

Literatuur

A.W. Rowe, 1899, Q.Jl. Geol. Soc. London, 55, 494-547, pls 35-39.
K.A. Kermack, 1954, Phil. Trans. Roy. Soc. London, B.237, 375 - 428, pls 24 - 26.
D. Nichols, 1959, Phil. Trans. Roy. Soc. London B.242, 347 - 437, pl 9.
R.C. Moore, ed., 1966, Treatise on Invertebrate Paleontology, Part U, Echinodermata 3, Vol. 1 and 2.
G. Ernst, 1970, Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 39, 117 - 135.

R.B. Stokes, 1975, Mem. Mus. nat. Hist. nat. C 31, 94pp, 12pls.
M. Fouray, 1981, Ann. de Paléontologie, vol. 67, fasc 2, 81 - 134.
A.B. Smith, 1984, Echinoid Palaeobiology, George Allen & Unwin Ltd, London.
A.B. Smith, C.R.C. Paul, A.S. Gale & S.K. Donovan, 1988, Bull. of Brit. Museum, Geol. Series, Vol. 42.
J. Geys, 1988, Spirifer, 12, 49 - 53.
F. Michel, 1988, les Côtes de France, ed. BRGM, Orléans.
J. van Diggelen, 1989, Krijtzeëgels aan de Boulonnais-kust (Fr.), Gea, vol. 22, nr. 2, 33 - 43.

Kieftiet, een nieuw Nederlands mineraal

door Marek Zakrzewski *)

Op 9 juli 1992 vond op de Faculteit der Aardwetenschappen van de Vrije Universiteit een bijzondere bijeenkomst plaats. Vrienden en kennissen van Dr. Kees Kieft waren gekomen om hem te feliciteren met het feit dat hij precies 40 jaar geleden de doctortitel verkregen had. De aanwezigen konden ook een wereldpremière beleven, namelijk de presentatie van een nieuw mineraal: KIEFTIET. Deze werd verzorgd door een verenigd team van geologen (René Dobbe, Wim Lustenhouter en Marek Zakrzewski van de VU) en van kristallografen (Kees Goubitz, Jan Fraanje en Henk Schenk van de Universiteit van Amsterdam). Een wetenschappelijke publikatie over kieftiet is verschenen in *The Canadian Mineralogist*, maar de eerste melding over het nieuwe mineraal was te lezen in "GeoScoop" - magazine van het Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam. Naar aanleiding daarvan heeft Ludo Hellemans in "Intermediair" gesteld, dat "Niemand zat te wachten op kieftiet". Hieronder een interview van Marek Zakrzewski met zichzelf over de gang van zaken rond de ontdekking en de identificatie van een nieuw mineraal en de betekenis ervan.

Nog een mineraal? Er zijn er al zo veel, denkt misschien een jonge student, die tijdens het "stenen"-practicum worstelt met de ontelbare mineralen, hun onuitsprekbare namen en hun ellenlange formules. Geen nood, het nieuwe mineraal komt in zulke kleine hoeveelheden voor, dat het gegarandeerd niet toegevoegd wordt aan de bovengenoemde collectie. De naam is eenvoudig, tenminste voor Nederlanders, want voor anderen wordt het uiteraard "kiëftait" of zoiets, en de chemische formule kan bijna niet simpeler: CoSb_3 .

Hoe is het om nieuwe mineralen te vinden?

Ik denk dat het net zo boeiend is voor ons als het vroeger was voor chemici die op jacht waren naar nieuwe elementen. Voor geologen zijn mineralen immers de bouwstenen van de wereld. Zowel losse sedimenten, harde gesteenten als ertsen zijn uit mineralen samengesteld. Het is dan ook belangrijk om alle soorten "bouwstenen" te kennen. Het is natuurlijk een grotere eer om één van de 100 soorten te vinden dan één van de 1.000 of 10.000, maar aan de andere kant is het zo dat je voor het ontdekken van een nieuw element er maar 100 moet elimineren, terwijl er al 3.500 mineralen bekend zijn, en daar komen er jaarlijks tussen de 50 en 80 bij.

Toepassing van nieuwe onderzoeksmethoden op erkende mineralen zorgt ervoor dat jaarlijks ca. 20 mineralen ongeldig worden verklaard. Zo is bijvoorbeeld gebleken, dat MOLENGRAAFFIET (van het Molengraaff-fonds) identiek was aan een ander mineraal. Een recent voorbeeld is de ontdekking met de hoge resolutie elektronenmicroscopie, dat STARINGIET een georiënteerde vergroeiing is van twee andere mineralen.

Af en toe wordt ook de nomenclatuur van een bepaalde groep van mineralen onder de loep genomen; daarbij worden overbodige namen afgevoerd, zoals bijvoorbeeld RIJKBOERIET. Dat op dit gebied meer "schoonmaak" nodig is toont de lijst van rond 15.000 overbodige mineraalnamen.

Hoeveel nieuwe mineralen kan men nog verwachten?

Een index van anorganische verbindingen telt ca. 60.000 entrees. Veel van de nieuw ontdekte mineralen hebben hun reageerbuis-"broetjes"; zo was bijv. CoSb_3 al in 1956 gesynthetiseerd. Het merendeel van de anorganische stoffen heeft echter een "geologisch onwaarschijnlijke" combinatie van elementen, en/of zijn gebakken in "geologisch onwaarschijnlijke" fysische omstandigheden. Merk echter op, dat "onwaarschijnlijk" in de geologie nooit "onmogelijk" betekent. Er zijn ettelijke voorbeelden van die "onmogelijke" mineralen die een complete verrassing voor chemici vormden.

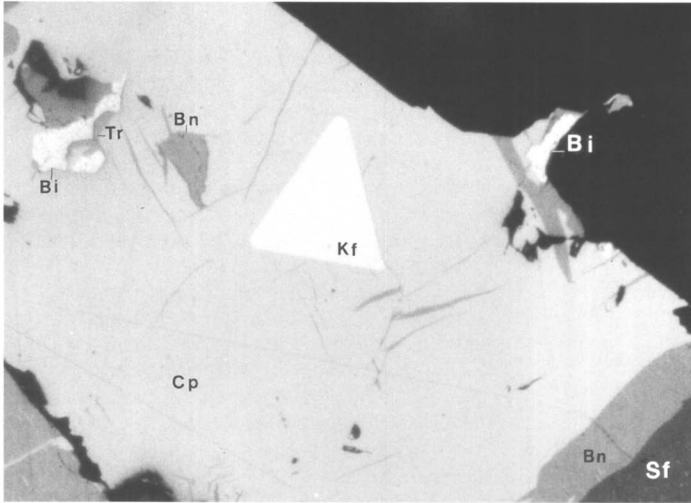
Hoe ontdek je een nieuw mineraal?

De meest produktieve systematicus onder de mineralogen is Dr. P.J. Dunn. Hij werkt in het Smithsonian Institution in Washington, D.C., en hij beschrijft 10 tot 20 nieuwe mineralen per jaar. Hij vindt ze in de laden van zijn museum. In Amsterdam was het ontdekken van een nieuw mineraal meestal een nevenproduct van gedetailleerd paragenetisch onderzoek aan verschillende ertsafzettingen. Daaraan gingen veldwerk, bemonstering en langdurige microscopie vooraf.

Wie zijn wij?

De Amsterdamse ertsgeologen Oen Ing Soen, Ernst Burke en Kees Kieft hebben een dozijn nieuwe mineralen beschreven. Later zijn Wim Lustenhouter en Marek Zakrzewski ook tot deze exclusieve club toegetreden. Recentelijk zijn de grijsharige 50-plussers met een jonge ertsgeoloog, AIO-onderzoeker (intussen al gepromoveerd) Dr. René Dobbe, versterkt.

*) Dr. M. Zakrzewski is verbonden aan het Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam



Afb. 1. Kieftiet onder de opvallend-lichtmicroscopie. Kf = kieftiet; Bi = gedegen bismut; Bn = borniet; Cp = chalcopryiet; Sf = sfaleriet; Tr = tetraëdriet. De langste zijde van de kieftiet meet 70 µm.

Waarom in ertsafzettingen?

Dat is te verklaren door de buitengewoon hoge concentraties van zeldzame elementen in die lichamen, en door de bijzondere aandacht die een ertsmineraloog moet hebben voor accessorische mineralen. Immers, de aanwezigheid van bijv. een goudmineraal in hoeveelheden van slechts rond 0,01 vol % kan een economisch winbare concentratie betekenen. Verder verschaft onze basistechniek, de opvallend-licht-microscopie, minder nauwkeurig informatie dan de doorvallend-licht-microscopie, en daarom zijn wij eerder geneigd om eigen waarnemingen met een andere methode te controleren. Dat kan met de voorbeelden van kwarts, het meest verspreide transparante mineraal, en pyriet, het meest voorkomende ertsmineraal, uitgelegd worden.

Als een mineraal de eigenschappen vertoont van kwarts, dan twijfelt een petroloog niet meer, want het is inderdaad ook praktisch altijd kwarts. Maar als wij een mineraal met de eigenschappen van pyriet zien, dan weten wij dat er ook nog mineralen zijn die sterk op pyriet lijken, en dan moeten we gaan controleren. De bijna-zekerheid voor kwarts blijft óók "bijna", want als door een gril van de natuur de concentratie van germanium plaatselijk hoger is dan die van silicium (geologisch zeer onwaarschijnlijk), dan zou theoretisch in plaats van kwarts (SiO₂) de verbinding GeO₂ kunnen ontstaan waarvan de structuur en de optische eigenschappen identiek zijn aan die van kwarts.

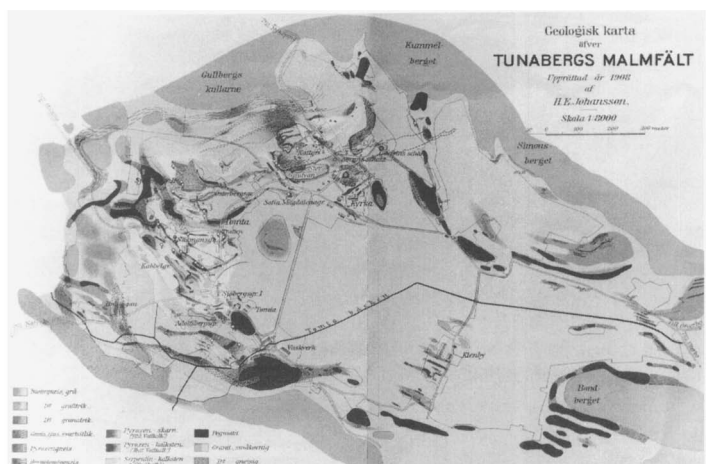
Het bijna-onmogelijke is bewaarheid geworden. In Argut, in de Franse Pyreneeën, is een kleine mineralisatie gevonden waarin de vervanging van silicium door germanium in de structuur van een aantal mineralen kenmerkend is. Ook de verbinding GeO₂ is daar gevonden, maar Raman-spectroscopie toonde aan dat dit mineraal, argutiet, analoog is met rutiel (tetragonaal), en niet met de hexagonale kwarts.

Het is soms een vorm van intuïtie (een verkaptte vorm van ervaring) of een bijzonder waarnemingsvermogen om een mineraal, dat je wel thuis kan brengen, nog eens nader te onderzoeken. René Dobbe had zo'n inval en analyseerde een verdachte "pyriet" in kobaltertsen uit Tunaberg, die al snel een nieuw mineraal bleek te zijn. Afb. 1.

Tunaberg? Waar ligt dat? Waarom daar?

Tunaberg is een oude, verlaten mijn in zuidelijk Zweden. De oudste gegevens erover dateren van 1420, toen de mijn koper-ertsen produceerde. Rond 1800 begon men ook kobaltertsen te ontginnen. Het was een kleine mijn, die ca. 1.500 ton koper en ca. 60 ton kobalt leverde. Maar onder mineralogen is Tunaberg een grote naam, bekend als vindplaats van 's werelds grootste en mooiste kristallen van cobaltien (CoAsS).

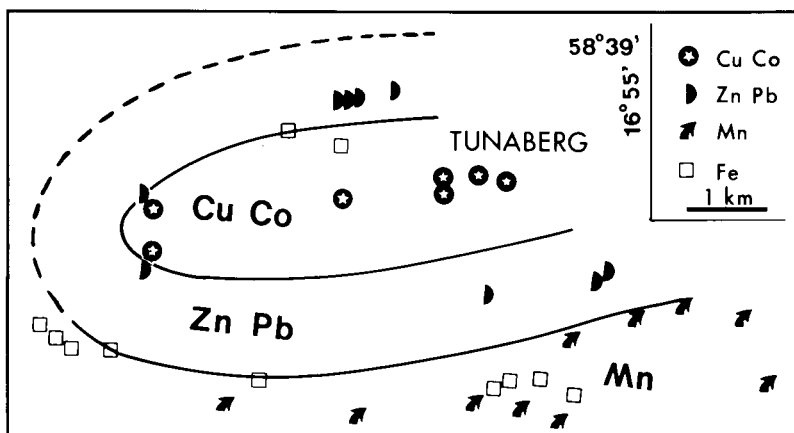
Afb. 2. Oude geologische kaart van het Tunaberg-gebied, schaal ongeveer 1 : 15.000.



Tunaberg ligt in het zuidoostelijk deel van de Bergslagen Metallogenetische Provincie, een geologische eenheid van rond de 100.000 km², die gekarakteriseerd wordt door de aanwezigheid van ontelbare ertsvoorkomens van vulkanosedimentaire oorsprong. Het is een heuvelachtig gebied met veel meren, sterk bebost met daarin bosbessen, frambozen, vossenbessen, steenbessen en paddestoelen, echt iets voor mensen die van de natuur en van witte Scandinavische nachten houden. Dun bevolkt, je ziet vaker een eland of een hert dan een mens. Geen disco's of café's. Wij begonnen daar in 1972 met veldwerk, en in de afgelopen 20 jaar heb ik er ongeveer 100.000 km afgelegd in mijn camper om er rond 400 ertsvoorkomens te bezoeken. Oude mijnen en storthopen zijn bemonsterd, en thuis zijn rond 3.000 microscopische preparaten onderzocht. Dit was maar verkenningswerk, dat aanleiding gaf tot het formuleren van een synthetisch model, dat objecten aanwees voor echt gedetailleerd onderzoek. In één van de preparaten uit Tunaberg kon ik meer dan 30 ertsmineralen determineren, met daarin elementen die bijna nooit met elkaar voorkomen. Er bestond een vrij gedetailleerde geologische kaart (afb. 2), die een karakteristieke zonering aangaf. Afb. 3. Deze gegevens zetten Tunaberg op een hoge plaats op mijn prioriteitenlijst. Deelname van studenten in onderzoekprojecten van de staf is ook in de vakgroep Petrologie-Isotopengeologie een traditie, en toen in 1988 de derdejaars-studenten Martine Dielhof en René Dobbe zich aanmeldden, konden zij direct in het Tunaberg-gebied beginnen. De resultaten van het doctoraal veldwerk waren zo veelbelovend dat René als assistent in onderzoek (AIO) met een proefschrift over dit gebied kon doorgaan en in 1994 promoveren.

Een nieuw mineraal, wat nu?

Trouwe lezers van Gea kunnen zich misschien nog herinneren dat Ernst Burke in 1986 antwoord gaf op deze vraag. Een mineraal wordt gekenmerkt door een unieke combinatie van chemische samenstelling en kristalstructuur. Verder moeten de onderzoeksresultaten van een nieuw mineraal erkend worden door een internationale commissie. Voor het bepalen van de chemische samenstelling wordt in ons instituut sinds meer dan 25 jaar de elektronen-microsonde gebruikt. Dr. C. (Kees) Kieft heeft jarenlang de leiding gehad over dit zeer dure instrument. Hij heeft ook de principes van de analyse met de microsonde bijgebracht aan Wim Lustenhouwer. Die heeft het nieuwe, door René ontdekte mineraal geanalyseerd. De gevonden samenstelling, CoSb₃, was onder de erkende mineralen onbekend, maar om het als een nieuw mineraal te identificeren moest de structuur nog bepaald worden. Het analytische vermogen van een microprobe is groot.



Afb. 3. Metaal-zonering rond Tunaberg.

Wij zijn in staat om korreltjes van rond de 10 μm in een preparaat nog vrij nauwkeurig te analyseren. Maar voor het bepalen van de structuur moet een korrel van rond de 100 μm bevrijd worden uit het preparaat. Deze discrepantie in analytisch vermogen is de oorzaak van een lange lijst van onbekende mineralen die te klein zijn voor structureel werk.

De structuur van mineralen wordt bepaald met röntgendiffractie. In ons instituut zijn wij in staat om van korreltjes van rond de 50 μm diffractiepatronen te produceren. Dit is mogelijk dankzij twee uitvindingen van Rob Verschure, een microboor en een speciale röntgencamera. Voor de identificatie van mineralen is zo'n diffractiepatroon voldoende, maar voor het karakteriseren van een nieuw mineraal is het ten zeerste gewenst om ook de positie van de atomen in het kristalrooster te bepalen. Dit specialistische en tijdrovende werk is op zeer korte termijn uitgevoerd door kristallografen van de UvA: Prof. Henk Schenk en zijn medewerkers Kees Goubitz en Jan Fraanje. In het geval van ons nieuwe mineraal hebben zij aangetoond dat het identiek is aan synthetisch CoSb_3 , en dat de verdeling van de atomen analoog is aan die van skutterudiet, CoAs_3 . (Afb. 4).

Wie wacht er op kieftiet?

In een recente publikatie in "Intermediair" wordt deze vraag gesteld. Men doelt hiermee op een meer principiële probleem: is het maatschappelijk verantwoord om mineralogisch onderzoek en

Peru en op Sumatra ontgonnen.

Zoals reeds opgemerkt was de stof CoSb_3 in 1956 gesynthetiseerd. Het gebeurde in het kader van onderzoek naar geschikte paramagnetische stoffen. De eigenschappen van CoSb_3 zijn toen onderzocht en vastgelegd in een wetenschappelijke publikatie. Er is echter een parameter die niet kan worden bepaald, of alleen bij grote benadering: namelijk de stabiliteit van de stof en zijn eigenschappen in verloop van tijd. Het vinden van kieftiet, de natuurlijke CoSb_3 die circa 1800 miljoen jaar oud is, bewijst de grote stabiliteit van de stof. Onderzoek naar magnetische eigenschappen van kieftiet zal de stabiliteit van deze bepalen.

Het kan gesteld worden dat het zoeken van nieuwe mineralen en het beschrijven ervan niet alleen van belang is voor de geologie maar ook voor de vastestof-fysica, voor de scheikunde en de industrie.

Kieftiet, hoe komt een mineraal aan zijn naam?

In tegenstelling tot paleontologen, noemen mineralogen nieuwe soorten niet naar zichzelf. Maar de ontdekker van een nieuw mineraal heeft traditioneel het recht om een naam voor te stellen. Geadviseerd wordt een mineraal te noemen naar zijn vindplaats, bijv. "tunabergiet", of naar zijn samenstelling, bijv. "cosbiet", of naar een onderzoeker die een belangrijke bijdrage leverde aan "De Wetenschap". In ons geval was het niet moeilijk. Kees Kieft is een erkende autoriteit op het gebied van microsonde-analyse. Hij werkte jarenlang zelf in de ertsexploratie en later aan ertsmineraal-paragenesen, en ontdekte een aantal nieuwe mineralen. Toen Kees met de VUT zijn loopbaan beëindigde, vond hij dat een afscheidscadeau in de vorm van een nieuw ertsmineraal met zijn naam wel op zijn plaats was. Onze mening is gedeeld door de Commissie voor Nieuwe Mineralen en Mineraalnamen van de Internationale Mineralogische Associatie (IMA), een panel van 22 mineralogen. In een dubbele stemming over de erkenning van het nieuwe mineraal en over de door ons voorgestelde naam heeft de commissie unaniem en zonder onthoudingen "ja" gestemd. Het nieuwe mineraal kan bijgevoegd worden in de lijst van mineralen die genoemd zijn naar andere beroemde Nederlanders. Het is een leuk gezelschap:

WILLEMIET voor Koning Willem I (1772-1843), beschreven door Lévy (1830);

STARINGIET voor Winand Carel Hugo Staring (1808-1877), door Burke, Kieft, Felius & Adusumilli (1969), maar zoals reeds gemeld is dit mineraal niet meer geldig; hetzelfde is gebeurd met "troostiet" genoemd naar Gerard Troost (1776-1850) door Shephard (1832), met "molengraaffiet" genoemd naar Gustaaf Adolf Frederik Molengraaff door Brouwer (1911) en met "rijkeboeriet" genoemd naar A. Rijkeboer door Van der Veen (1963).

Wel nog geldig zijn:

VANTHOFFIET genoemd naar Jacobus Hendricus van 't Hoff (1852-1911) door Kubierschky (1902);

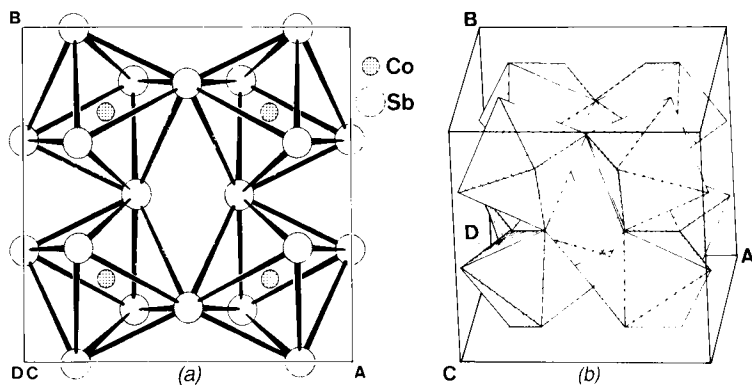
RETGERSIET genoemd naar Jan Willem Retgers (1856-1896) door Frondel & Palache (1948);

WESTERVELDIET genoemd naar Jan Westerveld (1905-1962) door Oen, Burke & Kieft (1972),

Abstract

Kieftite, CoSb_3 , is a new mineral species from the Tunaberg Cu-Co-sulfide skarns, southeastern Bergslagen, Sweden. It occurs as large (up to 400 μm) tin-white subhedral to euhedral crystals in chalcopyrite, associated with bornite, galena, native bismuth, native silver, dyscrasite, gudmundite and tetrahedrite. The mineral is opaque with a high metallic luster, grey streak, and conchoidal fracture. The calculated density D_x for CoSb_3 is 7.63 gcm^{-3} ($Z=8$); $VHN_{100} = 420-514$. In reflected plane-polarized light the mineral is white and isotropic. Reflectance values (nm, %) 470, 59.0; 546, 58.7; 589, 58.7; 650, 58.7. The average of 30 electron-microprobe analyses gives (in wt.%): Co 12.8, Ni 0.7, Fe 0.3, Cu 0.2, Sb 85.8, Cl 0.3, sum 100.1. The average chemical formula is $(\text{Co}_{0.91}\text{Ni}_{0.05}\text{Fe}_{0.02}\text{Cu}_{0.02})_{\Sigma 1.00}(\text{Sb}_{2.97}\text{Cl}_{0.03})_{\Sigma 3.00}$, or ideally CoSb_3 . Crystal structure determination shows kieftite to be isostructural with synthetic CoSb_3 and skutterudite CoAs_3 ; the cell is cubic, space group $I\bar{m}3$ (No. 204), $a = 9.0411(3)$ Å, $V = 739.03(4)$ Å³. The strongest eight X-ray powder-diffraction lines [d in Å (hkl)] are 2.859(10)(310), 2.416(6)(321), 2.022(8)(420), 1.773(6)(510), 1.551(6)(530), 1.333(7)(631), 1.051(6)(750), and 0.933(8)(932). The name honors Dr. Cornelis Kieft for his contributions to ore mineralogy.

Voorbeeld van een wetenschappelijke mineraalbeschrijving



Afb. 4. Links: Een c-as projectie van de kristalstructuur van kiefitiet, met de coördinatie van de ionen.

Rechts: Driedimensionale kristalstructuur met de verbinding van de oktaëders.

UYTENBOGAARDTIET genoemd naar Wim Uytenbogaardt door Barton, Kieft, Burke & Oen (1978);

KIEFTIET genoemd naar Kees Kieft door Dobbe, Lustenhouwer, Zakrzewski, Goubitz, Fraanje & Schenk (1994).

Literatuur

M.D. Barton, C. Kieft, E.A.J. Burke and I.S. Oen (1978): Uyttenbogaardtite, a new silver-gold sulfide. *Canadian Mineralogist*, vol. 16, pp. 651-657.

E.A.J. Burke, C. Kieft, R.O. Felius and M.S. Adusumilli (1969): Staringite, a new Sn-Ta mineral from north-eastern Brazil. *Mineralogical Magazine*, vol. 37, pp. 447-452.

E.A.J. Burke (1986): Een nieuw mineraal, maar wat nu? *Gea*, vol. 19, pp. 77-80.

R.T.M. Dobbe, W.J. Lustenhouwer, M.A. Zakrzewski, K. Goubitz, J. Fraanje and H. Schenk (1994): Kieftite, CoSb_3 , a new member of the skutterudite group from Tunaberg, Sweden. *The Canadian Mineralogist*, vol. 32, pp. 179-183.

L.A. Groat, A. Putnis, S.A. Kissin, T.S. Ercit, F.C. Hawthorne and R.V. Gaines (1994): Staringite discredited. *Mineralogical Magazine*, vol. 58, pp. 271-277.

L. Hellemans (1993): Niemand zat te wachten op kiefitiet. *Intermediair*, 29e jaargang, no 47, p. 27.

I.S. Oen, E.A.J. Burke, C. Kieft and A.B. Westerhof (1972): Westerveldite $(\text{Fe,Ni,Co})\text{As}$, a new mineral from La Gallega, Spain. *American Mineralogist*, vol. 57, pp. 354-363.

Trapiche-smaragd, een zeldzaam fenomeen

door Wilma van der Giessen, F.G.A., G.G.

De schitterend groene smaragd is een van de kostbaarste edelstenen. Hij is een variëteit van het mineraal beryl, een beryllium-aluminium-silicaat met de formule $\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})$. Voor de kleur is hoofdzakelijk het element chroom (Cr) verantwoordelijk, maar sommige smaragden kunnen ook door vanadium (V) gekleurd zijn of door een combinatie van deze beide elementen.

Het mineraal beryl kristalliseert volgens het hexagonale systeem. De kristallen van smaragd zijn meestal eenvoudige hexagonale prisma's met basispinacoïde. Minder vaak treffen we kristallen aan als hexagonaal prisma met hexagonale bipiramide, waarvan de vlakken zeer klein zijn (afb. 1).

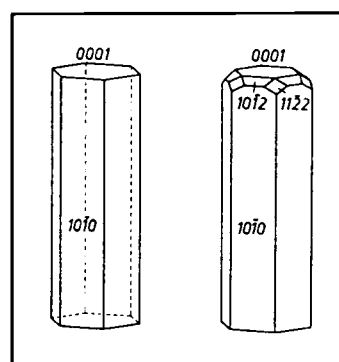
De trapiche-smaragd

Smaragd kan een bijzonder verschijnsel vertonen, dat *sectorzoning* heet. Smaragden die deze sectorzoning vertonen noemt men trapiche-smaragden. Dit type is een echt *collector's item*, dat we zelden in juwelen gezet aantreffen. Trapiche-smaragden komen voor in beperkte gebieden van Columbia (Muzo en Chivor) en Brazilië (Goyás).

De trapiche-smaragd werd in 1879 door Bertrand ontdekt. Vanwege zijn tandradachtige structuur dankt deze smaragd zijn naam aan het Spaanse woord voor een tandradvormig gereedschap, dat wordt gebruikt om suikerriet te persen.

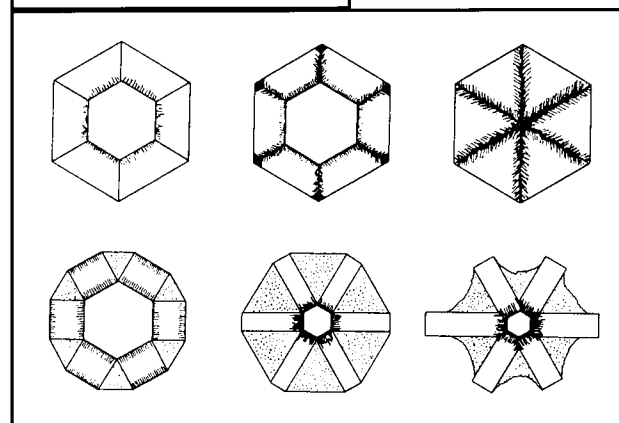
Een andere Spaanse naam was *gemelo*, omdat men deze kristallen voor tweelingen hield.

Met name R.L. Codazzi (1915) vergeleek de vorm met aragoniet-tweelingen, waarin orthorhombische kristallen elkaar zodanig kruisen, dat zij met elkaar een pseudo-hexagonaal prisma vormen.



Afb. 1. Enkele kristal-tekeningen van beryl.

Onderzoekingen, verricht door Pogue (1916), F. Bernauer (1926), en K. Nassau en K.A. Jackson (1970), hebben bewezen, dat het bij trapiche-smaragden gaat om één enkel kristal, waarin lagen van



Afb. 2. Enkele vormen van trapiche-smaragden. (Naar Nassau en Jackson)