

Ba,Sr-mineraler i Kongsberg sølvforekomster - en foreløpig rapport

Fred Steinar Nordrum, Alf Olav Larsen & Muriel Erambert

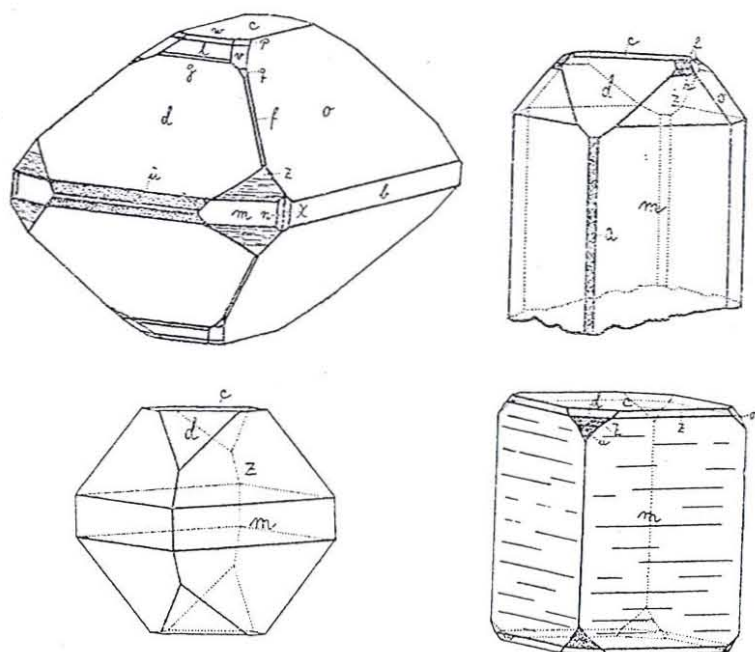
Innledning

Et signifikant innhold av bariummineraler er et av de karakteristiske trekk ved Kongsberg sølvforekomster. Dette har vært kjent lenge. Inneholdet av baritt i enkelte forekomster er så stort at utvinning har vært vurdert. De er blant de betydeligste barittforekomstene i landet. Sølvforekomstene er dessuten blant de beste funnsteder for harmotomkrystaller i Nord-Europa. Et nytt bariumholdig mineral, armenitt, ble beskrevet av Neumann i 1939. Kalifeltspaten i forekomstene er bariumholdig (hyalofan). Funn av brewsteritt i 1994, et nytt funn av armenitt i 1998 og bariumrik heulanditt i 2002 initierte denne undersøkelsen, hvor et stort antall analyser av de forskjellige bariummineralene er utført med elektron mikrosonde.

Baritt, BaSO_4

Baritt opptrer over hele Kongsberg ertsdistrikt, men opptrer i enkelte årer i større mengder. Særlig gjelder dette Bratteskjerpet. Barittrike årer er også kjent fra Kongens gruve, Smidsrud skjerp, Mildigkeitt Gottes gruve, Samuel gruve, St. Andreasberg gruve, Kjennerud gruve, Louisehaugen gruve, Blårud skjerp og flere steder på Vinoren.

Baritt opptrer overveiende som grov-krystalline, gråhvite aggregater. I noen smådruser er det funnet enkelte, små skiveformete krystaller, oftest av heller dårlig kvalitet. I Gottes Hülfe in der Noth gruve er det imidlertid funnet noen få større druser med gode krystaller opptil 4 cm, senest av Erik Syvertsen og Vidar Brænd midt på 1990-tallet. Krystallene er delvis transparente og fargen varierer fra gråhvit til farveløs til lysegul. Baritt opptrer sammen med kalsitt, harmotom og pyritt. Tidligere funn av barittkrystaller fra Gottes Hülfe er beskrevet av Münster (1883) og Vogt (1908, med krystalltegninger).



Krystalltegninger av baritt fra Kongsberg, etter Vogt (1908).

Baritt fra Gottes Hülfe in der Noth gruve er analysert, men det ble ikke påvist andre detekterbare elementer enn barium og svovel.

Hyalofan, $(K,Ba)Al(Si,Al)_3O_8$

Bugge (1917) oppgir at Kongens gruve hovedgang inneholder betydelige mengder av den bariumholdige feltspaten hyalofan, de sydlige ganger i Samuel gruve stor mengde, og en gang i Dergleichen har hyalofan og kalkspat som viktigste gangmineraler. Feltspaten er også funnet på mange av de øvrige hovedgangene. Bugge (1917) oppgir at hyalofan fra Dergleichen inneholdt 8,80 vekt% BaO, som tilsvarer 17 mol-% av celsian-endeledet. Neumann (1944) nevner fem funn av hyalofan, hvorav to fra Gottes Hülfe in der Noth gruve, en fra Mildigkeit Gottes gruve og to uten spesifikk lokalitetsangivelse. Basert på brytningsindeksen har han beregnet at hyalofan fra de fem lokalitetene inneholdt 17-25 mol-% celsian.

Vår undersøkelse omfatter to funn av hyalofan: vannklare krystaller opptil 4 mm i Gottes Hülfe ca. nivå 150 m, og hvite mikrokrytaller i Mildigkeit Gottes nivå 84 m. Den første feltspaten inneholdt 32 mol-% celsian, mens den andre inneholdt 25 mol% celsian. Resultatene er vist i Tabell 1. Rosabrun feltspat er funnet i Svarte Torstein gruve. Dette viste seg å være **albitt**, uten detekterbart innhold av barium eller strontium.

Harmotom, $(Ba_{0.5},Ca_{0.5},K,Na)_5[Al_5Si_{11}O_{32}]\cdot 12H_2O$

Neumann (1944) oppgir funn av harmotom i stoll til Nye Segen Gottes Nr. 9, Gottes Hülfe in der Noth nivå 312, Anne Sofie og Nye Segen Gottes gruver. De siste års funn viser at mineralet opptrer i svært mange av forekomstene i Kongsberg ertsdistrikt. Særlig mye er det funnet i stoll nr 5 til Nye Segen Gottes gruve, i Åsland gruve og Nordre Ravnås og annet Ravnås skjerp, Sverig skjerp, minst 4 lokaliteter i Gottes Hülfe gruve, Mildigkeit Gottes gruve, Bratteskjerpet og Madsebakken byggefelt. Krystaller opptil 1 cm er funnet. De fleste krystaller er hvite til vannklare, men en del er lysegule, orange, rødorange eller brune. Kjemisk sammensetning av harmotom fra 10 lokaliteter og med forskjellige farger er bestemt i den foreliggende undersøkelsen. Resultatet viser at mineralet har en relativt ensartet kjemi, med liten substitusjon av K og Na for Ba (se tabell 2).

Et rødt pigment i harmotom fra stoll til Nye Segen Gottes Nr. 9 ble av Neumann (1944, s. 114) antatt å være pyrargyritt. Vår undersøkelse derimot viser at røde inklusjoner i mikrokrytaller av harmotom fra Gottes Hülfe in der Noth er **sinober (cinnabar, cinnabaritt)** (HgS), og derved første funn av dette mineralet i Norge. Enkeltpartiklene av sinober er opptil 0,0x mm store, og opptrer sammen med inklusjoner av pyritt og sinkblende. Det ble også observert inklusjoner av et annet Ba-mineral, men kornene var for små til å gi en fullstendig analyse.

Heulanditt, $(Ca_{0.5},Sr_{0.5},Ba_{0.5},Na,K)_9[Al_9Si_{27}O_{72}]\cdot \sim 24H_2O$

"Heulandit findes gjerne sammen med desmin", skriver Bugge (1917, side 150). Neumann (1944) trodde antagelig dette var en feilidentifisering, og nevner derfor ikke dette mineralet. I 1990-årene ble imidlertid heulanditt funnet i Bratteskjerpet, Fiskeløs skjerp, Anne Sophie gruve og Ringnesgangen gruve (Bancroft et al. 2001), og i 2002 også i Nordre Ravnås skjerp. Den foreliggende undersøkelsen viser at heulanditt fra Nordre Ravnås skjerp og Bratteskjerpet er særdeles barium- og strontiumrike. Felles for disse er at de opptrer sammen med baritt, brewsteritt-Ba, brewsteritt-Sr og harmotom. Det arbeides videre med disse heulandittene, og resultatene vil bli publisert senere.

Heulanditt-Ca fra Anne Sophie gruve inneholder betydelige mengder kalium og strontium, fra Fiskeløs skjerp betydelige mengder barium og kalium og Ringnesgangen gruve signifikante mengder av barium og strontium (Nordrum et al. 2003, tabell 1). Heulanditt-Ca opptrer sammen med **stelleritt** i Fiskeløs skjerp og Ringnesgangen gruve.

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

Mineralet ble opprinnelig funnet i en stoff fra Armen gruve, innsamlet 1877 og siden oppbevart på Mineralogisk-Geologisk Museum i Oslo (Neumann 1939, 1941). Et nytt funn ble gjort i mai 1998 av Harald Kristiansen og Per Nærbø i Bratteskjerpet. Hvite, pseudoheksagonale, prismetiske krystaller opptil 1,6 cm lange og 4 mm brede ble funnet i små druser sammen med små krystaller av epidot og axinit på grensen mellom en kalsittdominert og en barittdominert åre. Kvarts, amfibol, prehnitt, sinkblende, svovelkis, kobberkis og blyglans var også tilstede (Bancroft et al. 2001). Mikrosondeanalysene viser at armenitten er ganske homogen og har en sammensetning som samsvarer med den kjemiske formelen (se tabell 3). **Epidot** fra en armenittdruse i Bratteskjerpet ble også analysert (se tabell 4). Backscatter-bildet viser at krystallen er konsentrisk sonert. Den ytre sonen inneholder omkring 2,76 % SrO, mens kjernen inneholder kun 0,61 % SrO.

Brewsteritt, $(\text{Ba},\text{Sr})_2[\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32}]\cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Brewsteritt ble funnet som velformede krystaller opptil flere mm lange i Nordre Ravnås skjerp av Harald Kristiansen i 1994. Analyser viser at dette hovedsakelig er **brewsteritt-Ba**, den sjeldneste av de to mineralene i brewsterittserien. Brewsteritt ble dessuten funnet av oss i 2002 i Bratteskjerpet. Her opptrer to generasjoner med krystaller. De små krystallene av yngste generasjon og ytterdelen av de større krystallene av eldste generasjon består av **brewsteritt-Ba**, mens kjernen i de større krystaller av eldste generasjon består overveiende av **brewsterite-Sr** (Larsen et al. 2003). En utførlig artikkel om mineraler i brewsterittserien fra Norge er under forberedelse.

Kilder til barium og sulfatisk svovel

I permittiden da mineralene i sølvforekomstene ble utfelt fra sirkulerende, hydrotermale løsninger langs sprekker som ble dannet i de omliggende, prekambriske bergartene i forbindelse med riftingen i Oslofeltet, lå det fremdeles kambrosiluriske sedimenter over Kongsberg, og det permiske havet hadde transgredert og strakte seg sannsynligvis også inn over Kongsberg. De større sprekke og forkastningene nådde opp til overflaten, og i hvert fall i perioder har de hydrotermale løsningene vært i kontakt med sedimentene og med havvannet.

Basert på isotopundersøkelser av svovel i baritt fra Kongsberg samsvarer det meste av sulfatisk svovel i forekomstene med svovel fra permisk sjøvann (Segalstad 2000). Svovel i en mindre og yngre del av baritten kan midlertid stamme fra sulfider i fahlbåndene (Segalstad pers. medd.). Det sulfidiske svovel har muligens blitt oksydert samtidig som sølv transportert som ioner i de hydrotermale løsningene ble redusert og utfelt som gedigent sølv.

De kambrosiluriske sedimentene i Oslo-feltet er stedvis ganske bariumrike (Bjørlykke & Griffin 1973). Det er stor sannsynlighet for at bariuminnholdet i sølvforekomstene stammer fra de kambrosiluriske sedimentene.

Storparten av barium i de andre mineralene i sølvforekomstene stammer trolig fra baritt, ved at senere hydrotermale løsninger løste opp litt av den tidligere avsatte baritt og nye bariummineraler ble utfelt.

Takk

Takk til Harald Kristiansen og Bjørnar Jacobsen for opplysninger og prøver.

Referanser

BANCROFT, P., NORDRUM, F. S. & LYCKBERG, P. (2001): Kongsberg revisited. *Mineralogical Record* **32** (3), 181-205.

BJØRLYKKE, K. & GRIFFIN, W. L. (1973): Barium feldspars in ordovician sediments, Oslo region, Norway. *Journal of Sedimentary Petrology*, **43** (2), 461-465.

BUGGE, C. (1917): Kongsbergfeltets geologi. *Norges Geologiske Undersøkelse* **82**, 272 p.

LARSEN, A. O., NORDRUM, F. S. & ERAMBERT, M. (2003): Mineraler i brewsterittserien fra norske lokaliteter. *Norsk Bergverksmuseum, Skrift* **25**, 41-42.

MÜNSTER, T. (1883): Bemærkninger om Kongsbergmineralerne. *Nyt Magazin for Naturvidenskabene* **27**, 309-322.

NEUMANN, H. (1939): Armenite, a new mineral. Preliminary note. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **19**, 312-313.

NEUMANN, H. (1941): Armenite, a water-bearing barium-calcium aluminosilicate. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **21**, 19-24.

NEUMANN, H. (1944): Silver deposits at Kongsberg. *Norges Geologiske Undersøkelse* **162**, 133 p.

NEUMANN, H. (1985): Norges mineraler. *Norges Geologiske Undersøkelse, Skrifter* **68**, 278 p.

NORDRUM, F. S., LARSEN, A. O. & ERAMBERT, M. (2003): Minerals of the heulandite series in Norway - a progress report. *Norsk Bergverksmuseum, Skrift* **25**, 51-62.

SEGALSTAD, T.V. (2000): Native silver from Kongsberg. In Roaldset, E. & Sjulsen, S.-E. (Eds.): *Highlights, selected attractions, Natural History Museums and Botanical Garden*. University of Oslo. 34-39.

VOGT, TH. (1908): Schwerspat aus Norwegischen Vorkommen. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **1** (9), 1-56. (Schwerspat von Kongsberg, s. 24-33, krystallfig. 8-11).

Tabell 1. Hyalofan

Kjemisk sammensetning (i vekt-%), atomproposjoner basert på 8 O, og mol-% ortoklas (Or), celsian (Ce), albitt (Ab) og anortitt (An).

	Gottes Hülfe gr.		Mildigkeit gr. 84 m		Dergleichen gr. (Bugge 1917)
	n = 5	variasjon	n = 3	variasjon	
SiO ₂	52,37	51,33 - 54,90	54,78	53,85 - 56,15	57,98
Al ₂ O ₃	20,72	19,47 - 21,46	20,13	19,94 - 20,40	20,58
MgO	<0,01		<0,01		0,10
CaO	0,01	0,00 - 0,02	0,02	0,00 - 0,05	0,07
SrO	0,21	0,12 - 0,28	0,25	0,21 - 0,32	-
BaO	16,12	13,30 - 17,26	12,36	11,87 - 12,66	8,80
Na ₂ O	0,41	0,40 - 0,43	0,37	0,30 - 0,42	1,32
K ₂ O	9,69	9,27 - 10,79	11,04	10,83 - 11,31	11,05
Total	99,53		98,95		100,07*
Si	2,714		2,781		2,822
Al	1,265		1,205		1,181
Mg	0		0		0,007
Ca	0,001		0,001		0,004
Sr	0,006		0,007		0
Ba	0,327		0,246		0,168
Na	0,041		0,036		0,125
K	0,641		0,715		0,686
Or	63,5		71,6		69,8
Ce	32,4		24,6		17,1
Ab	4,0		3,6		12,7
An	0,1		0,1		0,4

* inkl. 0,17 Fe₂O₃

Tabell 2. Armenitt

Kjemisk sammensetning (i vekt-%) og atomproposjoner basert på 30 O.

	Bratteskjerpet gruve		Armen gruve (Neumann 1941)
	n = 10	variasjon	
SiO ₂	47,42	46,44 - 47,84	46,18
Al ₂ O ₃	25,32	24,59 - 26,00	27,52
CaO	9,29	8,99 - 9,53	9,99
SrO	<0,01		0,04
BaO	13,25	13,03 - 13,74	12,37
Na ₂ O	0,24	0,12 - 0,42	0,16
K ₂ O	0,07	0,03 - 0,13	0,13
H ₂ O	3,10*		3,41**
Total	98,69		99,80
Si	9,182		8,834
Al	5,778		6,204
Ca	1,927		2,047
Sr	0,000		0,005
Ba	1,005		0,928
Na	0,240		0,060
K	0,070		0,032
H	4,000		4,352

* Kalkulert ved å anta 2H₂O formelenheten, BaCa₂Al₆Si₉O₃₀·2H₂O.

** I tillegg rapporterte Neumann (1941) 0,11 % H₂O-.

Tabell 3. Harmotom

Kjemisk sammensetning (i vekt-%) og atomproposjoner basert på 32 O og 12 H₂O. EMP-resultatene er korrigert -7,5 rel.% på grunn av systematisk feil, sannsynligvis på grunn av dehydrering under analysen. Det er liten variasjon i sammensetning innen hver forekomst.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	45,71	47,58	46,03	45,40	45,29	45,59	46,32	44,34	44,84	46,34
Al ₂ O ₃	16,51	16,17	15,97	15,66	16,11	15,47	15,99	16,52	15,78	16,12
MgO	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
CaO	0,06	0,02	0,06	0,04	0,08	0,03	0,01	0,19	0,11	0,27
SrO	0,04	0,10	0,03	0,14	0,04	0,03	0,06	0,08	0,09	0,00
BaO	21,33	21,02	20,68	21,07	21,31	21,28	21,70	21,19	20,78	21,33
Na ₂ O	0,65	0,93	0,22	0,26	1,16	1,02	0,18	1,09	0,87	0,58
K ₂ O	1,42	0,10	1,91	1,79	0,17	0,23	1,86	0,84	0,89	1,19
H ₂ O	14,69	14,73	14,61	14,42*	14,48	14,40	14,71	14,40	14,31	14,74
Total	100,43	99,66	99,52	98,78	98,64	98,05	100,83	98,65	97,67	100,58
Si	11,198	11,374	11,337	11,327	11,257	11,393	11,331	11,082	11,272	11,309
Al	4,767	4,654	4,636	4,605	4,719	4,557	4,610	4,867	4,675	4,636
Mg	0,007	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Ca	0,016	0,006	0,016	0,011	0,021	0,008	0,003	0,051	0,030	0,070
Sr	0,006	0,015	0,004	0,021	0,006	0,005	0,009	0,012	0,014	0,000
Ba	2,048	2,012	1,996	2,060	2,076	2,084	2,080	2,075	2,047	2,031
Na	0,309	0,440	0,104	0,126	0,558	0,495	0,085	0,529	0,423	0,276
K	0,445	0,032	0,601	0,570	0,054	0,072	0,579	0,267	0,284	0,370
H	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000

1. Gottes Hülfe gruve, 150 m
2. Gottes Hülfe gruve, 100 m
3. Bratteskjerpet gruve
4. Nordre Ravnås skjerp
5. Ravnås gruve
6. Nye Segen Gottes gruve
7. Sverrig gruve
8. Åsland gruve (oransje krystaller)
9. Åsland gruve (hvite krystaller)
10. Kjennerudvann gruve

* Målt glødetap (v/ 1000 °C) 14,48 %, som er svært nær teoretisk beregnet 14,42 %.

Tabell 4. Epidot, Bratteskjerpet

Kjemisk sammensetning (i vekt-%) og atomproposjoner basert på 13 (O,OH).

	1	2
SiO ₂	37,67	36,97
Al ₂ O ₃	23,37	22,26
Fe ₂ O ₃	13,18	14,07
MgO	0,00	0,00
CaO	23,45	21,38
SrO	0,61	2,76
BaO	0,18	0,00
Na ₂ O	0,02	0,01
K ₂ O	0,01	0,00
Si	2,997	3,007
Al	2,191	2,134
Fe ³⁺	0,789	0,861
Mg	-	-
Ca	1,999	1,863
Sr	0,028	0,130
Ba	0,005	-
Na	0,003	0,002
K	0,001	-

1. (Ca_{2,00}Sr_{0,03})_{2,03}(Fe_{0,79}Al_{2,19})_{2,98}(SiO₄)₃(OH)
2. (Ca_{1,86}Sr_{0,13})_{1,99}(Fe_{0,86}Al_{2,13})_{2,99}(SiO₄)₃(OH)