k 8656
90 A4/A3

Arkivexemplar
Utlånas ej



© Sveriges geologiska undersökning (SGU)
(Geological Survey of Sweden)



Rapport nr: K 86-56

Projekt nr: 4017

KURKKIONVAARA

En Zn-Pb-Cu-mineralisering i norra Sverige en case-studie

Arkiv ex.

Kiruna 1986-12-10

Veikko Niiniskorpi
projektledare, geolog

9143 LKAB Fabricii Tryckeri Eftr. AB

LKAB Prospektering

Rapport nr: K 86-56

Projekt nr. 4017

KURKKIONVAARA

En Zn-Pb-Cu-mineralisering i norra Sverige en case-studie

Kiruna 1986-12-10

Veikko Niiniskorpi
projektledare, geolog

9143 LKAB Fabrici Trycker Eftr. AB

KURKKIONVAARA

En Zn-Pb-Cu-mineralisering i norra Sverige, en case-studie

Fil.lic. avhandling
vid geol. min. inst.
Åbo Akademi
1986

Veikko Niiniskorpi

REFERAT

Sommaren 1981 påträffade LKAB Prospektering ett litet Zn-Pb-Cu-mineraliserat block i vägmaterial ca 11 km sydost om Kurkkionvaara i norra Sverige. Med hjälp av blockletning, myrtorvgeokemiska undersökningar och geofysiska mätningar kunde mineraliseringen snabbt lokaliseras. På hösten borrades första borrhålet i Kurkkionvaara och detta skar en mineraliserad konglomerathorisont som liknade det mineraliserade blocket.

Omfattande geologiska, geokemiska och geofysiska arbeten utfördes i området. Mindre mineraliseringar lokaliserades men inga med ekonomiska dimensioner. Zinkblände och blyglans uppträdde för det mesta i tunna, spridda sprickor. De myrtorv- och morängeokemiska undersökningarna visade sig vara mycket användbara vid lokalisering av mineraliseringen.

De suprakrustala bergarterna är proterozoiska och består huvudsakligen av intermediära vulkaniter (Kalixälvgruppen) och metapeliter (Pahakurkiogruppen). Undersökningarna resulterade i nya geologiska fakta som väsentligt förändrar uppfattningen om bergarter inom de ovannämnda grupperna och tyder på att man kan ifrågasätta de tidigare stratigrafiska korrelationerna i norra Norrbotten.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

0. INLEDNING..... 5
1. HISTORIK..... 8
2. GEOKEMI..... 11
2.1. Myrtorvgeokemi..... 11
2.2. Morängeokemi..... 17
3. GEOFYSIK..... 20
3.1. Flyggeofysik..... 20
3.2. Markgeofysik..... 20
4. REGIONAL GEOLOGI..... 24
4.1. Pahakurkiogruppen..... 27
4.2. Kalixälvgruppen..... 29
4.3. Tektonik..... 31
4.4. Metamorfos..... 31
5. GEOLOGIN I KURKKIONVAARA..... 33
5.1. Pahakurkiogruppen..... 33
5.2. Kalixälvgruppen..... 37
6. MINERALISERINGEN I KURKKIONVAARA..... 41
7. TURMALIN..... 47
8. CHERT..... 51
9. ALBIT..... 53
10. SKAPOLIT..... 55
11. SEDIMENTATIONSMILJÖ..... 59
12. DISKUSSION OM STRATIGRAFIN..... 62
13. DISKUSSION OM GEOKEMIN..... 65
14. SAMMANFATTNING..... 68
15. LITTERATURFÖRTECKNING..... 71

Tabeller

1. Kemiska analyser av Pahakurkiogruppens bergarter..... 35
2. Kemiska analyser av Kalixälvgruppens bergarter..... 39

Figurer

1. Områdets geografiska läge..... 7
2. Zinkhalter i myrtorv..... 14
3. Myrtorvprofil 2300N..... 15
4. Zn-, Pb-, Cu- och S-halter i konglomerat (KKUR-2 och -4)..... 16
5. Geofysisk mätprofil 2100N..... 23
6. Lagerföljden på bladet 28L Tärendö (Padget 1970)..... 26
7. Flackt liggande metasediment vid Pahakurkioforsen..... 32
8. Andalusitskiffer i Kurkkionvaara (Pahakurkiogruppen)..... 32
9. Metapelit i Kurkkionvaara (Pahakurkiogruppen)..... 36
10. Turmalinit i Kurkkionvaara (Pahakurkiogruppen)..... 36
11. Intermediär vulkanit, med chertskikt eller kvartsgång (övre), intermediär vulkanit med en porfyrisk boll (nedre)..... 40
12. Borrprofil 2100N (KKUR-3, -11 och -14)..... 44
13. Korrelation mellan Zn-, Pb- och B-halten (KKUR-1 och -14)..... 45
14. Kisrikt konglomerat vid 2500N/1280E..... 46
15. Starkt vittrat konglomerat vid 3500N/1400E..... 46
16. Chertskikt med chertbollar (Kursuvaara, Pahakurkiogruppen)..... 52
17. Chertskikt med cirkulära sprickor (Kursuvaara, Pahakurkiogruppen).. 52
18. "Ripple-marks" vid Pahakurkioforsen (Pahakurkiogruppen)..... 61
19. Diskordansskiktning vid Saarikoski (Kalixälvgruppen)..... 61

Bilagor

1. Översiktkarta (1:50000)
2. Regional geokemi, myrtorv: Cu,Zn (1:50000)
3. Magnetisk totalfält, residual anomali (flygmätning, 1:50000)
4. Flygslingram-re (i:50000)
5. Berggrundkarta (Padget 1970, 1:50000)
6. Nya geologiska observationer (1:50000)
7. Moränprov: Zn, Kurkkionvaara (1:10000)
8. Moränprov: Pb, Kurkkionvaara (1:10000)
9. Moränprov: Cu, Kurkkionvaara (1:10000)
10. Magnetisk totalfält, Kurkkionvaara (1:10000)
11. Slingram-re, Kurkkionvaara (1:10000)
12. Borrhål, diken, hällar och block, Kurkkionvaara (1:10000)

FÖRORD

Sommaren 1981 upptäckte LKAB Prospektering en Zn-Pb-Cu-mineralisering i Kurkkionvaara på kartbladet 28L Tärendö NV i norra Sverige. Detta område hade tidigare p.g.a sin litologi ansetts vara av lågt intresse ur prospekteringssynpunkt. Då mineraliseringen var av en ny typ för området var det viktigt att något närmare studera i vilken geologisk miljö den befinner sig och hur den kan påvisas med geofysik och geokemi.

Denna fil.lic. avhandling baserar sig på det material som samlats av LKAB Prospektering under 1981-1985. Avhandlingen är en case-studie som inte behandlar själva mineraliseringen mycket ingående utan redovisar hur mineraliseringen lokaliserades, vilka resultat de geofysiska och geokemiska undersökningarna gav och hur uppfattningen om områdets geologi har förändrats.

Undertecknad har varit ansvarig för planering och utförande av den prospektering som LKAB Prospektering bedrivit på kartbladet 28L Tärendö NV. Den har omfattat ett flertal objekt av vilka Kurkkionvaara är bäst undersökt.

De olika fältarbetena, kartritningen och en del av provberedningen har gjorts av företagets personal i Kiruna. Flygmätningen och analyseringen av geokemiproven har utförts av företagets Stockholmsenhet. Diamantborrningen har utförts av moderbolaget LKAB:s järnmalmsrörelse i Kiruna och analyseringen av borrkärnor och stuffprov av moderbolagets laboratorium i Malmberget.

Jag vill härmed tacka företagets VD L-G. Ohlsson och platschef i Kiruna R. Bergström för tillstånd att fritt få använda företagets material. Jag vill också tacka dem och övrig personal inom företaget för all hjälp som möjliggjort detta arbete. Mitt speciella tack vill jag framföra till Paul Forsell, tidigare platschef i Kiruna, som kritiskt granskat manuskriptet.

0. INLEDNING

Kurkkionvaara är ett berg som ligger i Pajala kommun i norra Sverige på kartbladet 28L Tärendö NV, ca 95 km SO om Kiruna och 85 km norr om polcirkeln (fig. 1). Berget omgives till en stor del av myrar som ligger ca 280 m.ö.h. Själva toppen är belägen ca 330 m.ö.h. (bilaga 1).

Den prekambriska berggrunden i norra Sverige består huvudsakligen av proterozoiska (svekokarelska) bergarter. Dessa har bildats för 2000-1750 milj. år sedan och består av olika sedimentära, vulkaniska och intrusiva bergarter (Witschard 1984). Arkeiska graniter och gnejser påträffas norr och nordväst om Kiruna. Den arkeiska åldern har bekräftats med radiometriska bestämningar (U-Pb) som gjorts på zirkon (Welin et.al. 1971, Skiöld 1979).

Berggrunden i Kurkkionvaara hör till det proterozoiska området och består till en stor del av olika suprakrustala bergarter. Geologin karakteriseras av omfattande vulkanisk och hydrotermal verksamhet kombinerad med en säregen kemisk sedimentation som bl.a. gett upphov till turmalinrika bergarter (turmaliniter). Olika pyroklastiska och epiklastiska metasediment dominerar. De pyroklastiska bergarterna utgöres huvudsakligen av intermediära till basiska tuffer. De epiklastiska bergarterna omfattar finkorniga, glimmerrika och glimmerfattiga metasediment (metapeliter) som till en del är vulkanoklastiska. Dessutom förekommer bl.a. karbonatbergarter, grafitskiffrar och skapolitbergarter. Djupbergarterna är huvudsakligen graniter av olika slag, men även enstaka gångar av intermediär till basisk sammansättning påträffas.

LKAB Prospektering startade sina undersökningar på kartbladet 28L NV sommaren 1981. I juli påträffades ett litet konglomeratblock vid en ny skogsbilväg, ca 11 km sydost om Kurkkionvaara, som innehöll 1.96 % zink, 1.13 % bly, 0.15 % koppar och 5.62 % svavel. Dessutom observerades flera andra block av varierande slag som innehöll magnetkis och pyrit samt underordnat kopparkis i sprickor och som impregnation.

Med hjälp av blockletning, myrtorvgeokemi och flyggeofysik kunde mineraliseringen vid Kurkkionvaara snabbt lokaliseras. När myren strax väster om Kurkkionvaara frös i november borrades första borrhålet. I detta påvisades en mineralisering av samma typ som i blockfynden.

Omfattande geologiska, geokemiska och geofysiska arbeten utfördes i området under 1981-1985. Totalt 22 diamantborrhål borrades varvid flera mindre mineraliseringar påträffades men inga av ekonomiskt värde.

Magnetkis och pyrit uppträdde allmänt i sprickor och som en fattig till rik impregnation i olika bergarter och på olika stratigrafiska nivåer. Ibland fanns även något kopparkis.

Enstaka tunna sprickor av zinkblände och blyglans påträffades i varje borrhål och i undantagsfall även något rikare, smala sprickzoner där den totala Zn-Pb-halten uppgick till några procent. I vissa skikt påträffades en fattig impregnation av zinkblände och blyglans.
De geokemiska undersökningarna, såväl myrtorv- som moränprovtagningen indikerade tydligt mineraliseringen. Både flyg- och markslingrammätningen gav kraftiga anomalier som beror på den rikliga förekomsten av magnetkis och pyrit i området.

Undersökningarna resulterade också i nya geologiska fakta som väsentligt ändrar uppfattningen om bergarterna inom Pahakurkio- och Kalixälvgruppen. Man har också blivit tvungen att ifrågasätta en hel del av de gamla stratigrafiska korrelationerna och gränsdragningarna mellan de olika grupperna i norra Norrbotten.

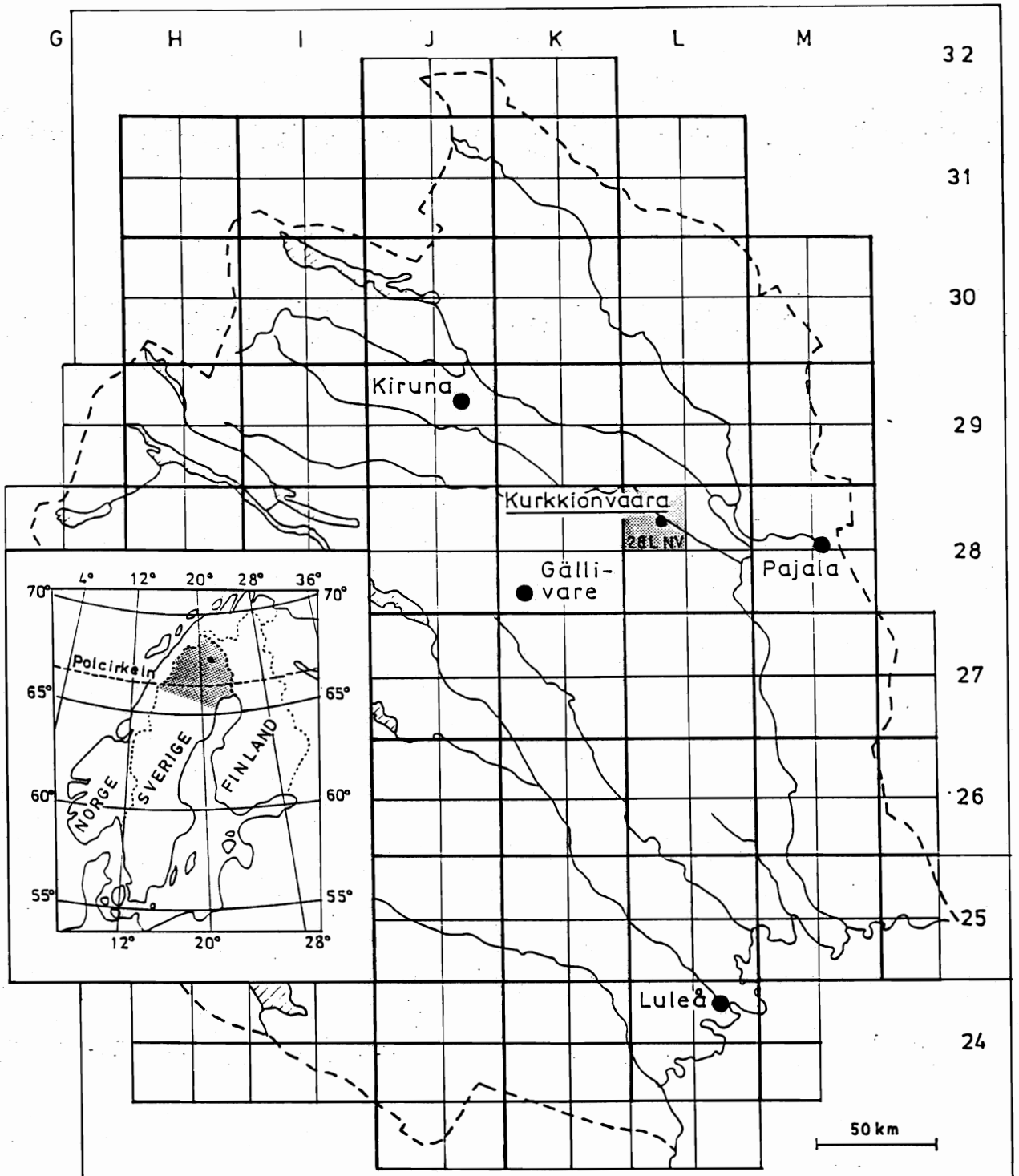


Fig. 1 Områdets geografiska läge

1. HISTORIK

Sommaren 1979 gjorde undertecknad ett kort rekognoserande fältbesök på kartbladet 28L Tärendö NV. Flera kopparmineraliserade block och små gamla men glömda provgropar påträffades i Vuollovaara och i Iso-Orotusvaara, 2 km norr respektive 3.5 km söder om de tidigare kända små skärpningarna i Maunuvaara. Närmare undersökning av detta nordsydliga Maunuvaara-stråk (Vuollovaara, Maunuvaara, Iso-Orotusvaara), som ligger ca 4 km väster om Kurkkionvaara, påbörjades sommaren 1981.

Vid en geologisk rekognosering i Maunuvaaras omgivning påträffade undertecknad i juli 1981 ett litet Zn-Pb-Cu-mineraliserat konglomeratblock (ca 5x10x15 cm) i vägmaterial till en ny skogsbilväg, ca 11 km sydost om Kurkkionvaara. I närheten lokaliserades ytterligare några block med spår av zinkblände och blyglans.

Vid närmare undersökning av vägmaterialet längs hela vägen hittades ännu ett Zn-Pb-Cu-förande block ca 2.5 km OSO om Kurkkionvaara. Detta block verkade höra till det lokala moränmaterial som grävts fram vid vägbygget. Moränmaterialet med de först funna blocken har däremot förts till fyndplatsen vid byggandet av vägen.

På flera ställen i det transporterade vägmaterialet påträffades även åtskilliga magnetkis- och/eller pyritförande block av olika slag. Kisimpregnationen varierade från fattig till rik, en del av blocken innehöll också något kopparkis. Borhalten var i vissa block hög, över 2500 ppm.

På några ställen i vägmaterialet påträffades ett flertal kantiga block av grafitskiffer. Detta moränmaterial, som skiljde sig tydligt från det ovanstående, var inte transporterat utan lokalt framgrävt.

Ett flertal av de mineraliserade och en del av de övriga blocken var konglomeratiska. De enda kända konglomeratförekomsterna i närheten är i Saarikoski och i Tiankikoski vid Kalixälven, ca 2.5 km NNV respektive 10 km OSO om Kurkkionvaara. Konglomeraten har tolkats höra till en och samma formation (Padget 1970) som enligt den flygmagnetiska kartan går strax väster om Kurkkionvaara men också bara ca 3 km NV om de första Zn-Pb-Cu-blocken.

När vägen byggdes hade moränmaterial tagits på flera ställen utefter dess sträckning. Ett ställe var bara ca 2.5 km NNV om de första blocken. Men på grund av vägmaterialets sammansättning (bergarter, blockstorlek, rundning o.s.v.) kunde man utesluta detta. I stället verkade det troligt att det mineraliserade materialet hade tagits från en plats som ligger ca 1.5 km OSO om Kurkkionvaara.

På Kurkkionvaaras västra sluttning påträffades många lokala block med magnetkis och/eller pyrit men utan zinkblände och blyglans. En del av blocken utgjordes av konglomerat men de flesta bestod av intermediära gångbergarter som ibland var tydligt porfyriska. Några av blocken visade sig vid senare grävningar endast vara lätt rubbade från sina in situ lägen.

Den dominerande isrörelseriktningen i området är från NV-VNV, men även en yngre isrörelse från SV-SSV har påvisats (se kap. 2.2). Den intressanta sektorn ur blocktransportsynpunkt var således ganska stor. Man kunde inte heller utesluta eventuella andra, okända konglomeratstråk längre västerut från Kurkkionvaara.

För att snabbt undersöka det kritiska området togs myrtorvprov i tre profiler över myren väster om Kurkkionvaara. Då det mineraliserade konglomeratet antogs stryka strax väster om berget togs prov även längs denna myrkant.

De Zn-Pb-förande blocken var få och fattiga, men p.g.a. det stora antalet magnetkis- och pyritförande block var det uppenbart att kismineraliseringen eller -mineraliseringarna måste ha ganska stora dimensioner och borde kunna lokaliseras med geofysiska mätningar. Företagets flygenhet var just då verksam i Kiruna. Det gjordes en snabb förändring i det planerade flygprogrammet och nästan hela kartbladet 28L Tärendö NV mättes bara någon vecka senare.

I stort sett samtidigt i augusti erhölls resultaten från geokemiprovtagningen och flygmätningen. Båda resultaten var positiva. Markanta Zn-anomalier påvisades just vid myrkanten väster om berget. Även distinkta slingram-anomalier erhölls vid Kurkkionvaara men också på flera andra ställen på kartbladet, bl.a. några km ost och sydost om berget.

Anomalierna utanför Kurkkionvaara kunde, åtminstone till en del, förklaras med de grafit- och/eller magnetkisförande block som hittats tidigare. Dessa innehöll varken zinkblände eller blyglans. Därför beslöt man att koncentrera undersökningarna till Kurkkionvaara-området.

Med hjälp av resultaten från flyggeofysik och geokemi avgränsades ett område som efter stakning mättes på marken med magnetometer och slingram. Vid denna mätning erhölls en mycket distinkt slingram-anomali just vid myrkanten. Dessutom påvisades kraftiga anomalier öster om denna, vilka till en del kunde förklaras med de magnetkisförande block, som tidigare hittats på Kurkkionvaara sluttning. Därför beslöt man att först reda ut anomalin vid myrkanten vilken sammanföll ganska väl med den antagna konglomerathorisonten och de erhållna geokemianomalierna.

I november, när myren hade frusit, borrades det första diamantborrhålet. I detta påträffades en ca 20 m bred konglomerathorisont, som innehöll en impregnation av magnetkis och pyrit med något kopparkis. I övre delen av konglomeratet uppträdde en ca 2 m bred zon, som innehöll en fattig sprickmineralisering av zinkblände och blyglans. Dessa mineraliseringar liknade de påträffade blocken.

Under den första vintern borrades totalt 11 borrhål. Denna borrning påvisade att de Zn-Pb-rikare partierna inte skilde sig magnetiskt eller elektriskt från omgivningen. Därför kunde borrningen inte enbart styras efter de geofysiska anomalierna och en omfattande moränprovtagning utfördes i två omgångar.

Den först utförda geofysikmätningen gav en mycket komplicerad anomalibild varför en kompletterande tätmätning utfördes senare.

Hösten 1983 grävdes 6 diken, totalt ca 300 m, med en grävmaskin över vissa geofysiska och geokemiska anomalier. Det kisrika konglomeratstråket grävdes fram på två ställen. På det första stället påträffades en välbevarad förvittringszon som måste ha bildats före den sista nedisningen.

Under vintern 1984 borrades 8 och 1985 ytterligare 3 diamantborrhål. Flera mindre mineraliseringar lokaliserades men inga med ekonomiska dimensioner.

2. GEOKEMI

2.1. Myrtorvgeokemi

När undersökningarna i Maunuvaara-stråket påbörjades 1981 utfördes en myrtorvprovtagning som även täckte området strax nordväst om Kurkkionvaara (se bilaga 2). Inga tydliga Zn-anomalier erhölls då.

Senare på sommaren, när undersökningarna i Kurkkionvaara-området blev aktuella på grund av de Zn-Pb-förande blocken, togs 92 nya torvprov. Tre av proven togs sydost om berget, resten längs myrkanten sydväst om berget och i tre profiler över myren västerut (se fig. 2). Proven togs ett par decimeter ovanför myrbottnen. Avståndet mellan provpunkterna var ca 100-200 m. Proven torkades och homogeniserades i Kiruna men inaskades och analyserades på företagets laboratorium i Stockholm. Inaskningen gjordes vid 450°C. Resterna upplöstes i HCl + HNO_3 och indunstades till torrhet. Återstoden löstes i vinsyra och HCl och analyserades med ICP av typ ARL 3100OC.

Flera prov från myrkanten var tydligt anomala på zink (se fig. 2). Den högsta halten i torrsubstans var 1606 ppm. Några prov var något förhöjda på Cu (max. 331 ppm), Ni (max. 282 ppm), Co (max. 118 ppm) och två på Pb (31 resp. 162 ppm). Några av de prov som togs över myren väster om myrkanten visade små förhöjningar på koppar men inga anomala värden på zink.

På grund av de positiva analysresultaten utvidgades myrtorvprovtagningen senare och så småningom blev nästan hela kartbladet provtaget i en regional skala.

.....

Provpunktstätheten är en kontroversiell fråga i all geokemisk provtagning. För att studera haltvariationer i torv i Kurkkionvaara utfördes en tät provtagning längs profilen 2300N mellan 1150E och 1250E (profil A-B i fig. 2). Det horisontella avståndet mellan proven var 10 m och det vertikala 0.5 m. Nära myrkanten, där torvmäktigheten var liten, togs det ytligaste provet från ca -0.5 m men vid de övriga punkterna från ca -1 m. De djupaste proven togs från -3.5 m.

Torvmarken väster och sydväster om Kurkkionvaara utgöres av ett minerotroft kärr vilket innebär att vattensörjningen inte bara är beroende av nederbörden utan den sker huvudsakligen genom tillrinning från omgivande mineralmarker. Det finns flera kallkällor vid myrkanten. Humifieringsgraden varierade mycket på grund av olika provtagningsdjup. Proven torkades, inaskades och analyserades med ICP av typ Jarrel Ash 9000 i Stockholm. Analysresultaten visade höga Zn-värden (max. 2485 ppm i torrsubstans), något förhöjda Cu-värden (max. 186 ppm) men inga anomala värden på Pb (max. 3 ppm). I de ytligaste proven varierade zinkhalten mellan 16 och 306 ppm.

Den högsta järnhalten var 15.3 % i torrsubstans. Det framgår tydligt ur fig. 3, att det inte föreligger någon direkt korrelation mellan zinkhalten och järnhalten och inte heller mellan järnhalten och askhalten. Många av proven med hög askhalt bestod av diatomégyttja med låg järnhalt. Den höga askhalten måste i dessa fall delvis bero på Si-halten. Även om den positiva korrelationen mellan zinkhalten och askhalten i allmänhet är ganska god stämmer inte detta i varje prov. Hur stor inverkan diatomégyttjan har på de förhöjda Zn-halterna är oklart. Kiselgur från botten av den lilla sjön, som ligger 200-300 m nordväst om den provtagna profilen (fig. 2), analyserades men proven (två) visade inga förhöjningar på Zn men något förhöjda Cu-halter (27-30 ppm Zn, 237-253 ppm Cu).

Det är anmärkningsvärt, med tanke på placeringen av provpunkter, att zinkhalten varierar så snabbt i hydromorfa anomalier. Man bör också notera att inga anomala värden påträffades nära myrkanten trots att en drygt 20 m bred magnetkis- och pyritrik konglomerathorisont med något zinkblände, blyglans och kopparkis kommer i dagen vid ca 1260E-1280E. Dessutom är berget öster om myrkanten något mineraliserat på flera ställen.

Det kisrika konglomeratet stryker längs myrkanten mot NV och stupar ca 55-60^{o} mot SV. Två hål borrades i profil 2300N i profilens riktning mot NO, det ena KKUR-2 vid 1226.5E (70^{o}) och det andra KKUR-4 vid 1099E (60^{o}). I KKUR-2 påträffades konglomeratet vid 30.20-54.40 m och i KKUR-4 vid 151.70-166.40 m. Zink- bly- och svavelhalterna i dessa sektioner framgår ur fig. 4.

En myrkantsprovtagning (se kap. 13) skulle inte ha påvisat mineraliseringen i denna profil, möjligen då om man hade provtagit längs hela myrkanten.

Inga Zn-Pb-mineraliseringar, som kunde gå i dagen väster om myrkanten, har påträffats vid borrningarna. Detta är anmärkningsvärt när zinkanomalierna i profil 2300N fortsätter långt västerut från myrkanten. Man bör dock lägga märke till att i myren, strax väster om Kurkkionvaara, finns en liten lokal vattendelare (se fig. 2) varifrån vattnet sprider sig mot NV och SO. Detta vatten torde vara något mineraliserat på grund av den kisrika konglomerathorisonten och de grundvattenförande kallkällorna vid myrkanten. En del av de anomala värdena förorsakas säkerligen av det mineraliserade grundvatten som kommer från Kurkkionvaara. Man känner dock inte de hydrogeologiska förhållandena mera i detalj i området, d.v.s. var detta vatten kommer till ytan nära myrkanten och under myren.

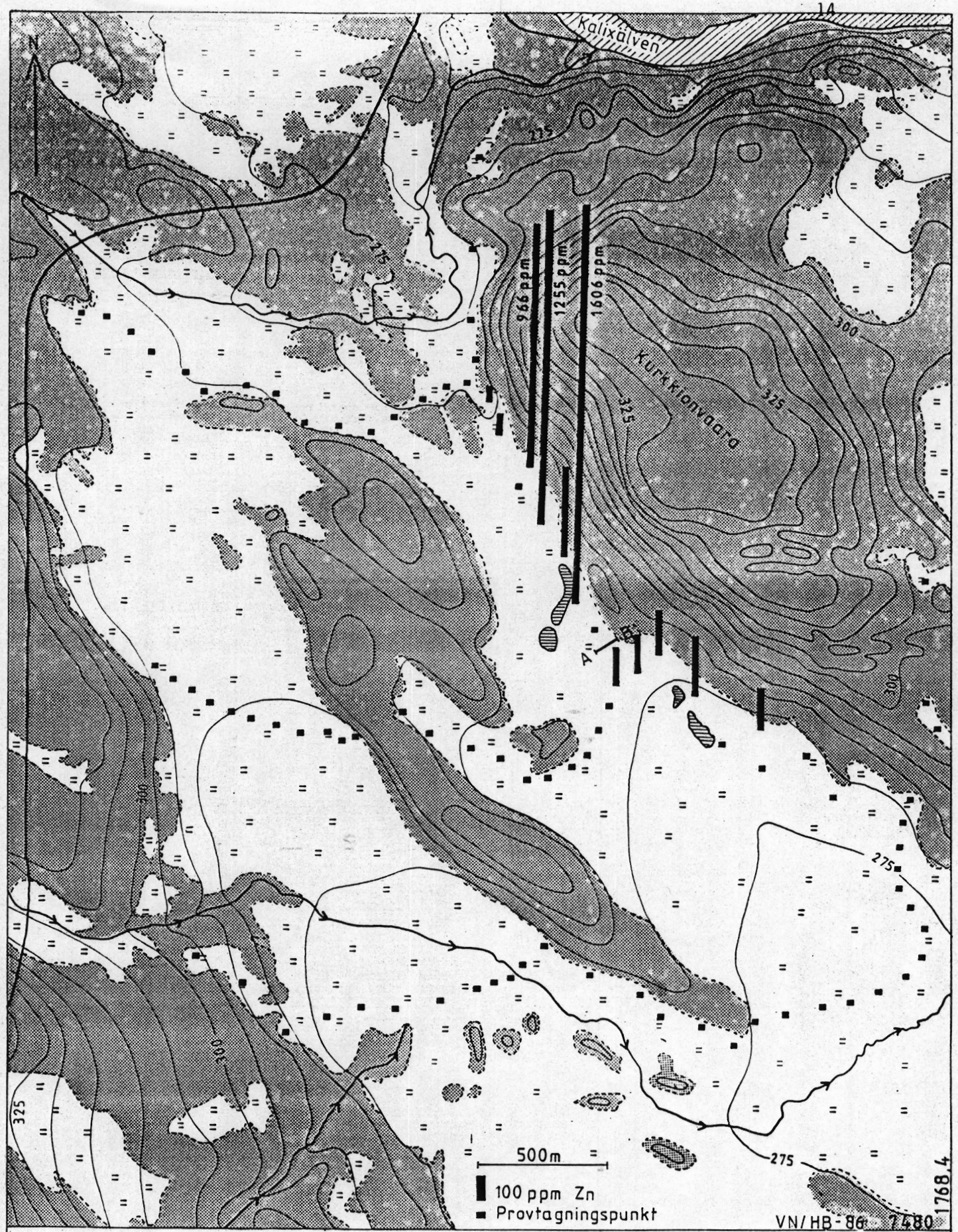


Fig. 2 Zinkhalter i myrtorv

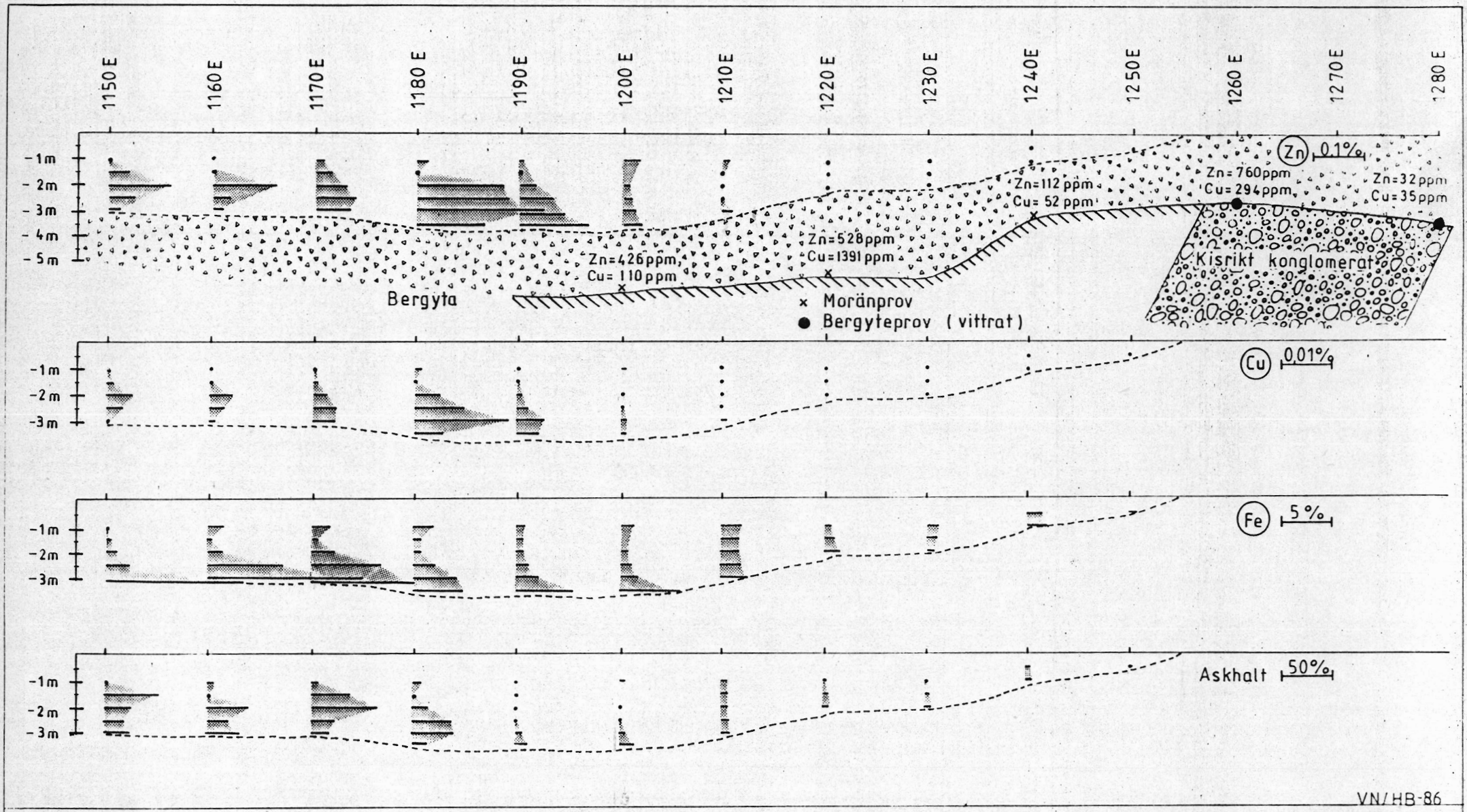


Fig. 3 Myrtorvprofil 2300N

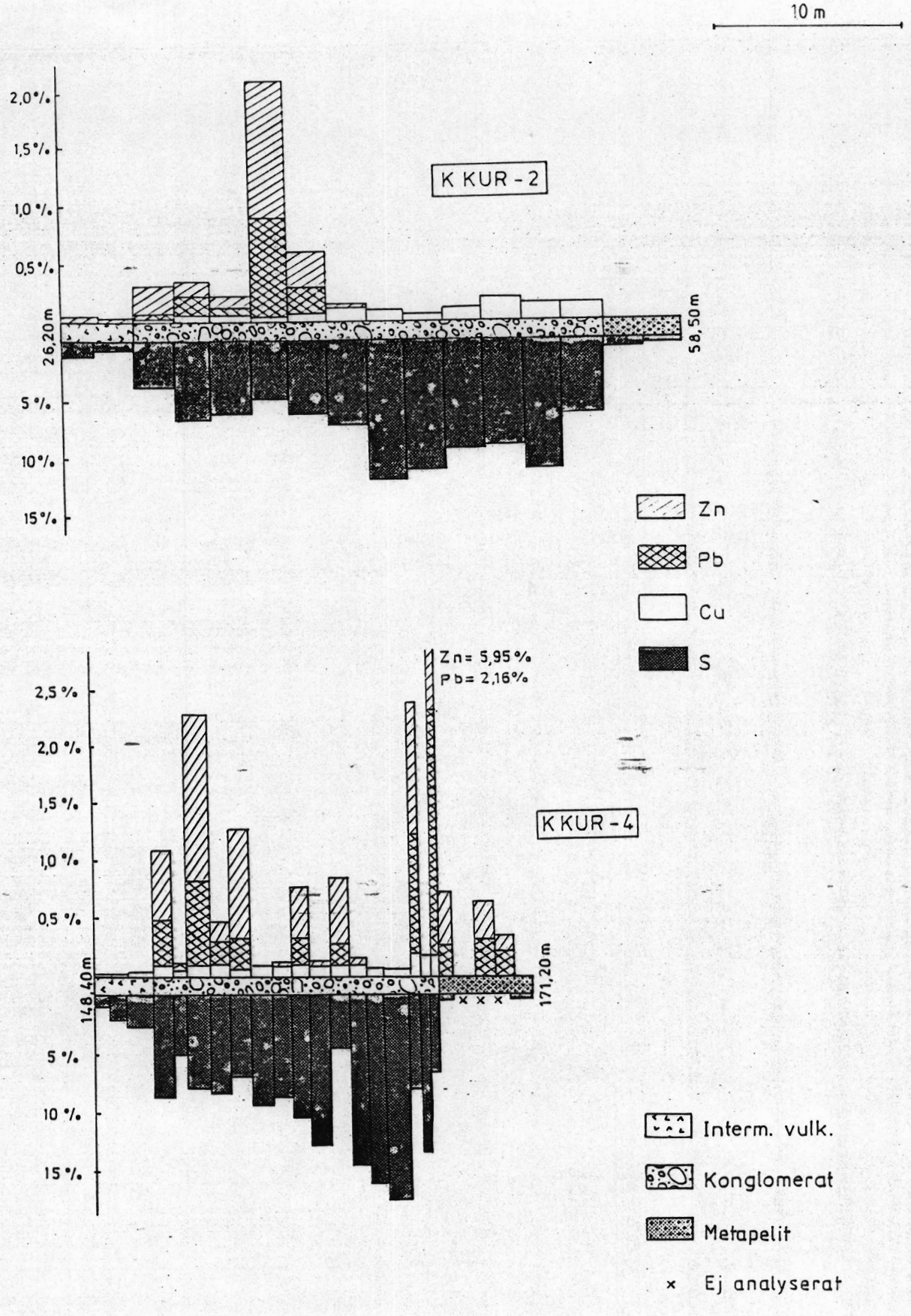


Fig. 4 Zn-, Pb-, Cu- och S-halter i konglomerat (KKUR-2 och -4)

2.2. Morängeokemi

Det visade sig efter de första borrhålen att de Zn-Pb-förande partierna inte skiljde sig magnetiskt eller elektriskt från omgivningen. Av denna anledning var det svårt att styra borrningen enbart efter de geofysiska anomalierna och en moränprovtagning utfördes.

I östra delen av området är lagringen flack eller nästan horisontell. Detta uteslöt möjligheten att genom moränprovtagning påträffa mineraliseringar på olika stratigrafiska nivåer. Genom diamantborrning visste man dock att både zinkblände och blyglans huvudsakligen uppträder i sprickor. Därför förväntades provtagningen kunna påvisa mineraliserade sprickzoner.

Moränprovtagningen blev omfattande. Detta var möjligt p.g.a. moderbolaget LKAB:s övertaliga personal vid denna tidpunkt. En del av denna personal kunde sysselsättas av LKAB Prospektering utan extra kostnader.

Det finns inga räffelobservationer i Kurkkionvaara som skulle ange isrörelseriktningen där, men man har kunnat göra flera observationer i de närliggande områdena. T.ex. i Kursuvaara, ca 7 km nordost om Kurkkionvaara, kan man tydligt se två olika riktningar på ett och samma ställe, den äldre från ca NV och den yngre från ca SSV. Den äldre isrörelsen, som har lämnat välutbildade drumliner efter sig, måste ha spelat en dominerande roll i materialtransporten. Den yngre riktningen måste däremot ha haft en underordnad betydelse då den äldre drumliniseringen ligger nästan opåverkad.

Dessa två isrörelseriktningar har påträffats på flera ställen i Pajala-området (Fagerlind 1981). De är således inga lokala företeelser utan de har en mera regional karaktär.

Flera undersökningar har visat att moränstratigrafin i Lapland ofta är komplex med två eller flera moränbäddar (Lundqvist 1971, Hirvas et. al. 1977, Fagerlind 1981), vilket komplicerar morängeokemiska undersökningar.

För att undvika de moränstratigrafiska problemen försökte man ta proven i Kurkkionvaara strax ovanpå bergytan. Man utförde ingen systematisk provtagning från olika djup, men om man inte kom tillräckligt djupt med första borrhålet, t.ex. på grund av block, borrades ett nytt hål i närheten. Alla prov togs till vara, men den ytligare provtagningen blev mycket gles och slumpmässig.

En siltig morän dominerade. Den var vanligen bara 1-3 m mäktig förutom i nord- och sydvästra delen av området där tjockleken vid flera provpunkter var 10-20 m.

Provtagningen utfördes i två omgångar. Först provtogs ett område mellan 1200E-1800E och 2000N-3000N med 100 m profilavstånd och 20 m punktavstånd. Då jordlagret väntades vara ganska litet, togs proven med en lätt, handhållen slagborrmaskin (Pico-20) med ø 25 mm:s stänger och med en genomströmningsprovtagare.

Proven siktades i tre fraktioner: <0.1 mm, 0.1-2.0 mm och >2.0 mm. Före siktningen undersöktes varje prov av undertecknad för att notera om provet verkligen bestod av morän. Det visade sig vid denna kontroll att flera av proven inte var morän utan tagna från bergytan eller från vittrade block. Några av proven bestod av material från bergytan och moränen. I dessa fall togs bara morändelen för analys.

Den finkorniga fraktionen behandlades först med HNO_3 + HF och indunstades till torrhet. Resterna löstes i vinsyra och HCl och analyserades med ICP ARL 3100OC i Stockholm.

Resultaten blev både positiva och negativa. De var positiva därför att flera av proven var tydligt anomala på zink, bly och/eller koppar men negativa därför att anomalimönstret var komplicerat utan tydliga, mineraliserade sprickzoner. Den kisrika konglomerathorisonten vid myrkanten syntes dock väl.

Senare utvidgades provtagningen söderut, norrut och österut. I området öster om 1800E var profilavståndet 200 m och punktavståndet 20 m. Proven analyserades med ICP (Jarrel Ash 9000) och många av dem var tydligt anomala på zink, bly och koppar.

Resultaten från de båda provtagningarna ses i bilagor 7-9 vilka visar Zn-, Pb- och Cu-halten i det djupaste provet vid varje koordinatpunkt. Det framgår tydligt att zink och bly uppträder zonerat i moränen. Zinkanomalier finns huvudsakligen vid myrkanten nära det kisrika konglomeratet men blyanomalier även längre österut. Då de båda elementen alltid förekommer tillsammans i berggrunden måste denna zonering bero dels på en selektiv urlakning i moränen, dels på en hydromorf anrikning av zink vid myrkanten. Det är känt av många undersökningar att zink har en betydligt större supergen mobilitet än bly (Hawkes och Webb 1962, Kataba-Pendias och Pendias 1984). Detta beror bl.a. på skillnader i de olika malmmineralens löslighet, vilka komplex som bildas med de frigjorda jonerna och vilket adsorberande material som finns i närheten.

Såväl zinkens som blyets mobilitet är mycket beroende av de lerpartiklar, Fe- och Mn-hydroxider och olika organiska föreningar som finns i jordlagret. Av de organiska ämnena är olika humusämnen (huminer, humussyror och fulvosyror) mycket viktiga. Dessa kemiskt komplicerade föreningarna innehåller ett stort antal olika reaktiva grupper (CO_2, OH, C=C, COOH, SH, CO_2H) som kan binda avsevärda mängder olika metaller. Dessa föreningar kan i sin tur lätt adsorberas av ler- och oxidpartiklar (Kataba-Pendias och Pendias 1984 s. 45).

3. GEOFYSIK

3.1. Flyggeofysik

Några veckor efter blockfynden och den geokemiska provtagningen väster om Kurkkionvaara genomförde LKAB Prospektering en geofysisk flygmätning som täckte nästan hela kartbladet 28L Tärendö NV. Mätningen utfördes på 30 m flyghöjd och med ett linjeavstånd av 200 m.

Resultaten av flygmätningen var positiva. Kraftiga slingram-anomalier erhölls just vid Kurkkionvaara men även på flera andra ställen på kartbladet, bl.a. ca 4-5 km öster och ca 5-9 km sydost om Kurkkionvaara (se bilaga 4).

De båda senare anomalierna kunde, åtminstone till en del, förklaras av grafit- och/eller magnetkisförande stråk som skulle utgöra moderklyften för de block som tidigare hittats i området. Dessa innehöll emellertid varken zinkblände eller blyglans.

De Zn-Pb-förande konglomeratblocken antogs däremot komma från ett stråk strax väster om Kurkkionvaara där även Zn-anomalier erhölls i de geokemiska myrtorvproven (se kap. 2.1). De positiva indikationerna vid Kurkkionvaara medförde att detta område prioriterades vid de följande geofysiska markmätningarna.

3.2. Markgeofysik

De kraftiga flygslingram-anomalierna över Kurkkionvaara uppvisade en hög komplexitet. Den dominerande anomaliriktningen, ca 0-10 gon, sammanföll inte med strykningsriktningen av det antagna konglomeratstråket (ca 370 gon). Då de mineraliserade blocken var konglomeratiska stakades emellertid baslinjen för de geofysiska markmätningarna i 370 gon.

Baslinjen 1400E och tvärlinjen 2000N stakades med teodolit men de övriga linjerna handstakades. Avståndet mellan de med baslinjen parallella staklinjerna är 400 m och avståndet mellan tvärlinjerna 1 km.

Området mättes med protonmagnetometer (Scintrex MP2) och slingram (SGU 3600 Hz, delvis Scintrex Apex Maxmin II 3555 Hz) med 40 m spolavstånd och med horisontella ramar. Detta spolavstånd antogs vara tillräcklig eftersom inga större jorddjup väntades i området. Ett större spolavstånd skulle ha givit en större djupkänning men dock på bekostnad av sämre upplösning. Mätpunktavståndet var 20 m och linjeavståndet 100 m. Mätningen utfördes i riktningen 70 gon.

Slingram-metoden valdes i stället för VLF p.g.a. lättare tolkning av mätresultaten.

Vid myrkanten strax väster om Kurkkionvaara erhölls den kraftigaste slingram-anomalin som var ca 1.7 km lång. Den reella komponenten visade värden ner till -50 % med 5.6 i re/im vilket indikerade en god ledare (Ketola och Puranen 1980). Denna anomali sammanföll väl med de geokemiska Zn-anomalierna i myrtorv. Det visade sig vid senare borrningar att denna anomali orsakas av en ca 10-20 m bred magnetkis- och pyritrik konglomerathorisont som innehåller även något kopparkis som impregnation. Något zinkblände och blyglans förekommer i sprickor, huvudsakligen i dess övre del. Svavelhalten är som regel 5-15 % (se fig. 4).

Konglomerathorisonten framträder inte lika distinkt i det magnetiska anomalimönstret. Detta beror dels på de stora variationerna i magnetkis-, pyrit- och magnetithalterna, dels på variationer i magnetkisens magnetiska egenskaper.

Kraftiga slingram-anomalier erhölls även öster om konglomeratet. Då anomalimönstret var svårtolkat mättes en stor del av området på nytt med 10 m punktavstånd och 50 m profilavstånd. Detta gjordes först senare efter de första borrningarna. I det erhållna anomalimönstret framträdde flera smala, parallella anomalier i ca 0-10 gon. Dessa sammanfaller väl med smala, magnetiskt positiva anomalier i samma riktning (se bilaga 10 och 11). Senare borrningar visade att anomalierna orsakas av något mineraliserade och tektoniserade gångar av intermediär sammansättning med magnetkis som impregnation och i sprickor.

En del spridda slingram-anomalier öster om konglomeratet visar inga motsvarande magnetiska anomalier. De orsakas troligen av ett flertal tunna, kompakta magnetkissprickor som påträffats på flera ställen vid borrningarna. Sprickorna kan vara upp till 30 cm breda. De är dock vanligen betydligt smalare men flera tunnare kan uppträda tillsammans.

I studiesyfte mättes delar av vissa profiler med VLF och slingram. Punktavståndet var 20 m. I slingrammätningen var spolavståndet 120 m och frekvensen varierade från 444 Hz till 3555 Hz. Resultat från mätprofilen 2100N ses i fig. 5.

Den västligaste slingram-anomalin i profilen 2100N vid ca 1250E orsakas av den kisrika konglomerathorisonten i ca 370 gon och de övriga av gångar i ca 0-10 gon. VLF-mätningens riktningsberoende framgår tydligt ur figuren. Konglomerathorisonten som stryker nästan vinkelrätt mot sändarstationen GBR (Rugby, England, 16.0 kHz) syns ganska dåligt p.g.a. sin ogynnsamma riktning jämfört med gångarna, men re- och im-delen skär dock varandra.

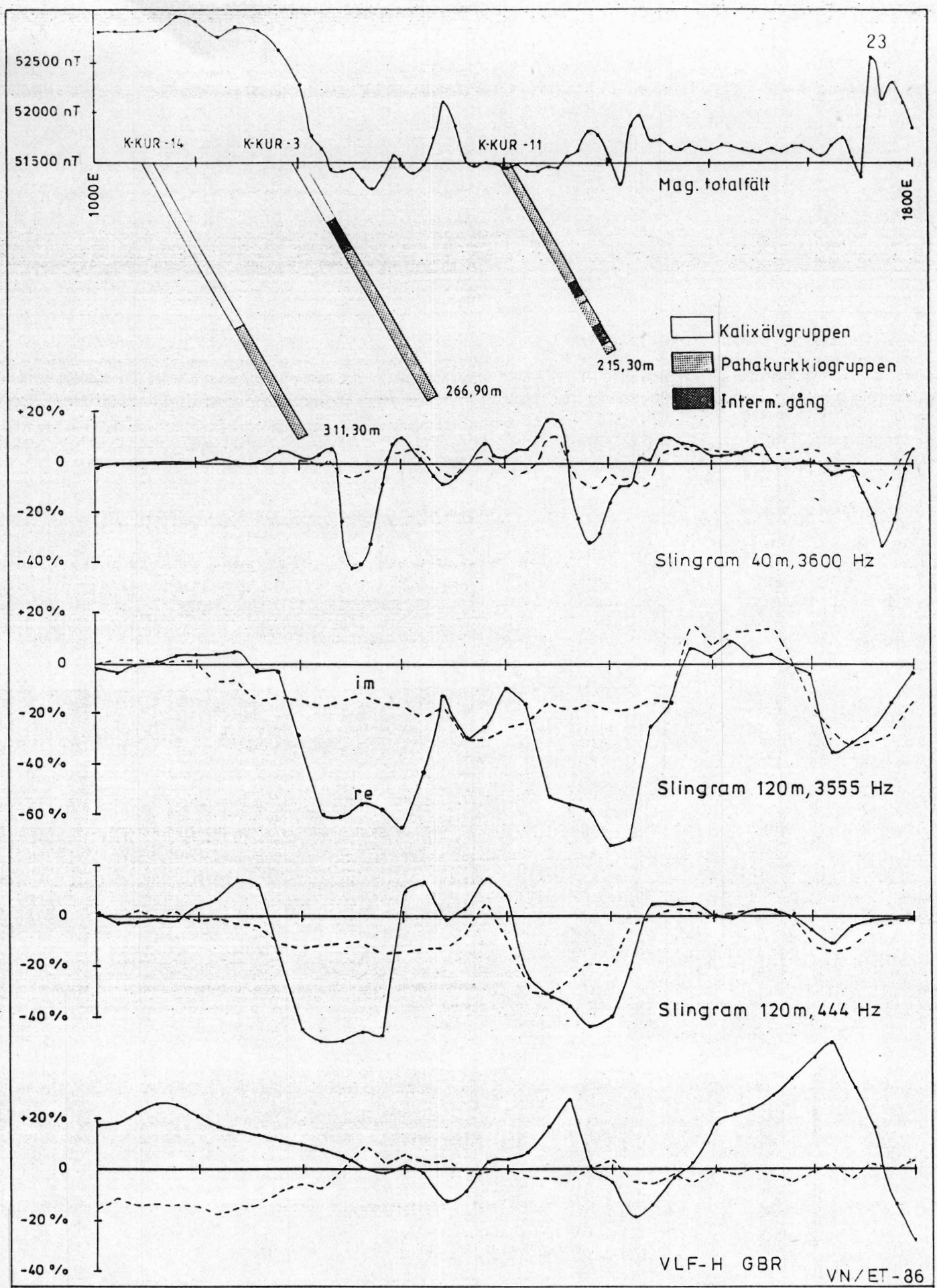


Fig. 5 Geofysisk mätprofil 2100N

4. REGIONAL GEOLOGI

Den geologiska utvecklingen i Norrbotten har diskuterats bl.a. av Witschard (1984). Han indelar de svekokarelska bergarterna i fem grupper:

övre sedimentgrupp (bl.a. Vakko)
porfyrgrupp
mellersta sedimentgrupp (Pahakurkio)
grönstensgrupp
undre sedimentgrupp (Tjärro)

Den undre sedimentgruppen (op.cit.) som består av kvartsrika klastiska sediment bildades i smala riftsänkor i den arkeiska berggrunden. Basisk magma trängde senare upp längs djupgående sprickor. Lavor, vulkanoklastiska sediment, grafitskiffrar och karbonatbergarter avsattes som grönstensgrupp. Den kvartsrika klastiska sedimentationen saknas i denna grupp vilket tyder på att riftbildningen av den relativt stabila kratonen var en relativt långsam process.

Den mellersta sedimentgruppen (op.cit.) representerar en vulkaniskt lugn period då en omfattande kvartsrik sedimentation ägde rum. Den stora mängden av klastisk kvarts och fältspat tyder på att betydande områden av de arkeiska graniterna och gnejserna utsatts för erosion p.g.a. blockrörelser.

Den mellersta sedimentgruppen (op.cit.) följdes av porfyrgruppen, vilken huvudsakligen består av porfyrer och finkorniga vulkaniter samt i mindre utsträckning av vulkanoklastiska och kvartsrika sediment. Sammansättningen av de vulkaniska bergarterna varierar från basalter till ryoliter (kvartsporfyrer).

Den övre sedimentgruppen (op.cit.) består av en mäktig serie av kvartsfältspatrika sediment, slamsten och konglomerat som har bildats i grunt vatten.

.....

Den senaste geologiska karteringen i en regional skala som täcker också Kurkkionvaara-området gjordes av Sveriges geologiska undersökning (SGU) som 1970 gav ut fyra berggrundsgeologiska och flygmagnetiska kartblad i skala 1:50000 (28L Tärendö NV, NO, SV, SO, Padget 1970). Flygmätningen gjordes på 30 m höjd med 200 m linjeavstånd. En del av de geologiska kartbladen NV och NO finns i bilaga 5.

Stratigrafin på 28L Tärendö enligt Padget (1970 s. 11) framgår ur fig. 6. Han indelar de suprakrustala bergarterna i fyra grupper. Den äldsta gruppen är Veikkavaara grönstensgrupp som huvudsakligen består av basaltiska grönstenar med grafitskiffrar och karbonatbergarter. Ovanpå dessa ligger Pahakurkiogruppens kvartsiter och pelitiska skiffrar. Dessa överlagras av Kalixälvgruppens pelitiska och basiska skiffrar, kalkstenar och konglomerat. Rissavaara kvartsiten, som är känd bara i en lokal, har tolkats vara yngst och utgöra en egen grupp.

.....

Sedan 1981 då LKAB Prospektering började malmletning på kartblad 28L NV har ny geologisk information kommit fram genom geologisk kartering, diamantborrning och geofysiska mätningar. En stor del av kartbladet har karterats om av undertecknad och sommaranställda extrageologer. Den viktigaste nya informationen med tanke på sedimentationsmiljön och de stratigrafiska korrelationerna finns i bilaga 6.

Prospekteringen har huvudsakligen ägt rum inom Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen. Därför behandlas bara dessa grupper mera ingående i kap. 4.1. och 4.2. Fortsättningsvis utgås det från de gamla gruppgränserna (Padget 1970), men i kap. 12 diskuteras stratigrafin och de stratigrafiska korrelationerna i norra Norrbotten mera ingående.

Grupp		Formation
Rissavaara kvartsit	4	Rissavaara kvartsit
Kalixälvgruppen ca 3000 m	3d	semi-pelitiska, pelitiska och basiska skiffrar
	3c	kalksten
	3b	Saarikoski och Tiankikoski konglomerat
	3a	amfibolitiska skiffrar
Pahakurkkiogruppen ca 3830 m	2d	kvartsit, ca 1800 m
	2c	pelitisk skiffer, ca 1000 m
	2b	kvartsit, ca 430 m
	2a	pelitisk skiffer, lokalt med kvartsit ca 600 m
Veikkavaara grönstens-grupp, ca 3600 m	1c	basaltiska grönstenar med grafitskiffrar och karbonatbergarter, ca 1500 m
	1b	pelitisk skiffer och kvartsit, ca 100 m
	1a	basaltiska grönstenar, 2000 m

Fig. 6. Lagerföljden på bladet 28L Tärendö (Padget 1970).

4.1. Pahakurkiogruppen

Namnet Pahakurkiogrupp har givits av Padget (1970). Pahakurkio betyder "den svåra forsen" och stavas Pahakurkkio på den ekonomiska och topografiska kartan. Typlokalen för hela gruppen finns vid Kalixälven strax NO om Kurkkionvaara.

På flygmagnetiska kartan är området ganska lungt p.g.a. lågmagnetiska bergarter och flackt liggande strukturer. Enligt Padget utgöres gruppen huvudsakligen av kvartsiter och glimmerskiffrar men även smärre konglomerat- och skarnskikt förekommer samt ett ca 100 m brett grönskifferskikt i Syväjoki (Kursuvaara).

Den geologiska uppfattningen om Pahakurkiogruppen har förändrats ganska mycket sedan dess. Kvartsiterna är sällan rena kvartsiter utan vanligen ganska fältspat- och glimmerrika. Glimmerskiffrarna är sällan särskilt skiffriga. De innehåller ofta bara något kvarts men i stället mera albit-oligoklas. I vissa skikt finns även rikligt med kalifältspat. De viktigaste nya fakta angående bergarter inom gruppen torde dock vara följande:

- förekomsten av omfattande grafitskiffrar
- förekomsten av omfattande karbonat- och skarnbergarter
- förekomsten av omfattande skapolitbergarter
- förekomsten av turmalinit
- förekomsten av chert (metachert)

Inga grafitskiffrar har redovisats av Padget inom Pahakurkiogruppen. Grafitskiffer finns dock i häll ca 2 km SSO om Pahakurkkioforsen. Det är troligen just denna som Ödman har beskrivit redan 1939 (s. 78) men som inte har nämnts i senare beskrivningar. Även i Tiankijoki-området, ca 6-8 km SO om Kurkkionvaara, har man påträffat grafitskiffer vid LKAB:s borrningar.

Grafitskiffrarna är intressanta med tanke på sedimentationsmiljön men i detta fall också ur stratigrafisk synpunkt. Detta diskuteras närmare i kap. 12.

Vid borrningarna i Tiankijoki har man påträffat upp till flera meter tjocka skikt av dolomit, kalksten, skarn och skapolitrika bergarter. Skapolit- och skarnförande bergarter förekommer även i Kurkkionvaara men i betydligt mindre omfattning.

Den kanske mest intressanta nyheten är de turmalinitskikt som har påträffats i Kurkkionvaara och Tiankijoki. Dessa gröna, grönbruna eller bruna inlagringar består huvudsakligen av turmalin och kvarts. Dessutom kan det förekomma andra mineral i olika mängder, framför allt albit-oligoklas. Dessa skikt beskrivs närmare i kap. 5.1. Turmalinens uppträdande och betydelse för malmletningen behandlas i kap. 7.

Förekomsten av chert (metachert) har inte nämnts tidigare i Pahakurkiogruppen men vit eller grå chert uppträder som centimeter- till decimeter stora välrundade bollar i smärre, ibland nästan monomikta konglomeratskikt. Man har dessutom påträffat ett ca 0.5-0.7 m tjockt lager av chert i Kursuvaara. Chertfrågan diskuteras närmare i kap. 8.

Det ovannämnda, ca 100 m breda "grönskifferskiktet" i Syväjoki består i verkligheten av olika skarn- och biotit-skapolitrika metasedimentlager.

4.2. Kalixälvgruppen

Namnet Kalixälvgrupp har givits av Padget (1970) för de bergarter som överlagrar Pahakurkiogruppens metasediment. Enligt honom består gruppen huvudsakligen av basiska och pelitiska skiffrar. Det finns ingen typlokal för denna grupp, men två viktiga lokaler - Saarikoski och Tiankikoski - har beskrivits vid eller nära kontakten av Kalixälvgruppen och den underliggande Pahakurkiogruppen Båda ligger vid Kalixälven, Saarikoski ca 2-3 km NV och Tiankikoski ca 9-10 km SO om Kurkkionvaara.

Enligt Padget (op.cit. s. 27) är geologin inom Kalixälvgruppen i Saarikoski följande. Den understa delen av Kalixälvgruppen är inte känd men den antas bestå av magnetiska grönstenar. Ovanpå dessa ligger ett ca 20 m brett konglomeratskikt med välrundade bollar av kvartsit och mörk basisk bergart. Konglomeratet övergår uppåt i en ganska mörk, finkornig hornbländeförande kvartsit. Längre västerut finns inga hällobservationer av Kalixälvgruppens bergarter men de sju magnetiska stråk, som finns väster om kvartsiten på den flygmagnetiska kartan, antas bestå av basiska sediment, lavor eller liknande.

De nya geologiska observationerna har förändrat den ovanstående uppfattningen om Kalixälvgruppen i Saarikoski ganska mycket. I Kurkkionvaara har man borrat flera hål genom kontakten mellan de två grupperna men inga grönstenar har påträffats. Smärre skarniga skikt och partier är vanliga i konglomeratet och bollarna utgöres huvudsakligen av intermediära vulkaniter och chert.

De ovannämnda mörka, hornbländeförande "kvartsiten" ovanpå konglomeratet utgöres av vulkanoklastiskt sediment av intermediär sammansättning och liknande material finns även i och strax under konglomeratet.

Den geologiska tolkningen av området väster om "kvartsiten" baserar sig nu på nya hällobservationer och inte bara på geofysiska tolkningar såsom tidigare. Ca 1 km väster om Saarikoski finns ett hällområde vid Kalixälven, som består av grå och rödaktiga intermediära porfyriska vulkaniter. Strökornen är upp till några millimeter stora. Det förekommer också grå, fin- till medelkorniga vulkanoklastiska metasediment, som ställvis är bollförande. Det finns även bollrika konglomeratskikt, där bollarna består av inter-

mediär vulkanit och chert. Många av bollarna liknar de vulkaniter, som finns stratigrafiskt strax under konglomeratet. Ett några meter brett skikt i den västligaste delen av hällområdet utgöres av ett agglomerat med rödaktiga intermediära fragment med porfyrisk textur. Centimeter- till decimetertjocka skarniga skikt och partier förekommer allmänt.

Ca 3 km SV och 5 km SSV om Kurkkionvaara finns hällar, som består av sillimanit- och andalusitförande glimmerskiffer (-gnejs). Den skiljer sig inte nämnvärt från de glimmerrika metapeliter, som förekommer inom Pahakurkiogruppen.

I Maunuvaara-stråket, ca 3 km väster om föregående, finns rikligt med granithällar men även hällar, som består av intermediära till basiska pyroklastiska och vulkanoklastiska metasediment. Det förekommer också smärre skarniga sliror och skikt samt kvartssliror och -gångar. Något kopparglans, bornit och kopparkis förekommer i sprickor och ställvis även som en fattig impregnation.

Om de gränser, som tidigare har dragits mellan Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen hålls, finns det även grafitskiffrar i den undre delen av Kalixälvgruppen vid Tiankijoki. Söder och öster om Tiankijoki finns rikligt med hällar, som består av glimmerskiffer och glimmergnejs. Dessa är ofta rika på sillimanit men även andalusit förekommer. Glimmerskiffern mellanlagras ställvis av kvartsit. Varken glimmerskiffern eller kvartsiten skiljer sig från motsvarande inom Pahakurkiogruppen.

4.3. Tektonik

Pahakurkiogruppen på kartbladet 28L Tärendö NV karakteriseras av den domliknande struktur, som kallats Kalixälvdomen av Padget (1970 s. 47). Lagren är flackt liggande i mitten (fig. 7) och blir brantare såväl mot väst som mot öst. I östra delen inom Pahakurkiogruppen och grönstensgruppen är strykningen ca nordvästlig och stupningen vertikal eller brant mot NO. I västra delen av området inom porfyrgruppen är strykningen nordlig och stupningen vertikal eller brant mot väst.

Böljeslagsmärken (fig. 18) och strömskiktning (fig. 19) kan påträffas på flera ställen. Uppåt i lagerföljden visar alltid västerut, både inom Pahakurkio- och Kalixälvgruppen, såväl i den östra som i den västra delen av området. Detta innebär att lagren nära kontakten mellan grönstensgruppen och Pahakurkiogruppen är ställvis något överstjälpta. Bergarterna är i regel ganska välbevarade. I södra och sydöstra delar av området är de dock ofta starkt småveckade.

Förkastningar och sprickor har spelat en stor roll i områdets tektoniska utveckling. På geofysiska kartor kan man tydligt se flera förkastningar i olika riktningar. Gångar, som huvudsakligen består av pegmatit, förekommer allmänt. På några ställen har även gångar av intermediär- till basisk sammansättning påträffats.

Nya hällobservationer visar tydligt en diskordans i strykningen mellan Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen vid Saarikoski och nordost om Saarikoski. Strykningen av pahakurkiogruppens bergarter är nordost-sydvästlig och stupningen brant mot nordväst men bergarterna inom Kalixälvgruppen har en nordsydlig strykning och en vertikal stupning (se bilaga 6).

4.5. Metamorfos

Den regionala metamorfosgraden är medelhög till hög (amfibolitfacies). Denna slutsats kan man dra p.g.a. mineralparagenesen kordierit, andalusit och sillimanit. Dessa uppträder ensamma eller tillsammans i olika proportioner. Porfyroblasterna kan vara upp till några centimeter stora, ställvis ännu större såsom i Kurkkionvaara där en del av andalusitporfyroblasterna är upp till 1 dm stora (fig. 8).



Fig. 7. Flackt liggande metasediment vid Pahakurkioforsen



Fig. 8. Andalusitskiffer i Kurkkionvaara (Pahakurkiogruppen)

5. GEOLOGIN I KURKKIONVAARA

Kurkkionvaara ligger vid kontakten mellan Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen. Denna stryker i ca NNV och stupar ca 50-60^{o} mot väst. Samma strykningsriktning har även Kalixälvgruppens bergarter som finns väster om denna kontakt. Pahakurkiogruppens bergarter ligger flackare och något längre österut nästan horisontellt. Det finns en diskordans mellan dessa grupper i en vertikal och i en horisontell riktning.

Den geologiska informationen i Kurkkionvaara baserar sig huvudsakligen på resultaten från diamantborrningen. Det finns gott om lokalt blockskravel men endast några få hällar. Dessa hällar är uppspruckna och de olika blocken har vanligen rört sig något. På grund av den flacka stupningen ger hällarna bara mycket begränsad information.

Lagerföljden är enkel, d.v.s. lagren upprepas inte p.g.a. veckningen. Bara enstaka mindre veck har observerats i borrkärnor vilket tyder på att veckningstektoniken i den lokala skalan har haft en underordnad betydelse. En del av dessa veck kan vara synsedimentära. Den stela tektoniken har däremot spelat större roll. Mindre förkastningar och sprickor i olika riktningar är mycket vanliga. Sprickorna är vanligen fyllda med olika malmmineral, turmalin eller kalcit. De suprakrustala bergarterna övertväras av upp till några meter breda granit- och pegmatitgångar som ofta är turmalinförande. Dessutom förekommer intermediära till basiska gångar som ibland visar en tydligt porfyrisk textur. Dessa gångar kan vara tillförselkanaler till de intermediära vulkaniterna i Kalixälvgruppen.

5.1. Pahakurkiogruppen

Pahakurkiogruppens bergarter i Kurkkionvaara består huvudsakligen av glimmer-, fältspat- och kvartsförande metasediment (metapeliter) av varierande slag. De är finkorniga och ställvis tydligt lagrade med omväxlande glimmerrika och glimmerfattiga eller biotitrika och muskovitrika skikt (se fig. 9). Huvudmineralen består av plagioklas, kalifältspat, biotit, muskovit och kvarts. Deras relativa mängder varierar mycket och alla dessa mineral behöver inte alltid förekomma tillsammans. Turmalin, apatit, klorit, kalcit, epidot och olika malmmineral kan uppträda i underordnad mängd.

På många ställen är bergarterna rika på porfyroblaster av fältspat, andalusit och kordierit. Fältspatporfyroblasterna är vanligen bara några millimeter stora men andalusit- och kordieritporfyroblasterna kan vara upp till flera centimeter stora. Även sillimanit har påvisats.

I vissa skikt påträffas vita, nästan kubiska kristaller av chabazit och även något gips som huvudsakligen uppträder i sprickor. Magnetkis och pyrit förekommer allmänt från några enstaka korn till en rik impregnation. Rutil och magnetit är vanliga i vissa skikt. Ibland påträffas även kopparkis, zinkblände och blyglans som fattig impregnation eller i sprickor (se kap. 6). Vissa skikt innehåller skapolit i varierande mängder och i några lager är skapoliten ett av huvudmineralen.

Den kanske mest intressanta bergarten består av tunna, turmalinrika skikt, som har påträffats i flera borrhål (se fig. 10). De är finkorniga. Färgen är grön, grönbrun eller brun. Tjockleken av dessa skikt varierar från några millimeter till ca en meter. Upp till några tiotals sådana skikt kan uppträda i ett och samma borrhål. De består huvudsakligen av turmalin och kvarts men dessutom kan olika malmmineral, albit-oligoklas, kalifältspat, biotit, muskovit, klorit och kalcit uppträda i varierande mängder. Turmalinhalten varierar mycket och ofta ser man en växellagring av turmalinrikare och turmalinfattigare skikt. Några tunna skikt utgörs nästan uteslutande av turmalin.

Ibland kan man se en tydlig "grading" som beror på variationer i turmalinhalten. På några ställen kan man se strukturer som liknar synsedimentär brecciering. Turmalin, som är dravitliknande (Mg-rik), uppträder ofta som subhedrala till euhedrala kristaller. De är i tunnslip nästan färglösa, gula, ljusbruna eller gröna och ibland tydligt optiskt zonerade.

Dessa turmalinrika skikt kan mycket väl kallas för turmaliniter. Enligt Slack (1982 s. B84) är turmaliniterna stratabundna bergarter som innehåller 20 vol-% eller mer turmalin.

Några analyser av Pahakurkiogruppens bergarter finns i tabell 1. Analyserna har utförts av LKAB:s laboratorium i Malmberget.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
%	SiO_2	59.1	60.7	58.1	61.2	47.8	60.2	62.4
	TiO_2	0.86	0.75	0.68	0.71	0.73	0.71	0.67
	Al_2O_3	16.2	21.2	19.8	15.9	12.6	14.0	10.6
	Fe tot	6.8	4.8	6.5	4.4	13.0	6.0	7.7
	MnO	0.04	0.02	0.07	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
	MgO	4.15	3.25	3.44	3.30	3.21	3.98	3.02
	CaO	1.29	0.88	0.82	1.68	0.56	0.61	0.86
	Na_2O	2.24	1.43	1.48	2.80	0.46	1.05	0.74
	K_2O	4.90	4.67	4.43	4.70	0.78	0.08	0.14
	P_2O_5	0.13	0.12	0.05	0.09	0.11	0.23	0.21
	S	0.38	0.07	0.32	0.13	14.4	5.29	5.33
ppm	Be	1	2	2	1	<1	<1	3
	B	10	85	25	15	13200	17200	10000
	Sc	3	20	10	10	<5	30	25
	V	60	125	60	80	95	155	135
	Cr	80	100	100	70	110	170	165
	Mn	100	200	300	50	25	25	30
	Co	5	20	20	5	35	90	63
	Ni	15	25	35	35	50	45	65
	Cu	2	25	500	10	<50	<50	425
	Zn	<25	20	760	<20	<50	<50	9100
	Ge	<2	2	<2	<2	<5	<5	6
	As	<20	<10	<10	<10	175	<50	<50
	Sr	50	125	100	80	10	10	10
	Y	3	20	10	5	10	50	35
	Zr	50	100	50	50	<20	40	100
	Nb	<10	<10	<10	<10	<20	<20	<20
	Mo	10	40	20	10	<30	<30	<30
	Sn	<2	2	<2	2	<5	20	<5
	Sb	<20	<20	<20	<20	<10	<10	<10
	Te	<20	<20	<20	<20	<50	<50	<50
	Ba	400	400	450	800	125	<50	<50
	La	10	40	25	10	60	160	70
	Ce	<50	<50	<50	<50	<100	<100	<100
	W	<100	<100	<100	<100	<200	<200	<200
	Tl	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Pb	10	5	200	<5	<5	<5	1690
	Bi	<10	<10	<10	<10	<20	<20	<20

1. metapelit, KKUR-1 256.00-257.00 m
2. dito , KKUR-2 96.00- 97.00 "
3. dito , KKUR-9 135.00-136.00 "
4. dito , KKUR-11 212.00-213.00 "
5. turmalinit, KKUR-16 262.15-264.15 "
6. dito , KKUR-17 92.25- 93.10 "
7. dito , KKUR-17 100.90-101.80 "

Analysering: Na_2O med AAS (Pye Unicam), S med Leco SC 132, resten av huvudelementen med XRF (ARL 72000), spårelementen med optisk emission (Hilger & Watts E 742, fotografisk).

Tabell 1. Kemiska analyser av Pahakurkiogruppens bergarter.



Fig. 9. Metapelit i Kurkkionvaara (Pahakurkiogruppen)



Fig. 10. Turmalinit i Kurkkionvaara (Pahakurkiogruppen)

5.2. Kalixälvgruppen

Ovanpå Pahakurkiogruppens metasediment finns en ca 20 m bred konglomerathorisont med enstaka bollfria eller bollfattiga partier. Bollarna är i allmänhet centimeter till decimeter stora. De består huvudsakligen av kvarts (chert) och intermediär vulkanit. Bollarna är vanligen ganska rundade men många av kvartsbollarna är avlånga och ser ut som om de hade blivit deformerade redan innan cherten hade konsoliderats. Det finns också enstaka, små bollar av brun turmalinit och eventuellt även kvartsit. Liknande bruna turmalindominerade inlagringar påträffades i undre delen av konglomeratet i borrhål KKUR-7 och KKUR-12.

De bollfria skikten och mellanmassan i konglomeratet består av liknande material. Det är ljusgrått och ojämnkornigt. Huvudmineralen består av oligoklas, kvarts och ljusbrunt flogopitiskt glimmer. Dessutom förekommer underordnat turmalin, rutil och apatit. Typiskt för dessa skikt är en impregnation av magnetkis och pyrit som kan vara ganska rik.

Kalixälvgruppens bergarter strax väster om konglomeratet skiljer sig tydligt från Pahakurkiogruppens glimmerförande metasediment. De består huvudsakligen av omvandlade intermediära pyro- och vulkanoklastiska sediment som är fin- till medelkorniga. Färgen varierar från grå till grön och röd. Huvudmineralen är oligoklas, mikroklin, pyroxen, amfibol, epidot och i vissa skikt biotit. Dessutom kan det uppträda titanit, kvarts, klorit och skapolit. I vissa skikt dominerar oligoklas, i några skikt mikroklin. Den kemiska sammansättningen varierar något men den är i stort sett trakyandesitisk. Andalusitskiffrar, som liknar Pahakurkiogruppens bergarter, finns dock högre upp i stratigrafin längre bort mot sydväst (se kap. 4.2).

Vulkaniterna är vanligen kisförande. Pyrit uppträder som enstaka korn eller som en fattig till rik impregnation. Vissa skikt är rika på magnetkis. Även spår av kopparkis förekommer. På flera ställen uppträder några millimeter tjocka titanit-magnetitrika skikt, ofta flera sådana tillsammans.

I borrhål KKUR-15 påträffades ett ca 3 cm brett, ljusgrått kvartsskikt som troligen består av ett omkristalliserat chertlager (fig. 11). Möjligheten att detta är en kvartsgång kan inte helt uteslutas.

En del av de vulkanoklastiska skikten är bollförande. Oftast är det fråga om några enstaka bollar (fig. 11), men ibland uppträder även mycket bollrika, konglomeratiska partier. Dessa är dock inte pyrit- och magnetkisrika såsom konglomeratet strax ovanpå Pahakurkiogruppen. Mellanmassa består av grovkornigt skarnigt material med pyroxen, amfibol, epidot, kvarts, kalcit och ibland granat som huvudmineral. Ställvis förekommer ganska rik magnetitimpregnation. Bollarna är i regel centimeter till decimeter stora och ganska rundade. De består av kvarts och intermediära vulkaniter med varierande utbildning. En del av bollarna är tydligt porfyriska.

En del av vulkanitbollarna är starkt skapolitiserade. Dessutom förekommer skikt där skapolit är ett av huvudmineralen.

Några analyser av Kalixälvgruppens bergarter finns i tabell 2. Analyserna har utförts av LKAB:s laboratorium i Malmberget.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
%	SiO_2	59.8	63.5	61.7	60.1	58.9	53.4	43.8
	TiO_2	0.88	0.72	0.77	0.71	0.77	0.49	0.53
	Al_2O_3	13.9	14.9	14.4	13.3	11.6	8.85	9.46
	Fe tot	5.6	3.3	4.2	4.7	10.2	16.6	23.2
	MnO	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01	<0.01	<0.01
	MgO	2.81	2.68	2.91	2.60	2.50	2.19	1.54
	CaO	5.68	5.51	4.04	3.72	0.96	0.79	0.55
	Na_2O	5.18	6.82	4.86	4.59	4.36	3.16	2.36
	K_2O	2.30	0.73	2.47	2.59	1.33	1.32	2.29
	P_2O_5	0.22	0.20	0.20	0.17	0.23	0.14	0.20
	S	0.53	0.04	2.03	2.27	6.54	12.1	14.0
ppm	Be	1	2	1	1	1	1	<1
	B	20	30	10	30	350	600	900
	Sc	10	20	5	15	3	2	3
	V	150	150	90	125	80	55	90
	Cr	150	85	80	100	60	35	20
	Mn	850	250	125	175	40	25	20
	Co	15	20	5	15	25	60	25
	Ni	15	25	30	35	60	40	45
	Cu	40	35	100	125	500	500	750
	Zn	25	175	50	175	4000	30	20
	Ge	3	2	3	6	4	4	4
	As	<20	<10	<20	<10	<20	125	<10
	Sr	850	250	200	300	50	10	20
	Y	15	20	10	25	2	5	4
	Zr	175	100	60	75	60	15	45
	Nb	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Mo	20	40	10	15	10	10	10
	Sn	5	10	10	15	<2	2	<2
	Sb	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
	Te	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
	Ba	1800	125	1300	750	350	275	550
	La	25	35	<10	50	<10	25	25
	Ce	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
	W	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
	Tl	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Pb	5	5	5	<5	2300	5	<5
	Bi	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

1. intermediär vulkanit, KKUR-1: 23.60- 24.60 m
2. dito , KKUR-3: 24.80- 25.80 "
3. dito , KKUR-4: 149.40-150.40 "
4. dito , KKUR-7: 37.80- 39.80 "
5. konglomerat , KKUR-2: 38.20- 40.20 "
6. dito , KKUR-3: 60.50- 62.50 "
7. dito , KKUR-7: 56.20- 58.20 "

Analysering: Na_2O med AAS (Pye Unicam), S med Leco SC 132, resten av huvudelementen med XRF (ARL 72000), spårelementen med optisk emission (Hilger & Watts E 742, fotografisk).

Tabell 2. Kemiska analyser av Kalixälvgruppens bergarter



Fig. 11. Intermediär vulkanit med chertskikt eller kvartsgång (övre), intermediär vulkanit med en porfyrisk boll (nedre)

6. MINERALISERINGEN I KURKKIONVAARA

Den första indikationen på zinkblände och blyglans i Kurkkionvaara var det lilla blocket som hittades i det transporterade vägmaterialet ca 11 km sydost om berget. Inga mineraliserade hällar påträffades i Kurkkionvaara men på bergets västra sluttning hittades flera magnetkis- och/eller pyritförande block. Dessa innehöll varken zinkblände eller blyglans och bara spår av kopparkis. Ibland var nästan all kis bortvittrad. En del av blocken bestod av konglomerat, av vilka några vid senare grävningar visade sig ligga nästan in situ. De flesta av de kisförande blocken bestod av intermediära gångbergarter med magnetkis som fattig impregnation. Blocken var upp till 0.5-1.0 m stora och uppträdde ofta som lokala blockanhopningar. I en häll och i flera block observerades sericitisering indikerande hydrotermala omvandlingar i området.

Uppfattningen om mineraliseringen baserar sig på resultaten från diamantborrningen, varvid flera olika typer av mineraliseringar påträffades.

Zinkblände och blyglans uppträder alltid tillsammans. De påträffas huvudsakligen i Pahakurkiogruppens metasediment, men också i den ovanliggande kisrika konglomerathorisonten, framför allt i dess övre del. De förekommer vanligen i sprickor, men i några skikt har även enstaka korn eller fattig impregnation påträffats. I undantagsfall har det bildats mineraliserade partier där den totala Zn-Pb-halten kan uppgå till några procent. Bredden på dessa rikare partier är bara 0.4-2.0 m men den totala mineraliserade bredden kan vara flera meter.

Zn-Pb-sprickor finns i varje borrhål och på flera olika stratigrafiska nivåer. Vanligen är det fråga om bara några enstaka, tunna sprickor. Bredden är oftast bara 1 mm eller under. Sprickorna står vanligen ganska brant i förhållande till lagringen. Ibland förekommer även vit kalcit i dessa sprickor. Zinkbländet är brunt eller gulbrunt och båda färgerna förekommer tillsammans.

Det framgår tydligt ur fig. 12 att Zn och Pb förekommer mycket spritt. Enstaka sprickor finns dessutom även utanför de analyserade sektionerna. Zn/Pb-förhållandet varierar mycket. Zink dominerar vanligen men i vissa skikt är blyhalten betydligt högre än zinkhalten.

Det finns ibland en tydlig positiv korrelation mellan B- och Zn+Pb-halten vilket framgår ur fig. 13. Men många av de turmalinrika skikten innehåller inte zinkblände och blyglans och många av de mineraliserade sektionerna visar inte förhöjda borhalter.

Fe-sulfider, magnetkis och/eller pyrit förekommer allmänt i olika bergarter såväl inom Pahakurkiogruppen som i Kalixälvgruppen. Det är vanligen fråga om enstaka korn eller om fattig impregnation men det finns även flera 0.5-2 m breda skikt på olika stratigrafiska nivåer med rikare impregnation där svavelhalten uppgår till 5-15 %.

Den mäktigaste magnetkis- och pyritförekomsten utgöres av den ca 10-20 m breda konglomerathorisonten strax ovanpå Pahakurkiogruppen (se fig. 4, 14, 15). Kisen uppträder huvudsakligen som impregnation i mellanmassan och i de bollfria eller bollfattiga mellanskikten som finns i konglomeratet. Något kopparkis förekommer allmänt men halten är låg. Den varierar i regel mellan 500 och 2000 ppm.

Det visade sig vid grävningarna att konglomeratet är starkt vittrat vid 3500N/1400E (se fig. 15). Denna förvittringszon, som måste vara preglacial, sammanfaller med en sprickzon.

Mer eller mindre kompakta sprickor av magnetkis är mycket vanliga inom Pahakurkiogruppen. Bredden varierar från några millimeter till ca 30 cm. Svavelhalten i tre analyserade sektioner är 28-31 %, kopparhalten 35-500 ppm, zinkhalten 20-760 ppm och blyhalten 50-200 ppm. Många av de magnetkisrika sprickorna ligger mer eller mindre parallellt med lagringen och deras orientering skiljer sig således från de zinkblände- och blyglansförande sprickorna. Sprickor finns dock även i andra riktningar. Magnetkisens magnetiska egenskaper varierar. Detta gäller både när den förekommer som impregnationer och sprickor.

Flera olika bergartstyper analyserades på Au och Ag med negativa resultat. Den högsta Au-halten var 0.1 ppm och Ag-halten 14 ppm.

Nickel- och kobolthalten är vanligen låg. Även i de skikt som innehåller en ganska rik impregnation av magnetkis och pyrit är Ni- och Co-halten bara några tiotals ppm. I de magnetkisrika sprickorna är halterna betydligt högre och kan uppgå till 1900 ppm Ni och 640 ppm Co.

Flera analyssektioner av olika bergartstyper visar små förhöjningar på As. Halten varierar i regel mellan 20 och 200 ppm. Den högsta halten är 710 ppm. Bara i undantagsfall kan man se arsenikkis makroskopiskt.

Bariumhalten är ofta förhöjd och 1000-2000 ppm Ba är vanligt förekommande i olika bergarter. I undantagsfall kan halten vara något högre.

.....

Sedimentationen i Kurkkionvaara-området skedde i grunt vatten (se kap. 11) och i början relativt lungt. Det fanns varma källor eller fumaroler som var aktiva under en lång period. De flertal mindre turmalinitskikten och mineraliseringarna tyder på att detta hydrotermala system var B-rikt och Zn-Pb-Cu-förande. Var dessa element ursprungligen kommer ifrån är oklart men p.g.a. den omfattande vulkaniska aktiviteten i området kan man vänta sig stora geotermala gradienter vilket kan ha lett till en omfattande selektiv urlakning och mobilisering av olika element i den underliggande berggrunden.

Det kisrika konglomeratet indikerar en förändring i sedimentationsmiljön och/eller i vulkanismen. Troligen på grund av synsedimentära förkastningar ändrades paleotopografin i bassängen och nya kanaler öppnades för svavelrika, malmförande lösningar. Den vulkaniska verksamheten i området aktiverades eller åtminstone flyttades närmare Kurkkionvaara.

Åtminstone mineraliseringen i konglomeratet är proximal, d.v.s. den bildades nära tillförselkanalen. De mer eller mindre kompakta magnetkissprickorna i metapeliten, som finns under konglomeratet, utgör möjligen tillförselkanaler till de malmförande lösningarna. Dessa lösningar förorsakade ställvis hydrotermala omvandlingar i metapeliter varvid bl.a. sericitisering ägde rum. Vid dessa omvandlingar minskade bl.a. natrium- och kalciumhalten men kalium- och svavelhalten ökade i stället.

De tunna Zn-Pb-sprickorna bildades senare. En del av den fattiga zinkblände- och blyglansimpregnationen mobiliserades på grund av tektoniska rörelser och uppstigande lösningar. Sprickorna är vanligen mycket lokala, men i undantagsvis i större sprickzoner kan metallerna ha rört sig längre sträckor.

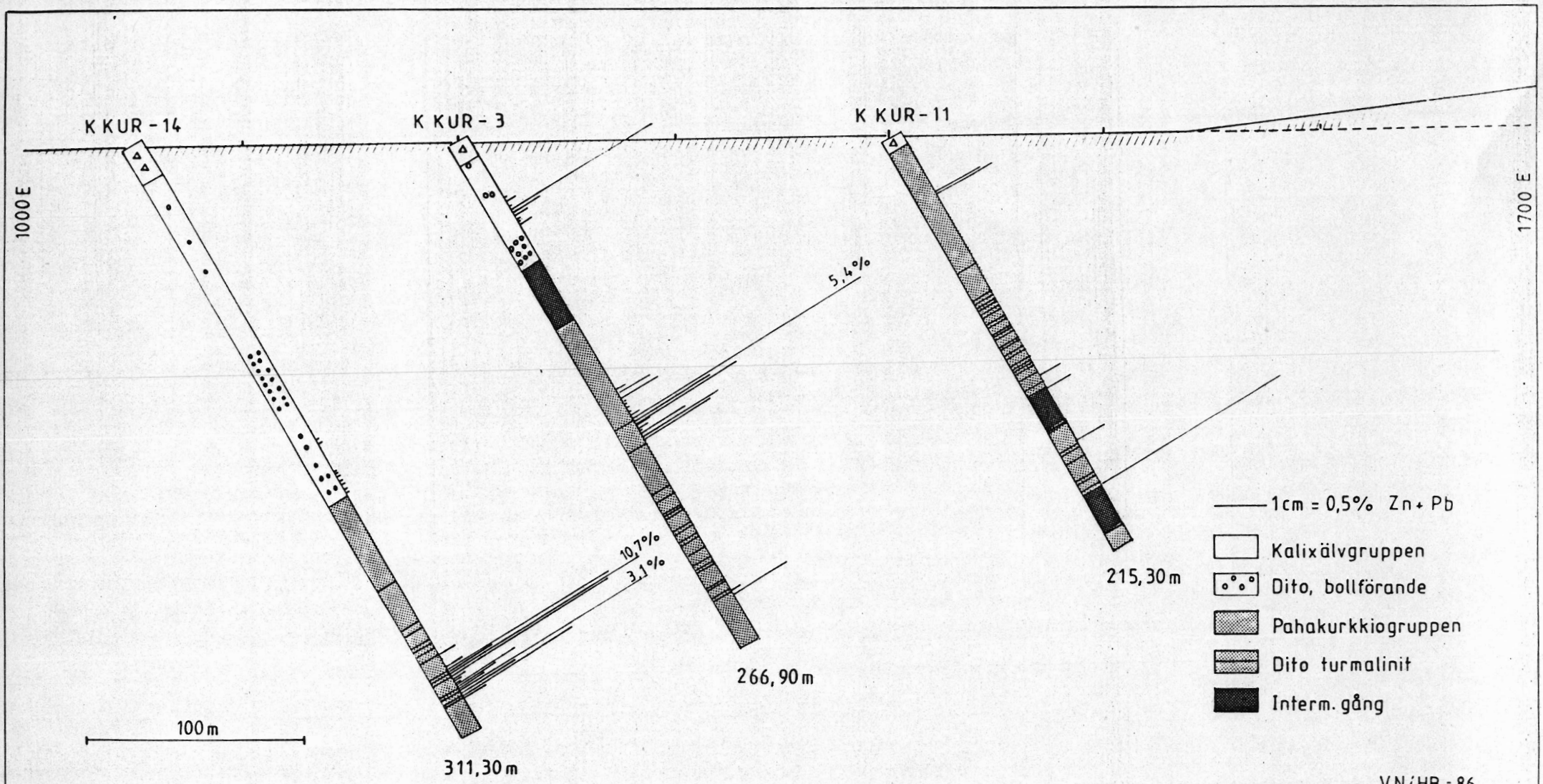


Fig. 12 Borrprofil 2100N (KKUR-3, -11 och -14)

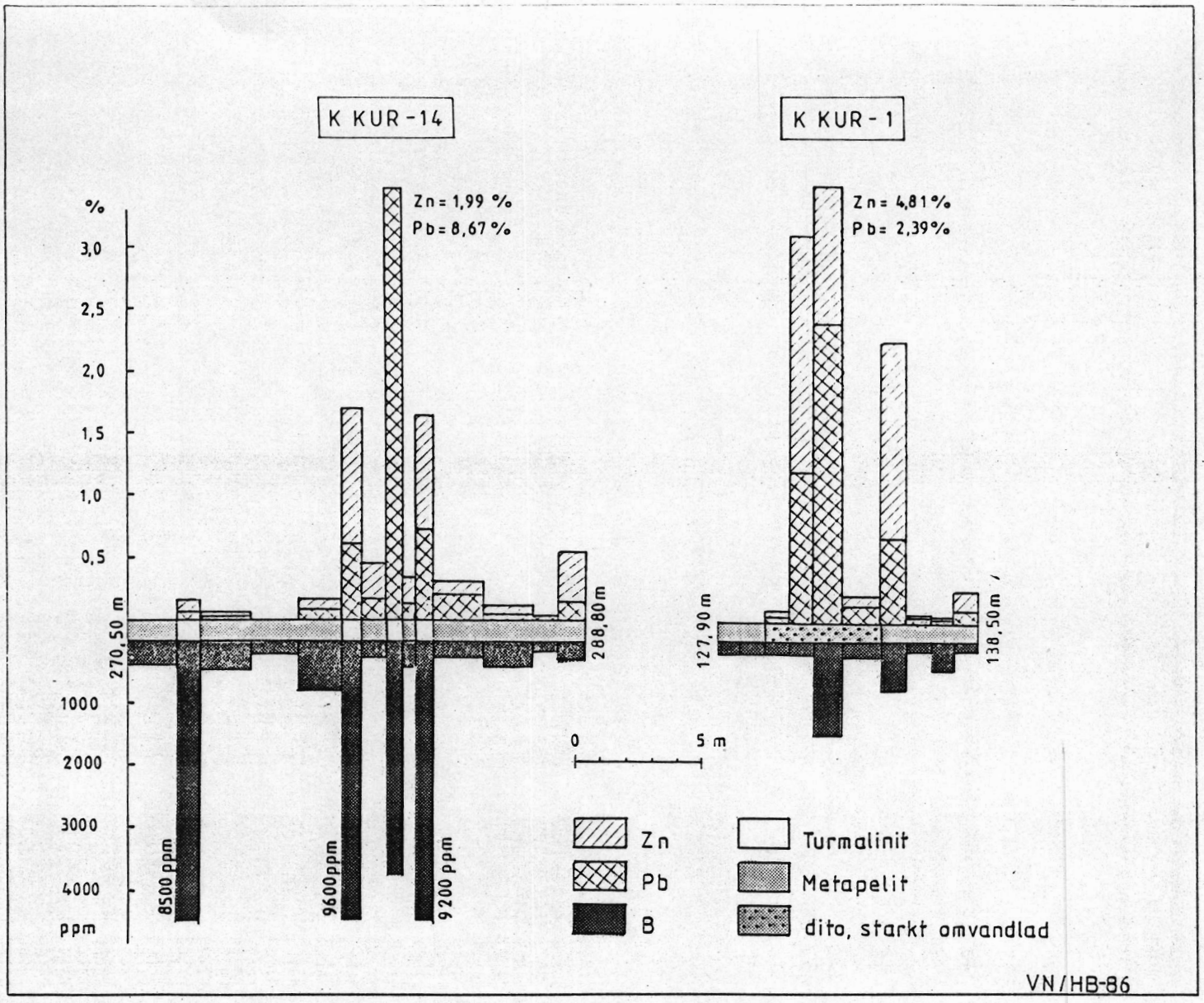


Fig. 13 Korrelationen mellan Zn-, Pb- och B-halten (KKUR-1 och KKUR-14)



Fig. 14. Icke vittrat kisrikt konglomerat i Kurkkionvaara (2500N/1280E) där ytan blivit anlöpt först efter sprängningen



Fig. 15. Starkt vittrat konglomerat i Kurkkionvaara (3500N/1400E)

7. TURMALIN

Turmalin är ett vanligt aksessoriskt mineral i olika bergarter i Kurkkionvaara och i vissa pegmatiter kan det finnas rikligt med centimeter- till decimeterstora svarta turmalinkristaller. De tidigare i kap. 5. beskrivna turmaliniterna är dock av speciellt intresse på grund av sin kemiska och mineralogiska sammansättning. Hur har de bildats?

Ett detritalt ursprung är uteslutet p.g.a. bergartens textur och mineralsammansättning (se kap. 5) och de metasomatiska omvandlingarna kan knappast ske så selektivt att sådana tunna stratabundna turmalinitskikt bildas.

Boren måste ha hört till den primära sammansättningen i dessa skikt och på grund av det stora antalet turmalinitskikt är det uppenbart att upprepade borrika emanationer skedde i vatten. Varifrån boren kom och vad den primära borföreningen var är öppna frågor. Löslighetsprodukten för denna borförening överskreds och en utfällning ägde rum, troligen tillsammans med kiselsyra. Ibland blev fällningen kontaminerad av annat sedimentmaterial, t.ex. vulkanisk aska. Den nuvarande mineralsammansättningen bildades senare genom isokemiska omvandlingar under diagenesen och/eller metamorfosen för att bättre motsvara de förändrade tryck- och temperaturförhållandena.

Sedimentationen skedde i grunt vatten i en strandnära miljö. Förekomsten av skapolit i vissa metasedimentskikt tyder på att miljön i området ställvis troligen var evaporitisk (se kap. 11).

De turmalinförande pegmatiterna är mycket intressanta i detta sammanhang. Det kan knappast vara en tillfällighet att både i Kurkkionvaara och i Tiankijoki, som ligger ca 6 km sydost om Kurkkionvaara i samma stratigrafiska läge, finns såväl turmaliniter som turmalinrika pegmatiter. Det verkar troligt att boren i dessa pegmatiter inte kommer från graniten från början utan genom kontamination av de borrika sedimenten i närheten. Om detta stämmer har turmalingraniterna, åtminstone i vissa områden, stor betydelse för malmletningen. De kan nämligen indikera ett borrikt hydrotermalt system som åstadkommit stratabundna turmaliniter och/eller turmalinrika spricksystem nära tillförselkanalen. Sådana hydrotermala system har på många ställen i världen visat sig vara förknippade med malmer av olika slag.

Några exempel på malmförekomster som finns i eller i närheten av turmalinrika metasediment är följande: Pb-Zn-Sn-malm i Sullivan i Kanada (Ethier och Campbell 1977), Sn i Cleveland i Tasmania (Cox och Glasson 1971), Au i Passagem de Mariana i Brasilien (Fleischer och Routhier 1973), W i Tshontonda i Zimbabwe (Cunningham, Höll och Taupitz 1973).

Framför allt under de senaste åren har de turmalinrika sedimenten och deras samband med olika malmer och mineraliseringar väckt växande intresse. Ethier och Campbell (1977) har beskrivit turmalin i proterozoiska sediment i Aldridge-formationen i British Colombia i Kanada. Vissa typer av metasediment innehåller över 35 % turmalin. Författarna anser att turmalin och de stratiforma sulfiderna är syngenetiska och ger två alternativa bildningssätt för de turmalinrika skikten. Enligt det första alternativet är det fråga om en B- och Si-rik kolloid, som eventuellt är rik även på lerpartiklar. Enligt det andra alternativet bildas turmalin in situ i en slam (ooze) genom en direkt kristallisation ur borrika saltlösningar. Inga observationer tyder på en evaporitisk miljö.

Slack (1982) har skrivit om turmalin i appalackiska och kaledoniska sulfidförekomster. Han anser att boren härstammar från samma submarina, exhalativa processer som även förorsakat malmbildningen. Inga evaporiter har påträffats i eller i närheten av de stratigrafiska enheter som innehåller de turmalinförande sulfidförekomsterna.

Slack et al. (1984) noterar det nära sambandet mellan turmaliniter och stratabundna malmförekomster av olika slag. De anser att turmalinrika kvartsgångar och turmalinförande pegmatiter i många fall indikerar näraliggande turmaliniter.

Taylor och Slack (1984) har undersökt turmalinens texturella, kemiska och isotopiska förhållanden i appalackiska och kaledoniska sulfidförekomster. Enligt dem är turmalinens sammansättning oberoende av sulfidsammansättningen och den vanligt förekommande zoneringen i turmalin indikerar variationer i fluid-sammansättningen under dess tillväxt.

Appel (1985) beskriver turmalinrika skikt i arkeiska Malene amfiboliter och metasediment i västra Grönland, där turmalinhalten i vissa tunna skikt kan gå upp till 60 %. Ibland förekommer även scheelit. Sedimentationen antas ha skett i djupt vatten.

Inga turmaliniter har tidigare beskrivits i Norrbotten men turmalinförande och även turmalinrika graniter, pegmatiter och suprakrustala bergarter har konstaterats på flera ställen i länet, ofta i eller i närheten av olika mineraliseringar. Turmalinen har dock som regel ansetts vara genetiskt förknippad med graniter.

T.ex. i Nautanen-området, strax NO om Gällivare (Geijer 1918), är turmalinrika eller -förande graniter (pegmatiter) mycket vanliga. De genomsätter en leptitformation där småskalig kopparbrytning eller försöksdrift har bedrivits på flera ställen. Dessa lokaler är Nautanen, Liikavaara, Sorvanen, Nietsajoki, Fridhem, Snålkok, Juoikama och Sakakoski. I Nautanen har man även utvunnit järnmalm och i Fridhem har guld påträffats. Turmalin förekommer i leptitformationen också. Enligt Geijer (op.cit.) är malmbildningen och turmaliniseringen tydligt epigenetiska, och förekomsten av turmalin anger en viss släktskap mellan granitmagman och de malmbildande emanationerna.

Zweifel (1976) har beskrivit en kopparmalm i Aitik som ligger ca 15 km öster om Gällivare. Pegmatitgångar med svart turmalin är vanliga och turmalin förekommer även i malmen. Zweifel anser att turmaliniseringen i Aitik är yngre än mineraliseringen men samtidig med pegmatiterna. Han drar denna slutsats p.g.a. att de turmalinförande pegmatiterna inte är mineraliserade men övertvärar mineraliseringen. Dessutom finns det en infiltration av turmalin från pegmatiten in i de omgivande bergarterna.

Ca 4 km öster om Aitik finns en kopparmineralisering Liikavaara Östra, som innehåller förutom koppar även något zinkblände och blyglans (Zweifel op.cit.). Turmalin förekommer i mineraliseringen men också i de omgivande glimmerskiffrarna som impregnation eller som felser.

Turmalingraniter har påträffats också i Svappavaara-fältet som ligger ca 40 km SO om Kiruna (Frietsch 1966). I detta område finns förutom järnmalmer även mindre sulfidmineraliseringar, bl.a. Gruvberget (bornit, kopparkis, kopparglans) och Kiilavaara (kopparkis, zinkblände, blyglans).

Turmalin förekommer som impregnation även i Kiruna-områdets Hauki syenitporfyr i nära anslutning till järnmalmerna (Forsell 1986).

I Lannavaara-området, ca 75 km ONO om Kiruna, finns tre järnförekomster: Kevus, Sattavaara och Teltaja. I sin beskrivning av dessa förekomster nämner Frietsch (1985 s. 13, 31) att t.o.m. rik turmalinimpregnation kan ställvis förekomma i de omgivande trakyterna. Frietsch anser att turmalin tillsammans med skapolit indikerar hydrotermala, metasomatiska processer som varit rika på flyktiga ämnen. Ca 1 km sydväst om dessa förekomster finns ett stråk av karbonatbergarter, som innehåller en Zn-Pb-Cu-mineralisering (Huornaisenvuoma).

Ca 15 km NNV om Pajala finns en något sulfidförande skarnjärnmalm, Stora Sahavaara där turmalin uppträder relativt rikligt i sprickor och som små korn i de omgivande bergarterna (Lundberg 1967).

.....

Med erfarenheter från Kurkkionvaara kan man anta att turmalin och turmalinisering i de ovannämnda områden i Norrbotten inte alltid beror på metasomatiska processer vid uppträngning av graniter. I många fall torde det vara fråga om primära, synsedimentära bormineraliseringar som senare ställvis mobiliserats.

Den borrika hydrotermala verksamheten är ganska specifik. Därför borde det vara möjligt att använda borrika metasediment för stratigrafiska korrelationer mellan olika områden. De finkorniga turmaliniterna kan dock vara svåra att känna igen makroskopiskt. Turmalinförande pegmatiter kan säkerligen i vissa fall användas för att lokalisera borrika hydrotermala system och såsom det framgår av det ovan sagda uppträder sådana pegmatiter allmänt i eller i närheten av olika mineraliseringar även i norra Norrbotten.

8. CHERT

Chert (metachert) förekommer i Tärendö-området såväl i grönstensgruppen som i Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen (porfyrgruppen).

I Hietajoki, ca 9 km ONO om Kurkkionvaara, finns flera upp till några decimeter tjocka ljusgråa skikt av chert vilka inte har nämnts tidigare. Dessa ligger stratigrafiskt strax under en dolomit som enligt Padget (1970) hör till den övre delen av grönstensgruppen.

I Pahakurkiogruppen finns det smärre konglomeratskikt där bollmaterialet nästan uteslutande består av upp till decimeter stora chertbollar. I Kursuvaara, ca 7 km nordost om Kurkkionvaara, finns dessutom ett ca 0.5-0.7 cm tjockt skikt av chert. I detta skikt kan man ställvis se cirkulära sprickor och alldeles intill skiktet finns runda chertbollar som utan tvekan ursprungligen hör till detta skikt (se fig. 16 och 17).

Enstaka upp till decimeter stora chertbollar förekommer också i olika skikt inom Kalixälvgruppens bergarter. I vissa konglomeratiska skikt utgörs en stor del av bollmaterialet av chert.

På grund av den omfattade vulkaniska och hydrotermala aktiviteten i området och det nära sambandet med turmaliniter är det troligt att de ovannämnda chertskikten är exhaliter som har bildats genom kemiska utfällningar.

Chertbollarna i Tärendö-området har tidigare tolkats bestå av kvartsit eller gångkvarts (Padget 1970 s. 28, Eriksson 1954 s. 26, Ödman 1939 s. 75). Texturen och sammansättningen visar dock att det för det mesta är det fråga om chert (kvarts) och inte om klastisk kvartsit. Om bollarna vore gångkvarts är det underligt att man inte har observerat rika kvartsgångsystem någonstans i närheten och under de konglomerat som är rika på kvartsbollar.

Ett konglomerat, som nästan enbart består av välrundade bollar av hårt material såsom kvarts, tolkas i regel vara en produkt av kraftig förvittring och erosion eller/och lång transport. Men så behöver det inte alltid vara såsom fig. 16 och 17 visar där de runda chertbollarna har bildats praktiskt taget in situ. Detta har troligen skett under uttorkning av det konsoliderande kiselsyregelet.

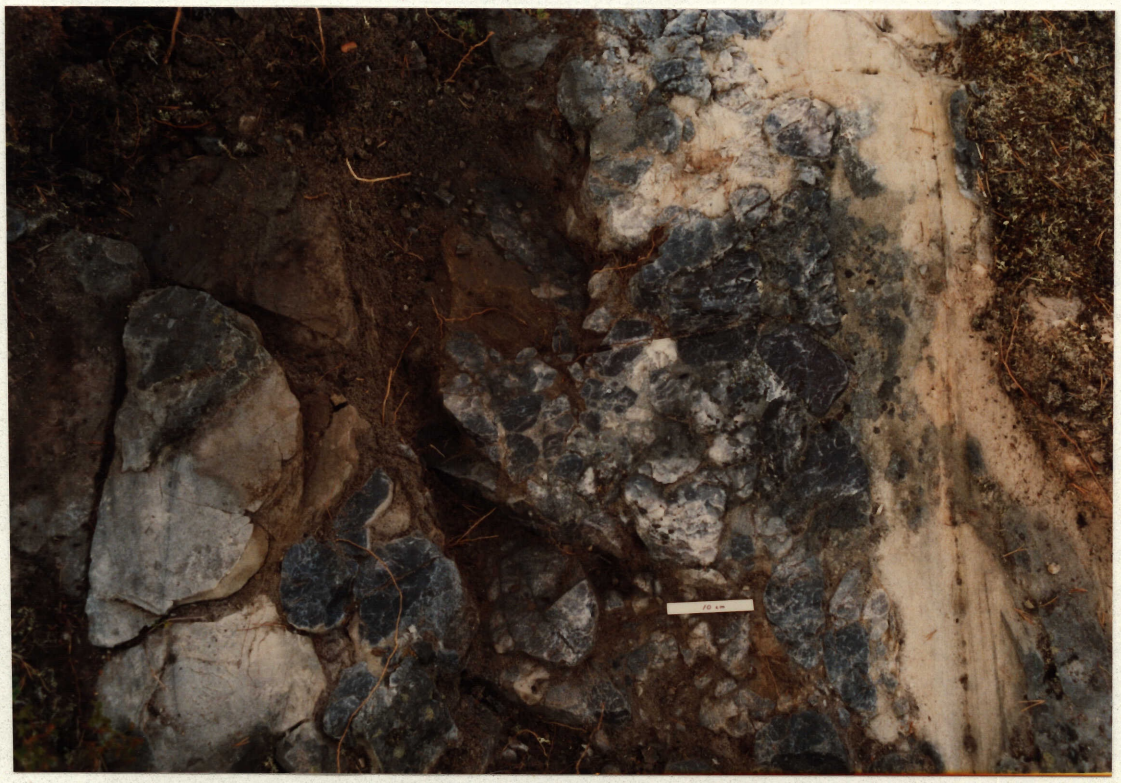


Fig. 16. Chertskikt med chertbollar (Kursuvaara, Pahakurkiogruppen)

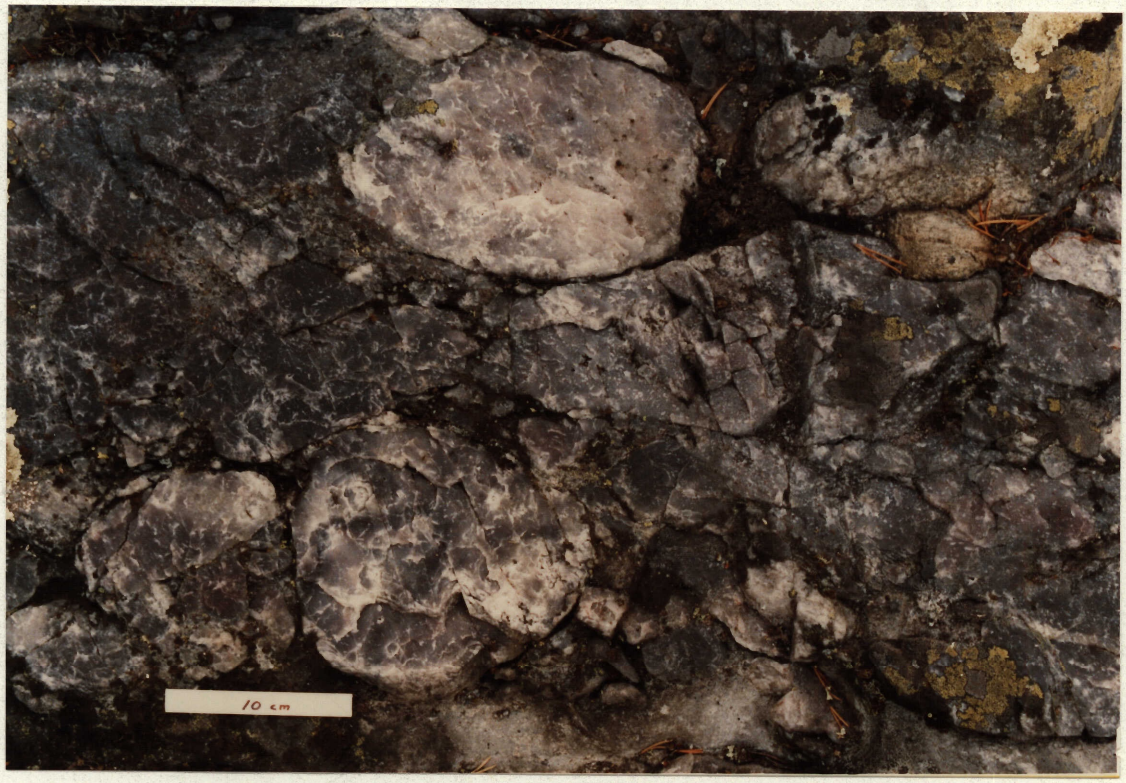


Fig. 17. Chertskikt med cirkulära sprickor (Kursuvaara)

9. ALBIT

Detta kapitel behandlar inte albit och dess uppträdande i allmänhet utan man diskuterar dess ursprung i vissa finkorniga albitfelsliknande metasedimentskikt i Kurkkionvaara och i dess omgivning. Mineralets sammansättning varierar mellan albit och oligoklas men i fortsättningen användes bara ordet albit utan att ta hänsyn till den något varierande sammansättningen.

De finkorniga ljusa skikten består huvudsakligen av kvarts och albit som förekommer i olika proportioner. I vissa skikt är det ena helt dominerande. Dessutom kan det uppträda bl.a. glimrar och titanit. Något karbonat är vanligt förekommande. Turmalin kan saknas helt eller förekomma i varierande halter, ibland så mycket att gränsdragningen mellan dessa skikt och turmalinit är svår.

Hur har dessa skikt bildats? Om man anser att turmaliniten är ett omvandlat kemiskt sediment (se kap. 7) kan man även tänka sig ett liknande ursprung för de albit-kvarts-dominerande skikten som ofta är turmalinförande. Variationerna i sammansättningen kan bero på kontamination, bl.a. av vulkanisk aska.

En omvandlad tuff är ett annat alternativ. Om finkorniga askpartiklar hamnar i vatten som kan vara ganska varmt och reaktivt i vulkaniskt aktiva områden, kan omfattande omvandlingar väntas ske i den ursprungliga mineralsammansättningen.

Olika zeoliter är vanliga sekundära mineral i omvandlade vulkaniska bergarter (Fischer och Schmincke 1984). Av dessa zeoliter är analcim av speciellt intresse i detta sammanhang då den vid högre temperaturer reagerar med kvarts och albit bildas enligt följande reaktion:

$$NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O + SiO_2 = NaAlSi_3O_8 + H_2O$$

Denna reaktion har undersökts experimentellt bl.a. av Campbell och Fyfe (1965) och Thompson (1971).

Analcim är inte alltid en omvandlingsprodukt utan den kan även bildas genom en kemisk sedimentation. I Lake Magadi i Kenya har man identifierat ett gel som utgörs av ett Na-Al-silikat (Eugster och Jones 1968). Detta bildas när hett alkalint vatten från varma källor reagerar med alkalitrakyt. När gelet kristalliserar bildas analcim. Men om gelet blir utspädd med vatten och Na_2O-halten minskar på grund av urlakningen bildas Na-montmorillonit i stället för analcim.

Det är troligt att albit i de finkorniga skikten i Kurkkionvaara-området har bildats ur analcim, men det är svårt att avgöra om denna härstammar från ett kemiskt sediment eller från en omvandlad vulkanisk aska.

.....

I Lake Magadi har man påträffat även ett annat intressant Na-silikat som heter magadit. Detta silikat fälls ut genom följande reaktion (Eugster 1969 s. 20):

$$7H_4SiO_4(aq)+Na^+(aq) = NaSi_7O_{13}(OH)_3\cdot 3H_2O(s)+9H_2O(ag)+H^+(aq)$$

Magaditen kan omvandlas till chert, antingen direkt eller via kenyait enligt följande reaktioner (op.cit. s. 22):

$$NaSi_7O_{13}(OH)_3\cdot 3H_2O(s) + H^+ = 7SiO_2(s) + Na^+ + 5H_2O$$

$$22NaSi_7O_{13}(OH)_3\cdot 3H_2O(s) + 8H^+ = 14NaSi_{11}O_{20.5}(OH)_4\cdot 3H_2O(s) + 8Na^+ + 33H_2O$$

$$NaSi_{11}O_{20.5}(OH)_4\cdot 3H_2O(s) + H^+ = 11SiO_2 + Na^+ + 5.5H_2O$$

På grund av sin sammansättning borde magaditen vara intressant även med tanke på albitbildningen. Under vilka förhållanden den skulle reagera med någon Al-förening för att bilda albit är dock oklart för undertecknad.

10. SKAPOLIT

Skapolit uppträder allmänt i olika bergarter i norra Norrbotten. Ofta är det fråga om porfyroblaster i varierande mängder, men dessutom har man påträffat skapolitrika felser på många ställen.

Skapolit förekommer även i Kurkkionvaara-Tiankijoki-området inom olika stratigrafiska grupper. Den uppträder ofta i vissa bestämda skikt som kan vara ganska rika på skapolit. De närliggande skikten kan däremot vara helt utan denna. I Tiankijoki uppträder skapolit mycket rikligare än i Kurkkionvaara. Den förekommer vanligen i eller i närheten av karbonat- och grafitförande bergarter där skapoliten kan vara ett dominerande mineral i flera meter mäktiga skikt.

Skapolit och skapolitisering i norra Sverige har behandlats i många undersökningar. Sundius (1915) diskuterar ganska utförligt detta problem i sin beskrivning av geologin över Kiruna-området. Han anser att skapolitiseringen är en pneumatolytisk process som har förorsakats av djupbergarter, framför allt av basisk sammansättning. Han skriver (op.cit. s. 205): "Die Skapolithisierung ist unzweideutig eine pneumatolytische oder hydato-pneumatolytische Erscheinung, die eine umfassende Zufuhr von Chlor und Kohlensäure voraussetzt" och vidare: " Die Tiefengesteine und unter denselben sicher die Gabbro-Diabasgesteine, möglicherweise auch die saureren Gesteine, haben bei ihren Intrusionen zu der Skapolithisierung beigetragen".

Sedan Sundius har man som regel tagit för givet att skapolitbildningen är en pneumatolytisk eller metasomatisk process. Geijer (1918, 1931) anser att den regionala skapolitiseringen sammanhänger med Linagranitens bildning och denna uppfattning har allmänt accepterats i senare undersökningar (Ödman 1957 s. 105, Frietsch 1966 s. 93, Eriksson och Hallgren 1975 s. 130).

Frietsch (1966) nämner att bergarterna i Svappavaara-fältet är mer eller mindre kraftigt skapolitiserade. Han anser att skapolitiseringen är en regional metasomatisk process då klor och mindre mängder av koldioxid och svaveltrioxid har tillförts vid omvandlingen. Enligt honom har skapolit kunnat bildas endast i kalkiga lersediment där karbonat- och lermineral har reagerat med varandra under den regionala metamorfosen. Samtidigt har en metasomatisk tillförsell av klor ägt rum.

Eriksson och Hallgren (1975 s. 128) skriver: "Omvandlingen drabbar företrädesvis basiska och intermediära grönstenar, varvid i första hand plagioklasen angrips", och vidare: "Vid intensiv omvandling angrips även de mörka silikaten och bergartens ursprungliga textur bryts ner. Ur grönstenar uppkommer på detta sätt skapolit-biotitfelser eller ljusa skapolitbergarter med underordnade halter av biotit och ofta något hornblände".

Lundberg (1967) konstaterar att skapolitiseringen börjar vanligen med en omvandling av plagioklas och att även plagioklasen i graniten har delvis blivit omvandlad. Han anser att skapolitiseringen hänger ihop med granitiseringen och drar den slutsatsen att det måste ha funnits klorförande lösningar i den flyktiga granitiska fraktionen.

.....

Kan det verkligen vara graniten som kloren har kommit ifrån och åstadkommit den omfattande skapolitiseringen i Norrbotten? Detta verkar inte rimligt bl.a. av följande orsaker:

- Vad är det för granitisk magma som kan innehålla så mycket klor att en stor del av berggrunden i norra Norrbotten har blivit skapolitiserad?
- Varför följer skapolitiseringen inte bättre de granitiska massiven?
- Varför finns det inte någon zonering av skapolit runt graniterna?
- Hur har processen kunnat vara så selektiv att bara vissa skikt i vissa stratigrafiska enheter har blivit nästan helt skapolitiserade men de närliggande skikten är helt utan skapolit?
- Hur kan mineralen runt skapoliten se helt friska och opåverkade ut om den omfattande skapolitiseringen har varit en metasomatisk process?

Om man antar att klor är primär i de sedimentära bergarterna är det betydligt lättare att förstå det ovanstående. Det finns bevis av olika slag (grafitskiffer, karbonatbergarter, böljeslagsmärken, diskordansskiktning) på att en stor del av sedimentationen i norra Norrbotten skedde i vatten och att vattendjupet på flera ställen var litet. Det är troligt att vattnet var salt och olika saltmineral bildades i sediment i den strandnära miljön. Men var är detta salt nu? Eftersom saltmineralen har försvunnit måste denna klor sitta nu i något annat mineral. Ett mineral, som innehåller klor och har en stor utbredning i norra Sverige, är just skapolit.

De saltförande sedimenten har senare under metamorfosen blivit skapolitiserade genom isokemiska reaktioner och strabundna, skapolitförande skikt har bildats.

Då kloriderna är mycket lättflyktiga ämnen har en del av kloren säkerligen spridit sig i omgivningen under diagenesen och metamorfosen p.g.a. porositet och sprickor i berggrunden. På detta sätt har den oregelbundna skapolitiseringen i många bergarter av varierande slag bildats.

Den skapolitomvandlade plagioklasen i graniten som nämns av Lundberg (1967 s. 34) kan förklaras genom att graniten har blivit kontaminerad av de omgivande sedimenten i stället för att själv ha tillfört klor till sin omgivning.

.....

Det är ingen ny tanke att de skapolitförande skikten vore omvandlade saltförande lager. På flera håll i världen har man beskrivit skapolitförande metasediment där kloren har tolkats vara primär. Bl.a. White (1959) har studerat skapolitförande marmor och kalk-silikatbergarter i Tungkillo och Milendella i Australien och konstaterar (op.cit. s. 285) att kloren i skapoliten kommer från själva sedimenten.

Ramsay och Davidson (1970) har studerat skapolit i Mary Kathleen i Australien. De drar den slutsatsen (op.cit. s. 48) att skapoliten har bildats genom isokemiska metamorfosprocesser och att dess uppträdande är beroende av den evaporitiska haliten.

Serdyuchenko (1975) beskriver skapolitbergarter bl.a. från Aldan i Sovjet Unionen. Även han anser att de olika skapolitförande metasedimenten har bildats genom metamorfos av arkeiska saltförande sediment.

Kwak (1977) har undersökt förändringar i skapolitens sammansättning under metamorfosen och dess betydelse för identifiering av omvandlade evaporiter.

Tuisku (1981, 1985) har beskrivit berggrunden och skapolitiseringen i Kittilä i norra Finland. Han poängterar den regionalstratigrafiska kontrollen angående skapolitens uppträdande och undrar hur en kraftig skapolitisering kan förklaras med intrusiva bergarter om sådana inte finns i närheten, i alla fall inte i en horisontell riktning. Enligt honom (1985 s. 171) har skapolitiseringen bildats av minst två olika processer: för det första magmatiskt under intrusionen av gabbror och diabaser, för det andra under den regionala metamorfosen under amfibolitfacies. Kloren som behövs för processen härstammar sannolikt från evaporiter.

.....

Om kloren i haliten mobiliseras och binds av skapoliten kan man undra vad som händer med allt natrium. En del av detta behövs för skapolitbildningen men resterande delen kan ha åstadkommit albitisering i närheten av de omvandlade evaporitskikten.

11. SEDIMENTATIONSMILJÖ

Sedimentationen i Kurkkionvaara-Tiankijoki-området har skett i vatten. Denna slutsats kan man dra p.g.a. förekomsten av karbonatbergarter, grafitskiffrar, chert, böljeslagsmärken och diskordansskiktning (fig. 18 och 19). Böljeslagsmärken och konglomerat tyder på att vattendjupet, åtminstone ställvis, har varit litet.

I det grunda vattnet i en strandnära miljö har avdunstningen antagligen ställvis lett till evaporitbildning. De saltförande skikten har sedermera under metamorfosen omvandlats till skapolitförande bergarter. Den aktiva biologiska verksamheten i grunda havsvikar, laguner eller sjöar har sedermera resulterat i uppkomsten av karbonatbergarter. En del av karbonatbergarterna är dock troligen exhaliter som har bildats på grund av den vulkaniska och hydrotermala aktiviteten i området. På sina ställen i paleobassängen har det bildats grafitskiffrar.

Den kvarts- och fältspatrika sedimentationen i Pahakurkiogruppen har varit svår att förklara då de underliggande grönstenarna är ganska fattiga på kvarts och mikroklin. Padget (1970 s. 25) konstaterar bara att materialets ursprung är okänt. Witschard (1984) anser att kvarts och fältspat härstammar från arkeiska gnejser och graniter som på grund av tektoniska blockrörelser blivit utsatta för vittring och erosion. Det verkar dock något underligt att den arkeiska berggrunden skulle ha varit utsatt för erosion bara under bildningen av Pahakurkiogruppen.

Det finns andra alternativa förklaringar till kvarts- och fältspathalten i Pahakurkiogruppens bergarter. En del av plagioklasen härstammar säkerligen från grönstensgruppens bergarter, men en hel del fältspat, såväl plagioklas som kalifältspat, har troligen bildats genom omvandlingar av olika zeoliter. Dessutom finns det mycket kalifältspat i Kalixälvgruppens bergarter som inte har något med det arkeiska basementet att göra. Då gränsen mellan Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen är mycket diffus och osäker är det troligt att en del av kalifältspaten i Pahakurkiogruppen har samma vulkaniskt ursprung som i Kalixälvgruppen, d.v.s. en del av dessa sediment är vulkanoklastiska. Mycket kvarts har säkerligen bildats genom kemiska utfällningar (chert).

På grund av förkastningar och vulkaniska utbrott har det antagligen skett snabba förändringar i de fysikaliska och kemiska förhållandena i paleobassängen. Det har uppstått topografiska höjdskillnader och variationer i vattendjupet. Detta har direkt påverkat den kemiska miljön. Den kemiska miljön har dock ännu mera påverkats av de lösningar och gaser som har trängt upp längs sprickor.

De många exhalitskikten (turmalinit, chert, sulfidmineraliseringar) tyder på en omfattande och långvarig hydrotermal verksamhet som pågått under avsättningen av grönstensgruppen, Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen.



Fig. 18. "Ripple-marks" vid Pahakurkioforsen (Pahakurkiogruppen)

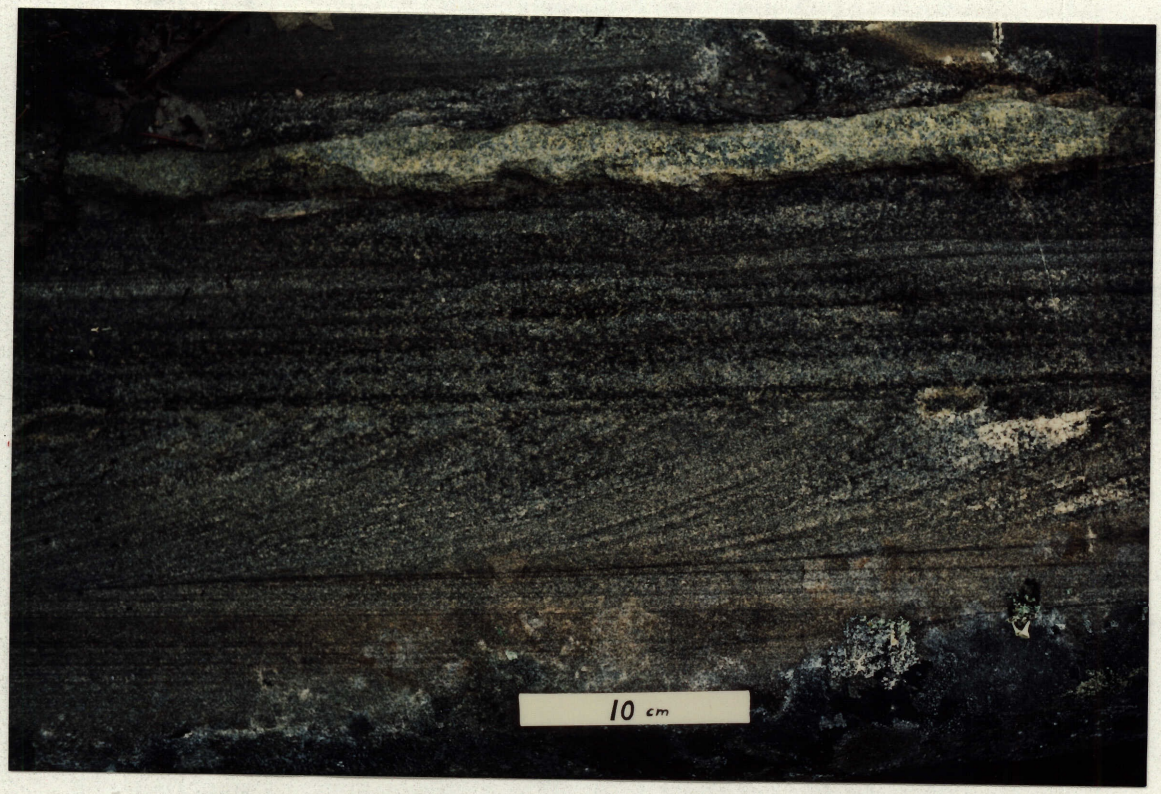


Fig. 19. Diskordansskiktning vid Saarikoski (Kalixälvgruppen)

12. DISKUSSION OM STRATIGRAFIN

I den hittills accepterade stratigrafiska indelningen av Norrbottens supra-krustala bergarter har förekomsten av grafitskiffrar, utan eller med karbonatbergarter, avgjort om bergartsleden korrelerats med grönstensgruppen eller Pahakurkiogruppen. På grund av de fakta som nu framkommit är man dock tvungen att ifrågasätta denna distinkta separation av de två ovannämnda bergartsgrupperna.

I de utgivna kartbladsbeskrivningarna över norra Norrbotten har man alltid placerat de metasediment som innehåller grafitskiffrar och ofta även karbonatbergarter, i en grupp som har korrelerats med Veikkavaara grönstensgrupp (Padget 1970 s. 11, 13, Witschard 1970 s. 17, 19, Eriksson och Hallgren 1975 s. 30, 59, Padget 1977 s. 11, 18, Ambros 1980 s. 19, 27, Lindroos och Henkel 1981 s. 38, 52). Ovanpå grönstensgruppen har man placerat en kvartsit-skifferformation som vanligen betecknats som Pahakurkiogrupp eller åtminstone har korrelerats med densamma.

Ett problem har uppstått i Lannavaara-området p.g.a. grafitskiffern angående det stratigrafiska läget av de tre järnförekomsterna: Kevus, Sattavaara och Teltaja. Enligt Ambros (1980 s. 46) hör alla tre till grönstensgruppen men Frietsch (1985 s. 7) anser att bara Sattavaara hör till grönstensgruppen men de två övriga till porfyrgruppen.

Då de grafitskifferförande formationerna alltid placeras till grönstensgruppen har man även i Lannavaara använt samma kriterium. Ambros (op.cit. s. 28) skriver: "Beviset för att Teltajamalmen hör till grönstensgruppen är att fortsättningen av grafitskifferstråket från Sattavaara påträffats efter genomskärning av porfyrerna och att malmen ligger under grafitskiffern, i samma förhållande till dessa som malmen i Sattavaara".

Enligt Frietsch (op.cit. s. 26) hör grafitskiffern möjligen till grönstensgruppen men att den i Teltaja har hamnat i porfyrgruppen p.g.a. tektoniska rörelser.

Mäktiga grafitskiffrar och karbonatbergarter förekommer även i Pahakurkiogruppens typområde (kap. 4.1). Eftersom liknande formationer på andra kartblad systematiskt har införts i grönstensgruppen hamnar man med liknande

logik i den egendomliga situationen att Pahakurkiogruppen egentligen inte existerar i sin egen typlokal. Vad är då den Pahakurkiogrupp som i andra områden har hittats ovanpå de grafitskifferförande formationerna?

Varför skulle de grafitskifferförande formationerna alltid höra till grönstensgruppen? Grafitskiffrarnas bildning är ju mera beroende av paleotopografin än av vulkanismens art.

.....

Padget (1970 s. 31) korrelerar Kalixälvgruppen med Kiruna porfyrer på kartblad 29J Kiruna. Han gör inte denna jämförelse p.g.a. liknande bergarter utan därför att Pahakurkiogruppen korreleras med Kurravaarakonglomeratet i Kirunaområdet. Då porfyrerna anses ligga på Kurravaarakonglomeratet (något som ifrågasätts av Forsell, 1986) och Kalixälvgruppen på Pahakurkiogruppen bör dessa två höra till samma stratigrafiska enhet.

När Padget (1977 s. 18) jämför stratigrafin på kartbladen 28M Pajala och 28L Tärendö är han fortfarande tveksam angående korrelationen mellan porfyrgruppen i Pajala och Kalixälvgruppen i Tärendö. Han konstaterar att båda två ligger ovanpå Pahakurkiogruppen men att de eljest skiljer sig väsentligt från varandra.

De nya fakta visar nu entydigt att det finns bergartsled inom Kalixälvgruppen som består av vulkaniter med intermediär sammansättning (trakytisk, trakyandesitisk, andesitisk). De är ibland tydligt porfyriska. Kalixälvgruppen bör således korreleras med porfyrgruppen, inte bara p.g.a. det stratigrafiska läget ovanpå Pahakurkiogruppen, utan också på grund av bergartssammansättningen.

Lindroos och Henkel (1981 s. 52) har i sin stratigrafiska korrelation fört ihop Pahakurkiogruppen och Kalixälvgruppen på kartblad 28L och placerat båda två stratigrafiskt under porfyrgruppen. Detta stämmer inte då Kalixälvgruppen bör korreleras med porfyrgruppen.

.....

Det har visat sig (se kap. 4.1 och 4.2) att en stor del av Kalixälvgruppen består av likadana metasediment (metapeliter och kvartsiter) som är helt dominerande inom Pahakurkiogruppen. Detta försvårar gränsdragningen mellan dessa två grupper. Förekomsten av grafitskiffrar och karbonatbergarter inom Pahakurkiogruppen försvårar i sin tur gränsdragningen mellan Pahakurkiogruppen och grönstensgruppen.

Om man skall ha Pahakurkiogruppen kvar som en egen grupp eller överföra den helt eller delvis till grönstensgruppen eller porfyrgruppen (Kalixälvgruppen) eller om man skall flytta delar av grönstensgruppen och porfyrgruppen till Pahakurkiogruppen kan inte behandlas närmare i detta sammanhang på grund av sin omfattning.

Troligen finns det inga större åldersskillnader mellan de olika stratigrafiska grupperna utan dessa överlappar varandra. Den geologiska utvecklingen har varierat från ett område till ett annat beroende på förhållandena i paleobassängen och variationerna i vulkanismen.

13. DISKUSSION OM GEOKEMIN

Det råder olika åsikter om geokemins betydelse för malmletningen. Ännu mera går åsikterna i sär, när det gäller valet av provtyp eller provtagningsmetod. Är det överhuvudtaget någon mening med en geokemisk provtagning under de nordsvenska förhållandena? Svaret är ett entydigt ja. T.ex. mineraliseringen i Kurkkionvaara påvisades tydligt både med myrtorv- och moränprovtagningen.

Med en mer eller mindre förutsättningslös regionalgeokemisk provtagning kan man påvisa helt oförväntade mineraliseringstyper i oförväntade geologiska miljöer. Detta är viktigt i stora delar av norra Sverige där berggrunden är dåligt blottad och därför också dåligt känd. Berggrunden täcks av kvartära avlagringar, som ofta är uppbyggda av två eller flera moränbäddar med olika sammansättningar. Stora områden upptas av vidsträckta myrar, där möjligheten att hitta en mineraliserad häll eller ett mineraliserat block, torde vara mycket liten.

Magnetkis, pyrit och grafit förekommer allmänt i norra Sverige. Därför registreras också ett stort antal geofysiska anomalier. Hur skall man bland dessa urskilja de, som innehåller värdefulla metaller? Dessutom finns det många malmtyper, som indikeras dåligt eller inte alls med de geofysiska metoderna.

.....

Kiruna-enheten av LKAB Prospektering använder huvudsakligen myrtorvprovtagning för regionalgeokemiska undersökningar. Provtätheten anpassas till de lokal förhållandena, men i snitt tas 5-7 prov/km^2. Provet tas från den undre delen av torvlagret, ca 1-3 dm över underlaget (morän, gyttja o.s.v.).

Tidigare togs myrkantsprov i en halvregional skala och i detaljundersökningar. Skillnaden mellan myrtorvprov och myrkantsprov är valet av provpunkter. Myrkantsprov tas nära myrkanten där torvtjockleken är ringa och proven ganska ytliga. Myrtorvprov tas längre borta från myrkanten och från större djup. Även de hydrogeologiska förhållandena är något annorlunda vilket kan spela en stor roll vid uppkomsten av hydromorfa anomalier.

Enligt R. Bergström (muntlig uppgift) började man provta längre ut från myrkanten för att tillämpa de modeller för torvgeokemin som Toth (1962, 1971) och Gustavsson (1970) har utvecklat för grundvattenströmningar. Förändringar, som sker i den kemiska miljön, när detta grundvatten blandar sig med ytvatten, t.ex. i myrar, diskuteras ingående av Malmqvist et al. (1980).

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har utfört omfattande regionala provtagningar av organiskt bäcktorv (dy). En sådan provtagning utfördes bl.a. inom Pajala-kommun 1973-1974 (Larsson 1976, Svensson 1977) då även Kurkkionvaara-området provtogs. Proven togs i bäckkanten, ca 2-3 dm under vattenytan. Avståndet mellan provpunkterna var ungefär 300 m. Totalt insamlades 10177 prov och anomalier av olika slag påvisades på flera ställen, dock ej i Kurkkionvaara-området.

Myrtorvprovtagningen har två viktiga praktiska fördelar jämfört med myrkantsprov och organiskt bäcksediment. Den ena är en större valfrihet att placera provpunkterna. Myrarna i norra Sverige är ofta stora. Om man provtar bara myrkanten blir stora arealer geokemiskt okända. Provtagningen av organiskt bäcksediment är beroende av bäckar och ger ännu mindre möjlighet att få en bra täckning över området.

Den andra fördelen med myrtorvproven är provkvaliteten som är betydligt sämre i de två andra provtagningsmetoderna. Detta syns tydligt i glödgningsförluster. Den dåliga provkvaliteten är praktiskt taget omöjlig att korrigera genom olika beräkningar. Man vet inte om den mindre organiska halten beror på t.ex. lera, kvarts eller kiselgur med helt olika sammansättningar och adsorptionsegenskaper. Diatomégyttja har påträffats på flera ställen i norra Norrbotten vid företagets torvprovtagningar (muntlig uppgift av K. Rönkkö, ansvarig för regionalgeokemin i norra Norrbotten). Dessutom kan det uppstå problem med analyseringen när instrumentet har kalibrerats för organiskt material och inte för minerogent material.

.....

Omfattande djupmoränprovtagningar för detaljundersökningar har utförts av Kiruna-enheten sedan 1981. Resultaten har för det mesta varit mycket positiva. Man har huvudsakligen använt en lätt, handhållen slagborrmaskin (Pico-20, ca 10 kg), men även tyngre, traktorburen utrustning har använts vid större jorddjup eller när även bergyteprov har önskats.

Det är viktigt att ha ganska erfaret folk vid provtagningen som kontrollerar provet redan på platsen. Det har ibland visat sig, bl.a. i Kurkkionvaara, att en del av proven inte är morän. I vissa områden har flera prov efter varandra varit bergyteprov i stället för morän då framför allt möjligheten att påvisa en mineralisering har minskat avsevärt vid glesa provtagningar. Om bergyteproven vid senare tolkningar behandlas felaktigt som moränprov kan allvarliga misstag göras vid bedömning av resultaten.

Morängeokemi har tidigare använts mycket litet vid geokemiska undersökningar i norra Sverige. Om man har tagit moränprov har de varit ytliga. Om man får anomalier i ytliga prov är dessa betydligt svårare att förklara än motsvarande anomalier i djupmoränprov. Berggrunden täcks ofta av mäktiga jordlager som ofta är uppbyggda av flera moränbäddar med olika ursprung vilket avsevärt försvårar tolkningen av ytliga anomalier.

Omfattande tungmineralprovtagningar har utförts i norra Sverige för regionala undersökningar. Men om man tar enbart tungmineralprov missar man lätt de element som ingår i de lättvittrande mineralen.

14. SAMMANFATTNING

De viktigaste resultaten från undersökningarna av mineraliseringen i Kurkkionvaara är följande:

a. lokalisering av en ny Zn-Pb-Cu-mineralisering och omtolkning av de angränsande områdenas malmpotential,
b. påvisande av turmalinit och dess samband med mineraliseringar, turmalinitens användning för stratigrafiska korrelationer och de turmalinförande pegmatiternas betydelse för malmletningen,
c. ny syn på skapolitbildningen i Norrbottens berggrund och skapolitfelsernas betydelse för stratigrafiska korrelationer och malmletning,
d. nya geologiska fakta om bergarter i Pahakurkio- och Kalixälvgruppen och ny syn på de stratigrafiska korrelationerna i norra Norrbotten,
e. ett bra exempel på myrtorv- och morängeokemiska undersökningar vid påvisande och lokalisering av Zn-Pb-Cu-mineraliseringar,
f. betydelse av blockletning och geologisk rekognosering i nya prospekteringsområden,
g. betydelse av regionalgeokemiska undersökningar och geofysiska flygmätningar i nya prospekteringsområden,
h. aktivering av prospektering i de närliggande kartbladen

a. Det fanns tidigare inga tecken på en Zn-Pb-Cu-mineralisering i Kurkkionvaara. Geologin på kartbladet 28L Tärendö NV och speciellt inom Pahakurkiogruppen har bedömts vara av lågt intresse ur prospekteringssynpunkt. Men på grund av den påvisade vulkaniska och hydrotermala aktiviteten i området och förekomsten av exhaliter av olika slag kan den geologiska miljön anses vara gynnsam för malmbildning.

b. Turmalinit har inte tidigare beskrivits i Norrbotten. En genomgång av publicerade geologiska beskrivningar visar att turmalin förekommer rikligt på flera ställen i Norrbotten i olika suprakrustala bergarter. Turmalin har dock alltid tolkats vara metasomatiskt bildad och hänga ihop med granitens uppträngning. Även många graniter (pegmatiter) är turmalinförande.

Men med tanke på turmaliniter i Kurkkionvaara är det troligt att bor, åtminstone i vissa fall, hör till den primära sammansättningen i dessa turmalinrika suprakrustala bergarter och att turmalin i vissa pegmatiter har bildats ur denna bor.

De turmalinrika metasedimenten utgör en mycket specifik bergart som borde kunna användas för stratigrafiska korrelationer mellan olika områden. En begränsning är dock svårigheten att identifiera turmalinit i fält. Den karteras lätt felaktigt t.ex. som chert eller tuff. Turmalinförande pegmatiterna kan säkerligen användas i prospekteringen för att lokalisera områden med borrika hydrotermala system. Sådana system har ofta visat sig vara mineraliserade.

c. Skapolit uppträder allmänt i Norrbotten. Skapolitiseringen har tidigare ansetts vara en metasomatisk eller pneumatolytisk process som förorsakats av intrusiva bergarter, huvudsakligen av graniter. Det är dock troligt att klor i många fall hör till sedimentets primära sammansättning Skapolitiseringen är då en isokemisk process. Under metamorfosen sker bara en omkristallisation varvid nya mineral, bl.a. skapolit, bildas för att bättre motsvara de förändrade tryck- och temperaturförhållandena. Enligt denna tolkning är skapoliten bunden till vissa stratigrafiska horisonter och dessa specifika bergarter borde då kunna användas för stratigrafiska korrelationer mellan olika områden.

I många undersökningar har man tidigare noterat ett tydligt samband mellan skapolitisering och mineraliseringar. Om skapolitiseringen är en isokemisk process och sambandet mellan skapolitisering och mineraliseringar stämmer har man nu bättre möjligheter att följa upp mineraliserade stråk jämfört med den metasomatiska modellen.

d. Man kan nu utan tvekan korrelera Kalixälvgruppen med porfyrgruppen. Pahakurkiogruppen visade sig innehålla betydande inslag av grafitskiffrar, karbonat-, skarn- och skapolitbergarter samt chert och turmaliniter. Grafitskiffrar, ofta tillsammans med karbonatbergarter, har tidigare använts som ett kriterium om sedimentformationen hör till grönstensgruppen eller inte. Men nu, när även i Pahakurkiogruppens typområde finns grafitskiffrar och karbonatbergarter, håller inte detta kriterium. Det är uppenbart att de tidigare stratigrafiska korrelationena i i Norrbotten bör revideras.

e. Myrtorvprovtagningen i Kurrkionvaara är ett bra exempel på metodens användbarhet vid undersökningar av Zn-mineraliseringar i myrtäckta områden. Resultaten visar att man lätt kan missa en mineralisering med en alltför gles provtagning. Det framgår också att de erhållna analysvärdena inte automatiskt kan korrigeras med t.ex. järn- och askhalten.

Djupmoränprovtagningen i Kurkkionvaara visar tydligt hur användbar denna metod är för lokalisering av Zn-, Pb- och Cu-mineraliseringar. De erhållna resultaten visar också blyets betydligt mindre supergena mobilitet jämfört med zinkens mobilitet.

f. De utgivna geologiska kartorna över norra Norrbotten är för översiktliga för prospekteringsändamål. Därför är det viktigt att göra geologiska rekognoseringar i fält när prospekteringsinsatser i nya områden planeras. Då berggrunden är dåligt blottad på grund av kvartära avlagringar kan man genom blockletning få viktig information om bergarter, hydrotermala omvandlingar och mineraliseringar. Bl.a. mineraliseringen i Kurkkionvaara påvisades först av ett blockfynd och även bevis på hydrotermala omvandlingar påträffades i block.

g. Om man hade utfört en regional myrtorvprovtagning över kartbladet 28L NV redan tidigare skulle Zn-anomalier säkerligen erhållits i Kurkkionvaaraområdet. Resultaten skulle kanske inte blivit så markanta som nu när provpunkterna placerades i ett område som redan ansågs vara mineraliserat.

Om en flygslingrammätning hade gjorts innan blockletningen och myrtorvprovtagningen utfördes skulle mineraliseringen i Kurkkionvaara framträtt som en av flera intressanta anomalier. Det är dock osäkert om man hade lyckats lokalisera Zn-mineraliseringen utan andra indikationer på zink i området. De kraftigaste elektriska anomalierna på kartbladet har visat sig bestå av grafitskiffer och/eller Fe-sulfider som i regel är helt utan zinkblände och blyglans.

h. På grund av fyndet vid Kurkkionvaara aktiverades malmletningen även i de närliggande kartbladen. Redan följande år flygmättes kartbladet 28L NO och en geokemisk provtagning i en regional skala påbörjades.

15. LITTERATURFÖRTECKNING

AMBROS, M., 1980. Beskrivning till berggrundskartorna Lannavaara NV,NO,SV,SO och Karesuando SV,SO. SGU ser Af 25-30, 111 s.

APPEL, P.W., 1985. Strata-bound tourmalina in the Archaean Malene supracrustals, West Greenland. Can. J. Earth Sci. 22, s. 1485-1491.

CAMPBELL, A. och FYFE, W., 1965. Analcime-albite equilibria. Am. Journ. Sci. 263, 807-816.

COX, R. och GLASSON, K., 1971. Economic geology of the Cleveland Mine, Tasmania. Econ. Geol. 66, 861-878.

CUNNINGHAM, W., HÖLL, R. och TAUPITZ, K., 1973. Two new tungsten bearing horizons in the older Precambrian of Rhodesia. Min. Deposita 8, 200-203.

ERIKSSON, T., 1954. Pre-Cambrian geology of the Pajala district, Northern Sweden. SGU ser C 522, 38 s.

ERIKSSON, B. och HALLGREN, U., 1975. Beskrivning till berggrundskartbladen Vittangi NV,NO,SV,SO. SGU ser Af 13-16, 203 s.

ETHIER, V. och CAMPBELL, F., 1977. Tourmaline concentrations in Proterozoic sediments of the southern Cordillera of Canada and their economic significance. Can. J. Earth Sci. 14, 2348-2363.

EUGSTER, H., 1969. Inorganic bedded cherts from the Magadi Area, Kenya. Contr. Mineral. and Petrol. 33, 1-31.

EUGSTER, H. och JONES, B., 1968. Gels composed of sodium-aluminium silicate Lake Magadi, Kenya. Science. 161, 160-163.

FAGERLIND, T., 1981. Glacial development in the Pajala district of northern Sweden. SGU ser Ba 27. 118 s.

FISCHER, R. och SCHMINCKE, H., 1984. Pyroclastic rocks. Springer-Verlag, Berlin. 472 s.

FLEISCHER, R. och ROUTHIER, P., 1973. The "consanguineous" origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil). Econ. Geol. 68, 11-22.

FORSELL, P. (1986). The stratigraphy of the Precambrian rocks of the Kiruna district. SGU Ser C 812 (under tryckning).

FRIETSCH, R., 1966. Berggrund och malmer i Svappavaarafältet, norra Sverige. SGU ser C 604, 282 s.

FRIETSCH, R., 1985. The Lannavaara iron ores, northern Sweden. SGU ser C 807. 55 s.

GEIJER, P., 1918. Nautanenområdet. En malmgeologisk undersökning. SGU ser C 283, 104 s.

GEIJER, P., 1931. Berggrunden inom malmtrakten Kiruna-Gällivare-Pajala. SGU ser C 366, 225 s.

GUSTAFSSON, Y., 1970. Topografins inverkan på grundvattenbildningen. s. 15-33 i Eriksson, E., Gustafsson, Y. och Nilsson, K: Grundvatten. P.A. Norstedt & Söners Förlag, Stockholm.

HAWKES, H.E. och WEBB, J.S., 1962. Geochemistry in mineral exploration. Harper & Row Publishers, New York, 415 s.

HIRVAS, H., ALFTHAN, A., PULKKINEN, E., PURANEN, R. och TYNNI, R., 1977 Raportti malminetsintää palvelevasta maaperätutkimuksesta Pohjois-Suomessa vuosina 1972-1976. Tutkimusraportti n:o 19, Geologiska Forskningsanstalten, Finland, 54 s.

KATABA-PENDIAS, A. och PENDIAS, H., 1984. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, 315 s.

KETOLA, M. och PURANEN, M., 1980. Type curves for the interpretation of Slingram (horizontal loop) anomalies over tabular bodies. Tutkimusraportti n:o 1, Geologiska Forskningsanstalten, Finland, 21 s.

KWAK, T., 1977. Scapolite compositional change in a metamorphic gradient and its bearing on the identification of meta-evaporite sequences. Geol. Mag. 114, 343-354.

LARSSON, J.O., 1976. Organic stream sediments in regional geochemical prospecting. Precambrian Pajala district, Sweden. J. Geochem. Explor. 6, 233-249.

LINDROOS, H. och HENKEL, H., 1981. Beskrivning till berggrundskartorna och geofysiska kartorna Huuki NV/NO,SV,SO och Muonionalusta NV,SV/SO. SGU ser C 35-39, 85 s.

LUNDBERG, B., 1967. The Stora Sahavaara iron ore deposit, Kaunisvaara, Nothern Sweden. SGU ser C 620, 37 s.

LUNDQVIST, J., 1971. "The interglacial deposit at the Leveäniemi mine, Svappavaara, Swedish Lapland, 163 s.

MALMQVIST, L., BERGSTRÖM, R. och ENGLUND, A., 1980. Geochemical properties of a small stream in glaciated terrain: Geochemical processes. Geol. Fören. Stockh. Förh. 100, 369-380.

PADGET, P., 1970. Beskrivning till berggrundskartbladen Tärendö NV, NO, SV, SO. SGU ser Af 5-8, 95 s.

PADGET, P., 1977. Beskrivning till berggrundskartbladen Pajala NV, NO, SV, SO. SGU ser Af 21-24, 73 s.

RAMSAY, C. och DAVIDSON, L., 1970. The origin of scapolite in the regionally metamorphosed rocks of Mary Kathleen, Queensland, Australia. Contr. Mineral. and Petrol. 25, 41-51.

SERDYUCHENKO, D., 1975. Some Precambrian scapolite-bearing rocks evolved from evaporites. Lithos 8, 1-7.

SLACK, J., 1982. Tourmaline in Appalachian-Caledonian massive sulphide deposits and its exploration significance. Trans. Instn. Min. Metall. Sect. B, 91, B81-89.

SLACK, J.F., HERRIMAN, N., BARNES, R.G. och PLIMER, J.R., 1984. Stratiform tourmalinites in metamorphic terranes and their geologic significance Geology, 12, 713-716.

SKIÖLD, T., 1979. Zirkon ages from an Archaean gneiss province in Northern Sweden. Geol. Fören. Stockh. Förh. 101, 169-171.

SUNDIUS, T., 1915. Beiträge zur Geologie des sudlichen Teils der Kirunagebiets. Geologie des Kirunagebiets 4. Vetensk. och prakt. unders. i Lappland. Nordiska Bokhandeln, Stockh., 237 s.

SVENSSON, N.B., 1977. En mineralinventering i Pajala kommun. Norrlandsfonden informerar nr 11. Luleå, 32 s.

TAYLOR, B. och SLACK, J., 1984. Tourmalines from Appalachian-Caledonian massive sulfide deposits: Textural, chemical, and isotopic relationships. Econ. Geol. 79, 1703-1726.

THOMPSON, A., 1971. Analcite-albite equilibria at low temperatures. Am. Journ. Sci. 271, 79-92.

TOTH, J., 1962. A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canada. J. Geophys. Res. 67, 4375-4387.

TOTH, J., 1971. Groundwater discharge. A common generator of diverse geological and morphologic phenomena. Bull. Internat. Scientific Hydrol. 16, 1, 1971(3), 7-24.

TUISKU, P., 1981. Länsi-Kittilän kallioperä ja sen skapoliittiutuminen. Opubl. examensarbete vid Oulun Yliopisto, Finland, 119 s.

TUISKU, P., 1985. The origin of scapolite in the central Lapland schist area, northern Finland, preliminary results. Geological Survey of Finland, Bulletin 331, 159-171.

WELIN, E., CHRISTIANSSON, K. och NILSSON, Ö., 1971. Rb-Sr radiometric ages of extrusive och intrusive rocks in northern Sweden. I. SGU ser C 666, 38 s.

WHITE, A., 1959. Scapolite-bearing marbles and calc-silicate rocks from Tungkillo and Milendella, South Australia. Geol. Mag. 96, 285-306.

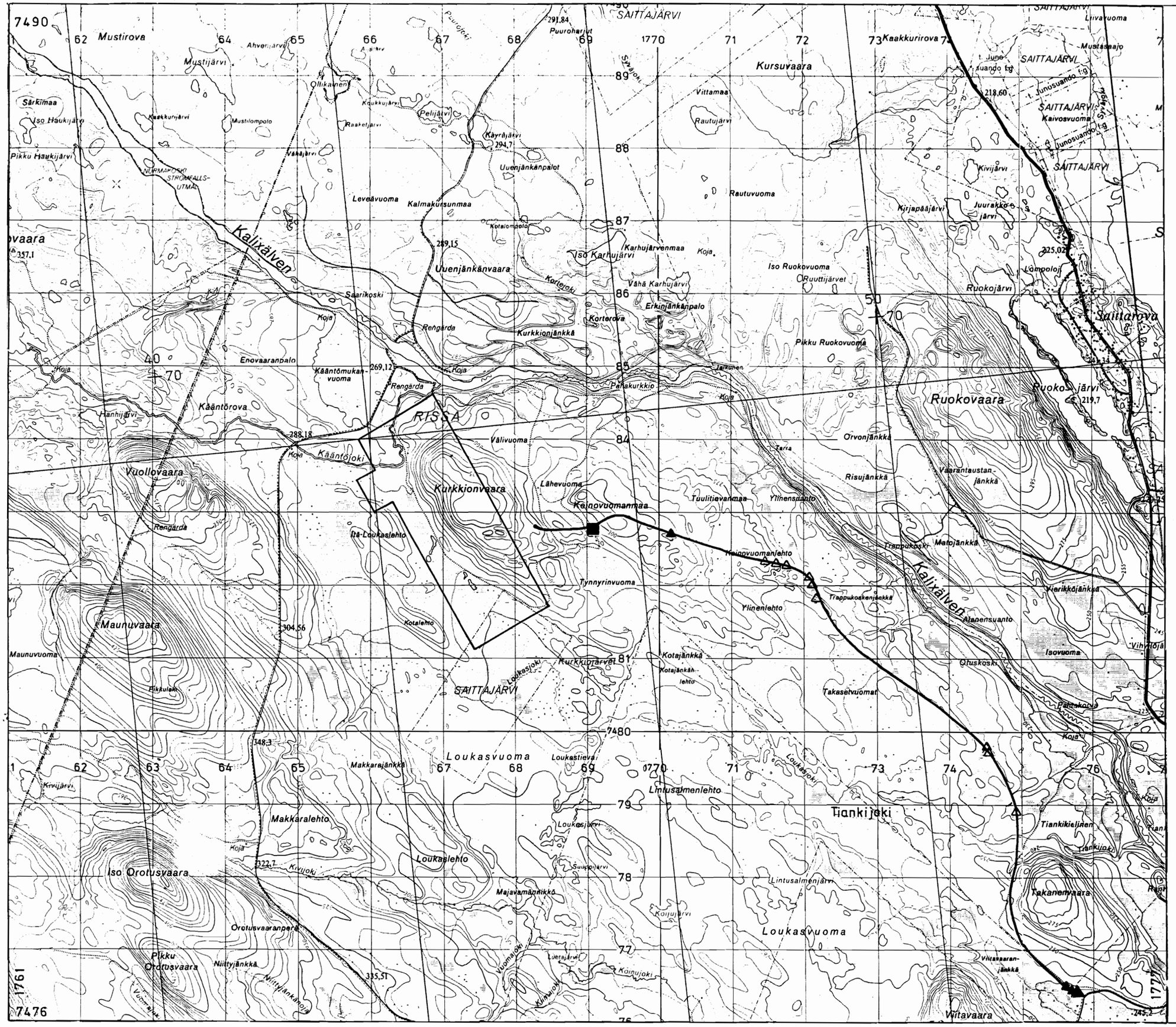
WITSCHARD, F., 1970. Description of the geological maps Lainio NV,NO,SV, SO. SGU ser Af 9-12, 116 s.

WITSCHARD, F., 1984. The geological and tectonic evolution of the Precambrian of Northern Sweden. A case for basement rectivation? Precambrian Res., 23, 273-315.

ÖDMAN, O., 1939. Urbergsgeologiska undersökningar inom Norrbottens län. SGU ser C 426, 100 s.

ÖDMAN, O., 1957. Beskrivning till berggrundskartan över urberget i Norrbottens län. SGU ser Ca 41, 151 s.

ZWEIFEL, H., 1976. Aitik-Geological documentation of a disseminated copper deposit. SGU ser C 720, 79 s.



Översiktskarta

▲ Första Zn-Pb-blocket

▲ Övriga Zn-Pb-block

△ Grafitskifferblock

■ Vägmaterialets ursprungs-läge

0 1 2 km

Skala 1:50000

LKAB Prospektering

7490

Kurkkionvaara

Tienkijoki

1761

7476

1777

Regional Geokemi
Myrtorv

Element: Cu, Zn
Anomaliskala: 10 ppm / mm

0 1 2km
Skala 1:50 000

LKAB Prospektering

7490

Kurkkjonvaara

Tiankijoki

1761

7476

1777

Magnetiskt totalfält
Residual - anomali

Normalfält beräknat enl.
tredjegradspolynom

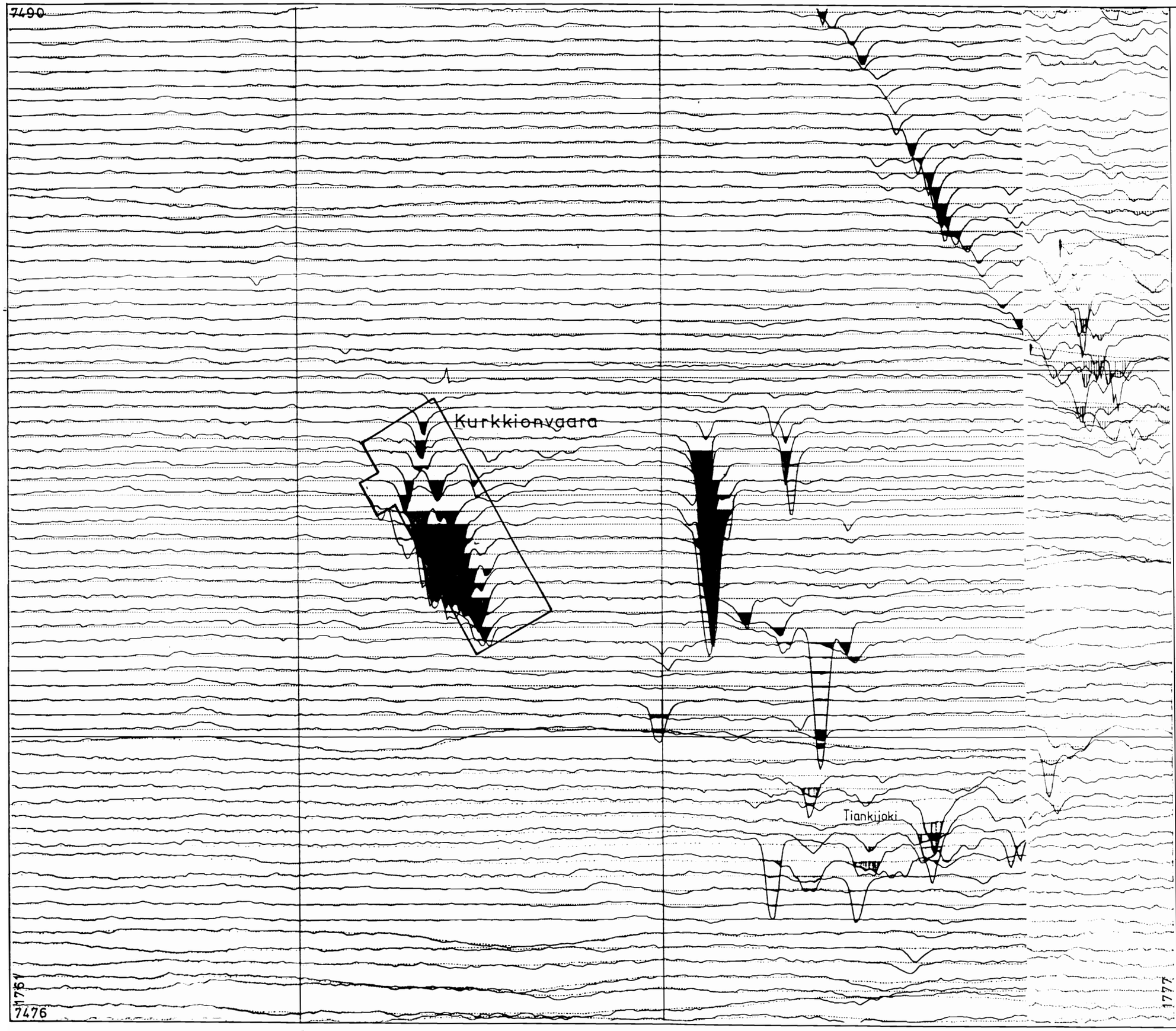
Flygriktning: E - W
Nom. flyghöjd: 30 m
Punktavstånd: 30 - 40 m
Linjeavstånd: 200 m
Anomaliskala: 250. nT/mm

Flygmätning 1981 - 1982

0 1 2km
Skala 1: 50 000

LKAB Prospektering

7490



Flygslingram - Re

Spolkonf.: X-X, coaxialt
Frekvens: 3720 Hz
Spolavstånd: 17 m

Nom. flyghöjd: 30m
Linjeavstånd: 200m

Anomaliskala: 100, ppm/mm

Flygmätning 1981-1982

0 1 2km
Skala 1:50 000

LKAB Prospektering

BERGGRUNDSKARTA

En del av berggrundskartorna Tärendö NV, NO. SGU Af nr 5 och 6 (Padget 1970)

- Granitådror
- Granit, pegmatit
- Gabbro
- Smärre basiska gångar

Kalixälvgruppen

- Växlande basiska och pelitiska skiffrar (3d)
- Konglomerat (3b)
- Grönsten (3a)

Pahakurkio gruppen

- Kvartsit (2d)
- Glimmerskiffer (2c)
- Kvartsit (2b)
- Amfibolskiffer (2b)
- Glimmerskiffer (2a)

Veikkavaara grönsten

- Dolomitisk kalksten (1c)
- C-grafitskiffer (1c)
- Basaltiska grönstenar (1c)

- Strykning och stupning
- Dito lodrät
- Horisontell
- Skiffrighet
- Stänglighet
- Förkastning
- Berggrundsblottningar
- Uppåt i stratigrafien
- Antiklinal med veckaxelns stupning
- Synklinal " " "
- Kopparmineralisering

0 1 2 Km

Skala 1:50 000

AB 86

7490

(Kalixälvgruppen)

(Pahakurkiogruppen)

(Grönstensgruppen)

Kursuvaara

Saarikoski

Pahakurkkio

Kurkkionvaara

Maunuvaara

Tiankijoki

Tu

25 - 40

NYA GEOLOGISKA OBSERVATIONER

för stratigrafisk diskussion i kap. 4 och 12

- Interm. vulk. eller vulkanokl. metasediment
- Dito, konglomeratiskt eller agglomeratiskt
- Glimmerskiffer, - gnejs
- Kvartsit
- Grafitskiffer
- Karbonatbergart, skarn
- Tu Turmalinit
- Gräns mellan olika grupper enl. Padget 1970
- Häll
- Borrhål
- 50 Lagring
- Dito, horisontell
- 50 Förskiffring
- Veckaxel
- Uppåt bestämning

0 1 2 Km

Skala 1: 50 000

LKAB Prospektering

1761

7476

VN / AML - 86

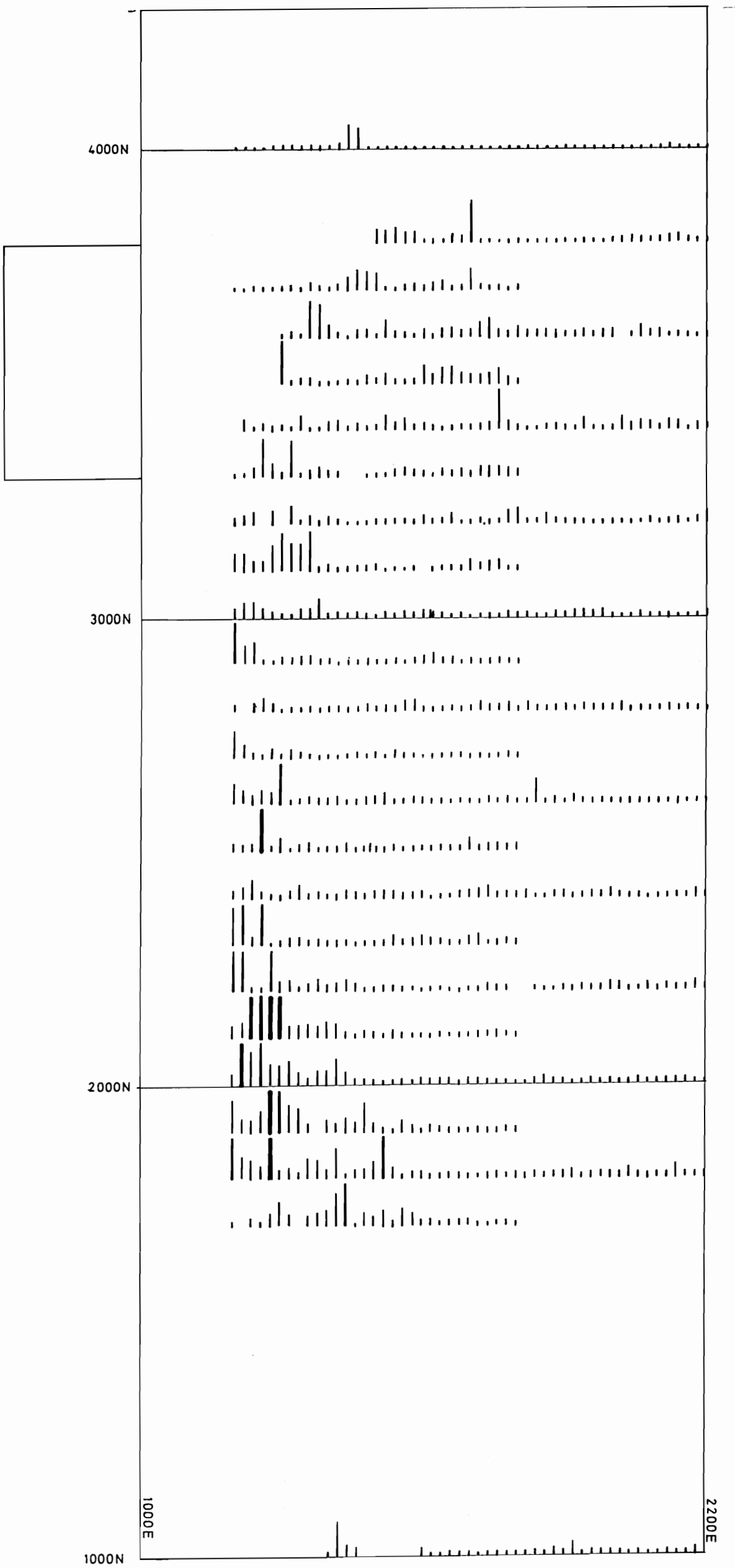
1777

KURKKIONVAARA

Moränprov

Zn

(Några av proven är bergyteprov)



Anomaliskala: 50ppm/mm

Zn = 450ppm

Zn > 450ppm

Zn > 1000ppm

28L Tärendö NV

500m

Skala 1:10000

LKAB Prospektering

Bilaga 7

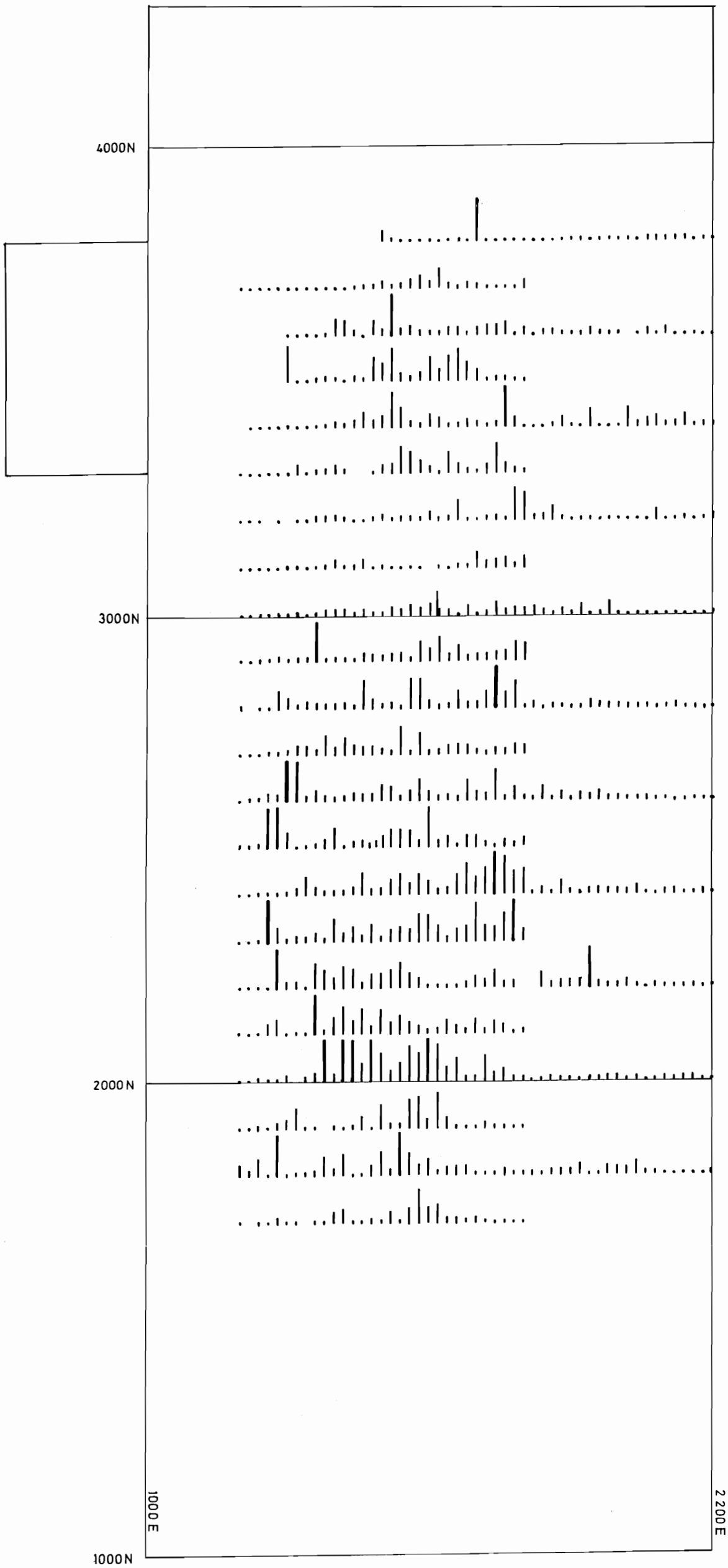
VN/HB – 86

KURKKIONVAARA

Djupmorän

Pb

(Några av proven är bergyteprov)



Anomaliskala : 50 ppm / mm

Pb = 450 ppm

Pb > 450 ppm

Pb > 1000 ppm

28 L Tärendö NV

500 m

Skala 1:10000

LKAB Prospektering

Bilaga 8.

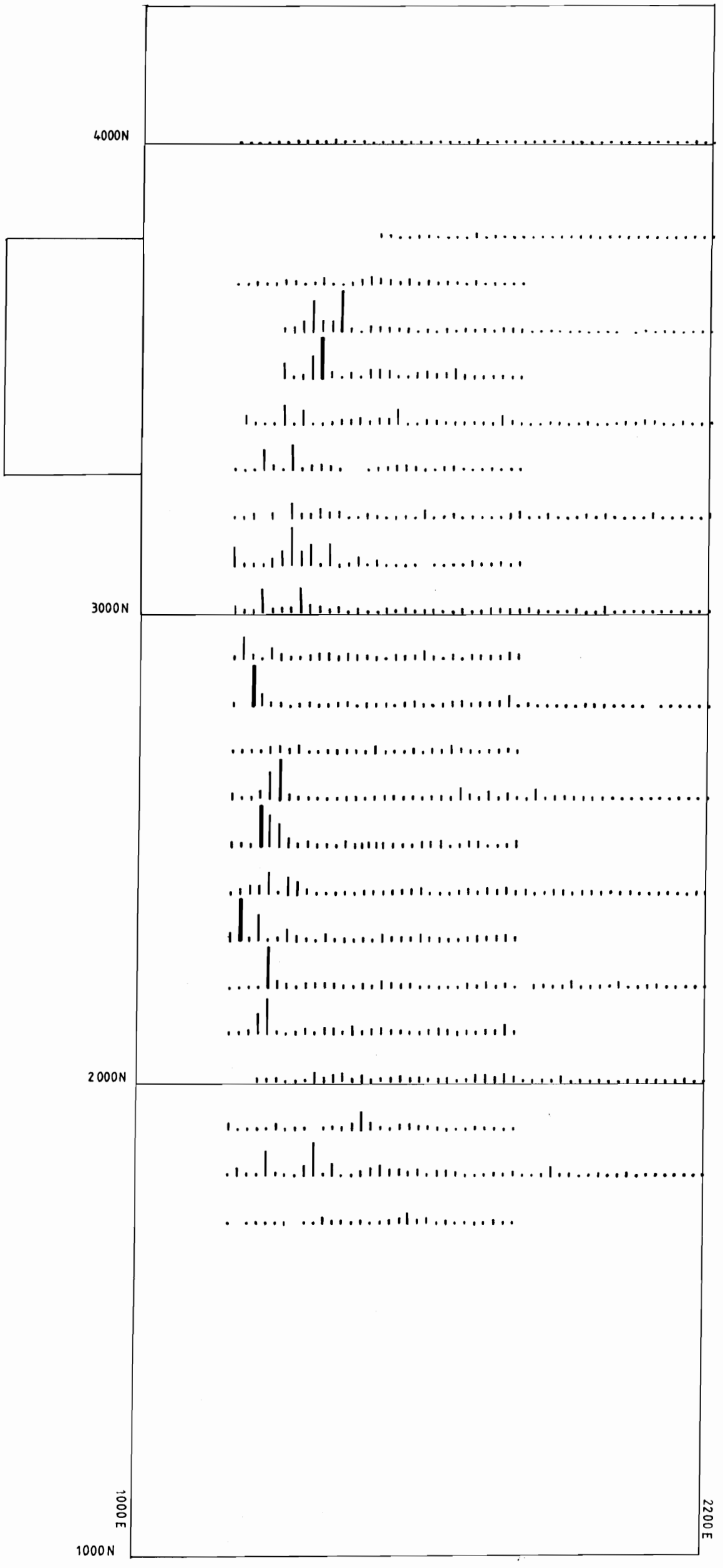
VN/HB - 86

KURKKIONVAARA

Moränprov

Cu

(Några av proven är bergyteprov)



Anomaliskala: 50 ppm / mm

Cu = 450 ppm

Cu > 450 ppm

Cu > 1000 ppm

28 L Tärendö NV

500 m

Skala 1:10 000

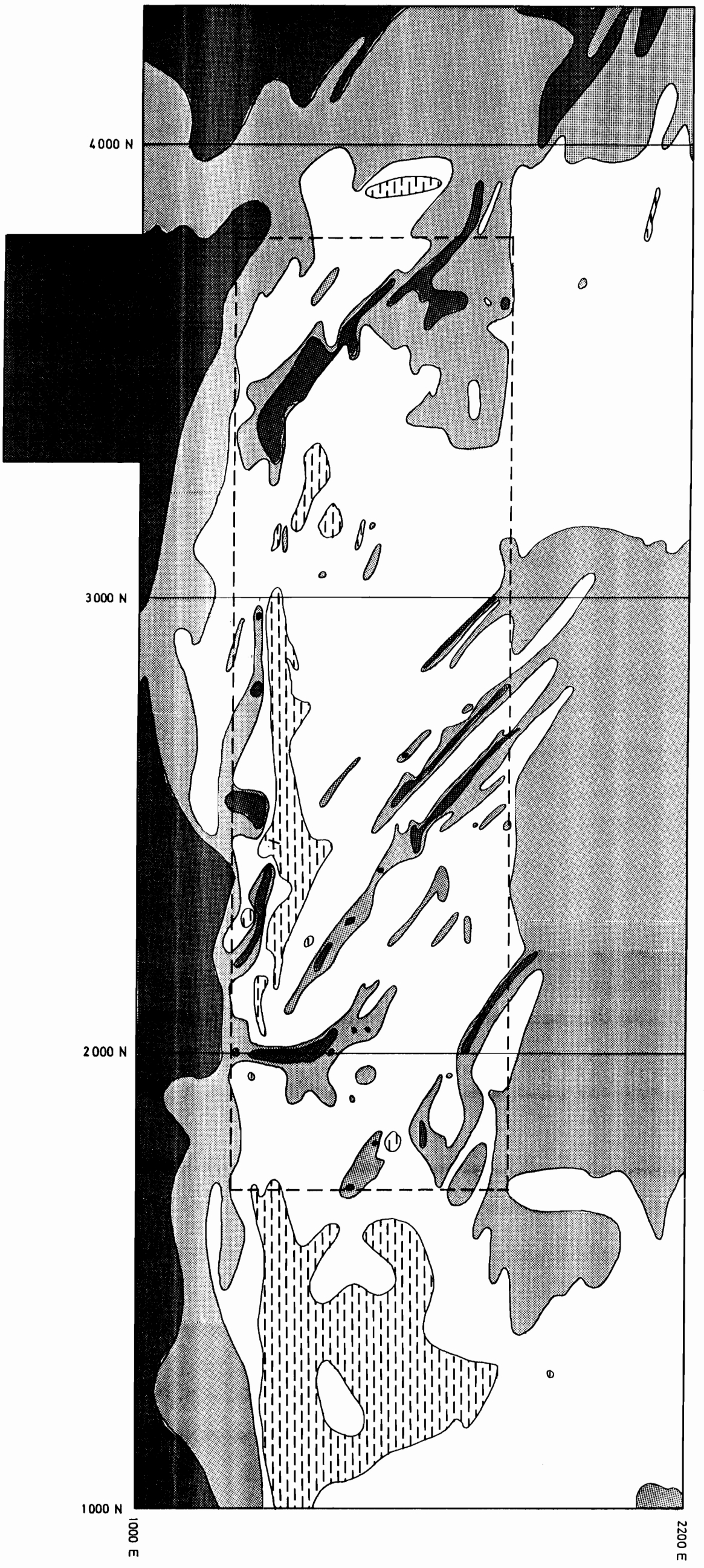
LKAB Prospektering

Bilaga 9

VN/HB – 86

KURKKIONVAARA

Magnetiskt totalfält



≥ 52100 nT

≥ 51700 nT

≥ 51300 nT

< 51300 nT

Linjeavstånd 50 m
punktavstånd 10 m

Linjeavstånd 100 m
punktavstånd 20 m

Azimut 369 gon

Mätriktning SV-NO

28 L Tärendö NV

500 m

Skala 1:10000

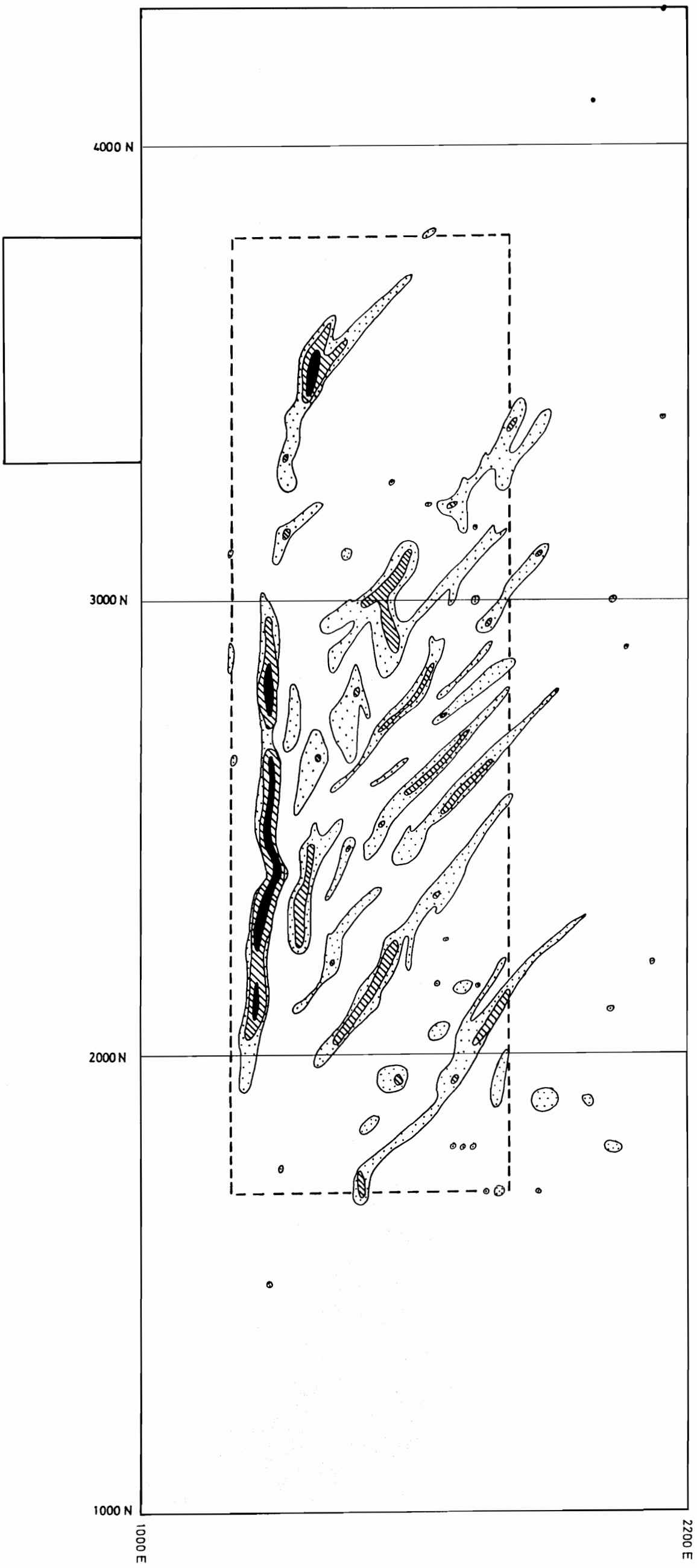
LKAB Prospektering

Bilaga 10

VN/AML - 86

KURKKIONVAARA

Slingram - Re



≤ - 5 %

≤ - 20%

≤ - 40%

Spolkonf. : Z - Z

Frekvens : 3,6 kHz

Spolavstånd : 40 m

Linjeavstånd 50 m
punktavstånd 10 m

Linjeavstånd 100 m
punktavstånd 20 m

Azimut 369 gon

Mätriktning SV - NO

28L Tärendö NV

500m

Skala 1:10000

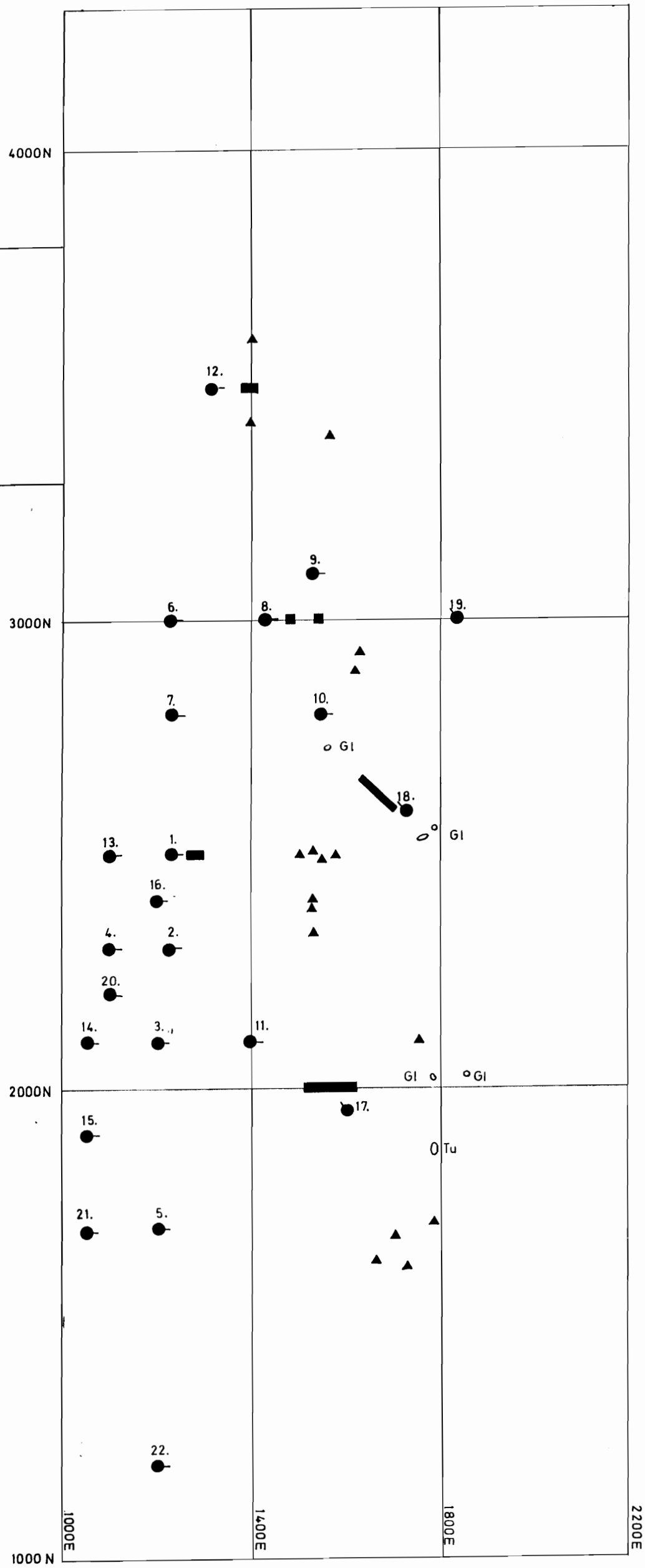
LKAB Prospektering

Bilaga 11.

VN/AML - 86

KURKKIONVAARA

Borrhål, diken, hällar och block



- Borrhål
- Dike
- Gl Häll, Glimmerskiffer
- Tu Häll, Turmalinpegmatit
- ▲ Block, $FeS - FeS_2$ – förande

28L Tärendö NV

500 m

Skala 1:10 000

LKAB Prospektering

Bilaga 12

VN/HB - 86