

Een klosje garen in kwarts

door Herman van Dennebroek
h.v.dennebroek@ziggo.nl



Afb. 1. Kwarts met ingesloten "klosje garen" en goethietnaalden, soms lang, soms kort, soms gebogen. Collectie en foto: Herman van Dennebroek.

In september 1999 vroeg Roy Masin, eigenaar van St1gallery, mij een partij kwarts kristallen met insluitels te bestuderen. In ruil voor de werkzaamheden mocht ik twee kristallen uitzoeken voor mijn verzameling. Op een gegeven middag heb ik de partij, bestaande uit ruim 230 kristallen, doorgewerkt. De "kristallen", die in grootte van 3 tot 6 cm varieerden, waren allemaal aan alle kanten geslepen. Feitelijk mag je hier dus niet meer over kristallen spreken, omdat alle vlakken hun natuurlijke staat hebben verloren. Ik ben geen voorstander van het volledig slijpen van alle kristalvlakken, maar ik geef toe dat de interne schoonheid van de kristallen in deze aangeslepen vorm volledig tot zijn recht komt. Ik kan alleen maar hopen dat de slijpers de natuurlijke vormen zo veel mogelijk gevolgd hebben.

Speurtocht

Toen ik de kristallen uitpakte, kwam als laatste een kwarts tevoorschijn die mijn verzamelaarshart sneller deed kloppen. In mijn hand lag een volkomen transparant stuk kwarts kristal met insluitels van harige bruinrode vezels en een zilverwit "klosje garen" (afb. 1 en voorplaat). Zoiets had ik nog nooit gezien! Ook de medewerkers van het bedrijf waren sprakeloos. Roy was ten tijde van het uitpakken van de partij niet aanwezig, maar kwam later weer op de zaak en hoorde de enthousiaste verhalen over het "klosje". "Oh ja", zei Roy, "ik had je nog willen waarschuwen dat er een kristal met merkwaardig insluitels in de partij zit. Ik zie dat je hem er al uitgekozen hebt." Heel sportief zei hij: "Eigenlijk had ik wel kunnen weten dat je een dergelijk bijzonder kristal zou uitkiezen." Bij iedereen speelde natuurlijk de brandende vragen door het hoofd: "Wat is dat voor een insluitel, is het wel echt, welk mineraal is het?" Vanaf dat moment begon mijn speurtocht naar de eigenschappen van het klosje.

Herkomst

De lengte van het klosje zelf is ongeveer 8 mm. De afmeting van het kwarts kristal is 42 mm met een doorsnee van 23 en 17 mm. Als vindplaats was opgegeven de vallei van de Jequitinhonha rivier (afb. 2), Capelinha County, Minas Gerais (Brazilië). Het vindplaatsgebied is een arme, dunbevolkte en moeilijk toegankelijke regio (afb. 3). De rijkdom aan mineralen maakt dat in het gebied al decennialang naar mineralen wordt gezocht. De *garimpieros*, zoals de mineralenzoekers/mijnwerkers genoemd worden, werken onder zware en gevaarlijke omstandigheden. Er zijn zeer veel kleine ontsluitingen die soms maar enkele maanden ontgonnen worden, waarna de mineraleninhoud van de pockets op is. Veel mineralen van één soort komen uit verschillende ontsluitingen en worden door de tussenhandelaren van de *garimpieros* (afb. 4) gekocht.

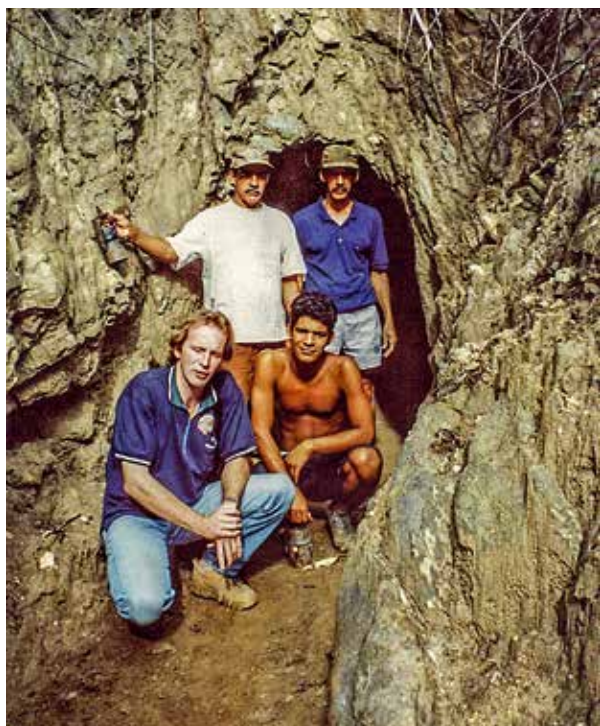


Afb. 2. Vallei van de Jequitinhonha-rivier met kleine ontsluitingen met de tijdelijke onderkomens van de *garimpieros*. Foto: Roy Masin.

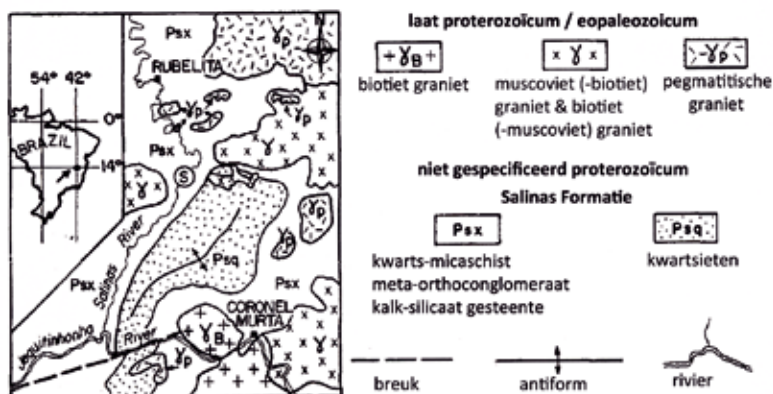


Afb. 3. Wegen maken het transport in dit gebied moeilijk. Foto: Roy Masin.

Een exacte vindplaats is dan ook meestal niet bekend. Meestal wordt de dichtstbijzijnde stad als vindplaats genoemd. Namen als Governador Valadares, Teófilo Otoni, Turmalina doen het hart van edelsteenverzamelaars harder kloppen vanwege de prachtige toermalijnen. Grote ontsluitingen en mijnen, die jarenlang produceren, hebben wel een eigen naam. Andere mineralen uit het gebied zijn o.a. titaniet, kyaniet, euklaas, diopsied en brazilianiet.



Afb. 4. Roy Masin met een team van garimpieros bij de ingang van een kwartsmijn. Foto: Roy Masin.



Afb. 6. Geologisch kaartje van het gebied. Bron: *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 30:306-310 (juni) 2000.

Ook kwarts, vaak in de variëteit bergkristal (afb. 5), wordt in grote hoeveelheden gevonden en bereikt de laatste jaren steeds meer de internationale mineralenmarkt. De kristallen variëren in grootte van enkele centimeters tot wel één meter grootte. Geologisch gezien is het een gebied met veel metamorfe gesteenten, zoals micaschist en fyllicten met lagen kwartsiet. Er komen series kwartslenzen voor die vaak over een afstand van honderden meters gevolgd kunnen worden en die daar waar mogelijk ontgonnen worden. In het gebied wisselen heuvels en grote plateaus (chapadas) van zandsteen uit het Krijt elkaar af. Regelmatig komen "Inselbergen" van graniet voor, evenals pegmatieten. Het warme en vochtige tropische klimaat zorgt voor een sterke verweering en uitloging van de bovengrond, waardoor bruinrode laterietbodems ontstaan. (afb. 6).

Kwarts met insluitsels

Het onderzochte materiaal bestaat uit kwarts "kristallen" met fantomen en insluitsels van groene chloriet, witte tot kleurloze muscoviet, soms calciet en soms fijn verdeelde hematiet. Een fantoom wil zeggen dat een vroeger kristallisatiestadium in het kristal zichtbaar is gebleven. Afb. 7.



Afb. 5. Grote kwartskristallen, vers uit de "mijn". Rechts op de foto de tijdelijke woningen van de garimpieros. Foto: Roy Masin.

Het is normaal dat kristallen in fasen groeien. Meestal is van de vroegere fase niets te zien, omdat de aangroei naadloos aansluit op het reeds aanwezige materiaal. Als echter na het uitkristalliseren een ander mineraal op het kristal neerslaat en vervolgens het oorspronkelijke materiaal weer verder groeit, blijft het eerdere kristalstadium zichtbaar. Dit proces kan zich tijdens de kristalgroei meerdere keren voordoen en maakt dat er vaak bizarre vormen ontstaan (afb. 8). Kwarts dat bij lage temperatuur ontstaan is uit waterige oplossingen heeft vaak insluitsels en fantoomkristallen. Insluitsels van een vaste stof worden op grond van het tijdstip van ontstaan ingedeeld in: protogenetisch, syngenetisch of



Afb. 7. Fantomen in kwarts (naar Rykart).



Afb. 8. Kwartskristal met fantoom. Insluitsels van chloriet, muscoviet, hematiet en calciet. Waarschijnlijk is de calcietvorm slechts een afdruk en is de calciet zelf niet meer aanwezig. Lengte van het totale kristal is 7 cm. Collectie en foto: Herman van Dennebroek.

epigenetisch. Protogenetische insluitingen waren al aanwezig voordat ze door het andere mineraal ingesloten werden. Voorbeelden hiervan zijn: koperkristallen in gips en pyroopkristallen in diamant. Syngenetische insluitingen zijn tegelijkertijd met het gastkristal ontstaan en zijn vaak in lagen afgezet. Epigenetische insluitingen zijn pas na de vorming van het gastkristal gevormd.

Onderzoek

De kleur van de langgerekte vezels leek een beetje op rutiel. Maar kon rutiel ook in een opgerolde vorm uitkristalliseren? Ik had er nooit iets over gelezen of gehoord. Werner Lieber beschrijft in zijn boek *Kristalle - Schönheit durch Fehler* een groot aantal haarvormige, gekrulde mineralen. Een groot deel van deze tekst is eerder onder de titel 'Krullen, Ringen en Spiralen' in *Gea* gepubliceerd (zie onder Literatuur).

Gips komt o.a. in opgerolde vorm voor. Uit Mexico zijn de zogeheten ramshoorn-gipsen bekend. Was het klosje dan misschien gips? Maar ook hier sloeg de twijfel weer toe. Kan gips in zulke fijn gewonden haren uitkristalliseren? Er is van een aantal mineralen bekend dat ze in gekrulde of opgerolde vorm voorkomen. Maar geen van deze mineralen lijkt qua kleur of glans op de vezels in het kwartskristal.

Meerdere verzamelaars en professionals hebben het "klosje" bekeken. Iedereen die het specimen in handen kreeg was het erover eens dat het een zeer bijzonder fenomeen is. Maar verdere determinatie van de insluitels leek onmogelijk. Gemologen hebben alle hun ter beschikking staande optische apparatuur gebruikt om de eigenschappen van de insluitels te achterhalen, te vergeefs. De kwarts liet zich zijn geheim niet ontfutselen. Verfijndere technieken waren voor de determinatie nodig. Uiteindelijk werd via Ernst Burke, destijds adviseur van Stichting GEA, Wim Lustenhouwer op de Vrije Universiteit benaderd om met behulp van een *microprobe* een determinatie uit te voeren.

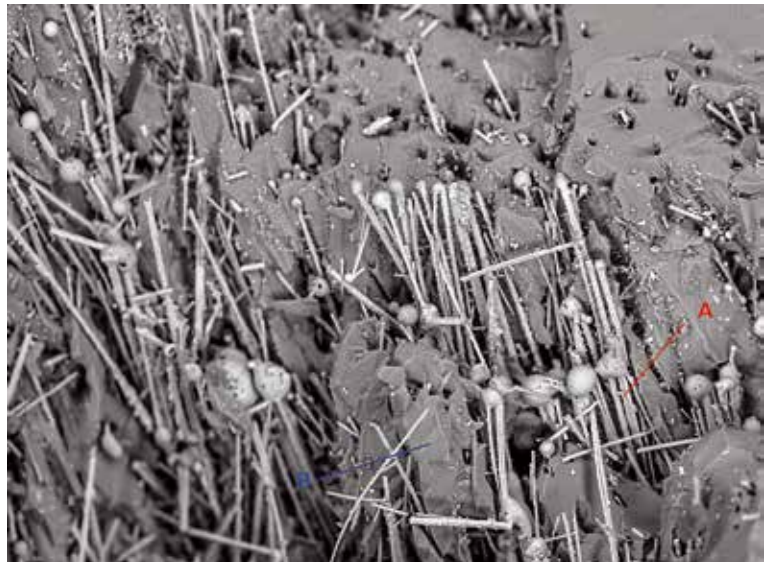
Verrassende uitkomst

In maart 2005 was het zover. Aan de onderkant van het specimen liepen de vezels door tot in een holte aan het oppervlak. Op die plek werd het stuk voorbereid om de determinatie uit te voeren. Na plaatsing van het kristal in de rasterelektronenmicroscop konden we de eerste SEM-beelden (*Scanning Electron Microscopy*) bestuderen: staafvormige kristallen met een kop (speldeknoopvormen) in een plaatvormige substantie. Vervolgens werden op twee plaatsen (afb. 9) analyses uitgevoerd. Al snel kwamen de gegevens tevoorschijn en was de conclusie: (afb. 10) goethiet!

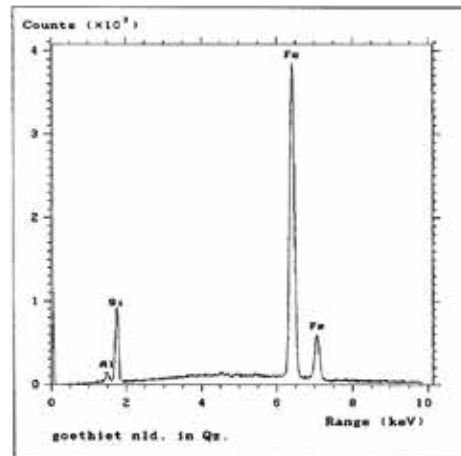
Goethiet is een ijzerhydroxide, $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$, dat vooral voorkomt in verweringszones. In die verweringszones komen ijzerhydroxiden in gel-achtige vormen voor bij normale temperatuur en druk. Soms wordt het mineraal hydrothermaal gevormd in pegmatieten. In dit laatste geval is het één van de laatste mineralen die uitkristalliseren. De kleur is meestal zwartbruin, maar ook rood- en geelbruin komen voor; zeer dunne kristallen kunnen een gelige kleur hebben. Volgens het *Handbook of Mineralogy* (zie onder Literatuur) kan zeer dunne goethiet transparant zijn. Goethiet hoort tot het orthorhombische kristalstelsel en komt op heel veel plaatsen in de wereld voor. Het kan prismatische kristallen vormen, maar meestal komt het mineraal voor als dun vezelige aggregaten, soms straalvormig, soms als massieve massa's, maar ook als poederige massa's.

Is het klosje wel goethiet?

In 2010 heb ik het specimen aan Jaroslav Hyršl laten zien. Hyršl is medeauteur van het boek *"Magic World: Inclusions in Quartz"*. Ook hij was verbaasd over het fenomeen en kon zich haast niet voorstellen dat het klosje uit goethiet bestaat. Dat de bruine vezels goethiet zijn, is op grond van hoe we goe-



Afb. 9. SEM-opname. A = analyse punt van de goethiet; B = kwarts verificatiepunt. De "pinhead"-vorm van de goethiet is goed te zien.



Afb. 10. Analyseresultaat van de microprobe.

thiet meestal waarnemen, begrijpelijk, maar dat het zilver-grijs-witte klosje ook goethiet moet zijn, had niemand verwacht. Nu is het "garenklosje" zelf niet geanalyseerd. De determinatie is als het ware afgeleid.

Wim Lustenhouwer gaf voor de afwijkende kleur de volgende verklaring: Na het volledig kristalliseren van het kwartskristal, vindt een verdere afkoeling plaats. Als gevolg van die afkoeling kan in het mineraal enige krimp ontstaan, die ertoe kan leiden dat rondom het klosje een macroscopisch kleine ruimte ontstaat. Die ruimte bevat misschien een beetje lucht of stikstof of... misschien wel niets (vacuüm).

Licht wordt gebroken als het vanuit lucht in een andere stof (kwarts in dit geval) binnentreedt. Als het uit de kwarts treedt en de lichtstraal door bijv. stikstof gaat, vindt er weer een breking van het licht plaats. Als eindelijk het licht bij het klosje komt en teruggekaatst wordt naar ons oog, dan is het licht vele malen gebroken en kunnen we de originele kleur niet goed meer waarnemen.

Twee verklaringen

Hoe het klosje is ontstaan, is een brandende vraag waarop niet makkelijk een eenduidig antwoord gegeven kan worden. Volgens sommigen bestonden zowel het klosje als de omringende goethietkristallen al voordat de kwarts kristalliseerde. De kwarts omsloot tijdens de kristallisatie de aanwezige goethiet. Dit is een plausibele verklaring. Het zou dan om een protogenetische vorming gaan. Maar waardoor er een klosje is ontstaan, wordt daarmee niet duidelijk. Ik ken geen beschrijving van goethiet-

kristallisatie in gebogen en/of opgerolde vorm. Wel ben ik bekend met goethiet die het uiterlijk heeft van spelden, zoals op de SEM-afbeeldingen ook te zien is. Afb. 9.

Werner Lieber beschrijft in zijn boek (zie hiervoor) gebogen en ronde vormen van calciet, gips, koper, goud en pyriet.

Bij deze mineralen zijn de ronde vormen ontstaan doordat kleine kristalletjes van een bepaald mineraal parallel met elkaar vergroeiden, waarbij ieder nieuw gevormd kristal een klein beetje is verdraaid ten opzichte van zijn voorganger.

Bij malachietkrullen en -spiraal, zilverdraden, fluorietspiralen en jamesonietringen zijn geen individuele microkristalletjes te herkennen die voor de ronde vorm verantwoordelijk zijn.

Wel gaat het bij deze vormen om dunne individuele wikkelingen die naast elkaar liggen, maar niet met elkaar vergroeid zijn.

We kunnen geen SEM-foto maken van het klosje om te kijken hoe de goethietaren zijn gevormd. Het is dus onbekend of het bij de goethiet om parallel gegroeide kristallen gaat, die steeds een beetje zijn verdraaid, of om losse ringen. Het vermoeden bestaat dat het laatste het geval is. In de kwarts is een opening te zien van 4 mm doorsnee (afb. 11 en 12), met daarin duidelijk

opgesloten. Ook deze vorming is een protogenetische vorming, immers de goethiet was al aanwezig voordat de kwarts kristalliseerde.

Mijn persoonlijke theorie

Op grond van de uitleg van Lustenhout mag je verwachten dat de goethietnaalden in één richting, namelijk de voorkeursrichting van kwarts, opgerold zijn. Dat is echter niet het geval en brengt mij tot een andere theorie:

Behalve silicagellen zijn er ook gellen van ijzerhydroxides. Er zijn zelfs gellen waarin beide stoffen samen voorkomen. Indien uit de ijzerhydroxidegel een deel van het aanwezige water verdampt en de goethiet begint te kristalliseren en vervolgens ook de silicagel gaat uitkristalliseren, zullen er betrekkelijk veel bewegingen in de gellen ontstaan. Het gevolg hiervan is dat de haartjes van goethiet in verschillende richtingen groeien en gedruwd worden. Ook de kristallisatieveroorzaakt bewegingen. Bovendien komt er bij kristallisatie warmte vrij.

Kristallisatie van de kwarts kan voor een verhoging van de temperatuur zorgen en daarmee het kristallisatieproces van de

Afb. 11. Kwarts met links onderin de opening die opgevuld is met zeer fijne haarvormige windingen. Collectie en foto: Herman van Dennebroek.



Afb. 12. Vergroting van de opening met windingen (uitvergroting afb. 11).

waarneembaar lichtbruine concentrische cirkels. Bij de geringste aanraking valt het materiaal uit elkaar. Het witte materiaal is waarschijnlijk slijppoeder.

Wim Lustenhout gaf een alternatieve verklaring voor het ontstaan van het klosje:

Aanvankelijk waren er haarvormige goethietnaalden aanwezig. Verder was er siliciumoxide in de vorm van een gel aanwezig. Uit de silicagel kunnen kwartskristallen ontstaan. De gellen kunnen bewegen en langs elkaar schuiven. Door deze bewegingen werden goethietaren a.h.w. gedeeltelijk of geheel opgerold. Na het oprollen werd de goethiet in de uitkristalliserende kwarts

goethiet beïnvloed. In verschillende onderzoeken is aangetoond dat goethiet bij lage temperatuur (tussen 25 en ca. 50 graden Celsius) in kleine kristallen kristalliseert; bij hogere temperaturen worden de kristallen groter/langer.

In het specimen komen goethietaren voor in langgerekte min of meer parallel verlopende structuren. Mogelijk zijn deze lange haren in een later stadium ontstaan, onder invloed van de kristallisatieverwarmte van de kwarts. Er zijn ook plekken in het kristal waar de goethiet door elkaar is gegroeid en kleinere kristalhaartjes heeft en waarschijnlijk al aanwezig was toen de kwarts ging kristalliseren. Op een andere plek is te zien dat langgerekte

vezels gebogen zijn (afb. 1 en voorplaat). Het klosje ligt niet haaks op de richting van de vezels en is dus blijkbaar vanuit een andere richting opgerold. Ook de bundel die in afb. 11 en 12 te zien is en hiervoor is besproken, ligt in een andere positie dan het klosje.

Tot slot

De drie beschreven verklaringen blijven theorieën. Hoe het ontstaan werkelijk heeft plaatsgevonden, weten we helaas nog niet. Aangezien de exacte herkomst van het specimen niet bekend is, weten we ook niet precies in welke geologische formatie de kristallisatie heeft plaatsgevonden. Daardoor blijven de geologische omstandigheden tijdens het ontstaan van de kwarts en goethiet onbekend.

Ondanks de vele onbeantwoorde vragen blijft het 'klosjes-kwarts' een uniek specimen, waarvan er mogelijk maar één van op de wereld is. Dit laatste is een gevaarlijke uitspraak, want wie weet ligt er op de komende GEA-beurs ineens een doos vol van dit materiaal. Voorlopig beschouw ik het "klosje" als een bijzondere vondst en ligt het veilig opgeborgen in een kluis.

Dankwoord

Mijn dank gaat uit naar Ernst Burke voor zijn ondersteuning bij het tot stand komen van dit artikel en zijn bemiddeling, Wim

Lustenhouwer voor het uitvoeren van de analyse en uitleg en Roy Masin, allereerst voor het schenken van het specimen en voor het geven van feedback op het artikel, maar ook voor het mogen gebruiken van zijn foto's. Verder bedank ik alle gemmologen die geprobeerd hebben de geheimen van het klosje te ontrafelen.

Geraadpleegde literatuur

- Handbook of Mineralogy, Vol III. Anthony, Bideaux e.a. Mineral Data Publishing, Tucson, 1997
 - Quarz-Monographie, Rudolf Rykart. Ott Verlag, Thun, 1989
 - Mineralen Herkennen, Paul Tambuyser. Paul Tambuyser, Eeningenburg 2003
 - Magic World: Inclusions in Quartz. Jaroslav Hryšl & Gerhard Niedermayr, Bode Verlag, Halter am See, 2003
 - Kristalle- Schönheit durch Fehler, Werner Lieber. Christian Weise Verlag, München, 2006
 - W-Skarns from Rubelita, Northern Minas Gerais State, Brazil; fluids related to lithological evolution, Francisco Javier Rios e.a. Revista Brasileira de Geociências, vol. 30:306-310 (juni) 2000
 - Krullen, Ringen en Spiralen, Gea december 2004.
- Te downloaden via <http://natuurtijdschriften.nl/download?type=document&docid=415341>

Tsavoriet, mijn favoriet

door A.J. (Tom) van Loon
Valle del Portet 17, 03726 Benitachell, Spanje
Geocom.VanLoon@gmail.com

In 2015 was tsavoriet (ook wel tsavoliet genoemd) Gea's steen van de maand. Die bijdrage van Cynthia Slootweg onthield ik. Toen ik onlangs in Denver (Verenigde Staten) langs een juwelier liep die een kleine tentoonstelling van tsavoriet had ingericht, kon ik uiteraard mijn nieuwsgierigheid niet bedwingen. En terecht: wat een schoonheid! Topkwaliteit tsavoriet kan zeker wedijveren met andere edelstenen. Ik kon dan ook niet nalaten om, als vervolg op de bijdrage van Cynthia, mijn ontstane voorkeur voor deze variëteit van grossulaar - een bekende granaat met als formule $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ - op schrift te stellen. Sporen van vanadium of chroom zorgen bij deze variëteit voor een smaragdgroene kleur (afb. 1).



Afb. 1.
Tsavoriet uit de Merelani-heuvels in Tanzania.
Foto: Spectra Minerals.

Een 'nieuwe' edelsteen

De meeste edelstenen zijn al honderden of zelfs duizenden jaren bekend, maar tsavoriet werd pas in 1967 ontdekt. Geen wonder, want stenen van edelsteenkwaliteit van meer dan 2 karaat (één karaat is 0,2 g) zijn zeldzaam; bovendien is tsavoriet vrijwel al-

leen bekend uit oostelijk Afrika, vooral Tanzania. Overigens zijn er inmiddels ook vindplaatsen bekend bij Tiliuara op Madagascar en in Queen Maud Land op Antarctica en ook in Pakistan schijnen enkele kleine voorkomens te zijn. Het was de Britse geoloog en edelstenen'jager', Campbell Bridges, die in 1967 een



Afb. 2. Een tsavorietkristal op grafiet, afkomstig uit het Melatani-gebergte in Tanzania. Foto: Gemsociety.