

Cosalitt og Bi-rik galenitt med oktaedrisk spaltbarhet fra Skien

Alf Olav Larsen¹ og Radek Škoda²

¹Bamseveien 5, 3960 Stathelle (alf.olav.larsen@online.no)

²Laboratory of Electron Microscopy and Microanalysis, Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlarska 2, CZ-611 37 Brno, Czech Republic (rskoda@sci.muni.cz)

Abstract: New chemical data on galena from eleven hydrothermal quartz-magnetite-fluorite bearing veins in Skien Vestmark (western region of Skien) reveal, for most of the samples, the presence of significant content of Bi and Ag. In six of the galena samples, Bi is present in excess of the amount of Ag required to balance the substitutional scheme $\text{Ag}^+ + \text{Bi}^{3+} \leftrightarrow 2\text{Pb}^{2+}$. These galena samples show octahedral cleavage due to vacancies in the crystal structure. Galena, with less excess Bi, shows cubic cleavage. Cosalite is an accessory mineral in six of the localities and occurs as fibrous crystals in vugs or as inclusions and exsolutions in galena, but only in those with high excess Bi. Chemical data on the cosalite samples from Skien Vestmark reveal that they have minor content of Ag, Cu, Te og Se. A lillianite-like phase has been identified from one of the localities (Sandåen prospect c).

Innledning

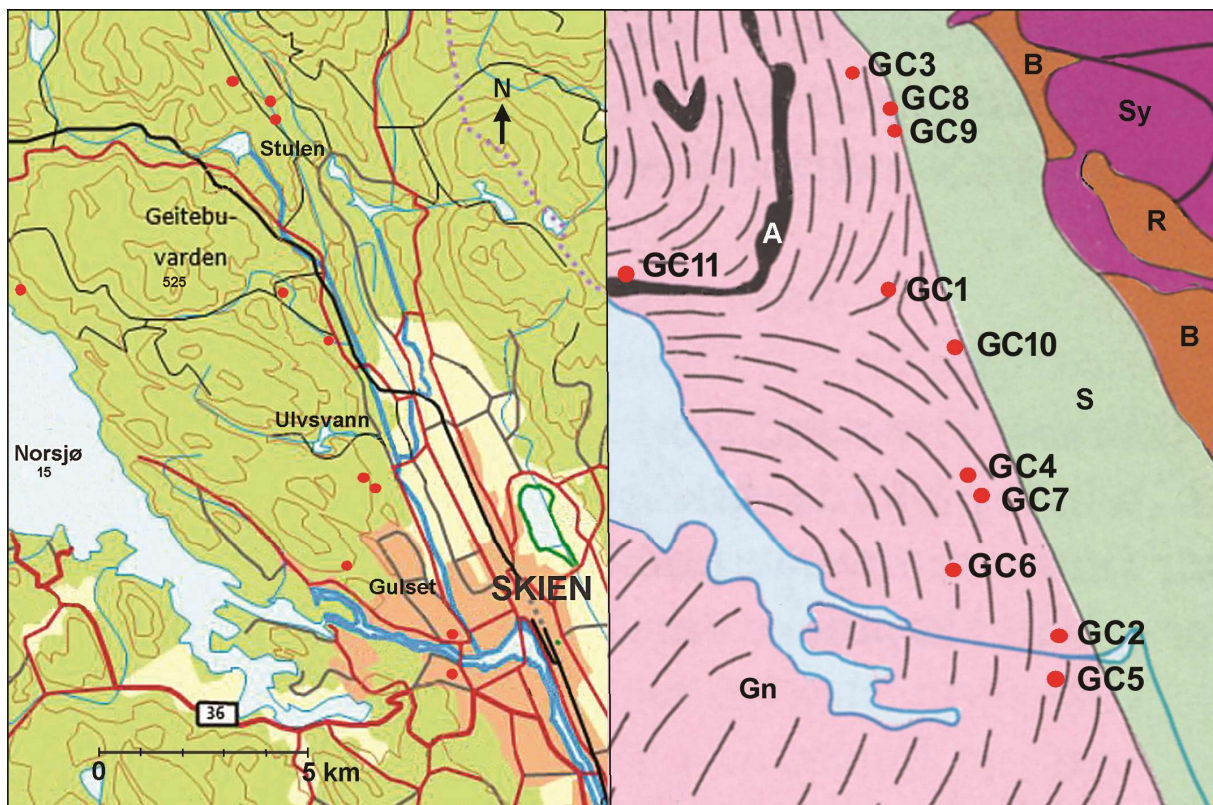
Første gang vismutholdige mineraler er nevnt fra Skien Vestmark er i en befaringsrapport av Krum (1910), hvor han nevner at stedets jernmalforekomster inneholder blant annet «*sølvholdig blyglans, zinkblende og wismuth*». I sin undersøkelse av galenitt med oktaedrisk spaltbarhet nevnte Oftedal (1941) at galenitt fra Sandåen i Gjerpen, Skien inneholder «*vismutglans eller bly-vismutglans*». Oftedals resultater ble gjengitt av Røsholt (1964, s. 90). Kaspersen (1976, s. 20) kalte den vismutholdige fasen for *mineral X*. Ved en av gruvene på «Skytebanefeltet» (Riser gruve) fant Kaspersen (1976, s. 103) et mineral i galenitt som han identifiserte som en «*bly-vismutglans*» og kalte også dette for *mineral X*. Cosalitt fra Vadretteskogen ble kortfattet beskrevet av Larsen (1977; 1993a). For omkring 10 år siden ble cosalitt assosiert med galenitt funnet og identifisert av AOL fra Prebgruven i Gromstulskogen. Videre undersøkelser har vist at galenitt er et aksessorisk mineral, riktignok svært underordnet, i flere forekomster i Skien Vestmark.

Denne artikkelen gir en dokumentasjon av samtlige funn samt den kjemiske sammensetningen av galenitt og Pb-Bi-sulfosalter (hovedsakelig cosalitt) fra de ulike forekomstene. Det gis dessuten en diskusjon om betingelsene for kubisk og oktaedrisk spaltbarhet for galenitt.

Skien Vestmarks geologi

De hydrotermale kvarts-magnetitt-fluorittforekomstene i Skien Vestmark opptrer som sprekkefyllinger i proterozoisk, granittisk gneis i en sone inntil 5 km bred (øst-vest) og 20 km lang (nord-syd) umiddelbart vest for Oslofeltet og vest til nordvest for Skien by (Fig. 1). Dateringer viser at forekomstene er av tidlig permisk alder (Dahlgren & Larsen 2002). De mineraliserte gangene stryker hovedsakelig NNV-SSE til N-S, viser snevrings-og-svulming, og kan ofte følges flere hundre meter i

terrenget. Karakteristiske gangmineraler er kvarts + magnetitt $\pm$ andraditt $\pm$ hedenbergitt $\pm$ fluoritt $\pm$ kalsitt $\pm$ sulfider. Jernmalmen har opprinnelig blitt avsatt som hematitt som et tidlig mineral i gangene, men redusert til magnetitt ved en senere fase i gangdannelsen. Epidotisering av den umiddelbare sidebergarten er vanlig. Sulfidene er blant de senest dannede mineralene. I Vestmarka opptrer dessuten ganger med fluoritt + kvarts + kalsitt $\pm$ sulfider. Disse gangene stryker Ø-V til SØ-NV. Området ble undersøkt med hensyn på fluoritt av AS Sydvaranger i årene 1972-1975 (Gvein & Røsholt 1974; Kaspersen 1976). Fossum jernverk drev utstrakt gruvevirksomhet på magnetittforekomstene i Skien Vestmark i perioden fra 1540 til 1867 (Jacobsen 1939; Larsen 1993b) og det er i området registrert omkring 400 gruver og skjerp (Borchgrevink-Vigeland 2022).



Figur 1. Venstre: Kart over Skien og omegn hvor de undersøkte forekomstene er merket med røde punkter. Høyre: Geologisk kartsisse over samme område med angivelse av de undersøkte forekomstene. A = amfibolitt, Gn = gneis, S = kambro-siluriske sedimenter, B = basalt, R = rombeporfyr, Sy = syenitt. Forekomstene er: GC1 Prebgruven, GC2 Vadretteskogen, GC3 Stallane (beliggenhet usikker), GC4 Riser gruve, GC5 Faråsen, GC6 Kåseli, GC7 Sandgruven nord, GC8 Sandåen skjerp a, GC9 Sandåen skjerp c, GC10 Grønsteinbekken, GC11 Mastdalen. Utsnitt av geologisk kart i Tangen & Halvorsen (1991).

Forekomstene

GCI Prebgruven¹

Prebgruvens malmdrag kan spores nærmere 2 km i terrenget. Stedvis langs gangen er det drevet større eller mindre gruver og skjerp under Fossum jernverk. Sulfidmineralene er funnet på berghallen til gruva i den nordligste delen av malmdraget (koordinater EU89 59,27853° N, 9,50808° Ø). Den aktuelle gruva er vannfylt og den mineraliserte gangen kan derfor ikke observeres *in situ*. Malmgangen framstår som en vertikal magnetitt-kvartsgang med strøk 20° N. Mektigheten er omkring 1 - 1,5 m. Basert på materialet fra berghallen kan det observeres to sekvenser av mineralisering; 1) primær kvartsgang med magnetitt og granat, 2) breksjering med tilførsel av kvarts samt sulfidmineralisering (sfaleritt, galenitt, cosalitt), fluoritt og pyrittisering av magnetitt. Kalsitt, chamositt og gulhvit, finskjellig muskovitt opptrer som den seneste mineraldannelsen.



Figur 2. Den nordre delen av Prebgruven, sett mot sydvest. Prebkollen (250 moh) i bakgrunnen.

¹ Navnet skriver seg fra Preben von Ahnen (1606-1675) som overtok Fossum jernverk sammen med Ove Giedde i 1643. NGU ressursdatabase angir lokaliteten som 0806-026 Prebkollen. Prebgruvens malmgang krysser Prebkollen, hvis toppunkt ligger ca. 720 m SV for den lokaliteten av Prebgruven som beskrives i denne artikkelen.

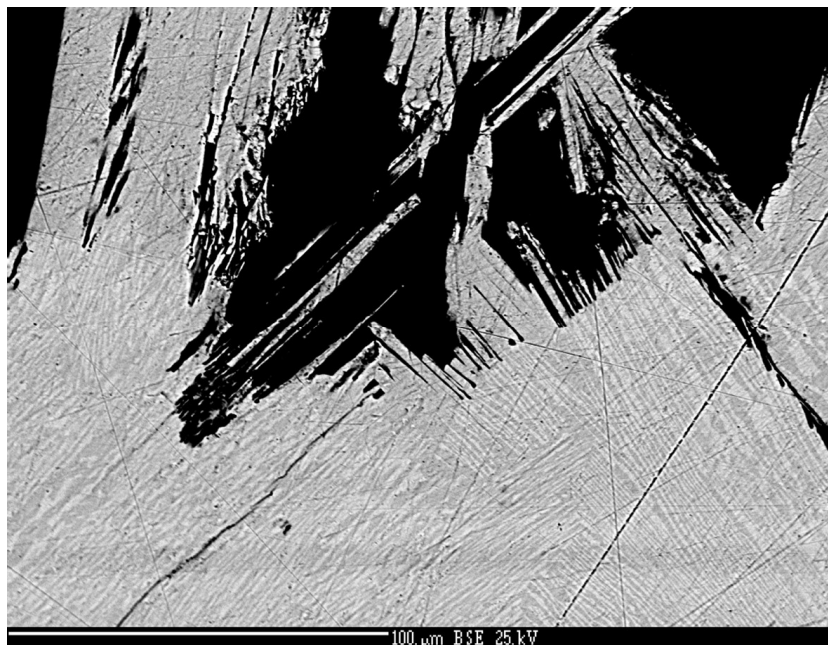
Cosalitt opptrer som tynne nåler, enten separate eller i nekformede bunter opptil noen millimeter i lengde i små hulrom mellom kvartskrystaller. Cosalittnålene stråler ofte ut fra et substrat av galenitt og er delvis innesluttet i galenitt, som for øvrig viser oktaedrisk spaltbarhet.

GC2 Vadretteskogen¹

Forekomsten er en ca. 1 m mektig, vertikal kvarts-magnetittgang med strøk 160° N ved foten av en bratt fjellside på nordsiden av veien Myrabakken (koordinater EU89 59,20258° N, 9,58059° Ø). Gangdraget med flere gruver og skjerp kunne tidligere spores i en lengde på ca. 1,3 km fra Vadrette til Strømdal, men med unntak av den vestre delen, er det meste nå overdekket på grunn av bebyggelse. Den aktuelle forekomsten har vært drevet som skjerp under Fossum jernverk og fremstår som en 3x3 m vid dagstrosse med en 4 m høy bakvegg (Larsen 1977).

Sulfidmineralene opptrer i små hulrom mellom kvartskrystaller eller fyller stedvis hele hulrommet. Galenitt-, mørkebrune sfaleritt- og chalkopyrittkrystaller er opptil et par millimeter store. Galenitt viser oktaedrisk spaltbarhet. Kalsitt, ofte utviklet som små, tykktavlede, heksagonale krystaller, samt kloritt, opptrer i små mengder.

Cosalitt opptrer som tynne nåler, enten separate eller i nekformede bunter (Fig. 4). Tykkelsen på individuelle nåler er typisk 10-100 µm og lengden kan være opptil 10 mm. De fritt utkrystalliserte cosalittnålene stråler alltid ut fra et substrat av galenitt og er delvis innesluttet i galenitten som eksolusjonslameller (Fig. 3).



Figur 3. *Prøve GC2 fra Vadretteskogen med nåler og eksolusjonslameller av cosalitt (mørk grå) i galenitt (lys grå). EMP-BSE-bilde*

¹ NGU ressursdatabase angir lokaliteten feilaktig som 0806-048 Kåsa, som imidlertid ligger på andre siden av Farelva, ca. 700 m VSV for lokaliteten Vadretteskogen.



Figur 4. En bunt av cosalitt-fibre sammen med galenitt og sfaleritt i et hulrom mellom kvartskrystaller fra lokalitet GC2 Vadretteskogen. Bildebredde 7,5 mm. Samling: A.O. Larsen. Foto: OT. Ljøstad.

GC3 Stallane

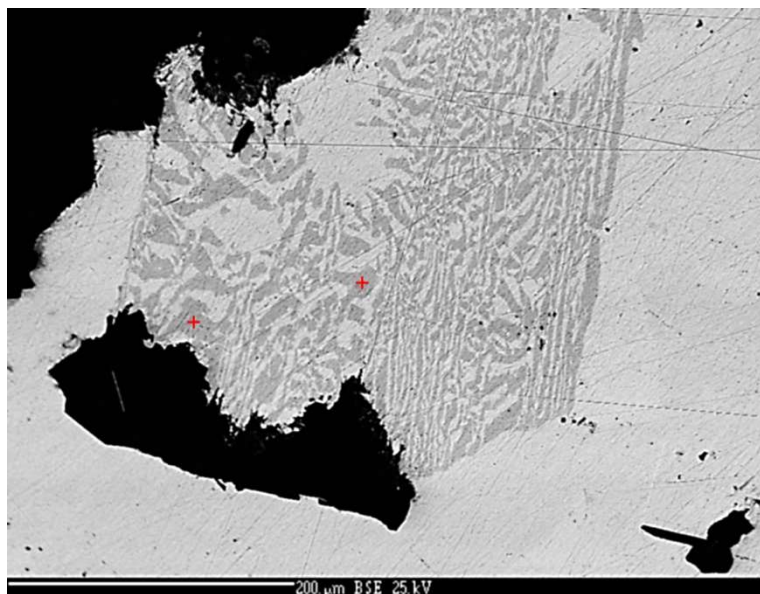
Oftedal (1941; 1942) undersøkte diverse galenitter fra ulike norske forekomster hvorav flere viste tydelig oktaedrisk spaltbarhet, bl.a. galenitt fra lokaliteten «Sandåen» (med henvisning til lokalitet ØB-528 i Foslie (1925)) hvor mineralet var sammenvokst med «vismutglans eller bly-vismutglans». Han opplyste at prøven besto av kvarts med galenitt og svært lite sfaleritt. Fra Oftedals material ved Geologisk museum, Oslo (reg. nr. MS1036) går det fram av medfølgende etiketter at prøvene stammer fra en forekomst ved «Stallane, Sandåen, øst for Fagerlivann». Stoffene var levert av Eivind Hegna, Gjerpen i oktober 1938. Stallane er omkring 1 km NNV for de sulfid- og fluorittrike forekomstene som opptrer i og ved Sandåen bekkedal (= Stulenfeltet) og er derfor ikke direkte relatert til Stulenfeltet (se lokaliteten GC8 og GC9 nedenfor). Røsholt (1964) gjenga data fra Oftedal (1941) og begge forutsatte (feilaktig) at mineralene stammet fra Sandåen (Stulenfeltet).

Forekomsten er ikke gjenfunnet. Basert på prøvene ved Geologisk Museum kan man fastslå at forekomsten en ca. 10 cm bred kvartsgang i gneis. Aksessoriske mineraler er kloritt, sfaleritt, pyritt, galenitt og cosalitt. Cosalitt opptrer som tynne nåler i nekformede bunter opptil noen millimeter i lengde, gjerne fritt krystallisert fra et substrat av galenitt i hulrom mellom kvartskrystaller. Galenitt viser oktaedrisk spaltbarhet.

GC4 Riser gruve

Sulfidmineralene er funnet på berghallen til Riser gruve, ca. 400 m VSV for krysset Jernverksveien/Hyniveien (koordinater EU89 59,23850° N, 9,54874° Ø). Kaspersen (1976) benevner lokaliteten KD31. Gruven ble drevet under Fossum jernverk, men gjenfylt på slutten av 1960-tallet og det er derfor ikke mulig å studere malmgangen i selve gruva. Rett syd for gruva er imidlertid malmgangen synlig. Her er gangen ca. 70 cm mektig og med et steilt fall not vest.

Kaspersen (1976, s. 103) undersøkte en malmprøve fra stedet og påviste at det forelå et bly-vismutglans-mineral i galenitt. Han kalte dette for *mineral X*. Primærmineralene er kvarts, magnetitt, hedenbergitt, andraditt. Sfaleritt, galenitt, cosalitt, chalkopyritt og pyritt er relatert til tynne kvartsganger som gjennomsetter den primære malmgangen. Cosalitt opptrer som en eksolvert fase i galenitt (Fig. 5). Galenitt har oktaedrisk spaltbarhet. Tynne, kalsittfylte årer gjennomsetter malmgangen.



Figur 5. Prøve GC4 fra Riser gruve med cosalitt (mørk grå) som eksolvert fase i galenitt (lys grå). Analysepunkter av cosalitt er angitt med røde kryss. EMP-BSE-bilde.

GC5 Faråsen

Forekomsten er en ca. 0,5 m mektig, vertikal kvarts-magnetittgang med strøk 175° N nær toppen av Faråsen (koordinater EU89 59,19606° N, 9,58112° Ø). Gangen kunne tidligere følges flere hundre meter i terrenget, men er nå for det meste overdekket på grunn av bebyggelse (Larsen 1993a). Forekomsten er en kvarts-magnetittgang med hedenbergitt, aktinolit og epidot, samt små mengder fluoritt, pyritt, galenitt og kloritt. Galenitt viser kubisk spaltbarhet.

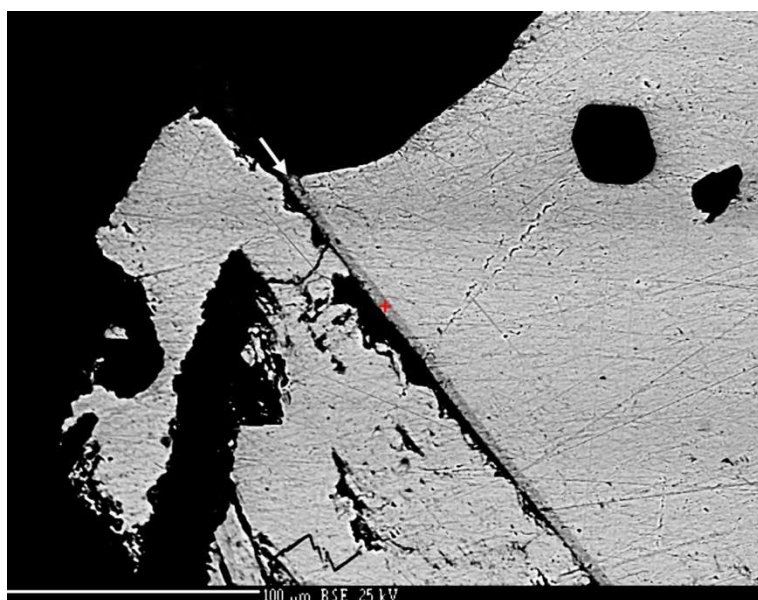
GC6 Kåseli

Forekomsten er et lite skjerp som befinner seg ved foten på sydsiden av Trytjetjernkollen (koordinater EU89 59,21794° N, 9,53664° Ø). Det er en grovkrySTALLIN kvartsgang med strøk N-S som er en del av et malmdrag med mange gruver og skjerp som ble drevet under Fossum jernverk. Malmdraget kan

følges omkring 800 m fra Skotfosskleiva, over Kåseli og fram til Åletjern. På grunn av gjenrasing og overdekning i skjerp er det ikke mulig å studere malmgangen *in situ*. Hovedmineralene er kvarts, magnetitt, kloritt og epidot. Kalsitt, guhvit, finskjellig muskovitt, galenitt og pyritt opptrer i små mengder. Galenitt har kubisk spaltbarhet.

GC7 Sandgruven nord

Forekomsten er en nå gjenfylt gruve i den nordlige del av Sandgruvens malmdrag (koordinater EU89 59,23619° N, 9,55625° Ø). Malmdraget ble benevnt «malmsone M» av Gvein & Røsholt (1974) og Kaspersen (1976). Gruven var drevet under Fossum jernverk, men gjenfylt på slutten av 1960-tallet. Det er derfor ikke mulig å studere malmgangen i selve gruva. Prøvematerialet er samlet på tippaugen. Kvarts, magnetitt, epidot, hedenbergitt, andraditt, kloritt og fluoritt er hovedmineraler. Kalsitt, chalkopyritt, sfaleritt, pyritt, galenitt og cosalitt opptrer som sjeldenheter i en kvartsbreksje. I den undersøkte prøven opptrer cosalitt som en ca. 8 µm tynn sone i galenitt (Fig. 6). Galenitt har oktaedrisk spaltbarhet.



Figur 6. Prøve GC7 fra Sandgruven nord med cosalitt som en ca. 8 µm tynn sone (mørk grå, merket med pil) gjennom galenitt (lys grå). Analysepunkt av cosalitt er angitt med rødt kryss. EMP-BSE-bilde.

GC8 Sandåen skjerp a¹

Fra omkring 500 m NNV for Sandåenbrua opptrer et ca. 1000 m langt felt hvor det opptrer fire subparallele, fluorittrike soner/ganger med retning NV-SØ i proterozoisk gneisgranitt nær og langs grensen mot kambrosiluriske sedimentære bergarter. Området kalles Stulenfeltet nord og sonene er benevnt G1, G2, G3 og H1 (Gvein & Røsholt 1974; Kaspersen 1976). Mineraliseringen er vesentlig knyttet til forkastningssoner i gneisgranitten. Stulenfeltet har blitt grundig undersøkt med hensyn på forekomst av både sulfider og fluoritt (Richter 1943; Horvath 1946; Færden 1961; Røsholt 1964; Gvein & Røsholt 1974; Kaspersen 1976). De mineraliserte sonene varierer i bredde fra under 1 meter

¹ NGU ressursdatabase angir lokaliteten som 0806-014 Sandåen og 0806-015 Stulen. Foslie (1925) anga Stulenfeltet som lokalitet ØB-528 Sandåen (= Stulen) skjerp.

og opptil flere meter og har generelt et steilt fall. Mengden av fluoritt og sulfider viser stor variasjon fra sted til sted innenfor de enkelte sonene. Sulfider kan stedvis være helt fraværende. Malmforekomstene ble mutet første gang i 1893; senere gjentatte ganger fram mot 1971 (Larsen 1993a). Det er rapportert tre skjerp (benevnt *a*, *b* og *c*), hvorav skjerp *a* er i sone H1, mens skjerp *b* og *c* er i sone G1. Kaspersen (1976, s. 20) undersøkte galenitt fra Sandåen og nevnte at mineralet viser enten kubisk eller oktaedrisk spaltbarhet og at det i galenitt er observert et mineral som kalles *mineral X*, og antar at dette kan være «*vismutglans eller bly-vismutglans*».

Til den foreliggende undersøkelsen er det valgt ut prøver fra skjerp *a* og *c*. Skjerp *a* befinner seg i elveløpet, ca. 950 m NNV for Sandåenbrua (koordinater EU89 59,31868° N, 9,50115° Ø). Prøven består av en blanding av kvarts, fluoritt, kalsitt, sfaleritt, pyritt, chalkopyritt og galenitt. Sistnevnte mineral har kubisk spaltbarhet.

GC9 Sandåen skjerp c

Opplysninger om de generelle forholdende omkring forekomsten er gitt ovenfor. Skjerp *c* befinner seg i en bratt li mellom veien og elven, ca. 600 m NNV for Sandåenbrua (koordinater EU89 59,31502° N, 9,50115° Ø). Den mineraliserte gangen er sterkt breksjært og består av kvarts, fluoritt, kloritt, kalsitt, hematitt, sfaleritt, galenitt og Pb-Bi-sulfosalter. Sistnevnte opptrer som domener i galenitt, som for øvrig har oktaedrisk spaltbarhet.

GC10 Grønsteinbekken¹

Forekomsten er en 1 – 1,5 m mektig, vertikal, sonert fluorittgang i elvegjelet for Grønsteinbekken fra Skriduabrua og 125 m vestover (koordinater EU89 59,26492° N, 9,53745° Ø). I elvegjelet gjennomskjærer fluorittgangen kambrisk basalkonglomerat. Umiddelbart syd for elvegjelet, og over basalkonglomeratet, opptrer kambrisk alunskifer. Den mineraliserte gangen består av fluoritt (grå til nesten sort, stedvis hvit til grønn), kalsitt, kvarts, wollastonitt, galenitt, sfaleritt samt meget små mengder svovelkis. Galenitt har kubisk spaltbarhet. Den mørke fluoritten avgir lukt av hydrogensulfid når den blir knust, og inneholder sannsynligvis hydrokarboner/kull som er årsaken til den mørke fargen.

GC11 Mastdalen²

Skjerp²et befinner seg ca. 760 m NV for Mastdalen (koordinater EU89 59,27555° N, 9,40420° Ø), nær den gamle ferdselsveien gjennom Stuveruddalen. Første rapport om stedet som sinkforekomst er fra 1892. Forekomsten har imidlertid vært kjent fra ennå eldre tider. Det var forsøksdrift senest i perioden 1912-1915. Forekomsten består av uregelmessige kvarts-kalsittganger hovedsakelig med strøk 140° og fall 75° mot sydvest (Røsholt 1964; Larsen 1993a). Sfaleritt opptrer rikelig i forekomsten, som også fører galenitt, hematitt og magnetitt. Galenitt har kubisk spaltbarhet.

¹ NGU ressursdatabase angir lokaliteten som 0806-035 Skridua, men avmerker stedet feilaktig 800 m S for reell beliggenhet.

² NGU ressursdatabase angir lokaliteten som 0806-049 Mastdalen.

Analyseresultater

Den kjemiske sammensetningen av galenitt og Pb-Bi-sulfosalter ble bestemt ved hjelp av elektronmikrosonde CAMECA SX100 ved Masaryk Universitet, Brno. Instrumentet ble anvendt i bølglengdedispersiv modus med aksellerasjonspenning 25 kV, strømstyrke 20 nA og strålediameter 1 μm . Følgende analyselinjer og kalibreringsnormaler ble brukt: $K\alpha$ linjer - Cu, Fe, S (chalkopyritt), Ni (pararammelsbergitt), Co (Co metall), Zn (ZnS); $L\alpha$ linjer - Ag (Ag metall), Au (Au metall); $L\beta$ linjer - As (pararammelsbergitt), Se (PbSe), Mo (Mo metall), Cd (Cd metall), Sb (Sb metall); $M\alpha$ linje - Pb (PbSe); $M\beta$ linjer - Hg (HgTe), Bi (Bi metall). Analyseresultatene for galenitt og cosalitt er vist i henholdsvis Tabell 1 og Tabell 2 (slutten av artikkelen). Følgende elementer er analysert, men ikke påvist: Fe, Ni, Co, Au, Mo, Cd, Sb og Hg.

Galenitt

De foreliggende analysene av galenitt fra Skien Vestmark (Tabell 1) viser at Ag og Bi substituerer for Pb i henhold til den tidligere velkjente, koblede substitusjonen $\text{Ag}^+ + \text{Bi}^{3+} \leftrightarrow 2\text{Pb}^{2+}$. Oftedal (1940) viste at oktaedrisk spaltbarhet var tilstede i galenitter hvor innholdet av Bi var høyere enn det som var nødvendig for å balansere for Ag og antydte at det kunne være «ubesatte metallposisjoner i gitteret». Dette ble belyst av George *et al.* (2015) som fastslo at vakanser spiller en rolle i Bi-rik galenitt i henhold til substitusjonen $2\text{Bi}^{3+} + \square \leftrightarrow 3\text{Pb}^{2+}$. Tabell 3, beregnet på samme måte som Oftedal (1940, s. 67), viser at oktaedrisk spaltbarhet er relatert til overskudd av Bi og derav resulterende vakanser i krystallstrukturen. Samtlige prøver med oktaedrisk spaltbarhet har et Bi-overskudd på 0,60 – 0,74 vekt-%. Prøvene med 0 – 0,44 vekt-% Bi i overskudd har kubisk spaltbarhet. Det er påvist cosalitt i samtlige galenittprøver som viser oktaedrisk spaltbarhet, men mineralet er fraværende i prøver med kubisk spaltbarhet

Tabell 3. Oversikt over undersøkte galenitter med tilhørende Bi-innhold, Bi-overskudd og spaltbarhet, samt $\pm$ aksessorisk cosalitt. O = oktaedrisk spaltbarhet, K = kubisk spaltbarhet.

Lokalitet	A	B	A - B	Spaltbarhet	Cosalitt
	Bi vekt-%	$\text{Ag} \cdot 1,937^*$ vekt-%	Bi overskudd vekt-%		
GC1 Prebgruven	1,07	0,45	0,62	O	+
GC2 Vadretteskogen	1,73	0,99	0,74	O	+
GC3 Stallane	1,12	0,52	0,60	O	+
GC4 Riser gruve	1,50	0,85	0,65	O	+
GC5 Faråsen	0,00	0,00	0,00	K	-
GC6 Kåseli	0,96	0,60	0,36	K	-
GC7 Sandgruven nord	1,71	1,10	0,60	O	+
GC8 Sandåen skjerp a	0,00	0,00	0,00	K	-
GC9 Sandåen skjerp c	1,06	0,67	0,39	O	+
GC10 Grønsteinbekken	0,77	0,36	0,41	K	-
GC11/1 Mastdalen	0,79	0,35	0,44	K	-
GC11/2 Mastdalen	1,12	0,87	0,25	K	-

$$* \frac{\text{atomvekt Bi}}{\text{atomvekt Ag}} = \frac{208,98}{107,87} = 1,937$$

Det er et avvik vedrørende prøve GC9 som kun har 0,39 vekt-% Bi i overskudd, men allikevel oktaedrisk spaltbarhet. Dette kan indikere at galenitt fra denne lokaliteten har stor variasjon i kjemisk sammensetning og derved viser områder med enten oktaedrisk eller kubisk spaltbarhet. Denne prøven skiller seg også ut ved å vise mer kompleks mineralogi, nemlig ved å inneholde både cosalitt og en uidentifisert Pb-Bi-sulfidfase, muligens lillianitt (se nedenfor).

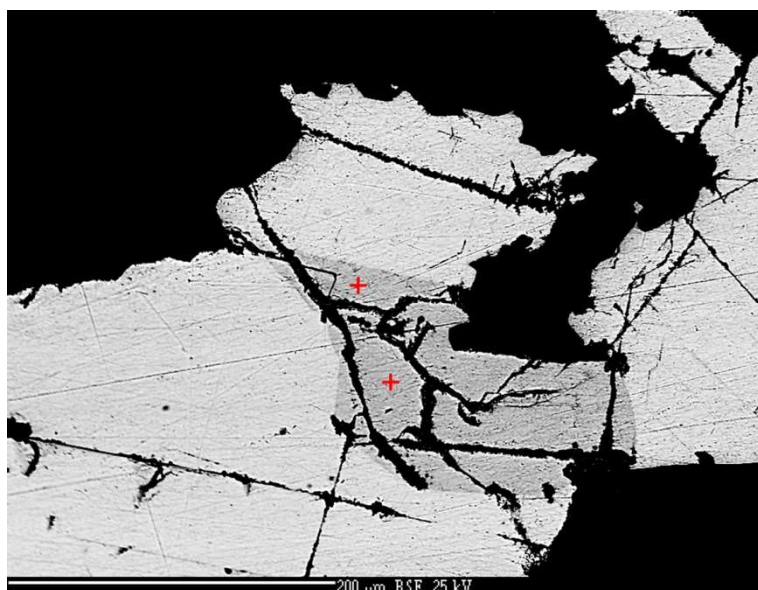
Det er særlig stor variasjon i innholdet av underordnede elementer i prøve GC11 hvor Bi varierer fra 0,79 vekt-% til 1,12 vekt-%, og Ag varierer fra 0,16 vekt-% til 0,45 vekt-% (Tabell 1), men mineralet har allikevel ikke stort overskudd av Bi og viser derved kubisk spaltbarhet (Tabell 3).

Cosalitt

Cosalitt, ideelt $\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$, er påvist i 6 ulike lokaliteter i Skien Vestmark (lokalitetene GC1, GC2, GC3, GC4, GC7, GC9) som et aksessorisk mineral til galenitt. Mineralet fra ulike lokaliteter viser et signifikant innhold av Ag (0,15 - 1,10 vekt-%) og et varierende innhold av Cu (0 - 1,53 vekt-%) (Tabell 2). Begge disse elementene substituerer for Pb i henhold til substitusjonsmekanismen $2(\text{Cu} + \text{Ag}) \leftrightarrow \text{Pb}$. Det kan bemerkes at samtlige cosalitter har et markant innhold av Te og Se som substituerer for S.

Lillianitt(?)

Galenittprøven fra Sandåen skjerp c (GC9) viser et innesluttet individ av et Pb-Bi-sulfosalt med størrelse omkring $200 \times 100 \mu\text{m}$ (Fig. 7). Den kjemiske sammensetningen kan angis med formelen $\text{Pb}_{2,76}\text{Zn}_{0,01}\text{Bi}_{2,15}(\text{S}_{5,98}\text{Se}_{0,02})_{\Sigma 6,00}$ (Tabell 2, analyse GC9/2). Det er grunn til å tro at mineralet er lillianitt $\text{Pb}_{3-2x}\text{Bi}_{2+x}\text{S}_6$, men grundigere analyser må eventuelt foretas for å bekrefte dette. Lillianitt er ikke tidligere påvist i Norge.



Figur 7. Prøve GC9 fra Sandåen skjerp c med et individ av et Pb-Bi-sulfosalt (lillianitt?), mørk grå innesluttet i galenitt (lys grå). Analysepunktene av Pb-Bi-sulfosaltet er angitt med røde kryss. EMP-BSE-bilde.

Diskusjon

Oftedal (1941; 1942) undersøkte syv prøver fra ulike lokaliteter i Norge, hvorav én var fra Skien Vestmark (benevnt «Sandåen»; identisk med vår prøve GC3 Stallane). Selv om hans absoluttverdier er avvikende, vesentlig på grunn av datidens bristende analysekvalitet, så bekrefter den foreliggende undersøkelsen resultater som ble gitt av Oftedal.

Det vil være et tema for videre forskning å undersøke og forklare det krystallkjemiske forholdet for hvordan overskudd av Bi og tilhørende vakanser i galenitt avstedkommer oktaedrisk spaltbarhet, i motsetning til kubisk spaltbarhet som er den vanligere egenskapen for mineralet.

Det har ikke vært en systematisk leting etter galenitt i de mange hundre gruver og skjerp i Skien Vestmark. Det er derfor mulig at flere lokaliteter kan bli funnet, og som derved kan komplettere de data som er gitt i denne artikkelen.

Takk

Stor takk til OT. Ljøstad for fotografering av cosalitt fra Vadretteskogen.

Referanser

- Borchgrevink-Vigeland, C. (2022): Gulsetmarka. <http://www.bit.ly/gulset> [lest juni 2022].
- Dahlgren, S. & Larsen, A.O. (2002): Ilvaite from the Oslo Graben, Norway. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte* **2002** (4), 169-181.
- Foslie, S. (1925): Syd-Norges gruber og malmforekomster. *Norges Geologiske Undersøkelse* **126**. 89 s.
- Færden, J. (1961): Befaring til Sandåen (Stulen) skjerp i Gjerpen. *NGU Bergarkivet rapport* **3224**. 3 s.
- George, L., Cook, N.J., Ciobanu, C.L. & Wade, B.P. (2015): Trace and minor elements in galena: A reconnaissance LA-ICP-MS study. *American Mineralogist* **100**, 548-569.
- Gvein, Ø. & Røsholt, B. (1974): Fluorittundersøkelser i Gjerpen, Telemark. *Bergvesenet rapport* **4717**. 66 s.
- Horvath, S. (1946): Blei-Zink-Kupfer-Vorkommen Sandåental, nördlich Skien. *NGU Bergarkivet rapport* **1171**. 3 s.
- Jacobsen, R. (1939): *Fossum Verks historie gjennom 400 år*. Grøndahl & Søn, Oslo. 252 s.
- Krum, R. (1910): [Befaring av jernmalmforekomstene i Gjerpen ved Skien]. *NGU Bergarkivet rapport* **282**. 15 s.
- Larsen, A.O. (1977): Cosalitt. *Nags-Nytt* **1** (4), 23.
- Larsen, A.O. (1993a): *Gruver og skjerp i Skien*. Privat publikasjon. 72 s.
- Larsen, A.O. (1993b): Fossum jernverk. *Stein* **20**, 112-116.

- Kaspersen, P.O. (1976): *En malmgeologisk undersøkelse av fluorittmineraliseringen i Gjerpenfeltet nord for Skien*. Eksamensarbeid, Norges Tekniske Høgskole, Trondheim. 130 s.
- Oftedal, I. (1941): Untersuchungen über die Nebenbestandteile von Erzmineralien norwegischer zinkblendeführender Vorkommen. *Det Norske Videnskapsakademi i Oslo, Skrifter, I. Mat.-Naturv. Klasse, No. 8*, 1-103.
- Oftedal, I. (1942): Om betingelsene for oktaedrisk delbarhet hos vismutrik blyglans. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **22**, 61-68.
- Richter, G. (1943): Bericht über ein Blei-Zink-Kupfer-Vorkommen nördlich Skien. *NGU Bergarkivet rapport* **1032**. 4 s.
- Røsholt, B. (1964): *En malmgeologisk undersøkelse av det bly-sink mineraliserte område vest for Langesundsfjorden (Tråk-typen)*. Eksamensarbeid, Norges Tekniske Høgskole, Trondheim. 102 s.
- Tangen, J.E. & Halvorsen, R. (1991): *Grenlandsboka*. Natur-Informasjon, Porsgrunn. 379 s.

ADDENDUM

Ved en beklagelig inkurie er følgende dobbeltside falt ut under sammenstillingen av symposieheftet.

Denne dobbeltsiden tilhører artikkelen «Cosalitt og Bi-rik galenitt med oktaedrisk spaltbarhet fra Skien», og skal settes inn etter side 90.

Tabell 1. Elektronmikrosondeanalyser (vekt-%, gjennomsnitt og spredning) for galenitt fra forekomstene i Vestmarka.

	GC1 <i>n</i> = 6	GC2 <i>n</i> = 3	GC3 <i>n</i> = 3	GC4 <i>n</i> = 3
Bi	1,07 (0,98 - 1,18)	1,73 (1,49 - 1,99)	1,12 (0,92 - 1,23)	1,50 (1,35 - 1,58)
Pb	84,95 (84,03 - 86,04)	83,74 (83,45 - 83,92)	84,62 (84,37 - 85,09)	84,00 (83,90 - 84,32)
Ag	0,23 (0,19 - 0,28)	0,51 (0,49 - 0,53)	0,27 (0,20 - 0,31)	0,44 (0,43 - 0,45)
Se	0,14 (0,11 - 0,19)	0,22 (0,17 - 0,26)	0,13 (0,09 - 0,16)	0,16 (0,13 - 0,20)
S	13,50 (13,29 - 13,64)	13,30 (13,28 - 13,35)	13,33 (13,23 - 13,38)	13,34 (13,30 - 13,38)
Total	99,89*	99,50	99,47*	99,44

Kjemisk formel basert på (Se+S) = 1

Bi	0,01	0,02	0,01	0,02
Pb	0,97	0,97	0,98	0,97
Ag	0,01	0,01	0,01	0,01
Se	0,00	0,01	0,00	0,00
S	1,00	0,99	1,00	1,00

	GC5 <i>n</i> = 4	GC6 <i>n</i> = 4	GC7 <i>n</i> = 4	GC8 <i>n</i> = 2
Bi	<0,01	0,96 (0,88 - 1,05)	1,71 (1,58 - 1,90)	<0,01
Pb	87,38 (87,15 - 87,60)	86,19 (85,88 - 86,43)	85,00 (84,62 - 85,43)	87,30 (87,00 - 87,60)
Ag	<0,01	0,31 (0,27 - 0,33)	0,57 (0,54 - 0,63)	<0,01
Se	<0,01	0,10 (0,10 - 0,12)	0,15 (0,14 - 0,17)	<0,01
S	13,59 (13,49 - 13,63)	13,56 (13,48 - 13,62)	13,58 (13,56 - 13,63)	13,49 (13,40 - 13,58)
Total	100,97	101,12	101,01	100,79*

Kjemisk formel basert på (Se+S) = 1

Bi	0,00	0,01	0,02	0,00
Pb	1,00	0,98	0,96	1,00
Ag	0,00	0,01	0,01	0,00
Se	0,00	0,00	0,00	0,00
S	1,00	1,00	1,00	1,00

	GC9 <i>n</i> = 5	GC10 <i>n</i> = 4	GC11/1 <i>n</i> = 4	GC11/2 <i>n</i> = 1
Bi	1,06 (0,96 - 1,10)	0,77 (0,73 - 0,82)	0,79 (0,75 - 0,91)	1,12
Pb	86,13 (85,88 - 86,61)	86,27 (86,09 - 86,55)	86,48 (84,29 - 86,61)	84,74
Ag	0,35 (0,30 - 0,41)	0,19 (0,12 - 0,27)	0,18 (0,16 - 0,19)	0,45
Se	0,14 (0,12 - 0,16)	0,07 (0 - 0,11)	0,10 (0,09 - 0,12)	0,18
S	13,58 (13,50 - 13,68)	13,53 (13,43 - 13,71)	13,53 (13,43 - 13,57)	13,43
Total	101,26	100,83*	101,08	99,92

Kjemisk formel basert på (Se+S) = 1

Bi	0,01	0,01	0,01	0,02
Pb	0,98	0,98	0,99	0,97
Ag	0,01	0,00	0,00	0,01
Se	0,00	0,00	0,00	0,01
S	1,00	1,00	1,00	0,99

* Spor av As

Tabell 2. Elektronmikrosondeanalyser (vekt-%, gjennomsnitt og spredning) for cosalitt og lillianitt(?) fra forekomstene i Vestmarka.

	GC1 <i>n</i> = 8	GC2 <i>n</i> = 9	GC3 <i>n</i> = 8	GC4 <i>n</i> = 2
Bi	43,06 (42,76 - 43,78)	42,19 (39,67 - 43,46)	42,70 (42,01 - 43,07)	42,71 (42,69 - 42,74)
Pb	38,33 (37,89 - 39,08)	39,80 (38,69 - 43,21)	38,66 (38,23 - 39,16)	39,11 (39,08 - 39,15)
Ag	0,15 (0,11 - 0,26)	1,10 (0,98 - 1,13)	0,58 (0,49 - 0,61)	1,02 (0,93 - 1,10)
Zn	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cu	1,52 (1,42 - 1,59)	0,51 (0,47 - 0,58)	1,53 (1,39 - 1,62)	0,52 (0,46 - 0,58)
Te	i.a.	0,09 (0 - 0,25)	0,22 (0,18 - 0,25)	0,08 (0 - 0,12)
Se	0,13 (0,05 - 0,20)	0,24 (0,19 - 0,27)	0,12 (0,10 - 0,15)	0,17 (0,15 - 0,19)
S	16,29 (16,08 - 16,45)	16,02 (15,92 - 16,12)	16,19 (15,94 - 16,32)	15,99 (15,95 - 16,03)
Total	99,48*	99,95	100,00	99,08

Kjemisk formel basert på (Te+Se+S) = 5

Bi	2,02	2,00	2,01	2,04
Pb	1,82	1,91	1,84	1,88
Ag	0,01	0,10	0,05	0,09
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,23	0,08	0,24	0,08
Te	-	0,01	0,02	0,01
Se	0,02	0,03	0,01	0,02
S	4,98	4,96	4,97	4,97

	GC7 <i>n</i> = 1	GC9/1 <i>n</i> = 6	GC9/2 <i>n</i> = 2
Bi	42,82	42,61 (41,87 - 43,28)	36,91 (36,65 - 37,18)
Pb	39,93	39,37 (39,02 - 39,55)	47,13 (46,80 - 47,47)
Ag	0,70	0,98 (0,88 - 1,06)	<0,01
Zn	0,06	0,28 (0 - 1,28)	0,03 (0 - 0,06)
Cu	<0,01	1,17 (1,08 - 1,23)	0,02 (0 - 0,5)
Te	0,21	0,17 (0,14 - 0,21)	<0,01
Se	0,22	0,16 (0,14 - 0,18)	0,15 (0,14 - 0,15)
S	16,06	16,36 (16,26 - 16,46)	15,77 (15,66 - 15,87)
Total	100,00	101,10	100,01

Kjemisk formel basert på (Te+Se+S) = 5

Kjemisk formel basert (Se+S) = 6

Bi	2,03	1,99	2,46
Pb	1,91	1,85	2,76
Ag	0,06	0,09	0,00
Zn	0,01	0,04	0,01
Cu	0,00	0,18	0,00
Te	0,01	0,01	0,00
Se	0,03	0,02	0,02
S	4,96	4,97	5,98

* Spor av As