

**En mineralogisk studie av Au-förande
kvartsgångar i Björkdalsgruvan,
Västerbottens län**

Torbjörn Wikström

Examensarbete 1997, 20p i malmgeologi
Institutionen för geologi och geokemi
Stockholms universitet

Innehållsförteckning

Inledning	3
Regionalgeologisk beskrivning	4
Lokalgeologisk beskrivning	8
Metodik	10
Resultat	10
Provbeskrivningar	15
Guldkornsfördelning	40
Kemiska analyser	45
Sammanfattande kommentarer om Björkdalsgruvans mineral	48
<i>Gedigna element</i>	48
<i>Sulfider</i>	49
<i>Sulfosalter</i>	50
<i>Oxider</i>	51
<i>Silikater</i>	51
<i>Karbonater</i>	53
<i>Halider, wolframater och fosfater</i>	53
Diskussion	54
Sammanfattning	54
Slutord	55
Referenser	56
Appendix	59
<i>Appendix 1. EDS-analyser</i>	59
<i>Appendix 2. Utsläckningsvinklar för plagioklaser</i>	67
<i>Appendix 3. Kemiska analyser</i>	68
<i>Appendix 4. Koordinater och kvartsgångsbredd för provpunkterna</i>	71

Inledning

Björkdalsgruvan ligger 26 km nordväst om Skellefteå stad i Västerbotten och är en av de största guldmalmer som bryts kommersiellt i Sverige idag, gruvan producerade 1995 2217 kg rent guld. Malmkroppen identifierades så sent som hösten 1985 och kom i produktion 1988. Målsättningen med studien är att dokumentera de opaka mineral som förekommer i Björkdalsgruvan. Speciellt kommer guldets uppträdande att undersökas i syfte att dra slutsatser om allt guld avsatts samtidigt eller om flera generationer guld finns representerade. Arbetet utgör ett examensarbete vid Institutionen för Geologi och geokemi vid Stockholms Universitet och har skett i samarbete med Terra Mining AB.

Regionalgeologisk beskrivning

Björkdalsgruvan är belägen i Skelleftefältet, vilket är ett ca 50 km brett malmrikt bälte med en längd av ca 200 km som stryker i en väst-nordvästlig riktning från Kristineberg till Skellefteå i den norra delen av Västerbottens län (Fig. 1). Skelleftefältet består huvudsakligen av tidigt-proterozoiska vulkanska och sedimentära bergarter som har tolkats som en tidigt-proterozoisk, kompressionsgenererad, vulkansk öbågebildning utanför en i norr liggande Arkaisk kontinent (Rickard, 1986; Gáal & Gorbatshev, 1987). Skelleftefältet avgränsas i norr av Arvidsjaurfältets terrestriska vulkanska bergarter (Perdahl & Frietsch, 1993; Perdahl & Einarsson, 1994) och i söder av marina sedimentbergarter avsatta i den Bottniska bassängen.

Skelleftefältets äldsta bergarter utgöres av en svit suprakrustalbergarter, d v s vulkanska och sedimentära bergarter, som daterats till ca 1890 Ma (Welin, 1987; Billström & Weihed, 1996). De vulkanska bergarterna utgöres av ryolitiska, dacitiska, andesitiska och basaltiska bergarter (Allen et al., 1996). De sedimentära bergarterna utgöres av lerstens- och sandstensturbiditer (Allen et al., 1996). Stratigrafiskt kan Skelleftefältets delas in i två grupper:

1. Skelleftegruppen

Skelleftegruppen är den äldsta av dessa två grupper. Den utgörs av en vulkansk del bestående av huvudsakligen vulkanoklasiter och lavar samt en sedimentär del som avlagrats i marin miljö såsom gråvackor och pelitiska avlagringar. Skelleftegruppens vulkaniter kan delas in i tre olika typer; felsiska porfyryer, vulkanoklasiter och mafiska vulkaniter. Mellan de vulkanska och sedimentära sviterna i Skelleftegruppen finner man en serie stratabundna sulfidmineraliseringar av troligt vulkanskt exhalativt ursprung i marin miljö.

2. Vargforsgruppen

Ovanpå Skelleftegruppens sekvenser ligger Vargforsgruppen, ett sedimentärt komplex bestående av epiklastiska sediment avsatta nära en kontinentkant (konglomerat och turbiditer).

Mer än hundra vulkanska massiva sulfidmalmer (VMS) är kända inom Skelleftefältet med rikliga mängder av Zn samt lokalt brytvärda halter av Cu, Pb, As, Ag och Au. Stratiforma vulkanska massiva sulfidmalmer uppträder i den övre delen av Skelleftegruppens vulkanska sekvenser och i vissa fall i den undre delen av Vargforsgruppens bergarter. Sulfidmineraliseringarna inklusive deras Au-innehåll är av troligt vulkanskt exhalativt ursprung avsatta i marin miljö. Några av de viktigaste VMS-fyndigheterna i Skelleftefältet är Kristineberg, Näsliden, Rakkejaur, Renström, Petiknäs, Långsele och Långdal. Den Au-rika Bolidenmalmen utgöres också till stor del av en VMS-typ. Studier av vätskeinneslutningar bekräftar att avsättningen av sulfidmalmen i Skelleftefältet har skett i marin miljö, både i djuphav och i mer grunda vattendjup (Broman, 1988). Två generationer av dessa massiva sulfidmalmsmineraliseringar är åldersbestämda till 1885-1880 Ma och 1875 Ma (Billström & Weihed 1996).

De vulkanska och sedimentära bergarterna har intruderats av en svit tidigt-svekofenniska granitoider (Jörnbatoliten) som ålderdaterats till 1890 Ma (Wilson et al., 1987). Jörngraniten är en I-typsgranit bildad av magmatiskt ursprungsmaterial. Jörngraniten kan i sin tur delas in i tre intrusiva generationer med den äldsta generationen ytterst: GI med en bergartssammansättning från granodiorit till tonalit med en ålder på 1888 Ma, GII med en granodioritisk-granitisk sammansättning med en ålder på 1874 Ma samt GIII med en granitisk sammansättning och en ålder på 1873 Ma (Wilson et al., 1987). En något yngre intrusion tillhörande samma tidigt-svekofenniska fas är Gallejaur monzonitgabbro med en ålder på 1873 Ma (Skiöld, 1988).

Jörnbatoliten är zonerad med de äldsta komponenterna ytterst. Den äldsta av dessa tre är GI tonalit-granodiorit som även uppvisar de mest komplexa och heterogena faserna av Jörngranitens tre intrusiva generationer. Bergarten är grå till färgen och vanligtvis textuellt grovkornig. Mineralogiskt består den av kvarts, oligoklas, biotit, hornblände och mikroklin. Assecoriska mineral är epidot, apatit, titanit, zirkon och opaka mineral. Upp till 20 mm stora kvartsfenokryster (blåfärgade av rutilinneslutningar) är vanliga i kontakten mot suprakrustalens bergarter (Weihed, 1992).

Minst två faser har deformerat Skelleftefältets suprakrustalbildningar, där skjuvning har varit en viktig komponent i båda faserna (Bergman & Weihed et al., 1996). Dessa strukturer har varit av fundamental betydelse för lokaliseringen av guldfyndigheter i området (Bergman, 1992). Skelleftefältets guldfyndigheter har delats in i ett flertal olika kategorier (Bergman et al., 1989; Sundblad et al., 1993):

A. Mineraliseringar i eller spatiellt associerade med intrusiv.

1. Cu-As-Au mineraliseringar i skjuvzoner i granitoider (Tallberg).
2. As-Au mineraliseringar spatiellt associerade med små porfyrier i stora sedimentära sekvenser (Storklinten, Vinliden).
3. Kwartsgångsrelaterat guld längs kontakter mellan graniter och suprakrustalen (Björkdal, Middagsberget).
4. Mindre Au mineraliseringar i basiska intrusiv (Åkerberg).

B. Mineraliseringar i suprakrustala bergarter utan koppling till några kända intrusiv.

1. As-Au förande kvartsgångar i sediment (Krångfors, Norrlångträsk, Stöverfors).
2. As-Au förande kvartsgångar i vulkaniter (Skäggräskberget, Önusberget).

C. Epigenetiska Au-förande kvartsgångar överskuggande massiva sulfidmalmer (Boliden).

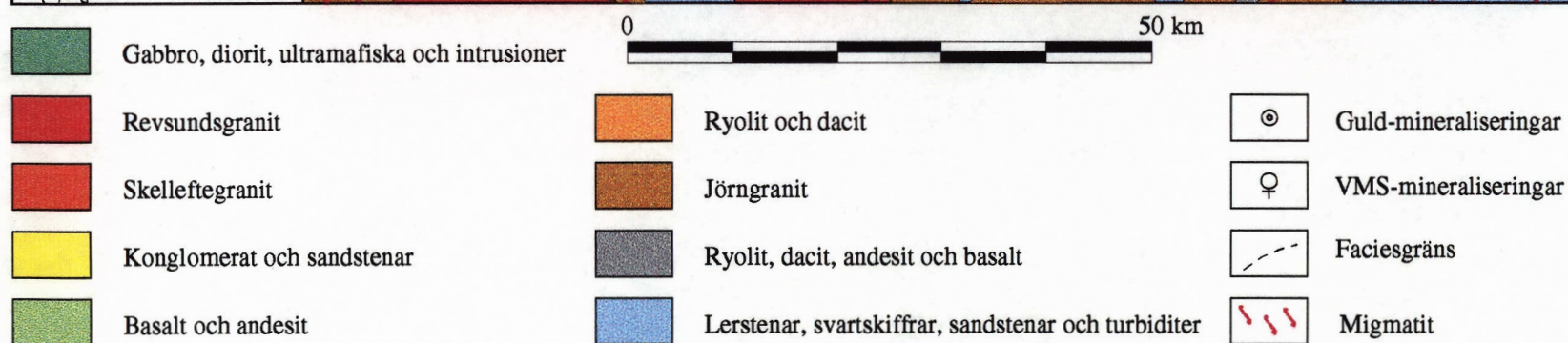
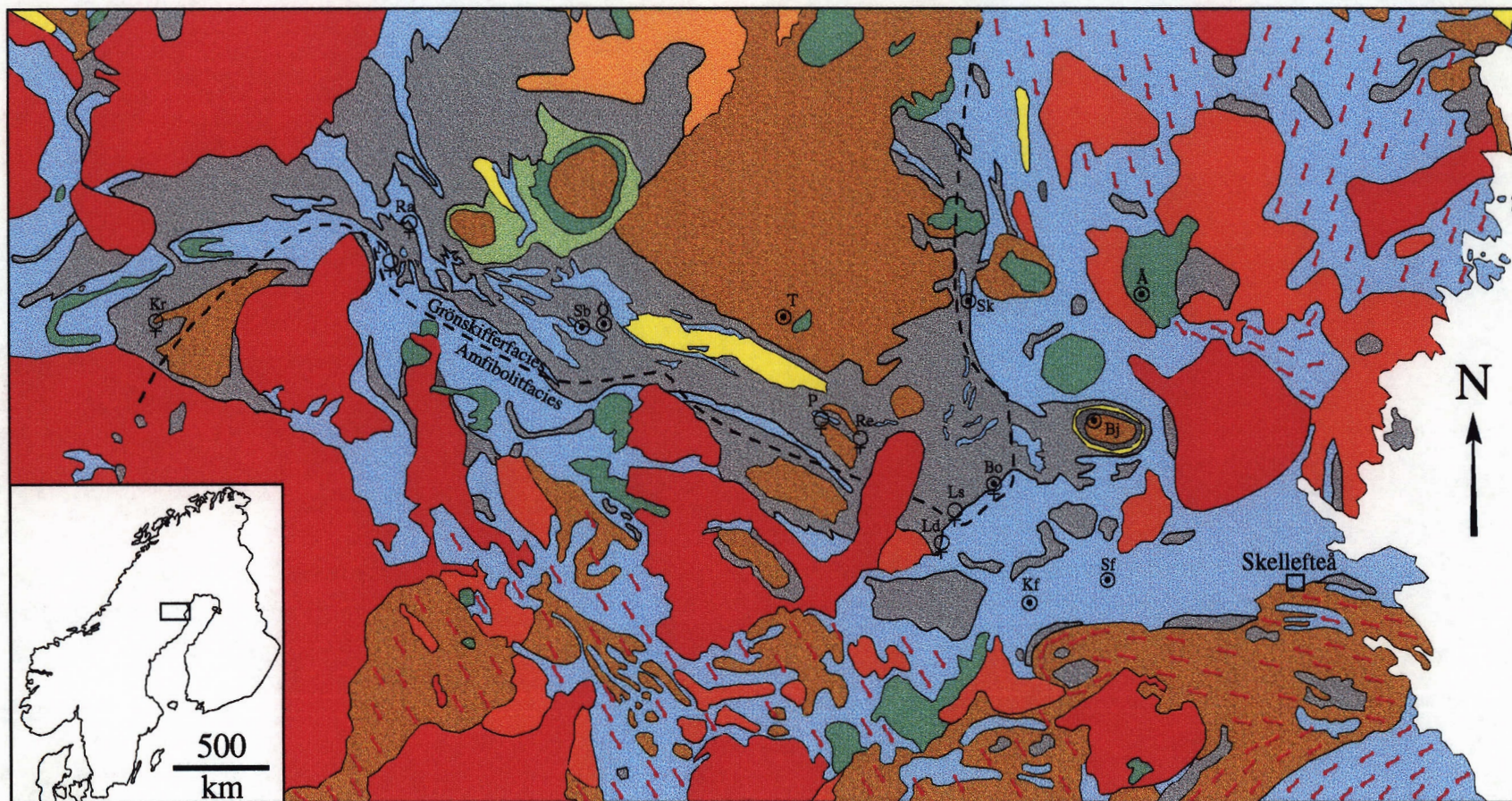
Åldern på dessa skjuvzoner och relaterade guldmineraliseringar diskuterades av Sundblad et al. (1993) där slutsatsen var att de bildats kort efter suprakrustalbildningarnas avsättning och troligen senast vid 1870 Ma. Många av dessa guldförande kvartsgångar är rika på arsenikkis och turmalin.

Metamorfosgraden i Skelleftefältet är huvudsakligen grönskifferfacies men ökar i riktning mot söder och öster via amfibolitfacies till migmatiserade bergarter (Gavelin, 1955; Rickard, 1986; Billström & Weihed, 1996). Den metamorfa isograden grönskiffer/amfibolitfacies löper i öst-västlig riktning parallellt med Skelleftefältet från

Kristineberg till Långsele och viker av i nord-sydlig riktning längs östkanten av Jörnbatoliten (Billström & Weihed, 1996). Migmatiserade områden förekommer än längre söderut samt i kusttrakterna norr om Skellefteå.

Härnö-Skelleftegraniternas serorogena graniter bildades genom anatexis av ett sedimentärt ursprungsmaterial. Dessa graniter är således s k S-typs graniter. Graniter i Härnösandstrakten har daterats till 1822 Ma (Claesson & Lundqvist, 1995), medan graniter i Skellefteåområdet har daterats till 1798 Ma (J. Weihed & P-O. Persson, pers. komm., 1997).

Revsundsgraniten förekommer i mycket stora arealer, framförallt i den bottniska bassängen söder och öster om Skelleftefältet och är en post-kinematisk bildning daterad till 1770-1800 Ma (Billström & Öhlander, 1989). Den typiska Revsundsgraniten är grovkornig porfyrisk, kvarts- och kaliumrik samt av S-typ (Rickard, 1986).



VMS-mineraliseringar: Boliden=Bo, Kristineberg=Kr, Långdal=Ld, Långsele=Ls, Näsliden=N, Petiknäs=P, Rakkejaure=Ra, Renström=Re
 Guldmineraliseringar: Björkdal=Bj, (Boliden)=Bo, Krångfors=Kf, Skäggräskberget=Sb, Storklinten=Sk, Stöversfors=Sf, Tallberg=T, Åkerberg=Å, Önusberget=Ö

Fig. 1. Regionalgeologisk karta över skelleftefältet (modifierad efter: Gavelin, 1955; Rickard, 1986; Billström & Weihed, 1996; Lundqvist et al., 1996).

Lokalgeologisk beskrivning

Björkdalsgruvan är belägen 26 km NV om Skellefteå stad (Fig. 1). Samtliga bergarter i Björkdalsområdet tillhör den tidigt-svekofenniska utvecklingen och har deformerats och metamorfoserats under den svekofenniska orogenesen. Den huvudsakliga värdbergarten till de guldförande kvartsgångarna utgöres av en granitoid som förekommer i en 5×10 km domformad bildning, "Högdalskupolen". Den mineralogiska och geokemiska sammansättningen visar på en bergartssammansättning från kvartsmonzodiorit-monzodiorit (Larsson, 1996). En zonerings i massivet visar på en högre albithalt i de yttre delarna och en mer kalifältspatrik i dess centrala del (Larsson, 1994).

Granitoiden kan vara en ekvivalent till Jörnbatoliten men några isotopgeologiska data föreligger ej för Högdalsgranitoiden och dess ålder och korrelation med andra plutoniter är alltså oklar. Denna granitoid kringgärdas av ett karbonatstenslager med en varierande bredd på några tiotals meter till något hundratal meter (Fig. 2). Metamorfoserade gråvackor och svartskiffrar tillhörande den Bottniska bassängen dominerar området söder, öster och norr om Björkdalsgruvan. Sura vulkaniter förekommer i ett ringformat, ca 1 km brett område, runt gruvan och vidare västerut. Bergarterna i Björkdalsområdet har metamorfoserats till lägre amfibolitfacies. Gränsen mot grönskifferfacies löper 6,5 km väster om gruvan medan gränsen mot migmatiserade områden löper ca 23 km öster om gruvan. Några pegmatiter eller andra sen till postorogena graniter förekommer inte i Björkdalsområdet. Åkerbergsgruvan (ca 15 km norr om Björkdalsgruvan) är belägen betydligt närmare migmatitgränsen, vilket yttrar sig i förekomsten av migmatitbildade pegmatiter som klipper de guldförande kvartsgångarna.

Tektoniskt genomkorsas Björkdalsgruvan av ett antal deformations- och skjuvzoner varav några är regionala och andra av mer lokal betydelse. En viktig regional tektonisk zon är Skelleftezonen strykandes N60V vilket är parallellt med rådande bergartsstrykning (Larsson, 1994). Två lokala E-W strykande skjuvzoner passerar genom gruvområdet vilka har styrt upp kvartsgångssystemen (Broman et al., 1994).

Lokalt har berggrunden deformerats och skjuvats. Detta brant stupande skjuvzonsmönster är idag läkt av Au-förande odeformerade och sulfidmineraliserade kvartsgångar. Au-halten varierar beroende på kvartsgångarnas geografiska riktning. Kvartsgångar med huvudriktningen E-W håller de högsta Au-halterna (10-30 ppm). Kvartsgångar i två andra riktningar (N-S och NV-SE) håller 0,5-10 ppm. Malmkroppens generella stupning är 30°N, vilket överensstämmer med omgivande berggrund. Kvartsgångarnas tjocklek varierar generellt från 0,1 till 1,0 m (Broman et al., 1994).

Mineralogiskt består de Au-förande kvartsgångarna huvudsakligen av kvarts med varierande mängder av de vanligaste sulfiderna: magnetkis, pyrit och kopparkis. Även turmalin, kalcit, aktinolit, och en serie olika telluridmineral finns närvarande i kvartsgångarna och i dess sidomatrix. Scheelit uppträder i betydande mängder i de östvästliga riktningarna. En omvandlingzon kan observeras upp till 30 cm från kvartsgångens kontakt med sidoberget och är av typen seritisering och kloritisering (Broman et al., 1994). En intressant iakttagelse i Björkdalsgruvan är avsaknaden av arsenikkis, vilket är ett vanligt mineral i övriga Skelleftefältet.

Studier av vätskeinneslutningar i de guldförande kvartsgångarna visar att tre typer av fluider varit aktiva, en tidig som avsatte kvarts samt en som avsatte sulfider och en tidig generation guld vilka är avsatta av en CO_2 och CH_4 förande 10-vikt% NaCl-lösning vid 0,5 kbars tryck.

Guldet transporterades som komplexjon $\text{Au}(\text{Hs})_2^-$ i en neutral lösning. Guldet fälldes ut som en följd av tryck- och temperatursänkning, reaktioner med sidoberget och en ökning av lösningens pH. Slutligen läktes sprickor i kvartsgångarna av en vattenlösning som även avsatte kalcit och ytterligare guld (Broman et al., 1994). Rådande temperatur vid utfällningsögonblicket var 250°C , d v s mesothermal temperatur (Broman et al., 1994).

Björkdalsgruvans mineralogi finns hittills endast omnämnd i ett fåtal artiklar och rapporter. De mer omfattande arbeterna är: Annamet services (1988), Nysten (1990), Grensman (1993) och Larsson (1996).

Lokalgeologisk karta över Björkdalsgruvan

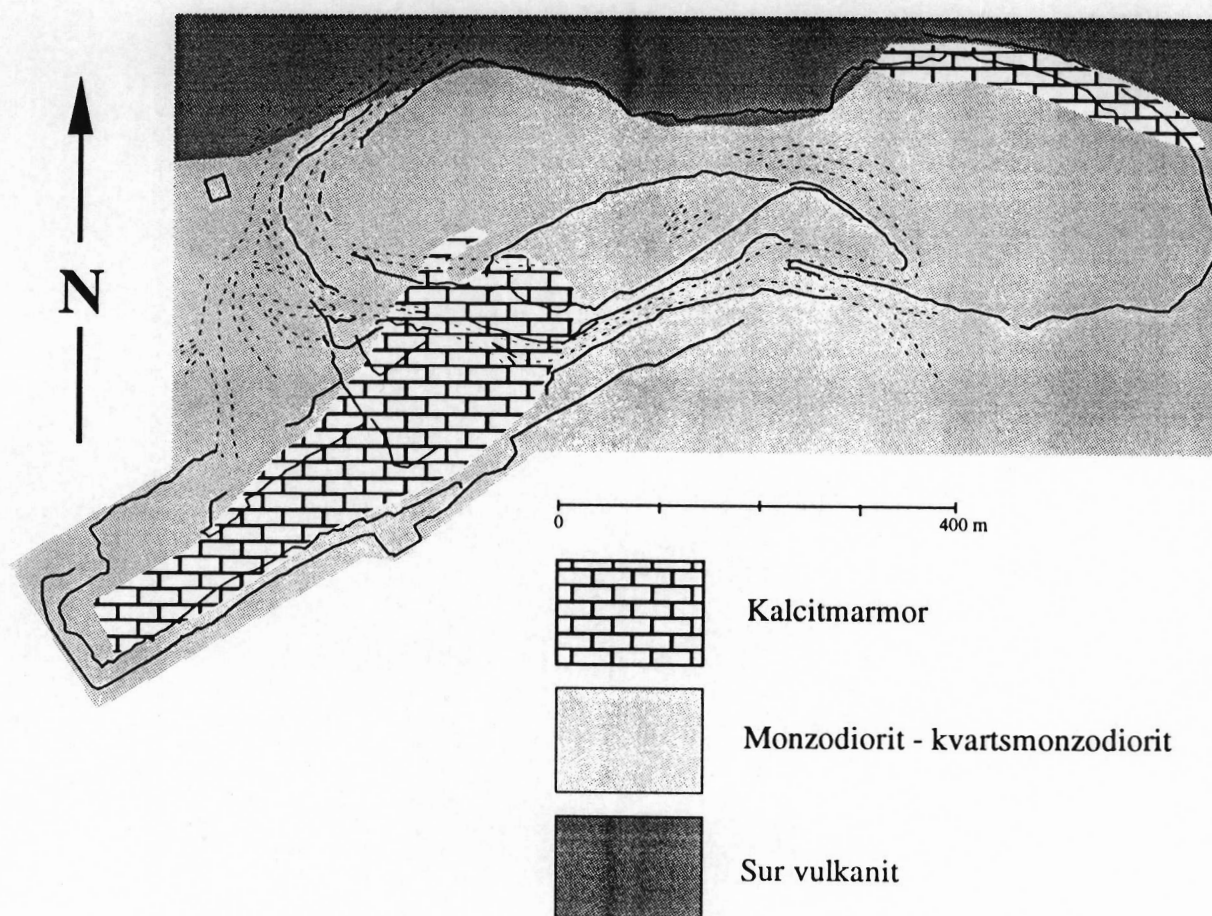


Fig. 2. Schematisk framställning av Björkdalsgruvans geologi (modifierad efter Larsson, 1996).

Metodik

Fältinsatsen för detta arbete omfattade provtagning inom Björkdalsgruvans område varvid 32 stuffer insamlades. Provtagningspunktens mitt lades i kontakten mellan kvartsgång och sidoberg så att det erhållna provet till hälften bestod av kvarts och till hälften av sidoberg. Kvartsgångens strykning, stupning och tjocklek noterades. Provtagningspunktens geografiska läge mättes in med teodolit utom för tre prov vilkas geografiska läge bestämdes utifrån befintligt kartmaterial. Av de 32 proverna valdes slutligen tjugo ut för kemiska analyser samt tunnslipstillverkning. De tjugo proverna valdes ut med hänsyn till provets mineralogi och så att provpunkterna kom att geografiskt täcka hela gruvområdet.

Tjugo polerade tunnslip polarisationsmikroskoperades i både genomfallande och påfallande ljus. Dessutom gjordes polerprov på motklossen till tunnslipens avsågade del, för att öka den mikroskoperade ytan för varje prov. Provens observerade guld Korn räknades för att erhålla ett tillförlitligt statistiskt underlag till guldkornsfördelningen.

För mineralbestämning har även den kemiska sammansättningen analyserats i ca 130 punkter med hjälp av EDS-utrustning (Energy dispersive spectroscopy). Mineralens kemiska sammansättning och stökiometri har sedan jämförts med mineraldata publicerade av Anthony et al. (1990 & 1995). EDS-analysernas trovärdighet begränsas i mycket små korn p g a interferens från omgivande mineralfaser. För säkra analyser krävs således korn $>10\text{ }\mu\text{m}$. Ytterligare en begränsning i EDS-metoden är analysdata avseende Pb/S-förhållandet vilket snedvrider elementfördelningen i blyglans samt svårigheter att analysera molybdenglans.

De kemiska analyserna utfördes på ett 3-5 kg stort material av Annamet services (Liverpool). Au-analyserna utfördes med Fire Assay och övriga element med ICP.

Resultat

Provpunkternas läge i Björkdalsgruvan finns åskådliggjorda i Fig. 3 och de provtagna kvartsgångarnas strukturer är redovisade i Fig. 4. För varje provpunkt är gruvans respektive delområde ("central, mellanområdet, östra, västra och kalkbrottet") angivet, dessa områden redovisas i Fig. 5. De geografiska koordinaterna och provpunktens höjd över havet anges i gruvans lokala nät, samt kvartsgångarnas bredd, redovisas i Bilaga 4. En beskrivning av varje prov och dess mineralogiska innehåll redovisas på sid. 15-39. En sammanfattning av mineralfördelningen i provmaterialet redovisas i tabell 1. Den kemiska sammansättningen i respektive prov redovisas i Bilaga 3.

Provpunktskarta

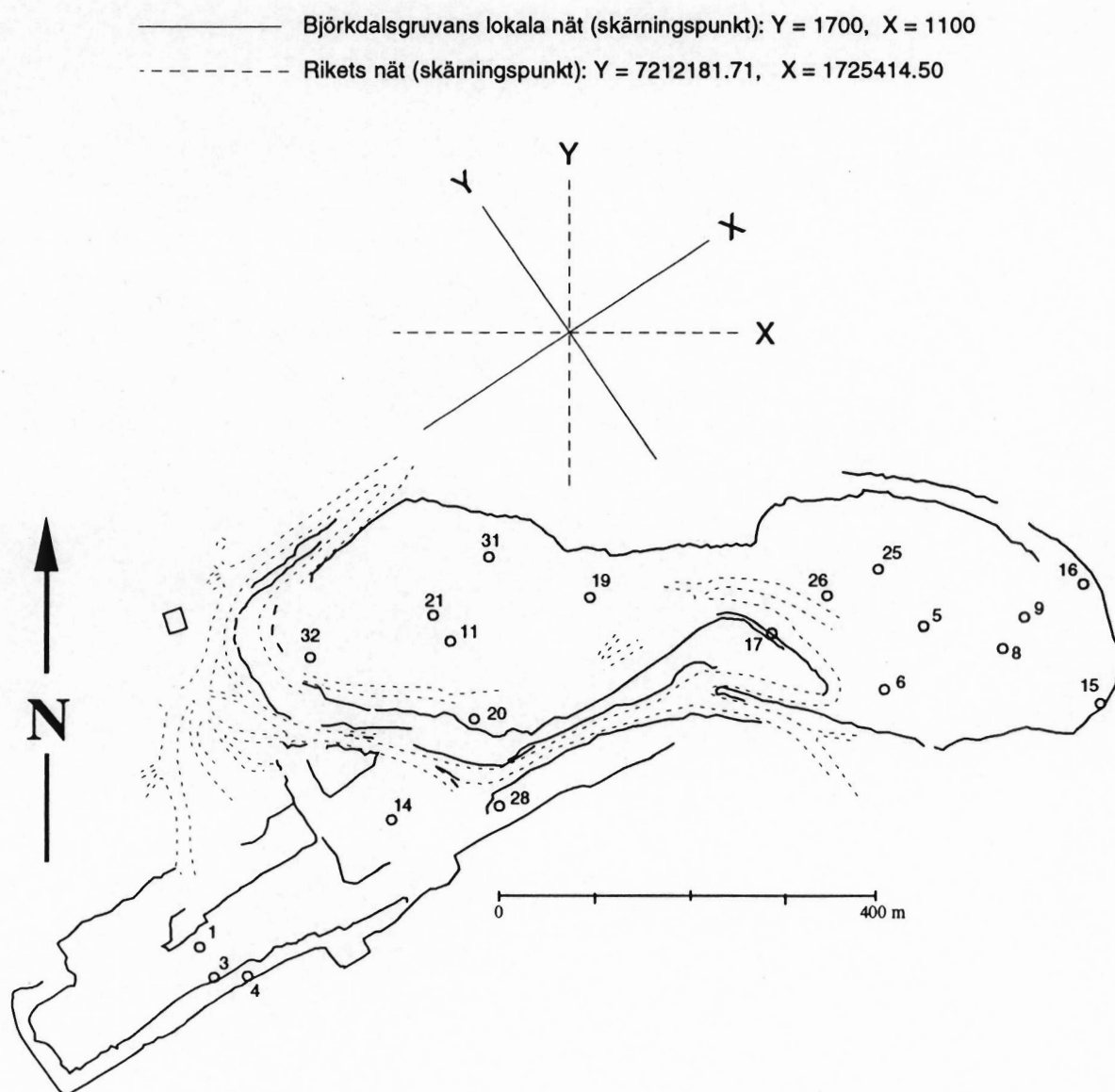


Fig. 3. Position för de tjugo prover som utvaldes för mineralogisk och kemisk undersökning. De yttre konturerna utgör Björkdalsgruvans begränsning så som den såg ut 1996-12-02. De streckade linjerna utgör gruvans tillfartsramper och vägar.

Kvartsgångskarta

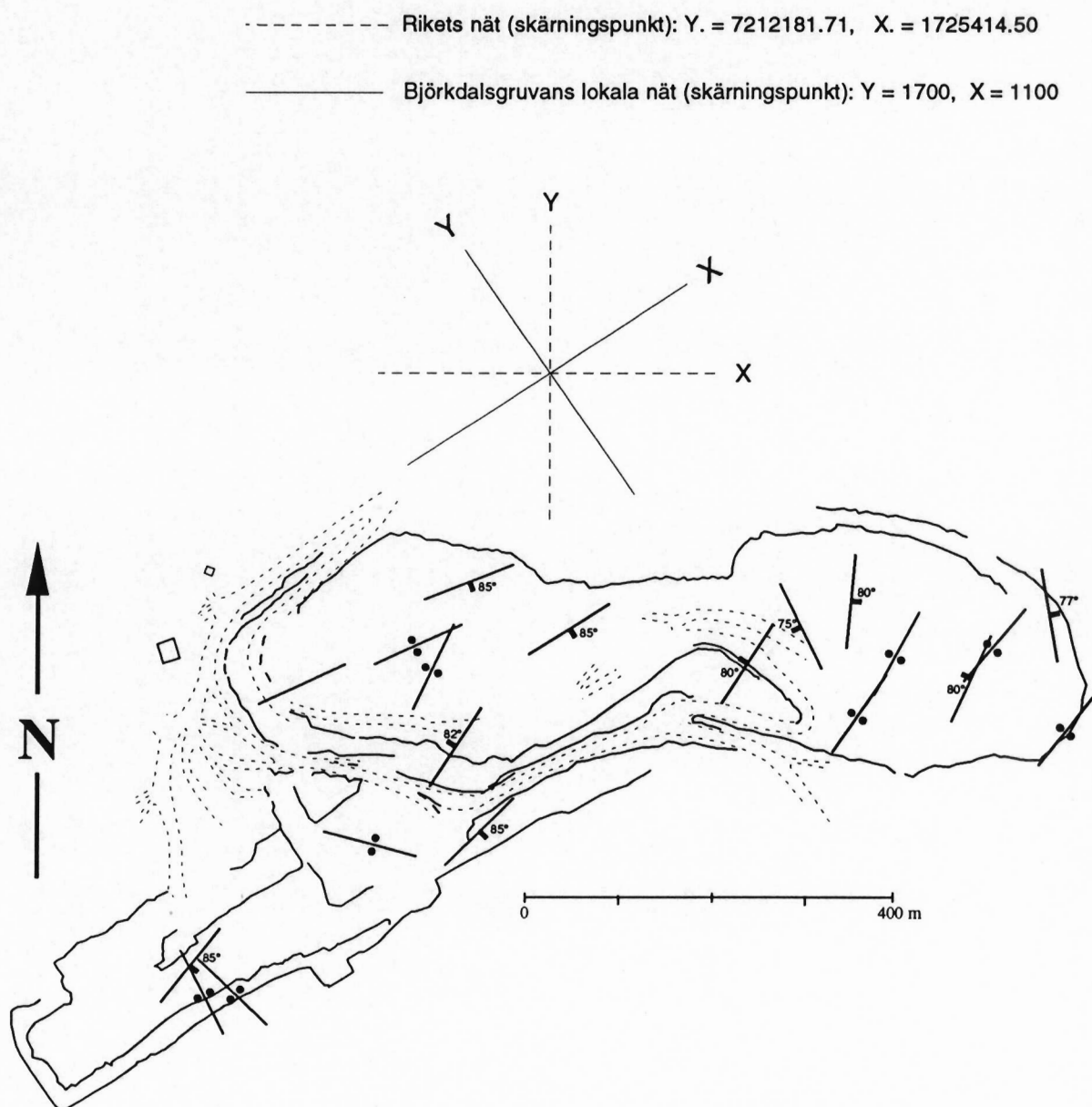


Fig. 4. Strykning och stupning på de undersökta kvartsgångarna. Gångarnas bredd redovisas i Appendix 4.

Gruvområdeindelning

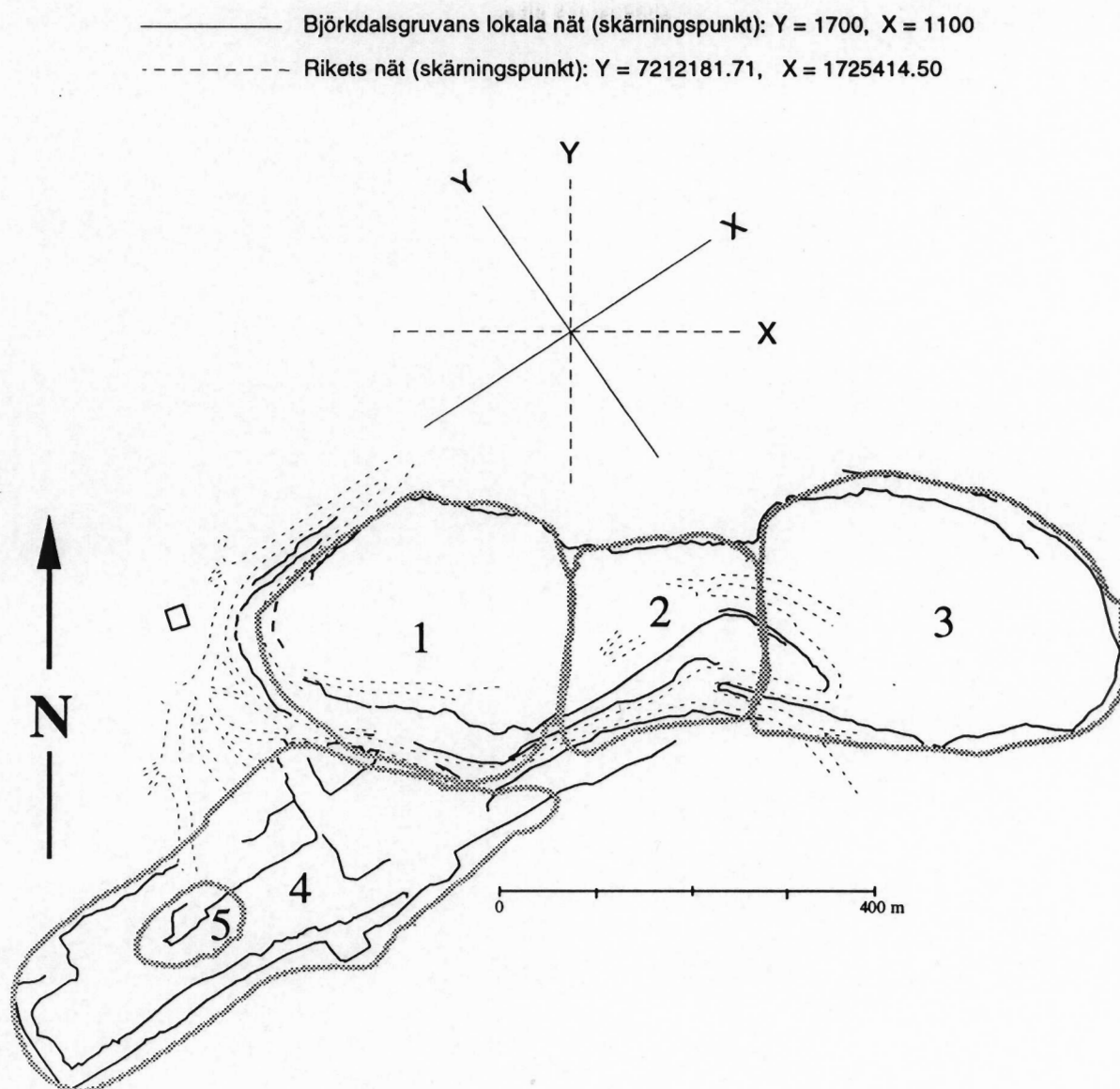


Fig. 5. Schematisk gruvområdesindelning för Björkdal: 1 = Central
2 = Mellanområdet
3 = Östra
4 = Västra
5 = Kalkbrottet

Prov	Guld	Vismut-tellurider	Hessit	Magnet-kis	Pyrit	Zink-blände	Blyglans	Molybden-glans	Kopparkis	Titanoxider	Scheelit
1	x	x		xx	xx	x			x	xxx	
3				x	x	x	x	x	x	x	
4	x	x		x	xx	xx			x	x	
5	x	x	x	x	xx	x	x		x	x	xx
6	x	x	x		xx	x	x	x	x	xx	xx
8	x	xx	x	xx	xxx	xx	x		xx		
9		x		x	x	x	x		xx		
11	x	x		xx	xx	x			xx	xx	
14				x	x				x	x	
15				x	xx	x	x		x	x	
16				xx	xxx	x		x	xx	x	
17					xxx				x	xx	
19	xxx				xx		x	x	x	xxx	
20					xx				x	x	
21		x		x	xx	x			xx		
25	xxx	xxx	x		xx	x			x	x	
26				x	x				x	xxx	
28					xx				x	xx	
31					x					x	
32	xxx	xxx		xx	x			xx	x	x	

Tabell 1. Mineralfördelningen i provmaterialet:

För magnetkis, kopparkis, pyrit, scheelit och titanoxider gäller: x = observerat, xx = 1-3% samt xxx = >3%.

För blyglans, hessit, molybdenglans, vismuttellurider och zinkblände gäller: x = observerat, xx = >25 korn på minst 10 µm samt xxx = >100 korn på minst 10 µm.

För guld gäller: x = en sammanlagd yta om <300 µm, xx = en sammanlagd yta om på 300-1000 µm, xxx = en sammanlagd yta på >1000 µm.

Prov 1. Geografiskt läge: 65m-västra, kalkbrottet.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit och innehåller stänk av magnetkis- och pyrit aggregat. Magnetkis- och pyritaggregaten uppträder även i sidobergarten. Gränsen mellan gångkvartsen och sidoberget är skarp. Stuffen är kraftigt anlöpt och ger ett rostigt intryck.

Observerade mineral

Opaka faser: Magnetkis, pyrit, kopparkis, rutil, markasit, tsumoit, guld, zinkblände.

Transparenta faser: Kvarts, biotit, muskovit, plagioklas, mikroklin, kalcit, zirkon.

Transparenta faser

Gångkvartsen innehåller flera sprickor som i sin tur är läkta av en ny generation fingranulerad kvarts. I direkt kontakt med kvartsen finns ett tätt mörkt sidoberg bestående av kvarts, plagioklas, muskovit och biotit samt en mindre mängd mikroklin och kalcit. Sidoberget övergår att bli mer glimmerrik och grovkornigare längre bort från gångkvartsens och sidobergets kontakt. De ingående silikatmineralen ger ett samlat intryck och ligger längs stråk eller i ö-formationer. Biotiten innehåller rikligt med zirkon med tillhörande metamikta halos. Kalciten är anhedralt disseminerad i sidoberget.

Opaka faser

Sulfiderna är utfällda intill alla mineral i paragenesen men är definitivt talrikast och bäst utbildade i en mer biotitrik miljö. Rutil och ilmenit uppträder tillsammans men vanligast är rutilen ensamt. Titanmineralen är associerade till biotiten.

Magnetkis är den rikligast förekommande sulfiden och är anhedral-subhedral till formen. Magnetkisen är ofta omsluten av anhedral pyrit, men det motsatta förhållandet observerades också. Kolloforma markasitbildningar observerades som bårder runt magnetkis.

Kopparkisen är associerad till övriga sulfider och är subhedral till formen. De två subhedrala zinkbländekrystaller som observerades låg i kontakt med kopparkis. Kopparkisen förekommer talrikast i gångkvartsen.

Guldet uppträder på fyra olika platser i polerprovet: 1) ett 4 µm stort guldorn i gångkvartsen nära magnetkis, 2) ett 15 µm stort guldorn i gångkvartsen nära kontakten med sidoberget i absolut närhet till vismuttellurider, 3) ett 7 µm stort guldorn i sidoberget nära magnetkis, 4) ett guldkornsaggregat med 10 individer varav det största kornet är 40 µm, resterande korn 1-10 µm varav ett i kontakt med en vismuttellurid.

Prov 3. Geografiskt läge: 45m-västra.

Stuff: Gångkvartsen är något klarare än mjölkkvarts med en större spricka läkt av klorit. Kontakten med sidoberget är knivskarp och omvandlingszon saknas. Sidoberget är mörk och tät med inslag av 1-2 mm ljusa strökorn. En isklar kvartskörtel med biotitkristaller förekommer i sidoberget. Sulfider uppträder som aggregat i kontakten. Stoffen är kraftigt anlöpt och ger ett rostigt intryck.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, magnetkis, rutil, titanit, kopparkis, zinkblände, ilmenit, molybdenglans, blyglans, covellin.

Transparenta faser: Kvarts, biotit, plagioklas, muskovit, mikroklin, turmalin, kalcit.

Transparenta faser

Gångkvartsen skärs av ett tjugo-tal 0,07-0,15 mm breda sprickor som i sin tur är läkta av en ny generation fingranulerad kvarts. En mindre mängd glimmermineral finns utfällade i spricksystemen.

Biotit och muskovit uppträder rikligt i sidoberget i långa ca 0,1-0,3 mm breda stråk. Kvart, plagioklas och mikroklin ligger som aggregat i omgivande matrix. Subhedral turmalin ligger orienterat utefter ett muskovitstråk. Kalciten är sparsamt förekommande och finns som enstaka kristaller eller som aggregat med några få individer.

Opaka faser

Pyrit är subhedral till formen och är provets vanligaste opaka mineral. Magnetkisen är anhedral-subhedral till formen. Kopparkis finns disseminerad men även som större anhedrala-subhedrala kristaller associerade till magnetkis. Kopparkis observerades även i små mängder i zinkblände.

Titanmineralen förekommer relativt sparsamt och är associerade till biotitfasen. Rutil och titanit uppträder oftast tillsammans. Ilmenit observerades tillsammans med rutil.

Zinkblände uppträder tillsammans med kopparkis, men finns även i tydliga exempel som bård runt pyrit. Ett ca 0,15 mm stort anhedralt blyglanskorn observerades i provet.

Enstaka anhedrala 20 µm stora molybdenglanskorn observerades.

Covellin observerades vid två tillfällen, ett ca 4 µm stort korn i kopparkis och som bård runt kopparkis.

Prov 4. Geografiskt läge: 45m-västra.

Stoff: Gångkvartsen är mjölkvit och gränsen mellan gångkvarts och sidoberg är skarp. Pyrit- och magnetkiskristallerna är upp till 1 mm stora och finns spridda i sidoberget. Sidoberget är mörkt och tätt med inslag av ljusa 3-4 mm stora diffusa strökorn. Stoffen är kraftigt anlöpt och ger ett rostigt intryck. In situ observerades även turmalin, men ej i denna stoff.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, rutil, titanit, ilmenit, magnetkis, kopparkis, zinkblände, guld.

Transparenta faser: Plagioklas, kvarts, biotit, muskovit, kalcit, mikroklin.

Transparenta faser

Gångkvartsen är rikligt genomslagen av 0,07-0,15 mm breda sprickor, i vilka de tunnare sprickorna är läkta av biotit och klorit, och de breda är läkta av fingranulerad kvarts. I övrigt är gångkvartsen helt fri från opaka mineral.

Gångkvartsens kontakt med sidoberget är rikligt mineraliserad med plagioklas. Biotit och muskovit uppträder företrädesvis i aggregat. Kalcit och mikroklin finns spritt i hela sidoberget.

Opaka faser

Pyrit är den mest förekommande sulfiden och är subhedral-euhedral till formen. Titanmineralen rutil, titanit och ilmenit är alla associerade till biotiten. Ilmeniten är alltid omgiven av rutil och titanit.

Magnetkisen är anhedral till formen och ser sönderriven ut. Magnetkisen observerades sammanvuxen med pyrit och kopparkis, eller i pyriten.

Zinkblände uppträder som bård runt pyrit och kopparkis, eller som sprickfyllnad i pyrit.

Två guldaggregat observerades i polerprovet med 15 respektive 8 individer. 15 individers aggregatet ligger i absolut närhet (ca 0,5 mm) till en 1 mm stor pyritkristall. Det andra aggregatet ligger till synes fritt från övriga opaka mineral 5 mm från det första aggregatet. Storleken för dessa 25 guld-korn är: 1-5 μm =14 st, 5-10 μm =2 st, 10-20 μm =4 st, 20-40 μm =5 st.

Ett anhedralt tellurobismutitkorn observerades i polerprovet, dock ej i anslutning till guld.

Prov 5. Geografiskt läge: 140m-östra.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit. Sidoberget är tätt och grått med ljusa aggregat bestående av kalcit och kvarts. Scheelit förekommer som 2-3 mm stora subhedrala korn i anslutning till en biotitrånd mellan kvarts och sidoberget. Pyrit är ställvis synligt utom i gångkvartsen. Vismuttellurider är synliga i sidoberget. Kalciten är grå och grovkornig.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, magnetkis, kopparkis, zinkblände, blyglans, rutil, tsumoit, hessit, guld, elektrum.

Transparenta faser: Kalcit, kvarts, biotit, klorit, muskovit, scheelit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är i kontakt med en finkornig paragenes bestående av kvarts och kalcit. Genom denna paragenes flyter stråk av smetig biotit, klorit och muskovit. Denna paragenes möter sedan en grovkornig euhedral kalcit. Denna sekvens upprepas ett par gånger.

Opaka faser

Sulfiderna är huvudsakligen associerade till den euhedrala kalciten men finns även disseminerade över hela sidobergsmatrixen, dock ej i gångkvartsen. Pyrit är den vanligast förekommande sulfiden och är anhedral-subhedral till formen. De största och bäst utbildade pyritkristallerna ligger associerade till den grovkorniga euhedrala kalciten.

Magnetkis observerades vid två tillfällen som anhedrala inneslutningar i pyrit.

Kopparkisen är anhedral till formen och uppträder ofta sammanvuxen med pyrit, men observeras även som avblandningsdroppar i pyrit.

Kristallationsföljden kan tolkas utifrån följande mineralobservationer: 1) kopparkis i zinkblände, 2) blyglansbård runt magnetkis, 3) zinkbländebård runt magnetkis, 4) zinkbländebård runt blyglans, 5) blyglans i zinkblände. Detta antyder att blyglans och zinkblände är avsatta efter magnetkisen.

Tellurider och guld är intimt knutna till varandra i provet. Hessit observerades som oregelbundna avblandningar eller som avblandningslameller i tsumoit. Hessit återfinns även intimt knuten till blyglans. Det största guldkornet är 30 µm stort och omges av elektrum vilket i sin tur är delvis omgivet av hessit

(Foto. 1). Tsumoiten observerades ej i direkt kontakt med guldet men finns i absolut närhet.

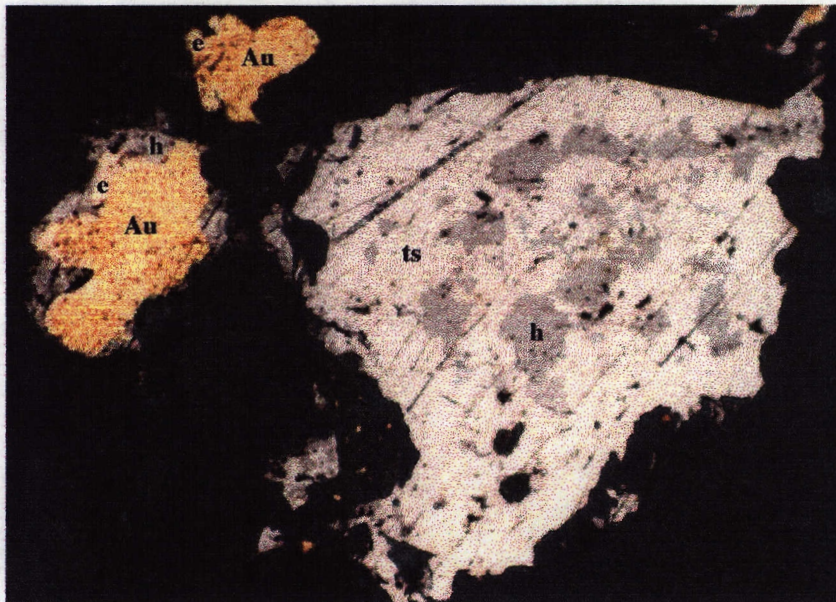


Foto. 1. Prov 5. Avblandningar av hessit (h) i tsumoit (ts). Guldet (Au) är delvis sammanvuxet med elektrum (e) och hessit. De nämnda opakmineralen omges av kvarts och glimrar. Bildens bredd är 250 μm .

Prov 6. Geografiskt läge: 140-östra.

Stuff: Mjölkvit splittrig gångkvarts gränsande till en bandad sidobergstextur. I kontakten finns stänk av sulfider synliga, ett par 2-3 mm stora subhedrala scheelitkristaller samt aggregat av vismuttellurider.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, kopparkis, rutil, tsumoit, blyglans, hessit, molybdenglans, guld, zinkblände, pilsenit.

Transparenta faser: Kvarts, plagioklas, biotit, muskovit, klorit, scheelit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är helt fri från sulfider, ett par tunna kalcitfyllda sprickor löper genom kvartsen. Gångkvartsen är i kontakt med ett sidoberg bestående av kalcit och biotit. Biotitnålar skjuter ut i gångkvartsen. Fortsatt textur längre bort från gångkvartsen ger ett bandat intryck med stråk av omväxlande parageneser och kornstorlekar. Den dominerande mineralassociationen är kvarts, plagioklas, biotit muskovit och enstaka mikroklinkristaller växellagrade med subhedral kalcit. Hela sekvensen blir mer grovkornig och plagioklasrik ju längre bort från gångkvartsen man kommer. Ett kloritstråk löper parallellt med sidobergets bandning.

Opaka faser

Alla opaka mineral finns i gränsområdena kring kalcit och övriga sidobergs-mineral och är mest frekventa kring kalciten.

Pyriten är subhedral-euhedral till formen och är den rikligast förekommande sulfiden. Kopparkisen är subhedral till formen och uppträder nära eller tillsammans med pyrit. Kopparkisen återfinns även som avblandningsdroppar i pyriten. Rutil förekommer i biotit och kalcit. Två anhedrala zinkbländekristaller observerades, det ena med en innesluten blyglanskristall, det andra i kontakt med pyrit.

Guldet uppträder i anslutning till kontakten mellan gångkvartsen och sidoberget i en kontaktzon mellan biotit och kalcit. Guldet sitter främst associerat till kalciten. Guldet förekommer sammanvuxet, inneslutet, eller i absolut närhet till tellur-mineralen: tsumoit hessit och pilsenit. Blyglans och molybdenglans uppträder även dessa i anslutning till guldet. De största guldkornen är av storleksordningen 10 µm men i övervägande antal betydligt mindre. Tunna guldfolier med en bredd av <0,1 µm och 1-5 µm långa, är orienterade vinkelrätt mot biotitens C-axel.

Prov 8. Geografiskt läge: 140-östra.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit och genomslagen av ett par större sprickor, i vilka aktinolit och en mindre mängd pyrit förekommer. Aktinoliten är intensivt grön och ger ett trådigt, smetigt intryck. Gångkvartsen gränsar till grå grovkristallin kalcit och en tätt mörkt sidoberg med aggregat av biotit. Sulfider är synliga i kontakten mellan gångkvartsen, kalciten och det täta mörka sidoberget.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, magnetkis, kopparkis, tsumoit, cubanit, zinkblände, blyglans, guld, hessit, pilsenit.

Transparenta faser: Kalcit, aktinolit, biotit, muskovit, klorit, kvarts.

Transparenta faser

Gångkvartsen är sprickrik med sprickor från 0,01-0,8 mm som är läkta till övervägande del av kalcit och en mindre mängd aktinolit och biotit. Sulfider saknas helt i gångkvartsen sånär som på en 0,1 mm stor subhedral pyritkristall liggandes i en kalcitfylld spricka. Sulfiderna uppträder dock rikligt i kontakten mellan gångkvarts, kalcit och aktinolit. Aktinoliten uppträder rikligast mellan två mineralfaser t e x mellan kvarts och kalcit. Kloriten uppträder tillsammans med glimrarna i stråk. Kalciten är grovkornig (upp till 2 mm) och är subhedral-anhedral i kristallformen.

Opaka faser

Opakmineralen förekommer rikligt och utgör ca 15% av provets yta. Pyrit är det vanligaste opakmineralet och utgör ca 90% av samtliga opaka mineral. Pyriten är anhedral-subhedral till formen och finns i centimeterstora aggregat och är liksom övriga sulfider associerade till kalciten. Pyriten har inneslutningar av både kopparkis och magnetkis. Magnetkisen ligger nära pyriten men är aldrig sammanvuxen utom som anhedrals inneslutningar i pyriten. Dock uppträder magnetkisen ofta som avblandningslameller i kopparkis eller sammanvuxen med kopparkisen. Cubanit uppträder i denna miljö som avblandningslameller i kopparkis, men observerades även som ett fritt liggande anhedralt korn, dock i absolut närhet till kopparkis och magnetkis. Tsumoit uppträder oftast som korn ca 0,1×0,3 mm stora och är subhedral till formen. Tsumoiten är fritt liggande eller sammanvuxet med kopparkis, magnetkis och/eller zinkblände. Ett ca 10 µm stort anhedralt hessitkorn i kontakt med kopparkis observerades som avblandning i tsumoit. Zinkbländet är anhedralt-subhedralt till formen ofta sammanvuxet med kopparkis och magnetkis, eller inneslutet i kopparkisen.

Två 25 µm stora anhedrals blyglanskorn observerades inneslutet i magnetkis.

Guldet uppträder endast som droppar inneslutna i pyrit sammanvuxet med inneslutningar av anhedral kopparkis och/eller magnetkis (Foto. 2). Guldstorleken för provets fem guldskorn varierar från 6-80 µm.

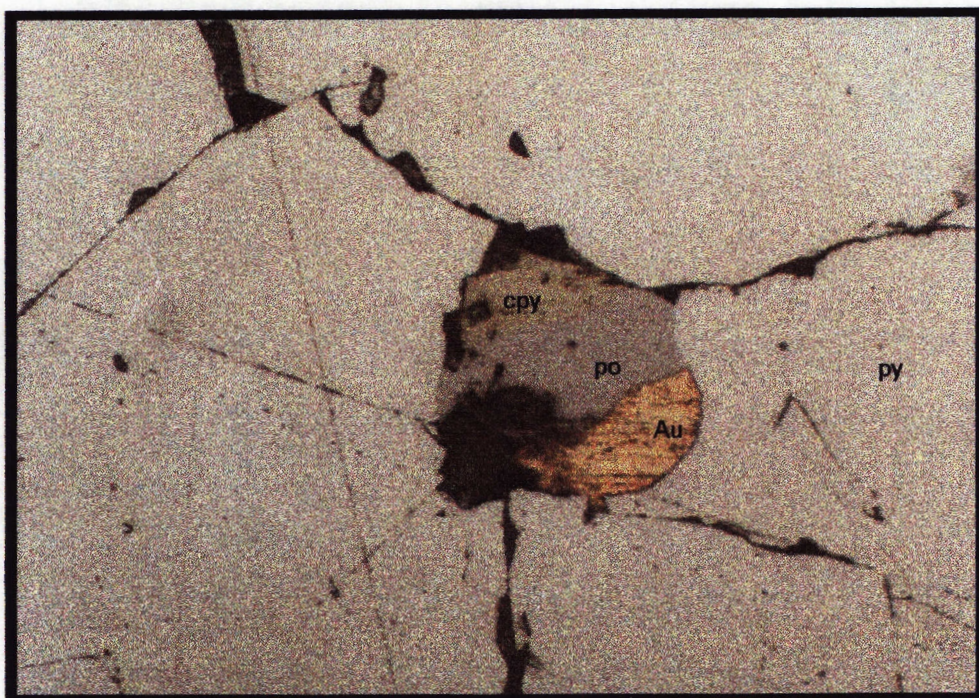


Foto. 2. Prov 8. Guld (Au), magnetkis (po) och kopparkis (cpy) i pyrit (py). Bildens bredd är 175 μm .

Prov 9. Geografiskt läge: 140-östra.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit, förande enstaka 3-4 mm långa turmalinnålar. 1-2 mm breda, turmalin och sulfidläta sprickor skär genom kvartsen. Gångkvartsen står i kontakt med en grå grovkornig kalcit, samt ett tätt mörkt sidoberg bestående av övervägande turmalinfels.

Observerade mineral

Opaka faser: Kopparkis, pyrit, magnetkis, vismuttellurider, cubanit, zinkblände, blyglans.

Transparenta faser: Turmalin, kalcit, kvarts, plagioklas, muskovit, biotit, klorit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är genomslagen av en förgrenad spricka med varierande bredd från 0,05-2,5 mm. Spricksystemet är läkt av kalcit i de tunnare partierna. Sulfider, klorit och en mindre mängd vismuttellurider finns utfällda i spricksystemets bredare delar.

Gångkvartsen möter en grovkornig kalcit samt ett sidoberg bestående huvudsakligen av turmalin, kvarts och plagioklas. Muskovit och biotit uppträder sparsamt i sidobergets spricksystem. Turmalin uppträder mikroskopiskt i två varianter, en med höga färger och en som ett aggregat med låga färger.

Opaka faser

Kopparkisen uppträder rikligt i gångkvartsens spricksystem tillsammans med övriga sulfider. Pyriten uppträder ensamt nära övriga sulfider samt som subhedrala-euhedrala prismatiska kristaller i kopparkis. Magnetkisen finns främst som avblandningslameller i kopparkis. Cubanit påträffas som avblandningslameller i kopparkis och magnetkis. Zinkblände uppträder tillsammans med övriga sulfider som anhedrala 0,05-0,1 mm stora korn, oftast i eller tillsammans med kopparkis.

Tre subhedrala 0,5 mm stora vismuttelluridkorn är utfällda i samma gångsystem som sulfiderna.

Ett ca 15 µm stort blyglanskorn observerades i kopparkis tillsammans med zinkblände.

Prov 11. Geografiskt läge: 140-central.

Stuff: I gångkvartsens mjölkkvarts uppträder ett stråk av turmalin och ett par tumnagelstora pyrit- och magnetkisaggregat, samt sprickor fyllda av klorit. Mjölkkvartsens gräns mot sidoberget är undulerande. Sidoberget är tätt och mörkt men innehåller även mycket kvarts. In situ observerades guld, men ej i denna stuff.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, kopparkis, magnetkis, rutil, titanit, zinkblände, tellurobismutit guld.

Transparenta faser: Kvarts, plagioklas, kalcit, biotit, klorit, muskovit, turmalin.

Transparenta faser

Gångkvartsen är rik på sprickor, vilka är läkta av fingranulerad kvarts och en mindre mängd kalcit. Gångkvartsen möter ett sidoberg till största delen bestående av kvarts, plagioklas och biotit. Mineralen förekommer i hela provet men bildar områden då ett av dessa mineral i kraftigt dominerar. Kloriten uppträder som gräns mellan två mineralfaser. Korta muskovitnålar finns disseminerade i hela provets sidoberg. Kalciten finns spridd i sidoberget och som sprickfyllnad. Enstaka anhedrala turmalinnålar observerades i sidoberget.

Opaka faser

Opakmineralen finns representerade över hela provet utom i den rena gångkvartsen och är rikligast orienterade längs klorit och biotitstråk och då gärna utfällda intill en kalcitkristall.

Pyrit är den vanligaste förekommande sulfiden och har bildat de största och mest välutbildade kristallerna, dock subhedrala. Magnetkis och kopparkis, vilka ofta är sammanväxta uppvisar anhedral form. Kopparkis observerades även som droppar i pyrit.

Rutil och titanit är associerat till biotit- och kloritstråken.

Två anhedrala tellurobismutitkristaller observerades, ett i pyrit och ett sammanväxt med magnetkis.

Guldet observerades i polerprovet, ett 12 µm stort korn i pyrit. Pyritkornet gränsar mot gångkvartsen.

Prov 14. Geografiskt läge: 45-västra.

Stuff: Kvartsen finns representerad som körtlar och ådror i en övrigt tätt mörkt sidoberg huvudsakligen bestående av turmalin. Kvartsen är något klarare i färgen än mjölkkvarts. Det täta mörka sidoberget är rikligt genomslagen av 1-2 mm tunna sprickor fyllda med kalcit och kvarts. Sulfiderna är få men finns impregnerade i både kvartsgång och sidoberg.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, titanit, kopparkis, rutil, koppar, magnetkis.

Transparenta faser: Turmalin, kvarts, kalcit, biotit, muskovit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är sprickrik med ca 1 mm tjocka sprickor läkta av turmalin, kalcit och biotit. Sidoberget närmast kontakten med kvartsen är mer finkornig än övrigt sidoberg och ger ett smetigt intryck. Sidoberget är genomslagen av ca 1 mm tunna sprickor läkta av kalcit och kvarts. Sidoberget består av turmalin, kvarts, kalcit, biotit och en mindre mängd muskovit.

Opaka faser

Opakmineralen är obetydliga i mängd, endast några få subhedrala pyritkristaller observerades med en mindre mängd kopparkis i absolut närhet (<1 mm).

Titanit är det vanligaste titanmineralet. Rutilen observerades endast tillsammans med titanit. Titanmineralen är associerade till biotit.

Ett 0,125 mm stort korn med gediget koppar, som är associerat till kvarts och biotit, observerades.

Prov 15. Geografiskt läge: 110-östra.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit med en mindre mängd kraftigt anlöpta sulfidaggregat. Gångkvartsens kontakt med sidoberget är skarp. Sidoberget är tätt och mörkt med inslag av ljusa porfyriska partier. Sulfiderna uppträder rikligast i kontakten mellan gångkvartsen och sidoberget.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, titanit, rutil, kopparkis, blyglans, magnetkis, vismut, zinkblände, cubanit.

Transparenta faser: Kvarts, plagioklas, biotit, mikroklin, kalcit, muskovit.

Transparenta faser

Gångkvartsen genomslås av ett par 25 µm tunna kalcitläkta sprickor samt ett kalcitaggregat vid vilket pyrit, blyglans och vismut förekommer. Sidoberget består av kvarts, plagioklas, biotit, mikroklin, kalcit och muskovit. Mineralen ligger väl samlade i aggregat men finns även spridda i sidoberget. 0,2-0,4 mm tunna biotit- och muskovitfyllda sprickor skär genom sidoberget.

Opaka faser

Pyrit är provets vanligaste sulfid och dessa korn är subhedrala till formen och ca 0,2 mm stora. Pyriten finns även disseminerad tillsammans med kopparkis. Kopparkisen uppträder även som större kristaller associerad till pyrit. Fritt liggande cubanit observerades intill kopparkis.

Titanit och rutil uppträder tillsammans med biotit och muskovit.

Blyglansen är 50-100 µm i storlek, den uppträder i sidoberget och i gångkvartsens spricksystem men alltid nära kontakten mellan gångkvarts och sidoberg, och ofta i kontakt med kalcit. Vismut observerades som avblandning i blyglans eller som friliggande korn i absolut närhet till blyglans. Vismutkornen håller en storlek på 10 µm och mindre.

Magnetkis och zinkblände observerades i pyritkristaller, dock ej tillsammans. Zinkbländet uppträder tillsammans med kopparkis som inneslutningar i pyrit.

Prov 16. Geografiskt läge: 110m-östra.

Stuff: Gångkvartsen är något klarare i färgen än mjölkkvarts. Sprickor genomslår kvartsen. Sprickorna är läkta av klorit och sulfider. Kvartsens kontakt med sidoberget skiljs åt av en 2 mm biotitränd. Grönaktig finkornig kalcit finns som körtlar i det täta mörka sidoberget. Sulfidaggregat finns även i sidoberget associerade till en mindre kvartskörtel.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, magnetkis, kopparkis, cubanit, rutil titanit, ilmenit, molybdenglans, zinkblände.

Transparenta faser: Plagioklas, kvarts, biotit, muskovit, mikroklin, kalcit, turmalin, klorit.

Transparenta faser

Gångkvartsen innehåller ett tiotal kalcitläkta 10-15 µm tunna sprickor. En grövre spricka 1-1,5 mm bred är utfylld och läkt av mineral från hela sidobergets paragenes. Biotit och muskovit uppträder i isolerade aggregat eller som ca 1 mm tunna till 3-4 mm långa prismatiska stråk. Kalciten uppträder som enstaka kristaller eller aggregat med några få individer. Kalciten uppträder ofta tillsammans med utfällda sulfider. Turmalin förekommer sparsamt disseminerad i sidoberget. Kloriten förekommer utspridd i sidoberget med en svag antydning till association med sulfidmineralen.

Opaka faser

Pyriten bildar de ojämförligt största kristallerna (2-3 mm i storlek), och har ställvis euhedral form. Huvuddelen av pyriten finns samlad längs ett 30 mm långt och 2-2,5 mm brett stråk längs en spricka. Magnetkisen är trasig och anhedral till formen och återfinns tillsammans med övriga sulfider, utom molybdenglans. Kopparkis uppträder ofta utfällt längs sprickor. Kopparkisen uppvisar ofta avblandningslameller av magnetkis. Magnetkisen och kopparkisen återfinns ofta sammanvuxna. Cubaniten uppträder också tillsammans med kopparkis och magnetkis som anhedrala bildningar eller som avblandningslameller.

Rutil, titanit och ilmenit uppträder tillsammans med biotit.

Endast några få ca 20 µm stora zinkbländekorn observerades, vilka var sammanvuxna med kopparkis.

Enstaka ca 25 µm stora molybdenglanskristaller observerades. Molybdenglansen ligger ej associerat till någon särskild paragenes.

Prov 17. Geografiskt läge: 115m-Mellanområdet.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit till färgen. En 1-3 mm bred pyritläkt spricka skär genom kvartsen. Gångkvartsens möte med sidoberget är knivskarp och omvandlingszon saknas. Sidoberget är mörkt och tätt med inslag av 1-2 mm stora ljusa strökorn.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, rutil, titanit, kopparkis.

Transparenta faser: Plagioklas, kvarts, biotit, muskovit, kalcit.

Transparenta faser

Gångkvartsen håller ett trettiotal $<1-5\text{ }\mu\text{m}$ stora sprickor vilka är läkta av kalcit. Ett 10 mm stort pyritaggregat förekommer i gångkvartsen, som övertväras av en tunn spricka. Kalcit och kvarts förekommer i pyritens krackeleringar. Sidobergets glimrar är rikligt förekommande inom vissa diffusa domäner. Sidobergets övervägande mineral är dock plagioklas och kvarts.

Opaka faser

Pyriten uppträder i rikliga mängder i ett aggregat i gångkvartsen som övertväras av en spricka. I det övriga sidoberget uppträder pyriten spridd som ca $20\text{ }\mu\text{m}$ stora anhedralla kristaller. Kopparkis observerades endast vid ett par tillfällen som $15\text{ }\mu\text{m}$ stora anhedralla korn i sidoberget. Rutil och titanit uppträder rikligt och gärna tillsammans i biotit, vanligtvis uppträder rutil som en kärna med en omgivande bård av titanit.

Prov 19. Geografiskt läge: 140-central.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit i färgen och är rikligt genomslagen av aktinolitläkta sprickor. Pyritaggregat förekommer i stor mängd. Stora ansamlingar av guld uppträder i gränsområdet mellan gångkvartsen och sidoberget. Guldets är även synligt som sprickfyllnad i gångkvartsen. Sidoberget ger ett stökt intryck och innehåller >50% diffusa vita porfyriska korn. Sidoberget skärs av 1 mm tjocka mörka band av biotit. In situ observerades scheelit, men ej i denna stuff.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, rutil, ilmenit, kopparkis, guld, molybdenglans, blyglans.

Transparenta faser: Kvarts, biotit, mikroklin, plagioklas, muskovit, klorit, turmalin.

Transparenta faser

Gångkvartsen är mjölkvit och innehåller tre större sprickor, av vilka den minsta har en bredd på 30 µm och är kalcitläkt och innehåller ett trettiotal 1-50 µm stora guld-korn. Guldets ligger i, eller i absolut närhet till, sprickan. Gångkvartsens möte med sidoberget är rikligt mineraliserad på sulfider och guld.

Sidoberget är mycket kvartsrik (ca 50%), samt innehållande ca 10% plagioklas och mikroklin. Resterande delar av sidoberget utgörs av tjocka korta stråk av biotit samt muskovit, kalcit, aktinolit och enstaka turmalinnålar. Klorit uppträder i mindre mängd tillsammans med biotit.

Opaka faser

Pyrit är den vanligast förekommande sulfiden i form av kraftigt uppspruckna anhedrala-subhedrala kristaller. Anhedral-subhedral kopparkis finns i liten mängd (<5%) av den totala sulfidmängden.

Molybdenglankristallerna är subhedrala, avlånga till formen och ca 25 µm stora. Molybdenglansen förekommer nära, men ej i omedelbar närhet av guldets. En anhedral fritt liggande, 10 µm stor blyglanskristall observerades nära guldets.

Guldets är associerat till turmalin, biotit och pyrit i en kvartsrik fas. I pyritens sprickor och hålrum förekommer rikligt med guld. Guldets uppträder även intimt knutet till kalcit. I den kalcitfyllda sprickan i gångkvartsen observerades ett trettiotal guld-korn, varav ett 0,1 mm stort, resterande guld-korn höll en storlek på 2-50 µm. De största guld-kornen är associerade till sprickor och hålrum i pyrit (Foto. 3), vilket tyder på en guldavsättning efter pyrit. Provet innehåller 3030 guld-korn, varav 90 är större än 40 µm.

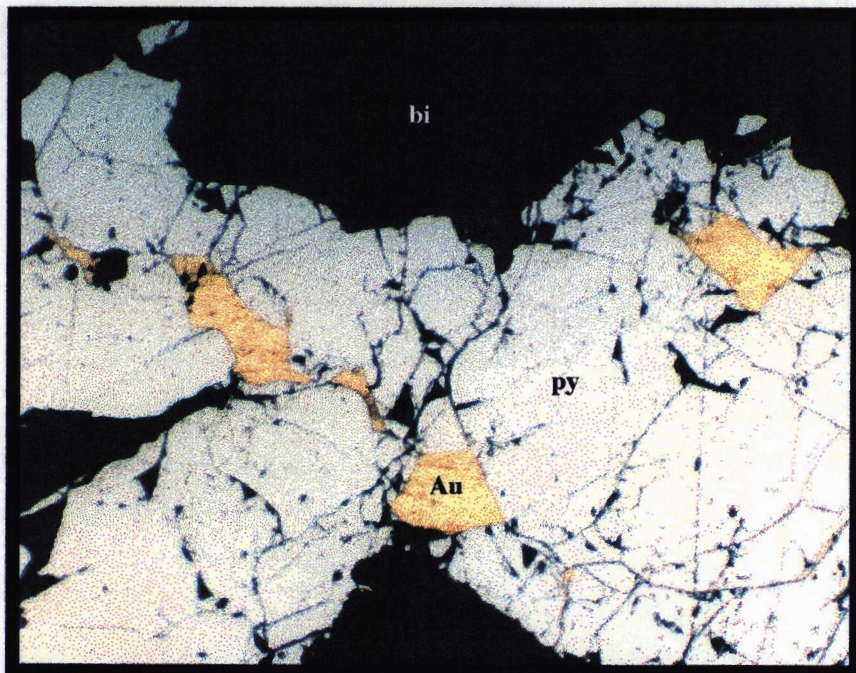


Foto.3. Prov 19. Guld (Au) i pyrit (py), omgivet av biotit (bi). Bildens bredd är 0,75 mm.

Prov 20. Geografiskt läge: 100m-central-tunnel.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit till färgen. Flera 1-2 mm pyrit- och kloritläkta sprickor skär kvartsen. Kontakten med sidoberget är skarp. Sidoberget är mörkt och tätt, med inslag av 1-2 mm ljusa strökorn av kvarts och plagioklas.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, kopparkis, rutil, titanit

Transparenta faser: Kvarts, plagioklas, biotit, klorit, muskovit, turmalin, kalcit, mikroklin.

Transparenta faser

Gångkvartsen skärs av ett tiotal 5-10 µm tunna sprickor av vilka ca hälften är kalcitläkta.

Biotit och klorit ligger som isolerade aggregerat eller i 1 mm tunna stråk i övrigt sidoberg, som övervägande består av kvarts och plagioklas. Biotit och muskovit uppträder i aggregat, men finns även utspridda i hela sidoberget. Turmalin finns i ett aggregat nära kontakten mellan gångkvartsen och sidoberget, i vilket rikligt med sulfider förekommer. Ett stråk av klorit skär igenom det sulfidförande turmalinaggregatet. Kalcit uppträder i hela sidoberget antingen som enstaka kristaller eller som aggregat med några få individer. Sulfiderna återfinns oftast nära kontakten mellan gångkvartsen och sidoberget och då främst associerade till turmalin, biotit och klorit.

Opaka faser

Pyriten är välutvecklad och subhedral-euhedral till formen. Kopparkisen finns representerad i betydligt mindre mängder och är anhedral-subhedral till formen och uppträder tillsammans med pyrit.

Titanmineralen uppträder längs de stråk som biotit och klorit bildar. Rutil och titanit uppträder ofta tillsammans.

Prov 21. Geografiskt läge: 150m-central.

Stuff: Gångkvartsen är något klarare än mjölkkvarts i färgen. Sprickor läkta av klorit och muskovit löper i kvartsen. Längs dessa sprickor uppträder mm-stora aggregat av guld. Pyrit uppträder som aggregat vid en av dessa kloritläkta sprickor. Sidoberget är porfyriskt och består av 1-3 mm ljusa korn i en övrigt tät mörk matrix. Guld är även synligt i sidobergets matrix i absolut närhet till kontakten med gångkvartsen. Scheelit observerades in situ men ej i denna stuff.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, rutil, kopparkis, magnetkis, ilmenit, blyglans, koppar, zinkblände, vismuttellerider.

Transparenta faser: Plagioklas, biotit, kvarts, kalcit, muskovit, turmalin, klorit.

Transparenta faser

Endast en 3×5 mm stor yta av gångkvartsen finns representerad i provet. I denna skär två 50-80 µm breda kalcitläkta sprickor. Kontakten med sidoberget är oskarp. Sidobergets mineralogi närmast kontakten består av plagioklas och kvarts. Längre bort från kontakten blir sidoberget mer rikligt mineraliserad av biotit och muskovit. Biotit och muskovit förekommer i tunna nätverk som skär övrig matrix i sidoberget. Kalcit uppträder spritt i sidoberget, men även som större sammanhängande aggregat av vackert utvecklade kristaller. Opakmineralen uppträder i hela sidoberget, men påträffas talrikast invid kalcit och biotit.

Opaka faser

Sulfiderna förekommer främst intill ett större kalcitaggregat och längs glimmermineralens nätverk. Pyriten är anhedral-subhedral. Kopparkis och magnetkis uppträder i samma paragenes som pyriten, men har sämre utvecklade kristallformer. Kopparkisen påträffas även som små droppar i pyrit. Zinkblände påträffades sammanväxt, eller som bård kring kopparkis.

Titanmineralen, rutil och ilmenit uppträder tillsammans med biotit.

Gedigen koppar påträffades i polerprovets gångkvarts. Denna fas förekommer i ett tiotal 5-20 µm stora korn i absolut närhet till vismuttellerider (<1 mm).

Prov 25. Geografiskt läge: 140m-östra.

Stuff: Gångkvartsen består av både mjölkkvarts och mer klar kvarts. Gångkvartsen är rikligt genomslagen av upp till 1,5 mm breda sprickor, som är fyllda med turmalinfels eller sulfidförande kalcit. Turmalinkärvar uppträder i gångkvartsen och sidoberget. Epidotaggregat förekommer som ca 2 mm stora bildningar i kvartsen. Sidoberget är tätt och mörkt med ställvisa 0,5 mm stora kvartsaggregat.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, rutil, vismuttellurider, guld, hessit, elektrum, kopparkis, pilsenit.

Transparenta faser: Plagioklas, biotit, muskovit, kvarts, mikroklin, turmalin, kalcit.

Transparenta faser

Ett tiotal 0,05-0,15 mm breda sprickor, som är läkta av pyritförande kalcit genomslår gångkvartsen. En större (0,7 mm) bred spricka i gångkvartsen avslutas i ett turmalinaggregat med innehåll av pyrit, guld och tellurider. Gångkvartsens möte med sidoberget är oskarp. Mineralogin för sidoberget är relativt jämt fördelad mellan plagioklas, biotit, muskovit, kvarts, mikroklin och turmalin, vilka gärna bildar aggregat. Kalciten är sparsamt spridd över hela sidoberget. Sulfiderna förekommer rikligast i sidobergets biotiter, i absolut närhet intill kontakten med gångkvartsen.

Opaka faser

Pyrit är det vanligast förekommande opakmineralet. Kornen är anhedrala, trasiga och återfinns ofta som sprickfyllnader. Små mängder med anhedral kopparkis observerades i absolut närhet till pyrit.

Rutil är det enda närvarande titanmineralet och förekommer rikligt spritt i hela sidoberget.

EDS-analyserade vismuttellurider uppvisar ställvis alldeles för låga Bi-värden för att motsvara ett specifikt befintligt mineral. Dock uppträder vissa faser med en stökiometri motsvarande mineralet pilsenit (Bi_4Te_3). Hessit är observerad och analyserad i kontakt med elektrum och pilsenit. Telluriderna förekommer som sprickfyllnad mellan korngränser eller längs sprickor i kvarts och turmalin, dock ej i den rena gångkvartsen. Texturellt bildar telluriderna tillsammans med guld tre aggregat. Guld-kornen har en storlek på $<1\mu\text{m}$ - $50\mu\text{m}$ med ca 100-200 guld-korn i varje aggregat.

Guldet uppträder anhedralt och är utan undantag associerat till tellurid-mineral (Foto. 4) med vilka de mer sällan är sammanvuxna. Guldet återfinns även i kontakt med pyritkristaller i samma aggregat som telluriderna. Elektrumet återfinns oftast i kontakt med hessit.

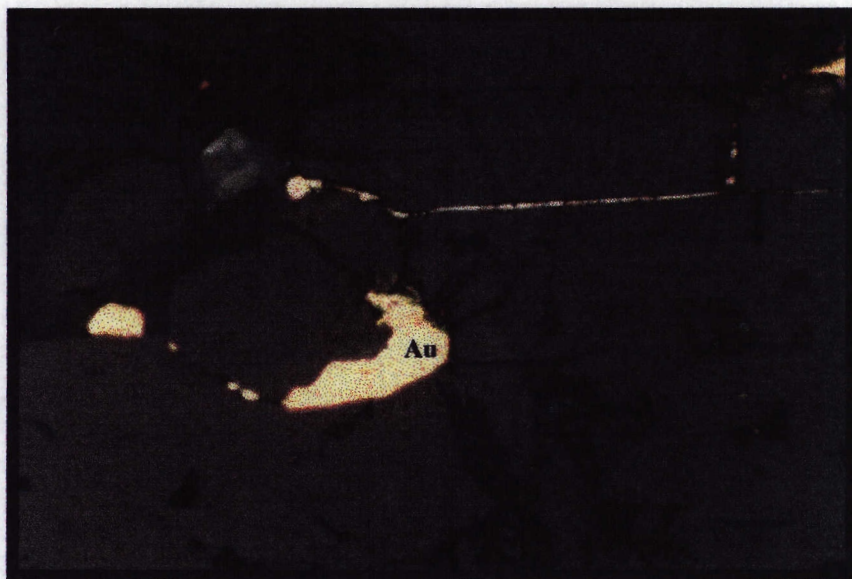


Foto. 4. Prov 25. Guld (Au) och vismuttellurider (v) som sprickfyllnad i turmalin (det övriga mörka i bilden). Bildens bredd är 150 μm .

Prov 26. Geografiskt läge: 110m-östra.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit till färgen och helt fri från sulfider. Tre större sprickor skär genom gångkvartsen vilka är kloritläkta. Sidoberget är textuellt porfyriskt. Porfyrkornen är diffusa och 2-3 mm stora bestående av kvarts och plagioklas. Övrigt sidoberg är tätt och mörkt. 1-3 mm stora sulfidaggregat är synliga i det porfyriska sidoberget.

Observerade mineral

Opaka faser: Titanit, rutil, pyrit, ilmenit, kopparkis, magnetkis.

Transparenta faser: Kvarts, plagioklas, mikroklin, biotit, muskovit, kalcit, klorit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är helt fri från opaka mineral, men innehåller spridda ca 1,5 mm stora aggregat av biotit.

Gångkvartsens kontakt med sidoberget är oskarp och en stegvis övergång till ett mer kvartsfattigt sidoberg sker. Sidoberget består av kvarts, plagioklas, mikroklin, biotit, muskovit och kalcit. Mikroklin och biotit uppträder som aggregat. Muskoviten förekommer utspridd i hela sidoberget och är ofta sericitomvandlad. Kalcit observerades endast som enstaka anhedrala kristaller. Klorit är ofta associerat till provets sulfider.

Opaka faser

Titanmineralen utgör den största delen av opakmineralen, och finns i betydande mängd associerade till biotiten. Ilmenit uppträder alltid tillsammans med rutil. Alla titanmineral har dåligt utvecklade kristallytor. Titaniten är det vanligaste förekommande Ti-mineralet och innehåller ofta inneslutningar av rutil. Bäst utvecklade kristallytor har ilmenit.

Pyrit är den vanligaste sulfiden och utgör >95% av samtliga sulfider. Pyrit är liksom övriga sulfider anhedral till formen. Kopparkis observerades i anslutning till, eller som droppar i pyrit. Ett 10 µm stort magnetiskorn tillsammans med kopparkis observerades i pyrit. Huvuddelen av sulfiderna ligger intill ett kloritaggregat i sidoberget.

Prov 28. Geografiskt läge: 80m-västra.

Stuff. Gångkvartsen är något klarare än mjölkkvarts och saknar både sprickor och opaka mineral. Gångkvartsens möte med sidoberget är skarp. En biotitzon uppträder längs kontakten. Sulfidmineral uppträder endast i sidoberget.

Observerade mineral

Opaka faser: Titanit, rutil, pyrit, kopparkis.

Transparenta faser: Kvarts, plagioklas, mikroklin, biotit, kalcit, muskovit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är rikligt genomslagen av 0,05 mm tunna kalcitläkta sprickor. Sulfider och andra opaka mineral saknas helt i gångkvartsen. Kontakten med sidoberget är skarp och övergångszon mellan gångkvarts och sidoberg saknas både texturellt och mineralogiskt.

Sidoberget består av kvarts, plagioklas, mikroklin, biotit, kalcit, muskovit och en mindre mängd rutil och titanit. Biotiten återfinns ofta som 1-1,5 mm breda stråk.

Anhedral kalcit förekommer utspridd i hela sidoberget. Muskovit finns spritt i hela sidoberget men återfinns även tillsammans med biotit.

Opaka faser

Opakmineralen förekommer endast i sidoberget och saknas helt i gångkvartsen.

Rutil är det vanligaste opakmineralet, ofta tillsammans med titanit. Titanmineralen är associerade till biotiten.

Pyriten uppträder som subhedrale-~~eu~~hedrale kristaller, av vilka de större är 0,5 mm stora. Pyriten uppträder även disseminerad liksom kopparkisen.

Prov 31. Geografiskt läge: 150m-central.

Stuff: Gångkvartsen är mjölkvit till färgen i vilken tunna kloritfyllda sprickor förekommer. Enstaka turmalinnålar förekommer i gångkvartsen. Sidoberget är mörkt och tätt med undantag av ett ljusare område bestående av ett muskovitaggregat.

Observerade mineral

Opaka faser: Pyrit, rutil.

Transparenta faser: Turmalin, kvarts, mikroklin, plagioklas, biotit, muskovit, klorit, kalcit.

Transparenta faser

Gångkvartsen skärs av ett tiotal sprickor som är i storleksordningen 0,1 mm och tunnare. Sprickorna är läkta av klorit- och glimmermineral. Enstaka turmalinkristaller observerades i gångkvartsen. Gångkvartsens kontakt med sidoberget skärs av en 0,2 mm tunn zon bestående av övervägande kalcit och delvis seriticerad muskovit. Övrigt sidoberg består till ca 75% av turmalin. Övriga mineral i sidoberget är kvarts, mikroklin, plagioklas och glimmer.

Opaka faser

Pyrit är den enda förekommande sulfiden. Den förekommer endast i obetydlig mängd och utgörs av några få anhedralla korn.

Rutil är det enda förekommande titanmineralet. Det förekommer som 5 µm stora korn associerade till glimmermineralen.

Prov 32. Geografiskt läge: 110-central.

Stoff: Gångkvartsen är klar och svagt vitaktig, ställvis klar som fönsterglas. Kvartsen omges av tät mörk turmalinfels. Upp till 3-4 mm långa turmalinnålar skjuter ut i kvartsen. Turmalinfelsen skärs av kalcitläkta sprickor. Sulfider är synliga i turmalinfelsen. Guld observerades nära kontakten mellan kvartsfas och turmalinfels.

Observerade mineral

Opaka faser: Magnetkis, titanit, rutil, tellurobismutit, guld, pyrit, tsumoit, molybdenglans, kopparkis, frobergit.

Transparenta faser: Kalcit, kvarts, turmalin, biotit.

Transparenta faser

Gångkvartsen är mycket rik på sprickor med 0,15 mm och tunnare bredd. Sprickorna är läkta av en smetig massa med biotit som enda identifierbara mineral. Invid en 0,15 mm oläkt spricka förekommer ett turmalinaggregat. Turmalinerna är knäckta på flera ställen vinkelrätt mot C-axeln. I och invid turmalinernas brottytor återfinns tellurobismutit, guld och tsumoit.

Kalcit är det dominerande mineralet i sidoberget. Kalcit förekommer i kontakt med kvarts. En mindre mängd klorit observerades i kontakt mellan kalcit och kvarts.

Opaka faser

Det rikligast förekommande opakmineralet är magnetkis, till vilket övriga sulfider utom molybdenglans är associerade. Sulfiderna uppträder rikligast mellan kalcit och kvarts. Subhedral pyrit observerades även i kontakt med provets största guldorn.

Titanit och rutil uppträder ofta tillsammans. Titanmineralen återfinns associerade till alla parageneser i provet, dock återfinns rutil endast i kvartsfasen.

Guldet återfinns intimt associerat till vismuttelluriderna som sprickfyllnader i turmalin. Sprickfyllnaderna har en ungefärlig bredd på 50 μm och är ca 0,7 mm långa, guldet är ofta i direkt kontakt med vismuttelluriderna. Flertalet guldorn håller en storlek på 75-200 μm , det största guldkornet har en diameter på ca 1,2 mm och observerades i polerprovet, men även guldkorn med en storlek på $<2 \mu\text{m}$ observerades. Guldet uppträder ställvis som droppar i vismuttelluriderna.

Ett tiotal 0,1 mm stora anhedrala korn av molybdenglans observerades i kalcit i absolut närhet till kvarts, dock ej i omedelbar närhet till övriga opaka mineral.

Ett anhedralt frobergitkorn observerades. Kornet var ca 100 μm stort och är sammanvuxet med guld (Foto. 5). Frobergiten låg i absolut närhet till tellurobismutit ($<0,2 \text{ mm}$).

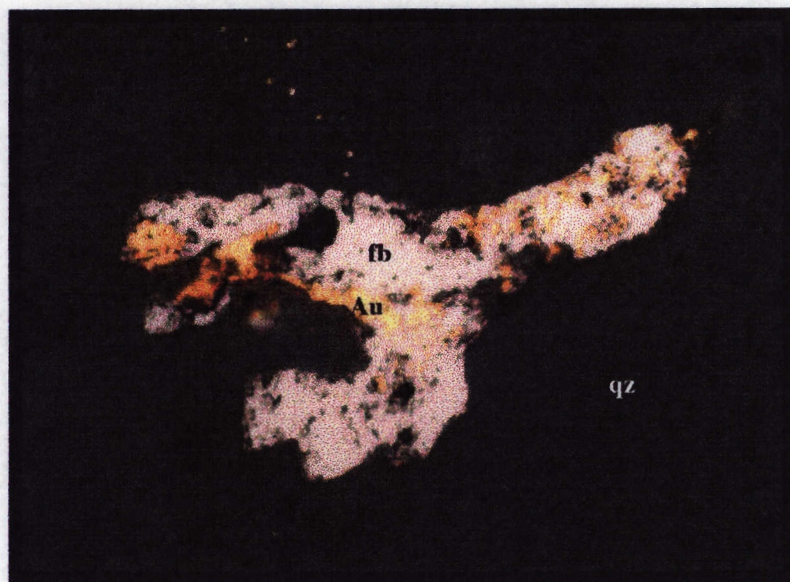


Foto. 5. Prov 32. Sammanväxningar av guld (Au) och frohbergit (fb) i kvarts (qz). Bildens bredd är 250 μm .

Guldkornsfördelning

Nio prov innehöll guld, allt från ett guldkorn till prov nummer 19 med extrema 3030 guldkorn. Övriga åtta guldförande prov innehöll tillsammans 637 guldkorn. De inalles 3667 guldkornen i de nio proven räknades och dokumenterades med avseende på dess storlek och association till pyrit, vismuttellurider och hessit. Prov 19 visade sig ha en överensstämmande storleksstatistisk likhet med övriga provs sammanräknade guldkorn, vilket betyder att dominansen i prov 19 ej snedvrider den statistiska fördelningen nämnvärt. Guldets association till övriga mineral avser guld i pyrit d v s guldkorn som är helt inneslutna i pyrit. Guldets association till vismuttellurider och hessit avser guldkorn inneslutna och sammanvuxna med nämnda mineral.

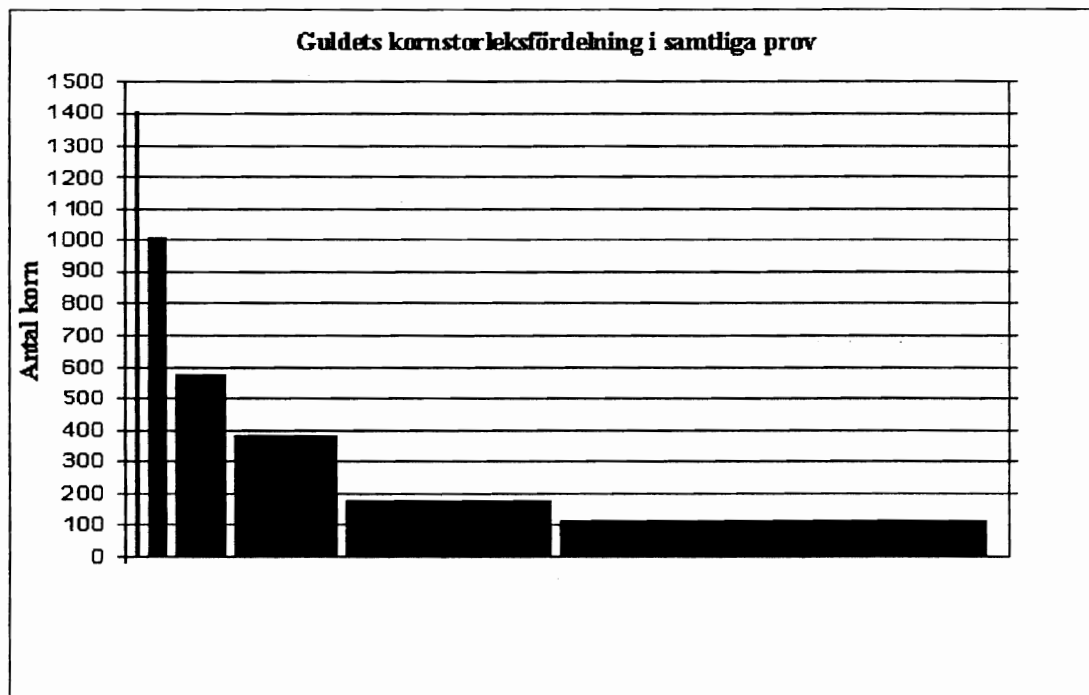


Fig. 6. Storleksfördelning av guldkornen i samtliga prov. Guldkornstorleken varierar inom intervallet $<1 \mu\text{m}$ - $>40 \mu\text{m}$. Första stapeln i diagrammen avser guldkorn $<1 \mu\text{m}$, andra stapeln = $1-5 \mu\text{m}$, tredje stapeln = $5-10 \mu\text{m}$, fjärde stapeln = $10-20 \mu\text{m}$, femte stapeln = $20-40 \mu\text{m}$ och sjätte stapeln = $>40 \mu\text{m}$. Staplarnas yta är och ett mått på guldvolymen inom respektive kornstorleksintervall. Staplarnas tjocklek baseras på intervallets medeltal med undantag för första och sista stapeln. Första stapeln motsvarar ca $0,7 \mu\text{m}$ och för sista stapeln, som avser guldkornsstorleken $>40 \mu\text{m}$, valdes ett medeltal på $60 \mu\text{m}$.

Guld-kornsfördelningen i prov 6, 19, 25 och 32

De följande fyra diagrammen visar guld-kornsfördelningen i prov med över 35 observerade guld-korn. Färre antal korn än 35 per prov anses inte vara relevant att redovisa i ett guld-kornsfördelningsdiagram. Prov 1, 4, 5, 8 och 11 som alla har ett färre antal korn än 35, redovisas dock i övriga gemensamma diagram.

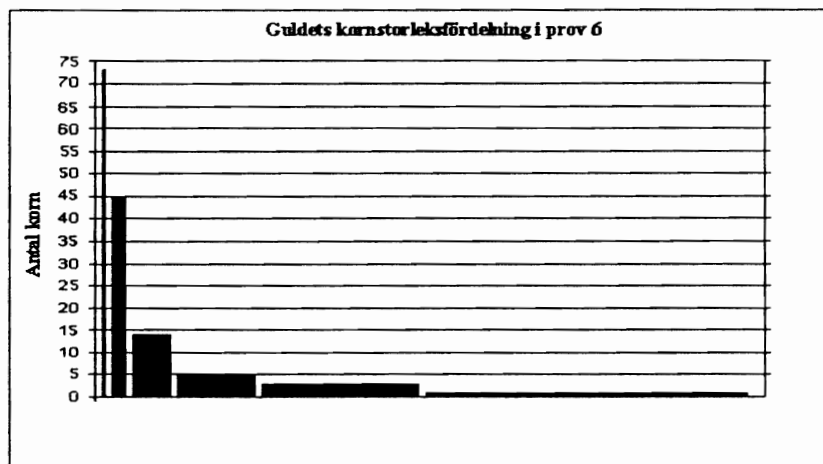


Fig. 7. Storleksfördelningen av guld-kornen i prov 6. En tydlig trend med avtagande antal guld-korn vid grövre kornstorlekar kan urskiljas. Den dominerande guld-volymen återfinns inom intervallet mellan 1-5 µm. Kornstorleken för respektive stapel är densamma som i Fig. 6.

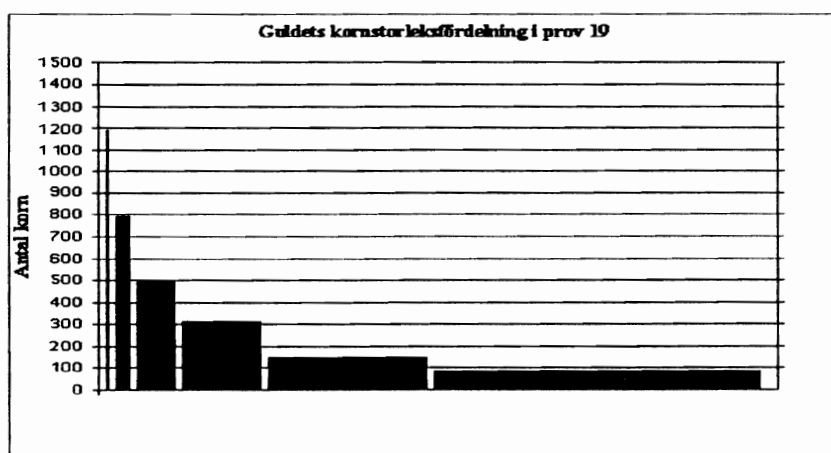


Fig. 8. Storleksfördelningen av guld i prov 19. I detta diagram syns en avtagande trend vid grövre kornstorlekar. Diagrammet en bild av storleksfraktionerna i ett, för blotta ögat synligt, aggregat av guld. Den dominerande guld-volymen återfinns inom intervallet med guld-korn >40 µm. Trenden i diagrammet för prov 19 är densamma som i diagrammet för guld-korn i samtliga prov (Fig. 6) samt i guld-kornsdiaagrammet för prov 1, 4, 5, 6, 8, 11 och 25 (Fig. 11) och i diagrammet för prov 6 (Fig. 7). Kornstorleken för respektive stapel är densamma som i Fig. 6.

Guldkornsfordelningen i prov 25 och 32.

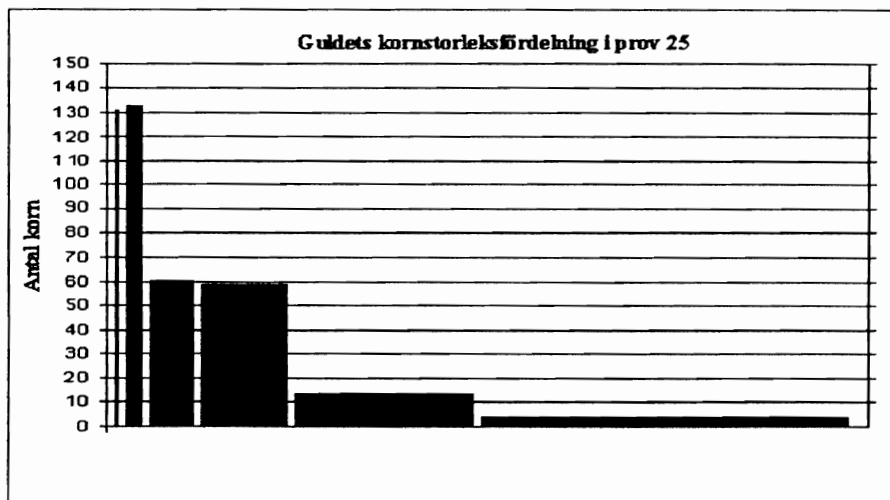


Fig. 9. Storleksfördelningen av guldkornen i prov 25. En trend med avtagande mängd guldkorn mellan intervallen $<1-5 \mu\text{m}$, $5-20 \mu\text{m}$ och $20->40 \mu\text{m}$ är tydligt skönjbara. Den dominerande guldvolymen återfinns inom storleksintervallet för guldkorn mellan $10-20 \mu\text{m}$. Kornstorleken för respektive stapel är densamma som i Fig. 6.

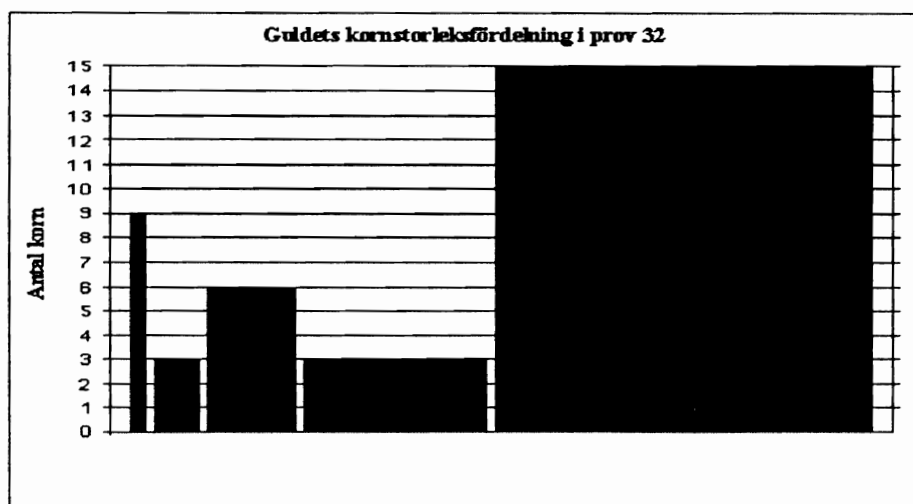


Fig. 10. Storleksfördelningen av guldkorn i prov 32. Prov 32 plockades ut p g a sitt synliga guld, vilket i detta prov ger en dominans av de grövre guldkornsfraktionerna. Det största guldkornet hade en diameter på $1200 \mu\text{m}$, om hänsyn hade tagits till detta skulle det ge en ännu fördelaktigare volymdominans åt den grövsta fraktionen. Kornstorleken för respektive stapel är densamma som i Fig. 6.

Guldkorn i prov 1, 4, 5, 6, 8, 11 och 25

Eftersom prov 19 och 32 är utplockade p g a att guld kunde observeras makroskopiskt snedvrider dessa prov den statistiska guldkorns fördelningen. Diagrammet nedan redovisar den slumpmässiga guldkorns fördelningen för samtliga prov utom för prov 19 och 32.

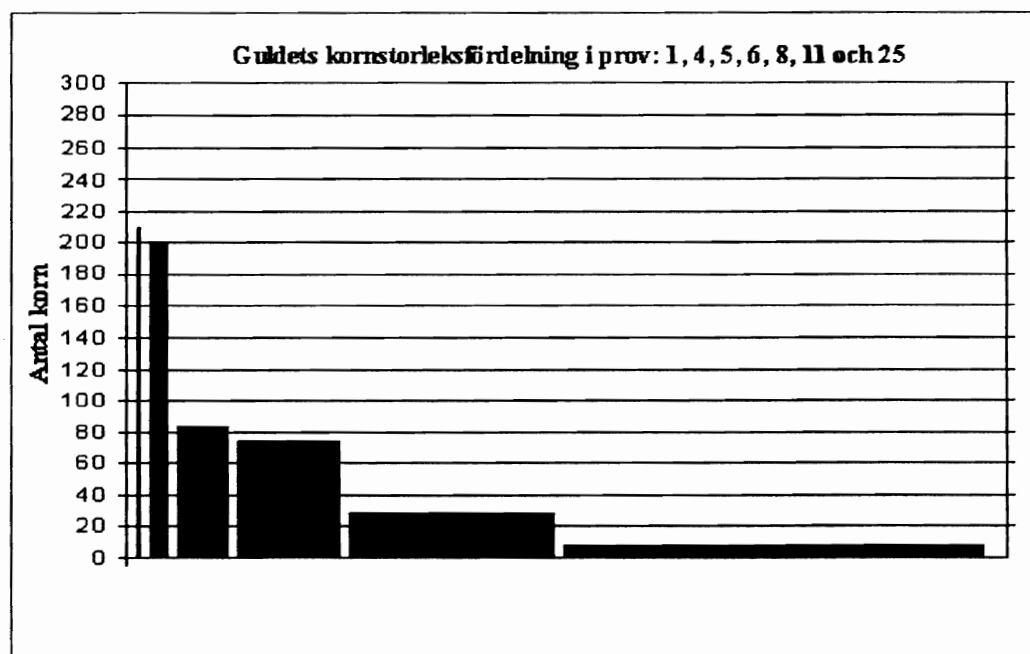


Fig. 11. Kornstorleksfördelningen i prov 1, 4, 5, 6, 8, 11 och 25. De största avläsbara skillnaderna mellan diagram (samtliga guldkorn) och diagram (prov 1, 4, 5, 6, 8, 11 och 25) är volymreduceringen i storleksfraktionen $>40\text{ }\mu\text{m}$ i det sist nämnda diagrammet. Volymreduceringen av guldkornsfraktionen $>40\text{ }\mu\text{m}$ verkar rimlig eftersom prov 19 och 32 är speciellt uttagna för förekomsten av makroskopiskt observerbart guld, vilka snedvrider en slumpmässig statistisk fördelning. Kornstorleken för respektive stapel är densamma som i Fig. 6.

Den dominerande guldvolymen i diagrammet i Fig. 11 återfinns inom två intervall med en guldkornstorlek från $10\text{--}40\text{ }\mu\text{m}$. Dock kvarstår faktum att guldkornsfraktionen över $40\text{ }\mu\text{m}$ volymmässigt vida överstiger guldkornsfraktionen $<1\text{ }\mu\text{m}$.

Guldkorn i pyrit och/eller sammanvuxna med tellurider

Ett försök till en storleksangivelse avseende guldkorn i pyrit gjordes. Dock uppträder den ojämförligt största delen av guldkornsmängden i pyrit i prov 19. Ett likadant räkneexempel avseende storleksfördelningen av guldkorn i och/eller sammanvuxna med tellurider gjordes. Materialet bestod av 77 observerade guldkorn medräknat prov 32, vilket är uttaget p g a sitt synliga guld, utan att någon trend kan utläsas i ett diagram. Följande storlekar i respektive intervall observerades i samtliga prov:

Guldkorn i pyrit

<1µm	1-5µm	5-10µm	10-20µm	20-40µm	>40µm
3	5	12	4	6	6

Guldkorn i och/eller sammanvuxna med tellurider

<1µm	1-5µm	5-10µm	10-20µm	20-40µm	>40µm
2	25	16	14	9	11

Tabell 2. Storleken på antalet observerade guldkorn inom respektive tabellavsnitt. Denna tabell visar med all tydlighet att guldkorn i pyrit eller i tellurider är en sällsynt förekomst och att den allra minsta fraktionen med guldkorn <1 µm nästan helt saknas i dessa miljöer. Dock kvarstår faktum att guldet är associerat till både pyrit och tellurider och uppträder oftast i den absoluta närheten (>1 mm) till något av dessa mineral i samtliga prover.

Kemiska analyser

37 element inklusive guld är analyserade. Följande element är kemiskt analyserade:

Au, Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Si, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, W, Zn, Zr.

Svårigheterna att mineralbestämma materialet utifrån kemiska data beror på att varje prov bestod av både kvartsgång och sidoberg, vilket ger de enskilda elementen en större mängd mineral att kemiskt ingå i. Utifrån utvalda element i dessa kemiska analyser kan man dock uppskatta mängden av vissa malmmineral och utläsa korrelationen mellan elementen.

Av dessa element anses Au, Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Mo, Pb, S, Sb, Sn, W och Zn huvudsakligen tillhöra gångkvartsen och ingå i någon form av opaka malmmineral. Av dessa element är Cd och Sb i samtliga prov under detekterbar gräns samt Sn vilket har nio provvärden under detekterbar gräns. Pb kan sitta i fältspat och är svåranalyserat på ICP.

Korrelationen eller avsaknaden av korrelation mellan elementen redovisas i plottdiagram (Fig. 12) för respektive elementpar. Storleken i höjd och sida på diagrammen hålls konstant för att undvika ett skenbart samband av erhållna kemdata d v s en jämförelse av diagrammens "styrka" i korrelationen mellan elementen kan göras. Korrelationskoefficienten kan utläsas ur R-värdena i diagrammen. Några av de redovisade diagrammen redovisas nedan.

Co-S

Eftersom pyrit är det i särklass vanligaste sulfidmineralet i Björkdal (Tabell 1) kan S-halten delvis ses som ett mått på pyritfrekvensen. Inga koboltmineral har observerats i Björkdalsgruvan. Koboltens trend jämfört mot svavel (sista diagrammet i Fig. 12) kan tolkas som om kobolten uppträder substituerat i pyrit. Inga kända halter finns detekterade i EDS-analyser vilket ger pyriten ett koboltinnehåll under 1%.

Au-Bi, Au-Ag och Au-Co

Guldet uppvisar endast en tydlig trend med få enskilda element, t e x ett mönster med en ökning av guldhalt vid ökad halt av vismut, silver och kobolt. Av sambandet mellan Au och Co, samt det ovan förda resonemanget rörande kobolt och svavel (och därmed pyrit), följer att Au haltmässigt kan korreleras med pyritinnehållet.

Au-As, Au-Zn, Au-Pb och Au-Mo

En tendens till negativ korrelation mellan ökad guldhalt och sjunkande halter av As, Zn, Pb, och Mo kan skönjas.

Andra elementkorrelationer med guld är mer oklara. Au-Cu-diagrammet och Au-W-diagrammet liknar mycket diagrammet för Au-Mo. Fler analyser kanske skulle kunna bringa klarhet i dessa samband.

Dessvärre har ingen korrelation mellan Au och Te kunnat göras p g a att Te ej har analyserats.

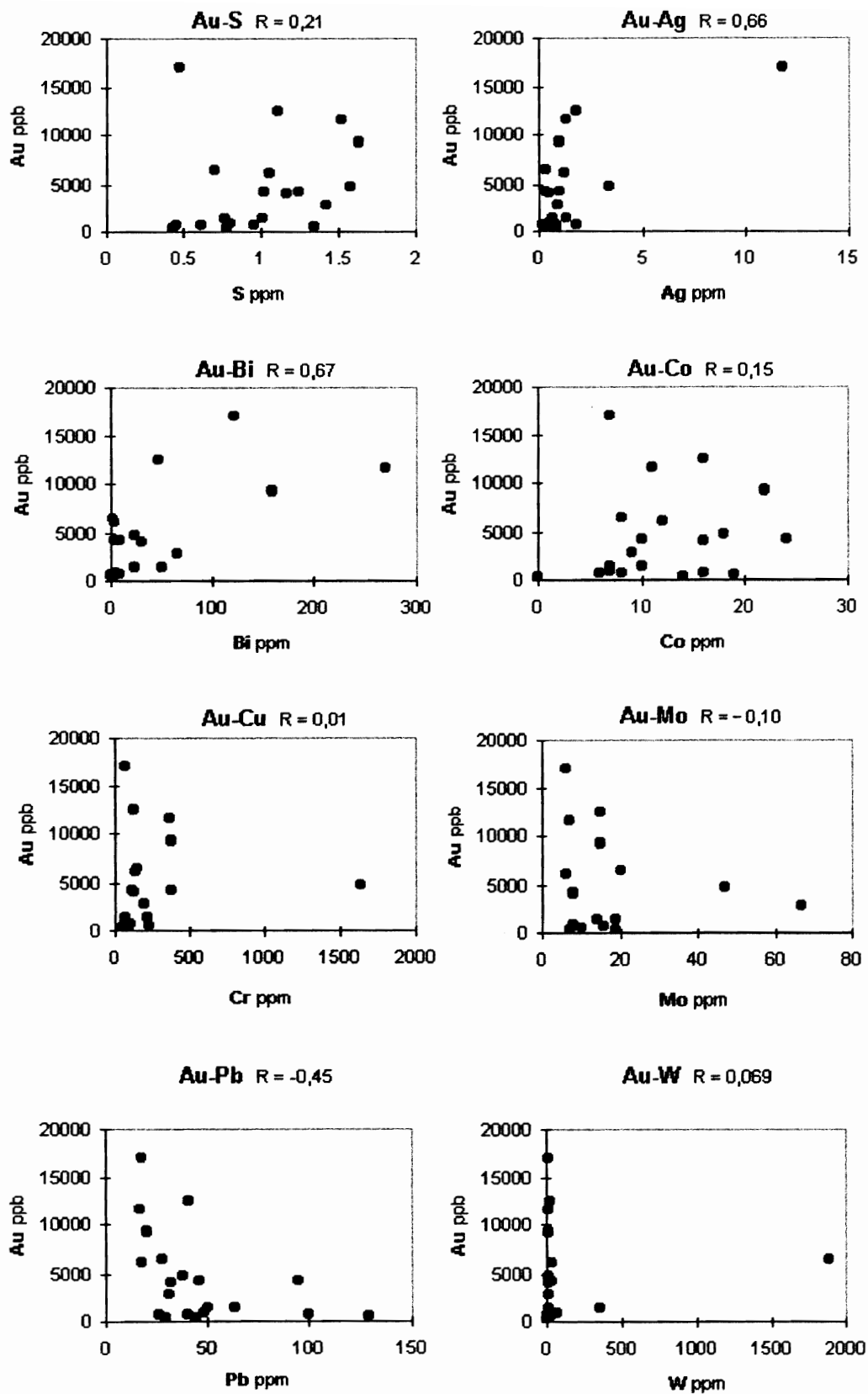


Fig. 12.

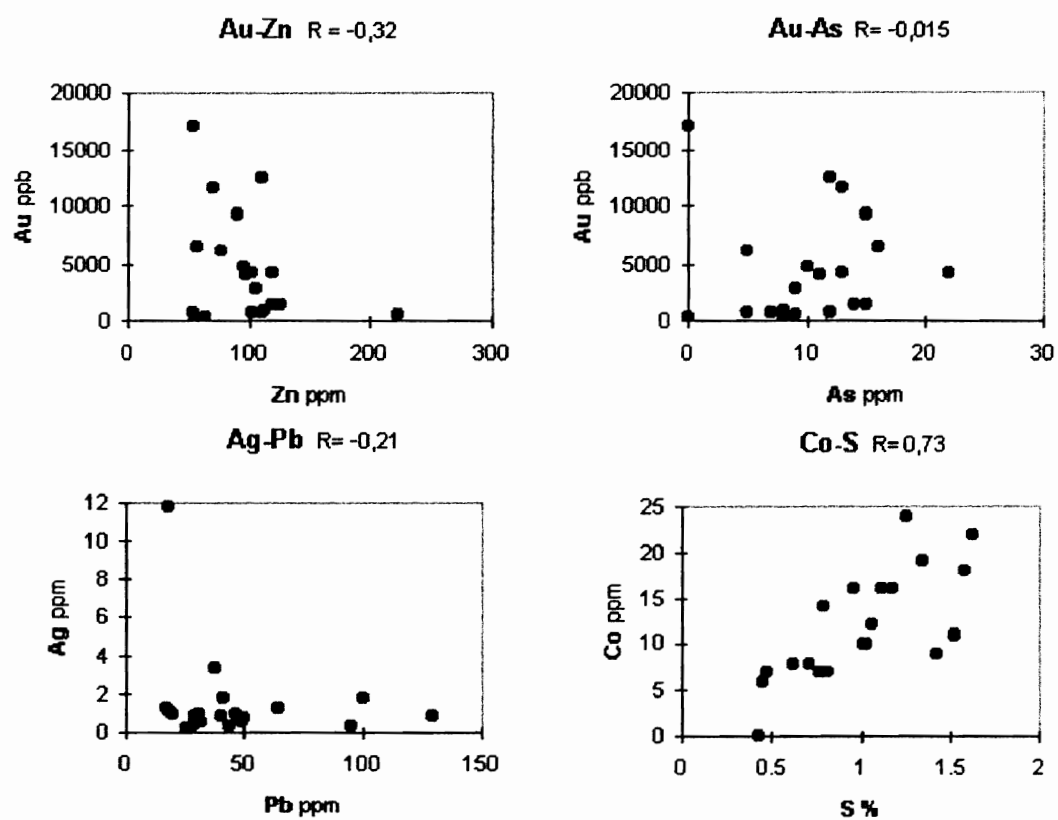


Fig. 12. Plottning av diagrammen avser guld mot övriga element som anses tillhöra gångkvartsen, samt Co-S och Ag-Pb några av diagrammen är nämnda i textavsnittet kemiska analyser.

Sammanfattande kommentarer om Björkdalsgruvans mineral

Följande lista är en dokumentation över kända mineral i Björkdalsgruvan. Listan baseras på egna iakttagelser som rapporterats på sid 13-37 i denna uppsats samt från iakttagelser som rapporterats i befintlig litteratur (Annamet services, 1988; Nysten, 1990; Grensman, 1993 och Larsson, 1996). Källan anges om mineralet ifråga ej har observerats som egen iakttagelse.

Gedigna element

Guld (Au) har observerats genom mikroskop i nio av tjugo prov. Guldets utpräglighet som rundade och dendritiska korn, flagor och sprickfyllnader. Observerade storlekar på guldkornen är från <1 till 1200 µm.

Guldets utpräglighet ofta tillsammans med ett eller flera av följande mineral: vismuttellerider, hessit, sheelit och sulfider. Tillsammans med vismuttellerider och hessit utpräglighet guldets inneslutet eller sammanvuxet, och/eller i absolut närhet till dessa mineral. Guld och vismuttellerider har observerats gemensamt som sprickfyllnad i turmalin och kvarts. In situ observeras ofta guld på sheelitkristaller eller i sprickor i scheeliten. Av sulfiderna dominerar pyritassociationen till guld, guldets återfinns ofta i pyritens sprickor och hålrum. Omgivande matrix är ofta kvarts, kalcit eller turmalin. Biotit har observerats innehålla 1-2 µm långa folier av guld växande vinkelrätt mot biotitens C-axel. Guldets utpräglighet vanligtvis aggregerat från några få individer till tusentals korn men har även observerats som enskilda korn. Den dominerande volymen guld återfinns dock ej i kontakt med övriga opaka mineral utan som fritt liggande korn i absolut närhet till vismuttellerider, hessit och sulfider.

Elektrum och gyldiskt silver (Au,Ag) utpräglighet i samma miljö som guld. Elektrum påträffas ofta sammanvuxet med eller i absolut närhet till hessit. Gränsen för elektrum har satts till 30-45 vt% Ag och för gyldiskt silver till >45 vt% Ag (enligt Ramdohr 1960). Ett korn av gyldiskt silver EDS-analyserades i prov 25 vilket hade en Ag-halt på 46,17 vt% och passerar följaktligen precis gränsen för att beteckna mineralet som gyldiskt silver.

Vismut (Bi) observerades och EDS-analyserades i prov 15. Vismuten utpräglighet avblandat med blyglans eller i absolut närhet till blyglans. Storleken på den observerade vismuten ligger mellan 1-10 µm

Koppar (Cu) observerades i prov 14 och 21 i en kvarts- och biotitrik miljö. Förekomst av metalliskt koppar indikerar en reducerande miljö.

Grafit (C) har observerats som tunna beläggningar i sprickor och hålrum i kvarts (Grensman 1993). Grafit indikerar en reducerande miljö och kan bildas genom en reduktion av karbonater.

Sulfider

Pyrit (FeS_2) är Björkdalsgruvans vanligaste opaka mineral, och förekommer antingen disseminerat eller som aggregat. Det bildar anhedrala till euhedrala kristaller från några få μm till cm-storlek. Det förekommer ofta som sprickfyllnad i både gångkvarts och värdbergart och innehåller ofta ca 5-10 μm stora rundade inneslutningar av magnetkis och kopparkis. Pyriten är ofta sprickrik och läkt av silikatmineral men även guld kan förekomma som sprickfyllnad i pyriten.

Magnetkis (FeS) är Björkdalsgruvans näst vanligaste opaka mineral efter pyrit. Det bildar anhedrala till subhedrala kristallformer och är intimt associerat med pyrit. Till skillnad från pyrit förekommer magnetkisen mer sällan som sprickfyllnad.

Arsenikkis (FeAsS) observerades accessoriskt i tunggravimetrikoncentrat (Annamet services 1988).

Kopparkis (CuFeS_2) finns disseminerat i kvartsgångarnas sidomatrix men återfinns mängdmässigt oftast tillsammans med övriga sulfider, vanligtvis tillsammans med magnetkis och pyrit. Den förekommer även som avblandningsdroppar i zinkblände. Kopparkisen är den ojämförligt största bäraren av koppar. Övriga kopparmineral observerades endast som accessoriska mineral

Zinkblände (ZnS) är sparsamt förekommande och uppträder vanligtvis i anhedrala former mellan 5-200 μm i storlek tillsammans med övriga sulfider. Det förekommer ofta som bård runt kopparkis.

Molybdenglans (MoS_2) är anhedral till formen och bildar ofta ormliknande former. Mineralen uppträder oftast ensamt och är ej i kontakt med övriga opaka mineral. Storleksmässigt varierar kornen från några få μm till några tiotals μm . I samtliga prov med molybdenglans har även blyglans observerats.

Blyglans (PbS) är mycket sparsamt förekommande. Blyglansen uppträder vanligtvis tillsammans med övriga sulfider och återfinns ofta sammanvuxet med zinkblände. Mer sällan uppträder blyglansen helt skilt från övriga opaka mineral, men exempel på blyglans som enda opaka mineral i gångkvartsens spricksystem finns, dock endast som enstaka korn. Blyglansen observerades i ett par prov knuten till hessit. Storleksmässigt ligger blyglanskornen inom intervallet från några få μm upp till 150 μm och är anhedral i kristallformen. I prov 5 kunde en kristallationsföljd påvisas vilket antydde att zinkblände och blyglans avsatts efter magnetkis.

Cubanit (CuFe_2S_3) uppträder tillsammans med magnetkis som avblandningslameller i kopparkis och mer sällan som fritt liggande anhedrala bildningar, dock alltid i absolut närhet till kopparkis och magnetkis.

Bornit (Cu_5FeS_4) har observerats som tunna skikt i röd kalksten, nära granodiorit-kontakten och är ofta malakitomvandlad. Observerades tillsammans med fluorit på 88m-nivån (Grensman, 1993).

Covellin (CuS) observerades i prov 3, som ca 4 µm stora anhedrala bildningar i kopparkis och som bård runt kopparkisen. Covellin är en omvandlingsprodukt av kopparkis.

Mackinawite (FeS-hexagonal). Detta mineral uppträder tillsammans med kopparkis i lamellär cubanit som små rundade inneslutningar (Nysten, 1990).

Valleriite (Cu₂ Fe₂₋₄S₄₋₇) uppträder tillsammans med kopparkis i lamellär cubanit som små rundade inneslutningar (Nysten, 1990).

Markasit (FeS₂) har observerats i prov 1, som ca 0,1-0,2 mm stora anhedrala bildningar i kontakt med pyrit.

Metalliska föreningar

Tsumoit (BiTe) uppträder ofta med avblandningar av hessit. Kristallerna är anhedrala men kan ställvis uppvisa någon form av ordnad kristallstruktur. Storleken varierar från några få µm till 0,5 cm stora aggregat observerat i stuff. Tsumoiten liksom övriga tellurider är associerade till guld.

Hedleyit (Bi₇Te₃) observerades i en guldrik paragenes tillsammans med gedigen vismut, tellurobismutit och tsumoit. Röntgen visar att hedleyiten var uppblandad med ca 50% blyglans. Mineralfyndet gjordes 1990 i Huldagången på nivå-98 (Grensman, 1993).

Tellurobismutit (Bi₂Te₃) är Björkdalsgruvans vanligaste vismuttelluridmineral. Minerallet är associerat med övriga telluridmineral och guld.

Hessit (Ag₂Te) har observerats i prov 5, 6, 8 och 25 och har EDS-analyserats vid ett tiotal tillfällen. Hessiten återfinns tillsammans med tellurobismutit, tsumoit, guld och elektrum och är av storleksordningen 5-20 µm. Minerallet återfinns ofta avblandat i övriga telluridmineral. Kristallerna är oftast anhedrala men uppvisar ställvis ett lamellmönster med raka kanter mot övriga vismuttellurider. I prov 5 observerades hessit tillsammans med guld och elektrum.

Pilsenit (Bi₄Te₃) har endast identifierats via kemiska och stökiometriska data från EDS-analyser och observerades i prov nr. 6, 8 och 25. Pilseniten uppträder som ca 10 µm stora avblandningar tillsammans med och i hessit. Genom mikroskopet går pilsenit ej att skilja från övriga vismuttellurider, utan har endast påvisats genom nämnda EDS-analyser.

Frohbergit (FeTe₂) har observerats i en kristall (prov 32) och EDS-analyserats vid tre tillfällen. Kristallen var anhedral till formen och ca 100 µm stor. Frohbergiten uppträdde sammanvuxet med guld.

Niccolit (NiAs) har observerats som accessoriskt mineral (Nysten, 1990).

Breithauptit (NiSb) har observerats som accessoriskt mineral (Nysten, 1990).

Oxider

Rutil (TiO_2) är den vanligaste förekommande Ti-oxiden. Den förekommer tillsammans med titanit och ilmenit associerad till biotit. Leukoxen förekommer ställvis och är en hydrotermal ”grötig” kryptokristallin produkt av rutil, titanit, ilmenit, samt ev hämatit, limonit och kvarts. Leukoxenbildningen har observerats i biotitfyllda sprickor.

Titanit (CaTiSiO_5) vanligt förekommande tillsammans med rutil som avblandning i biotit.

Ilmenit (FeTiO_3) är den minst vanliga Ti-oxiden av de tre nämnda. Den uppträder sällan ensamt och är vanligast förekommande tillsammans med rutil. Mineralen är associerat till biotit.

Magnetit (Fe_3O_4) har observerats i gravimetrikoncentrat (Anamet services, 1988).

Hämatit (Fe_2O_3) har observerats i gravimetrikoncentrat (Anamet services, 1988)

Silikater

Kvarts (SiO_2) förekommer som ett av huvudmineralen i Björkdalsgruvans bergarter och som gångmineral i skjuvzonerna.

Zirkon (ZrSiO_4). Ca 1-3 μm stora zirkonkristaller observerades i prov 1. Mineralen uppträder i biotit. Metamiktiska halos omger zirkonet och indikerar på en substituering av uran i zirkonstrukturen.

Epidot ($\text{Ca}_2(\text{Fe,Al})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{OH}$) uppträder som pistagegröna körtlar i Björkdalsgruvans bergarter, inom vissa zoner i rikliga mängder. Det har endast observerats in situ i denna undersökning.

Turmalin ($\text{Na}(\text{Fe,Mg,Li})_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH})_4$) har observerats i två olika varianter: schörl (Grensman, 1993) och dravit (Nysten, 1990). Schörl är en mer Fe-rik komponent och dravit en mer Mg-rik turmalinvariant. Turmalin uppträder som prismatiska nålar i gångkvartsen, nålarnas storlek är från någon millimeter till några centimeter. Turmalin uppträder även i större bildningar i form av turmalinfels upp till någon decimeters tjocklek. Mineralen återfinns även som stora fibrösa prismatiska massor i meterskala. Inte sällan har guldutfällningar observerats på turmalinnålar och turmalinfels i kvartsgångarnas sidomatrix.

Aktinolit ($\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) uppträder som sprickfylld och stråliga fibrös, ibland knytnävsstora aggregat. Aktinoliten är mer vanligt förekommande i en mer kalkrik paragenes. Amfibol finns nämnt och observerat i två bergartsprover i gruvans västra område och amfibolen identifierades med följande stökiometriska och kemiska formel: $\text{Ca}_2(\text{Mg}_{0,5-0,62}, \text{Fe}_{0,38-0,5})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ (Larsson 1996), vilket överensstämmer med en järnhalt motsvarande aktinolit.

Palygorskit även kallat bergsläder ($(\text{Mg},\text{Al})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) har observerats i östra delen av Björkdalsgruvan längs en horisont i kalkstenen, där flera drusrum var täckta med palygorskit (Grensman, 1993).

Talk ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) har observerats i vissa skölar i kvartsen i association med skarnhorisonten i norra kanten (Grensman, 1993).

Muskovit ($\text{KAl}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) är ett av huvudmineralen i kvartsgångarnas sidomatrix. Det uppträder ofta som aggregat i stråk tillsammans med biotit. Kristallerna i sidomatrixen är ofta prismatiska och upp till ca 2 mm stora. Enstaka sericitaggregat har observerats i proven d v s finfördelad muskovit.

Biotit ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) är ett av huvudmineralen i kvartsgångarnas sidomatrix och uppträder ofta som aggregat i öar eller i stråk tillsammans med övriga phyllosilikater. Kristallerna kan vara upp till ca 2 mm långa, men biotiten kan även uppträda som en grötig massa som sprickfyllnadsmineral. Biotiten innehåller ofta avblandningar av Ti-mineralen rutil och titanit. I prov 6 observerades guldfolier inlagrade vinkelrätt mot biotitens C-axel.

Klorit ($(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH})$) är ett sekundärt bildat mineral. Det förekommer massformigt i sprickor och hålrum, eller mer sällan som radialstråliga aggregat. Mineralen uppträder ofta tillsammans med biotit. Bildningssättet är en trolig omvandlingsprodukt av biotit, men kan även bildas som nedbrytningsprodukt av aktinolit.

Laumontit ($\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) har observerats som sprickmineral i vulkaniten (Grensman, 1993).

Mikroklin (KAlSi_3O_8) uppträder i kvartsgångarnas sidomatrix och är mer vanligt förekommande i kontakten mellan gångkvartsen och sidomatrixen. Mikroskopiskt syns ett tydligt skotsktrutigt lamellmönster.

Plagioklas ($\text{Na}, \text{Ca} \text{ Al}_{2-3}\text{Si}_{2-3}\text{O}_8$) (albit, oligoklas och andesin). Albiten finns beskriven som en albitisering närmast kvartsgångarna (Grensman, 1993). Oligoklasen är ett av huvudmineralen i Björkdalsgruvans magmatiska bergarter och som talrik beståndsdel i kvartsgångarnas sidomatrix. Andesin uppträder mer sällan i kvartsgångarnas sidomatrix. Oligoklas och andesin identifierades genom att mäta utsläckningsvinklarna i tvillinglamellerna.

Karbonater

Kalcit (CaCO_3) uppträder som bergartsbildande mineral i karbonatstenen samt som sprickfyllnadsmineral och disseminerat i kvartsmonzodioriten. Den överlagrande kalkstenen i gruvan består av kalcit med tydliga färgvariationer från vit, röd, grön, grå till svart. I östra delen av gruvan finns en grå grovkornig kalcit i vilket synligt guld ofta uppträder. Gångkvartsens mikrosprickor domineras av kalcit som sprickfyllnadsmineral. Fina ca 1-2 cm stora kalcitkalenodaedrar hittades i en ca 15-30 cm tjock lagerpacke i anslutning till rödjordhorisonten i östra delen av gruvan. Kalcitkristallerna låg inbäddade i lera och var rikligt associerade med kopparkis och en mindre mängd pyrit.

Malakit ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$) är sekundärt bildad och har observerats in situ i Björkdalsgruvan. Mineralen uppträder som jordiga beläggningar associerat till primära Cu-mineral, vilket i Björkdalsgruvans fall är kopparkis.

Nahccolit (Na_2HCO_3) är ett accessoriskt observerat mineral i samband med studier av inneslutningar (Broman et al., 1994).

Halider, wolframater och fosfater

Scheelit (CaWO_4) observerades i och EDS-analyserades i prov 5. Bildningen av scheelit gynnas av tillgång på kalk. Uppträder i rikliga mängder i vissa kvartsgångar. Ibland kan cm-tjocka utkilade gångsystem helt övergå från kvarts till scheelit (Grensman 1993). Scheeliten är beigefärgad och bildar storleksmässigt körtlar från några millimeter upp till ca 7 cm. Folierat guld observeras ofta runt scheelitkristallen eller inlagrat i scheelitkörtlarnas sprickor.

Ferberit ($\text{Fe,Mn}\text{WO}_4$) uppträder som svarta körtlar inuti scheelitaggregat (Grensman, 1993). Wolframit består av ändkomponenterna hübnerit och ferberit av vilken ferberit är den Fe-rika delen av mineralet.

Fluorit (CaF_2) blåviolettera kristaller observerade i druser med kopparkis och kalcit i röd kalksten på 88-nivån (Grensman, 1993).

Apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl,OH})$) har observerats i mikroskop som accessoriskt mineral (Larsson, 1996).

Diskussion

Minst två generationer av guld finns representerade i Björkdalsgruvans kvartsgångar. Den första generationen är kopplad till sulfidavsättning och guld återfinns således intill eller inneslutet i sulfider, främst pyrit, men även som sprickfyllnad i krackeleringar i pyriten. Den andra generationen av guldavsättningen är kopplad och syngenetisk med telluridmineralen tellurobismutit, tsumoit, hessit, pilsenit och hedleyit. Guld uppträder vid enstaka tillfällen inneslutet och sammanvuxet med föregående nämnda mineral vilket tyder på en syngenetisk avsättning av guld och tellurider. Fortsatta undersökningar kan med stor sannolikhet komma att finna ytterligare faser mellan vismut och tellur. Eventuellt kan något Hg mineral observeras. I denna undersökning dokumenterades Hg i EDS-analys men mineralet kunde ej fastställas på grund av interferens från omgivande faser. Hg-mineralet skulle kunna vara coloradoit (HgTe), dock får fortsatta undersökningar utvisa detta.

Kvarts är avsatt först och därefter har kvartsen spruckit upp och givit passage för malmförande lösningar vilka har fällt ut sina element i och omkring spricksystemen. Aktuella mineral i dessa miljöer är pyrit, magnetkis, kopparkis, zinkblände, blyglans, telluridmineral samt guld. I kvartsens spricksystem har även kalcit och eventuellt en senare generation kvarts läkt sprickorna.

Kristallationsföljden avseende opakmineralen kan göras utifrån sprickfyllnader, inneslutningar, bårder samt sammanväxningar utefter kristallytor. Utifrån dessa kriterier är blyglans och zinkblände avsatta efter magnetkis, pyrit och kopparkis. Telluridmineralen är avsatta efter pyrit, magnetkis och kopparkis och återfinns vid några enstaka tillfällen utfällda längs sulfidernas kristallytor. Guld är avsatt efter scheelit och efter åtminstone en generation turmalin. Guld har observerats som sprickfyllnad i turmalin omgivet av vismuttellurider i bägge ändarna vilket kan tyda på oregelbundheter av elementkoncentrationerna i det malmförande materialet.

Sammanfattning

Mikroskopistudier och bekräftande EDS-analys har funnit flera nya mineral i Björkdalsgruvan. Dessa nya mineral är hessit, frobergit och pilsenit. Övriga observerade mer ”vanliga” mineral som (ej omnämnda i tidigare arbeten) har bestämts utifrån mikroskopiering är: andesin, covellin, ilmenit och markasit.

Guldkornsstatistiken visar med tydlighet att sammanväxningar och inneslutningar av guld med pyrit och vismuttellurider är sällan förekommande. Dock är guld nästan alltid associerat till dessa mineral, endast i undantagsfall har guld påträffats skilt från sulfider och/eller vismutmineral. Den största volymen guld uppträder som korn, ofta med varierande grad av dedriter och uppträder mer sällan som avlånga sprickfyllnader, dock återfinns utfällda guldkorn ofta längsmed ett befintligt spricksystem. Guldkornsfördelningen visar på att de största guldkornsfraktionerna, trots sitt ringa antal, volymmässigt vida överstiger de minsta fraktionerna. De kemiska analyserna kunde endast påvisa säkra samband mellan guld-vismut, guld-silver och guld-kobolt. Det senare sambandet kan, via koboltens korrelation till svavel och pyritens stora dominans bland sulfidmineralen, tolkas som en korrelation mellan guld och pyrit. Dock påträffas synligt guld ofta in situ tillsammans med sulfider, scheelit och turmalin.

Slutord

Tack Krister Sundblad för proffsig handledning. Ett stort tack till Kjell Gustavsson på Terra Mining som har hjälpt till med tunga lyft i Norrland och försett mig med nödvändig information. Inget exjobb utan finansiering, och för den biten har Mikael Nilsson på Terra Mining ansvarat för med stor generositet. Tack Magnus Leijd för fin hantering av EDS-utrustningens känsliga filament. Tack Johan Söderhielm för ovärderlig hjälp i elfte timmen. Ett speciellt stort tack till Erik Sturkell, vars digitala spjutspetskunskap sparade mycket i tid, men kostade mycket i öl. Det var det värt!

Litteraturförteckning

Allen, R.L., Weihed, P. & Svensson, S.Å., 1996. Settings of Zn-Cu-Au-Ag Massive Sulfide Deposits in the Evolution and Facies Architecture of a 1.9 Ga Marine Volcanic Arc, Skellefte District, Sweden. *Economic Geology* 91, 1022-1053.

Annamet services, 1988. *Mineralogical examination of the gravity concentrate 2*. Opublicerad rapport Terra Mining, 26pp.

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M.C., 1990. *Handbook of mineralogy Vol I, Elements, sulfides, sulfosalts*. Mineral data publishing, Tucson Arizona, 588 pp.

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M.C., 1990. *Handbook of mineralogy Vol II, Silica, silicates*. Mineral data publishing, Tucson Arizona, 904 pp.

Bergman, J., 1992. Structural geology of Grundfors, a Quartz vein related gold deposit in the Skellefte district, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 114, 227-234.

Bergman, J., Bergström, U. & Weihed, P., 1989. Genesis and structural evolution of early Proterozoic gold lode deposits in the Skellefte district, northern Sweden. Extended abstract, 28th International Geological Congress, Washington D.C., 3, 459-460

Bergman-Weihed, J., Bergström, U., Billström, K. & Weihed, P., 1996. Geology, Tectonic Setting, and Origin of the Paleoproterozoic Boliden Au-Cu-As Deposit, Skellefte District, Northern Sweden. *Economic Geology* 91, 1073-1097.

Billström, K. & Weihed, P., 1996. Age and provenance of Host Rocks and Ores in the Paleoproterozoic Skellefte District, Northern Sweden. *Economic Geology* 91, 154-1072.

Billström, K. & Öhlander, B., 1989. Regional implications of U-Pb zircon dating of two proterozoic granites associated with molybdenite mineralized aplites in northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 11, 229-238.

Broman, C., 1988. Fluids associated with the genesis of the Skellefte district massive sulfide deposits, Sweden. Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD symposium. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1, 191-200.

Broman, C., Billström, K., Gustavsson, K. & Fallick, A.E., 1994. Fluid inclusions, Stable isotopes and gold deposition at Björkdal, Northern Sweden. *Mineralium Deposita* 29, 139-149.

Claesson, S & Lundqvist, T., 1995. Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian basin, central Sweden: isotopic and geochemical constraints. *Lithos* 36, 115-140.

Gaál, G. & Gorbatshev, R., 1987. An outline of the Precambrian evolution of the Baltic Shield. *Precambrian Research* 35, 15-52.

Gavelin, S., 1955. Urbergsområdet inom Västerbottens län. S.G.U. Ca 37, 10-99.

Grensman, F., 1993. Björkdalsgruvans mineralogi. *Opublicerad rapport Terra Mining*, 32 pp.

Larsson, M., 1994. *Geologisk beskrivning av Björkdalsgruvan*. Opublicerad rapport Terra Mining, 30 pp.

Larsson, M., 1996. *Mikroskopieringsrapport till stöd för bergartsbestämningen vid Björkdalsgruvan*. Opublicerad rapport Terra Mining, 13 pp.

Larsson, M., 1996. *Se Björkdalsgruvans geologi!*. Opublicerad rapport Terra Mining, 41 pp.

Lundberg, B., 1980. Aspects of the geology of the Skellefte field, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 102, 156-166.

Lundqvist, T., Bøe, R., Kousa, J., Lukkaninen, H., Lutro, O., Roberts, D., Solli, A., Stephens, M. & Weihed, P., 1996. Bedrock map of central Fennoscandia. Skala 1:1000000. Geological surveys of Finland (Espoo), Norway (Trondheim) and Sweden (Uppsala).

Nysten, P., 1990. Tsumoit from the Björkdal gold deposit, Västerbotten County, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 112, 59-60.

Perdahl, J.A. & Einarsson, Ö., 1994. The marine-continental transition of the Early Proterozoic Skellefte-Arvidsjaur volcanic arc in the Bure area, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 116, 133-138.

Perdahl, J.A. & Frietsch, R., 1993. Petrochemical and petrological characteristics of 1.9 Ga old volcanics in northern Sweden. *Precambrian Research* 64, 239-252

Rickard, D., 1986. The Skellefte field. *Sveriges geologiska undersökning*, Ca 62, 54 pp.

Skiöld, T., 1988. Implications of new U-Pb zircon chronology to early Proterozoic crustal accretion in northern Sweden. *Precambrian Research* 38, 141-164.

Sundblad, K., Weihed, P., Billström, K., Markkula, H. & Mäkelä, M., 1993. Source of metals and age constraints for epigenetic gold deposits in Skellefte and Pohjanmaa districts, central part of the Fennoscandian Shield. *Mineralium Deposita* 28, 181-190.

Tröger, W.E., *Optische Bestimmungen der gesteinsbildenden Minerale*. E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1971, 188 pp.

Weihed, P., 1992. Lithogeochemistry, metal and alteration zoning in the Proterozoic Tallberg porphyry-type deposit, northern Sweden. *Journal of Geochemical Exploration* 42, 301-325.

Welin, E., 1987. The Depositional evolution of the Svecofennian Supracrustal Sequence in Finland and Sweden. *Precambrian Research* 35, 95-113.

Wilson, M.R., Cleasson, L.Å., Sehlstedt, S., Smellie, J.A.T., Aftalion, M., Hamilton, P.J. & Fallick, A.E., 1987. Jörn: an early Proterozoic intrusive complex in a volcanic arc environment. *Precambrian Research* 36, 201-225.

Bilaga 1. Redovisning av ett urval av de 130 EDS-analyser som utfördes.

EDS-analyser av blyglans och molybdenglans redovisas även om EDS-metoden snedvrider fördelningen mellan Katjon och anjon i dessa element.

Analys.nr	element	vt%	norm.at%	mineral
B6-4.5	S	19,25	60,63	blyglans
	Pb	80,75	39,37	
B6-5.7	S	21,77	64,27	blyglans
	Pb	78,23	35,73	
B6-5.8b	S	20,25	62,14	blyglans
	Pb	79,75	37,86	
B8-2.9	S	17,12	56,40	blyglans
	Fe	00,96	1,82	
	Cu	00,00	00,00	
	Pb	81,92	41,78	
B15-1.1	S	58,02	89,93	blyglans
	As	00,00	00,00	
	Pb	41,98	10,07	
B19-2.3	S	15,91	54,82	blyglans
	Pb	84,19	45,18	
B19-2.3b	S	15,81	54,82	blyglans
	Pb	84,19	45,18	
B15-4.1	S	17,20	56,64	blyglans
	Fe	00,84	1,59	
	Pb	81,96	41,77	
B8-2.1a	S	37,36	52,04	cubanit
	Fe	40,54	32,42	
	Cu	22,11	15,54	
B8-2.1b	S	36,46	51,08	cubanit
	Fe	41,08	33,05	
	Cu	22,46	15,88	
B15-1.5	S	36,33	50,95	cubanit
	Fe	40,99	33,01	
	Cu	22,67	16,05	
	Bi	00,00	00,00	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B25-2.4a	Ag	41,64	56,61	elektrum
	Au	58,36	43,39	
B5-1.4	Ag	35,71	50,38	elektrum
	Au	64,29	49,62	
B25-2.6	Ag	44,09	59,05	elektrum
	Au	55,91	40,95	
B32-3.4a	K	00,14	00,38	frohbergit
	Fe	17,53	32,60	
	Te	82,32	67,01	
B32-2.4b	Fe	17,04	31,94	frohbergit
	Te	82,96	68,06	
B32-2.4c	K	00,07	00,20	frohbergit
	Fe	17,84	33,11	
B6-1.1	Ag	17,66	28,17	guld
	Au	82,34	71,83	
B6-1.3	Ag	6,17	10,73	guld
	Au	93,83	89,27	
B6-5.4	Ag	8,02	13,75	guld
	Au	91,98	86,25	
B19-2.3a	Au	100,00	100,00	guld
B25-2.8	Ag	5,98	10,42	guld
	Au	94,02	89,58	
B32-3.3	Ag	00,00	00,00	guld
	Au	100,00	100,00	
B32-3.5	Au	90,66	84,16	guld
	Ag	9,34	15,84	
B25-2.4b	Ag	46,17	61,05	gyldiskt silver
	Au	53,83	38,95	
B6-5.5a	Ag	61,56	65,45	hessit
	Te	38,44	34,55	
B6-5.5b	Ag	62,27	66,22	hessit
	Te	37,29	33,53	
	Au	00,44	00,26	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B5-1.5	Ag	56,66	62,19	hessit
	Te	36,66	34,03	
	Bi	6,68	3,78	
B5-1.2b	Ag	62,01	66,07	hessit
	Te	37,15	33,47	
	Pb	00,84	00,47	
B5-1.2c	Ag	61,65	65,60	hessit
	Te	38,06	34,24	
	Pb	00,29	00,16	
B8-2.10	Fe	00,00	00,00	hessit
	Cu	00,00	00,00	
	Ag	61,56	65,45	
	Te	38,44	34,55	
B25-2.1	Cl	00,01	00,04	hessit
	Ag	62,30	66,14	
	Te	37,68	33,82	
B25-2.7	Ag	61,04	64,95	hessit
	Te	38,96	35,05	
B19-1.4	Ti	45,12	48,92	ilmenit
	V	00,00	00,00	
	Mn	2,72	2,63	
	Fe	52,09	48,44	
B6-1x	Ca	100,00	100,00	kalcit
B14-1.1	Fe	3,38	3,82	koppar
	Cu	96,62	96,18	
B5-3.1	S	35,60	50,67	kopparkis
	Fe	31,11	25,42	
	Cu	33,29	23,91	
B6-4.3	S	39,46	54,74	kopparkis
	Fe	29,67	23,64	
	Cu	30,87	21,62	
B8-1.2	S	36,53	51,68	kopparkis
	Fe	30,73	24,96	
	Cu	32,74	23,37	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B6-3.2	S	37,78	53,06	kopparkis
	Fe	29,11	23,47	
	Cu	33,11	23,46	
B8-2.11	S	36,83	52,04	kopparkis
	Fe	29,67	24,07	
	Cu	33,50	23,89	
B11-2.3	S	33,79	48,71	kopparkis
	Fe	31,09	25,74	
	Cu	35,12	25,56	
B15-2.1	S	37,35	52,62	kopparkis
	Fe	29,11	23,54	
	Cu	33,54	23,84	
B15-2.3	S	46,17	61,49	kopparkis
	Fe	25,16	19,24	
	Cu	28,67	19,27	
B6-4.2	S	42,53	56,31	magnetkis
	Fe	57,47	43,69	
B8-2.13	S	37,41	51,01	magnetkis
	Fe	62,49	48,92	
	Cu	00,10	0,070	
B8-1.1	S	40,29	54,03	magnetkis
	Fe	59,71	45,97	
B11-2.4	S	36,91	50,47	magnetkis
	Fe	63,09	49,53	
B32-1.2	S	43,65	57,43	magnetkis
	Fe	56,35	42,57	
B19-3.1	S	100,00	100,00	molybdenglans
	Mo	00,00	00,00	
B6-5.6b	Ag	00,00	00,00	pilsenit
	Te	29,12	40,22	
	Bi	70,88	59,78	
B8-2.14	Fe	00,13	00,40	pilsenit
	Cu	00,00	00,00	
	Te	30,71	41,94	
	Bi	69,16	57,66	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B25-2.2a	Te	30,94	42,32	pilsenit
	Bi	69,06	57,68	
B25-2.3b	Te	31,25	42,67	pilsenit
	Bi	68,75	57,33	
B6-3.1	S	54,68	67,75	pyrit
	Fe	45,32	32,25	
B6-4.1	S	55,71	68,66	pyrit
	Fe	44,29	31,34	
B25-1.2	S	60,74	72,95	pyrit
	Fe	38,96	26,87	
	Cu	00,30	00,18	
B32-2.1	S	55,52	68,49	pyrit
	Fe	44,48	31,51	
B25-3.1	Ti	99,92	99,93	rutil
	V	00,08	00,07	
B19-1.2	Ti	100,00	100,00	rutil
B19-1.2	Ti	100,00	100,00	rutil
B19-1.3	Ti	100,00	100,00	rutil
B25-3.2	Ti	100,00	100,00	rutil
B32-2.3	Ti	99,92	99,92	rutil
	V	00,08	00,08	
B19-2.1	Ti	99,80	99,81	rutil
	V	00,20	00,19	
	Ba	00,00	00,00	
B19-2.2	Ti	99,98	99,99	rutil
	V	00,02	00,01	
	Ba	00,00	00,00	
B5-2.1	Si	00,00	00,00	scheelit
	Ca	19,54	52,70	
	W	80,46	47,30	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B5-2.2	Si	00,00	00,00	scheelit
	Ca	19,08	51,97	
	W	80,92	48,03	
B32-1.1	Te	44,05	56,32	tellurobismutit
	Bi	55,95	43,68	
B32-1.3	Te	44,88	57,15	tellurobismutit
	Bi	55,12	42,85	
B32-2.4a	Te	43,36	55,63	tellurobismutit
	Bi	56,64	44,37	
B32-2.4b	Te	43,74	56,01	tellurobismutit
	Bi	56,26	43,99	
B32-2.5	Te	44,14	56,41	tellurobismutit
	Bi	55,86	43,59	
B32-2.7	Te	48,55	60,72	tellurobismutit
	Bi	51,45	39,28	
B32-3.1	Fe	00,18	00,50	tellurobismutit
	Te	51,30	63,08	
	Bi	48,52	36,42	
B32-3.2	Te	52,20	64,14	tellurobismutit
	Bi	47,80	35,86	
B15-3.1a	Si	23,87	33,03	titanit
	Ca	32,91	31,92	
	Ti	42,97	34,87	
	V	00,24	00,19	
	Ba	00,00	00,00	
B15-3.3	Si	24,65	33,90	titanit
	Ca	34,15	32,90	
	Ti	40,85	32,93	
	V	00,36	00,27	
B5-1.3	Ag	00,00	00,00	tsumoit
	Te	34,09	45,85	
	Pb	1,30	1,08	
	Bi	64,61	53,07	
B5-1.1	Te	36,62	48,63	tsumoit
	Bi	63,38	51,37	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B8-1.3	Te	36,55	48,55	tsumoit
	Bi	63,45	51,45	
B8-2.2a	Te	36,14	48,10	tsumoit
	Bi	63,86	51,90	
B8-2.2b	Te	34,89	46,74	tsumoit
	Bi	65,11	53,26	
B8-2.6	Te	36,62	48,62	tsumoit
	Bi	63,38	51,38	
B8-2.8	Te	35,30	47,19	tsumoit
	Bi	64,70	52,81	
B19-2.4	Mg	5,15	4,45	turmalin
	O	47,42	62,20	
	Al	18,97	14,76	
	Si	20,94	15,64	
	Ca	00,73	00,38	
	Ti	00,38	00,17	
	Fe	6,40	2,40	
B15-1.2	Bi	100,00	100,00	vismut
B15-1.3	Bi	100,00	100,00	vismut
B15-2.2	Bi	100,00	100,00	vismut
B8-2.12	S	35,43	52,28	zinkblände
	Fe	8,04	6,81	
	Cu	00,37	00,28	
	Zn	56,16	40,63	
B6-3.3	S	38,75	55,86	zinkblände
	Fe	6,87	5,69	
	Zn	54,38	38,45	
B6-4.4	S	38,38	55,59	zinkblände
	Fe	5,31	4,41	
	Zn	56,31	40,00	
B6-1.xx	S	37,99	55,16	zinkblände
	Fe	5,62	4,68	
	Zn	56,39	40,16	

Analys,nr	element	vt%	norm,at%	mineral
B6-1.5	Te	55,83	67,43	?
	Bi	44,17	32,57	
B25-1.1A	Fe	00,17	00,45	?
	Cu	00,55	1,28	
	Te	62,34	72,16	
	Bi	36,93	26,10	
B25-1.1b	Fe	00,00	00,00	?
	Cu	00,16	00,39	
	Te	58,30	69,42	
	Bi	41,54	30,20	
B25-1.3b	Fe	1,45	3,88	?
	Cu	00,15	00,35	
	Te	55,81	65,32	
	Bi	42,59	30,44	
B25-1.4	Fe	00,40	1,09	?
	Cu	00,07	0,17	
	Te	57,55	68,32	
	Bi	41,98	30,42	
B25-1.5	Fe	00,00	00,00	?
	Cu	00,00	00,00	
	Te	57,44	68,86	
	Bi	42,56	31,14	
B6-5.6a	Ag	12,81	18,85	?
	Te	30,83	38,34	
	Bi	56,36	42,81	
B32-3.6b	Ag	00,00	00,00	?
	Te	57,46	68,87	
	Bi	42,54	31,13	
B32-3.6c	Si	1,86	7,38	? (ev. coloradoit)
	S	9,07	31,57	
	Ag	00,00	00,00	
	Te	36,06	31,54	
	Hg	53,01	29,50	
	Bi	00,00	00,00	

Bilaga 2. Anortithalt i plagioklaserna

Redovisning av plagioklasernas utsläkningsvinklar för bestämning av anortithalten i mol% enligt standardmetod.

Plagioklaser med tydliga tvillinglamellmönster användes och utsläkningsvinklarna mättes och jämfördes sedan mot avsett diagram i Tröger. Samtliga uppmätta plagioklaser placerar sig inom intervallet oligoklas-andesin, med en ungefärlig anortithalt på 27-35 mol.-%.

Följande utsläkningsvinklar erhöles:

Prov 4 = 11,2° och 12,0°

Prov 6 = 10,6°, 11,6° och 14,5°

Prov 11 = 17,2°

Prov 16 = 5,0° och 17,0°

Prov 28 = 18,9°

Bilaga 3. Kemanalyser för samtliga prov i undersökningen,

Prov	Au ppb	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ca %
1	11660	1,3	3,88	13	997	1	270	1,32
3	573	0,8	4,08	9	611	2	0	1,72
4	705	0,2	2,53	12	347	1	0	0,58
5	1392	0,7	2,83	15	384	1	23	2,23
6	832	0,5	5,1	8	617	2	5	2,23
8	2840	0,9	2,01	9	246	1	66	11,27
9	9334	1	3,58	15	382	1	159	4,58
11	1416	1,3	5,11	14	335	1	51	1,61
14	6117	1,2	4,7	5	385	1	3	2,49
15	642	1,8	4,91	5	581	2	8	0,95
16	4783	3,4	4,51	10	642	2	23	3,22
17	4116	0,5	5,53	11	856	2	30	2,31
19	6483	0,3	5,71	16	886	2	1	1,92
20	4167	1	4,3	22	662	1	4	1,28
21	12400	1,8	4,75	12	537	1	47	1,96
25	17030	11,8	4,7	-5	1166	1	123	0,9
26	663	0,8	6,55	7	705	2	4	2,6
28	335	0,8	4,72	-5	1512	1	2	1,36
31	425	0,3	4,4	8	381	1	2	0,9
32	4250	0,3	3,9	13	218	2	8	2,93

Prov	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Ga ppm	K %	Li ppm
1	-1	11	186	360	3,29	23	1,45	17
3	-1	19	160	223	3,29	27	1,37	16
4	-1	6	323	64	1,49	12	0,6	12
5	-1	7	68	68	1,64	26	0,73	14
6	-1	7	68	80	1,9	32	1,17	17
8	-1	9	120	194	2,1	42	0,51	-2
9	-1	22	56	378	2,43	35	0,9	12
11	-1	10	87	216	1,83	26	0,85	13
14	-1	12	113	137	2,52	35	1,01	19
15	-1	8	29	84	1,5	25	1,29	14
16	-1	18	96	1632	2,72	34	1,14	15
17	-1	16	94	130	2,7	35	1,51	20
19	-1	8	187	153	1,4	34	1,24	16
20	-1	24	218	372	2,65	27	0,95	16
21	-1	16	83	127	2,14	30	1,02	15
25	-1	7	186	65	1,78	26	1,25	19
26	-1	16	140	104	3,02	40	1,3	24
28	-1	14	150	91	2,07	28	1,43	18
31	-1	-5	48	42	1,49	24	0,58	13
32	-1	10	222	108	1,58	30	0,49	9

Prov	Mg %	Mn ppm	Mo ppm	Na%	Ni ppm	P%	Pb ppm	Rb ppb
1	0,74	290	7	0,54	34	0,51	17	7
3	1,41	376	10	1,04	34	0,73	129	59
4	0,72	191	8	0,79	19	0,31	26	25
5	0,66	270	19	0,63	22	0,65	50	25
6	0,97	381	8	1,62	21	0,69	49	50
8	2,21	1694	67	0,61	12	1,32	31	14
9	1,05	830	15	1,19	22	0,95	20	8
11	0,68	253	14	2,09	31	0,58	64	25
14	1,31	462	6	1,22	26	0,76	18	42
15	0,63	184	16	1,69	15	0,43	100	42
16	0,92	489	47	1,45	24	0,82	38	41
17	1,42	433	8	1,65	28	0,76	32	56
19	0,8	266	20	1,1	24	0,66	28	50
20	0,92	260	8	1,38	52	0,53	46	36
21	0,73	326	15	1,82	28	0,65	41	30
25	0,95	212	6	1,01	27	0,45	18	53
26	1,79	609	8	2,05	33	0,81	40	80
28	0,96	328	7	1,1	23	0,55	29	52
31	0,92	124	19	0,95	13	0,41	44	23
32	0,68	339	8	0,93	21	0,76	95	15

Prov	S %	Sb ppm	Sc ppb	Si %	Sn ppm	Sr ppm	Th ppb	Ti %
1	1,53	-5	6	36,6	-3	225	-3	0,15
3	1,35	-5	7	34,08	3	388	7	0,18
4	0,45	-5	5	41,24	4	314	-3	0,1
5	0,77	-5	6	37,24	3	288	4	0,16
6	0,81	-5	8	32,94	-3	610	11	0,21
8	1,42	-5	9	24,87	8	819	-3	0,07
9	1,63	-5	8	31,2	8	725	-3	0,11
11	1,02	-5	6	33,81	-3	688	8	0,17
14	1,06	-5	8	32,19	4	690	9	0,22
15	0,62	-5	6	36,23	-3	401	8	0,15
16	1,58	-5	7	32,7	3	589	7	0,16
17	1,17	-5	9	30,78	4	698	9	0,24
19	0,71	-5	8	33,1	-3	488	8	0,24
20	1,25	-5	6	33,71	-3	515	5	0,19
21	1,12	-5	7	32,24	4	404	8	0,22
25	0,48	-5	8	34,87	-3	350	3	0,23
26	0,96	-5	10	27,27	-3	714	11	0,28
28	0,79	-5	6	34,59	-3	410	5	0,18
31	0,43	-5	5	35,65	3	569	6	0,18
32	1,03	-5	5	35,6	8	751	9	0,18

Prov	U ppb	V ppm	W ppm	Zn ppm	Zr ppm
1	-3	49	13	70	63
3	-3	59	10	223	79
4	-3	35	36	54	35
5	-3	47	351	119	62
6	-3	57	64	112	120
8	-3	27	10	106	65
9	-3	44	15	91	83
11	-3	43	16	126	113
14	-3	68	37	77	102
15	-3	44	6	110	105
16	-3	56	9	96	106
17	-3	72	9	98	132
19	4	70	1884	57	105
20	-3	55	36	119	97
21	-3	50	28	110	116
25	-3	68	10	53	80
26	6	79	5	102	156
28	-3	56	5	55	77
31	8	50	7	63	85
32	6	29	11	102	118

Bilaga 4.

Koordinater för provpunkter i Björkdalsgruvans lokala nät, samt kvartsgångsbredd.

Prov	Norr(Lok)	Öst(Lok)	Z(Lok)	Kvartsgångsbredd
1	767,29	1009,94	64,62	40 cm
3	707,96	1034,89	42,63	15 cm
4	728,73	1003,82	43,53	12 cm
5	623,82	1836,9	141,23	100-150 cm
6	591,05	1763,36	141,88	250 cm
8	558,32	1893,95	142,97	20 cm
9	570,36	1936,83	140,16	11 cm
11	895,92	1416,98	141,26	100 cm
14	767,56	1252,57	83,62	15 cm
15	423,00	1924,00	95,00	12 cm
16	532,00	2002,00	95,00	35 cm
17	702,50	1700,00	115,00	55 cm
19	848,25	1568,55	138,12	14 cm
20	810,25	1395,89	126,72	13-110 cm
21	929,05	1420,07	148,15	10 cm
25	703,67	1834,74	132,81	95 cm
26	705,63	1771,97	129,06	20 cm
28	727,98	1352,77	79,70	30 cm
31	948,76	1500,83	147,88	55 cm
32	964,88	1287,19	114,19	omätbar

Gruvans nollnivå i höjd (Z) befinner sig 213,255 m över havet mätt i rikets nät.