

SVERIGES GEOLOGISKA AB
Division Prospektering
Uppdragsgivare: NSG
Projekt: Kvarts i Norrbotten
A. Holmqvist
U. Hålenius

RAPPORT
Datum: 1986-06-12
ID-nr: PRAP 87025
Plats: 26G, 8d
27G, 0b
30J, 3h
Best.nr: 563-D39/1987

MINERALOGISK STUDIE AV KVARTS FRÅN TRE FÖREKOMSTER I NORRBOTTENS LÄN

REKOMMENDATIONER

Rapportens resultat bör bedömas av en kompetent mineraltekniker (anrikningsingenjör), som kan avgöra om det är meningsfullt att försöka rena kvartsen i lab-skala och senare eventuellt i större skala.

Vi rekommenderar också att prov av makroskopiskt sett ren kvarts jämte analysintyg sänds till olika kvartsförbrukare för testning. Det gäller då att få besked om vad kvartsen, trots de mikroskopiska föroreningarna, kan duga till, samt att få en uppfattning om trolig prissättning vid framtida leveranser. Om ett högt pris kan erhållas för styckekvarts måste man finna en praktisk metod för bortgallring av de grova föroreningarna. I annat fall kan man bara ta ut prima kvarts ur begränsade delar av förekomsterna.

Det finns fortfarande något provmaterial kvar från Vuolep Räskavare (stuffprov och borrhälar), medan det endast finns obetydliga rester från Pajeb Muitunisjaure och Själbmatjåkkå. Ytterligare lossprängning av prover kan således bli aktuell för att tillsända industrin testmaterial. Om intresse finns för kvartsen från Pajeb Muitunisjaure, måste fördelningen av grövre föroreningar undersökas mera ingående. Blottningsarbeten, sprängning och eventuellt några korta diamantborrhål kan behövas för att avgöra om ett renare kvartsparti finns. I Vuolep Räskavare har vi redan en grov bild av föroreningarnas fördelning, och en noggrannare studie härav rekommenderas först närmare brytningen.

SVERIGES GEOLOGISKA AB
Division Prospektering
Uppdragsgivare: NSG
Projekt: Kvarts i Norrbotten
A. Holmqvist
U. Hålenius

RAPPORT
Datum: 1986-06-12
ID-nr: PRAP 87025
Plats: 26G, 8d
27G, 0b
30J, 3h
Best.nr: 563-D39/1987

MINERALOGISK STUDIE AV KVARTS FRÅN TRE FÖREKOMSTER I NORRBOTTENS LÄN

SAMMANFATTNING

De kemiskt påvisade föreningarna i kvarts från Vuolep Räskavare, Pajeb Muitunisjaure och Själbmatjåkkå har till stora delar kunnat förklaras. Mikroskopiska mineralkorn av olika slag utgör en huvudgrupp av föreningar. En annan utgörs av salina vätskeinneslutningar, vilka utöver de redan kända föreningarna bör ge kvartsen en viss Cl-halt. I kvartsen från Vuolep Räskavare innehåller vätskeinneslutningarna även en fast saltfas.

Genom att storleken hos både de fasta faserna och vätskeinneslutningarna är liten, krävs det långtgående malning innan man kan rena kvartsen. I Vuolep Räskavare är vätskeinneslutningarna mindre än 10 µm.

Analysmetoder för ren kvarts vid några olika laboratorier har belysts.

Nyckelord: Kvarts, industrimineral, vätskeinneslutningar, mikrotermometri, analysmetodik, Norrbottens län.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING		Sid
1	INLEDNING	3
2	OMFATTNING OCH METODIK	4
3	RESULTAT	5
3.1	Vuolep Räskavare	5
3.2	Pajeb Muitunisjaure	7
3.3	Själbmatjåkkå	9
4	METODIK VID ANALYS AV HÖGREN KVARTS	9
4.1	Allmänt	9
4.2	Provberedning	10
4.3	Analysmetoder	12
4.4	Laboratorier	13
5	LITTERATUR	17

BILAGOR

Figur 1 - 9

Tabell 1 - 5

1 INLEDNING

Under 1986 undersökte SGAB en kvarts- fältspatförekomst och tre kvartsförekomster inom projektet "Industrimineral i Norrbottens län". Resultaten presenterades i tre rapporter: Holmqvist och Renberg (1986), Holmqvist och Nordström (1986) och Holmqvist (1986). I januari 1987 erhöles precisionsanalyser från förekomsterna, Gvein (1987). Analysresultaten återges i denna rapport, tabell 1. De uttagna provernas lägen inom förekomsterna kan återfinnas i de tre förstnämnda rapporterna.

Halterna av störande element var i allmänhet något för höga för att kvartsen skall kunna användas inom de mest kvalitetskrävande områdena. För att belysa möjligheterna till någon form av rening av kvartsen beställde NSG en mineralogisk granskning av 14 prov. Dessa uttogs från Vuolep Räskavare, Pajeb Muitunisjaure och Själbmatjåkkå, flertalet i omedelbar anslutning till de tidigare tagna analysproverna. Kvartsfältspatförekomsten Pikku Kurravaara lämnades utanför den mineralogiska undersökningen.

Målsättningen var att förklara hur de analysmässigt påvisade föroreningarna förekommer i kvartsen. Härmed avsågs mikroskopiska till submikroskopiska föroreningar inklusive vätskeinneslutningar. I kvartsen gitterbundna föroreningar samt makroskopiskt uppträdande mineral och främmande bergartsfragment omfattades ej av undersökningen. De makroskopiska föroreningarna hade vi för övrigt sökt undvika att ta med i de analyserade proverna.

Ett annat moment inom uppdraget var att göra en enklare genomgång av vilka analysmetoder och kemiska laboratorier som finns att tillgå för analyser av mycket ren kvarts.

Först tillverkades och granskades 14 st polerade tunnslip. Av dessa var 10 st från Vuolep Räskavare, 3 st från Pajeb Muitunisjaure och 1 st från Själbmatjåkkå. Med ledning av hur mycket och hurudana vätskeinneslutningar som kunde ses i mikroskop, utvaldes 5 prov för förnyad preparering. För noggrannare studier av vätskeinneslutningar krävs nämligen preparat som är tjockare än normalt, samt är polerade på båda sidorna. Av de utvalda proverna var 3 st från Vuolep Räskavare och vardera 1 prov från Pajeb Muitunisjaure och Själbmatjåkkå.

De 14 ursprungliga preparaten har kontrollerats i polarisationsmikroskop. Förorenande mineralkorn är i allmänhet mycket små och svårbestämbara vid normal optisk mikroskopering. Vissa preparat har därför undersökts i svepelektronmikroskop (SEM/EDS). Flera faser som bidrar till att förklara kvartsens analyserade föroreningar har påvisats, men uppdragets omfattning har inte tillåtit oss att undersöka varje litet förorenande korn.

Kvartsens vätskeinneslutningar samt åtföljande gas- och fasta faser har undersökts på följande sätt. Dubbelpolerade 0,2 mm tjocka plattor av kvartsen undersöktes med högförstorande optisk mikroskopi i kombination med mikrotermometri för att fastställa ingående huvudkomponenter i vätskeinneslutningarna. För mikrotermometerin användes ett Linkham TH 600 kylvärmebord med tillhörande styrelektronik (Shepherd 1981).

Katjonsammansättningen hos provernas vätskeinneslutningar analyserades vid BGS i London. För dessa analyser bereddes proverna genom krossning i handmortel och siktning i teflon-siktar. Fraktionen 0,5 - 1,0 mm behandlades med 3 M HCl vid 60⁰ C och sköljdes därefter i flera steg med avjoniserat vatten och torkades, varefter den handplockades under binokulärt mikroskop för slutlig rening. De behandlade proverna analyseras med dekrepitation (uppspräckning) och lakning

kopplad till ICP. För att kvantifiera ICP-data utfördes dessutom en gas - vätskekromatografi (GLC) analys av H_2O , CO_2 , N_2 och kolväteföreningar (Shepherd & Rankin 1985).

3 RESULTAT

3.1 Vuolep Räskavare

Mikroskopobservationer av kvartsen har ställts samman i tabell 2. Undersökningen visar att kvartsen huvudsakligen är grovkristallin, ofta med kornstorlekar som i snittytorna överstiger slipprovsstorleken (dvs mer än ca 6 cm^2). Därtill kommer stråk av omkristalliserad, finkornig kvarts med 0,02 - 0,2 mm stora korn, fig 1. Den grovkorniga kvartsen visar undulös och ställvis kraftigt undulös utsläckning, samt fältindelning till följd av tektonisk påverkan. Dessutom ses ofta redan i stufmaterialet system av parallella "spaltriss", som också tros vara tektoniskt bildade. Detta har vi ej undersökt närmare. Synlig spaltning eller mekanisk deformation är ett sällsynt fenomen hos kvarts. Beskrivningar däröver finns likväl och är sammanfattade av Frondel (1962, pp 104 - 112).

Föroreningarna i kvartsen består dels av små mineralkorn, vilka normalt ej är synliga med blotta ögat, och dels av mikroskopiska till submikroskopiska vätskeinneslutningar med åtföljande faser (gas och fast fas).

De förorenande mineralen är i flera fall ojämt fördelade. De bidrar till att förklara de elementhalter som tidigare analyserats fram, men den rumsliga fördelningen av oönskade element respektive mineralkorn är inte sådan att man direkt kan se ett samband mellan dessa. Det har, med andra ord, ej varit möjligt att ställa elementhalterna i relation till mängden iakttaga mineralkorn. Som exempel på detta kan vi välja apatit. I ett av 10 slipprov påträffades ett flertal apatitkorn längs en mikroskopisk spricka, fig 2. Identiteten har bekräftats

genom SEM-EDS-analys, fig 3. Analysprovet, som var taget strax intill detta slipp prov i bh 86003 visade ingen förhöjning på fosfor. Det gjorde däremot analysen från bh 86004 (5 ppm), men där hittades inga apatitkorn.

Man får intrycket att det skulle behövts ett stort antal slipprov från de analyserade sektionerna för att vi skulle kunna påvisa någon form av korrelation mellan analysvärden och upptäckta mineralkorn. Endast i ett fall tror vi oss se ett sådant samband. I ett slipp prov från bh 86004 har flera små kalcitkorn iakttagits, fig 4, och det intilliggande analysprovet visade en förhöjd kalciumhalt (85 ppm mot normalt ca 30 ppm).

Mikroskoperingsresultatet för de fasta föroreningarna har sammanställts i tabell 3. Bland de observerade mineralen märks muskovit, kalcit, apatit, rutil och kopparkis. Genom dessas närvaro får kvartsförekomsten vissa spårhalter av K, Al, Ca, P, Ti, Fe, Cu och S. Dessutom har spår av Cl påvisats i apatit och spår av Fe och Cl i muskovit med hjälp av SEM-EDS-analys, se fig 3 och 5. Några bestämningar av Cu-, S- och Cl-halter ingick ej i de analyser som förmedlades av Ø Gvein.

Bland övriga mineral kan nämnas spår av covellin i ett fall. Mineralet bildar en tunn bård runt ett kopparkiskorn. Vidare finns spår av andra opaka och transparenta mineral som vi inte kunnat undersöka inom ramen för beställningen (kornen är mycket små, och ytterligare SEM-EDS-analyser skulle behövas för att bestämma dem).

Vi övergår nu till vätskeinneslutningarna, som utgör den andra viktiga källan till föroreningar i kvartsen. Högförstorande mikroskopi av dubbelpolerade kvartspreparat visade en mycket hög frekvens av mycket små ($< 10 \mu\text{m}$) oregelbundna och jämt fördelade vätskeinneslutningar, som ofta innehöll en fast kubisk fas (troligen NaCl) samt en menisk av CO_2 (l) runt gasfasen, fig 6. Den kubiska fasen löstes vid ca 330°C och vid högre temperaturer ($> 350^\circ \text{C}$) dekripiterade inneslutningarna p g a det höga interna trycket, som förorsakas av de höga CO_2 -halterna.

ICP-GLC-analyser av vätskeinneslutningarnas katjoninnehåll i tre prover från kvartsgången (tabell 4, bh 86005, 86006 och 86007) visar mycket höga Na-, K- och Ca-koncentrationer.

Om vi antar att allt Na som tidigare påvisats i kvartsanalyserna beror på de högsalina vätskeinneslutningarna kan ca 50 % av kvartsens K-halt och ca 50 % av dess Ca-halt samt ca 25 % av dess Fe-halt också förklaras genom vätskeinneslutningarna. Andelen inneslutningar i proven bör vara 0,15 - 0,34 % för att uppfylla detta antagande, vilket inte är orimligt. Eftersom inga Na-rika mineral (ex albit) har konstaterats i materialet är endast gitterbundet Na^+ i kvartsen en alternativ förklaring till den ovan diskuterade. Om vätskeinneslutningsteorin för förklaring av kvartsens alkalihalter är korrekt bör också noteras att inneslutningar bör förorsaka höga Cl-halter (150 - 250 ppm) i kvartsanalyser.

Kvoterna mellan analyserade Al-halter (Gvein, 1987) och K-halter som ej förklaras genom vätskeinneslutningarna är ungefär 1, vilket är lägre än för föroreningsmineralet muskovit, vars Al/K-kvot är ungefär 2. Inget kalirikt mineral (t ex kalifältspat) som skulle bidra till att hålla kvoten nere, har observerats. Detta kan eventuellt indikera att Al^{3+} och K^+ substituerar för Si^{4+} i kvartsen.

P g a vätskeinneslutningarnas ringa storlek, höga frekvens och jämna fördelning i kvartsen bör det vara svårt att befria mineralet från dessa föroreningar utan extensiv malning och repeterad sköljning i vatten.

3.2 Pajeb Muitunisjaure

I de tre studerade preparaten är kvartsen metadels grovkornig, samt har svagt undulös utsläckning, se tabell 5. Kristallisationen har inte i någon nämnvärd grad påverats av tektoniska tryck utifrån.

Bland förorenande mineral märks i första hand en muskovitlik glimmer, fig 7. Glimmerkorn har observerats i alla tre proverna, och en SEM-EDS-upptagning på muskovit från ett annat av proverna (BIQU 86010) visas i fig 8. Ytterligare några få mineralkorn, varibland några opaka, har iakttagits. Se vidare tabell 3.

Analysresultatet (Gvein , 1987) visade ganska "hoppande" halter för Pajeb Muitunisjaure (tabell 1). Detta kan tydas så att föroreningarna uppträder i form av ojämnt fördelade mineralkorn och vätskeinneslutningar. Därför har vi ej lyckats, genom studium av några få slipprov, att helt förklara sambanden mellan påvisade halter och iakttagna inneslutningar. Situationen är således mer oregelbunden än i Vuolep Räskavare, där haltvariationerna för flera element var relativt små.

Från Pajeb Muitunisjaure påvisade glimmermineral bidrar enligt SEM-EDS-analyser med föroreningarna Al och K, samt med spår av Ti, Fe och Cl. Ytterligare föroreningar fås från sporadiskt uppträdande små-mineral som vi ej har kunnat bestämma. Det är troligt att man får ett bidrag av Fe från några sådana opaka korn.

Ett dubbelpolerat prov av kvarts, BIQU 86010, visade förekomst av CO₂-rika vätskeinneslutningar av varierande storlek (≤ 100 μ m, jfr fig 9). Inneslutningarna är oftast lokaliserade till planära strukturer och har negativa kristallformer. Analys av katjonkoncentrationerna i vätskeinneslutningarna i provet (tabell 4) visar en måttligt salin lösning.

Eftersom även i detta prov inga Na-rika mineralföroreningar har iakttagits, kan samma antagande som för Vuolep Räskavara göras, dvs Na-halterna i kvartsanalyserna beror på vätskeinneslutningarnas närvaro. För att uppfylla detta antagande fordras att andelen vätskeinneslutningar i provet är 0,13 %. Med en sådan halt av inneslutningar förklaras ca 10 % av kvartsens K-halt och ca 30 % av dess Ca-halt. Kvoten mellan uppmätt Al-halt och resterande 90 % av registrerad K-halt i kvartsana-

lysen (Gvein, 1987) är 2,8 vilket är högre än Al/K-kvoten i föroreningsmineralet muskovit (ca 2). Tills vidare kan bara hypotetiska förklaringar ställas upp beträffande detta Al-överskott.

3.3 Själmatjåkkå

Endast ett prov (BIQU 86031) har undersökts från Själmatjåkkå. Det bestod av en nästan transparent kvarts, vilken ej låg långt ifrån bergkristall-kvalitet. I slipprov visade sig kvartsen vara grovt och väl kristalliserad och utsläckningen är osedvanligt svagt undulös, tabell 5. Fasta föroreningar är mycket sällsynta. Ett litet stavformigt inneslutet korn kunde ej bestämmas (det nådde ej upp i preparatets yta, och var ej åtkomligt för SEM-EDS-analys).

Vätskeinneslutningarnas uppträdande, deras katjonsammansättning och huvudkomponentkemi (H_2O-CO_2) är mycket lika föregående lokals (se tabell 4). Även här gäller de slutsatser och resonemang som givits under Pajeb Muitunisjaure.

4 METODIK VID ANALYS AV HÖGREN KVARTS

4.1 Allmänt

Möjligheterna till analyser av högren kvarts behövde belysas. Vi har först, och mest ingående, diskuterat analysproblematiken med SGABs eget laboratorium. Därefter har telefonkontakter tagits med ett antal andra laboratorier som arbetar på den öppna marknaden i Sverige, för att kartlägga dessas metodik vid elementbestämningar. Det skulle föra för långt att fullständigt utreda analysmöjligheterna i landet. Laboratorierna vid universitets- och högskoleinstitutioner har exempelvis ej tillfrågats. Kompletterande upplysningar från Ø Gvein belyser hur Caleb Brett laboratoriet i England analyserade kvartsproverna från Norrbotten (metodiken vid analys av vätskeinneslutningar hos British Geological Survey har beskrivits ovan i avsnitt 2).

Innan man väljer provberednings- och analysmetoder borde man veta hur höga halter av föroreningar som tolereras. Analysnoggrannheten måste ju anpassas till förbrukarens haltkrav på kvartsen. Dessa krav, som varierar beroende på användningsområde, är tyvärr ofullständigt kända av oss eftersom förbrukare av högren kvarts själva inte vill eller kan tala om var den högsta acceptabla halten för enskilda element ligger.

En viss vägledning angående haltgränser ges i Ø Gveins rapport (1987). Likväl har Gvein ej fått fullständiga haltspecifikationer angivna av kvartsförbrukaren Elkem A/S. Flertalet förorenande element får vardera ej överstiga något eller några tiotal ppm. Detta betyder att analysnoggrannheten helst bör ligga på ppm-nivå. Elementen B och P får ej uppgå till mer än vardera 1 ppm i kvarts för tillverkning av solceller. Noggrannheten för dessa analyser måste således nå nivån under 1 ppm.

När representativa analysvärden föreligger bör kvartsprov åtföljda av analysintyg sändas till förbrukarna för testning. Regelrätta försök med kvartsen är det säkraste sättet att få veta vad den duger till. Annars finns risk för att förbrukaren avfärdar en ny förekomst bara på grundval av analysvärdena, jämförda med halterna hos den kvarts som han redan använder och vet duger.

4.2 Provberedning

Behandlingen av provmaterialet får inte medföra att detta förorenas före analysen. Den provberedning som normalt används för malm- och bergartsprov, och som tillämpas vid de flesta av de nedan nämnda laboratorierna, kan inte användas för högren kvarts. När man funnit rätt provberedningsmetod krävs dessutom ett ansvar av laboratoriepersonalen beträffande högsta renhet hos utrustning, kemikalier osv.

Vid provberedningen av material från kvartsförekomsterna väster om Vuoggatjålme vidtog SGABs laboratorium vissa försiktighetssteg, som har beskrivits av Holmqvist (1986). Trots detta kan man misstänka att de alltför höga spårelementhalterna åtminstone delvis berodde på kontaminering under provberedningen.

Prover som senare analyserades av Caleb Bretts laboratorium i England behandlades på ett annat sätt. Enligt Ø Gvein (1987 och muntlig kontakt) slogs provmaterialet först rent med geologhammare, men slagmärkena som kan ha blivit förorenade av hammarstålet avlägsnades. Metallbeläggning på borrhärlor (förorening av järn mm från borrhärlrustningen) löstes bort med oxalsyra. Grovkrossningen på laboratoriet gjordes mellan ett par metallplattor som består av en Cu-Be-legering. Därigenom förorenades materialet med Cu och Be, vilket gör att kvartsens egen halt av dessa element ej kan bestämmas. (I Vuolep Räskavare har vi ju påvisat spår av kopparmineral, vilket kan ge anledning att kontrollera att halten inte är för hög).

Provberedningen gick vidare genom malning i agatfat. Eftersom agatens föroreningar inte är kända finns det här en risk för kontaminering. Ø Gvein delgav oss en misstanke om att en viss höjning av Fe-halten kan ske vid malningen. Provet löstes sedan i fluorvätesyra och perklorisyra, och gick till analys.

En alternativ provberedning har föreslagits av SGABs laboratorium. Kvartsen skulle kunna grovkrossas genom hårt tryck i ett städ eller dyl. vars ytor är klädda med ett lämpligt plast- eller gummimaterial. Därefter skulle mindre bitar av kvarts direkt kunna lösas i fluorvätesyra och eventuella rester lösas i perklorisyra. Man hoppar alltså över malningssteget. Upplösningen av kvartsen kommer därmed att ta längre tid, men en föroreningskälla har eliminerats. Metoden har ej provats i praktiken av SGAB, men laboratoriet undersöker gärna denna provberedning på uppdrag.

Ø Gvein har omtalat att han vid försök har löst upp 25 g kvarts-bitar direkt i fluorvätesyra. Detta tog tre dygn. Tidsåtgången utgör inget större problem, och Gveins uttalande stöder vår uppfattning att malningssteget skulle kunna slopas.

4.3 Analysmetoder

Det finns flera metoder att välja mellan. Det gäller att finna en metodik som är rationell och tillräckligt noggrann, samtidigt som priset ej får vara alltför betungande.

ICP: Metodens fördelar ligger i att många element samtidigt kan analyseras ned till mycket låga haltnivåer. Priset är förhållandevis lågt. En nackdel är att alkalimetallerna (särskilt de tyngre) inte kan bestämmas i mycket låga halter, vilket beror på joniseringen av alkaliatomerna i plasmat. För de flesta elementen är det dock inga problem att analysera ner i ppm-nivå. Vid rutinanalyser brukar laboratorierna ange en nedre analysgräns för varje element. Dessa gränser är dock inte "absoluta", utan kan förskjutas beroende på hur mycket provmaterial man löser upp och hur mycket man sedan koncentrerar eller späder sin lösning. Detta gäller både för ICP och Atomabsorption.

Atomabsorption: Metoden fungerar bra även vid mycket låga utgångshalter. För alkalimetallerna är metoden mycket bra, och den utnyttjas gärna för Na- och K-bestämning om man kräver större noggrannhet än vad ICP-analysen kan ge. En nackdel med atomabsorption är att man bara kan analysera ett element åt gången. Detta medför en hög analyskostnad om man vill undersöka många element med denna metod.

Röntgenfluorescens: Metoden har fördelen att många element kan undersökas samtidigt. Detekterbarheten vid mycket låga halter är emellertid dålig. Detta gäller i synnerhet vid direktkörning på material som bara är nedmalt. Bättre noggrannhet erhålles vid röntgenanalys efter ett smältförfarande,

men denna provberedning kräver ytterligare malning som kan öka kontamineringen. Och ändå är det mycket tveksamt om man skulle kunna nå de låga haltnivåer som här skall undersökas. En annan nackdel med röntgenfluorescensen är att man både vid direktkörning och vid analys av en smälta har kvar den mycket höga SiO_2 -halten. Vid ICP eller Atomabsorption har man däremot först rykt bort SiO_2 , och analyserar en lösning med de kvarvarande föroreningarna.

Neutronaktivering: Ett finmalt prov bestrålas i en kärnreaktor och den sekundära strålning som de bestrålade elementen utstränder mäts upp. Därigenom kan halterna bestämmas. Neutronaktivering har rykte om sig att nå mycket låga haltnivåer, men man kan nu säga att andra analysmetoder "hunnit ifatt", och för vissa element är neutronaktivering inte någon särskilt känslig metod. Vid Studsvik Energiteknik AB, som vi varit i kontakt med, uppges att man inte kan bestämma låga halter av B och P. Dålig känslighet har man vid analys av K och Ca (ca 100 ppm som nedre gräns) och Fe (ca 10 - 50 ppm). God känslighet har man däremot för Na, Mg, Mn, Al och Ti, vilka det går bra att bestämma på ppm-nivå.

Masspektrometri: Masspektrometrisk analys vid Naturhistoriska Riksmuseet i Stockholm utförs normalt inte kommersiellt. Vi har vid flera tillfällen sökt kontakt med Massespektrometrisk laboratorium vid Universitetet i Oslo, men ännu inte lyckats nå rätt person för en intervju. Det återstår alltså att belysa om masspektrometri är en bra analysmetod för högren kvarts.

4.4 Laboratorier

SGAB: Förutsättningen för ett lyckat resultat ligger på provberedningssidan. SGAB vill gärna testa den provberedning som beskrivits ovan. Man framhåller också vikten av att ett standardprov av kvarts (certificerat material) införskaffas för kontrollanalyser.

Analysen görs sedan med ICP. För Na och K kan man gissningsvis nå ner till 5 ppm-nivån, men detta behöver kontrolleras (alternativt kan atomabsorption utnyttjas för Na- och K-analyserna). Även för B, P, Th och U måste analysnoggrannheten för ICP kontrolleras. När analysen körs rutinmässigt kommer priset per prov att ligga under 500 kr, troligast vid 300 à 400 kr.

SGU: Provberedningen är av konventionell typ med krossning i tugg, malning i Widiafat och smältning i Li-borat. Denna provberedning är inte vad vi önskar. Analys av flertalet aktuella element görs med atomabsorption, medan Ti och P kan analyseras med en spektrometrisk metod. Vid rutinanalyser hos SGU har dessa metoder inte tillräcklig känslighet för undersökning av högren kvarts. Man skulle dock för de flesta elementen kunna "trimma" metodiken, troligtvis till acceptabel nivå.

Positivt var att SGU känner till fotometriska metoder för analys av B ned till ppb-ppm-området. Sådana analyser görs ej nu, men skulle kunna utprovas om ett behov finns.

LKAB, Malmberget: Provberedning sker genom krossning i en kornkross, vilken bör ge föreningar av stålets metaller, samt därefter genom finmalning i agatmortel. Analysmetodiken är ej avpassad för att göra så noggranna analyser som krävs för högren kvarts. Vissa av elementen bör man dock klara av att analysera med atomabsorption (Na, K, Li, Ca, Mg, Fe, Al). Man har hittills även utnyttjat en emissionsspektrograf med vilken analyser ned till 2 ppm har presterats för vissa element, för B dock bara ner till 5 ppm. Emissionsspektrografen kommer att tas ur drift nu i sommar, och skall i höst ersättas med en röntgenfluorescensutrustning. Som ovan framhållits är röntgenfluorescens ingen bra metod för analys av högren kvarts. Atomabsorption kommer fortfarande att kunna användas, men för bl a B och P ser man ingen möjlighet att åstadkomma tillräckligt bra analyser.

LKAB, Kiruna: Provberedningen kan göras genom krossning i hårdmetallkross samt malning i agatmortel. Även på Kiruna-laboratoriet används atomabsorption, men dessutom utnyttjar man den ICP-utrustning som tidigare fanns hos LKAB Prospektering AB i Stockholm. Troligen kommer ICP-apparaturen att tas ur drift eftersom analysbehovet hos LKAB minskar.

Analytica AB: För krossning av kvartsen rekommenderades ett knep, nämligen nedkylning av densamma i flytande kväve. Kvartsen bör då bli så spröd att den går att slå sönder med ett "föroreningsfritt" verktyg. Därefter sker malning och syraupplösning. Det föreslogs att samma prov delas och mals i olika typer av malfat, och att analys sedan sker separat. Man kan med sådana dubbelprov få en uppfattning om vad som är äkta respektive falska föroreningar.

Analyserna kan utföras ned till ppm-nivå med ICP och/eller atomabsorption. För B och P är det något osäkert om man når ner under ppm-nivå. Någon analyskostnad vill man inte ange utan att först ha räknat ordentligt på priset. Den totala kostnaden blir självklart mycket beroende av om många prov skulle behöva delas och därefter malas och analyseras efter två parallella linjer.

Boliden Metall, Rönnskär: Vid provberedningen utnyttjar man normalt svängkvarnar av specialstål. Någon kontaminteringsfri provberedning finns för närvarande ej utvecklad hos Boliden Metall. Analyser ner till eller under ppm-nivå kan man utföra med atomabsorption för de flesta av de aktuella elementen. För Al och Ti har man mindre erfarenhet när det gäller så låga halter, men man tror att även dessa skall gå att analysera efter syraupplösning i grafitugn. B och P klarar man ej att analysera i ppm-nivå.

Laboratoriet har analysutrustning också för bestämningar med röntgenfluorescens och optisk emission, men ingen av dessa metoder är tillräckligt noggrann. ICP-utrustning har man ej.

Studsvik Energiteknik AB: Här utför man neutronaktiveringsanalys, vilket ej de övriga omnämnda laboratorierna gör. Med de känslighetsgränser som ovan nämnts vid metodbeskrivningen, ser vi nu ingen anledning att utnyttja neutronaktivering för analys av högren kvarts. Studsvik tycks inte heller ha någon provberedningsmetod (krossning och malning) som skulle lämpa sig för sådan kvarts.

Caleb Bretts laboratory, England: Provberedningen har beskrivits ovan. Analys på Al, Ca, Fe, Ti och Mg görs med ICP. Samma lösning som beretts för ICP-analysen används till att bestämma Na och K med atomabsorption, och P med en kolorimetrisk metod. Priset för de analyser som gjordes hos Caleb Brett åt NSG (se Gvein, 1987) bör ha legat vid ca 300 kr/prov. Därtill kom kostnader för frakt, samt för separat analys av B vid ett annat laboratorium (XRAL, Canada).

- Fronde1, C, 1962: The System of Mineralogy of J.D. Dana and E.S. Dana. Seventh Ed, Vol III, Silica Minerals. John Wiley and Sons Inc, New York, London.
- Gvein, Ø, 1987: Kvartsprøver fra Norrbotn - analyser. Rapport, Prospektering A/S, Stabekk, Norge.
- Holmqvist, A och Renberg, A, 1986: Kvarts- fältspatförekomsten vid Pikku Kurravaara, Norrbottens län, SGAB, PRAP 86060, 1986-10-22.
- Holmqvist, A och Nordström, H, 1986: Kvartsförekomsten Vuolep Räskavare, Norrbottens län. SGAB, PRAP 86090, 1986-12-15.
- Holmqvist, A, 1986: Kvartsförekomsterna Pajeb Muitunisjaure och Själbmatjåkkå, Norrbottens län. SGAB, PRAP 86094, 1986-12-18.
- Shepherd, T J, 1981: Temperature - programmable heating - freezing stage for microthermometric analysis of fluid inclusions. Economic Geology 76, 1244 - 1247.
- Shepherd, T J and Rankin, A H, 1985: A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. Blackie & Son Ltd, Glasgow, London.

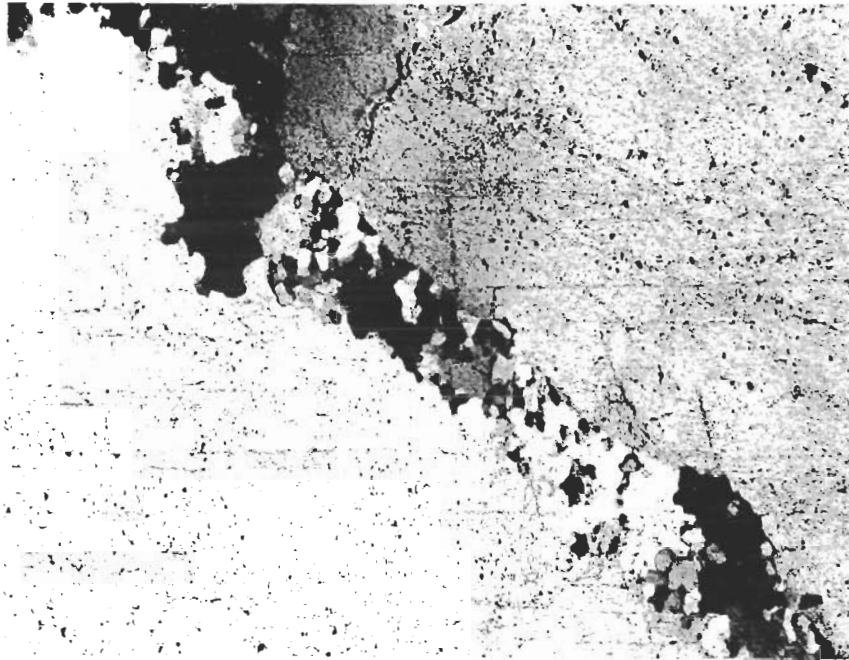


Fig 1. Grov, undulös kvarts, genomådrad av finkornig sekundär kvarts. Vuolep Räskavare, diket 51,1 m W. Mikrofoto av slipprov, 80 ggr, X nic.

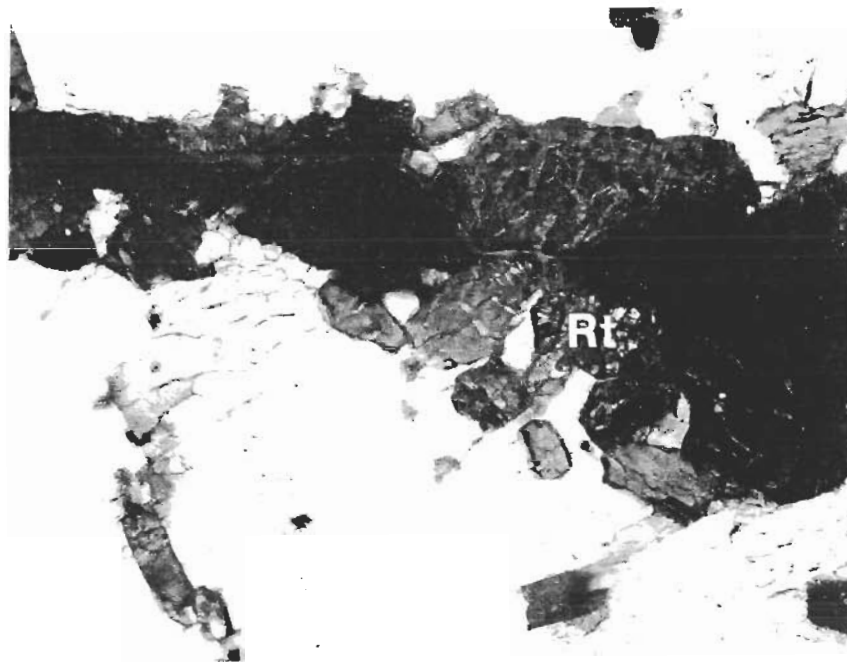


Fig 2. Apatitkorn (gråa) samt ett rutilkorn (Rt) i kvarts. Svart färg motsvarar en spricka. Vuolep Räskavare, bh 86003, 29,8 m. Mikrofoto av slipprov, 160 ggr, X nic.

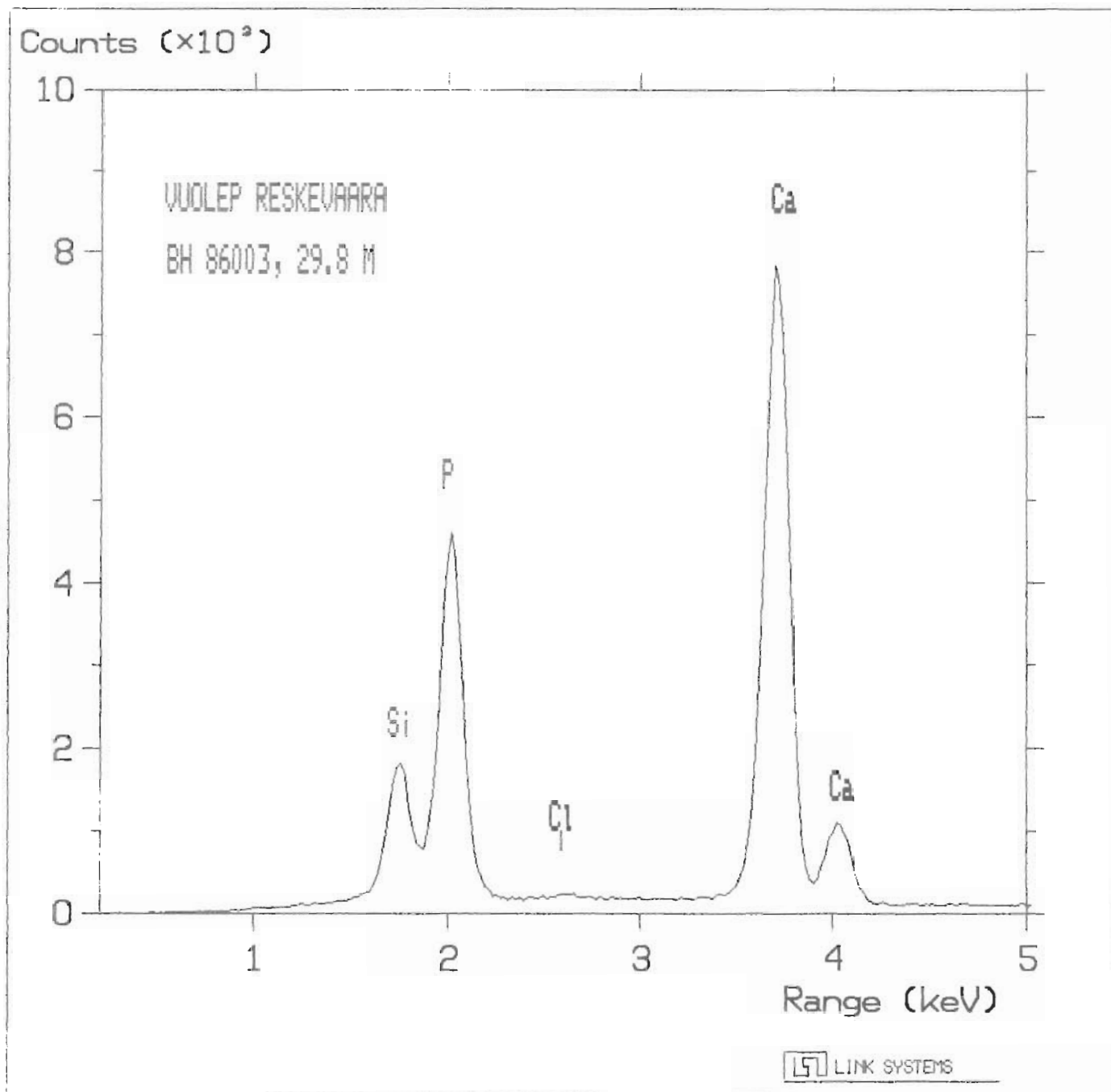


Fig 3. Registrerade element enligt SEM-EDS-analys av apatit. Vuolep Raskavare bh 86003, 29,8 m.

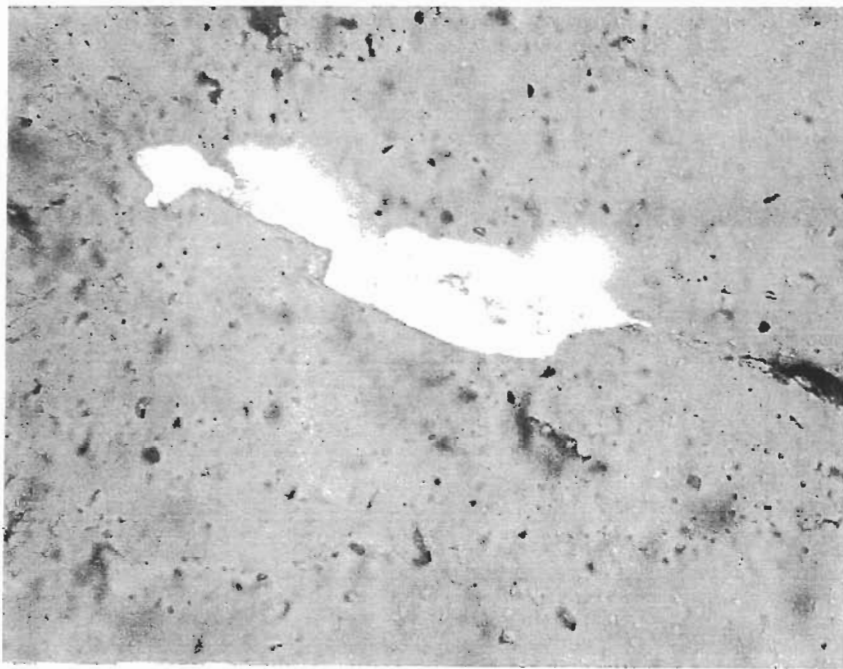


Fig 4. Kalcitkorn (ljus) i kvarts. Vuolep Räskavare,
bh 86004, 59,5 m. Mikrofoto av slipprov, 400 ggr, X nic.

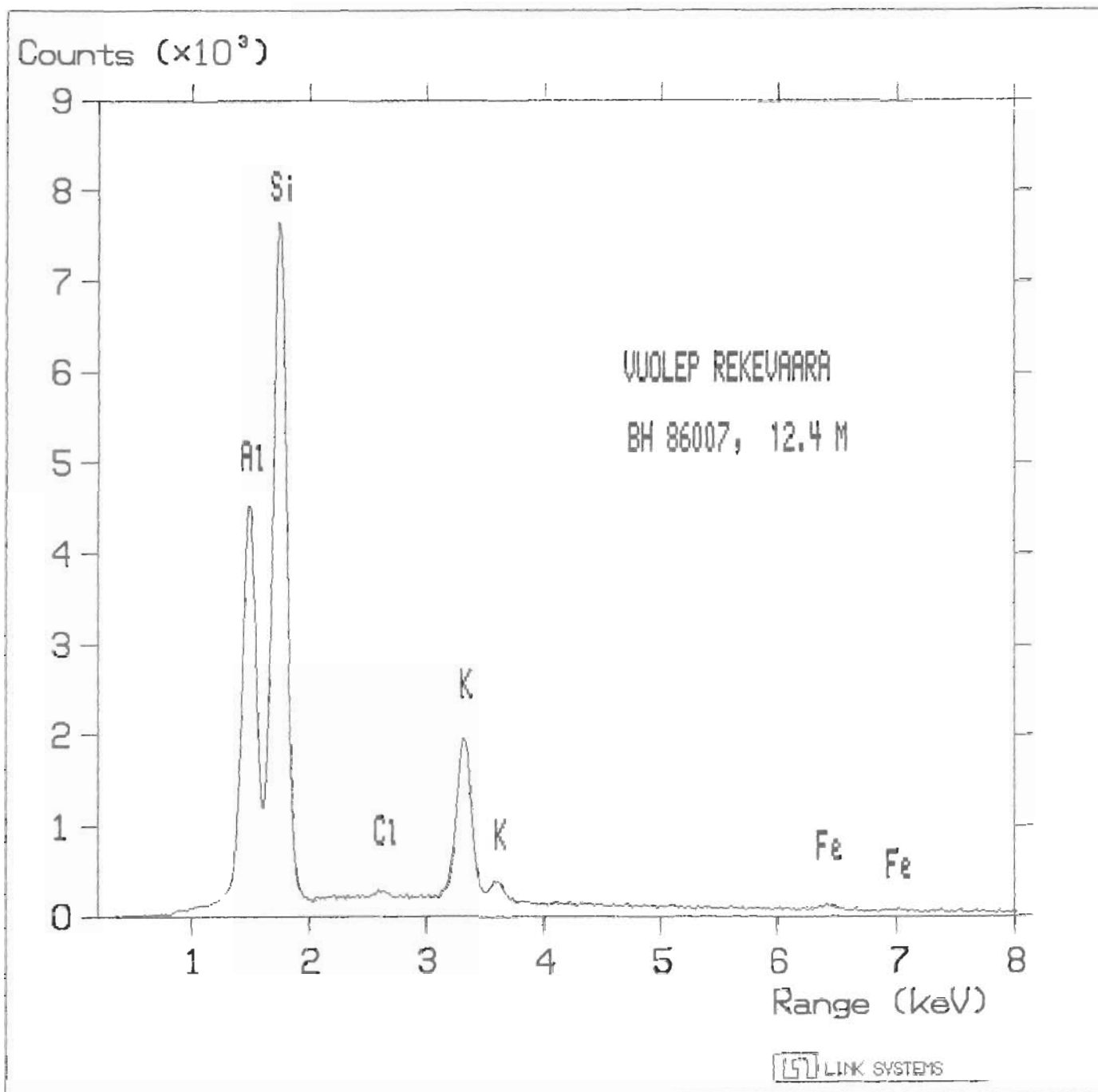


Fig 5. Registrerade element enligt SEM-EDS-analys av muskovit. Vuolep Raskavare, bh 86007, 12,4 m.

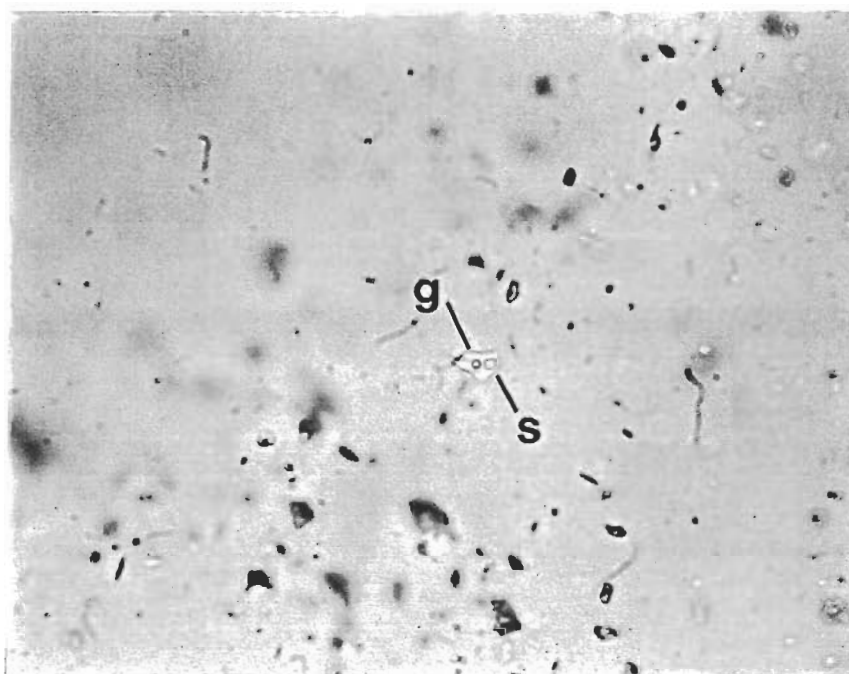


Fig 6. Vätskeinneslutning i kvarts. I vätskan ses en gasbubbla (g) och en saltkristall (s). Vuolep Räskavare, bh 86006, 27,0 m. Mikrofoto av slipprov, 630 ggr, 1 nic.

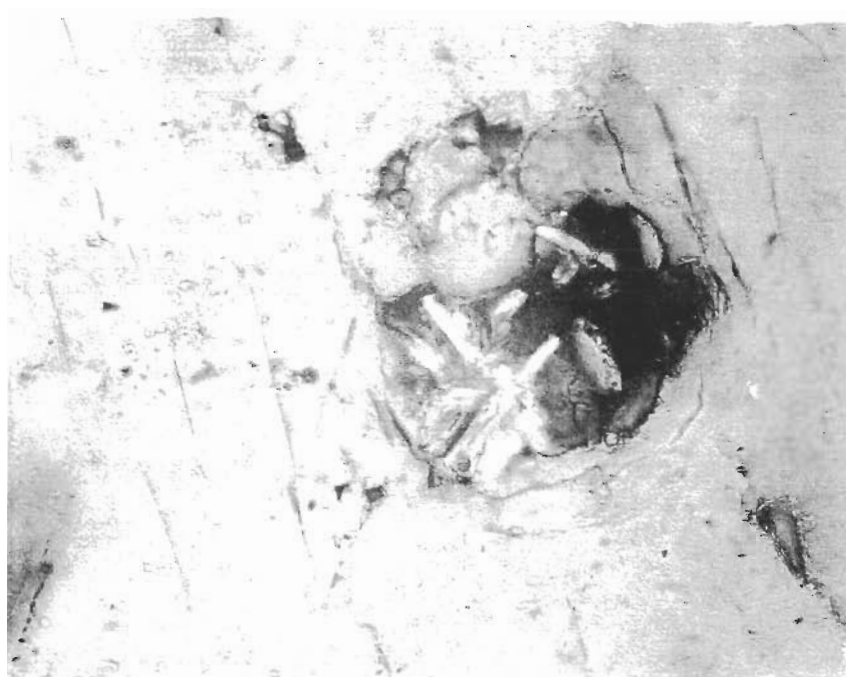


Fig 7. Grupp av muskovitkorn (ljusa) i kvarts, jämte ett hål (svart). Pajeb Muitunisjaure, BIQU 86019. Mikrofoto av slipprov, 400 ggr, X nic.

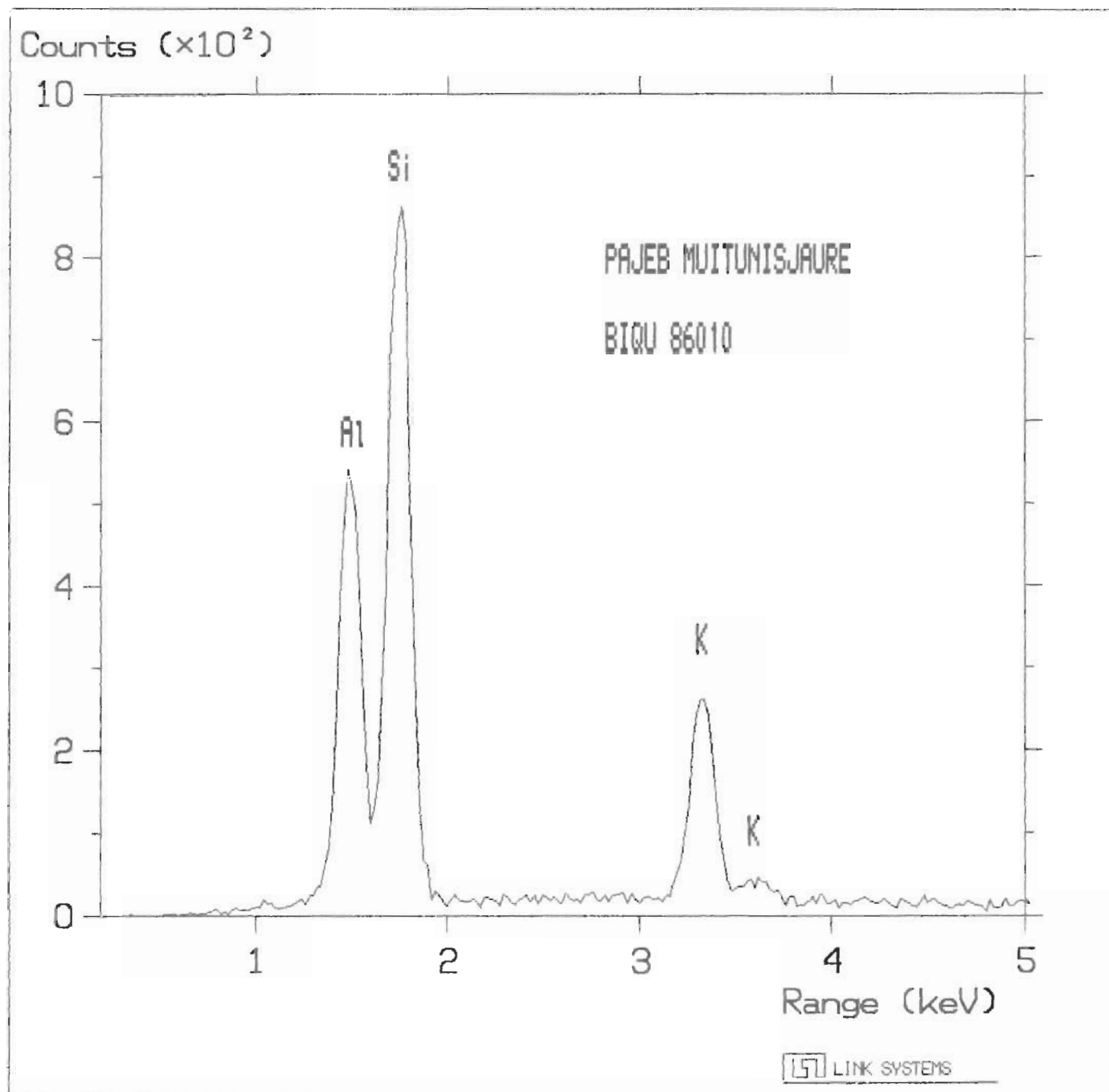


Fig 8. Registrerade element enligt SEM-EDS-analys av muskovit. Pajeb Muitunisjaure, BIQU 86010.

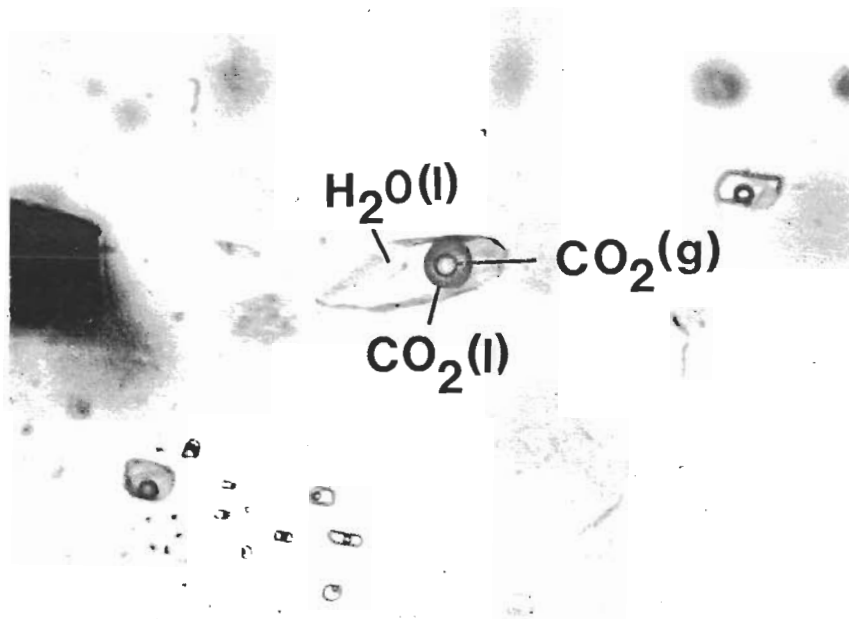


Fig 9. Vätskeinneslutningar i kvarts. I den största inneslutningen ses tydligt de tre faserna salint vatten, koldioxid som gas samt koldioxid som vätska. Lägg även märke till de mycket små vätskeinneslutningarna nere t v. Själbmatjåkkå, BIQU 86031. Mikrofoto av slipprov, 630 ggr, 1 nic.

ANALYSERESULTATER

Tabell 1.

PRØVE NR.	INTERVALL	PPM AL	PPM CA	PPM FE	PPM TI	PPM P	PPM NA	PPM K	PPM MG	PPM B
BIQU 86001		48	10	28	2	1	35	20	9	1.7
BIQU 86008		90	14	16	2	<1	47	40	8	1.3
BIQU 86011		106	9	13	2	<1	33	42	6	1.5
BIQU 86012		79	13	16	2	1	37	34	10	1.5
BIQU 86013		82	9	11	2	<1	41	37	4	1.6
BIQU 86014		89	23	46	4	3	37	38	45	1.7
BIQU 86015		128	8	15	3	<1	65	52	5	1.5
BIQU 86016		48	24	23	2	1	18	22	9	1.0
BIQU 86017		69	6	10	1	<1	10	7	<1	2.4
BIQU 86018		101	8	11	2	1	34	48	4	<0.5
BIQU 86019		74	7	11	1	1	48	43	1	1.5
BIQU 86020		62	8	40	1	1	24	34	1	1.8
BIQU 86021		68	176	23	2	1	19	23	13	0.8
BIQU 86022		63	10	18	1	1	20	19	1	1.1
BIQU 86030		32	9	12	3	1	37	25	4	1.0
BIQU 86031		57	19	12	3	1	68	32	5	1.4
BIQU 86057		92	13	12	30	<1	24	55	<1	1.4
BIQU 86061		27	36	31	3	1	143	58	3	2.2
BIQU 86062		21	52	32	2	1	165	80	6	1.2
BH 86003	28.28-28.95	21	34	21	3	1	99	56	3	1.3
BH 86004	59.60-60.33	27	85	32	4	5	137	53	8	2.7
BH 86005	25.03-25.80	20	26	20	3	<1	79	38	2	0.5
BH 86006	22.45-22.99	24	28	23	3	1	78	42	3	1.3
BH 86007	11.76-12.38	27	26	32	2	2	121	56	3	2.1

Pajeb Muitunisjaure

Själbmatjåkkå

Pikku Kurravaara

Vuolep Räskavare

Tabell 2. Mikroskopobservationer av kvarts från Vuolep Råskavare

Prov	Utseende	Kornstorlek
Bh 86003, 29,8 m	Kraftigt undulös med fältindelning. Finkorniga omkristalliserade stråk.	Flera cm [*] 0,03 - 0,1
Bh 86004, 59,5 m	Undulös med fältindelning Några stråk av finkornig omkristalliserad kvarts i korngränser. Stråk av tektoniska spaltriss	Flera cm 0,02 - 0,1
Bh 86005, 15,0 m	Något undulös med grov fältindelning Stråk av tektoniska spaltriss.	Flera cm [*]
Bh 86005, 25,8 m	Undulös med fältindelning. Tektoniska spaltriss över hela preparatet.	Flera cm [*]
Bh 86006, 22,4 m	Undulös med fältindelning. Tektoniska spaltriss över hela preparatet. Lokalt påbörjad finkornig omkristallisering.	Flera cm [*]
Bh 86006, 27,0 m	Undulös med viss (mjukare) fältindelning. Ställvis tektoniska spaltriss. Lokalt påbörjad finkornig omkristallisering	Flera cm [*] 0,03 mm
Bh 85007, 12,4 m	Undulös med tydlig fältindelning. Ställvis stråk av tektoniska spaltriss. Lokalt finkornig omkristalliserad kvarts.	Flera cm [*] 0,05 mm
Diket 51,1 m W	Starkt undulös och med fältindelning Ställvis stråk av tektoniska spaltriss. Stråk av omkristalliserad finkornig kvarts.	Flera cm [*] 0,02 - 0,2 mm
Diket 52,9 m W	Svagt undulös Ställvis stråk av spaltriss	Flera cm [*]
Diket 63 m W	Svagt undulös Ställvis stråk av spaltriss. Lokalt och i korngränser finns finkornig omkristalliserad kvarts.	Cm-stora korn 0,02 - 0,2 mm

* Kornstorleken är större än slipprovet.

Tabell 3. Kornbredd (mm) hos observerade mineralkorn i kvarts. Kornen uppträder mycket sporadiskt, ofta bara ett eller några få korn per slippprov. Något försök att beräkna mängden har ej gjorts.

	Muskovit-glimmer	Kalcit	Apatit	Rutil	Kopparkis	Covellin	Spår av övr transparenta mineral	Spår av övr opaka mineral
Vuolep Råskavare								
Bh 86003, 29,8 m		Flera korn 0,02-0,1	0,06		0,004		0,007	+
Bh 86004, 59,5 m		Flera korn 0,01-0,03 0,01-0,02			0,02	0,005	+	0,002-0,005
Bh 86005, 15,0 m					0,006		0,005	0,002
Bh 86005, 25,8 m	0,01				0,007		0,015	
Bh 86006, 22,4 m					0,002 ?		Gropar och slipmedel?	
Bh 86006, 27,0 m		0,008-0,015			0,007		?	0,005
Bh 86007, 12,4 m	0,02-0,03							
Diket, 51,1 m W							?	?
Diket 52,9 m W							?	Magnetit ? 0,02 Vitt korn 0,005
Diket, 63 m W								
Pajeb Muitunisjaure								
BIQU 86010	Flera korn 0,007-0,04							0,004
BIQU 86014	0,007-0,015		0,03 ?					Gulbrunt korn 0,01 Grått korn 0,002 ?
BIQU 86019	0,005-0,03							
Själmatjåkkå								
BIQU 86031							Stavformigt korn 0,006	

Tabell 4. Katjonkoncentrationer hos vätskan (inkl. ev saltkristaller) i kvartsens vätskeinneslutningar. ICP - GLC - analys vid British Geological Survey.

	Vuolep Räskavare			Pajeb Mui-tunisjaure	Själbmatjåkkå
	Bh 86005 15,0 m	Bh 86006 27,0 m	Bh 86007 12,4 m	BIQU 86010	BIQU 86031
Fe ppm	3383	2533	1950	383	466
Mg ppm	500	117	100	67	33
Ca ppm	11966	6283	4150	1383	250
Cu ppm	1216	367	250	50	1033
Na ppm	52167	54167	35167	25333	12883
K ppm	11833	9733	6716	2950	2250

Tabell 5. Mikroskopobservationer från Pajeb Muitunisjaure och Själbmatjåkkå

Prov	Utseende	Kornstorlek
Pajeb Muitunisjaure BIQU 86010	Obetydligt undulös och med svag fältindelning.	Flera cm, större än slipprovet
Pajeb Muitunisjaure BIQU 86014	Svagt till måttligt undulös. Ställvis med tydlig fältindelning.	Delvis grov, flera cm. Delvis småkornig: 0,1 - 2 mm
Pajeb Muitunisjaure BIQU 86019	Svagt undulös, ställvis dock med tydlig fältindelning.	Delvis grov, flera cm. Delvis småkornig: 0,05 - 2 mm
Själbmatjåkkå BIQU 86031	Välkristalliserad, synnerligen svagt undulös och med mycket svag fältindelning.	Flera cm, större än slipprovet