

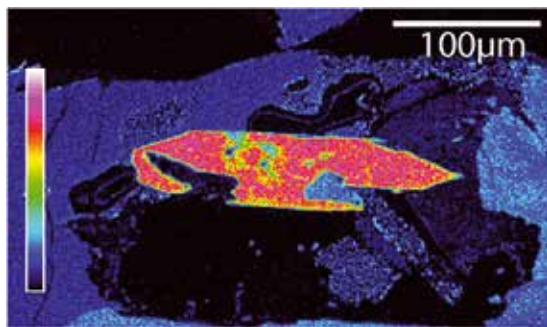
Apatiet en het water op de maan

A.J. (Tom) van Loon

Geologisch Instituut, Adam Mickiewicz University, Poznan, Polen

e-mail: tom.van.loon@wxs.nl; tvanloon@amu.edu.pl

Is er voldoende water, al dan niet in gebonden vorm, aanwezig op de maan om een menselijke nederzetting mogelijk te maken? Die vraag leek positief beantwoord te worden toen enkele jaren geleden de analyse van een maanmonster een apatietkristal opleverde dat rijk was aan hydroxylgroepen (OH-) (afb. 1). De chemische formule van apatiet is $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$; men spreekt in dat geval van hydroxyapatiet: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Dit zou wijzen op de aanwezigheid van een waterrijk magma op de maan, waaruit deze kristal zich zou hebben gevormd.



Afb. 1. Gepolijst stukje maanmonster met daarin het onderzochte apatietkristal. De (niet natuurlijke) kleuren geven de chemische samenstelling aan: helder roze en rood geven een hoog calciumgehalte aan, blauw en zwart een laag gehalte. De zonerings in het kristal wordt veroorzaakt door verschillende watergehalten, wijzend op gefractioneerde kristallisatie. Foto: University of California (Los Angeles).

Op zichzelf is dit geen vreemde gedachte, ervan uitgaande dat de maan volgens een breed aangehangen hypothese is ontstaan door in de ruimte geslingerd aards materiaal, dat daar terecht is gekomen na een 'schampschot' van een grote asteroïde. Dit schampschot, dat de aarde van een grote massa materiaal beroofde, zou een groot litteken hebben achtergelaten in de vorm van de Grote Oceaan.

Hetzelfde apatiet dat een bewijs leek te zijn voor water op de maan, gooit nu echter helaas zelf roet in het eten. Dit blijkt uit berekeningen van een nieuw computermodel waarmee de vormingswijze van apatiet (afb. 2) recentelijk is gemodelleerd. Dit computermodel werd speciaal ontwikkeld om te voorspellen hoe apatiet uitkristalliseert uit afkoelend magma. Uit de berekeningen blijkt dat het magma, waaruit het apatiet op de maan is ontstaan, niet waterrijk geweest hoeft te zijn.

Droog, nat, droog

Decennialang hebben onderzoekers aangenomen dat er bijna helemaal geen water op de maan aanwezig is (geweest). Die mening draaide radicaal om toen in 2010 apatiet een maanmonster (afb. 3) werd onderzocht en de conclusie van een waterrijk 'maanmagma' werd getrokken. Die omslag kon plaatsvinden omdat de algemeen aangehangen opvatting was dat het geanalyseerde fragmentje apatiet representatief was voor al het apatiet op de maan. Het waterstof dat hierin werd aangetroffen, werd bovendien als 'representatief' uitgangspunt genomen om te berekenen hoeveel water er in het magma van de maan - en daarmee in de maan zelf - heeft gezeten.

Het nu gebruikte computermodel geeft echter aan dat bij de ge-

leidelijke uitkristallisatie van waterrijk magma weliswaar apatiet met hydroxylgroepen in het kristalrooster kan ontstaan, maar dat dit alleen kan gebeuren wanneer de belangrijkste 'bouwstenen' (fluor en chloor) bijna geheel zijn verdwenen (door opname in eerder uitgekristalliseerde mineralen). Er kan inderdaad gemakkelijk een tekort aan fluor en chloor in het magma ontstaan, want het eerder gevormde apatiet dat uit magma kristalliseert



Afb. 2. Blauw-groen apatietkristal, afkomstig uit Rusland. Foto: Géry Parent.

is extreem rijk aan fluor, waarna een fluor-arm magma overblijft. Ditzelfde proces herhaalt zich met chloor.

Uit een fluor- en chloorarm magma kristalliseert hierdoor een apatiet uit die rijk is aan waterstof, maar die niet representatief is voor de oorspronkelijke samenstelling van het magma (en evenmin voor het oorspronkelijke gehalte aan waterdamp). Het geanalyseerde apatietmonster wijst daarom niet per se op de aanwezigheid van waterige omstandigheden. Waarschijnlijk is de maan dus, om dezelfde reden die vroeger werd genoemd (het oorspronkelijk aanwezige water zou snel verdampt zijn), altijd behoorlijk droog geweest.

Voor een menselijke kolonie op de maan zou dit in ieder geval onvoldoende zijn. Voorlopig zullen we de maan dus nog vooral vanaf de aarde moeten bekijken (afb. 4).

Waar bleef het water?

Bij het 'schampschot', waaruit de maan ruim vier miljard jaar geleden uit de aarde zou zijn ontstaan, moet inderdaad ook veel water de ruimte in zijn geslingerd. Bij deze gebeurtenis moeten



Afb. 3. Een met acryl gecoate maansteen, verzameld tijdens de Apollo-17-missie.

de temperaturen (die op de nog zeer jonge aarde toch al hoog waren) tot extreem grote hoogte zijn opgelopen. Wat de ruimte in werd geslingerd was door de hoge temperatuur waarschijnlijk volledig gasvormig. Het materiaal condenseerde echter snel en druppels koelden verder af en vormden, door onderlinge aantrekking, een bolvormig lichaam van heet vloeibaar materiaal (het eerder genoemde 'maanmagma'). Lichte elementen zoals waterstof - en ook eventueel gasvormig materiaal zoals waterdamp - stegen als bellen uit het magma op en verdwenen grotendeels in de ruimte.

De meeste maanstenen wijzen dan ook op droge condities en missen de lichtere elementen grotendeels. Dat er toch nog genoeg waterstof overbleef om in het kristalrooster van het apatiet te worden ingebouwd, is op zich al wonderlijk genoeg, maar dus kennelijk niet onmogelijk. Of dit nu werkelijk de waarheid is, hangt af van de kwaliteit van de gebruikte computermodellen...



Afb. 4. De maan vanaf de aarde. De onwerkelijk lijkende grootte van de maan is een gevolg van een opname met een sterke telelens, maar ook doordat deze foto in 2011 werd genomen toen de maan in het perigeum stond (kortst mogelijke afstand aarde-maan). Foto Tim McCord.

Referentie

Boyce, J.W., Tomlinson, S.M., McCubbin, F.M., Greenwood, J.P. & Treiman, A.H., 2014. The lunar apatite paradox. *Science* 344, 551-553.