

De oudste gesteenten op Aarde

Hoe zijn ze gevonden en wat kunnen ze ons vertellen?

door Peter W. Uitterdijk Appel¹⁾ en Jacques L.R. Touret²⁾
vertaling uit het Engels door Paul W. van Olm

¹⁾ Geological Survey of Denmark and Greenland, Kopenhagen, Denemarken

²⁾ Faculteit der Aardwetenschappen Vrije Universiteit, Amsterdam

Het grootste deel van het continent bestaat uit heel oud, Precambrijsch gesteente. Een uitzondering hierop vormen de langgerekte gebieden waar plaattektoniek actief is en waar gebergtevorming optreedt, zoals in de Alpen en het Himalaya-gebergte; deze bergen zijn relatief jong. De oude gesteenten, die soms bedekt zijn met een dunne laag sedimentgesteente, zijn hoogmetamorf, sterk gedeformeerd en gerekristalliseerd en geïnjecteerd door granietintrusies.

Hun geschiedenis beslaat echter meer dan viervijfde deel van het hele bestaan van de aarde, vanaf de vorming van onze planeet, meer dan 4,5 miljard jaar geleden, tot 500 miljoen jaar terug. Het ontbreken van herkenbare fossielen maakte het lange tijd onmogelijk om ze te dateren.

De nieuwe mogelijkheden van radiometrische ouderdomsbepaling (zie inzet) hebben daar echter verandering in gebracht en de studie van deze oude gesteenten is opgebloeid.

En niet zonder reden, want juist Precambrijsche gesteenten bevatten veel delfstoffen die de mens gebruiken kan, zoals goud, ijzer en andere metalen, diamanten en edelstenen.

De oudste gesteenten zijn meer dan 2,7 miljard jaar oud, ze stammen uit het Archaeicum en ze worden gevonden op verschillende plaatsen op alle continenten, zowel op het Noordelijk als op het Zuidelijk Halfrond. Echter in het algemeen is dit gesteente niet ouder dan 3 miljard jaar en jarenlang woedde er onder geologen een ware wedstrijd om als eerste de alleroudste gesteenten ter wereld te ontdekken. Achtereenvolgens ging de prijs naar West-Australië, toen naar Zimbabwe en daarna naar Canada.

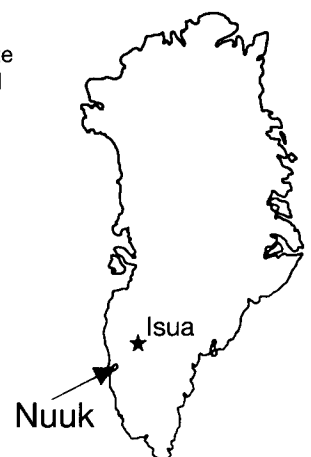
De oudste betrouwbare datering van aards materiaal is 4,2 miljard jaar. Het betreft een zirkoon uit metasedimentaire kwartsieten van Mount Narreyer in West-Australië. Maar het gaat hier om een alleenstaand voorkomen van een detritisch mineraal in een veel jonger gesteente van misschien niet ouder dan 3,4 miljard jaar.

Een ander zeer oud gesteente is bijvoorbeeld de Acasta-gneis, gevonden in de Slave Province van de Northern Territories, Canada. In deze tonalitische (granodioritische) gneis is in de kern van sommige zirkonen een ouderdom van bijna 4 miljard jaar (3,96) gemeten. Deze ouderdom geeft de tijd weer van de kristallisatie van de originele magmatische protoliet, op een diepte van enkele kilometers. Deze ontdekking betekent, dat er toen een soort continentale korst aanwezig was, maar zegt niets over de aard of de condities van het aardoppervlak: de plaats

waar het leven is ontstaan. De oudste ontsluitingen van sedimenten en vulkanische lava's, met andere woorden: de best bewaarde stukken van de oudste aardkorst, worden gevonden in West-Groenland, aan de rand van de ijskap zo'n 150 km van Nuuk, de hoofdstad van Groenland. Zij worden de Ishua-gesteenten genoemd naar een Groenlandse naam voor een plek in de buurt. Dit artikel gaat over de ontdekking van deze gesteenten en over de betekenis ervan.

Eind jaren '60 streek de Nieuw-Zeelandse geoloog Vic McGregor neer in het dorpje Atangmiq ten noorden van Nuuk in West-Groenland om de gneisen van het Nuuk-gebied in kaart te brengen (afb. 1). Eerdere karteringen hadden aangetoond dat, ingebed in deze gneisen, verschillende andere gesteenten te vinden waren met een ouderdom van ongeveer 3,3 miljard jaar. De hele lithologische eenheid heet de Amitsoq gneis. Vic kwam er echter al snel achter dat er gesteenten tussen zaten die beduidend ouder waren dan de gemiddelde Amitsoq-gneisen. Hij baseerde dat louter en alleen op de relaties tussen de verschillende elkaar snijdende typen gesteenten. Granietgneisen die eruit zagen als stollingsgesteente waren eerder uitgevloede lava's of metamorfe sedimentgesteenten binnengedrongen, en deze nu bleken duidelijk de oudste gesteenten in het gebied te zijn. Maar dat moest nog wel bewezen worden en dat kan alleen met absolute ouderdomsbepaling, die gebaseerd is op de halfwaardetijd van bepaalde radioactieve isotopen. De specialisten hadden er niet al te veel vertrouwen in. Op Groenland hadden optimistische veldgeologen bij vroegere pogingen al zoveel hooggespannen verwachtingen gekoesterd, die geen van alle door absolute ouderdomsbepalingen ondersteund konden worden.

Maar Vic was heel vasthoudend en tenslotte wist hij de Oxfordse professor Stephen Moorbath, een pionier op het gebied van ouderdomsbepalingen, te overreden om deze oude gesteenten te gaan onderzoeken.



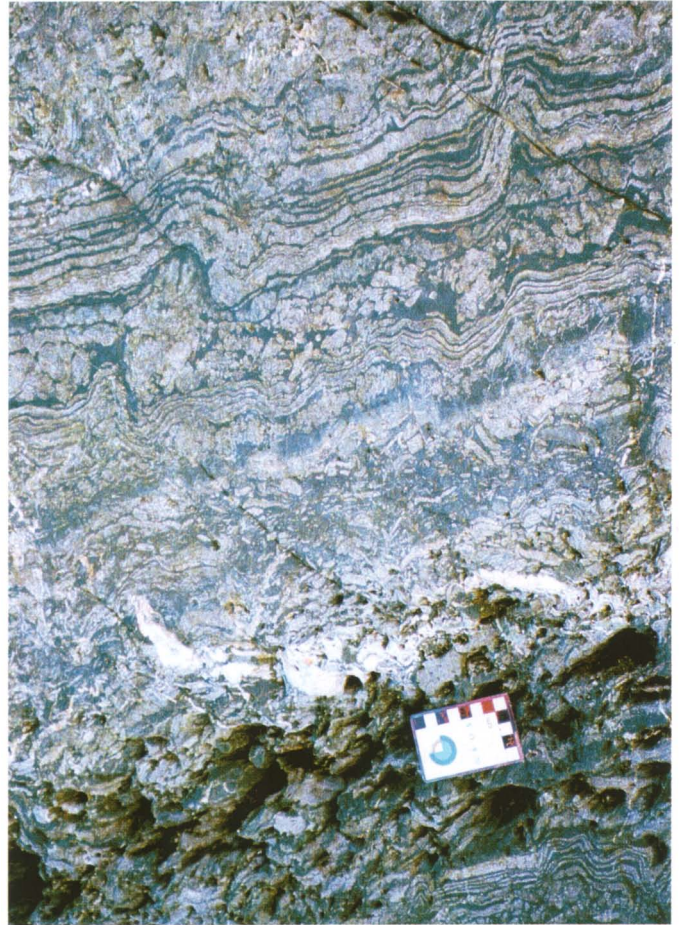
Afb. 1. De ligging van het besproken gebied op Groenland.

Radiometrische ouderdomsbepaling

Radiometrische ouderdomsbepaling is gebaseerd op het uiteenvallen van onstabiele isotopen in isotopen van een ander element. Dit proces is onafhankelijk van druk en temperatuur. Een bepaald radioactief element wordt gekenmerkt door de "halfwaardetijd", de tijd waarna de helft van de oorspronkelijke atomen uiteengevallen is. Sommige elementen hebben een korte halfwaardetijd, zoals koolstof dat in 5730 jaar voor de helft overgaat in stikstof ($^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$), ideaal voor vrij recente (o.a. archeologische) dateringen. Andere elementen hebben veel langere halfwaardetijden, met name $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$, 4.88 Ga (Ga = een miljard jaar), $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$, 4.468 Ga, $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca}$, 1.40 Ga, etc. Hiermee worden oude Precambrië gesteenten gedateerd.

Toen Stephan Moorbath de eerste paar monsters had geanalyseerd dacht hij aanvankelijk dat zijn apparatuur kapot was: uit de metingen kwam een ouderdom van maar liefst 3,6 miljard jaar! Dat was bijna een miljard jaar ouder dan alles wat hij ooit gemeten had. Niemand had tot dan toe ook maar in de verste verte aan zo'n ouderdom gedacht. Echter alle volgende bepalingen gaven dezelfde uitkomst en al snel konden de uitkomsten in het prestigieuze wetenschappelijke tijdschrift *Nature* gepubliceerd worden. Stephen en Vic gingen intussen door met hun werk en verzamelden nog meer gneisen uit het Nuuk-gebied.

Een Deense mijnbouwonderneming (Kryolitselskabet) voerde in de jaren '60 een mineralogische exploratie op West-Groenland uit. Hierbij werd aan de rand van het landijs zo'n 150 km ten noordoosten van Nuuk een bijzonder sterke magnetische anomalie ontdekt (afb. 2). Deze firma besloot om gedetailleerd vervolgonderzoek naar die anomalie uit te voeren en er werd een belangrijke ijzerformatie aangetoond, die zich gedeeltelijk onder het ijs uitstrekte. Om te bepalen of het ijzervoorkomen exploiteerbaar was, werd besloten om er een boring in te zetten. Dit alles gebeurde terwijl Vic en Stephen werkten in het Nuuk-gebied, niet ver van het Isua-terrein waar het ijzervoorkomen gevonden was. Zodra ze daarover hoorden probeerden ze naar Isua te komen en na een paar pogingen slaagden ze erin om een lift naar Isua te krijgen met een van de helikopters van de Kryoliet-maatschappij. Het lukte hen om monsters te verzamelen van zowel de ijzerformatie als van het moedergesteente. Terug in Oxford bepaalde Stephen Moorbath meteen de ouderdom van de ijzerformatie en hij kreeg de verbluffende uitkomst van 3,74



Afb. 3. De ijzer-formatie. Let op de mooie banden, die aantonen dat het onder water gevormd is. Schaal 10 cm.

miljard jaar! Dus net iets ouder dan de gesteenten uit Nuuk die hij eerder gedateerd had.

Wat is er voor bijzonders aan zo'n hoge ouderdom?

Tot de dateringen van Isua waren de oudst bekende gesteenten 3,5 miljard jaar oud. Deze komen vooral voor in Afrika en Australië, waar ze in relatief kleine zones (van enkele honderden kilo-



Afb. 2. Landschappelijk beeld van de Isua-ijzerformatie en het landijs.

meters) verspreid liggen in de grote Precambrische continentale schilden. Dat houdt dus in dat we met de vondst van de Isua-gesteenten een sprong van 200 miljoen jaar in de geschiedenis van de Aarde terug hebben gemaakt. Maar de meest voor de hand liggende vraag is natuurlijk: *Is het niet alleen een kwestie van tijd dat we iets vinden wat nóg ouder is?* Het antwoord is: *Nee, het is praktisch uitgesloten om significant oudere gesteenten te vinden dan de Isua-gesteenten.*

De wijze waarop onze Aarde zo'n 4,6 miljard jaar geleden gevormd is staat nog steeds ter discussie, maar waarschijnlijk moet deze gebeurtenis gezien worden als het op grote schaal samenkomen van meteorieten. Tijdens deze vorming kwam warmte vrij, gedeeltelijk door het samenkomen, maar ook door de zwaartekracht. Deze hitte deed de Aarde smelten, waarbij het zwaardere materiaal door differentiatie in een zware, metallische kern geconcentreerd werd, terwijl in de omringende mantel het lichtere, silicaatrijke materiaal terecht kwam. Met het voortschrijden van de tijd begon de planeet langzaam af te koelen en werd de eerste korst gevormd. Ondertussen bleven er meteorieten inslaan, zodat als er ergens een stuk korst was gevormd, dit meteen weer werd vernietigd door nieuwe inslagen. Deze meteorieten-activiteit hield aan tot ongeveer 3,8 miljard jaar geleden, en dat is de tijd waaruit de Isua-gesteenten dateren. Het is dan ook niet waarschijnlijk dat er ooit veel oudere korst-gesteenten dan die van Isua zullen worden gevonden.

Vertellen de Isua-gesteenten iets over het eerste aardoppervlak?

Het eerste gesteente dat bij Isua ontdekt werd was de ijzerformatie (afb. 3), die de magnetische anomalie veroorzaakt had. Deze formatie bestaat uit witte, kwartsrijke banden, afgewisseld met donkergrijze magnetietbanden. Dit soort gesteente kennen we van heel wat plaatsen op de wereld, maar het komt alleen



Afb. 4. Kussenlava's met fijnkorrelige stollingsranden. Munt = 2,5 cm.



Afb. 5. Kussen-breccie. Hoekige fragmenten van kussenlava die gebroken op de zeebodem zijn terechtgekomen. Let op de kleine witte vlekken, dat zijn met kwarts opgevulde blaasjes. Muntdoorsnede is 2,5 cm.

voor in gesteenten ouder dan ongeveer 2 miljard jaar. We weten dat silica en ijzer de belangrijkste bestanddelen waren die op de zeebodem neersloegen. Het feit alleen al dat we in de Isua-gesteenten een ijzerformatie gevonden hebben bewijst, dat er 3,76 miljard jaar geleden op Aarde al een oceaan was!

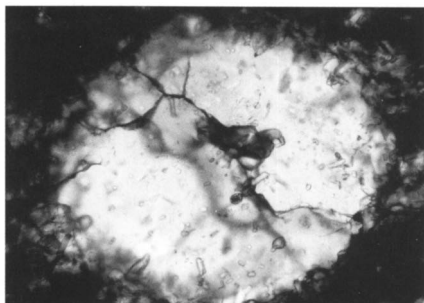
De Isua-gesteenten zijn achtereenvolgens gekarteerd door verscheidene afzonderlijke onderzoeksgroepen en diverse onderzoeksinstituten hebben in het gebied op verschillend terrein onderzoek uitgevoerd.

Sinds hun ontstaan zijn de gesteenten op z'n minst twee maal sterk gedeformeerd en gemetamorfiseerd. De temperatuur van de laatste metamorfose bedroeg ongeveer 500 °C bij een druk van tenminste 4 kb (4000 atmosfeer), wat gelijk staat met omstandigheden op 12 km diepte onder het aardoppervlak. Door dit gecompliceerde verleden zijn de meeste Isua-gesteenten dermate vervormd en gerekristalliseerd, dat het onmogelijk is om te bepalen hoe ze er oorspronkelijk hebben uitgezien. Maar er is nog iets wonderbaarlijks aan de hand: deze oude korst heeft niet alleen het meteorietenbombardement overleefd, maar sommige delen zijn tijdens de erop volgende metamorfose nauwelijks gedeformeerd. We begrijpen dit werkingsmechanisme nog steeds niet helemaal, maar op de een of andere manier heeft de metamorfe rekristallisatie plaatsgevonden zonder uitgebreide deformatie en vorming van typisch metamorfe structuren, zoals schistositeit. Alle sedimentaire of vulkanische structuren, die deze gesteenten hadden toen ze nabij het aardoppervlak lagen, werden tot op millimeterschaal bewaard.

Daardoor kunnen we een indruk te krijgen hoe het aardoppervlak er in die oude tijden uitzag.

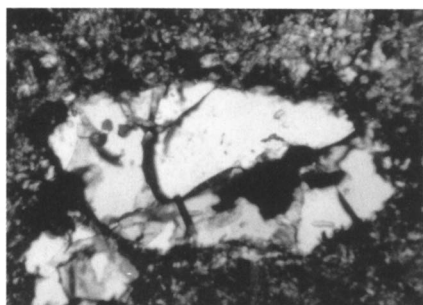
Een van de belangrijkste componenten van de Isua-gesteenten zijn dikke pakketten bazaltische kussenlava's. Deze lijken sterk op lava's zoals die tijdens vulkanische uitbarstingen op eilanden

als Hawaï worden uitgestoten. Kussenlava's worden gevormd tijdens onderzeese uitbarstingen, waarbij de lava over de zeebodem uitvloeit. Hierbij koelt de buitenkant snel af, waardoor de buitenste randen van de kussens glasachtig of heel fijnkorrelig stollen, terwijl het binnenin grofkorreliger wordt. In Isua zijn veel kussenlava's gevonden met zwarte, fijnkorrelige randen (afb. 4). Het binnenste van de lava koelt langzaam af en daarbij wordt gas in blaasjes geconcentreerd. Deze holten worden later met kwarts gevuld, er ontstaat een vesiculaire textuur. In de kussenlava's van Isua zijn prachtige voorbeelden van die kwartsopvullingen gevonden (afb. 5 en 6). Na de vorming van de kussens werden sommige ervan door nieuwe vulkaanuitbarstingen of door aardbevingen in stukken gebroken. Deze gebroken kussens kwamen op de zeebodem terecht, en die vinden we nu bij Isua (afb. 5).



Afb. 6. A

Afb. 6. A. Detail van een kwartsbolletje. De donkere substantie in het midden is toermalijn, kleine insluitels zijn carbonaat. De matrix bestaat uit kwarts, biotiet, muskoviet en ijzeroxide. De oorspronkelijk bazaltische samenstelling van het gesteente is ten tijde van de vulkanische uitbarsting hydrothermaal sterk veranderd.



Afb. 6. B

B. De vorm van deze kwartsopvulling doet sterk denken aan een magmatisch kristal, mogelijk olivijn. Dit mineraal zou dan tijdens de hydrothermale verandering op de zeebodem door kwarts zijn vervangen.

Ook sedimentaire gesteenten vinden we in de Isua-gesteenten. Het meest spectaculair is een conglomeraat, een gesteente dat bestaat uit afgeronde, centimetergrote kiezelstenen in een fijnkorrelige matrix (afb. 7). Dit conglomeraat is tot enkele meters dik. De kiezelstenen bestaan voornamelijk uit kwartsiet, maar ook andere types komen voor. Conglomeraten worden gevormd op stranden, langs de oevers van meren, en in riviersystemen. Met name conglomeraten die langs de kust gevormd zijn hebben korrels of kiezelstenen die fraai afgerond zijn doordat ze samen met fijn zand in de brandingszone voortdurend tegen elkaar schuren.

Turbidiet is een ander interessant sediment. Het is een mengsel van zand en klei met soms wat klein grind. Aanvankelijk zijn dit kustnabije afzettingen geweest, gevormd in ondiep water. Een aardbeving of een vulkaanuitbarsting is voldoende om deze sedimenten in beweging te zetten: ze glijden als reusachtige onderzeese modderstromen naar beneden; hierbij worden gigantische snelheden bereikt. Ook tegenwoordig komen deze troebelingsstromen nog voor: net voor WOII werd het telegraafverkeer tussen Europa en Amerika volledig verbroken toen zo'n modderstroom alle kabels doorsneed. Andere sedimentgesteenten in Isua zijn fijnkorrelige, kleiige afzettingen.

Hoe zag het aardoppervlak eruit?

In de Isua-oceaan kwam een onvoorstelbaar hevige vulkanische activiteit voor. Er waren talrijke werkende vulkanen; sommige



Afb. 7. Conglomeraat. Ronde kiezelstenen in een zandige matrix. Schaal 10 cm.

hiervan vormden kussenlava's bij uitbarstingen onder water, terwijl andere hun lava's boven het zeeoppervlak uitspuwden in de vorm van lavastromen of als tuf. Op de zeebodem bestond een geweldige hydrothermale activiteit, waarbij hydrothermale oplossingen uit de zeebodem in het water uitstroonden, misschien vergelijkbaar met wat er nu bij de Mid-Atlantische rug gebeurt. Deze hydrothermale vloeistoffen bevatten vele metalen in oplossing. Het ijzer erin sloeg neer op de zeebodem; zo ontstond de ijzerformatie. Ook andere metalen, zoals koper, werden vanuit de hydrothermale oplossingen op de zeebodem afgezet. Langs de vulkanen ontstonden stranden, waarop de conglomeraten gevormd werden. De sedimenten die op de hellingen van de vulkanen in zee werden afgezet konden onder invloed van vulkaanuitbarstingen of aardbevingen naar beneden gaan glijden en stortten met grote snelheid als troebelingsstromen omlaag.

Op zoek naar tekenen van leven

Een van de fascinerendste vragen bij de ontdekking van de Isua-gesteenten was natuurlijk, of we er sporen van leven in zouden kunnen vinden. Dan zou er rond 3,76 miljard jaar geleden al leven op aarde zijn geweest! De meest voor de hand liggende manier om naar oude levensvormen te zoeken is, om te kijken of er macroscopische of microscopische bewijzen van leven zijn. Dat we in de Isua-gesteenten fossielen kunnen vinden is echter niet waarschijnlijk. Een paar jaar geleden beweerde een Duitse onderzoeker dat hij er resten van bacterieachtige organismen in gevonden had, hij gaf deze zelfs een naam. Later werd bewezen dat het hier ging om overblijfsels van vroegere vloeistofinsluitels, soms gekleurd door ijzeroxiden. De belangrijkste reden dat we geen fossielen kunnen vinden is echter dat de vroegste levensvormen wellicht geen vaste delen in hun organisme bezaten die gefossiliseerd konden worden. We zullen dus moeten kijken naar andere sporen van leven, zoals chemofossielen.

Chemofossielen zijn chemische sporen die je vindt in een

gesteente en waarmee je kunt aantonen dat er leven aanwezig was toen dat gesteente werd gevormd. Meestal wordt hiervoor onderzoek naar koolstofisotopen gebruikt. In de inzet wordt dit nader uitgelegd.



De eerste bepalingen van de Isua-gesteenten met behulp van koolstofisotopen werden uitgevoerd in de late jaren '70, maar de resultaten waren niet eensluidend. Men schreef dat toe aan de gevolgen van metamorfose. Toen in 1996 de analysetechniek verbeterd was werd deze op de Isua-gesteenten losgelaten en werd met name gekeken naar de ijzerformatie van Isua. De conclusie was, dat het leven inderdaad al aanwezig was toen de Isua-ijzerformatie 3,76 miljard jaar geleden gevormd werd. Natuurlijk veroorzaakte dit zowel bij het grote publiek als in wetenschappelijke kringen de nodige opwindings. Een gevolg was dat verscheidene onderzoeksgroepen in Isua intensief naar het definitieve bewijs op zoek gingen. Afb. 8. Inmiddels is door recent onderzoek duidelijk geworden, dat de uitkomsten uit 1996 wellicht te optimistisch waren. Men twijfelt sterk aan de juistheid ervan. Het onderzoek naar het definitieve bewijs dat er leven bestond tijdens de vorming van de Isua-gesteenten gaat voort.

Ook andere onderzoeksmethoden zijn gebruikt, zoals bepalingen van zwavelisotopen. Deze gedragen zich namelijk net zo als koolstofisotopen als er levende organismen in het spel zijn.



Afb. 8. Een groep geologen bediscussieert de geologische problemen van Isua. Van links naar rechts: Chris Fedo, John Myers, Peter Appel en Stephen Moorbath.

Helaas is uit dit onderzoek een duidelijke conclusie te trekken: zwavel-reducerende bacteriën waren er nog niet toen de Isua-gesteenten gevormd werden.

Hoe begon het leven op Aarde?

Deze cruciale vraag heeft de mensheid altijd al bezig gehouden. De Isua-gesteenten van een 3,76 miljard jaar oud aardoppervlak zouden ons hierbij kunnen helpen als er bewijs van leven in aangetroffen werd.

De volgende stap is dan om te ontdekken hoe het leven op Aarde begon. De Isua-gesteenten kunnen ons dát niet vertellen, maar wel kunnen ze ons iets zeggen over de omstandigheden die toen aan het aardoppervlak heersten. Het leven begon naar alle waarschijnlijkheid in zee en delen van de Isua-afzettingen kunnen ons een indruk geven van de chemische samenstelling, zoals het zoutgehalte van het zeewater en de hydrothermale oplossingen, die in deze oude oceaan werden uitgestoten en zodoende de samenstelling van de oude oceanen bepaalden.

Nog meer ontdekkingen

De Isua-gesteenten kunnen veel gegevens opleveren over de samenstelling van de buitenste delen van de oude aarde en over het begin van de vorming van de aardkorst. Een ander fenomeen dat intensief in Isua bestudeerd wordt is het onderzoek naar sporen van meteorieten of van meteoriet-inslagen.

Ongeveer 3,8 miljard jaar geleden kwam er een einde aan de grootste influx van meteorieten op aarde. Het meteorieten-bombardement hield niet plotseling op, maar in de loop van miljoenen jaren. Het moet dus mogelijk zijn om de restanten van sommige van deze late meteorieten in de Isua-gesteenten terug te vinden. Het zou dan gaan om of de meteorieten zelf (fragmenten, gebieden aangerijkt met iridium of andere typisch meteoritische chemische elementen), of sporen van de inslag, in de vorm van hogedruk-mineralen (coesiet, stishoviet) of structuren veroorzaakt door hypersonische golven (*shatter cones*). Men heeft hier al naarstig naar gezocht en de speurtocht gaat nog steeds door.

Het Isua-gesteente in Leiden

Het gebied van Isua ligt 150 km ten noordoosten van Nuuk, de hoofdstad van Groenland. De enige manier om er te komen is

per helikopter en dat is verschrikkelijk duur. Daarom is het onwaarschijnlijk dat het gebied ooit door toeristen of amateur-geologen op zoek naar mooie vondsten plat gelopen zal worden. Om toch enigszins de nieuwsgierigheid te bevredigen heeft het museum Naturalis te Leiden besloten om een groot monster van het Isua-gesteente te bemachtigen en ten toon te stellen. Het museum ging voor écht een groot stuk steen, een handstuk vond men niet voldoende.

Vorig jaar zomer was het dan zo ver en we waren in staat om een prachtig, gelaagd blok steen van 275 kg uit de ijzerformatie van Isua te selecteren. Het vinden van zo'n groot stuk was één ding, nog heel wat meer kwam erbij kijken om het te transporteren! Afb. 9 laat iets van dat transport zien. Toen het eenmaal in Nuuk was werd er een houten krat omheen gemaakt, waarin het veilig per schip naar Denemarken kon worden vervoerd. Vandaar werd het per vrachtwagen naar Leiden gebracht.

Afb. 9. Het transport naar Leiden, voorbereiding van het transport en de verzending van Isua naar Nuuk.



Het oudste korstgesteente in Naturalis

In januari van dit jaar heeft het Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis (Leiden) een stuk van 275 kg van de Isua Gebande IJzer Formatie cadeau gekregen van de Geologische Dienst van Denemarken en Groenland. De steen moest op een bergrug op 2000 m hoogte, die daar net boven het heel dikke landijspakket uitsteekt, uitgehakt worden. Hierna werd de steen, hangend in een net onder een helikopter, vervoerd naar Nuuk, de hoofdstad van Groenland. Goed ingepakt is hij per schip naar Nederland getransporteerd. Nu is dit oudste korstgesteente ter wereld bij Naturalis te zien in de tentoonstelling Oerparade. Een foto ervan staat op het omslag van deze Gea.

Zoals de steen duidelijk laat zien is het gesteente opgebouwd uit vrij dunne, lichtgekleurde silica-laagjes (een soort kwarts, ook wel *chert* genoemd), afgewisseld door zwarte laagjes die hoofdzakelijk bestaan uit het magnetische ijzermineraal magnetiet ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Deze laagjes zijn in (zee)water neergeslagen, het zijn dus chemische sedimenten.

De gebande ijzersteen van Isua is ontstaan in een ondiepe zee in een vulkanisch gebied. In die zee werd door rivieren veel ijzer in oplossing aangevoerd. Dat ijzer was afkomstig uit verweerde gesteenten uit het achterland en misschien ook een beetje uit vulkanische gassen. Er was toen nog geen vrije zuurstof in de atmosfeer en in het water om de zuurstof te binden. Vrije zuurstof wordt immers gevormd door levende organismen en de zuurstof die door de vroegste levensvormen werd geproduceerd werd direct door het ijzer in het water gebonden. Dit bleef zo doorgaan totdat er zoveel leven op aarde tot ontwikkeling was gekomen dat er vrije zuurstof in de atmosfeer werd opgenomen. Vanaf 2,3 miljard jaar geleden werden er geen gebande ijzergesteenten meer gevormd.

De gebande ijzersteen komt uit een gebied van Zuid-Groenland, waar zeer oude continentale aardkorst aan het aardoppervlak ligt. Dit gebied behoort tot het Archaïsche Schild in het Noord-Atlantische gebied; het vormt een boogvormige "groensteengordel" van 35 km lengte en ca 2 – 4 km breedte bij Isukasia, 150 km ten noordoosten van Nuuk. De gesteenten van deze gordel bestonden oorspronkelijk uit een opeenstapeling van (kussen)lava's, afgewisseld met allerlei sedimentgesteenten, zoals conglomeraten en gebande ijzersteen. Deze gordel vormt het oudste aaneengesloten korstvoorkomen op aarde; de gebande ijzersteen hierin is ongeveer 3 800 miljoen jaar geleden gevormd.

C.E.S. Arps



De Isua-steen wordt Naturalis binnengereiden. Hij meet ongeveer 72 x 30 x 60 cm. Foto: C.E.S. Arps.