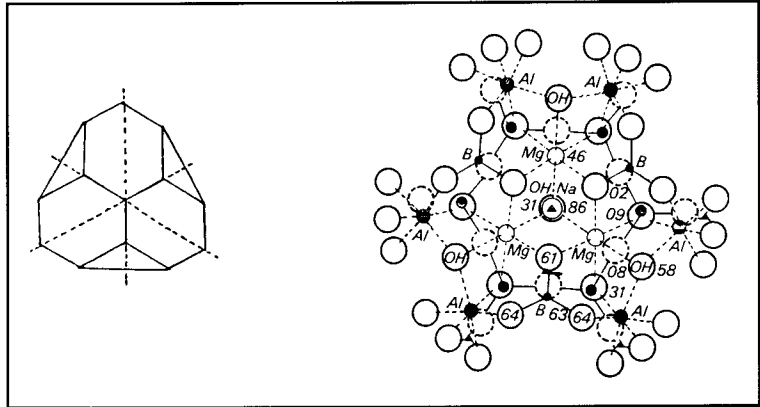


## Wat merken we van de chemie?

De chemische samenstelling bepaalt voor een groot deel het uiterlijk van het mineraal. Enkele voorbeelden: De inosilicaten, pyroxenen en amfibolen, hebben allemaal een karakteristieke langgerekte vorm (afb. 12). Deze wordt veroorzaakt door de lintvormige silicaatstrengen die zij aan zij verbonden zijn door metaal-ionen. Bij de inosilicaten vormen de silicaatlinten de "ruggegraat" van het kristal, net zoals bij de phyllosilicaten de plaatvormige silicaatstructuur dat is. De ruggegraat van een silicaat kapot maken kost veel moeite, terwijl evenwijdig aan de silicaatlinten en -vlakken de kristallen heel makkelijk uitelkaar vallen. Dit uit zich in bepaalde richtingen in een kristal waarin het goed kapot gaat ofwel splijt. Inosilicaten splijten goed in de richting van de silicaatlinten. Hetzelfde effect zien we bij de phyllosilicaten. Het is u misschien wel eens opgevallen dat biotiet of muscoviet heel makkelijk te splijten is in flinterdunne laagjes. De silicaatstructuur bestaat uit tweedimensionale platen, onderling verbonden door platen metaalionen. Deze platen liggen evenwijdig aan de splijtvlakken. Het is veel moeilijker om de platen door te breken, dan ze van elkaar af te splijten. Nesosilicaten en tektoosilicaten hebben geen silicaatstructuur die een bepaalde voorkeursrichting geeft. Vandaar dat deze kristallen een meer compacte, blokkige vorm hebben. Dit is duidelijk te zien bij olivijn- en bij veldspaatkristallen (afb. 11). Bij de cyclosilicaten als beryl en toermalijn is heel goed de zes- en drietallige symmetrie-as die het  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$  molecuul heeft, te zien in de kopse aansnede van de kristallen (afb. 13).

Tot zover de vorm van de kristallen. Ook de kleur van mineralen wordt bepaald door de chemie. Er zijn verschillende elementen, die een duidelijke kleur aan een mineraal geven. Het meest voorkomende kleurende element is ijzer. Het veroorzaakt een bruine of groene kleur. In biotiet is er een willekeurige verhouding van magnesium en ijzer mogelijk. Wanneer er alleen magnesium aanwezig is, het mineraal heet dan flogopiet, is het mineraal kleurloos. Pure magnesium-flogopiet komt voor in sommige marmers. Wanneer er maar een beetje ijzer in de mica zit, zal deze bruin gekleurd worden. De naam is dan nog steeds flogopiet. Het pure ijzereindlid van deze **mengreeks** heet anniet en is zwart. Omdat het moeilijk is om uit het handstuk de precieze chemische samenstelling te achterhalen, wordt een donker bladspijgend mineraal aangeduid met de naam biotiet als hij zwart is en flogopiet als hij bruin tot kleurloos is. Bij amfibolen treedt dezelfde vervanging van magnesium en ijzer op. Ook hier is het aan de kleur te zien of het het magnesiumrijke tremoliet betreft, deze is kleurloos. Met een beetje ijzer in het kristalrooster wordt de kleur al snel groen en noemen we het aktinolit.



Afb. 13. Kopse snede en moleculaire structuur van toermalijn. In beide is de drietallige symmetrie terug te vinden.

Voor geologen kan een specifieke kleur van een mineraal (en op die manier de chemie) aanwijzingen geven over de ontstaansomstandigheden. In de amfiboolgroep kan zoals gezegd een vervanging van  $\text{Ca} + \text{Mg} \rightarrow \text{Na} + \text{Al}$  voorkomen en zo glaucofaan vormen. Dit mineraal kan ontstaan bij zeer hoge drukken. Het typische kenmerk van dit mineraal is, dat wanneer bovengenoemde vervanging plaats vindt, de kleur van de amfibool blauw-paars wordt. Een langwerpige, goed splijtende, blauw-paars mineraal kan dus duiden op een zeer hoge druk waaraan het gesteente blootgesteld heeft. Dezelfde vervanging kan (ook bij hoge druk) bij pyroxenen plaats vinden. De kleur van het dan gevormde jadeïet is groen.

De chemie van mineralen is een ingewikkelde zaak, die met enige natuurkundige en scheikundige achtergrond in een aantal wetmatigheden is te vangen. Ik hoop met dit verhaal iets van de chemische sluier van de mineraalformules opgeheven te hebben. Voor systematische verzamelaars van silicaten is het goed mogelijk om een collectie in te delen op grond van de verschillende complexe silicaationen. Op grond van de formule is het vaak mogelijk om de silicaten in een bepaalde groep te plaatsen.

## Literatuur

Deer, W.A., Howie, R.A. en Zussman, J. (1985): An introduction to the rock forming minerals (15e druk); Longman Group Ltd, London.

Winchell, A.N. en Winchell, H. (1964): Elements of optical mineralogy, Part 2: Descriptions of minerals (4e druk); Wiley & Sons, New York.

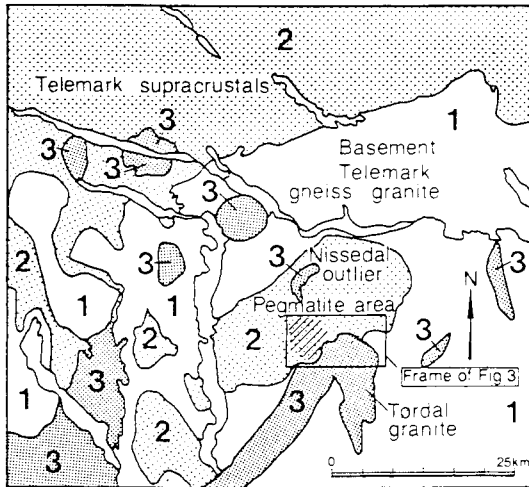
## Enkele interessante Noorse mineraal-voorkomens

### Bazziet, van een pegmatiet in Tørdal (Telemarken)

door Ronald Werner

Wie de Gea-special over Noorwegen (1994, nr. 1) erop naslaat, zal daar op pag. 24 een foto van een fraai blauw mineraal aantreffen. Het zeldzame mineraal *bazziet* lijkt als twee druppels water op aquamarijn, maar bevat een hoog gehalte scandium, dat in de plaats treedt voor

aluminium. Scandiummineralen zijn wereldwijd zeer zeldzaam, en daarom verdient de ontdekking van een pegmatiet waar alle blauwe "beryl" niet aquamarijn maar *bazziet* blijkt te zijn, de speciale aandacht van zowel verzamelaars als wetenschappers.



Gebied in het Precambrium van Z-Noorwegen

- 3** Syn- en postorogene granieten (960-850 Ma), m.n. Tørdal-graniet
- 2** Telemark supracrustalen, o.a. de Nissedal Outlier (1300-1200 Ma)
- 1** Ondergrond, Telemark-gneisgraniet (1520-850 Ma).

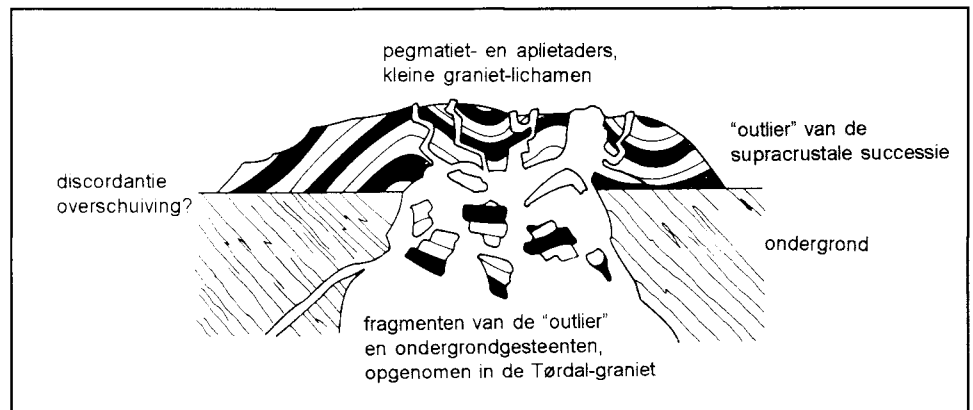
### Het Tørdal-district

De Tørdal-pegmatietgroeven in het Nissedal behoren tot de meest bezochte vindplaatsen in Noorwegen, en bieden zowel beginnende als gevorderde verzamelaars zeer goede mogelijkheden om pegmatietmineralen te vinden. Deze variëren van eenvoudige mineralen zoals amazoniet, lepidoliet, topaas en beryl tot zeldzaamheden als ytrotantaliet, fluoceriet-(Ce) en tveitiet-(Ce) (typelokaliteit). Echter, in het Nissedal-gebied bevinden zich nog vele honderden pegmatieten, die niet in exploitatie zijn genomen. Gedurende een tien jaar geleden uitgevoerd prospectieprogramma voor tin werd in een van deze pegmatieten - de Heftetjern-pegmatiet genoemd - een spectaculaire vondst van bazziet en andere scandium-bevattende mineralen gedaan.

### Geologie

Het Nissedal-gebied bestaat uit een serie van vulkanisch-sedimentaire supracrustale gesteenten met een ouderdom van 1300-1200 Ma (= miljoen jaar): amfibolieten, gabbro's, tuffen, etc., de zogenoemde "Nissedal Outlier" (\*). Deze gesteenten bevinden zich op, en ten dele grenzen ze aan granitische gneizen van de Precambriese ondergrond. Ze werden geïntroduceerd door de Tørdal-graniet (960-850 Ma), die de bron is van de pegmatitische oplossingen. Afb. 1 en 2. Een theorie voorgesteld door Bergstøl & Juve (1988) gaat ervan uit dat de pegmatitische oplossingen, terwijl zij omhoog stegen door de gesteenten van de "Nissedal Outlier", hieruit scandium oplosten. In het bijzonder de mafische gesteenten van de "outlier" bevatten relatief veel scandium (in parts per million gemeten). Zowel de

Afb. 2. Situatie van ondergrond, supracrustale serie, graniet-intrusie en pegmatiet-aders. (Naar Juve en Bergstøl, 1990)



Afb. 1. Geologisch schetskaartje met (omlijnd) het pegmatietgebied in de Nissedal-Outlier (gedetailleerder te vinden in afb. 3). Naar Dons en Jorda, 1978.

Precambriese ondergrond als de Tørdal-graniet hebben normale scandium-gehaltenes.

### De pegmatieten

De Heftetjern-pegmatiet behoort tot een uitgebreid systeem van pegmatietaders, die voortkomen uit de Tørdal-graniet. De pegmatietaders bestaan in de eerste plaats uit rode mikrokliën, witte albiet en kwarts. Plaatselijk bevatten ze delen met cleavelandiet, amazoniet en kwarts.

Het merendeel van de cleavelandiet-amazoniet-pegmatiet bestaat uit twee kristallisatiefasen. In sommige gevallen vertonen de pegmatieten goed ontwikkelde zonering, met een door amazoniet gedomineerde zone tegen het nevengeesteente, en een door kwarts/cleavelandiet gedomineerde kern. In andere gevallen treden de twee kristallisatiefasen willekeurig gemengd op, zonder zonering.

De amazoniet van de eerste generatie is veelal ontwikkeld als "schriftgraniet" tegen het nevengeesteente. In het geval dat zonering ontbreekt, is de amazoniet meestal doortrokken met dunne

aders mikrokliën/cleavelandiet langs kristalvlakken en in breuken. De pegmatiet van de tweede generatie bevat in het algemeen de interessante mineralen.

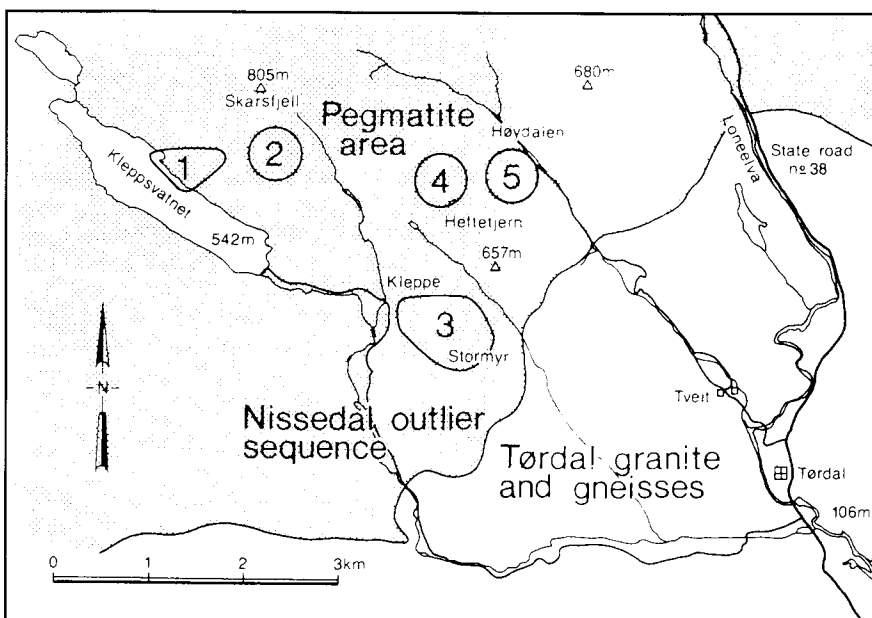
De Heftetjern-pegmatiet vertoont een goed ontwikkelde zonering. Delen van de pegmatiet die bazziet bevatten liggen verspreid over een oppervlakte van 0,5 km<sup>2</sup>. De dikte van de pegmatiet-gangen varieert van 3 tot 40 meter. Afb. 3.

### De scandium-mineralen

Bazziet is het spectaculairste scandiummineraal van de Heftetjern-pegmatiet. De kristallen vormen fraai blauwe prisma's met een maximale lengte van 3 cm. Waarschijnlijk zijn dit 's werelds grootste bazzietkristallen. De gemiddelde grootte van de kristallen ligt tussen de 0,1 en 0,5 cm.

De kristallen zijn eenvoudig ontwikkeld: een combinatie van een enkel hexagonaal prisma en basis. Andere vormen zijn bij mijn weten niet geconstateerd.

\* Een outlier is een gebied, vaak een berg, omringd door oudere ontsluitingen. Hij is door erosie gescheiden van het hoofdgebied van het voorkomen; ook: getuigeberg.



Afb. 3. Schetskaart van het Nissedal-gebied met pegmatietaders. 1. geclaimd tingebied van Kleppsvatn; 2. Skarsfjell-pegmatiet-groeve; 3. molybdeniet-voorkomen van Kleppe; 4. Heftetjern-pegmatiet; 5. Høydalen-pegmatietgroeven. (Naar Juve en Bergstøl, 1990)

De bazziet bevindt zich ingegroeid in veldspaat en kwarts, in directe associatie met gele, normale beryl. In enkele gevallen zijn bazzietkristallen als parallel-epitaxie volgens de C-as op de gele beryl gegroeid. In alle gevallen is de gele beryl tot op zekere hoogte aangegrepen door hydrothermale processen. Een eventuele paragenetische relatie tussen de bazziet en de beryl is niet onderzocht.

De bazziet komt ook voor als onregelmatig gevormde plaatjes in de veldspaat en kwarts, en als microkristallen in vezelige baveniet-aggregaten, een omzettingsprodukt van de beryl. De bazziet bevat gemiddeld 14,5 %  $Sc_2O_3$ . Zoals te zien is in Tabel I, bevat de bazziet bijna 3 gewicht-%  $Cs_2O$ . Dit betekent dat het cesiumgehalte in de eenheidsformule de 0,1 overstijgt, en als cesiumrijke variant zou het mineraal cesium-bazziet genoemd moeten worden.

Vele van de bazzietkristallen zijn gebarsten, vermoedelijk ten gevolge van interne spanningen door de aanwezigheid van insluitingen. Een andere factor zou latere regionale metamorfose in het Nissedal-gebied geweest kunnen zijn.

Bazziet kan niet bepaald worden beschouwd als een overvloedig voorkomend mineraal in de pegmatietgangen van Heftetjern. Desondanks kan Heftetjern één van de rijkste, bekende bazziet-voorkomens in de wereld worden genoemd.

**Ixioliet** wordt gevonden als een scandium-rijke variëteit:  $(Ta, Nb, Sc, Sn, Fe, Mn, Ti)_2O_4$ . De kristallen zijn hoogglanzend zwart met bruine tint, hebben een vierkante dan wel rechthoekige omtrek, en zijn maximaal 0,5 cm groot. Er zijn exemplaren met maximaal 18,8%  $Sc_2O_3$  gevonden. Van 8 geanalyseerde ixioliet-exemplaren bleken er 6 uiterst scandium-rijk te zijn, en werden "scandian ixiolite" genoemd. En omdat scandium in de eenheidsformule een hoofdbestanddeel is, zouden deze monsters als nieuwe mineraal-species aan de IMA/CNMMN kunnen worden voorgelegd. In een persoonlijke communicatie heeft Hr. Bergstøl mij meegedeeld dat hiertoe op dit moment geen plannen bestaan. Vele van de kristallen zijn gebarsten. In sommige gevallen is een roestbruine halo om de ixioliet-kristallen te zien, wat duidt op de aanwezigheid van radioactieve bestanddelen. Gedeeltelijke of complete omvorming van de ixioliet in pyrochloorgroep-mineralen ten gevolge van hydrothermale activiteit in het laatste stadium van kristallisering komt veel voor.

Tabel I. Vergelijking van de samenstelling van bazziet van Heftetjern met bazziet van Kazachstan

Oxide	Heftetjern	Kazachstan
BeO*	14.50	12.90
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.50	14.44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.70	6.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80	0.25
MgO	0.10	0.82
MnO	1.43	1.58
Li <sub>2</sub> O*	0.24	n.a.
Na <sub>2</sub> O	1.60	2.82
K <sub>2</sub> O	0.13	0.22
Rb <sub>2</sub> O	0.25	0.04
Cs <sub>2</sub> O	2.93	0.31
SiO <sub>2</sub>	58.00	58.80
H <sub>2</sub> O**	1.10	2.60
som	101.28	101.04

\* : atoom-absorptie analyse van een "bulk-sample" door G. Faye & A. Flårønning op de Geological Survey of Norway (beryllium), en door I. Rømme op het Norwegian Institute of Technology (lithium).

\*\* : bulk-sample analyse.

n.a. : niet aangetoond.

De bazziet van Heftetjern werd geanalyseerd m.b.v. elektronenmicroprobe door T. Boassen op het Institute of Continental Shelf Research (IKU), Trondheim. De resultaten voor Heftetjern zijn het gemiddelde van drie onderzochte monsters. Bazziet van Kazachstan werd geanalyseerd door Chistyakova et al. (1966).

(Gegevens ontleend aan Juve and Bergstøl 1990, blz. 134.)

Pyrochloorgroep-mineralen van de Heftetjern-pegmatiet hebben de volgende algemene samenstelling:

$(Ca, Sc, Y, Sn, U)_2O_6(O, OH, F)$ . Nadere analyse heeft de aanwezigheid aangetoond van zowel pyrochloor, microliet als betafiet. Dit betreft in alle gevallen metamictie omzettingsproducten van ixioliet. Microliet is veruit de meest frequent voorkomende van deze drie mineralen. Een microliet-monster dat 3,4 %  $Sc_2O_3$  bevat zou in principe als nieuw mineraal aan de IMA/CNMMN voorgelegd kunnen worden. Maar omdat er slechts uiterst minimale hoeveelheden van deze substantie zijn gevonden, is het vrijwel uitgesloten dat dit ooit zal gebeuren.

## De overige mineralen

**Baveniet** komt voor als massieve, radiaalstralige aggregaten van fijn-vezelige kristallen. Het betreft hier een omzettingsprodukt van beryl.

**Bertrandiet** komt voor als uiterst kleine, kleurloze kristallen in holtes van omgezette beryl.

**Beryl** komt voor als groen-gele, hexagonale, prismatische kristallen met een maximale lengte van 30 cm en een diameter van 20 cm. Het merendeel van de beryl-kristallen vertoont overduidelijke tekenen van hydrothermale omzetting.

Mineralen uit de **veldspaatgroep** worden vertegenwoordigd door: massieve, rode **mikroklien**; massieve, kleurloze tot witte **albiet-oligoklaas** met uitgeëtste holtes; xenomorfe, witte tot bleekblauwe **cleavelandiet**, in lamellaire aggregaten; groene **amazoniet**

als kristallen tot maximaal 40 cm, ingebed in kwarts, en als schriftgraniet in contact met het nevengeesteente.

De overige waargenomen mineralen zijn: **allaniet**, **cassiteriet**, **fluoriet**, **gadoliniet**, mineralen uit de **glimmer-groep**, **granaat**, **kwarts**, **magnetiet**, **monaziet** en **zirkoon**.

### Enige geochemische overwegingen

In de aardkorst komt scandium 1000 x zo veel voor als goud, maar aanrijkingen van scandium-mineralen in mineraalvoorkomens zijn wellicht omgekeerd evenredig zoveel zeldzamer. Iedere aanrijking van scandium in een mineraalvoorkomen verdient daarom extra aandacht.

Bestudering van de Heftetjern-pegmatiet heeft recente theorieën over het geochemische gedrag van scandium kunnen bevestigen. Gedurende processen van magmatische differentiatie wordt scandium aangerijkt in de meer mafische gesteentetypes en/of mineralen. Verontreiniging van hydrothermale oplossingen die zulke scandium-rijke gesteenten passeren, lijkt een belangrijk mechanisme te zijn voor het verkrijgen van een aanrijking van scandium-mineralen in een voorkomen. Dit mechanisme werd voor het eerst voorgesteld door V.M. Goldschmidt (1934), naar aanleiding van de thortveitiet-bevattende pegmatieten in het Evje/Iveland-district in Aust Agder.

Verdere studie van de pegmatietaders van Heftetjern betreffende de relatie tussen scandium aan de ene kant, en tin, beryllium en lithium aan de andere kant, kan belangrijke gegevens opleveren voor de prospectie naar dit metaal, dat in de "high-tech" potentiële toepassingsmogelijkheden heeft.

### Conclusie

De ontdekking van een pegmatiet waar alle "blauwe beryl" in plaats van aquamarijn onverwacht bazziet blijkt te zijn, moet ons alert maken voor "blauwe beryl" in het algemeen. Maar daar staat tegenover dat de pegmatietaders nabij Heftetjern de enige zijn in een uitgestrekt pegmatiedistrict waar bazziet te vinden is. En ook in deze aders is bazziet een relatief zeldzaam mineraal. Het lijkt meer dan waarschijnlijk dat scandium-mineralen zeldzaam zullen blijven, dit geldt in het bijzonder voor exemplaren van topkwaliteit. Een ander belangrijk punt is, dat in het verleden de pegmatiet voor nader onderzoek door een aantal explosies ontsloten is. De bazziet-bevattende delen van de pegmatiet zijn daarom al jarenlang voor verzamelaars zeer goed toegankelijk geweest. Ongetwijfeld zijn er verzamelaars geweest die hier bazziet hebben verzameld, terwijl ze dachten dat het aquamarijn betrof. Verzamelaars die in dit gebied zijn geweest doen er goed aan, na te gaan waar precies zijn verzameld hebben.

De pegmatiet-groeven van Høydalen (nr. 5 op afb. 3) zijn van 15 mei tot 1 oktober toegankelijk voor verzamelaars. Hiertoe is het noodzakelijk contact op te nemen met de grondeigenaar Kaj-Peder Tveit (tel. 35 99 82 21). Nabij de groeven bevindt zich een winkel, "Amazonitten" (tel. 35 99 82 00), waar ook nadere informatie over groeve-bezoek te verkrijgen is. En overigens bevindt zich in Drangedal een toerist- en informatiecentrum waar u zeker een brochure kunt vinden.

Ten slotte moet worden opgemerkt, dat in het Nissedal vele honderden pegmatieten aanwezig zijn. De meeste hiervan zijn slechts matig onderzocht, en het is waarschijnlijk dat een diepgaander onderzoek in het gebied nog vele verrassingen zal opleveren.

### Dankwoord

Ik ben de heren S. Bergstøl en G. Juve, de ontdekkers van de bazziet, veel dank verschuldigd voor het leveren van vitale informatie met betrekking tot het onderwerp. Kritische doorlezing van mijn manuscript door de Hr. Juve heeft geleid tot een aantal belangrijke verbeteringen in de tekst, waarvoor ik hem zeer erkentelijk ben.

### Referenties

- Anderson, F. & Berg, H.J.: persoonlijke communicaties met betrekking tot het onderwerp.
- Bergstøl, S. & Juve, G. (1988): "Scandian Ixiolite, Pyrochlore and Bazzite in Granite Pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. A contribution to the Mineralogy and Geochemistry of Scandium and Tin"; *Mineralogy and Petrology* 38: 229-243; Springer-Verlag
- Chistyakova N.B., Moleva V.A., Razmanova S.P. (1966): "The first find of bazzite in the USSR"; *Dokl. Akad. Nauk. SSSR* 169: 1421-1424
- Fleischer, M. & Mandarino, J.A. (1991): "Glossary of Mineral Species"; The Mineralogical Record Inc.
- Goldschmidt, V.M. (1934): "Drei Vorträge über Geochemie"; *Geol. Fören. Stockh. Föhr* 56: 385-427
- Juve, G. & Bergstøl, S. (1990): "Caesian Bazzite in Granite Pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway"; *Mineralogy and Petrology* 43: 131-136; Springer-Verlag
- Ramdohr & Strunz (1978): "Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie"; Enke-Verlag Stuttgart.
- Wilke, H.-J. (1976): "Mineral-Fundstellen Band 4, Skandinavien"; blz. 89-92; Christian Weise Verlag, München.

---

## De smaragd-mijnen van Byrud

door Ronald Werner

---

Aan de oever van het Mjøsa-meer - het grootste meer van Noorwegen - is één van de weinige Europese voorkomens van smaragd in edelsteen-kwaliteit gesitueerd. Gedurende een korte periode rondom de eeuwwisseling werden de smaragden er commercieel ontgonnen door een Engelse mijnbouw-maatschappij. Ten gevolge van de teleurstellende produktiviteit en de te lage kwaliteit van de

smaragd, werden de mijnen na een bescheiden aantal produktie-jaren voorgoed gesloten.

Er gaat een hardnekkig gerucht, dat één van de smaragden in de kroon van de koningin van Engeland afkomstig is van Byrud. De waarheid hiervan heb ik niet kunnen achterhalen. Maar het is zeer zeker waar, dat door de jaren heen duizenden verzamelaars de