring. Een atmosfeer waarin een hoog percentage aan stikstof voorkomt zien we nergens op de andere planeten. Ook de hoeveelheid zuurstof is in onze dampkring veel groter dan op de overige planeten, zoals Mars of Venus. Hetzelfde geldt voor de waterdamp. Edelgassen als argon, krypton en xenon zijn momenteel betrekkelijk schaars in onze dampkring in vergelijking met voorkomens elders in het heelal. Dat wijst erop dat de atmosfeer van de oer-Aarde grotendeels (met haar edelgassen) verloren is gegaan en is vervangen door een andere atmosfeer. Misschien is deze grotendeels ontstaan uit gasen die bij vulkanische processen en bij verwerking van gesteenten vrijkwamen. Reeds in 1951 publiceerde de Amerikaanse geoloog Rubey een verhandeling waarin hij aangaf op welke wijze dat zou kunnen zijn gebeurd. Vulkanisch magma bevat veel gas waarvan het overgrote deel waterdamp is. Verder komen er stikstof, kooldioxide, waterstof, zwaveldioxide en diverse chloorverbindingen in voor. De hoeveelheden waterdamp, die de huidige vulkanen momenteel produceren, zou voldoende zijn om in 3 tot 4 miljard jaar alle oceanen te vullen. Ook van alle andere gasen bevat de uitstoot van vulkanen ruimschoots vol-



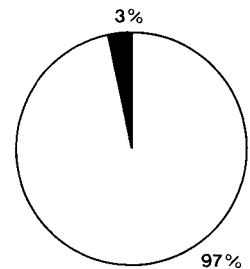
Pas nadat er waarschijnlijk tengevolge van biologische processen zuurstof in onze atmosfeer in voldoende hoeveelheden aanwezig was, konden er zich rode zandsteenformaties vormen, zoals deze zandsteenrotsen in de Provence. (Foto J.van Diggelen)



MARS



AARDE



VENUS

De atmosfeer van onze planeet wijkt sterk af van die van onze buurplaneten Mars en Venus, die beide van dezelfde orde van grootte zijn. Bij ons overheerst de stikstof (zwart), terwijl bij Mars en Venus koolzuur (wit) domineert. Er is daar maar weinig stikstof. Daarnaast bevat de aardatmosfeer ongeveer 21 % zuurstof (gestippeld) en wat waterdamp (geblokt), terwijl er op Mars vrij veel argon voorkomt (2,3 %), gestreept), een gas dat op Aarde veel minder voorkomt. De percentages zijn afgerond en naast de genoemde en afgebeelde gassen zijn er nog in geringe hoeveelheden andere gassen aanwezig.

doende, behalve van zuurstof.

Het meest interessante gas is daarom zuurstof. Het kan niet tijdens vulkanische processen zijn ontstaan en er moet dus een andere bron geweest zijn. Men heeft gedacht aan een mogelijke dissociatie (ontleding) van waterdamp in de hogere lagen van de atmosfeer. Inderdaad ontstaat er dan zuurstof en waterstof uit waterdamp. Het laatste gas is zeer licht en zou kunnen ontsnappen in de wereldruimte. Voor het ontleden is echter ultraviolet zonlicht nodig en de op deze wijze gevormde zuurstof stijgt in de atmosfeer op tot boven de hoogte waarop de meeste waterdamp voorkomt. Hierdoor zou de ultraviolette straling worden afgeschermd. Er stelt zich dus een evenwicht in en men kan berekenen dat de concentratie van de zuurstof in onze atmosfeer zo nooit hoger zou worden dan ongeveer 0,1 % van de tegenwoordige hoeveelheid.

Tegenwoordig wordt aangenomen dat de meeste zuurstof in onze dampkring door fotosynthese (de productie van zuurstof door bladgroenhoudende organismen onder invloed van het zonlicht) is ontstaan. Er bestaan ook bacteriën die kunnen fotosynthetiseren, maar die leveren geen zuurstof en in plaats van water gebruiken zij zwavelwaterstof bij hun energieverzamelen. Bij dit proces komt zwavel vrij.

Bepaalde sedimenten geven duidelijke informatie over het verloop van de zuurstofconcentratie in de atmosfeer. Roodzandsteen dankt zijn kleur aan het oranjerode ijzeroxide, dat slechts bij aanwezigheid van zuurstof in de atmosfeer kan worden gevormd. De oudst gedateerde afzettingen daarvan zijn iets jonger dan twee miljard jaar.

Vanaf die tijd ongeveer moet er dus vrije zuurstof in de atmosfeer zijn geweest.

KOOLSTOF VERDWENEN

In Canada zijn gebieden gevonden, die in de tijd daarvoor, 2200 tot 2000 miljoen jaar geleden, bedekt waren met een ondiepe zee, waarvan de bodem langzaam daalde. Men noemt dit geosynclinale sedimentatiebekkens, omdat er afzettingen, sedimenten, in ontstonden. De bekendste is de gebande ijzerertsformatie. De aanwezigheid van deze gebande ijzerertsformatie wijst op het voorkomen van zuurstof in het zeewater. Pas nadat al het ijzer en alle andere dergelijke metalen waren geoxideerd, kon de concentratie van zuurstof in de atmosfeer gaan stijgen. Ongeveer 56 % van de gevormde zuurstof is verbonden met zwavel en ongeveer 39 % met ijzer, zodat slechts 5 % van de geproduceerde hoeveelheid in de atmosfeer is achtergebleven. Tegelijkertijd moet ook de koolstof zijn verdwenen, omdat bij de fotosynthese bepaalde organismen zuurstof produceren uit kooldioxide. Uit de isotopenverhouding van de isotopen 13 en 12 van koolstof volgt dat dit inderdaad in grote lijnen klopt.

Atmosfeer, warmteproductie en wat er aan fossielen bekend is, alles wijst er op dat de Aarde in het Proterozoïcum nog maar weinig afweek van de planeet die wij nu kennen.