

Milarittgruppens mineraler i Norge

Roy Kristiansen

Innledning

Milaritt, $\text{KCa}_2(\text{Be}_2\text{AlSi}_{12}\text{O}_{30}\cdot\text{H}_2\text{O})$, er oppkalt etter Val Milar i Graubünden i de sveitsiske alper (se referanse i Cerny et al. 1980), men dens egentlige typelokalitet er Val Giuf (Sveits). Mineraliet ble opprinnelig beskrevet som en K,Ca-holdig zeolitt og betraktet som identisk med levyn. Den korrekte formelen ble først fastslått av Palache (1931), som også påviste tilstedeværelsen av betydelige mengder beryllium.

Milaritt har en komplisert, men elegant struktur og er typestrukturen for en stor gruppe mineraler (Hawthorne et al. 1991, Boggs 1994). Mulighetene for substitusjoner er mange og i dag er det beskrevet 20 mineraler i denne gruppen, hvorav de fleste er oppdaget de siste 20 årene. Fleksibiliteten i strukturen indikerer at vi fortsatt kan oppdage nye. Gruppen har og blitt kalt osumilittgruppen, men milarittgruppen foretrekkes siden det er rom for flere plasser i strukturen enn i osumilitt. De aller fleste mineralene i milarittgruppen er meget sjeldne, og funnet bare et eller få steder i verden. De vanligste er milaritt, osumilitt og armenitt. Armenitt er riktignok rombisk (pseudoheksagonal), men er plassert i gruppen.

I Norge har vi bare fire mineraler fra gruppen, nemlig armenitt (originalbeskrevet fra Kongsberg (Neumann 1941)), osumilitt (fra Rogaland (Maijer et al. 1977)), milaritt (Ofte dal & Sæbø 1965, Raade 1966, og flere, inkludert en yttriumrik variant, som ennå ikke har navn), og det nylig godkjente, nye mineraliet oftedalitt (Cooper et al. 2005).

Armenitt, $\text{BaCa}_2\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Dette bariummineralet er originalbeskrevet fra Armen gruve på Kongsberg, og bare funnet på en prøve i sin tid (Neumann 1941), men stoffen ble samlet allerede 1877 og var etikettert "epidot?". Et nytt flott funn ble gjort i 1998 i Bratteskjerpet i Saggrenda ved Kongsberg (Nordrum et al. 2003), hvor det ble funnet hvite pseudoheksagonale, prismatiske krystaller opptil 1,6 cm lange, i små druser sammen med krystaller av epidot og axinitt. Full analyse foreligger. Ellers er ikke armenitt et sjeldent mineral lenger, da man nå kjenner det fra forekomster i Canada, Sveits, Skottland, Ukraina, Italia, Tsjekkia og Australia.

Osumilitt, $(\text{K},\text{Na})(\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_2(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_3(\text{Si},\text{Al})_{12}\text{O}_{30}$

Eneste funn i Norge er beskrevet fra Rogaland (Maijer et al. 1977), hvor osumilitt forekommer i en høytemperert metapelittisk bergart nær Vikeså, ca. 2 km fra Bjerkreim/Sokndal-anorthositten. Den er her et bergartsdannende mineral. Osumilitt danner store (1–2 cm) og ofte irregulære krystaller eller krystallaggregater. Mineraliet er fargeløst i tynne splinter, men i større partier har det et fiolettaktig utseende. Det forekommer sammen med kvarts, plagioklas, orthopyroxen, grønn spinel, granat og noe biotitt. Mineraliet er kjent fra mange lokaliteter i utlandet.

Milaritt, $\text{KCa}_2[\text{Be}_2\text{Al}(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]\cdot\text{H}_2\text{O}$

Milaritt er et lav-temperatur mineral av hydrotermal opprinnelse, og typiske krystallisasjonsbetingelser med andre aksessoriske mineraler indikerer at milaritt har krystallisert ved en temperatur under 300 °C. Det er et lav-trykk mineral, som typisk forekommer i druserom eller i sprekker i alpine årer. Milaritt er et aluminium-beryllosilikat med K, Na og Ca, og opptrer ofte sammen med albitt, kalsitt, fluoritt og zeolitter. Fluoritt og kalsitt er også vanlige følgemineraler i alle miljøer.

Milaritt har gjennom årene blitt funnet flere steder i Norge i ulike parageneser, nesten alltid som fargeløse til gule og grønnlige heksagonale krystaller, ofte tett sammenvokste individer, og henimot et par centimeter lange. Bortsett fra noen få unntak har vi ingen klar formening om sammensetningen til norske milaritter. En oversikt over norske milaritt-forekomster er vist i Tabell 1.

Første funn av milaritt i Norge er omtalt av Bjørlykke (se Kvamsdal 1998), og Oftedal & Sæbø (1965) beskriver små milarittkrystaller fra nordmarkitt på Grorud. Disse krystallene er opptil 7-8 mm lange, klare eller grønne (se fargebilde i Kvamsdal 1998, s. 37). Oftedal & Sæbø (1965) rapporterte at yttrium og ytterbium er viktige bestanddeler, og kanskje ennå mer interessant er opptrøden av betydelige mengder scandium.

Raade (1966) beskriver milaritt fra Nedre Lapplægret i Nordland, som hvite skorper av mikroskopiske krystaller (~0.2 mm) på overflaten av beryll. Materiale fra samme lokalitet er senere nevnt i et større arbeide av Cerny et al. (1980) hvor han undersøkte variasjoner i milaritter fra hele verden. Et plottdiagram for celledimensjoner (Fig.6 loc. cit.) viser at "sample 34" (Nedre Lapplægret) ligger noe utenfor majoriteten av prøvene, uten at det sies noe om kjemien.

Berge (1993) beskriver flotte heksagonale krystaller opptil 7 mm fra Himberg pukkverk, Ramnes i Vestfold, hvor mineralet forekommer i miarolittiske druserom i en kjelsåsitt. En tilfeldig krystall jeg valgte ut viste seg å være en yttriumholdig milaritt med noe cerium og neodym! Berge (loc. cit.) beskriver også lys grønne milaritter opptil 8 mm fra miarolittiske druser i nordmarkitt/pulaskitt fra Holtehædde, Rennesik, Hedrum i Vestfold.

Et funn av milaritt fra et lite pegmatittbrudd ved Fuglevika, Stavern ble gjort ved årsskiftet 93/94. Mineralet opptrer som mm-store, lys gule, klare krystaller på hulrom mellom mikroklinkkrystaller sammen med blant annet ægirin, barkevikitt, arfvedsonitt, riebeckitt, fluorapatitt, polyolithionitt og epididymitt. i en ordinær, grovkornet syenittpegmatitt (S. A. Berge, pers. medd. 2005).

Ellers kjenner vi pent materiale av milaritt fra Skolt ved Moss (H. V. Ellingsen, pers. medd.). Blekgrønne til klare milarittkrystaller opptil 5 mm fra Høydalen i Tørdal er tidligere omtalt av Kristiansen (1998). Disse har en normal sammensetning.

Heftetjern i Tørdal er trolig den rikeste milarittforekomst i Norge (Raade & Kristiansen 2000), og her er det gjort mange analyser og undersøkelser. Vi kan skille ut tre forskjellige typer milaritter:

- 1) Milaritt med nokså normal sammensetning er mest vanlig, og en bulkanalyse viste 174 ppm Sc, 682 ppm Rb og 975 ppm Cs (Raade & Kristiansen 2003). Her er det funnet flotte heksagonale krystaller opptil 2 cm i lengde.
- 2) Yttriumrik milaritt med 5–9 % Y_2O_3 . Mineralet er meget sjeldent, og opptrer som ørsmå krystaller eller massive partier.
- 3) Scandiumrik milaritt med 5-7 % Sc_2O_3 . Kun to stuffer eksisterer, og har gitt opphav til et nytt mineral, oftedalitt (se nedenfor).

Tabell 1. Milarittlokaliteter i Norge.

	Lokalitet	Forekomst-type	Referanse
1	Kristiansen-bruddet, Grorud, Oslo	Nordmarkitt	Oftedal & Sæbø (1965), Kvamsdal (1998)
2	Nedre Lapplægret, Nordland	Granitt-pegmatitt	Raade (1966)
3	Brattekleiv, Iveland, Aust-Agder	Granittpegmatitt	
4	Himberg pukkerverk, Ramnes, Vestfold	Kjelsåsitt	Berge (1993)
5	Holtehædde, Rennesik, Hedrum, Vestfold	Nordmarkitt/ pulaskitt	Berge (1993)
6	Skolt, Moss, Østfold	Granittpegmatitt	Ellingsen, pers. medd.
7	Fuglevik, Stavern, Vestfold	Syenittpegmatitt	Berge, pers. medd.
8	Høydalen, Tørdal	Granittpegmatitt	Kristiansen (1998)
9	Heftetjern, Tørdal	Granittpegmatitt	Raade & Kristiansen (2000, 2003)
10	Harestua, Hadeland, Hedmark	Nordmarkitt	Werner (2003)

Yttriumholdig milaritt, $K(\text{CaY})[\text{Be}_3(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$

Yttriumrike milaritter er kjent fra Brazil, Canada og Sverige og tidligere omtalt av Cerny et al. (1991), Cerny (2002) og Nysten (1996). På basis av kjemiske analyser av disse funnene vil substitusjonen med yttrium indikere en trend fra milaritt, $\text{KCa}_2(\text{Be}_2\text{Al})\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$, henimot et endeledd med formel $K(\text{CaY})[\text{Be}_3(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$ med $\text{Ca}:\text{Y} \sim 1,1$, hvilket Hawthorne (2002) bekrefter. Denne substitusjonen erstatter Ca og Al (i samme forhold) med Y og Be. Milaritt har dobbelt så mye Ca som Al, og derfor vil den maksimale substitusjonen resultere i at A-posisjon vil okkuperes av like store deler Ca og Y. Legg merke til at denne sammensetningen har alle karakterer til et endeledd; en posisjon inneholder to kationer i et likt forhold; og alle andre posisjoner inneholder bare en kation eller anion.

Flere prøver fra Heftetjern i Tørdal er analysert, men de aller fleste er normale i sammensetning, med lite eller intet yttrium eller andre sjeldne jordarter. Noen få prøver viser imidlertid et Y(REE)-innhold i størrelsesorden 5–9 % Y_2O_3 . Disse er med andre ord identiske med de yttriumrike milarittene beskrevet av Cerny et al. (1991) og Nysten (1996). Analyse av en liten milarittkrystall fra Heftetjern er oppført i Tabell 2. Heftetjernpegmatitten i Tørdal har etter hvert markert seg med sin eksepsjonelt rike scandiummineralisering, med blant annet to nye species av scandiumminerale, kristiansenitt og oftedalitt, samt fire andre scandiumminerale, bazzitt, thortveititt, cascanditt og scandiobabingtonitt (Bergstøl & Juve 1988, Demartin et al. 2000, Kristiansen 2003, Raade & Kristiansen 2000, Raade et al. 2002).

Flere andre norske milaritter er analysert, men inneholder bare beskjedne mengder sjeldne jordarter (se under milaritt).

Oftedalitt, $\text{ScCaKBe}_3(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})$, IMA no. 2003-45a

Typelokalitet: Heftetjern, Tørdal, Telemark.

Holotype: H04/98 (Canadian Museum of Nature, Ottawa, Canada)

I juli 1998 kontaktet jeg pegmatitologen Petr Cerny (University of Manitoba), som blant annet hadde vært på Heftetjern i 1989, og spurte ham om man kunne tenke seg opptreden av en milaritt med scandium, hvoretter han sier i en e-post : "you may have some scandium surprises there, and quite possible a milarite with some Sc...". Og våren -99 fikk vi altså bekreftelsen.

Den scandiumholdige milaritten ble funnet 6. mai 1998, kun på én stoff, hvor mineralet forekommer som ~0,1 mm stutte, grålige, heksagonale krystaller i et hulrom i kjøttfarget kalifeltspat sammen med litt bazzitt, grønne nåler av turmalin og litt fargeløs, yttriumholdig milaritt. Allerede på et tidlig stadium ble det fastslått betydelige mengder scandium (5–7 % Sc_2O_3 , pers. medd. F. Bernhard 29.03.99), og de øvrige elementene tilsa at det måtte være

et milarittliknende mineral hvor mesteparten av aluminium var erstattet av scandium, samtidig som Ca-innholdet var halvert. En beregnet formel viste forholdet Ca:Sc ~1,1. Mineralet er nevnt av Raade & Kristiansen (2000) og Kristiansen (2003). Hawthorne (2002) antydte at mineralet er scandium-analogen til nok et nytt mineral i milarittgruppen med endeledformel $K(\text{CaY})\text{Be}_3[(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$, også kjent fra Hefdetjern, d.v.s. yttriumanalogen. I 2001 ble det funnet ytterligere en stoff med en kompleks sammenvoksning av fire scandiumminerale, nemlig bazzitt, thortveititt, kristiansenitt og en scandiumholdig milaritt. Alle mineralene er analysert og beskrevet av Raade et al. (2004). På grunn av variasjonene i kjemisk sammensetning og regler for nye mineralbeskrivelser ble den scandiumrike milaritten først avvist av Kommissjonen for nye mineraler i 2003 fordi noen mente at den ikke var annet enn en scandiumholdig milaritt. Flere nye analyser overbeviste kommissjonen, og oftedalitt ble godkjent i september 2004.

Oftedalitt forekommer som korte, sekskantete, prismatiske krystaller opp til 0,1 mm i diameter, med tydelige {100}- og {001}-former, eller som små irregulære masser med andre scandiumminerale (Cooper et al. 2005, Raade et al. 2004). Oftedalitt er grålig hvit av farge, fluorescerer ikke. Kalkulert tetthet 2.614 g/cm^3 . Enakset negativ med $\epsilon = 1.553$ og $\omega = 1.556$. Heksagonal, romgruppe $P6/mmc$, $a = 10,097$, $c = 13,991 \text{ \AA}$, $V = 1235,3 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$. De sterkeste linjene i røntgenpulverdiagrammet er (d i \AA (I)): 3.229 (10), 4.097 (7), 5.044 (5), 3.504 (5), 7.012 (4), 1.836 (4), 1.751 (4), 2.735 (3).

Den empiriske formelen er: $(\text{Sc}_{0.96}\text{Ca}_{0.79}\text{Mn}_{0.18}\text{Fe}_{0.04})_{\Sigma 2.00}\text{K}_{0.98}(\text{Be}_{2.91}\text{Al}_{0.09})_{\Sigma 3.00}\text{Si}_{11.98}\text{O}_{30}$ eller forenklet $\text{ScCaKBe}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$. Strukturen er bestemt på en krystall av scandiumrik milaritt med sammensetning: $(\text{Sc}_{0.84}\text{Ca}_{1.03}\text{Mn}_{0.09}\text{Y}_{0.01}\text{Fe}_{0.03})_{\Sigma 2.0} \text{K}(\text{Be}_{2.86}\text{Al}_{0.14})_{\Sigma 3.00}\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$. Sistnevnte er altså meget nær en oftedalitt, men innholdet av Ca er litt høyere enn Sc. Her kommer den såkalte 50%-regelen inn, og Burke (2004) nevner dette som et komplekst eksempel på nomenklaturen i vanskelige mineralgrupper. De såkalte endeleddene har vært diskutert inngående av Hawthorne (2002) med mange eksempler. Raade et al. (2004) har analysert den scandiumrike prøven fra 2001, med scandiumholdig milaritt, og diskutert inngående problemet med endeled og nomenklatur, sitat:

~~_____~~ The scandium-rich milarite from Hefdetjern was recently rejected as a new mineral species by the IMA Commission on New Minerals and Mineral Names (CNMMN). The reason for this is the "50% rule" (Nickel, 1992): since there is only one Al atom in the T2 site and two Ca atoms in the A site in the milarite structure, Sc cannot (theoretically, assuming a binary solid solution) exceed Ca, and the Hefdetjern mineral has $\text{Ca} > \text{Sc}$. However, if the composition of the six-coordinated Ca site were, for instance, $(\text{Sc}_{0.95}\text{Ca}_{0.90}\text{Y}_{0.15})$, this would qualify as a new mineral species, because Sc is now the dominating element in the Ca site. This example shows that the CNMMN rules for the definition of mineral species should probably be revised, taking into account the importance of end-member compositions.

Oftedalitt er det andre eksempelet på kombinasjonen av beryllium og scandium. Dette er ikke overraskende siden krystallstrukturen til milaritt, d.v.s. også oftedalitt er nær bazzitt (Sc-analogen til beryll). Miyawaki & Nakai (1993) forklarte at "the difference in the crystal structures between milarite and bazzite is the number of the $(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ rings. In contrast to the single $(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ ring in the structure of bazzite, the crystal structure of milarite consists of double $(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ ring."

Vi kjenner nå fire berylliumførende mineraler i milarittgruppen:

milaritt	$\text{KCa}_2[\text{Be}_2\text{Al}(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})] \cdot \text{H}_2\text{O}$
yttriumholdig milaritt	$\text{K}(\text{CaY})[\text{Be}_3(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$
almaruditt	$\text{K}(\square, \text{Na})_2(\text{Mn, Fe, Mg})_2(\text{Be, Al})_3[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$
oftedalitt	$\text{ScCaKBe}_3(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})$

Tabell 2. Typiske analyser av berylliummineraler i milarittgruppen.

	milaritt	yttriumrik milaritt		oftedalitt	almaruditt	scandiumrik milaritt
	Val Giuf, Sveits	Tørdal, Norge	S. Lake, Kanada	Hefttjern, Norge	Bellerberg, Tyskland	Hefttjern, Norge
K_2O	4,91	5,3	4,5	4,71	4,05	4,82
Na_2O	0,46				0,66	0,02
CaO	11,70			4,49	0,12	6,43
MnO				1,32	7,31	0,20
FeO				0,26	4,48	0,09
MgO					1,51	
Al_2O_3	4,68	1,6	0,04	0,47	4,09	0,92
Y_2O_3		9,3	7,9	0,36		0,42
REE_2O_3			2,7			
Sc_2O_3				6,77		6,47
BeO	5,24	5,5	7,2	7,41	5,08	6,72
SiO_2	71,7	71,2	70,2	73,32	72,31	73,24
ZnO					0,24	
a (Å)	10,412		10,340	10,097	9,997	
c (Å)	13,823		13,758	13,991	14,090	
V (Å ³)	1294,5		1273,9	1235,3	1219,5	
D (kalk.)				2,614	2,72	
	Cerny et al. (1980)	Hawthorne (2002)		Cooper et al. (2005)	Mihajlovic et al. (2004)	Raade et al. (2004)

Oftedalitt er oppkalt etter Ivar Werner Oftedal (1894–1976), som var professor ved Geologisk Institutt ved Universitetet i Oslo. Oftedal var den første som undersøkte og beskrev mineralene fra pegmatittene i Tørdal-området (Oftedal 1942), og som senere fokuserte på scandium-innholdet i mineralene derfra (Oftedal 1943). Således var det han som initierte undersøkelsene i Tørdal-området, hvor andre har fulgt opp i etterkant.

Allerede i slutten av 60-årene ble Oftedal tiltenkt et mineralnavn da Per Chr. Sæbø fant store krystaller av et kalsium-yttrium-fluosilikat i Høydalen, men på grunn av polysyntetisk tvillingdannelse klarte man ikke å karakterisere mineralet nærmere. I 1986 ble det imidlertid beskrevet et nytt mineral fra en amazonitt-pegmatitt på Kola-halvøya (Voloshin et al. 1986) under navnet kuliokitt, som viste seg å være identisk med mineralet fra Høydalen (Raade et al. 1993).



Ivar Oftedal

Professor Ivar Oftedal var født i Larvik 25. februar 1894. I 1913 begynte han å studere realfag ved Det Kgl. Frederiks Universitet, men ble avbrutt under første verdenskrig med lang militærtjeneste og befalsutdannelse. I 1918 ble han stud. ass. ved Universitetets Mineralogisk-Geologisk Museum, og kom tidlig i kontakt med professor V. M. Goldschmidt. Dette samarbeidet preget hele utviklingen og fremtiden hans, og det ble krystallografi og geokjemiske problemer som opptok Oftedals vitenskapelige aktivitet resten av livet. Ved Goldschmidts bortgang ble Ivar Oftedal hans etterfølger som professor i mineralogi. Oftedals forskning var preget av nitid og grundig nøyaktighet. Fra 1925 til 1935 arbeidet han vesentlig med røntgenkrystallografiske problemer, men fra 1935 gled han gradvis over i geokjemiens verden, blant annet med en omfattende undersøkelse av sporelementer i sinkblendeforekomster. Ivar Oftedal hadde dype musikalske interesser og spilte bratsj. Hans musikalitet var av den art at han kunne nyte å sitte og lese et partitur. Han hadde også amatørinteresser i matematisk astronomi. En annen glede han hadde var seiling. Ikke seilas i smult farvann og frøkenbris, men hard seilas når vinden var frisk. Ivar Oftedal var en fredens mann. Han tok aldri opp en strid, selv om han ble sterkt provosert av folk med spissere albuer.

Mesteparten av tiden var Oftedal konservator på Mineralogisk-Geologisk Museum. Han var imidlertid ingen feltgeolog i vanlig forstand, men han knyttet sammen mineralogi og geologi på en måte som var uvanlig på den tiden ved store universitetsmuseer. Han spøkte litt med at han ikke var noen vanlig feltgeolog, hvis vesentlige tid går med til at føttene skal bringe hodet frem til det som er interessant! Selv sa han i et skrift på sin 50-års dag at "Liksom partituret setter meg i stand til fullt ut å nyte en orkesterkonsert på sengen, blir mitt legemlige mosjonsbehov tilfredstillende dekket når jeg blir i Den Norske Turistforenings årbøker".

Det siste bidraget fra Oftedal var beskrivelsen av en kalsiumrik gadolinitt fra Kragerø og om tinninnholdet i Nb-Ta-mineraler. Hans bibliografi omfatter over 90 artikler og notiser (Eeg-Henriksen 1977).

Takk

En takk til Svein Arne Berge, Sandefjord for personlige meddelelser om milarittfunn i Vestfold.

Litteratur

BERGE, S. A. (1993): Milaritt fra Himberg og Holtehædde. Geologisk Museum, Interne notater, 197-198 (upublisert).

BERGSTØL, S. & JUVE, G. (1988): Scandian ixiolite, pyrochlore and bazzite in granite pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **38**, 229-243.

BOGGS, R.C. (1994): The importance of K in the occurrence and stabilities of minerals in the milarite (osumilite) and tuhualite groups. *16th general meeting of the International Mineralogical Association, Pisa, Abstracts*, 48.

BURKE, E.A.J. (2004): Partial solid-solution series and mineral nomenclature. Abstracts 5th Inter. Conf. "Mineralogy and Museums". *Bull. Liason S.F.M.C.*, **16**, 31-32.

CERNY, P. (2002): Mineralogy of Beryllium in Granitic Pegmatites. Chapter 10 in "*Beryllium: mineralogy, petrology and geochemistry*". MSA, editor: Edward S. Grew. *Reviews in Mineralogy* **50**, 405-444.

CERNY, P., HAWTHORNE, F.C. & JAROSEWICH, E. (1980): Crystal chemistry of milarite. *Canadian Mineralogist* **18**, 41-47.

CERNY, P., HAWTHORNE, F., JAMBOR, J.J., & GRICE, J.D. (1991): Yttrian milarite. *Canadian Mineralogist* **29**, 533-541.

COOPER, M., HAWTHORNE, F.C., CERNY, P. & KRISTIANSEN, R. (2005): Oftedalite, $\text{ScCaKBe}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$, a new mineral of the milarite group from the Heftetjern pegmatite, Tørdal, Norway: description and crystal structure. *Canadian Mineralogist* **43**, (in press).

DEMARTIN, F., GRAMACCIOLI, C.M. & PILATI, T. (2000): Structure refinement of bazzite from pegmatitic and miarolitic occurrences. *Canadian Mineralogist* **38**, 1419-1424.

EEG-HENRIKSEN, V. (1977): Bibliography of Ivar Werner Oftedal. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **57**, 385-389.

HAWTHORNE, F.C. (2002): The use of end-member charge-arrangements in defining new mineral species and heterovalent substitutions in complex minerals. *Canadian Mineralogist* **40**, 699-710.

HAWTHORNE, F.C., KIMATA, M., CERNY, P., BALL, N. & GRICE, J.D. (1991): The crystal chemistry of the milarite group minerals. *American Mineralogist* **76**, 1836-1856.

JUVE, G. & BERGSTØL, S. (1990): Caesian bazzite in granite pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. *Mineralogy and Petrology* **43**, 131-136.

KRISTIANSEN, R. (1998): Høydalen litium-pegmatitt, Tørdal i Telemark. *Norsk Bergverksmuseum, skrift* **14**, 17-28.

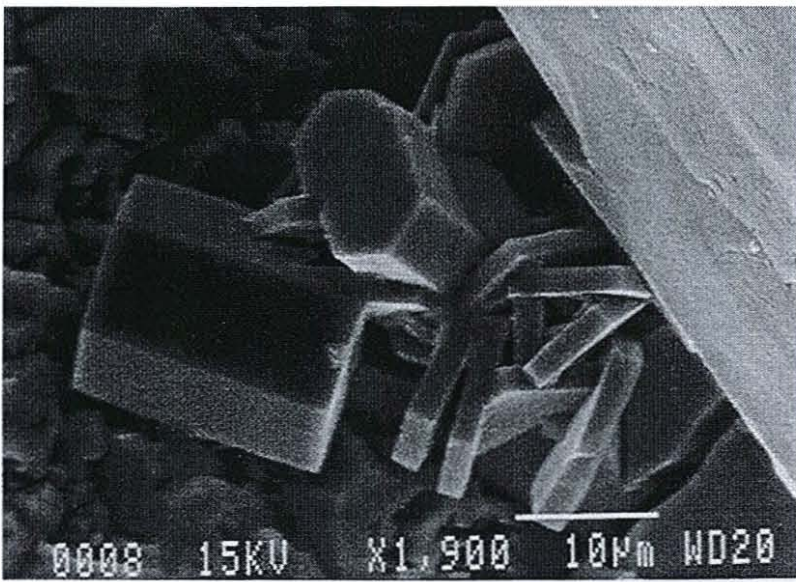
KRISTIANSEN, R. (2003): Scandium-mineraler i Norge. *Stein* **30**, 14-23.

KVAMSDAL, L.O. (1998): Mineralene fra nordmarkitt og grefsensyenitt i Oslofeltet. 72 s.

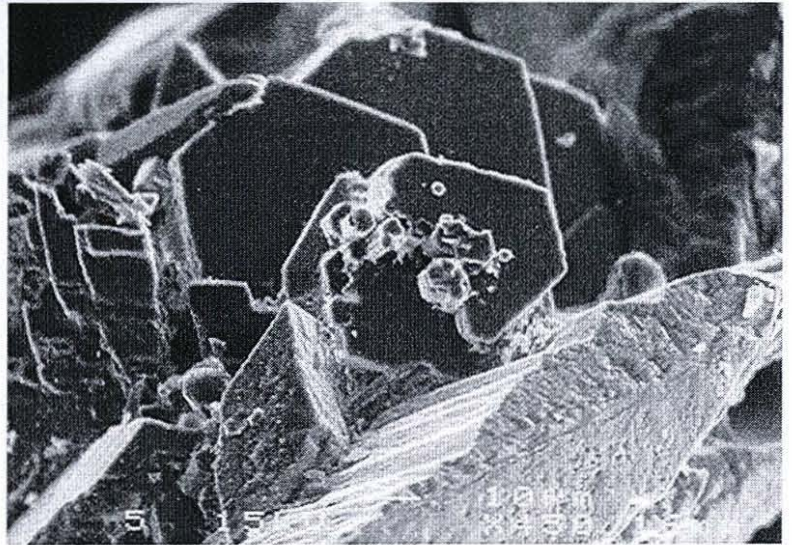
MAIJER, C., JANSEN, J.B.H. WEVERS, J. & POORTER, R.P.E. (1977): Osumilite, a new mineral to Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **57**, 187-188.

MIHAJLOVIC, T. LENGAUER, C.L., NTAFLOR, T., KOLITSCH, U. & TILLMANN, E. (2004): Two new minerals, rondorfite, $\text{Ca}_8\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2$ and almarudite, $\text{K}(\square, \text{Na})_2(\text{Mn, Fe, Mg})_2(\text{Be, Al})_3[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]$, and a study of iron-rich wadalite, $\text{Ca}_{12}[(\text{Al}_8\text{Si}_4\text{Fe}_2)\text{O}_{32}]\text{Cl}_6$ from Bellerberg (Bellberg) vulcano, Eifel, Germany. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abh.* **179**, 265-294.

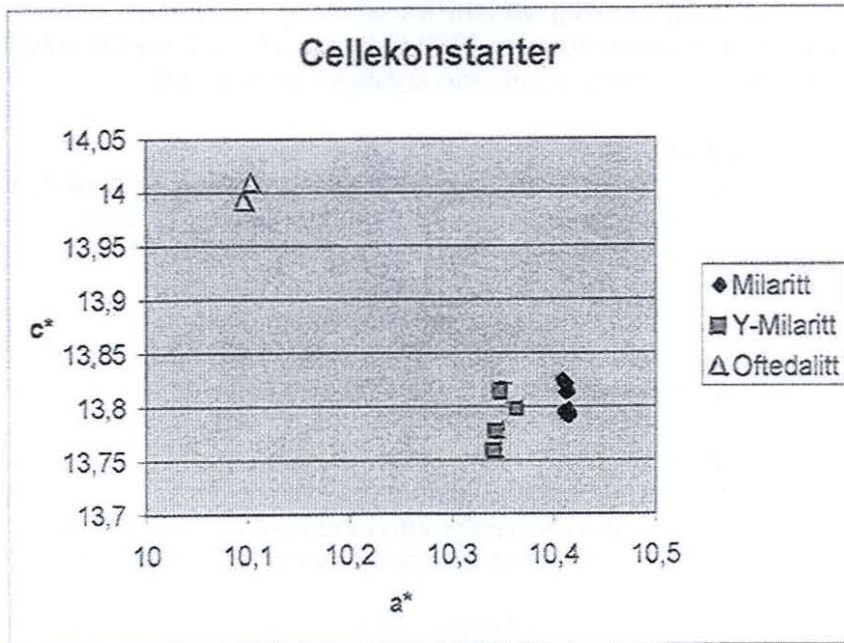
- MIYWAKI, R. & NAKAI, I. (1993): Chapter 108. Crystal structures of Rare Earth minerals. In "Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths". Eds. K.A. Gschneidner, Jr. & L. Eyring, Vol. **16**, 249-508.
- NEUMANN, H. (1941): Armenite, a water-bearing barium-calcium aluminosilicate. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **21**, 19-24.
- NORDRUM, F.S., LARSEN, A.O. & ERAMBERT, M. (2003): Ba,Sr-mineraler i Kongsberg sølvforekomster – en foreløpig rapport. *Norsk Bergverksmuseum*, skrift **25**, 43-50.
- NYSTEN, P. (1996): Paragenetic setting and crystal chemistry of milarite from Proterozoic granitic pegmatites in Sweden. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, H.**12**, 564-576.
- OFTEDAL, I. (1942): Lepidolit- og tinnsteinførende pegmatitt i Tørdal, Telemark. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **22**, 1-14.
- OFTEDAL, I. (1943): Scandium as a geologic thermometer. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **23**, 202-213.
- OFTEDAL, I. & SÆBØ, P.C. (1965): Contributions to the Mineralogy of Norway. No.30. Minerals from nordmarkite druses. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **45**, 171-175.
- PALACHE, C. (1931): On the presence of beryllium in milarite. *American Mineralogist* **16**, 469-470.
- RAADE, G. (1966): A new Norwegian occurrence of milarite. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **46**, 122-123.
- RAADE, G. & KRISTIANSEN, R. (2000): Mineralogy and geochemistry of the Heftetjern granite pegmatite, Tørdal: a progress report. *Norsk Bergverksmuseum*, skrift **17**, 19-25.
- RAADE, G. & KRISTIANSEN, R. (2003): Scandium as a trace element in the Heftetjern pegmatite minerals. *International symposium on the mineralogy and geochemistry of Scandium, University of Oslo*, Abstracts and Proceedings no. **2**, 36-37.
- RAADE, G., FERRARIS, G., GULA, A., IVALDI, G. & BERNHARD, F. (2002): Kristiansenite, a new calcium-scandium-tin sorosilicate from granite pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **75**, 89-99.
- RAADE, G., BERNHARD, F. & OTTOLINI, L. (2004): Replacement textures involving four scandium silicate minerals in the Heftetjern granite pegmatite, Norway. *European Journal of Mineralogy* **16**, 945-950.
- RAADE, G., SÆBØ, P.C., AUSTRHEIM, H. & KRISTIANSEN, R. (1993): Kuliokite-(Y) and its alteration products kainosite-(Y) and kamphaugite-(Y) from granite pegmatite in Tørdal, Norway. *European Journal of Mineralogy* **5**, 691-698.
- VOLOSHIN A.V. et al. (1985): Kuliokite-(Y), a new yttrium-aluminium fluoride-silicate from amazonite pegmatite of the Kola peninsula. *Mineralogicheskij Zhurnal* **8**, 94-99.
- WERNER, R. (2003): Vinteren '92/'93 – et tilbakeblikk. *Stein* **30 (3)**, 385-389.



Yttriumrik milaritt
fra Heftetjern.
SEM-bilde.
Krystallengde 20 μm.



Oftedalittkrystaller
fra Heftetjern.
SEM-bilde.
Bildebredde 0,2 mm.



Ionestørrelsen for Sc^{3+} (0,73 Å) er vesentlig mindre enn for Y^{3+} (0,89 Å) og Ca^{2+} (0,99 Å), og dette påvirker og reduserer celle-volumet for oftedalitt i forhold til milaritt og Y-rik milaritt (jmf. tabell 2).