

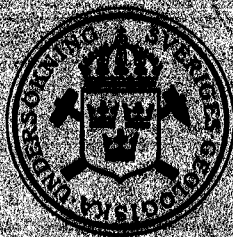
SIGVARD LJUNG

ADAK-LINDSKÖLD-OCH
BRÄNNMYRANGRUVORNA
INOM ADAKFÄLTET
PETROGRAFI OCH MALMER

MED EN PLANSCH

SUMMARY: THE ADAK-LINDSKÖLD- AND BRÄNNMYRAN MINES
IN THE ADAK AREA, N. SWEDEN
PETROGRAPHY AND ORES

WITH ONE PLATE



STOCKHOLM 1974

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SERIE C NR 701

AVHANDLINGAR OCH UPPSATSER

ÅRSBOK 68 NR 8

SIGVARD LJUNG

ADAK-LINDSKÖLD-OCH
BRÄNNMYRANGRUVORNA
INOM ADAKFÄLTET

PETROGRAFI OCH MALMER

MED EN PLANSCH

SUMMARY: THE ADAK-LINDSKÖLD- AND BRÄNNMYRAN MINES
IN THE ADAK AREA, N. SWEDEN
PETROGRAPHY AND ORES

WITH ONE PLATE

STOCKHOLM 1974

ISBN 91-7158-051-4

Textkartan är ur sekretessynpunkt godkänd för spridning.
Rikets allmänna kartverk 1974-04-08.

Växjö 1974 C Davidsons Boktryckeri AB

INNEHÅLL

Summary	4
1. Inledning	11
2. Geologisk-tektonisk översikt	12
2.1. Relation till närbelägna malmprovinser	12
2.2. Domstruktur och stratigrafi	14
2.3. Diskussion över Adakkupolens bildning	15
2.4. Gränzonen mellan tuffitgruppen och kvartsit-mikrognejsgruppen och indikationer för en diskontinuitet mellan de båda grupperna	16
2.5. Sekundära storstrukturer inom domen	18
2.6. Förhållandena inom domens djupaste kända delar	19
2.7. Översikt över Adakfältets malmer	26
3. Adak-Lindsköld—Brännmyranområdets petrografi med avseende på kvartsit-mikrognejsgruppen	29
3.1. Kvartsitgruppens uppbyggnad	31
3.2. De i kvartsitgruppen ingående formationernas petrografi och övergångszonens petrografi	31
3.3. Metamorf facies och viktiga mineralogiska relationer	40
3.4. Kemiska relationer	46
3.5. Pegmatiter och apliter	50
3.6. Basiska gångar och deras relationer till malmerna	51
4. Adak-Lindsköld- och Brännmyranmalmerna och deras relation till tek- tonik och bergartssammansättning	52
4.1. Tektonisk deformation inom box-foldstrukturen	53
4.1.1. Förskifring i Lindsköldgruvan och relaterade sulfidmalmer	53
4.1.2. Tensionsdeformation i Lindsköldgruvan och relaterade sulfidmal- mer	55
4.1.3. Brecciezoner och relaterade malmer i Brännmyrangruvan	57
4.2. Tektoniska komplexet i Adakgruvan	58
4.2.1. Brantstående tektonisk zon och släpvecksbildning i Adakgruvan och relaterade malmer	59
4.2.2. Flacka förskiffrings- och sprickstrukturer i Adakgruvan och re- laterade malmer	59
5. Gruppindelning av malmerna inom Adak-Lindsköld—Brännmyran- området på grundval av deras strukturella utformning samt beskrivning av enskilda malmer inom de olika grupperna	61
5.1. Beskrivning av malmer ingående i grupp Ia	64
5.2. Beskrivning av malmer ingående i grupp Ib	65
5.3. Beskrivning av malmer ingående i grupp Ic	66
5.4. Beskrivning av malmer ingående i grupp Id	67
5.5. Beskrivning av malmer ingående i grupp IIa	68
5.6. Beskrivning av malmer ingående i grupp IIB	72
6. Översikt över sulfidmineralparageneserna	72
7. Fördelning av vissa i ekonomisk betydelse för gruvverksamheten under- ordnade metaller	74

8. Co- och Ni-halterna i arsenikkis från Adak-Lindsköld- och Karlsson-malmerna	79
9. Mo-förande kvartsutsöndringar och lågtermala sprickmineraliseringar ..	81
10. Mikrogefögedata och texturella relationer mellan sulfidmineralen	82
11. Något om förkastningstektoniken	87
12. Sammanfattning och diskussion	89
13. Litteratur	94

SUMMARY

THE ADAK—LINDSKÖLD- AND BRÄNNMYRAN MINES IN THE ADAK AREA, N. SWEDEN PETROGRAPHY AND ORES

This geological survey is part of an integral investigation using geophysics, geochemistry and geology. From a genetic point of view the ores concerned are clearly of epigenetic origin. This study has therefore concentrated on the relationship of ore-deposition to structural and petrographic factors. All the drifts and stopes have been mapped in detail on a scale of 1:200 from the very beginning of the mining activity, and very accurate observations of the ore structures have been made. Because of the structural complexity of the ores intensive diamond drilling has been carried out, the result of which has been used in this study to establish the extension of the rock formations and the sulphide mineralizations encountered.

In the attempt to explain the dome forming forces, it is very difficult to establish what is the cause and what is the effect of the intrusion of a plagioclase granite (granitoid) found at depth in the Adak mine. It is possible that the uplift of this plagioclase granite with transitional gneiss and migmatite zones could have caused the formation of the Adak dome by a gradual raising of the volcanic-sedimentary area. The movements of this process have been very slow as no remarkable thinning of strata towards the centre of the dome exists, and no facies shift or discordances with trends which point to an intermixing of more shallow-water sediments at higher stratigraphic levels can be discerned. The outline of the dome is very regular without any systematic disturbances due to block-faulting, and the rock-sequences are gently dipping away from the centre of the dome.

Zones within the volcanic-sedimentary group related to surfaces of facies shift have been recognized to be favourable for ore deposition within the Skellefte ore-field, of which the Adak area constitutes the north-western part. Here too it is established that most of the ores and mineralizations are situated in a zone surrounding the boundary between the two main lithostratigraphic groups, the

lower of which is of almost exclusively volcanic origin, a fact that can be demonstrated in some areas where the metasomatic alteration is not advanced, while the upper group is of volcanic-sedimentary origin. The boundary mentioned also sets upper bounds to the metasomatic alteration with an extreme or complete breakdown of plagioclase. In a more advanced stage of dome uplift, shear and tension deformations have occurred within the zone mentioned above. Most probably this depends on a sharp change of rheologic properties when passing from one lithostratigraphic group to the other. The strain distribution within the deformation zone is mainly shear in the upper part and tension within the lower part of the zone (see below).

The metamorphic rocks which occur within the dome are of the cordierite-andalusite-muscovite sub-facies of the amphibolite facies (Abukuma type). The lithostratigraphic division of rocks comprises two main groups, an upper *tuffite group* and a lower *metasomatic group of schists and micro-gneiss*. The sub-division of the tuffite group comprises, from the bottom, a banded tuffite formation with pyroclastics and clastics such as greywacke and graphite schist, an andesite lava and tuff formation with interstratified hornfels horizons, an upper banded tuffite formation very similar to the lower banded tuffite formation, and at the top a dark-grey biotite-hornblende tuffite formation. In the south and east the tuffite group is superimposed by a red microclinegranite, the contact of which is to some extent, conformal with the supracrustal formations.

A stratigraphic formation-subdivision of the schist-micro-gneiss group has been made within the Adak-Lindsköld area where geological information obtained through drilling and underground work is most abundant. In other parts of the dome, most of the information only includes the upper part of the schist-micro-gneiss group. The representative rock or rocks constitute at least 70 vol.-% of a formation.

The fundamental principle of rock-classification is according to Alker et al., (1963), where the plagioclase content of the rock determines the main division. Rocks with a plagioclase content of more than 20 vol.-% are classified as gneisses and those with less than 20 vol.-% as schists. An exception from this rule has been made in that chlorite-rich rocks have been named chlorite schists irrespective of the plagioclase content. The names of other constituents, such as cordierite, cummingtonite, antophyllite, biotite and garnet are used as prefixes to distinguish the various rock-types. The content of free quartz within the cordierite schists is generally high. Potash-feldspar is generally lacking except in certain garnet-bearing types of rocks, which can be found in the Brännmyran mine. These types of rocks have suffered from an intense deformation of cataclastic type and it is established, that the potash-feldspar has been formed by reactions in which biotite was involved.

The schist and micro-gneiss group includes three formations, from the bottom, the Adak formation, the cordierite-biotite schist formation and the cordierite-

cummingtonite-antophyllite schist formation (henceforth denoted by the cordierite-amphibole schist formation).

The rocks of the *Adak formation* can be arranged in two different assemblages, the amphibole- and the mica assemblages with the following subdivisions:

The amphibole assemblage

1. Cummingtonite-antophyllite micro-gneiss. Accessory biotite, chlorite and seldom cordierite.
2. Cordierite-cummingtonite-antophyllite schist. Accessory biotite, chlorite.

The mica assemblage

3. Biotite-chlorite micro-gneiss. Accessory cummingtonite, antophyllite and cordierite.
4. Cordierite-biotite-chlorite schist. Accessory cummingtonite, antophyllite.

The most characteristic features of the formation are the interstratified lime and lime-skarn horizons and the grey or white cummingtonite micro-gneiss. During the metamorphism substantial exchange of lime took place with the formation of skarn of anorthite-hornblende-diopside (hedenbergite)-garnet composition. Epidote and zoisite were developed from pyroxene, hornblende or anorthite in connection with the sulphide mineralization. Zonal arrangements of skarn paragenesis occur frequently. (Further information on the skarn formation is given by Gavelin, 1952).

The schists of the *cordierite-biotite schist formation* contain a higher amount of plagioclase than the next, cordierite-amphibole, schist formation. Garnet-bearing types occur frequently in the Brännmyran mine. The formation is traversed by concordant zones of cordierite-amphibole schists in which the sulphide mineralizations and ores are often located. It is an established fact that the cordierite-biotite schists are not favourable for ore-deposition. This can be seen in stopes where this type of schist occurs, as an abrupt or gradual decrease of sulphides when moving from a cordierite-amphibole schist with high affinity to sulphides to a cordierite-biotite schist. Owing to the irregular distribution of the cordierite-biotite/cordierite-amphibole schists the major part of the widespread but erratic sulphide mineralization in the western Brännmyran area turns out not to be ore. The distribution is in turn a function of the intensity of deformation that has taken place. Intense deformation with shearing and tension and a contemporaneous transformation of the cordierite-biotite rock to cordierite-amphibole rock (see below) create rock-structures favourable for ore-deposition. Consequently the *cordierite-amphibole schist formation* should be considered as an upper part of an original cordierite-biotite schist formation formed by a tectonic-metasomatic alteration of this.

The formations described are affected by metasomatic alterations of several different phases. An early hydrothermal phase which is postulated, but cannot be proved decisively to have occurred, resulted in a break-down of plagioclase

and can be noticed in the bulk composition of the schists as a deficiency of Ca and Na. This hydrothermal process, here likened to processes which have occurred within hydrothermal developments along the western side of the Cordillera region, has highly affected the two upper formations of the schist group, but it less pronounced within the lowest lime-bearing formation (The Adak formation). One interpretation of this fact is that the high lime-content of the formation will stabilize the plagioclase at the hydrothermal conditions sketched. Reactions (1) and (2) with the *metamorphic-metasomatic* products involved have been used to illustrate the relative stability relationships. During the progressive metamorphism the hydrothermal products, which could have been chlorite and sericite (see below), reacted to form cordierite. One interesting fact emerging from semi-quantitative X-ray determinations of plagioclase and cordierite is that the two minerals in the metamorphic schists are quantitatively inversely related to each other, because cordierite has been formed at the expense of plagioclase or its hydrothermal decomposition products. A formation of cordierite from plagioclase and any Mg-compound under metamorphic conditions within the amphibolite facies contradicts the high stability of plagioclase at high-grade metamorphism.

The next progressive metamorphic phase resulted in the formation of cordierite-biotite schist, biotite micro-gneiss and lime-skarn, the two latter rocks occurring only in the Adak formation, excluding xenolithic occurrences in the lower part of the cordierite-biotite schist formation.

During a later tectonic phase with intense fracturing and shearing, the upper part of the original cordierite-biotite schist formation was transformed to a cummingtonite-antophyllite-cordierite rock, where a high $MgO/MgO + FeO$ -ratio of the original rock seems to have favoured the formation of antophyllite. In the cordierite *schists* a ratio of about 0.38 represents a limit between the stability fields of the two amphibole phases. At the value 0.38 the two phases coexist and intergrowths of the two phases are common. Cummingtonite and antophyllite were formed by a lattice to lattice transformation of the biotite phase with loss of K_2O and Al_2O_3 , the first component of which was removed (see Fig. 6). Parts of the Adak formation are affected by this type of metasomatic alteration too, with the formation of cummingtonite-antophyllite schists and gneisses. Generally speaking the tectonic-metasomatic phase differentiates the rocks of the lower group into two main types namely the biotite and the amphibole-bearing types. The reaction biotite $\rightarrow$ amphibole is generally, but not without exceptions, most complete in the highly sulphide-mineralized areas, where fracturing is very pronounced. This leads to the conclusion that the solutions causing the biotite $\rightarrow$ amphibole transformation have been acting from fissures and fractures in the rock. It is quite probable that the transformation phase is distinct from the sulphide-mineralization phase, because the amphibole rocks are found in zones where sulphides are lacking. A more conclusive proof is the close relationship

between the sulphide-ore formation and the almandite-garnet formation, where the garnet formation can be clearly shown to be later than the cummingtonite formation.

In the Adak-Lindsköld mines the sulphide mineralization phase is accompanied by a chloritization of biotite, and where the $\text{FeO}/\text{FeO} + \text{MgO}$ -ratio is high almandite or magnetite are formed, the latter having been formed at a higher O-fugacity state. This retrograde metamorphic phase has moreover caused some formation of epidote and sericite in the Adak formation.

The metasomatic processes resulted in a total loss of CaO , Na_2O , K_2O and a supply of FeO to the cordierite schists (see Fig. 7). The distribution of the mg-values excludes a "magnesia-metasomatic" process, a common feature accompanying the ores of Falu type. Instead it corresponds to a differentiation in more or less Mg-rich rock types. A notable feature which can be seen in the diagrams (Fig. 7) is the similarity of the ti- and si-values and the disappearance of this trend within the tectonic unit at the boundary between the two main lithostratigraphic groups. The high SiO_2 -content of some of the muscovite rocks in this tectonic or transition zone is probably due to silicification. These muscovite-chlorite schists are of xenolithic occurrence, and it is difficult to give a genetic interpretation of the rocks. An interesting hypothesis is that they may represent an original hydrothermal transformation product of low metamorphic grade which became slightly dehydrated. The transition zone or tectonic unit mentioned, comprises a heterogeneous group of rocks where the muscovite schist sometimes carrying andalusite or cordierite, is the most typical. The muscovite schist is found moreover at Lappliden near the Rudtjebäcken mine. The wall rock surrounding the ore of this mine is a gneiss. The transformation of biotite to chlorite and sericite is the only type of metasomatic alteration which has occurred within the gneiss zone.

The close connection between the ores and the dome structure is apparant. It is now an established fact that many of the ores in the Skellefte field occur in association with dome structures of more or less complicated nature. The formation of these domes seems to have started contemporaneously with the formation of the syn-kinematic Jörn granite and this granite is often found as a core of the domes. The granitoid found at depth in the Adak mine is chemically and mineralogically very similar to the Jörn granite, as it appears in the adjacent Kristineberg area. The simplest explanation of the formation of the strain structures which have been observed within the Adak dome, and within which structures the ores are located, is to relate them to stress-systems acting during the period of dome uplift. Direct information on relative tectonic movements has been received from the Adak-Lindsköld mines and the Rudtjebäcken mine (Edelman, 1963).

Differential movements, observed as drag-folds along the flank of the dome, during the period of dome uplift, resulted in the formation of shear and tension

fractures as well as fissures within a zone close to the boundary between the two main lithostratigraphic groups. This tectonic system, a steep breccia zone in the Adak mine and shear zones at depth related to the boundary between the Adak formation and the cordierite-biotite schist formation, have acted as favourable sites for ore deposition. In the latter case replacement of lime-horizons, present in the upper part of the Adak formation, by chalcopyrite and pyrrhotite has been an important ore-forming process.

Mineralogically, two main types of ore can be distinguished: pyrite ore with subordinate chalcopyrite and sphalerite represented by the mined part of the Rudtjebäcken ore body, and chalcopyrite ore represented by the Adak, Lindsköld, Karlsson and the Brännmyran ore bodies.

The tectonic movements described above resulted in different strain patterns which are reflected in the structure of the ore bodies. On the basis of structural division therefore, six different types of ore can be distinguished. The main group I in the following description is, with the exception of the Rudtjebäcken ore body, related to a box-fold structure traversing the dome between the Lindsköld and Brännmyran mines. This box-fold structure is interpreted as a topographic irregularity on a surface of shallow-water sedimentation.

The structural subdivision of the ores is as follows:

Ia. Compact pyrite or chalcopyrite-pyrrhotite ores (Rudtjebäcken, the western part of the Lindsköld main ore body) which are situated in shear zones in the lower banded tuffite formation and the andesite formation. The ore bodies are clearly discordant with the two formations.

Ib. Pyritic ores of fahlband type with chalcopyrite and pyrrhotite with subordinate galena and sphalerite, situated in an upper shear zone in the Lindsköld mine, a zone which includes the transition zone and an upper part of the cordierite-amphibole schist formation.

Ic. Ores occurring as tension-fracture fillings within most part of the cordierite-amphibole schist formation. The fracture fillings consist of chalcopyrite, pyrrhotite and Co-bearing arsenopyrite of an idiomorphic type. The group includes the stratigraphic lower Lindsköld ores and the Karlsson ore body.

Id. Breccia ores of the Brännmyran type, in two zones of cordierite-cumingtonite schist in the cordierite-biotite schist formation, with chalcopyrite, pyrrhotite and Co-bearing arsenopyrite of idiomorphic type. The ores contain abundant pebbles of the wall rock. The pyrrhotite in this ore type is generally subordinate in contrast to the next type.

Ila. Irregular breccia-ores of Adak type, with chalcopyrite, pyrrhotite, pyrite and Co-rich arsenopyrite, situated in a NE-striking, steep and wide breccia zone which cuts the formations in question discordantly. The wall rock of the zone is characterized by the high magnetite and almandine-garnet content and by antophyllite-gedrite skarn. Along the foot wall side of the breccia zone there are drag-folds of lime and lime-skarn horizons between the 204 and

the 275 m levels, where substantial concentration of chalcopyrite and pyrrhotite has taken place due to spreading of the sulphides along the lime-skarn horizons and due to replacement of lime.

I/b. Chalcopyrite, pyrrhotite ores deposited in horizontal or gently dipping shear zones and lime-skarn horizons. The ores in skarn sometimes contain abundant sphalerite and galena. The arsenopyrite content of the ores is small.

The crystallization sequence comprises an early crystallization of an As-Fe-Co-S-paragenesis and a later Fe-Zn-S-paragenesis terminated by a chalcopyrite formation. A low temperature mineralization phase with Ag-Co-Ni-arsenides and sulphides and ZnS-PbS in calcite fissure veins end the metallization phases.

In the central part of the Lindsköld mine there is a distinct zoning of the sulphides with an upper pyritic zone with lenses of dense Co-poor arsenopyrite, and a lower zone with idiomorphic, coarse-grained arsenopyrite with a higher Co-content and without pyrite. The arsenopyrite and pyrite bearing parageneses are separated which means that the two minerals cannot coexist at the PT-conditions at which they were formed. According to Lloyd-A. Clark (1960) this means that they were formed at a temperature above $491^{\circ}\text{C} \pm 12^{\circ}\text{C}$.

The Co-content of arsenopyrite increases towards the centre of the dome. The variations of the Co-content within one and the same ore body excludes a variation due to temperature zoning, but must be interpreted as an original fractioning of the ore solutions with respect to cobalt.

The ores are generally poor in Ag and Au. There is clear linear correlation between the Ag and Cu-values which shows that the Ag-component is lattice bound in the chalcopyrite phase. The Ag/Cu-ratio is found to be approximately 3.4×10^{-4} . There is no correlation between the Au and Cu-values, but the Au is enriched in the Cu-concentrate and as a result occurs interstitially in the chalcopyrite.

The textural relationships of the ores reflect the micro-strain patterns of deformation with wall-rock-sulphide mosaic, sulphide micro-veining and fragmentation of wall rock in the ore zones. Exsolutions of cubanite and vallerite in chalcopyrite are a common feature. Exsolution of chalcopyrite in sphalerite occurs only in the FeS-bearing paragenesis while the inversion is most conspicuous in the FeS-FeS₂-bearing paragenesis.

Metabasites of several generations are recognized within the dome. Most of the dykes have been affected by the tectonic movements and are older than or contemporaneous with the ore formation, the last case being demonstrated where the dykes follow the same fracturing system as the ores. In this case the dykes appear as boudins within the ore body. A dyke of hornblende, biotite, plagioclase composition, which can be traced around the dome and dips about 30° out from the centre, can be shown to be younger than the tectonic movements and the ore deposition.

Block faulting in the Rudtjebäcken-Brännmyran area is closely related to the

microcline granite intrusion, where the stress built up in the contact zone by the intrusion is reduced by block-faulting. The resulting fault system is of B-tectonic type. The largest displacement has occurred along a reversed fault, which cuts the Brännmyran ores on the 160 m level. The N—S-component of movement along the fault plane is 70 m. A later S-tectonic fracturing phase is recognized within the Brännmyran mine. The low-temperature calcite fissure veins with PbS and ZnS are of that late S-tectonic type.

1. INLEDNING

Adakfältet är beläget inom Västerbottens län i norra delen av Sverige och utgör den nordvästligaste kända gruvfyndigheten inom det sulfidmalmsstråk, som benämns Skelleftefältet.

Gruvaktiviteten inom fältet startade i början av 1930-talet, men först år 1945 började en mera reguljär brytning komma till stånd. Sedan år 1961 har produktionen för Adak- Lindsköld- och Brännmyrangruvorna legat på en nivå omkring 250 000 ton kopparmalm.

Genom en fortlöpande prospekteringsverksamhet har i dagens läge de ytnära malmerna åtminstone av storleksordningen 100 000 ton och större kunnat fullständigt uppslutas; detta huvudsakligen genom borrhningar på grundval av geofysiska indikationer. För att utreda möjligheten av malmförekomster mot djupet har omfattande geologiska och geokemiska undersökningar inletts, varvid den här presenterade detaljundersökningen utgör en integrerande del. Detta innebär, att geokemiska förhållanden här behandlas endast kortfattat, detta för att ej föregripa en pågående omfattande undersökning i Sveriges geologiska undersöknings regi. Speciellt har denna undersökning inriktats på att utreda, huruvida det existerar strukturer och petrografiska samband, som varit styrande faktorer vid malmernas avsättning.

Förutsättningarna för att erhålla information om strukturer och petrografen har varit goda tack vare den höga grad av uppbörning, som föreligger, och tack vare den detaljerade kartering av orter och utbrutna rum, som skett fortlöpande under de år gruvverksamheten fortgått. Genom karteringen har malmernas strukturer och mineralogi kunnat registreras inom väsentligt skilda delar inom området, och sammanställningen av registrerade data ger en god uppfattning om den tektoniska deformationsbilden inom den del av Adakfältet, som här skall behandlas. Här, liksom allmänt, saknas uppgifter om de rheologiska sambanden för att kunna förutsäga de stressystem, som varit verksamma vid utformningen av de enskilda strukturer, som har registrerats. Tidigare har försök gjorts i riktning mot att klara ut dessa samband mellan stress- och strainsystemen inom

Adak- Lindsköldgruvorna (Hübner 1967). Dock är denna undersökning baserad på ofullständiga premisser.

En översikt över Adakområdet geologi har tidigare presenterats (Gavelin 1948); jämte en senare beskrivning över den metasomatiskt opåverkade tuffit- och grönstensgruppen, som överlagrar den metasomatiskt omvandlade malmförande gruppen (Lindberg 1970). I föreliggande arbete behandlas i huvudsak denna senare grupp av bergarter jämte malmerna. Eftersom tuffitgruppen och Adakgraniten är behandlad i ett annat arbete (Lindberg 1970), ges här endast en kortfattad beskrivning av denna del.

Den information, som professor Sven Gavelin samlat under sin mångåriga verksamhet inom Adakfältet, och som han delgivit mig vid besök i Adakgruvan, liksom det undersökningsmaterial, som han välvilligt ställt till mitt förfogande, har verksamt bidragit till detta arbetes tillkomst, och jag vill framföra ett tack för detta och det stöd i övrigt, som lämnats under arbetets gång. Till ledningen för Boliden AB vill jag framföra ett tack för tillmötesgående att få detta arbete publicerat. Till stor hjälp har varit det grundmaterial i form av detaljkarteringar av utbrutna rum och orter, och som till största delen utarbetats av gruvkartören Helge Eriksson.

2. GEOLOGISK-TEKTONISK ÖVERSIKT

Enligt Kautsky (1959) går gränsen mellan marin och terrestrisk facies vid tiden för den undre delen av Skelleftefältetsavdelningens (Maurildenserien) utbildning genom Adakfältet. Detta har naturligtvis medfört, att bergartssviten inom de delar av Adakfältet, som representerar motsvarande geologisk period, utgörs huvudsakligen av grundvattensediment med inslag av marina och terrestra sediment utbildade vid periodvisa transgressioner och regressioner. Dock är det sedimentära inslaget inom Adakfältet underordnat det vulkaniska, vilket utgörs av både lavar och tuffer. Den höga metamorfosgraden gör det dock många gånger svårt att fastställa ursprungsbergarten.

Inom den nedersta delen av tuffitgruppen (undre bandade tuffitformationen, se nedan) har emellertid konstaterats förekomsten av gråvackor och grafitfyllit, alltså typiska grundvattensediment. Den intermittenta faciesutvecklingen liksom de särpräglade malmparagenetiska förhållandena inom Adakfältet har försvårat relateringen av fältet till närbelägna malmprovinser.

2.1. RELATION TILL NÄRBELÄGNA MALMPROVINSER

Adakområdet har tidigare ansetts tillhöra den malmprovins, som är knuten till Arvidsjaurseriens bergarter. Den påfallande likheten med Lavergruvan i södra Norrbotten och med mineraliseringar av kopparkis, magnetkis och svavelkis, vilka i viss mån kan anknytas till graniterna av sensvionisk typ (Linagruppen), har framförts (Gavelin 1948). Klart är också att malmparagenesen skiljer sig p. g. a. den ringa svavelkishalten från Skelleftefältets kompakta sulfidmalmer

om man undantar Rudtjebäckenmalmen inom östra delen av Adakfältet och vissa svavelkis-zinkblände-blyglansmineraliseringar inom den nedre delen av Lindsköldgruvan. Dessa typer kan karakteriseras som komplexmalmer av den vanligast förekommande typen inom Skelleftefältet. Det bör dock redan här påpekas, att dessa malmer och mineraliseringar inom Adakfältet har en avvikande stratigrafisk belägenhet jämfört med de dominerande kopparmalmerna. De förra är belägna inom svagt metasomatiskt påverkade formationer i den undre delen av tuffitgruppen (se nedan).

I ett nyligen presenterat arbete har Grip (1970) framlagt mycket väsentliga fakta om de stratigrafiska strukturernas betydelse för malmernas uppträdande inom Skelleftefältet. Där framhålls särskilt betydelsen av den erosionsdiskordans, som har konstaterats på åtskilliga ställen inom Skelleftefältet, och som begränsar vulkanitserien uppåt (tabell 1).

TABELL 1.

Stratigrafiskt schema över Skelleftefältet enligt Grip, 1970

Stratigraphy of the Skellefte field according to Grip, 1970

Sorselegranit, 1630 ± 40 milj. år
 Konglomerat och vulkaniter bl. a. i Duobblon, 1710 ± 26 milj. år
 Diskordans
 Revsundsgranit, 1790 milj. år. Veckning och malmbildning
 Skifferserie
 Gallejauregranit
 Gränazon mellan vulkanit- och skifferserie
 Diskordans
 Jörngranit, 1885 ± 130 milj. år. Veckning
 Vulkanitserie

”Genom denna erosionsdiskordans bryts konformiteten och homogeniteten i lagerserien, och lösningar har lätt funnit vägar att tränga fram efter den gamla landyta, som bildar diskordansen över vulkanitserien, och från denna yta upp genom gränazonen till skifferserien” (op. cit.). En del malmer når upp till skifferserien, och enstaka ligger i undre delarna av denna serie. I mellersta och övre delarna av skifferserien har inga brytvärda malmer påträffats. Däremot förekommer inom dessa delar vidsträckta mineraliseringar med svavelkis och magnetkis. I samband med Jörngranitens intrusion och samtidig veckning anlades, troligen på ett tidigt stadium av veckningsfasen, de kupoler, som nu i hög grad sätter sin prägel på Skelleftefältet, och som har visat sig vara av den största betydelse för malmernas placering. Den kupolbildning, som på ett tidigt stadium kunde konstateras inom Adakfältet (se 2.2.) har alltså genom intensiv geologisk utforskning av Skelleftefältet, där på senare tid ett flertal kupolstrukturer med större komplexitet än Adakkupolen kartlagts, kunna inpassas i ett mönster i detta avseende, som gäller för hela Skelleftefältet. Till detta mönster hör också den erosionsdiskordans, som beskrivits ovan samt andra smärre diskontinuiteter

inom vulkanitserien, som även är malmstyrande. Vissa fakta, som pekar mot att en diskontinuitet av den senare typen föreligger inom Adakfältet, skall framläggas i det följande (2.4.).

2.2. DOMSTRUKTUR OCH STRATIGRAFI

Den storstruktur, som karakteriserar Adakfältet, är den domform med öst—västlig elongation, vars centrala del uppbyggs av bl. a. metasomatiskt omvandlade bergarter, som här benämns kvartsiter. Kvartsitkärnans ytsnitt i dagen har en längd av 4 km och en största bredd av 2 km. Ytan av snittet är approximativt 5 km². Med flack stupning (20—35°) ut från den centrala delen av domen pålagras kvartsiten av bergarter, som karakteriseras som tuffiter (tabell 2).

TABELL 2.

Stratigrafiskt schema över Adakfältet (tuffitgruppen enligt Lindberg 1970)

Stratigraphy of the Adak field

Ljusröd alkaligranit
Tuffitgruppen
 Grå finkornig skiffer
 Övre bandade tuffitformationen
 Andesitformationen
 Undre bandade tuffitformationen
Övergångszon
Diskontinuitet
Kvartsitgruppen
 Cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen
 Cordierit-biotitkvartsitformationen
 Adakformationen
Migmatit
Gnejs
Granitoid (kvarts-plagioklasgranit)

Den understa formationen inom tuffitgruppen, benämnd undre bandad tuffit, utgörs av skiktade, bandade, jämnkorniga (fin-medelkornig) och fältspatporfyrisk bergarter av delvis tydligt sedimentärt ursprung. Inom Lindsköldgruvans område ingår gråvacka och grafitfyllit.

I avsnittet Brännmyran—Rudtjebäcken dominerar den porfyrisk varianten av den bandade tuffiten, som enligt Lindberg är av tydligt sedimentärt ursprung förande bl. a. korroderade fältspatströkorn. Agglomeratiska bankar ingår i formationen. Inom vissa avsnitt förekommer kalkskarnlinser i riklig mängd.

Över den undre bandade tuffiten följer en 100—300 m mäktig formation med andesitiska och dacitiska lavar med partier, i vilka ingår andesitiska tuffer. Karakteristiskt för formationen är det stora inslaget av kalksilikatskarn med mineralassociationer tillhörande pyroxen—hornfelsfacies. Sålunda ingår i skarnet granat (grossular), diopsid, basisk plagioklas, klinozoisit och ställvis även wollastonit. Kalksilikatskarnet uppträder som begränsade linser eller i sliror. De ursprungliga kalkiga horisonterna, som nu representeras av kalksilikatskarn, har

haft en betydande mobilitet vid de differentialrörelser, som har ägt rum inom kupolen. Denna deformation har medfört en uppbrytning och förflyttning av det kalkiga materialet, varvid bl. a. kalkiga apofyser, som övertväras s-ytorna, har bildats. Inom andesitformationen förekommer i Lindsköldgruvan—avsnittet talrika kalkcementerade breccior med brottstycken av andesittuff.

Den övre bandade tuffiten, som överlagras andesitformationen, överensstämmer i sin bergartssammansättning med den undre bandade formationen. Dessutom förekommer inom avsnittet Rudtjebäcken—Brännmyran inlagringar av amfiboliter i formationen.

Den översta formationen inom tuffitgruppen utgörs av en grå finkornig skiffer med kvarts, oligoklas och biotit som väsentliga mineral. Delvis ingår hornblende som ett av huvudmineralen främst inom Rudtjebäckenområdet. I undre delen av formationen ingår fältspatporfyriska lavar med inslag av kalksilikatskarnbankar av den typ som beskrivits ovan.

I söder och öster överlagras tuffitgruppen av en röd mikroklinggranit med syenitisk utbildning mot kontakten till suprakrustalserien. Syenit uppträder också som breda vertikalt stående gångar i graniten. Detta är påvisat i en kraftverks-tunnel, belägen strax öster om Rudtjebäckengruvan. Syeniten framträder här märkbart genom den kraftiga vittring, som den genomgått; nedbrytningen har ofta gått så långt, att endast vittringsgrus återstår av bergarten. I detta sammanhang kan också nämnas de observationer i tunneln av flackt liggande metabasiter inne i graniten. Metabasiterna följer i stort granitens bankning, som inom tunnelavsnittet har en nordlig strykning och 10° östlig stupning.

Som övergångszon mellan homogen granit och tuffitgruppens bergarter uppträder en migmatit med karakteristiskt röda sliror av kvarts och mikroklin. Migmatitzonen växlar i mäktighet, så att mot centrala delen av domen mäktigheten uppnår 50—60 m, medan, när man fjärrmar sig domens centrala del, mäktigheten tilltar och överstiger 100 m i de distala snitt, som är kända genom diamantborrningar. Som en följd av granitintrusionen har inom gränzonen till suprakrustalserien lokalt bildats rivningsbreccior.

2.3. DISKUSSION ÖVER ADAKKUPOLENS BILDNING

Entydiga bevis för bildningssättet av Adakkupolen kan ej erhållas, eftersom den centrala delen av domen ej är undersökt mot djupet. En tolkning av bildningsmekanismen måste därför enbart grunda sig på observationer av strukturer, som utbildats längs flankerna av domen och på geofysiska data. En föreliggande tolkning av gravimeterdata kan antyda, att en central kärna av granitoid typ (Jörngranit) finns. (Statsgeofysiker Eriksson, SGU, personligt meddelande.) Denna granitoid skulle då vara identisk med den, som påträffats på stort djup inom Adakgruvan (2.6.). Diapirer av Jörngranit utgörande kärna i domer är kända från övriga delar av Skelleftefältet. Ett exempel är Högdalskupolen i den östra delen av fältet (Grip 1970), där granitkärnan i den centrala delen av domen

är frameroderad. För Adakkupolen föreligger således viss sannolikhet, att den bildats under inverkan av en framträngande granitoiddiapir i centrala delen av domen ("diapirisk squeezing"), varvid en uppbuckling av suprakrustalserien ägt rum. Orsaken till de kraftiga differentialrörelser (4.1.), som utlösts i gränzonen mellan kvartsit- och tuffitgrupperna längs hela domen, kan också enklast förklaras vara att domens centrala del rört sig vertikalt uppåt. Det är möjligt att den maximala upphöjningen följt en axel som löper i NE—SW, diagonalt över domens längsta snitt i dagytan. Variationer i deformationsgraden inom olika delar av domen kan också förklaras såsom varande en följd av rymdmässig variation i hastighet och tidsomfång av de vertikala rörelserna. De vertikala rörelserna har ej förorsakat några drastiska förändringar i den faciella utvecklingen. De urskiljda tuffitformationerna uppvisar ungefär samma mäktighet och bergartssammansättning fram mot domens centrum som mot flankerna. Detta tyder på att de vertikala rörelserna varit långsamma och har troligen fortgått under hela perioden för tuffitgruppens bildning, då tuffiterna ej uppvisar några påtagliga diskonformiteter.

2.4. GRÄNSZONEN MELLAN TUFFITGRUPPEN OCH KVARTSIT-MIKROGNEJSGRUPPEN OCH INDIKATIONER FÖR EN DISKONTINUITET MELLAN DE BÅDA GRUPPERNA

Till gränzonen mellan kvartsit- och tuffitgrupperna räknas här in de ibland grafitförande, några meter mäktiga undre delarna av undre bandade tuffitformationen med tydligt urskiljbara sedimentbergarter, samt en övergångszon som utgörs dels av klorit-sericitbergarter, dels av kvartsrika metasediment. Oftast kan emellertid övergångszonen ej skiljas från den underliggande formationen.

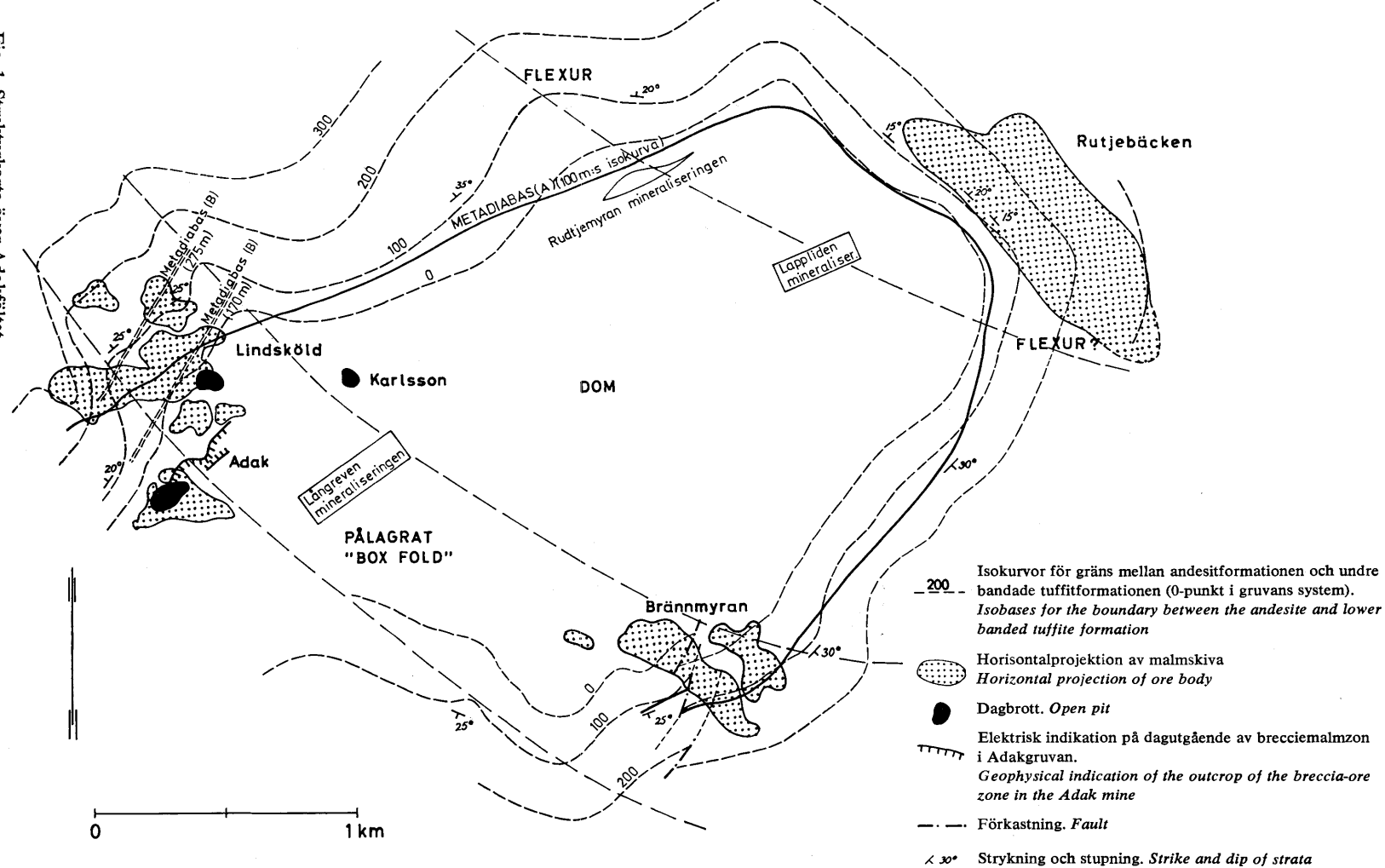
De klastiska bergarterna återfinns i relativt bevarad form väster om Brännmyranmalmen. En sådan bergart är den, som återges i tabell 8 (s. 32), och som är sammansatt av 77 vol.-% kvarts, 12 vol.-% biotit och 8 vol.-% plagioklas. Bergarten kan beskrivas som en övergångstyp mellan metaortokvartsit och metasubarkos och benämns här metaortokvartsit. I bergarten förekommer rundade kvarts-korn i en kvartsig matrix, som antyder en klastisk textur, och vidare förekommer hyalokristallina korn i underordnad mängd.

Förekomsten av grafitfyllit och gråvackor i undre delen av den undre bandade tuffitformationen, som troligen till stor del utgörs av omlagrade pyroklastiska sediment antyder, att vi här har en faciesförändring från rent vulkanisk till vulkanisk-sedimentär miljö. Inom de delar av fältet, där de övre delarna av kvartsit-mikrognejsgruppen är mindre omvandlade, framgår att ursprungsbergarterna till största delen utgörs av agglomerat (Lindberg, 1970).

Grafitfyllit inom den undre bandade tuffitformationen har observerats inom Lindsköldgruvan och inom området upp mot Rudtjemyrans, medan efter södra flanken av domen endast en observation av grafitfyllit föreligger.

En sammanfattning av ovanstående data pekar på, att en diskontinuitet före-

Fig. 1. Strukturfärd över Adakfältet.
Structural map of the Adak area.



ligger mellan kvartsit-mikrognejs- och tuffitgrupperna inom Adakfältet. Läget av Lindsköld- Rudtjebäcken- och Brännmyranmalmerna omkring den yta, som utgör diskontinuiteten, motsvarar förhållandena, som gäller för många malmer inom vulkanitserien i Skelleftefältet. Topografin på den yta, på vilken sedimenten och det omlagrade pyroklastiska materialet avsattes, har påverkat malmer-nas placering och strukturella utbildning i samband med deformationen inom kupolen.

2.5 SEKUNDÄRA STORSTRUKTURER INOM DOMEN

Inom domen uppträder vissa lokala oregelbundenheter, som här har betecknats som sekundära strukturer. Den mest markanta av dessa utgör den nordväst-strykande upphöjning, som sträcker sig från Brännmyrangruvan över Adak-Lindsköldgruvorna. Strukturellt kan denna upphöjning betecknas som ett "box-fold". "Box-fold" anger en antiklinal struktur med bred topp och brantstående flanker. Bäst kan det illustreras som strukturkartan visar (fig. 1), genom 100 m isobaserna för gränsytan mellan andesitformationen och den undre bandade tuffitformationen, eftersom denna gräns är säkert fastlagd i alla borrhål, där den förekommer. Box-foldstrukturen, som den tolkas av författaren, utgör en topografisk upphöjning, som existerade vid början av den undre bandade tuffitformationens avlagring. Detaljstrukturerna inom box-foldenheten betingas av den utbildade höjdryggens topografi. Tydligt är att inom Lindsköld uppvisar höjdryggen en skarpare profil, medan inom Brännmyran den har en plåtåartad utformning. Redan här kan påpekas, att detta uppstickande parti av kvartsit måste ha blivit utsatt för en mera, i förhållande till tuffit-kvartsitgränsen, djupgående tektonisering vid den deformation med differtialrörelser i kvartsit-tuffit-gränzonen, för vilket skall redogöras senare (4.1.), relativt till de jämnare partierna på den gamla ytan. Man kan då vänta sig, att vid denna deformation gynnsamma strukturer för malmavsättningen har bildats. Detta stämmer också överens med att de kända malmerna och mineraliseringarna inom detta avsnitt av domen, och som ligger nära gränsen till tuffitgruppen, återfinns inom box-foldstrukturen.

Längs östra flanken av domen vid Rudtjemyran framträder mindre tydligt en flexurbildning med nordvästlig strykning. Genom borrhningar på senare tid har inom kvartsitens övre del och i anslutning till flexurbildningen påvisats en ca 30 m mäktig svavelkismineralisering med något kopparkis och zinkblände. Det föreligger inget underlag för att säkert bedöma, huruvida flexuren övertvärar domen och har en fortsättning strax söder om Rudtjebäckengruvan, men en brant uppresning av lagringsstrukturen i gruvans sydvästra del, kan antyda början till en flexurbildning. En viss sulfidmineralkoncentration ofta åtföljd av kvarts-turmalingångar har alltså ägt rum i anslutning till flexurbildningen. Den av Gavelin (1948) beskrivna Lapplidenmineraliseringen med svavelkis och lokalt kopparkis delvis konnekterad till kvarts-turmalingångar kan sannolikt inpassas i den beskrivna sulfidmineraliseringszonen i anslutning till flexurbildningen.

2.6. FÖRHÅLLANDENA INOM DOMENS DJUPASTE KÄNDA DELAR

Geologin är känd genom ett borrhål ned till 920 m djup inom Adakgruvan. Vid 550 m börjar en in situ migmatitisering följt av gnejsbildning och vid 750 m djup når man ned till en homogen granitoid. Inom Rudtjebäckenområdet påträffas gnejsbildningen vid 400 m djup. Stratigrafiskt ligger här gnejsbildningen högre än inom Adakgruvan eller endast 160 m under den undre bandade tuffitformationen; dock har inget undersökningssnitt inom Rudtjebäckengruvan nått ned till granitoid. Inom centrala Brännmyrangruvan, där geologin är känd genom ett på 250 m nivå ansatt diamantborrhål ner till 420 m djup, har ingen migmatitisering och gnejsbildning konstaterats ned till detta djup. Under biotit-cordieritkvartsitformationen (se 3.1.) följer här från 250 m nivå en homogen ljusgrå mikrognejs¹ med grönskarnpartier, som motsvarar Adakformationens biotitfattiga, cummingtonit-antofyllitförande bergarter.

Det skulle här föra för långt att fullständigt utreda den metamorfa utvecklingen i anslutning till granitoiden i de djupaste delarna av Adakgruvan, men några fakta av intresse kan dock kortfattat framläggas från studier av djupborrhålet i Adak (betecknat Adak 710), som är ansatt på 275 m nivå i gruvan och från borrhål 212 (profil 2).

I borrhål 710 förekommer den tidigare omnämnda Adakformationen med cordierit-biotit-klorit-cummingtonit-antofyllitkvartsiter och -mikrognejser omväxlande ned till 276 m längd. Med skarp avgränsning uppåt uppträder zonen med in situ migmatitisering mellan 276 m och 376 m. En tydlig metamorf differentieringsprocess har ägt rum, varvid växelvis ljusa kvartsrika zoner och mörka zoner med dioritiskt utseende har utbildats. De två zontyperna är skarpt avgränsade från varandra i borrhål 212 och i övre delen av zonen i borrhål 710. I det senare borrhålet blir, från ungefär 304 m, gränserna mellan de ljusa och mörka partierna mera diffus, och bergarten antar karaktär av hybrid bergart. De ljusa partierna (mobilisat) består huvudsakligen av kvarts och oligoklas med varierande biotithalt (tabell 3). Biotiten är delvis eller till större delen kloritomvandlad. Underordnat förekommer även cummingtonit-antofyllit och grönt hornblende.

De mörka partierna (restit) karakteriseras av accessoriskt eller underordnat förekommande fri kvarts och varierar i sammansättning i de två borrhål, som analyserna i tabell 3 anger. Sålunda dominerar biotit i de typer, som förekommer i borrhål 710 medan ett mörkgrönt hornblende är den dominerande femiska komponenten i borrhål 212.

Teoretiskt kan den amfibolförande restiten och motsvarande mobilisat ha bildats genom metamorf differentiation av Adakformationens två bergartshuvudtyper. Om den amfibolförande restiten jämförs med CaO-rika typer av Adakformationen (tabell 4a) finner man, att genomgående påtagliga negativa och

¹ För bergartsdefinitioner se s. 29.

TABELL 3.
Semikvantitativa och -kvalitativa bestämningar av mineral medelst röntgendiffraktion
Semi quantitative and semi qualitative X-ray determinations of rock minerals

Formation	Provdjup DBH 212	Kvarts	Plagioklas	Cordierit	Biotit	Klorit	Amfibol c=cumm. a=antof. h=hornbl.	Del av Adakformationen (se texten)	Anmärkning
Cordierit-biotit- kvartsit- formationen	10.6	++	-	31	++	+	-		
	23.0	++	5	5	+	+++	-		
	35.1	++	-	-	++	++	-		
	37.0	++	-	19	+++	+	-		
	45.3	++	5-10	-	+	+++	-		
	56.4	+	23	-	++	++	++c		
	73.7	++	5	-	-	++	-		
	79.9	++	15	19	++	-	++a		
	95.1	++	5-10	22	+++	-	-		
	115.0	++	5	19	+++	-	+a		
	141.5	++	5	27	++	-	+++a		
Adakformationen	145.1	++	30	-	-	-	+++a	1	
	169.5	++	21	27	-	-	++a	2	
	172.5	++	19	11	++	+++	-	4	
	183.0	++	20	20	+++	-	-	4	
	189.0	++	24	5	++	-	-	3	
	204.0	+	29	-	++	++	-	3	
	218.0	++	20	-	-	+++	+a	4	
	219.2	++	35	5	-	-	++c+a	1	
	227.0	++	29	5	+++	-	-	3	
	233.0	++	33	-	-	-	+++c	1	
	244.5	++	5	5	+++	+++	-	4	
	246.6	++	28	5	++	+++	++c	3	
Migmatit	255.6	+++	45	-	-	-	+c		mobilisat
	255.9	-	39	-	++	-	+++h		restit
	263.5	-	32	-	-	-	+++h		restit
	266.9	+++	39	-	+	-	+++h		mobilisat
	277.2	+++	47	-	-	-	-		mobilisat
	289.8	+++	52	-	-	-	-		mobilisat
	292.5	-	38	-	+	-	+++h		restit
	292.8	-	40	-	+	-	+++h		restit
	296.0	+++	41	-	++	-	+++h		mobilisat

Gnejs	353.6 354.3 359.2 369.2 374.0 381.8 383.4 396.3	++ ++ ++ ++ + - ++ ++	39 - - 26 - - 36 25	5 17 23 14 23 18 - 13	++ ++ +++ ++ + +++ - +	+ +++ - - +++ - - -	- - - +++a +a +a +++a +a		
	Provdjup DBH 710								
Adakformationen	2.5 34.4 38.7 66.1 135.1 149.1 168.8 184.0 193.9 212.4 240.9 275.6	++ ++ ++ ++ ++ ++ + ++ ++ ++ + +++	7 - 5 - 29 24 19 10 23 25 28 27	5 28 - 14 - - - 15 - - - 8	+++ +++ +++ ++ - ++ - - ++ ++ - +	+++ + ++ ++ - ++ - - - - - +	- - - - +++c - +++c - +++c - +++c - +	4 4 4 4 1 3 2 2 3 3 1 3-4	
Migmatit	278.0 282.9 283.7 288.0 288.8 312.1 329.3 332.2 348.3	+ +++ + +++ - +++ +++ +++ +++	32 37 31 48 32 30 26 15 5	- - - - - - - - 12	++ - ++ + ++ ++ ++ ++ +	+ ++ +++ - + - - +++ +	- - - +++h - - - - +	restit mobilisat restit mobilisat restit hybrid hybrid hybrid hybrid	
Gnejs	417.1 470.7	++ ++	44 38	- -	+ ++	- -			
Granitoid	560.6 627.6	++ ++	50 50	- -	++ ++	- -			

Teckenförklaring

DBH anger diamantborrhål

***, **, * anger avtagande relativ frekvens av ingående kvarts, biotit, klorit och amfibol. Accessoriska mängder ej angivna.

Plagioklas och cordierit angivna i vol. %

Felprocent: Plagioklas ± 1.5 %Cordierit ± 4 %

Analyserna utförda vid Stockholms Universitet, Geologiska institutionen, av E. Walåker

Relative frequency of quartz, biotite, chlorite and amphibole

Cordierite and plagioclase in vol. %

TABELL 4 a.

	Restit (R)	Cumm.- mikrognejs (C)	R-C	Biotit- mikrognejs (B)	R-B
SiO ₂	55.3	61.9	-6.6	57.3	-2.0
TiO ₂	0.53	0.70	-0.17	0.75	-0.22
Al ₂ O ₃	16.5	12.6	+3.9	18.8	-2.3
Fe ₂ O ₃	0.70	0.00	+0.70	0.10	+0.60
FeO	7.1	10.3	-3.2	6.3	+0.8
MnO	0.10	0.30	-0.20	0.13	-0.03
MgO	6.3	4.3	+2.0	2.7	+3.6
CaO	5.8	4.6	+1.2	6.0	-0.2
Na ₂ O	5.0	2.6	+2.4	2.6	+2.4
K ₂ O	0.63	0.10	+0.53	1.4	-0.77
S	0.30	0.10		0.30	
Gl.förl.	0.32	0.00		0.70	
	98.6	97.5		97.1	

positiva differenser föreligger främst i fråga om SiO₂-, MgO-, Al₂O₃- och Na₂O-halterna. Av fig. 2, en Harkerframställning av ett möjligt metamorft differentieringsförlopp utgående från en cummingtonitmikrognejs (analys 20, tabell 13), och motsvarande sektionen 255—256 m i borrhål 212 (kvant. analys 212/255.6, 212/255.9 i tabell 3) samt för restiten medelvärde av analyser 27 och 28 i ta-

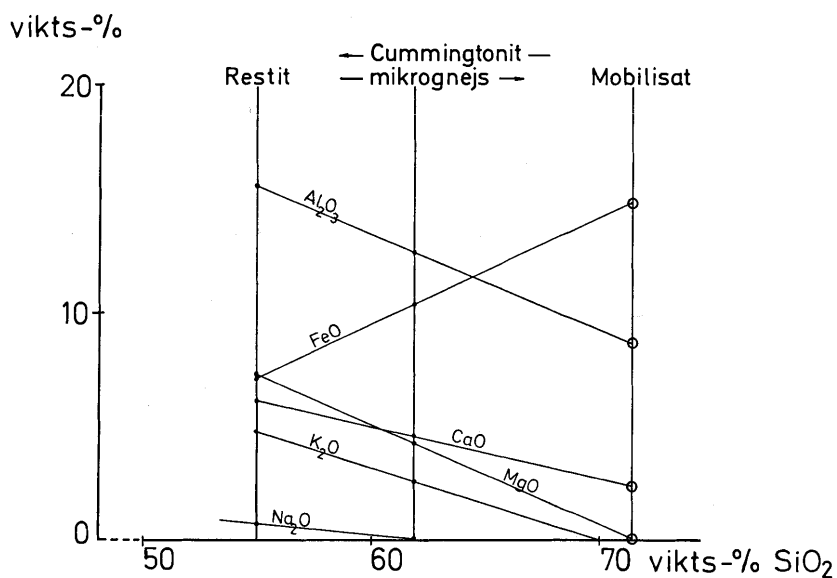


Fig. 2. Harker diagram (se texten).

Harker diagram.

TABELL 4 b.

Vol.-%*	Spec.vikt	Viktsdelar	Vikts-%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	
53	2.65	140.45	52	52.0	3.7				Kvarts
29	2.62	75.98	28	19.2	4.0			3.3	Albit
11	2.76	30.36	11	4.7	0.3		2.2		Anortit
7	3.30	23.10	9	4.1		4.5	0.2		Cummingtonit**
Summa				78.0	8.0	4.5	2.4	3.3	

* Bestämd genom pointcounting, 500 mätpunkter; 40 vol.-% plagioklas (An₂₇)

** Antagen sammansättning 7.7 SiO₂, 0.3 Al₂O₃, 7 FeO, 0.3 CaO.

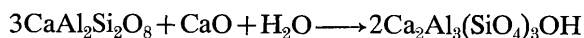
bell 13, framgår, att det mest kiselsyrarika material, som skall adderas till den amfibolförande restiten för att uppnå en sammansättning motsvarande cummingtonitmikrognejsen, har sammansättningen:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O
71.4	8.5	14.8	—	2.4	—

Den modala sammansättningen på mobilisatet i anslutning till den analyserade restiten återges i tabell 4b, vid omräkning till vikts-%.

Som framgår av analysammansställningarna erhålles god överensstämmelse med avseende på SiO₂-, Al₂O₃- och CaO-halterna. Även om magnetit ingår accessoriskt i mobilisatet, kan inte skillnaderna i järnhalt förklaras genom denna omständighet. En rimlig förklaring kan vara, att mobilisatet har fraktionerats i en sialisk del motsvarande den modalt analyserade och en FeO-Na₂O-förande del, som förts ut ur det betraktade kemiska systemet. De albitrika pegmatiterna och apliterna samt Fe-metasomatismen i ovanliggande formationer kan genetiskt vara knutna till migmatitiseringen och gnejsbildningen och kan härledas till det differentiat, som angivits ovan.

Ersättandet av cummingtonit-antofyllit med hornblende torde vara betingat av en högre CaO-halt i ursprungsbergartssviten och sammanhånga med CaO-metasomatiska processer, som även är påvisade i de ovanliggande bergartsformationerna, eftersom cummingtonit-antofyllit uppträder i djupare snitt inom den underliggande gnejsen (DBH¹) 212 från 369.2 m), som åtminstone har lika hög metamorfosgrad som in situ migmatiten. Den CaO-metasomatiska processen framgår tydligt i ett prov, taget från gränzonen mellan mobilisat och hornblenderestit (DBH 212, 266.8 m). I gränzonen har här ägt rum en CaO-metasomatisk process, varvid plagioklas överförs till järnhaltig zoisit. Denna metasomatiska process kan enklast sammanfattas i reaktionsformeln:



anortit

zoisit

(endast Al-ledet medtaget)

¹ Användes som förkortning för "diamantborrhål".

TABELL 5.
Temperaturmätningar i Adak borrhål 710 (Fernvik och Svensson 1969)
Temperature gradient variations in bore-hole 710

Avvägning (m)	Gradient (°C/km)	Avvägning (m)	Gradient (°C/km)
275	-	603	10.4
285	-	613	"
295	-	623	"
305	5.0	633	"
315	"	643	"
325	"	653	"
335	12.0	662	"
345	"	672	"
355	"	682	"
365	9.0	692	"
375	"	702	"
385	"	712	"
395	"	722	11.6
405	13.5	732	"
415	"	741	"
425	"	751	"
435	"	761	"
445	9.5	771	"
454	12.8	781	"
464	"	791	"
474	"	801	"
484	"	810	13.5
494	"	820	"
504	"	830	"
514	"	840	"
524	"	849	"
534	"	859	10.5
544	"	869	"
554	"	879	"
564	"	888	"
574	"	898	"
583	"	908	"
593	"		

Anm. 275 m avvägning motsvarar borrhålets ansättning

Generellt har migmatitbergarterna en hög plagioklashalt, över 30 vol.-% med lokala undantag, som framgår av de semikvantitativa bestämningarna (tabell 3).

Under migmatitzonen uppträder relativt homogena gnejser, som i de två borrhål, där de studerats, har en skiftande mineralsammansättning (tabell 3). I borrhål 710 förekommer sålunda en grov, ljusgrå gnejs, huvudsakligen bestående av kvarts och plagioklas och med varierande men generellt låg biotithalt. Biotit- och kloritrika bankar förekommer sporadiskt ned till 433 m längd, där de helt försvinner. Enstaka cordierit- och cummingtonitförande partier ingår jämte magnetit, som ställvis uppnår höga koncentrationer. Från 312 m längd i borrhål 212 kan bergarten karakteriseras som en grå, homogen, medelkornig biotitgnejs. Som framgår av de semikvalitativa bestämningarna, ingår dock avsevärt med cordierit och cummingtonit i gnejserna. Partier med cordierit-biotitkvartsit förekommer flerstädes. Skillnaderna i mineralsammansättning hos gnejserna tor-

TABELL 6.

Jämförelse i kemisk sammansättning mellan granitoid från Adakgruvan (66) och Jörngranit från Kristineberg (67). (Från Lindberg 1970)

Chemical composition of granitoid (66) and Jörn granite (67)

	66	67
SiO ₂	75.3	72.9
TiO ₂	0.20	0.60
Al ₂ O ₃	11.8	12.6
Fe ₂ O ₃	0.6	2.2
FeO	2.0	1.9
MnO	0.04	0.01
CaO	1.5	3.2
MgO	1.6	1.4
Na ₂ O	4.1	4.2
K ₂ O	0.9	0.4
	98.0	99.4

de bero på olika sammansättningar av ursprungsbergarterna. Framförallt torde CaO-halten variera avsevärt mellan olika bergartsled på samma sätt som inom Adakformationen och migmatitzonen (3.1.). Förgnejsningen av suprakrustalbergarterna har medfört en tydlig förändring av deras fysikaliska egenskaper. Sålunda visar gjorda temperaturmätningar i borrhål (tabell 5), att migmatiten och gnejsen är fysikaliskt homogen och har en konstant tilltagande temperaturgradient över längre intervall till skillnad från Adakformationen, inom vilken temperaturgradienten växlar på korta intervall.

Migmatiten och den ljusgrå gnejsen i borrhål 710 för genomgående FeS₂, FeS och något CuFeS₂ av "disseminated" typ. En viss anrikning av sulfiderna förekommer i samband med kvarts-plagioklasutsöndringar. Stickprovtagning med avseende på kopparhalten visar på låga värden, omkring 0.1 % Cu, men lokalt kan säkert högre värden uppnås, vilket kommer att framgå av den systematiska provtagning, som skett i samband med den geokemiska undersökningen.

Det är endast i djupborrhålet 710 som granitoiden påträffats och där på ett djup under 750 m eller 475 m under borrhålets ansättningspunkt. Granitoiden kan karakteriseras som en plagioklasgranit med huvudmineralen kvarts, plagioklas (An₂₅) och biotit. Både i fråga om mineralsammansättning och kemisk sammansättning (tabell 6) motsvarar den i hög grad den synorogena Jörngraniten, med den utbildning den har i det närbelägna Kristinebergfältet.

Sammanfattningsvis kan konstateras, att på djupet inom Adakgruvan existerar en granitoid med överlagrande övergångsbergarter till kvartsiterna och mikrognejserna bestående av medelkorniga gnejser och migmatit.

Migmatiten har här betecknats som en in situ migmatit, då förhållandena an-

tyder en metamorf differentiation in situ och utan tecken på att anatektiska förhållanden varit rådande. Bildningen av migmatiten företer vissa likheter med bildningen av fläckig gnejs, som den beskrivits från Västerviks skärgård i södra Sverige (Loberg 1963).

2.7. ÖVERSIKT ÖVER ADAKFÄLTETS MALMER

De malmer, som är och har varit under brytning inom Adakfältet, kan mineralogiskt-kemiskt indelas i två huvudtyper, dels i den ena gruppen Rudtjebäckens svavelkismalm med varierande mängd av kopparkis och zinkblände ställvis även blyglans och magnetkis, dels i den andra gruppen kopparmalmer inom Adak-Lindsköld- och Brännmyrangruvorna. I kopparmalmerna ingår förutom kopparkis även magnetkis, arsenikkis och delvis även underordnat svavelkis och zinkblände.

Stratigrafiskt och strukturellt kan malmerna inpassas i två huvudgrupper:

Grupp I. I denna grupp ingår malmer, som i västra delen av fältet ansluter till box-foldstrukturen och som generellt återfinns inom de två översta formationerna i kvartsit-mikrognejsgruppen eller inom de undre formationerna i tuffitgruppen.

Fyra separata malmtyper kan på grund av strukturella och mineralogiska olikheter urskiljas inom den första gruppen. De fyra typerna klassificeras enligt följande:

- a. Kompakta kismalmer, med diskordant uppträdande, i den undre bandade tuffitformationen och andesitformationen.
- b. Skiktade impregnationsmalmer i en zon från tuffitgränsen och nedåt.
- c. Malmer av typ kisfyllda tensionssprickor.
- d. Täta brecciemalmer och impregnationsmalmer av Brännmyrantyp.

De flesta av dessa malmer ansluter sig till den box-foldstruktur, som tidigare beskrivits. Undantaget är Rudtjebäcksmalmen.

Grupp II. I den andra gruppen ingår malmer, som ansluter sig till tektoniska zoner och släpveck i Adakgruvan, som delvis framgår av strukturkartan (fig. 1).

Strukturellt kan två huvudtyper här urskiljas nämligen:

- a. Brantstående brecciemalmer; i nedre delarna av gruvan är de kombinerade med skarnmalmer utgörande släpvecksbildningar.
- b. Flackt liggande kopparrika sprickor kombinerade med impregnationer, samt flackt liggande skarnmalmer kombinerade med impregnationsmalmer.

För malmernas geometriska och strukturella egenskaper jämte den statigrafiska belägenheten sker en redovisning längre fram (5).

De flesta malmerna har en skivformig utbildning och är relativt väl avgränsade. De malmgränser, som presenteras för kopparmalmerna gäller för en cut-off halt av 0.6 % Cu vid 2.6 m vertikal malmhöjd. I de flesta fall fortsätter sulfid-mineraliseringen utanför cut-off gränsen, och i några fall har inte malmerna fullständigt avgränsats, men denna senare omständighet innebär endast smärre

korrektioner av de angivna geometriska data. Rudtjebäckenmalmens avgränsning mot söder är dock mycket osäker.

Eftersom Rudtjebäckengruvan ej kommer att behandlas närmare i det följande, skall här ges en kortfattad beskrivning av fyndigheten (läge se fig. 1). Malmen är belägen i undre bandade tuffitformationen och 25—55 m ovan gränsen till kvartsit-mikrognejsgruppen. Den kända malmskivan har en horisontal area på ca 400.000 m² och börjar på ca 125 m djup och avslutas på 360 m djup. Malmen har i sin norra del en NW-strykning och böjer av i södra delen, så att strykningen blir NS. Stupningen varierar mellan 20—35° mot öster, dock har i den sydvästra övre delen uppmätts brantare strukturer i malmen. Malmmäktigheten når lokalt 10 m, men genomsnittet ligger på 3—4 m. Malmskivan är undulerad i en riktning vinkelrätt mot strykningsriktningen, särskilt i de norra delarna når de tvärgående vecken en relativt hög amplitud. Fältstupningen varierar från 0—20°, S50°E, så att man i den norra delen har de flackare lägena.

Den kända malmskivan indelas i två huvudmalmtyper på basis av den mineralogiska och strukturella sammansättningen. Större delen av malmen utgörs av grovkornig, kompakt svavelkis med underordnat kopparkis och zinkblände. Kopparkisen och zinkbländet är ojämnt fördelade inom malmskivan. Mineralen uppträder huvudsakligen som impregnationer, men zinkbländet förekommer även i form av sliror och ränder i den kompakta svavelkisen. Zinkbländet är mörkbrunt till svart och håller 6.5—8.0 % Fe med ett Fe/Zn-förhållande på 0.11—0.15. Svavelkismalmens sammansättning med avseende på ingående svavel och viktiga metaller torde inte avsevärt avvika från den medelsammansättning, som redovisas i produktionsstatistiken från åren 1951—1970, och som ger följande värden:

Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Zn(%)	S(%)
0.3	10	0.92	2.96	33.6

Malmens avslutning mot malmgränsen markeras genom successivt avtagande mäktighet. Samtidigt börjar även uppträda finkorniga, skiktade partier i malmen framför allt mot hängväggssidan. Oftast övergår malmen därefter i en kompakt magnetkismineralisering med kopparkis. En kraftig förhöjning av kopparkishalten är alltid märkbar fram mot malmgränsen i malmens övre del, medan en anrikning av zinkblände förekommer i nedre delen.

Mot söder i malmens fältstupningsriktning ändras dess karaktär från kompakt svavelkismalm till kopparkismalm med grovkornig svavelkis och magnetkis i varierande proportioner. Kopparkisen uppträder huvudsakligen i sliror och ränder, och karakteristiskt för denna del av malmen är just en ökad inhomogenitet och kraftiga växlingar i mäktighet på korta intervaller. I de undersökningssnitt, som passerat in i denna del av malmen, märks tydligt ett tilltagande inslag av kalksilikatskarn i sidoberget. I kopparmalmen uppträder på samma sätt som mot malmgränserna i kismalmen finkorniga partier ("ball-ore"), som har en

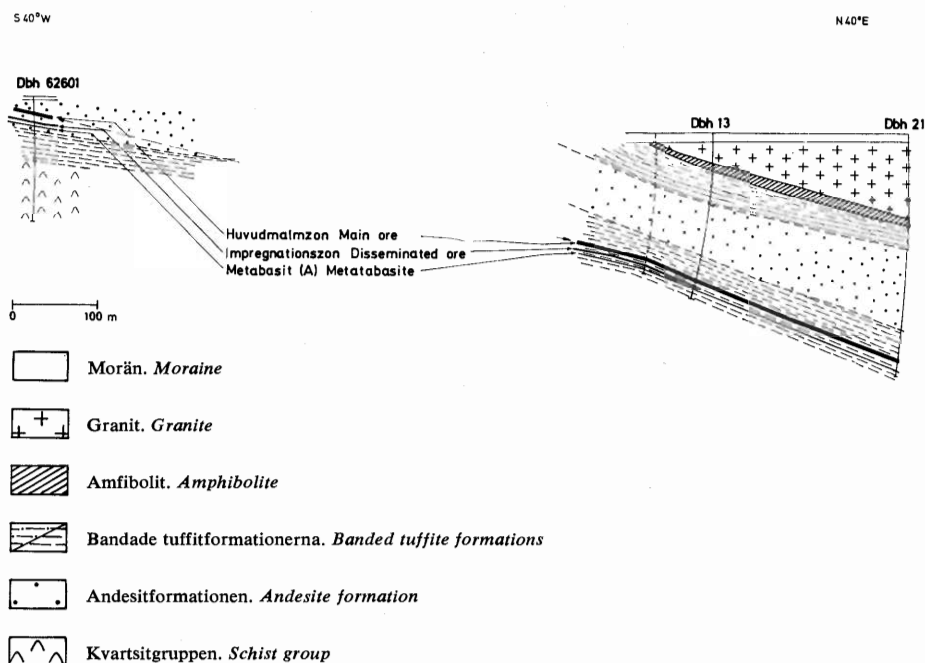


Fig. 3. Vertikalprofil genom Rudtjebäckengruvan visande mineraliseringarnas diskordanta uppträdande (profiläge se plansch).

Vertical section through the Rudtjebäcken orebody showing the discordant appearance of the sulphide mineralization (position of the section is shown in plate).

hög kopparhalt. Kopparkisen och även zinkblandet uppträder i den finkorniga malmen som mobiliserat i form av fina ådror breccierande pyriten och i malmen ingående bergartsfragment. Dessa strukturella drag hos kopparmalmen har medfört, att den inte kan anrikas tillsammans med den grovkorniga svavelkismalmen, då utbytet med avseende på i första hand koppar kraftigt nedsättes.

Rudtjebäckenmalmen och även fortsättningen som mineraliseringszon uppåt omges av en zon med omkristalliserade bergarter av den undre bandade tuffitformationen och andesitformationen. Malmens sidoberg utgörs sålunda av gnejs bestående av kvarts, plagioklas, biotit, sericit och klorit. Biotiten har delvis omvandlats till sericit och klorit. Omvandlingen av biotit är den enda form av metasomatisk process, som har försiggått i anslutning till malmen.

Rudtjebäckenmalmen och dess fortsättning som mineraliseringszon skär diskordant över lagerserierna (fig. 3) och är sannolikt anlagd i en tektonisk zon, som omfattar ett flertal semiparallella sprickbildningar och brecciezoner efter vilka differentialrörelser utlösts. Längs dessa tektoniska zoner har malmlösningar och basiska intrusiv trängt fram. I anslutning till malmen förekommer sålunda ett antal med malmen semikonkordanta metabasiter av samma typ som i Lind-

sköldgruvan (3.5.). Dels förekommer hornblendeleucodiabaser med hornblende och kraftigt saussuritiserad plagioklas som huvudmineral, och som kan följas över hela gruvområdet, dels förekommer 10—15 m under malmen en hornblendediabas, bestående av plagioklas (An_{40-65}), hornblende och biotit, som för övrigt kan följas runt hela domen (se 3.6.). I medeltal 5 m ovan denna senare metadiabas förekommer en vidsträckt sulfidmineralisering inom en maximalt 5 m mäktig zon (fig. 3). Mineraliseringen består av magnetkis, kopparkis, pyrit och zinkblände; sporadiskt uppträder blyglans och arsenikkis. I ett borrhål har konstaterats förekomst av scheelit (0.6 % WO_3 på en sektion av 0.74 m).

3. ADAK—LINDSKÖLD—BRÄNNMYRAOMRÅDETS PETROGRAFI MED AVSEENDE PÅ KVARTSIT-MIKROGNEJSGRUPPEN

En stratigrafisk uppdelning av kvartsit-mikrognejgruppen¹ har utförts på Adak-Lindsköld-Brännmyranområdet, där man erhåller det djupaste snittet av bergartsgruppen. De undersökningssnitt, som föreligger inom övriga delar av fältet, omfattar endast de övre delarna av kvartsitgruppen eller föreligger endast enstaka borrhål, som når djupare ned i gruppen. Man kan emellertid konstatera att för de övre delarna av kvartsitgruppen föreligger parallellitet i fråga om stratigrafisk uppdelning över hela domen. Som underlag för formationsindelningen har valts Adak-Lindsköld-området, som därvid undersökts detaljerat i fråga om petrografiska och mineralogiska relationer. Den för formationerna karakteristiska bergarten eller karakteristiska bergartsled utgör minst 70 vol.-% av formationen. Bergartsformationerna har befunnits växla något i fråga om homogenitetsgraden i lateral led och även i fråga om mäktighet, det senare förhållandet framgår av vertikalprofilerna 1—5 samt B20 och B30.

Vid klassificeringen av bergarterna har i stort följts det förslag till klassificering, som återfinns i Neues Jahrbuch für Mineralogie (Alker et al. 1963). På grundval av i första hand plagioklashalten indelas bergarterna i kvartsiter (schist) med <20 vol.-% plagioklas och gnejs med >20 vol.-% plagioklas. För utpräglat kloritskiffriga bergarter med en plagioklashalt både under och över 20 vol.-% har dock grundprincipen frångåtts, och för dessa bergarter har givits benämningen kloritskiffer. De övriga huvudmineralen, som är cordierit, cummingtonit, antofyllit, biotit, klorit och granat, används som prefix för att närmare karakterisera de två bergartshuvudtyperna. Det kan konstateras, att generellt ingår en hög halt av fri kvarts i kvartsitgruppens bergarter. Det förekommer ingen kalifältspat i bergarterna utom i vissa granatförande typer bl. a. i Brännmyrangruvan.

För att särskilja de finkorniga gnejserna i kvartsitgruppens undre delar från de medel—grovkorniga gnejserna i anslutning till granitoiden, har för de förra

¹ Benämns i fortsättningen kvartsitgruppen.

TABELL 7.
Stratigrafisk uppdelning av omvandlingsbergarterna
Stratigraphic subdivision of metasomatic altered rocks

Formation (regional)		Diskordanta lokala omvandlingszoner
Tuffit- gruppen	Andesitformationen	E. Lokal omvandlingszon i Lindsköldgruvan Muskovit-klorit-andalusitkvartsiter och -skiffrar (nedbrytning av plagioklas, silificering)
	Undre bandade tuffitformationen	
A. Övergångszon med klorit-biotit-muskovit-andalusit-cordierit-antofyllitskiffrar och -kvartsiter, klastiska metasediment (kloritomvandling, nedbrytning av plagioklas)		
Kvartsitgruppen	B. Cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen (höggradig nedbrytning av plagioklas, Fe-metasomatism)	F. Lokal omvandlingszon i Adakgruvan Cordierit-cummingtonit-antofyllit-gedrit-biotit-klorit-granat-magnetitkvartsiter (höggradig nedbrytning av plagioklas, Fe-metasomatism)
	C. Cordierit-biotit-(klorit)-granatkvartsitformationen (måttlig nedbrytning av plagioklas, Fe-metasomatism)	
	D. Adakformationen Kvartsiter och mikrognejser med cordierit, cummingtonit, antofyllit, biotit, klorit och andraditgranat. <u>Kalk och kalkiga skarn</u> (zonvis höggradig nedbrytning av plagioklas, Fe-metasomatism)	

Inom parentes anges för varje formation och zon huvudtypen av metasomatisk omvandling (allokemisk process), dock tillkommer för Adak-Lindsköldområdet en överlappande kloritomvandling med huvudsaklig omvandling av biotit.

införts begreppet "mikrognejs", som motsvarar bergartsbenämningen "leptit" inom den mellansvenska vulkanit-sedimentserien.

Inom de centrala delarna av Adak-Lindsköldområdet visar det sig, att de enskilda formationerna uppträder konformt med domstrukturen om man, som skall visas senare, behandlar de två översta formationerna som en enhet, vilken genom en tektonisk—metasomatisk påverkan differentierats. Det förekommer emellertid klart diskordanta omvandlingszoner, dels i Lindsköldgruvan och omgivande bl. a. Lindskölds huvudmalm (Lindsköld 1), och dels omkring gruppen av brantstående brecciemalmer i Adakgruvan. Dessa två zoner, som här benämns "lokala omvandlingszoner", behandlas separat i den följande framställningen.

På den geologiska översiktskartan framställs de metasomatiskt omvandlade bergarterna omfattande kvartsitgruppen, de lokala omvandlingszonerna samt en övergångszon, som beskrivs närmare nedan, såsom en enhet.

3.1. KVARTSITGRUPPENS UPPBYGGNAD

Inom kvartsitgruppen urskiljs tre formationer med regional omfattning. En kvalitativ och kvantitativ uppföljning av fältkarteringarna, vid vilka de makroskopiska särdragen kartlagts, framhäver tydligt väsentliga skillnader i mineralsammansättning och kemisk sammansättning mellan de tre enheterna. Vidare har urskiljts en övergångszon mellan kvartsitgruppen och tuffitgruppen, som är uppbyggd av en heterogen grupp av bergarter. De tre formationerna jämte de tre zonerna presenteras på profilerna 1—5 samt B20 och B30, och nedanstående schema anger deras stratigrafiska relationer (tabell 7).

3.2. DE I KVARTSITGRUPPEN INGÅENDE FORMATIONERNAS PETROGRAFI OCH ÖVERGÅNGSZONENS PETROGRAFI

A. Den tektonisk-stratigrafiska karaktären av de kloritomvandlade leden av övergångszonen betyder en kraftig mekanisk omvandling av bergarterna. Det är därför i de flesta fall omöjligt att urskilja vilka ursprungliga led inom gränssonen, som den definierats tidigare, som ingår i de kloritomvandlade bergarterna. De kloritrika leden förekommer inom Lindsköldgruvan, östra delen av Brännmyrangruvan samt delvis inom Rudtjebäckengruvan. Inom Lindsköldgruvan tyder mäktighetsförskjutningarna mellan den kloritiska zonen och undre bandade tuffitformationen och bevarade partier inom zonen av en typ, som påminner om den undre bandade tuffitformationens bergarter, på att förutom gränssonens bergarter ingår även omvandlade bergarter ur den bandade formationen i övrigt. Iakttagelsen av, att där den undre bandade tuffitformationens mäktighet avtar tilltar mäktigheten av de kloritrika leden av övergångszonen (profil 5), styrker detta förhållande.

Inom Lindsköldgruvan domineras övergångszonen av klorit-biotitskiffrar med cordierit, antofyllit och muskovit, varav det senare kan sägas utgöra ett typmine-

TABELL 8.
Modala sammansättningen av bergarter inom övergångszonen
Modal composition of rocks of the transition zone

Prov nr	Kvarts	Cordierit	Antofyllit	Biotit	Klorit	Muskovit	Plagioklas	Plagioklas-sammansättning	Bergart
L215/75.0	77	—	—	12	—	—	8	An ₃₀	Metaortokvartsit
Lappliden 2	52	—	—	—	22	22	1	An ₁₀	Muskovitkvartsit
64005/230.2	4	—	18	8	39	2	26	An ₁₅	Kloritskiffer
975/83.7	36	7	—	5	5	41	—	—	Muskovitkvartsit
111/148.7	—	22	2	2	58	3	8	An ₄₀	Kloritskiffer

Siffrorna anger vol.-%. Pointcounter, 500 mätpunkter.

ral för enheten. Den karakteriseras här genom en omfattande svavelkismineralisering, som dessutom utbreder sig i den undre, bandade tuffitformationens undre delar. Svavelkisen är inom Lindsköldgruvans nedre delar ofta ansamlad till kompakta bankar med svavelkisen välkristalliserad, och svavelkisen åtföljs accessoriskt av kopparkis, zinkblende och blyglans. Där svavelkisen når höga koncentrationer uppträder den i cordieritförande muskovitkvartsit. Viss positiv korrelation synes föreligga mellan kraftig muskovitomvandling och hög svavelkishalt, något som kan konstateras inte bara gäller inom Lindsköldgruvan utan även inom Rudtjebäckengruvan och Rudtjemyranområdet inom de tidigare omnämnda svavelkismineraliseringarna i anslutning till flexuren. Andalusit-muskovitkvartsiten och muskovitkvartsiten vid Lappliden strax väster om Rudtjebäckengruvan, bergarter som tidigare är beskrivna av Gavelin (1948), tillhör med stor sannolikhet övergångszonen. Som skall visas senare föreligger kemiska likheter mellan de muskovitförande bergarterna från de två områdena (Lappliden och Lindsköldgruvan; fig. 5).

Inom stora delar av domen bl. a. centrala Brännmyrangruvan utgörs övergångszonen i huvudsak av cordierit-antofyllit-cummingtonitförande kvartsiter, som ej kan särskiljas från de inom cordierit-antofyllit-cummingtonitformationen i övrigt ingående leden. Vid granskningen av övergångszonen har endast ett fåtal bergarter kunnat fastställas vara klastiska sediment. Dessa senare återfinns inom ett område längs domens sydvästra flank, och beskrivs makroskopiskt som grå kvartsit. Så långt som denna undersökning har drivits i fråga om undersökning av övergångszonen har sålunda följande bergartsled urskiljts:

1. Kloritskiffer.
2. Knölig cordierit-kloritskiffer.

3. Muskovitkvartsit med eller utan cordierit och andalusit.
4. Grå kvartsit (metaortokvartsit).
5. Cummingtonit-antofyllit-cordieritkvartsit.

I tabell 8 presenteras den modala sammansättningen av några urskiljda huvudtyper, som ingår i övergångszonen.

Den i bergarterna ingående kloriten är ljusgrön och mycket svagt pleokroistisk och tillhör clinochlorgruppen. Kloriten kan klart skiljas från den i övrigt dominerande pennintypen med blå interferensfärger. Muskoviten i kloritskiffrarna har sericit-habitus och utgör pseudomorfoser efter plagioklas. I muskovitkvartsiterna uppträder muskoviten som subhedral korn ofta ansamlade i ränder. I vissa kloritrika bergartstyper uppträder rikligt med magnetit.

B. Den underliggande cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen (cumm.form.)¹, som inom Lindsköldgruvan är den dominerande sulfidförande formationen, är här relativt homogen. Formationen har sin största mäktighet inom Lindsköldgruvan och avtar i mäktighet fram mot Brännmyrangruvan (profil 1). Formationen består till ca 85 % av en ljusgrå kvartsrik cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsit med ringa biotit och klorit (pennin). Accessoriskt ingår ilmenit och magnetit. Det senare mineralet uppträder i rikligare mängd inom kloritiska partier av formationen. Plagioklas saknas helt eller förekommer underordnat i former med låg cordierithalt. Ett särdrag för huvudbergarten inom formationen är, att granat inte förekommer. Den modala sammansättningen av några huvudtyper framgår av tabell 9. Att notera är att både en rombisk och monoklin amfibol förekommer, och att de delvis är coexisterande. Sammanväxningar mellan de två amfibolmodifikationerna cummingtonit och antofyllit har observerats.

Som framgår av tabell 10 förekommer inom formationen kvartsfria och plagioklasförande led jämte cordierit-biotit-kloritkvartsiter, som lätt urskiljs i formationen genom sin fläckighet, som uppstår genom kontrastverkan mellan klorit-biotitmassan och aggregat av ljusa mineral främst kvarts och cordierit. Dessa cordierit-biotit-kloritkvartsiter för ofta granat. Inom Lindsköldgruvan uppträder

TABELL 9.

Modala sammansättningen av bergarter inom cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen

Modal composition of rocks of the cordierite-cummingtonite-antophyllite schist formation

Prov nr	Kvarts	Cordierit	Cummingtonit	Antofyllit	Biotit	Klorit	Opak
111/160.7	27	27	—	38	1	6	1
111/178.1	44	19	—	32	—	2	3
111/207.2	37	24	31	—	1	2	5
111/238.4	37	22	17	17	3	3	1

Siffrorna anger vol.-%. Pointcounter, 500 mätpunkter

¹ Benämningen formation är ej här adekvat, begreppet tektonisk enhet är den exakta. För att ej fördunkla den enhetliga framställningen och definitionerna sätts här dock benämningen formation.

TABELL 10.

Semikvantitativa och -kvalitativa bestämningar av mineral medelst röntgendiffraktion

Semi quantitative and semi qualitative X-ray determinations of rock minerals

Formation	Provdjup DBH 212	Kvarts	Plagioklas	Cordierit	Biotit	Klorit	Amfibol c=cumm. a=antof. h=hornbl.	Del av Adakformationen (se texten)	Anmärkning
Cordierit-biotit- kvartsit- formationen	10.6	++	-	31	++	+	-		
	23.0	++	5	5	+	+++	-		
	35.1	++	-	-	++	++	-		
	37.0	++	-	19	+++	+	-		
	45.3	++	5-10	-	+	+++	-		
	56.4	+	23	-	++	++	++c		
	73.7	++	5	-	-	++	-		
	70.9	++	15	19	++	-	++a		
	95.1	++	5-10	22	+++	-	-		
	115.0	++	5	19	+++	-	+a		
	141.5	++	5	27	++	-	+++a		
Adakformationen	145.1	++	30	-	-	-	+++a	1	
	169.5	++	21	27	-	-	++a	2	
	172.5	++	19	11	++	+++	-	4	
	183.0	++	20	20	+++	-	-	4	
	189.0	++	24	5	++	-	-	3	
	204.0	+	29	-	++	++	-	3	
	218.0	++	20	-	-	+++	+a	4	
	219.2	++	35	5	-	-	++c+a	1	
	227.0	++	29	5	+++	-	-	3	
	233.0	++	33	-	-	-	+++c	1	
	244.5	++	5	5	+++	+++	-	4	
	246.6	++	28	5	++	+++	++c	3	
	Provdjup DBH59201								
Cord.-cumm.- kvartsit- formationen	10.4	+++	-	15	++	+++	-		
	20.0	++	-	40	+	+	+++		
	30.8	+++	-	40	+	-	+++		
	40.5	++	-	40	-	+	+++		
	49.9	-	5	35	+	-	+++		
	60.2	++	15	-	-	+++	-		
	70.0	+++	14	-	-	+++	-		

Cordierit-biotit-kvartsitformationen	80.0 90.2 100.8 110.0 119.6 128.0 129.8 139.8 140.2 149.2 160.0 165.5 170.2 180.0 190.0 200.0 210.0 220.3	++ +++ +++ +++ +++ - ++ ++ ++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++	- 1 2 - 16 16 17 2 18 17 10 12 10 4	40 22 10 - 30 40 5 5 8 35 10 10 20 20 5	++ ++ ++ - +++ - ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++	- +++ +++ +++ - - - +++ - - - - - - - - - +	++ ++ ++ - +++ - ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++	++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++	Sulfidförande zon "-	2-3 3 4 4 4 4 4 2 1-3 4 4 4 2 4
Adakformationen	226.0 230.3 235.0 240.0 250.0 260.0 270.0 280.0 310.0 320.0 329.0 340.0 349.5	++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ - +++ +++ +++	26 28 19 2 16 2 2 19 14 8 3 1	- - - 20 10 10 20 - 20 20 25 15 25	++ + - +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++	++ +++ +++ - - - - - - - - - +	++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++ +++	++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++ ++		
Cordierit-cumm-kv-format.	24.7 30.7 35.9 42.2 47.2	++ ++ - ++ ++	- 10 - - -	35 30 34 37 37	++ ++ ++ +++ ++	+ - - - -	++ ++ ++ ++ ++	++ ++ ++ ++ ++		

Formation	Provdjup DBH 211	Kvarts	Plagioklas	Cordierit	Biotit	Klorit	Amfibol c=cumm. a=antof. h=hornbl.	Del av Adakformationen (se texten)	Anmärkning
Cordierit-biotit- kvartsitformationen	58.3	++	-	24	+++	+	+		
	63.7	++	-	29	+++	+	+		
	69.0	+++	12	20	+++	+	+		
	72.0	+++	27	-	+	+	+		
	74.5	+++	25	-	-	+++	+		
	75.8	+++	12	17	++	+	+		
	81.8	+++	-	30	+++	-	-		
	86.6	+++	6	20	+++	+	-		
	91.0	+++	-	30	+++	+	-		
	98.0	+++	-	25	+++	+	-		
	100.5	+++	14	-	-	+++	-		
	104.0	+++	4	20	+++	+	-		
	110.5	+++	4	25	+++	-	+		
	113.5	+++	23	-	+	-	++		
	116.0	+++	1	10	+++	++	++		
	120.6	+++	2	20	+++	++	-		
	123.9	+++	14	34	++	-	++		
	130.7	+++	19	10	+	-	+++	2	
	131.0	+++	25	-	+++	++	+++	1	
	137.5	+++	-	12	+	+	-	4	
Adakformationen	140.0	+++	23	-	-	-	+++	1	
	144.2	+++	26	-	-	-	+++	1	
	145.8	++	16	10	-	+	+++	2	
	152.1	+++	11	20	+++	-	+	4	
	157.9	++	25	8	+	-	++	2	
	163.5	++	13	30	+++	-	-	4	
	168.4	++	20	10	+	-	+++	2	
	171.4	+++	18	17	+	-	+++	2	
	176.7	++	31	-	-	-	++	1	
	184.9	+++	8	35	++	+	-	4	
	190.5	++	22	5	+++	-	-	3	
	193.9	+++	8	25	+++	-	++	4	
	197.6	+++	5	40	+++	-	+	4	
	203.0	+++	18	-	+	+++	-	3	
	208.0	+	7	25	++	++	+++	2	
	213.0	+++	26	5	+++	++	+	3	
	220.2	+++	25	10	+++	-	+	3	
	225.0	++	25	10	+++	-	-	3	
	232.1	++	27	5	+++	+	-	3	
	233.9	++	22	5	+++	+++	-	3	
	237.7	++	-	-	+++	+	-	4	

cordierit-biotit-kloritkvartsiterna som linsformade kroppar med begränsad utsträckning både parallellt och vinkelrätt emot strykningsriktningen. När en sådan lins uppträder inom en malmförande horisont, medför detta, att mineraliseringen stoppar upp mot linsen. Enstaka oregelbundna kissprickor kan fortsätta in i linsen som inte brytvärda mineraliseringar. Detta negativa samband mellan god malmföring och uppträdande av cordierit-biotit-kloritkvartsiter är fastlagd inom den del av fältet, som här beskrivs, och har en stor betydelse vid utvärderingen av brytvärdighetsgränser. Förklaringen till det negativa sambandet torde ligga i, att det i bergarten ingår speciellt hög halt av fyllosilikatmineral, som ger den en hög resistans mot brottdeformation, dvs. genom fyllosilikatens inverkan erhåller bergarten en betydande plasticitet, så att de sprickstrukturer, som karakteriserar cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsiten, ej utvecklas, och i vilka sprickor malmdeposition skett.

C. Cordierit-biotit-kloritkvartsitformationen (biotit-form.), uppbyggs huvudsakligen av den fläckiga, grå biotit-kloritkvartsiten som beskrivits ovan. Den skiljer sig från cumm.-form. genom sin relativt höga biotit- och ställvis även klorithalt samt genom en trendmässigt högre plagioklashalt (upp till 27 vol.-% enligt gjorda semikvantitativa bestämningar, se tabell 10). Almandingranat förekommer flerstädes inom Brännmyranavsnittet. Inom formationen förekommer åtskilliga zoner med cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsit, till vilka kan konstaterats är knutna sulfidmineraliseringar med varierande intensitet. Således är malmerna i Brännmyranguvan anlagda inom zoner med cordierit-antofyllit-cummingtonitkvartsit, som här uppträder inom den här rikt granatförande biotit-form. (Se profiler B20 och B30).

D. Adakformationen uppvisar större inhomogenitetsgrad än föregående formationer. En snabb växling av bergartstyper i vertikal och horisontell led är karakteristiskt för formationen i allmänhet. Undantag utgör en karaktärsbergart för formationen, nämligen en gråvit antofyllitmikrognejs, som inom norra Adakområdet uppträder som uthålliga bankar, vilka kan följas över flera borrhål. De i Adakformationen ingående bergarterna kan indelas i två huvudserier enligt följande med vidare uppdelning i undergrupper:

Amfibolserien

- Grupp 1. Cummingtonit-antofyllitmikrognejs (>20 vol.-% plagioklas) acc. biotit, klorit samt i undantagsfall cordierit.
- Grupp 2. Cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsit (<20 vol.-% plagioklas) acc. biotit, klorit.

Glimmerserien

- Grupp 3. Biotit-kloritmikrognejs (>20 vol.-% plagioklas) acc. eller underordnat cummingtonit, antofyllit och cordierit.
- Grupp 4. Cordierit-biotit-kloritkvartsit (<20 vol.-% plagioklas) acc. antofyllit och cummingtonit.

De ingående kvartsiternas och mikrognejsernas sammansättning framgår av tabell 10. Felmarginalen $\pm 1.5\%$ för plagioklasbestämningen och $\pm 4\%$ för cordieritbestämningen gör, att vid plagioklashalter omkring 20 vol.-% vissa tveksamheter kan uppstå vid gruppindelningen av bergarterna, som följer de grundprinciper, som angivits tidigare. De informationer, som erhålls av de semikvantitativa analyserna (tabell 10) och övriga borrhål, visar att nedbrytningen av plagioklas är mest framskriden inom de tektoniserade, malmförande delarna av Adakformationen. Som helhet betraktad har denna formation undergått en svagare metasomatisk omvandling än de ovanliggande cordierit-biotit- och cordierit-cummingtonit-antofyllit-kvartsitformationerna.

I anslutning till malmerna förekommer granatförande varianter av de två huvudserierna.

Det mest karakteristiska för formationen är inslaget av kalkstenar och kalkigt skarn. I samband med sulfidinvasionen har kalkkomponenten mobiliserats, och en kalkmetasomatisk process har ägt rum. Denna kalkmetasomatism har tidigare utförligt beskrivits av Gavelin (1952), och intresserade läsare hänvisas därför till detta arbete.

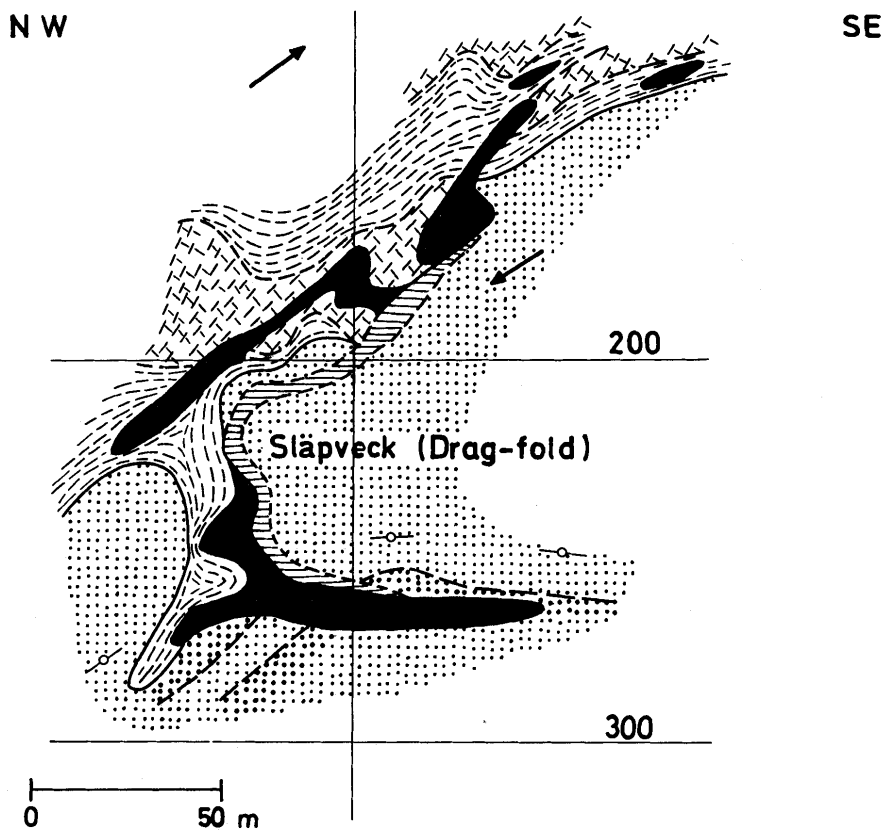
Inom det här detaljstuderade området utgörs således den väsentligaste omvandlingen av en skivformad kropp, som begränsas av tuffitgruppen uppåt och av Adakformationen nedåt.

E. Den lokala omvandlingszon inom Lindsköldgruvan, som framställs på profilerna 2—5 och som bl. a. omger Lindskölds huvudmalm, företer stora likheter med de muskovitförande bergartsled, som förekommer inom den tidigare beskrivna övergångszonen. En viktig mineralogisk skillnad är dock, att cordierit helt ersätts av andalusit, som förekommer accessoriskt eller som väsentlig beståndsdel i muskovitkvartsiterna inom den lokala omvandlingszonen. Andalusiten förekommer som subhedral korn med en utpräglad zonar uppbyggnad. I de nedre delarna av Lindskölds huvudmalm förekommer inom zonen bevarade partier av framför allt det ljusa anortit-granatskarnet.

F. Omkring de brantstående brecciemalmerna i Adakgruvan har tydliga omvandlingar av lokal karaktär ägt rum. Omvandlingsbergarterna kan indelas i två huvudgrupper:

- Grupp 1. Cordierit-cummingtonit-antofyllit-granat-magnetitkvartsiter med delvis hög halt av biotit och ställvis övergående i grova magnetitrika antofyllitskarn. Acc. klorit.
- Grupp 2. Klorit-biotitkvartsiter med cordierit, granat och magnetit, där de två senare mineralen delvis substituerar varandra.

Cordierit-cummingtonit-antofyllitbergarten i grupp 1 är mineralogiskt identisk med cummingtonitformationens huvudbergart, men till skillnad från denna för den förra bergarten granat, som visar sig vara senare bildad än amfibolen (jfr fig. 4 i Gavelin 1952).



-  Adakformationen/med andraditgranat. *Adak formation/with andradite*
-  Kalk och skarn med CuFeS_2 och FeS . *CuFeS_2 and FeS in lime and skarn*
-  Kloritkvartsit med granat och magnetit. *Chlorite schist with garnet and magnetite*
-  Cordierit-cummingtonit-gedritkvartsit med magnetit. *Cordierite-cummingtonite-gedrite schist with magnetite*
-  Brecciemalmtyp med kopparkis. *Copper breccia ore*
-  Stupningsriktning för lagerserien. *Dip of strata*
-  Relativa rörelser inom brecciezonen. *Direction of tectonic movement along the breccia zone*

Fig. 4. Diskordant brecciemalmzon med släpveck i Adakgruvan. Vertikalsektion med bergartstyper, ungefär vinkelrätt mot veckaxeln.

Discordant breccia-ore zone with drag-fold in Adak mine. Vertical section showing types of rocks. The section is approximately perpendicular to the fold axis.

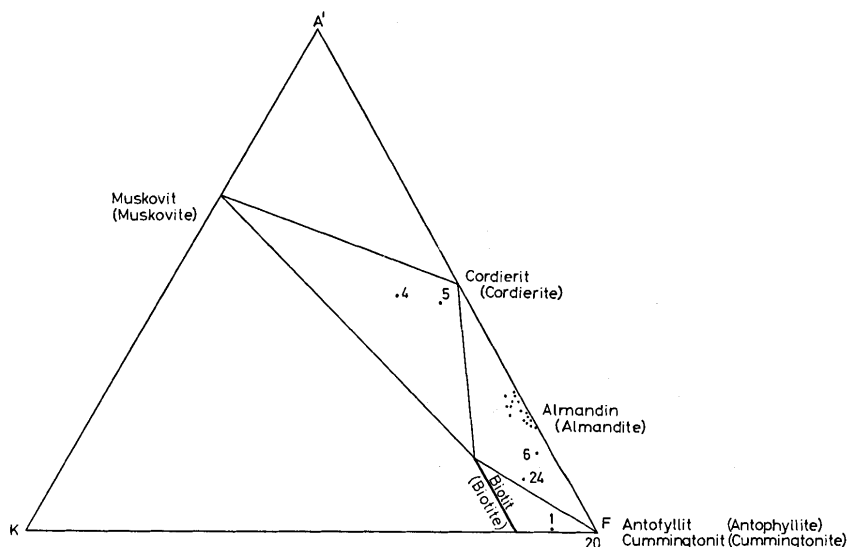


Fig. 5. A'FK-diagram. · anger analys. Bergartsanalyser som faller utanför maximiområdet har försetts med analysnummer.

A'FK-plot of rock analyses. Rocks outside the maximum area are numbered with the analysis reference no.

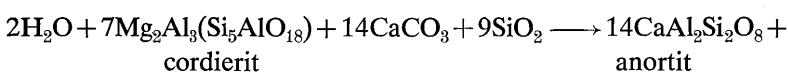
Som typexempel för att demonstrera den lokala omvandlingszonen har valts ett väluppborrat område i nedre delen av brecciemalmzonen (fig. 4). Det är att notera, att omvandlingsbergarterna ej är zonalt fördelade omkring malmkropparna, utan i stället synes det, som om omvandlingsbergarternas differentiering betingas av varierande sammansättning hos ursprungsbergarterna, som inom området har en relativt flack lagringsstruktur med flack stupning mot väster. Av figuren framgår vidare den zon med andraditgranat, som åtföljer de flacka, skarniga malmerna. Det är framför allt i de kalkiga partierna i och omkring malmerna, som andraditgranatbildningen har ägt rum.

3.3. METAMORF FACIES OCH VIKTIGA MINERALOGISKA RELATIONER

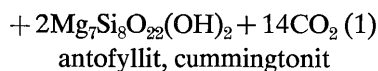
Eftersom de flesta av de förekommande bergartstyperna, som här har relaterats är cordierit-biotit-antofyllit-cummingtonitförande, kan deras paragenetiska relationer enklast framställas i ett A'FK-diagram (fig. 5). Med den faciesindelning, som framställs i Winkler (1967) kan kvartsiterna och mikrognejserna säkert inordnas i cordierit-andalusit-muskovitsubfacies av Abukuma-typen av amfibolit-facies. En retrograd metamorf kloritiseringsfas med huvudsaklig omvandling av biotit till klorit (penninggruppen), men även omvandling av andra femiska mineral, t. ex. granat till klorit, som framgår av utbildade kloritpseudomorfer efter granat, maskerar i vissa fall helt den progressivt metamorft utbildade para-

genesen. Som framgår av fig. 5 uppvisar bergarterna en ringa variation i sammansättningen. Bergarter med avvikande sammansättning hänför sig till övergångszonen eller till Adakformationens mikrognejser. Av diagrammet (fig. 5) framgår ej variationerna i fråga om plagioklashalten, men generellt kan konstateras, att för kvartsitgruppen gäller, att plagioklashalten tilltar mot djupet.

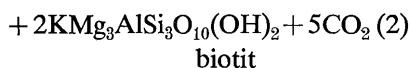
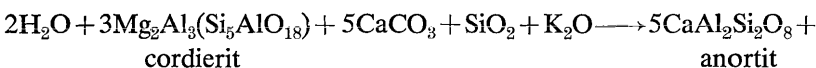
Studerar man de utförda semikvantitativa analyserna (tabell 10), finner man, att halten plagioklas är omvänt proportionell mot cordierithalten. Det visar sig också, att de kalkrika bergartsleden uppvisar den lägsta cordierithalten. De kalkrikaste plagioklas-cummingtonit-antofyllitförande leden är helt cordieritfria, vilket betyder att cordieriten är instabil i starkt kalkig miljö. Detta kan illustreras med följande reaktion:



(endast Mg-ledet medtaget)



Denna reaktion torde också äga rum vid de kalkmetasomatiska processerna under nybildning av anortit. För de oligoklas-andesinförande leden (de undersökta plagioklassammansättningar för Adakformationen varierar mellan An_{25} och An_{35}) bör reaktionsformeln uppfattas symboliskt, dvs. formeln anger hög stabilitet av plagioklas-komponenten i kalkig miljö. För bildning av oligoklas-andesin enligt reaktionsformeln måste en samtidig Na-metasomatos äga rum, vilket inte finns några indikationer för. En motsvarande reaktion som (1) för de plagioklas-biotitförande leden kan uttryckas enligt följande:



(endast Mg-ledet medtaget)

Som framgår av reaktionsformlerna är ett SiO_2 -överskott nödvändigt för att få reaktionerna att löpa åt höger. Omvänt finner man att kvarts frigörs vid bildning av cordierit ur plagioklas och biotit (eller som skall visas senare mera osannolikt antofyllit och cummingtonit). En del av den fria kvarts, som återfinns i kvartsit-gruppens bergarter, kan således ha bildats vid reaktioner av den typ som beskrivits ovan. På grund av den påvisade omvända proportionaliteten mellan cordierit- och plagioklashalterna kan man enligt ett tolkningsätt anta att den metasomatiska processen:

biotit + plagioklas $\rightarrow$ cordierit + K_2O -komponent + CaO-komponent + fri kvarts
är en av de mest betydande reaktionerna vid utbildningen av kvartsitgruppens

cordieritförande bergarter. Det är dock här enligt min mening en öppen fråga, om denna reaktion är den primära metasomatiska reaktionen, vid vilken nedbrytningen av bl. a. plagioklas äger rum och Ca bortförs. Den allmänna uppfattningen är väl idag, att de metasomatiska processerna är av underordnad betydelse vid höggradig metamorfos, som i stort är en isokemisk process, om man betraktar ett begränsat kemiskt system (jfr t. ex. Winkler, 1967 s. 8).

Det är kanske inte osannolikt att anta, att nedbrytningen av plagioklas ägt rum under hydrotermala förhållanden, alltså vid betydligt lägre temperatur än de nu existerande metamorfa parageneserna är bildade vid. Nedbrytningen av plagioklas och samtidigt andra beståndsdelar kan därvid ha skett under bildande av argillitiska produkter eller klorit och sericit, som vid den progressiva metamorfosen omvandlats i cordierit.

Det är naturligtvis inom ett högmetamorft område som Adakfältet omöjligt att ange, om antagandet är riktigt. Klorit-sericitbergarterna i övre delen av kvartsitgruppen kan representera delar av den ursprungliga hydrotermala omvandlingsparagenesen. Inom områden med svagare metamorf omvandling är det fastlagt att utbildningen av kvartsitbergarterna skett under inverkan av hydrotermala lösningar, t. ex. inom Bolidengruvan där omvandlingen ägt rum under inverkan av alkaliska och sura hydrotermala lösningar (Grip och Wirstam, 1970). Bildandet av sericit och kaolin, som är typiska hydrotermala produkter i Bolidengruvan (Ödman 1941, s. 25), antyder, att omvandlingen vid någon fas ägt rum under katatermala förhållanden.

Möjligheten av, att de hydrotermala, metasomatiska, endogena processerna ägde rum, innan avsättningen av den undre bandade formationens bergarter eller under dessa bergarters diagenetiska fas, föreligger inom Adakfältet. Det är klart, att inom Adakfältet stoppar cordieritomvandlingen upp mot den undre bandade tuffitformationen, som alltså antingen inte existerade eller, som måste betraktas som mest sannolikt, befann sig i ett diagenetiskt tillstånd med låg porositet, som förhindrade de hydrotermala lösningarna att tränga igenom. Skulle kvartsitgruppens bergarter och undre bandade tuffitformationen ha utgjort en kontinuerlig serie, har man svårt att förstå den regelbundenhet i fråga om mäktigheten, som formationen uppvisar. Man skulle, ifall den antagna metamorfa-metasomatiska processen med cordieritbildning varit den primärt kvartsitgenererande, ha väntat sig att omvandlingsbukter, med cordieritkvartsit förande ingen eller ringa plagioklas, in i den undre bandade formationen, skulle ha bildats. Några sådana bukter har inte observerats. Detta antyder, att kvartsitgruppens bergarter och undre bandade tuffitformationen utgör en diskontinuerlig serie med påverkan på omvandlingsbergarternas utbredning.

En viktig metamorf-metasomatisk reaktion, som observerats i de studerade slipproven, är en omvandling av biotit till amfibol. Denna omvandling förekommer både inom kvartsitgruppen, övergångszonen, inom den lokala omvandlingszonen i Adakgruvan samt inom den undre bandade tuffitformationen. Det är

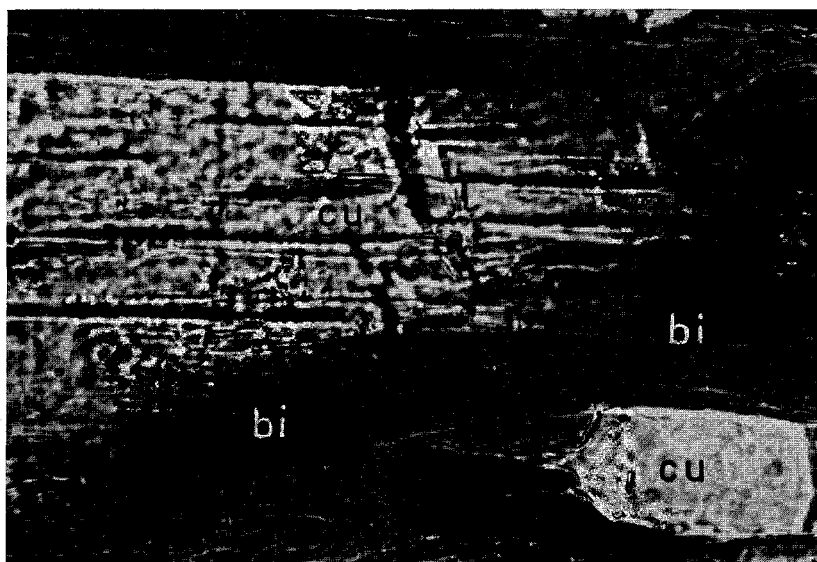
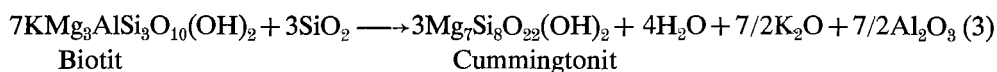


Fig. 6. Omvandling av biotit till cummingtonit inom cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen (cu=cummingtonit, bi=biotit). Lindsköldgruvan. 1 nic., 625 $\times$. Foto S. Ljung.
Lattice to lattice transformation of biotite to cummingtonite. Lindsköld mine.

den reaktion, som differentierar kvartsitgruppens bergarter i biotitförande och amfibolförande led (cumm.-formationen—biotitformationen; Adakformationens amfibolserie—Adakformationens glimmerserie). Av ett exempel (fig. 6) framgår hur biotit och cummingtonit uppträder inom ett och samma mineral Korn, den diffusa reaktionsgränsen mellan de två faserna framträder, och man ser vidare hur biotitspaltningen fortsätter in i den nybildade cummingtonitfasen. Den här beskrivna amfibolomvandlingen av biotit enligt reaktionsformeln:



Biotit

Cummingtonit

(endast Mg-ledet medtaget)

ger ett K-, Al-överskott, som ej gett upphov till någon mineralnybildning in situ. Frigjort aluminium kan ha bundits i den klorit, som oftast är närvarande i de amfibolförande bergarterna, antingen i matrixet eller i form av kloritsliror. Som skall visas senare har de amfibolförande bergarterna en relativt låg K₂O-halt, vilket antyder, att denna komponent förts ut ur det kemiska systemet i samband med reaktionen.

Det är ej möjligt att med säkerhet avgöra vilken faktor, som styr bildningen av den ena eller den andra av amfibolmodifikationerna, detta med hänsyn taget till att analysmaterialet är för litet. Vid studium av materialet framkommer dock en relationstrend, som här skall relateras.

TABELL 11.

Sammanställning av uppträdande amfibolfaser vid varierande sammansättning av bergarter inom cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen

Compilation of amphibole phases at varying MgO/MgO + FeO-ratios of rocks of the cordierite-cummingtonite-antophyllite schist formation

Analys nr	MgO/MgO + FeO-förhållande	Uppträdande amfibolfas	Anmärkning
8	0.46	antofyllit	
9	0.46	antofyllit	
11	0.38	antofyllit + cummingtonit	
10	0.35	cummingtonit	
17	0.32	cummingtonit	
18	0.24	cummingtonit + gedrit	magnetitrik bergart
IV (Gavelin 1952)	0.25	gedrit, acc. cummingtonit	magnetitrik bergart

Enligt Sundius (1944) existerar mellan antofyllit- och cummingtonitfaserna en fasgräns, och antofyllitfasen har ett högre MgO/MgO + FeO-förhållande. Det framgår också av Sundius arbete, att det existerar gedriter med ett MgO/MgO + FeO-förhållande som cummingtonitfasens järnrikare led (grünerit).

I tabellen nedan (tabell 11) har gjorts en sammanställning av MgO/MgO + FeO-förhållandet för en del av de analyserade cordierit-cummingtonit-antofyllitbergarterna med accessoriskt uppträdande biotit och pennin och relaterat förhållande till uppträdande amfibolfaser.

Som framgår av tabellen är antofyllitfasen stabil vid de högsta MgO/MgO + FeO-värdena. Gränsen mellan de två faserna framträder här tydligt vid värdet 0.38. I det prov som har detta värde förekommer antofyllit och cummingtonit i lika proportioner (se tabell 9, prov 111/238.4). Vid en höjning av Fe₂O₃-halten som indikeras genom en hög magnetithalt, visar det sig att den rombiska modifikationen stabiliseras även vid låga MgO/MgO + FeO-värden, som de två sista analyserna i tabell 11 visar. I detta fall är den rombiska fasen gedrit, som är i överensstämmelse med Sundius angivna relationer.

Inom kvartsitgruppen finner man, att cordierit-antofyllit-cummingtonit bergarterna är relaterade till de sulfidmineraliserade och även tektoniskt kraftigt påverkade formationerna. Mest framträdande är detta inom Lindsköldgruvan och framför allt inom Brännmyrangruvan (se profiler B 20 och B 30). Eftersom cummingtonit-antofyllitomvandling av biotit även har ägt rum inom horisonter av den undre bandade tuffitformationen och ställvis även inom kvartsitgruppen, där ingen sulfidmineralisering är för handen, kan man dra den slutsatsen, att de cordierit-amfibolförande bergarterna utbildats i samband med den tektoniska deformationen och resulterande sprickbildning i berggrunden. Den metasomatiska omvandlingen har utgått från sprickorna och i dessa cirkulerande lösningar och utvecklats vidare i omgivande berggrund. Vid denna tolkning av omvandlingsförloppet har analogier dragits med förhållandena i Persbergsområdet i mellersta

Sverige, såsom det relateras av Geijer (1964). "There the sodic leptonite is, *along fissures*, replaced by cordierite-gedrite quartzite within the blocks into which the leptonite is cut up by these fissures, cordierite and gedrite have formed in spots. Where the alteration has proceeded further, leptonite is found only as remnants in the cordierite-gedrite-quartz rock" (op. cit.).

Det negativa sambandet mellan uppträdandet av biotit-cordieritkvartsit i malmförande områden och god malmföring, som tidigare relaterats, visar också på att sprickbildningen varit en verksam faktor vid utbildningen av cordierit-amfibolbergarterna, så att inom de deformationsresistenta cordierit-biotitlinserna har den metasomatiska omvandlingen biotit-cummingtonit, antofyllit uteblivit.

Sammanfattningsvis kan man alltså konstatera, att cordierit-biotitparagenesen är stabil inom områden, som motstått höggradig tektonisk påverkan, medan cordierit-cummingtonit-antofyllitparagenesen uppträder inom sådan tektoniskt påverkad berggrund.

I sitt arbete från år 1952 gör Gavelin ett antagande "that the formation of almandite and magnetite in quartzites surrounding the skarn masses has originated through a supply of iron from portions replaced during the Ca-metasomatism" (op. cit.). Detta gäller inom Adakgruvan. Det är möjligt att anta, att kloritiseringsprocessen och Ca-metasomatismen tillhör samma retrograda metasomatiska fas.

Detta gäller åtminstone för den fas under vilken epidot, zoisit och sericit utbildades (Gavelin, 1952, s. 27). Bildningstemperaturerna under denna fas motsvarar grönskifferfacies enligt Winklers indelning (Winkler, 1967). Karakteristiskt för kvarts-albit-epidot-almandin subfacies av grönskifferfacies är just uppträdandet av Fe-rik almandin, som bildas enligt reaktionen:

Fe-Mg-klorit + kvarts $\rightarrow$ almandin + Mg-klorit. Dock synes det som om Fe/Mg-förhållandet påverkar almandingranatens stabilitet. Som omtalats tidigare har kloriten bildats genom omvandling av biotit, och det torde framgå av förhållandena i Adakgruvan, att man kan vänta sig skilda omvandlingsreaktioner, som en följd av att Fe-halten varierar. För bildningen av granat- och magnetitförande kloritbergarter i Adakgruvan är följande reaktioner möjliga:

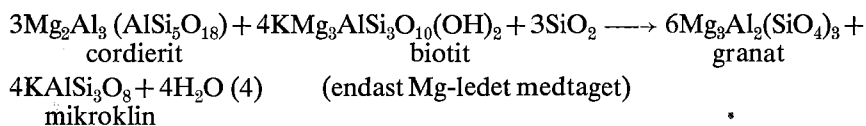
biotit $\rightarrow$ Mg-Fe-klorit (områden med "normala" Fe-halter)

biotit + kvarts $\rightarrow$ granat + Mg-klorit (områden mättade på Fe)

biotit $\rightarrow$ magnetit + kvarts + Mg-klorit (områden mättade på Fe och med förhöjd syrefugacitet)

Inom Brännmyranguvan förekommer inom biotitformationen rikligt med almandingranat. Då denna formation ej påverkats av någon Ca-metasomatos eller kloritisering i nämnvärd omfattning, kan ej granatbildningen kopplas samman med omvandlingar av detta slag. Det visar sig att mikroklin förekommer i de granatförande bergarterna, som är kraftigt tektoniskt deformerade, vilket framgår av att kvartsen är granulerad. Förekomsten av mikroklin antyder, att alman-

dingranaten bildats genom reaktioner under deltagande av biotit. En möjlig reaktion i detta fall är mellan biotit och cordierit enligt formeln:



De här presenterade reaktionerna i den metamorfa-metasomatiska utvecklingen av Adakfältets bergarter, och som fastställts på empirisk väg eller genom direkt observation, utgör med säkerhet endast en del av de reaktionsförlopp, som kan ha förekommit. Speciellt framkommer ej de progressivt metamorfa-metasomatiska reaktioner, som föregått utbildningen av stabila mineralassociationer i amfibolitfacies. Då det för cordieritbildning direkt av plagioklas uppstår en diskrepans gentemot anortitkomponentens ökade stabilitet vid ökad metamorfosgrad, får man anta att plagioklasens nedbrytning ägt rum under hydrotermala förhållanden. För att ge en någorlunda plausibel bild av de metamorfa-metasomatiska reaktionernas tidsrelationer uppställs följande diagram:

Tid	Huvudsakliga mineralreaktioner	Metamorf-metasomatisk- tektonisk fas
	Nedbrytning av plagioklas och andra mineral under bildning av muskovit och klorit.	Hydrotermal fas.
	Muskovit + klorit $\longrightarrow$ biotit + cordierit; kalk + kvarts $\longrightarrow$ kalkskarn.	Metamorf fas (progressiv).
	Biotit $\longrightarrow$ amfibol.	Tektonisk-metasomatisk fas.
	Biotit $\longrightarrow$ klorit + (granat + magnetit) hornblende etc. $\longrightarrow$ epidot sericitisering av plagioklas (fixering av malmer).	Metamorf fas (regressiv) med nära samband till malmbildningen.

3.4. KEMISKA RELATIONER

Det bör här först konstateras, att kemiska analyser av kvartsitgruppens bergarter (tabeller 12 och 13) endast anger relationerna mellan omvandlingsbergarterna, eftersom det inte finns någon absolut referens för dessa metamorft-metasomatiska bergarter till bevarade partier av ursprungsbergarterna. När man då talar om metasomatos betyder detta, att man avser relativa kemiska förändringar mellan och inom bergartsformationerna. För att kunna utföra en översiktlig behandling av analyserna har Niggli-värdena framräknats för de enskilda bergarterna (fig. 7). Som jämförelse har även medtagits värden för undre bandade tuffitformationer, övergångszonen samt två värden för restit inom migmatitzonen.

I Niggli-värdena avspeglas de reaktioner, som karakteriserar de metasomatiska

TABELL 12.
Karakteristik av analyserade bergarter
Description of rocks analysed

Analysnummer	Bergartsbeteckning	Formation eller zon
I 1	Biotittuffit	Undre bandade tuffitformationen
II 2	Muskovitkvartsit	Lokal omvandlingszon i Lindsköld
3	Muskovitkvartsit	
4	Muskovit-cordieritkvartsit	Övergångszon
III 5	Muskovitkvartsit	
6	Klorit-antofyllitskiffer	
7	Klorit-cordieritskiffer	Cordierit-cumingtonit-antofyllit-kvartsitformationen
8	Cordierit-antofyllitkvartsit	
IV 9	Cordierit-antofyllitkvartsit	
10	Cordierit-cumingtonitkvartsit	
11	Cordierit-cumm.-antof.kvartsit	Cordierit-biotitkvartsitformationen
V 12	Cordierit-biotitkvartsit	
13	Cordierit-biotitkvartsit	
14	Cordierit-biotitkvartsit	
15	Cordierit-biotitkvartsit	Lokal omvandlingszon i Adak
VI 16	Klorit-granat-cord.-cumm.kvartsit	
17	Cumm.-biotit-cord.kvartsit	
18	Cumm.-antof.-cord.kvartsit	Adakformationen grupp 1 Adakformationen grupp 1 Adakformationen grupp 1 Adakformationen grupp 2 Adakformationen grupp 2-4 Adakformationen grupp 3 Adakformationen grupp 4 Adakformationen grupp 4
19	Antofyllitmikrognejs	
20	Cumingtonitmikrognejs	
21	Cumingtonitmikrognejs	
VII 22	Cordierit-antofyllitkvartsit	
23	Cordierit-antofyllit-biotitkvartsit	
24	Biotitmikrognejs	
25	Klorit-biotitkvartsit	
26	Klorit-biotitkvartsit	
VIII 27	Restit (plagioklas-hornblände)	In situ migmatit
28	Restit (plagioklas-hornblände)	In situ migmatit
29	Granitoid (kvarts-plagioklasgranit)	

Analys nr 1, 2, 3, 6, 15 och 29 från Lindberg (1970)
Analys nr 5, 16, 17 och 18 från Gavelin (1952)
Övriga analyser utförda vid Boliden Aktiebolag, Rönnskär

TABELL 13.
Analysvärden för bergarter presenterade i tabell 12 (vikt-%)
Analyses of rocks

Analys nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	I	II		III				IV				V			
SiO ₂	58.2	68.4	74.9	62.1	68.6	59.8	29.0	54.4	61.1	61.8	58.8	61.0	66.3	69.1	59.3
TiO ₂	0.65	0.42	0.28	0.90	0.32	0.83	1.2	0.95	0.85	0.70	0.85	0.85	0.70	0.55	0.88
Al ₂ O ₃	15.6	8.7	7.7	16.6	12.9	14.8	21.3	14.8	14.0	11.4	14.2	14.2	14.2	13.1	14.5
Fe ₂ O ₃	1.1	2.5	1.2	4.4	2.2	0.7	5.3	0.6	0.4	1.6	0.1	0.6	1.1	1.1	1.7
FeO	6.5	10.3	8.4	3.1	6.2	9.0	16.0	13.0	10.6	12.9	13.4	11.9	9.7	7.4	12.1
MnO	0.15	0.04	0.06	0.04	0.05	0.20	0.07	0.24	0.06	0.23	0.18	0.26	0.27	0.28	0.26
MgO	3.8	3.2	3.2	3.1	1.0	5.9	14.3	11.1	9.1	7.0	8.2	6.7	4.0	3.9	7.7
BaO		0.01	0.01												
CaO	7.5	0.05	0.04	0.5	1.0	1.9	1.1	1.0	0.9	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.4
Na ₂ O	2.6	0.20	0.10	0.24	0.23	3.1	0.27	0.18	0.19	0.12	0.17	0.12	0.22	1.06	0.10
K ₂ O	1.4	0.80	0.80	3.4	0.99	0.90	0.70	0.15	0.24	0.25	0.55	0.99	0.78	0.71	0.90
S				3.7	1.76		0.9	0.2	0.1	0.6	0.1	0.3	0.8	0.1	
Glödgnings- förlust 1000°				5.4			6.8	1.5	0.7	1.0	0.7	1.2	1.1	0.75	
Summa	97.5	94.6	96.7	103.5	95.3	97.1	96.9	98.1	98.2	98.2	97.9	98.9	99.8	98.9	97.8

Analys nr	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	VI			VII								VIII	
SiO ₂	57.6	57.8	53.5	63.5	61.9	64.5	63.4	66.0	57.3	63.9	60.3	54.9	55.7
TiO ₂	0.96	0.74	0.77	0.75	0.70	0.80	0.80	0.80	0.75	0.80	0.80	0.50	0.55
Al ₂ O ₃	11.7	15.6	14.4	14.5	12.6	14.3	13.7	13.8	18.8	13.1	13.2	15.6	17.3
Fe ₂ O ₃	3.3	1.2	2.6	0.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	1.0	0.0	0.9	0.4
FeO	12.7	14.3	18.4	8.5	10.3	9.8	11.9	10.3	6.3	10.2	10.9	7.1	7.2
MnO	0.09	0.08	0.13	0.17	0.30	0.19	0.17	0.17	0.13	0.14	0.19	0.11	0.09
MgO	5.9	6.6	6.0	3.3	4.3	2.9	4.7	3.4	2.7	3.7	4.7	7.3	5.2
BaO													
CaO	1.6	0.8	1.0	1.4	4.6	1.5	0.7	1.1	6.0	1.6	0.5	6.1	5.4
Na ₂ O	0.10	0.00	0.20	3.5	2.6	3.1	0.74	1.5	2.6	0.96	0.18	4.8	5.2
K ₂ O	0.70	0.50	0.30	0.29	0.10	0.26	0.67	0.84	1.4	1.1	1.3	0.70	0.57
S				0.5	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3
Glödgnings- förlust 1000°				1.2		0.2	0.5	0.6	0.7	1.3	2.7	0.4	0.3
Summa	94.7	97.6	97.8	97.7	97.5	97.9	97.8	98.6	97.1	98.1	94.9	98.7	98.2

omvandlingarna. Silificeringen inom den lokala omvandlingszonen i Lindsköldgruvan framträder genom den kraftiga förhöjningen av si-värdena. Det är tveksamt om motsvarande förhöjning hos muskovitkvartsiterna inom övergångszonen kan hänföras till en silificeringsprocess eller om de utgör kvartsrika metasediment. Generellt är silificeringsgraden låg inom övergångszonen, och detta förhållande kan tala för det senare alternativet.

Studerar man si-värdena och ti-värdena, finner man, att under si-värden på approximativt 240 är si/ti-förhållandet relativt konstant (absolutvärde för si/ti), om man undantar analys nr 7, som förmodligen är en kloritomvandlad basisk bergart. Vid si-värden på approximativt 240 upphör det konstanta förhållandet

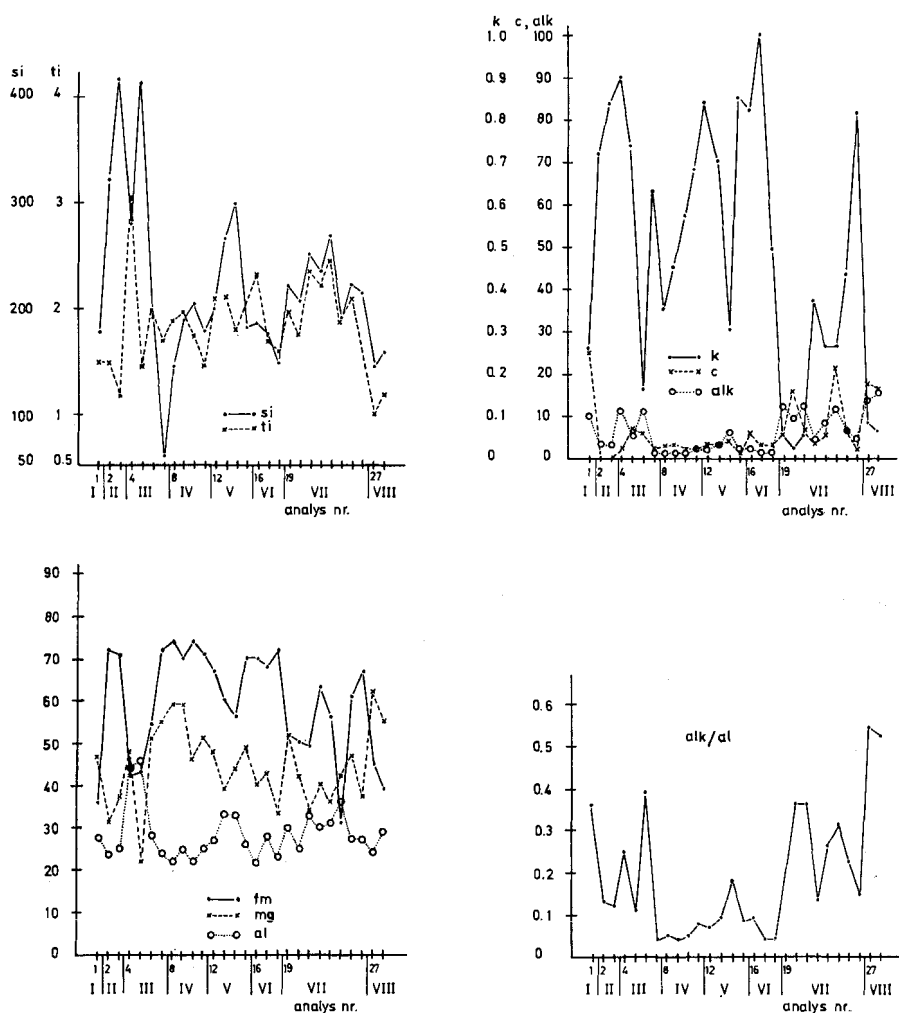


Fig. 7. Niggli-värden för analyserade bergarter inom Adakfältet.

*Niggli-values of Adak rocks.*I Undre bandade tuffitformationen. *Lower banded tuffite formation.*II Lokal omvandlingszon i Lindsköldgruvan. *Discordant shear zone in Lindsköld mine.*III Övergångszon. *Transition zone.*IV Cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsitformationen. *Cordierite-amphibole schist formation.*V Cordierit-biotitkvartsitformationen. *Cordierite-biotite schist formation.*VI Lokal omvandlingszon i Adakgruvan. *Discordant breccia-ore zone in Adak mine.*VII Adakformationen. *Adak formation.*VIII Migmatitzonen. *Migmatite zone.*

beroende på att dessa högre värden representerar kraftigt silificerade bergarter (eller kvartsrika metasediment).

K, c, alk-värdena liksom alk/al-förhållandet återger plagioklasens nedbrytning inom de metasomatiskt påverkade zonerna och formationerna samt till viss grad omvandlingen av biotit till amfibol. Speciellt framträder nedsättningen av alk/al-förhållandet inom formationerna IV, V och zon VI, där nedbrytningen av plagioklas är höggradig. Det är förlusten av K, Na och Ca, som här dokumenteras i diagrammen.

Den påtagliga höjningen av fm-värdena inom zonen II och formationerna IV, V och VI anger en tillförsel av Fe.

Förändringarna i mg-värdena ger ingen påtaglig skillnad mellan formationerna. Det är i stället så att höga mg-värden karakteriserar enskilda bergartsled såsom antofyllitkvartsiterna och de antofyllitförande mikrognejserna samt kloritskifferna, vilket kan vara resultat av en metamorf differentiation inom ett begränsat kemiskt system snarare än resultatet av en magnesiometasomatos.

3.5. PEGMATITER OCH APLITER

Pegmatiter och apliter är sparsamt förekommande inom gruvområdena. Där de förekommer är detta på de djupare nivåerna under 240 m i Adakgruvan, under 100 m i Lindsköldgruvan samt på och under 160 m i Brännmyrangruvan. Två huvudtyper av gångar kan urskiljas nämligen för det första en röd albitaplit med i regel flacka stupningar, för det andra en turmalin-granatförande kvarts-albit-muskovitpegmatit. Den senare typen förekommer framför allt inom Rudtjemyranområdet, på Lappliden samt på de djupaste nivåerna i Adakgruvan och Lindsköldgruvan. Närheten till migmatiterna inom dessa områden kan anföras som grund för en tolkning, att pegmatiterna utbildats i samband med migmatitseringen och gnejsbildningen.

I Lindsköldgruvan har påträffats endast en granat-turmalinförande kvarts-albit-muskovitpegmatit, som kan följas över en längre sträcka på 275 m nivå men har aldrig återfunnits på de övre nivåerna, trots att gruvaktiviteten varit omfattande inom områden, som ligger i gångens direkta fältfortsättning både mot öster och i vertikal led uppåt. Detta har sin förklaring i att gången deformationerats och brutits upp inom de övre delarna av kvartsitgruppen, där deformationsgraden är hög. Tendenser till detta finns redan i brytningsrummen strax ovan 170 m nivå. Gången stryker N 55°W och stupar 70—75° mot NE. Studium av gången inom brytningsområdena visar, att den är äldre än malmavsättningen i sprickorna. Man finner hur de malmförande (CuFeS_2 , FeAsS) sprickorna skär genom pegmatiten.

Påtagligt är hur de röda albitapliterna intar flacka lägen jämfört med de turmalinförande pegmatiterna. Detta förhållande visar, att aplitgångarna bildats vid ett senare skede av den tektoniska fasen, när differentialrörelser, som verkat vid de relativt flacka spricksystemens utveckling, satts in. Mikroklinförande apliter

och pegmatiter uppträder framför allt inom hängväggsblocket i Rudtjebäckengruvan.

3.6. BASISKA GÅNGAR OCH DERAS RELATIONER TILL MALMERNÄ

Såväl mikroklingraniten som suprakrustalbergarterna genomsetts av basiska gånger, som i regel är anlagda i flacka sprickstrukturer i berggrunden med stupningar, som varierar mellan 10° och 35° . Två av gångetyperna intar brantare lägen. Man kan urskilja fem mineralogiskt och textuellt skilda former av metabasiter enligt följande:

- A. Hornblendediabas (plagioklas An_{40-65} , grönt hornblende, biotit).
- B. Hornblendeleucodiabas (kraftigt sauss. plagioklas, grönt hornblende).
- C. Plagioklasporfyrisk hornblendediabas (plagioklas An_{55} , grönt hornblende, cummingtonit, acc. biotit och kvarts).
- D. Cummingtonitförande hornblendediabas (cummingtonit, plagioklas An_{65} , kvarts, grönt hornblende).
- E. Lamprofyr.

På figurer och kartor har hänvisning gjorts till ovanstående uppställning med (A), (B) . . .

A. Tre gånger av denna typ har observerats. Den ena av gångarna, en medelkornig typ med stupningar på $25-30^\circ$ ut från den centrala delen av domen, kan följas runt större delen av densamma. Gången har ett diskordant uppträdande i förhållande till de urskiljda bergartsformationerna. På ett flertal ställen i Lindsköldgruvan är gången avbruten och ersätts i horisonten av kraftig lersköl. Gångens mäktighet varierar mellan 3 dm upp till 4 m, där vanligen den mindre mäktigheten förekommer inom Rudtjebäckengruvan och Brännmyrangruvan. Vid brytningen i Lindsköldgruvan (malm 13) har gången frilagts på ett flertal ställen, och dess relation till malmen kan därigenom fastställas. Det visar sig, att gången är anlagd efter den slutliga fixeringen av malmen. Det är helt klart, att den tektoniska deformation med utbildning av tensionsspricksystem, i vilka malmen är avsatt (se beskrivning av malmerna), har ej träffat hornblendediabasen. Vid en senare kratogen fas har emellertid utbildats obetydliga branta sprickor, där framför allt kvarts och kopparkis mobiliserats och kunnat vandra in i sprickor i diabasen. Denna mobilisering av kis och kvarts i sprickor och skölar är särskilt påtaglig i Brännmyrangruvan med sin omfattande brottektonik.

Den andra gången, som löper genom Adakgruvan och Lindsköldgruvan, har en NNE strykning och stupar 10° mot E. Den skiljer sig makroskopiskt från den tidigare beskrivna gången genom att den är jämnkornigare och tätare. Den uppvisar inte samma relationer till malmerna som den föregående. Det är i stället så, att gången är deformerad inom malmzonen. Dels är gången genomsetts av kistfyllda sprickzoner, dels är den boudinerad.

Det finns endast en observation på större djup i Lindsköldgruvan av en

gångtyp, som motsvarar den grövre medelkorniga typen. Utsträckningen av denna gång är emellertid okänd.

B. Denna gångtyp finns representerad inom alla gruvområden. I Rudtjebäcken uppträder gångarna inom mineraliseringszonen eller i anslutning till denna och förlöper konformt eller semikonformt med mineraliseringen. De påträffade gångarna i Brännmyrangruvan förekommer under den understa malmhorisonten. Gångarna har här en NE-strykning och stupar $30\text{--}35^\circ$ mot SE. Trots sin ringa mäktighet, 1—4 dm, kan enstaka gångar på grund av sin regelbundenhet följas vid karteringen över hela gruvområdet i Lindsköldgruvan. Den förhärskande riktningen av gångarna inom Adak-Lindsköldgruvorna är N $45\text{--}55^\circ$ E, $30\text{--}35^\circ$ NW. Deras relation till malmerna är strukturellt men inte tidsmässigt entydig. Endast under antagande av, att den tektoniska deformationen med differentialrörelser avstannade före malmernas slutliga fixering, kan man säga, att gångarna är äldre än malmavsättningen. Ett sådant antagande är emellertid svårt att ange riktigheten av. Gångarna är emellertid inom de malmförande zonerna deformationerade. Flerfaldiga observationer visar hur malmerna och gångarna följer samma sprickzon, och hur då gångarna inom malmzonen brutits upp i xenolit-artade stycken eller boudiner. Utanför de egentliga malmzonerna finner man gångarna opåverkade av tektonisk deformation av den typ, som angivits ovan.

C. En plagioklasporfyrisk typ av hornblendediabas med cm-långa plagioklasströkorn förekommer i Adakgruvans övre delar. Den har en E—W-strykning och stupar 35° mot N. Den är förkastad längs en malmförande brecciezon, som är utbildad i samband med överskjutningen.

D. I Lindsköldgruvans nedre del (275 m nivå) förekommer en gångtyp med basisk, poikilitisk plagioklas (An_{65}). Den är påverkad av den metasomatiska omvandlingen, så att den är silificerad; hög kvartshalt; och hornblendet är till större delen omvandlat till cummingtonit. Gången stryker N 40° W och stupar 55° mot NE.

E. Vid malmschaktet på 100 m nivån i Lindsköldgruvan uppträder ett bevarat parti av en mörk tät gång, som kan karakteriseras som lamprofyr. Gången har en N-riktning och är vertikalstående.

4. ADAK-LINDSKÖLD—BRÄNNMYRANMALMERNAS OCH DERAS RELATION TILL TEKTONIK OCH BERGARTSSAMMANSÄTTNING

Sammanfattningsvis skall under denna huvudrubrik behandlas malmernas samband med tektoniska och petrografiska faktorer för att senare följas av en detaljbeskrivning av malmgrupper och enskilda malmer.

Sammanlagt trettiofyra brytningstekniskt avgränsade kopparmalmkroppar har varit eller är föremål för brytning inom området. De flesta av dessa kopparmalmer uppträder som separata malmskivor, i enstaka fall konnekterade genom mineraliseringar. Malmerna representerar i dessa senare fall rikare mineralkon-

centrationer inom en och samma mineraliseringshorisont. En särpräglad grupp utgör de brantstående brecciemalmerna i Adakgruvan med komplicerade mineraliseringssamband. Utanför de malmförande mineraliseringshorisonterna förekommer flertaliga mineraliseringar framför allt inom Lindsköldgruvan. En del av dessa horisonter framgår av profilerna (profiler 1—5).

Som redan påpekats i översikten, är malmernas placering betingad av de tektoniska faktorerna i första hand. Vissa malmer i Adakgruvan är dock anlagda i kalkiga horisonter, varför i dessa fall bergartssammansättningen varit av stor betydelse. Då även dessa malmer har anknytning till tektoniska faktorer, behandlas en del här tillsammans med övriga av de flacka malmerna som en enhetlig grupp, och andra malmer av denna typ hänförs till den brantstående malmgruppen.

Malmerna inom denna del av fältet kan inordnas i två separata strukturkomplex, varför följande huvudgruppindelning av malmerna kan göras:

Grupp I. Malmer inom box-foldstrukturen (Lindsköld—Karlsson—Brännmyranmalmerna (se fig. 1).

Grupp II. Malmer inom och i anslutning till tektoniska zoner och släpveckbildningar i Adakgruvan (Adakmalmerna).

4.1. TEKTONISK DEFORMATION INOM BOX-FOLDSTRUKTUREN

De differentialrörelser, som utlösts i gränzonen mellan kvartsit- och tuffitgrupperna, och som kan antas ha sin orsak i att domens centrala del rört sig vertikalt uppåt, finns registrerade inom gruvområdena som deformationsstrukturer. Tre huvudtyper av deformationsstrukturer kan urskiljas och kommer att beskrivas närmare nedan.

4.1.1. FÖRSKIFFRING I LINDSKÖLDGRUVAN OCH RELATERADE SULFIDMALMER (GRUPP I b)

I en inom centrala Lindsköldgruvan 5—15 m mäktig zon, som sträcker sig från gränsen till tuffitgruppen och nedåt, är bergarterna kraftigt förskiffrade och genomdragna av kloritskölar, som är semikonkordanta med gränsytan. Inom vissa avsnitt är bergarterna genomgående kloritomvandlade till kloritskiffer (övergångszonen). De övre delarna av cordierit-cummingtonit-antofyllitformationen har undergått en kraftig förskiffring, varvid ställvis amfibolerna har rekristalliserat, så att de uppkomna bergarterna kan definieras som amfibolskarniga, skiffriga kvartsiter.

De malmer, som återfinns inom denna deformationszon, utgörs av skiktade malmer, vars struktur alltså betingas av förskiffringsdeformationen. Förskiffringszonen skär delvis diskordant in i ovanliggande tuffitformationer (profil 5), varvid gynnsamma strukturer för malmavsättning skapats inom dessa delar. Den nedre delen av Lindskölds huvudmalm ligger inom denna zon. Denna malm dels undre delar (liggväggsdelen) är av skiktad typ, medan den övre delen (hängväggsdelen) representerar en rikmalmsbildning. Denna rikmalmsbildning i Lindsköldgruvan hänförs till Grupp Ia.

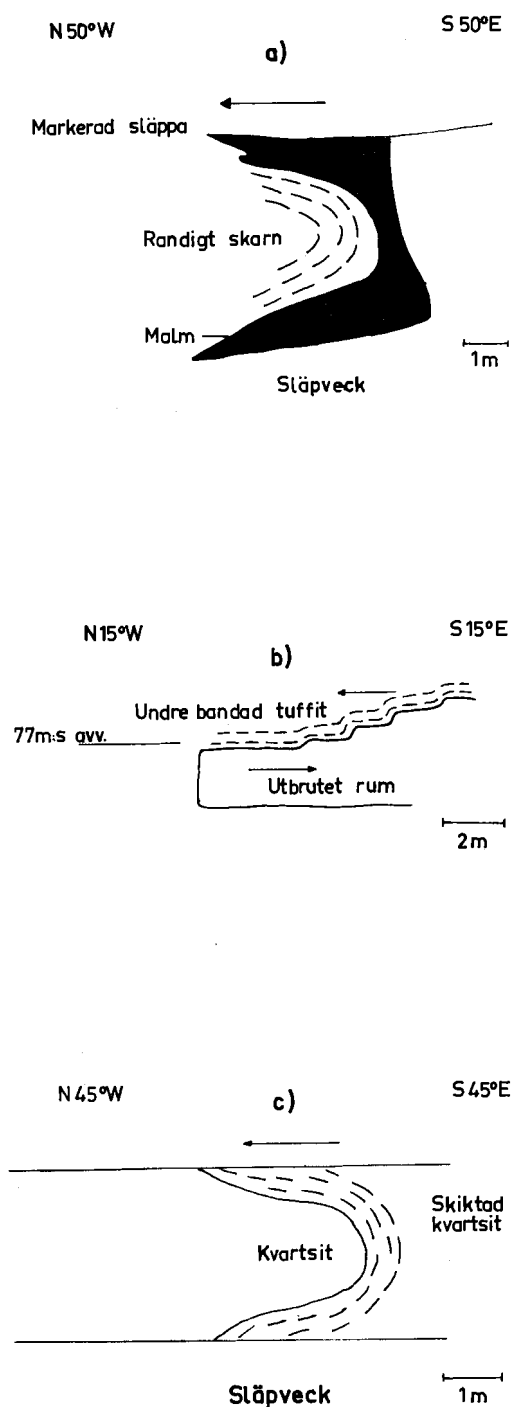


Fig. 8. Släpvecksbildningar i Lindsköldgruvan vid undre gränsen av den undre bandade tuffitformationen.

Drag-folds at the border between the two main lithostratigraphic groups (vertical sections).

a. Lindsköldgruvan, 170 m nivå, vägg i nedre delen av malm 1.

b. Lindsköldgruvan, korrugerat tak i utbruten stross i mellersta delen av malm 1.

c. Lindsköldgruvan, vägg i ort på 275 m nivå.

De relativa rörelserna i gränzonen kan fastställas inom vissa delar av gruvan genom förekomsten av släpveck vid eller strax under gränsen till tuffitgruppen. Tre observationslokaler presenteras i fig. 8. Som framgår av dessa observationer har tuffitblocket rört sig mot nordväst relativt till kvartsitblocket, och rörelseriktningarna vid de olika observationsplatserna är något divergerande. Inom östra delen av gruvan föreligger inga observationer, men en flexur inom malm 12 kan tolkas som bildad under inverkan av differentialrörelser, varvid dessa då skulle uppvisa en NW—SE-riktad huvudkomponent inom hela gruvan.

En jämförelse mellan förhållandena i Lindsköldgruvan och Rudtjäckengruvan visar, att riktningarna i rörelser omkring malmerna är lika. Vid studier av släpveck i anslutning till malmen i Rudtjäckengruvan fann Edelman (1963), att rörelserna omkring malmen är NW—SE-riktade med en relativ rörelse av hängväggspartiet mot NW. Rörelserna i Rudtjäckengruvan anges vara samtidiga med malmbildningen.

Det kan konstateras att differentialrörelserna i Rudtjäckengruvan, som orsakat en omfattande förskiffring av bergarterna, här ligger stratigrafiskt högre och omfattar de undre delarna av tuffitgruppen. De underliggande muskovitförande kvartsiterna är inte nämnvärt förskiffrade.

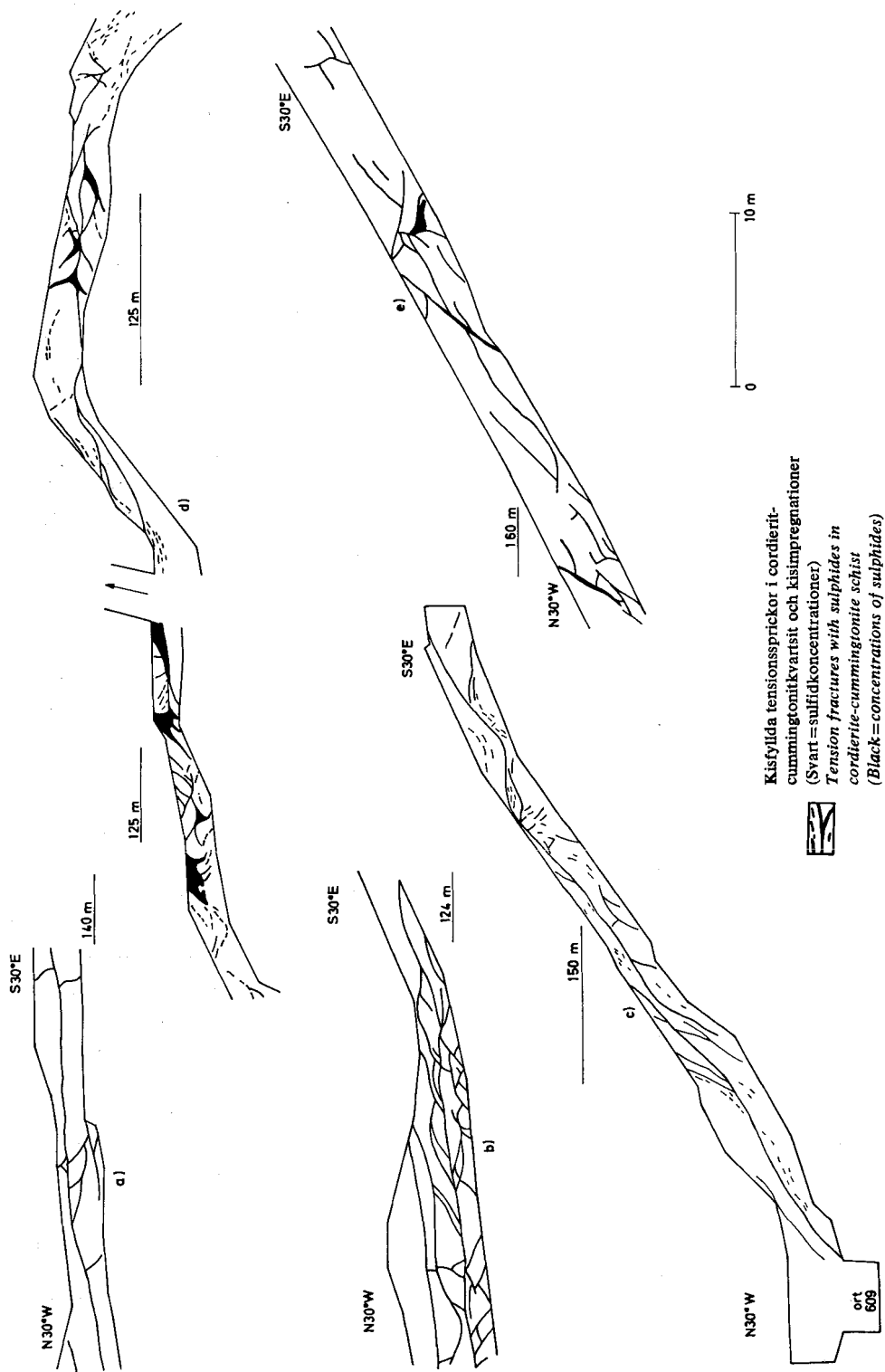
4.1.2. TENSIONSDEFORMATION I LINDSKÖLDGRUVAN OCH RELATERADE SULFIDMALMER (GRUPP I c)

I en zon under förskiffringszonen, som omfattar större delen av cordierit-cum-mingtonit-antofyllitkvartsitformationen, har i samband med den tektoniska deformationen utvecklats ett spricksystem av tydlig tensionskaraktär ofta kombinerade med shearsprickor, i vilket system sulfider har avsatts och givit upphov till en mäktig mineraliseringszon, inom vilken har avgränsats ett flertal brytvärda malmer. Tensionssprickorna kan tänkas ha bildats vid tension mellan shearzoner, som representeras av de talrika kloritbankar ("flacka kloritskölar") och flacka shearsprickor, som genomsätter den tektoniska enheten.

Att man här har att göra med tensionssprickor, framgår av de karakteristika, som de uppvisar, och som finns relaterade i den geologiska litteraturen t. ex. Belousov (1962, s. 558) från vilket följande citat är hämtat: "Tensile joints never intersect each other, they merely branch out; if there are joints in the same direction on the other side of the point at which the joints branch out, they never occur along the continuation of the previous joint but are offset somewhat *en échelon*".

Exempel på registrerade data, där ovanstående uttalade karakteristika är uppfyllda inom tensionszonen, kan mångfaldigas. De exempel, som presenteras i fig. 9, visar några av registreringarna från den kontinuerliga karteringen i gruvan.

Ett vanligt förhållande är, att inom malmzonen förekommer relativt uthålliga flacka malmsprickor ("stysprickor"), som varierar i mäktighet från några cm till några dm och omkring vilka grupperar sig tvärställda sprickor, som framgår av fig. 9 a, c. Det är då de flacka uthålliga sprickorna, som uppbär den huvudsak-



liga mineralkoncentrationen och gör malmen brytvärd. Detta förhållande präglar framför allt de malmer, som är belägna i övre delen av tensionszonen. Inom de djupare belägna malmerna har de flacka sprickorna mindre uthållighet och är av mindre betydelse som bärare av väsentliga mineralkoncentrationer. De till malmernas brytvärdhet väsentligast bidragande mineralkoncentrationer är här av typ "scharenveredlung". Med detta menas att mineralkoncentrationer har ägt rum vid de ställen, där två eller flera tensionssprickor möts (fig. 9 d, e).

Inom de djupaste och undre delarna av tensionszonen, där flertaliga, lokalt kopparrika mineraliseringar påträffats, finner man, att det i huvudsak är tvärställda sulfidförande sprickor, som ger påtagliga kopparhalter. Dessa sprickor syns dock uppträda inom distinkta, med lagringsstrukturen semikonkordanta zoner, som i vissa fall kan konstateras ligga *en échelon*. Rikare mineralkoncentrationer erhåller man vid prospekteringsborrningarna, när en skara av dessa tvärställda sprickor övertväras. De informationer, man erhållit vid borrningarna (variationer på korta intervall av kopparhalterna), visar tydligt på en kraftig variation i spricktäthet inom de mineraliserade zonerna (fig. 9 e).

En del kraftiga kopparmineraliseringar har fixerats i branta tensionssprickor, som kan ha en mäktighet på upp till en halv meter. Dessa sprickor förenas med förskiffringszonen i sina övre delar. De kan uppfattas som en typ av makrofiederspalt. Några av dessa fiederspaltensystem har en sådan utbredning, att de givit upphov till brytvärda malmer. Till denna typ av malmer hör malmerna 11.1 och 11.3 (se vidare tabell 14), varav den förra i sin övre del går samman med Lindskölds huvudmalm.

4.1.3. BRECCIEZONER OCH RELATERADE MALMER I BRÄNNMYRANGRUVAN (GRUPP I d)

Brännmyranmalmernas strukturella mönster är betydligt enklare än vad gäller Lindsköldgruvan. Malmerna både inom centrala delen liksom de västra och östra malmerna är anlagda inom två separata zoner, den ena belägen 10—25 m och den andra 20—50 m under gränsen till tuffitgruppen. Det är uppenbart, att de zoner, inom vilka malmerna är anlagda, utgörs av brecciezoner. Malmernas karaktär av brecciemalmer med rikligt antal brottstycken av sidoberget, liksom förekomsten av tydligt deformerade sådana, som framgår av fig. 10, anger detta. Av figuren framgår hur brottstycket vid deformationen utsatts för böjning, varvid inom detta utbildats antiklinala tensionssprickor, som senare fyllts med kopparkis.

Någon påtaglig förskiffring förekommer ej inom centrala delen av Brännmyrangruvan. Går man däremot mot ENE, finner man, att den undre bandade tuffiten har blivit kraftigt förskiffrad med en åtföljande kloritomvandling av bergarten. I området ENE om Brännmyrangruvan, där andesitformationen utgör kontakt mot kvartsitgruppens bergarter, är den undre bandade tuffitformationen helt omvandlad till en rikt magnetitförande klorit-biotitskiffer (övergångszonen).

Väster om den västligaste belägna malmkroppen i Brännmyrangruvan (fig. 1)

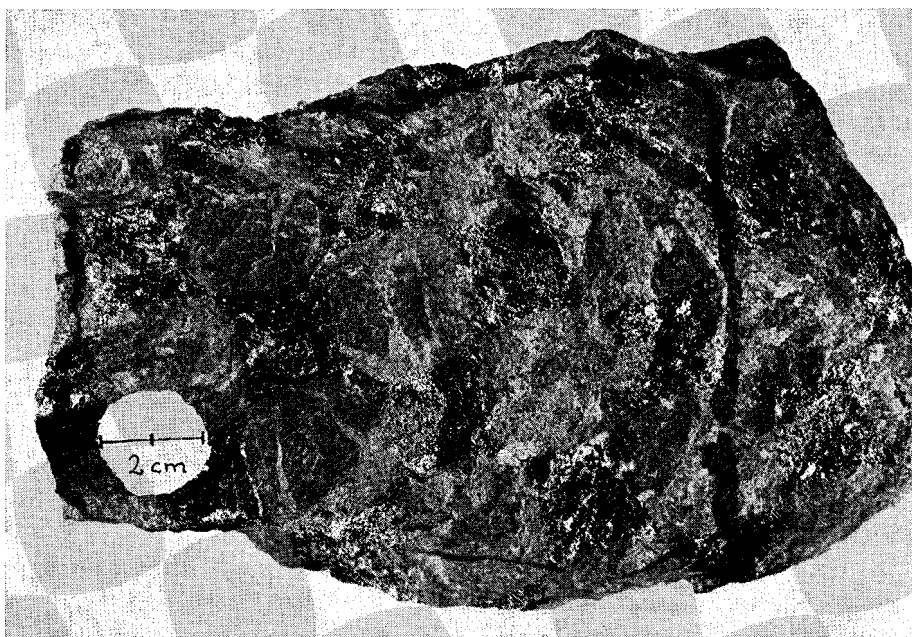


Fig. 10. Deformerat brottstycke av cordierit-cummingtonitkvartsit inom malmzon. Östra Brännmyran, 160 m nivå, stross 3260. Foto C. Burlin.

Deformed piece of wall rock in an ore zone. Brännmyran mine.

har påträffats omfattande mineraliseringar i borrhål. Mineraliseringarna ligger inom övre delen av kvartsitgruppen. Inga av dessa påträffade mineraliseringsnitt har emellertid kunnat konnekteras till brytvärda malmer. Detta beror på, att breccieringen här är svagare, och man får inbrott i mineraliseringshorisonterna av cordierit-biotit-granatkvartsit, som är malmsteril. Man kan också uttrycka sig så, att mineraliseringarna förekommer inom snabbt utkilande brecciezoner, som troligen uppträder *en échelon*. Detta indikeras av, att man redan inom centrala delen av gruvan har ett strukturmönster av detta slag.

Några registreringar av strukturdata i form av släpveck o. dyl. som kan indikera de relativa rörelserna längs brecciezoner, har inte erhållits i Brännmyrangruvan. Det förekommer emellertid en "pinch and swell"-struktur inom malmerna med mäktiga rikmalmsdelar, som har sin längdaxel orienterad i EW-riktning. Om man uppfattar denna riktning som en tryckminimariktning, betyder detta, att rörelserna inom Brännmyrangruvan varit riktade i N—S.

4.2. TEKTONISKA KOMPLEXET INOM ADAKGRUVAN

Malmerna i Adakgruvan är knutna till två huvudstrukturer. Den ena av dessa är en kilformad brecciezona, som sträcker sig från norra Adak mot söder in i den utbuktning, som domen gör mot söder (profiler 2, 3, 4). Där zonen är kraftigt

mineraliserad, framträder den också tydligt som en geofysisk anomali. Mot norr synes det som om zonen kilar ut. Den geofysiska bilden anger, att den kan fortsätta som en smal sprickzon mot norr. Rörelser inom brecciezonen har orsakat medsläpningar av kalk-skarnhorisonter i de nedre delarna av gruvan. Den andra av huvudstrukturerna, i vilka malmerna är anlagda, utgörs av flacka förskiffrings- och sprickstrukturer.

4.2.1. BRANTSTÄENDE TEKTONISK ZON OCH SLÄPVECKBILDNING I ADAKGRUVAN OCH RELATERADE MALMER (GRUPP II a)

Förhållandena inom och i anslutning till brecciezonen illustreras av en vertikal-profil genom centrala Adakgruvan (fig. 11). Inom brecciezonen har lokaliserats en serie av kopparrika brecciemalmer, som i de flesta fall har en stupning på 50° mot W. Som synes av figuren, uppträder även brantare malmer framför allt i övre delen av gruvan. Malmerna är i de flesta fall avsatta i komplexa sprick- och brecciesystem. Den huvudsakliga kopparmineralkoncentrationen i malmerna hänför sig till de brantstående, kisfyllda breccie- och sprickzonerna, men från dessa har sedan sulfiderna spritt sig ut i omgivande berggrund. Den omgivande berggrundens bergmekaniska egenskaper och strukturella utbildning har därvid inverkat på malmernas strukturella utformning, något som även tidigare påpekats av Gavelin (1952). Sålunda, om omgivande berggrund utgörs av en skiffrig bergart, får man skiktade malmer i anslutning till de brantstående rikmalmsdelarna. Inom relativt isotropa berggrundspartier, t. ex. de som utgörs av cordierit-cummingtonitkvartsit, erhålls oregelbundna kisfyllda tensions-sprickor.

Återvänder vi här till fig. 11, framgår här tydligt ett av de släpveck, som förekommer i de nedre delarna av gruvan. Släpvecket utgörs av malmerna 12 och 31, som är bundna till en kalk-skarnhorisont. Kalk-skarnhorisonten är delvis avsliten.

Släpveckens orientering visar, att rörelserna varit riktade $45\text{--}50^\circ$, N 65° W, så att hängväggsblocket till släpvecket rört sig uppåt. Rörelserna har även gjort sig märkbara ett stycke ned i liggväggsblocket, så att sprickstrukturer, som är kisfyllda, utvecklats på några tiotals meters avstånd från brecciezonen.

4.2.2. FLACKA FÖRSKIFFRINGS- OCH SPRICKSTRUKTURER I ADAKGRUVAN OCH RELATERADE MALMER (GRUPP II b)

I direkt anslutning till släpveckens fortsätter malmföringen mot öster i form av flackt liggande malmskivor. De utgörs dels av flacka delar av de i släpveckens ingående kalk-skarnhorisonterna i de västra delarna av gruvan, dels av raka sprickfyllnader (gash veins) kombinerade med impregnationszoner, som spetsar ut mot öster. Inom malm 12 är den raka sprickfyllnaden kombinerad dels med övertvärande cm-breda kissprickor, dels med kisimpregnationer längs skiffrighetsplanen, som här är horisontella (fig. 12).

De undre, skivformiga malmerna i norra Adak (malm 51, 53), som stupar

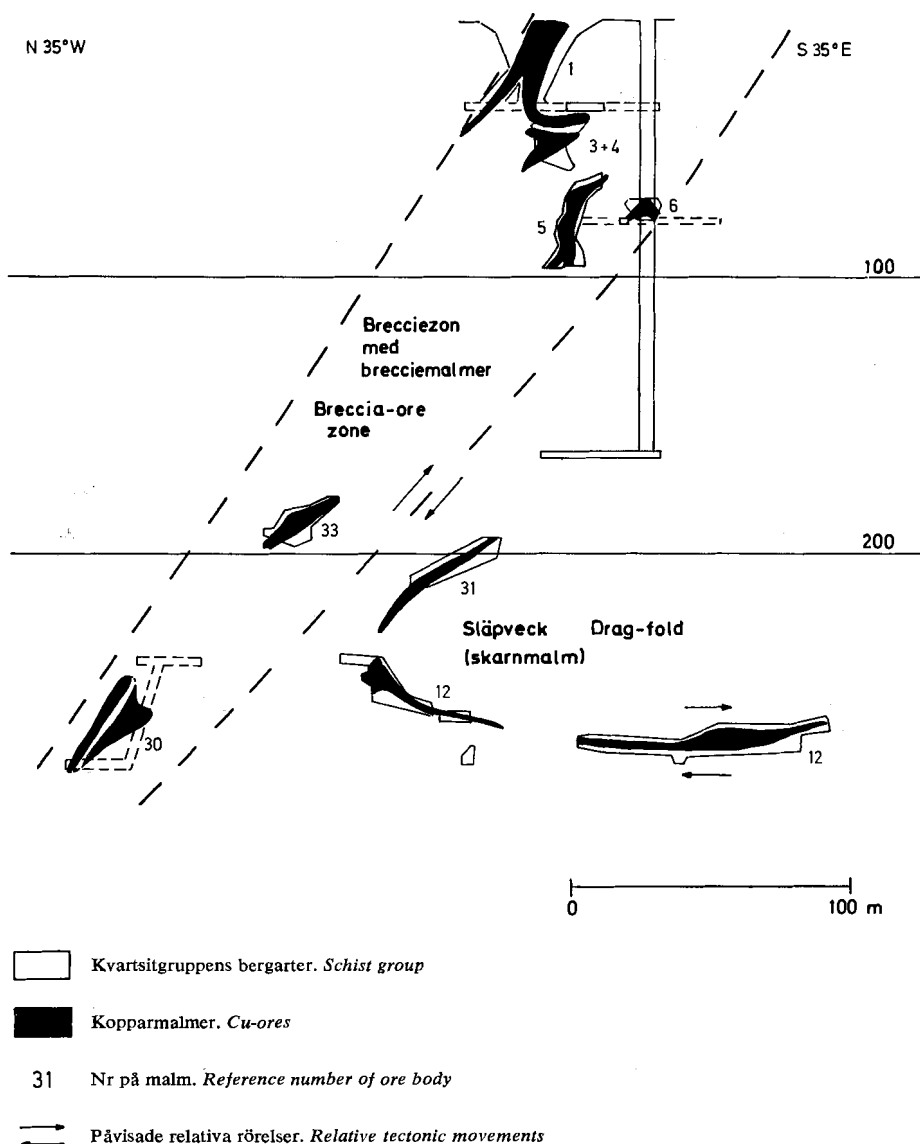


Fig. 11. Vertikalprofil genom södra delen av Adakgruvan.
Vertical section through the Adak mine.

flackt mot NE, är anlagda i skarniga horisonter, och sulfidmineraliseringen är bunden dels till skarnet, och dels förekommer den som impregnation längs skiff-righetsplan omkring skarnhorisonterna, som inte är kontinuerligt sammanhängande inom hela malmskivan.

Att pre- eller syn-mineralisationsdeformationer ägt rum inom den flacka malm-



Fig. 12. Rak, flack spricka med kopparkis kombinerad med tvärställda kissprickor. Adakgruvan, 275 m nivå, malm 12, östra delen. Foto H. Eriksson.

Gash vein with chalcopyrite, combined with transverse sulphide-filled fissures. Adak mine.

zonen inom malm 12 dokumenteras genom den deformation av en röd aplit, som övertvärrar denna del av gruvan (fig. 13). Man finner här, hur apliten blivit förskjuten längs den kisyllda sprickan. Som framgår av nedre delen av figuren har uppmätts en förskjutning på 0.9 m i NW—SE-riktning. Bland många observationer är detta den största uppmätta förskjutningen, vilket indikerar att huvudkomponenten vid rörelsen varit NW—SE-riktad. Inom delar av samma malm förekommer en tydlig släpvecksbildning i anslutning till den raka kissprickan. Släpveckets axel är här orienterad i NE—SW-riktning, vilket visar att rörelsen varit riktad NW—SE med en relativ rörelse av hängväggsblocket mot SE.

5. GRUPPINDELNING AV MALMERNÄ INOM ADAK-LINDSKÖLD— BRÄNNMYRANOMRÅDET PÅ GRUNDVAL AV DERAS STRUKTURELLA UTFORMNING SAMT BESKRIVNING AV ENSKILDA MALMER INOM DE OLIKA GRUPPERNA

Det har varit möjligt att på grundval av malmernas struktur göra en indelning av dem i definierade grupper, som dessutom sinsemellan uppvisar avvikande sulfidmineralparageneser. Gruppindelningen framgår av tabell 14, där också de väsentligaste stratigrafiska, geometriska och strukturella data om malmerna har angivits. Någon enkel framställning av brecciemalmerna i Adakgruvan kan ej presenteras utan illustreras bäst genom vertikalskärningar (profiler 3, 4, fig.

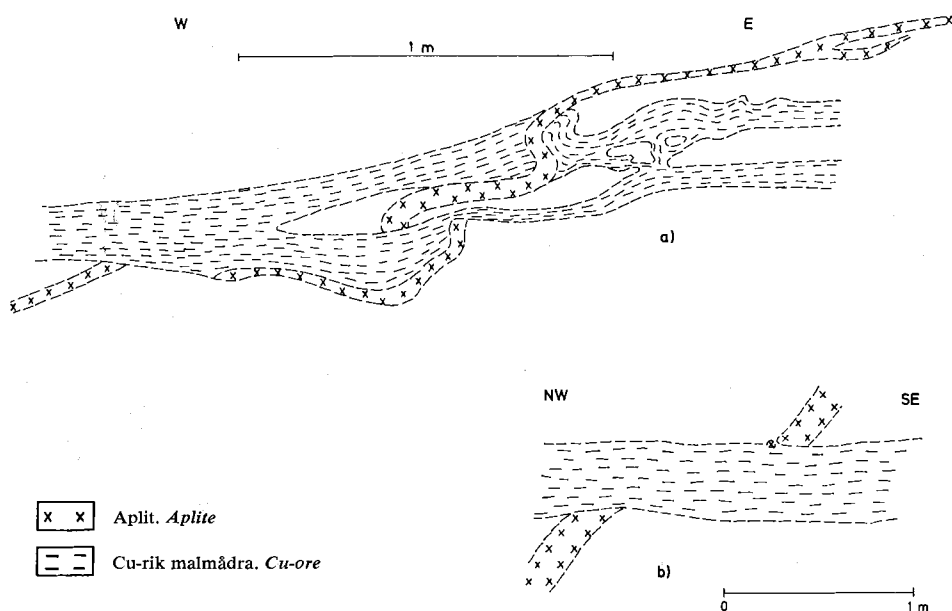


Fig. 13. Kontaktförhållanden mellan malm och röd aplit, Adakgruvan.

Contact relationships between ore and red aplite. Adak mine.

a. Skiss visande kontaktförhållanden mellan aplit och Cu-rik malmådra i kvartsit och skarn (skiss efter S. Gavelin). Adakgruvan, 275 m nivå, rum 12—8.

b. Förskjutning av aplitgång efter rak, flack malmådra. Adakgruvan, 275 m nivå, stross 12—32.

17). Gruppindelningen av malmerna har redovisats på sidan 26 och återges här för översiktlighetens skull:

- Grupp I a. Kompakta kismalmer i den undre bandade tuffitformationen och andesitformationen med klart diskordant uppträdande.
- Grupp I b. Skiktade impregnationsmalmer i en zon från tuffitgränsen och nedåt.
- Grupp I c. Malmer av typ kisfyllda tensionssprickor.
- Grupp I d. Täta brecciemalmer och impregnationsmalmer av Brännmyrantyp.
- Grupp II a. Brantstående brecciemalmer i Adakgruvan; malmerna är i nedre delen av gruvan kombinerade med skarnmalmer utgörande släpvecksbildningar.
- Grupp II b. Flacka malmer i Adakgruvan bestående av raka sprickgångar kombinerade med impregnationer samt bestående av flackt liggande skarnmalmer kombinerade med skiktade impregnationsmalmer.

TABELL 14.

Stratigrafiska, geometriska och strukturella egenskaper hos Adakfältets malmer
(tekniska enheter). Förklaring till gruppindelning ges i texten

Stratigraphic, geometric and structural data from the Adak ores

	Malm	Stratigrafiskt läge	Avvägning (m)	Form	Max längd (m)	Max bredd (m)	Max mäktighet (m)	Medel- mäktighet (m)	Strykning och stupning	Fältstupning
I a	GRUPP 1 Rudtjebäcken	I undre delen av undre bandade tuffitformationen	125-360	Skivform	1400	500	10	3-4	N40°W, 25°E-N-S, 30-35°E	0-20°, S50°E
	Lindsköld 1	Gränser mot omv zon i östra delen; skär in i andesitform. i västra delen	dagen-170	"	650	200	30	10-20	N55°E, 20-25°W	15°W
I b	Lindsköld 12	10-25 m u omv gräns	120-195	"	180	125	11	5	N55°E, 25°W-N55°W, 25°E	
	Lindsköld 11.2	15-20 m "-	80-120	"	140	110	8	4-5	N55°E, 25°W-E-W, 20-30°N	
	Lindsköld 11.4	10-25 m "-	95-135	"	75	45	7	4-5	N55°E, 30°W	
	Lindsköld 21	30-40 m "-	210-270	"	160	80	10	6	N55°E, 25°W	
I c	Lindsköld 18	35-40 m "-	170-220	"	145	100	16	8	N55°E, 25°W	
	Lindsköld 11.3	30-35 m "-	130-170	"	70	45	8	4-5	N80°E, 40-45°N	
	Lindsköld 11.1	10-30 m "-	60-120	"	160	110	10	6	N85°E, 25-40°N	15°W
	Lindsköld 13	25-60 m "-	115-180	"	340	170	12	5-6	N55°E, 10-30°W	10°, S75°W
	Lindsköld 20	70-80 m "-	250-280	"	120	110	19	7	N55°E, 20-25°W	
	Karlsson	?	dagen-25	"	90	20	8	4-5	N80°E, 15°N	
I d	Brännmyran B	10-25 m "-	80-290	"	460	160	7	3	E-W, 30-45°S	20°, S45°E
	Brännmyran Ö	10-35 m "-	30-210	"	380	160	8	4	N40°E, 40°S	15-25°, S45°E
	Brännmyran A	20-50 m "-	30-220	"	420	170	18	6	E-W, 30°S	20°, S45°E
	Brännmyran V	≈ 45 m "-	dagen-60	"	110	40	10	6	N65°E, 30°S	20°, S45°E
II a	GRUPP 11 Adak 1-11, branta delen av 12, 33	≈ 20-300 m u omv gräns	dagen-275	Oregelbundna breccie- malmer					N50°E, 50-70°W	
	Adak 30	≈ 265 m u omv gräns	245-280	Brecciemalm					N50°E, 50°W	
	Adak 31	≈ 220 m "-	200-245	Släpveck	100	45	12	5	N45-70°E, 10-40°N	35°, N25°E
	Adak 50	≈ 230 m "-	230-295	Skivform	150	60	40	10	N-S, 20°E	30°, N25°E
	Adak 32	≈ 265 m "-	245	Apofys						
II b	Adak 12	≈ 300 m "-	275	Skivform	350	210	10	3-4	Horisontell	
	Adak 51	≈ 300 m "-	290-320	"	110	110	7	4	N40°W, 15°E	
	Adak 53	≈ 370 m "-	330-350	"	150	100	7	3	N80°W, 10°N	

Nedan skall lämnas en kort beskrivning av malmer som ingår i de respektive grupperna för att belysa de strukturella särdragen ytterligare och ge en bild av malmernas tredimensionella konfigurationer. Beskrivningen baseras på de detaljkarteringar i skala 1:200 av tak och väggar i utbrutna rum, som ägt rum förlöpande under gruvdriftens gång. Det hade varit önskvärt att närmare kartlägga tensionssystemets geometri, men det låter sig ej göra då registreringarna utgörs av tvådimensionella avbildningar, som omöjligt kan kombineras till den tredimensionella bilden.

5.1. BESKRIVNING AV MALMER INGÅENDE I GRUPP Ia

Den enda kända malm inom den här behandlade delen av fältet som ingår i denna grupp är Lindsköld malm 1, vars nedre del skär diskordant in i tuffitgruppens bergarter, och vars övre del är av skiktad typ och ej kan karakteriseras som kompakt kismalm och därför hänförs till nästa grupp.

Den skiktade impregnationsmalmen uppträder inom övergångszonens skiffriga bergarter med en tydlig intensitetszonering av sulfiderna. Där raka relativt uthålliga kissprickor förekommer uppträder de konformt med skiffrighetsplanen. Ställvis förekommer övertvärande sprickor, som utgår från de konkordanta, och som kan karakteriseras som "fiederspalten". Sporadiskt uppträder även brantstående (70—90°) kvarts-kopparkissprickor, som antingen har en NNE- eller NNW-lig strykningsriktning. Dessa sprickor utgör en senare generation, som övertvårar förskiffringsplanen.

Inom västra delen av Lindsköld, malm 1, har inom hängväggsdelen av malmzonen ägt rum framför allt en kopparkisanrikning, men även en kraftig förhöjning av magnetkisandelen är märkbar. Kopparkishalten i denna rikmalmsdel varierar mellan 5 och 10 % mot ca 1.5—2 % för malmen i övrigt. I enstaka borrhålssektioner har registrerats maximala värden på 15.4 %. Under rikmalmsdelen uppträder skiktad kopparkis-magnetkis-svavelkismalm, varav det senare sulfidmineralet dominerar helt i de nedre delarna av malmen (fig. 14). Rikmalmsdelen är skarpt avgränsad mot sidoberget, och gränsen är relativt jämn utom inom vissa delar av gruvan, där en del oregelbundenheter i form av apofysartade utskott eller markerade släpveck uppträder vid hängväggsgränsen.

Liksom Rudtjebäckenmalmen avslutas även Lindsköld, malm 1, nedåt i fältriktningen, som en kompakt magnetkismineralisering, som omges av ljusa kalksilikatskarn. Kopparkhalten inom denna del av den kompakta malmen har sjunkit till 1.5 % Cu. Genom borrhningar har mineraliseringszonen kunnat följas vidare mot NW inom en smal omvandlingszon (profil 3). Inom denna senare mineraliseringszon uppträder framför allt svavelkis och magnetkis. Generellt finner man, att svavelkis är det dominerande sulfidmineralet i den mineraliseringszon, som utgör malmens fortsättning uppåt och nedåt.

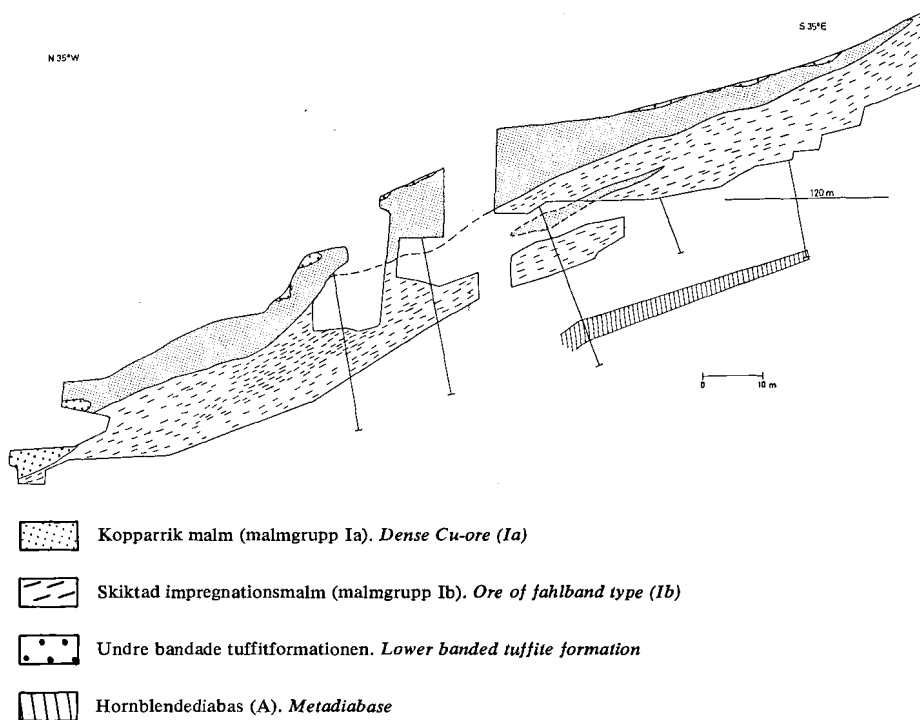
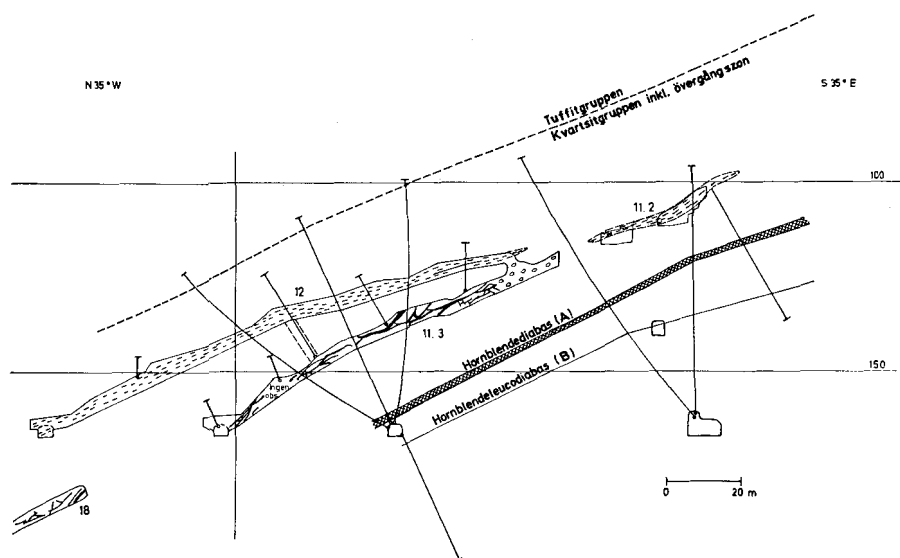


Fig. 14. Vertikalprofil genom västra delen av Lindsköldgruvan.
Vertical section through the western part of the Lindsköld mine.

5.2. BESKRIVNING AV MALMER INGÅENDE I GRUPP Ib

De skiktade malmerna uppträder inom övergångszonen eller inom den övre delen av cordierit-cummingtonit-antofyllit-kvartsitformationen, som här är kraftigt förskiffrad. Den i gruppen efter malm 1 kvantitativt största av malmerna (12) ligger helt inom en kloritskifferzon omgiven av en skiffrig cordierit-antofyllit-kvartsit. Centrala delen av malmskivan utgör en flexur, inom vilken en kraftig ökning av malmmäktigheten förekommer. Maximalt når här malmen en mäktighet på 16 m mot 3—3.5 m som den normala mäktigheten på skivan. Malmerna 12 och 11—2 ligger inom en och samma mineraliseringshorisont, som är avbruten genom inbrott av en cordierit-biotitkvartsitlins (fig. 15). Av figuren framgår vidare konnektionen mellan den skiktade malmen (12) och en av de branta malmerna (11-3), uppbyggd av kisfyllda tensionssprickor (CuFeS_2 , FeS , FeAsS) med uthålliga "stysprickor", omkring vilka grupperar sig tvärställda sprickor, som inom denna och närliggande strossar är orienterade i riktning $\text{N } 25^\circ \text{ W}$ (uppåtriktade sprickor som kan följas i taktet på strossarna).

De skiktade malmer, som uppträder på de övriga nivåerna i gruvan (11-2, 11-4), utgör rikare kopparkiskoncentrationer inom den sulfidmineraliserade för-



- Klorit-biotitskiffer med CuFeS_2 -FeS-FeS₂ impregnation
Ores of fahlband type (Ib)
- Cordierit-cummingtonit-antofyllitkvarst med kissprickor
(CuFeS_2 -FeS-FeAsS). Cord.-amphibole schist with sulphide-filled tension fractures (Ic)
- Cordierit-biotitkvarst. Cordierite-biotite schist

Fig. 15. Vertikalprofil genom centrala delen av Lindsköldgruvan, visande relationen mellan malmtyp Ib och Ic.

Vertical section through the central part of the Lindsköld mine, showing the relationships of the ore-types Ib and Ic.

skiffringszonen, inom vilken förutom avgränsade malmskivor uppträder ett flertal kraftigare mineraliserade områden, som varit föremål för selektiv brytning.

Malm 21 (profil 2) är belägen inom en omvandlad del av den undre bandade tuffitformationen, vilket bl. a. framgår av att bevarade partier av tuffit uppträder i anslutning till malmen. Väsentlig del av sulfiderna är koncentrerad till hornblendeskarn, som utgör inlagringar i den klorit-antofyllitiskifferzon, inom vilken malmen är belägen.

I de fall då man nått brytvärdighetsgränsen för ovan beskrivna malmer, finner man, att kopparkishalten avtar abrupt och kopparkisen ersätts med svavelkis, som ofta ansamlas i sliror, vilka inte kan förmärkas inom malmerna.

5.3. BESKRIVNING AV MALMER INGÅENDE I GRUPP I c

Malmerna i denna grupp är belägna inom cordierit-cummingtonit-antofyllitformationen i huvudsak.

Liksom den tidigare beskrivna malm 11-3 går malm 11-1 samman med de skiktade malmerna i sin övre del. Detta förhållande framgår klart på 100 m

nivån i Lindsköldgruvan, där den relativt raka rikmalmsspricka, som uppbär den väsentligaste kopparkoncentrationen, löper samman med en smärre rikmalmsbank i liggväggsdelen av den skiktade malm 1. Kring rikmalmssprickan grupperar sig tunna kis-tensionssprickor och även smärre impregnationer framför allt med arsenikkis i inlagrade kloritskifferbankar.

Malm 13 är sammansatt av en brant nedre del, som stupar 40° mot NW, en strukturen som den i hängväggen uppträdande hornblendediabasen även följer. I sin övre del följer malmen en flackare struktur (10° mot N—NW), som divergerar mot diabasgången, men som i stort löper konformt med den översta av de skiktade malmerna.

Mot öster försvinner den branta delen av malmen, medan den flacka malmstrukturen fortsätter. Fram mot malmgränsen i öster ändrar även malmen karaktär och utgörs här av en några dm mäktig kisspricka, som förlöper relativt rakt. Samtidigt med denna förändring av malmens struktur kan konstateras, att även sidoberget ändrar karaktär från en relativt isotrop cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsit till en markant skiktad och bankad cordierit-antofyllitkvartsit växellagrande med en skiktad biotitkvartsit, bergarter som kan hänföras till övergångszonen. Det är tydligt, att malmen i östra delen uppträder inom övergångszonen och samtidigt följer malmen de förskiffringsstrukturer, som utbildats inom denna zon. Detta markeras också genom en markant strykningsförändring från N 55° E i den västra och centrala delen av malmen till E—W i den östra delen.

Man har här ytterligare ett exempel på, hur den omgivande berggrundens beskaffenhet reglerar malmens strukturella utbildning.

Malmerna 18 och 20 är av en typ med glest nätverk av oftast cm-mäktiga tensionssprickor. Typen karakteriseras också av en påtaglig variation i sprickfrekvensen, konstaterad i stupningsriktningen. Malm 18, som har sin fortsättning i malm 11-3 (avskild som separat enhet av brytningstekniska skäl), löper i stort sett konformt med hornblendediabasen och gränsytan till tuffitgruppen. Så är även fallet med malm 20 i den södra delen av skivan, medan den i den nordöstra delen är inpassad i en flackare struktur (15° mot NW), som återspeglar ombøjningen vid box-foldstrukturens östra flank, med en förändring av strykningsriktningen mot öster.

Den kopparrika men kvantitativt obetydliga Karlssonmalmen står sannolikt i mineraliseringssamband med malm 13 och intar liksom denna ett läge under den utbredda hornblendediabasen. Den uppvisar samma strukturmönster som de övriga malmerna i gruppen. I malmens övre del förekommer väsentliga kopparkoncentrationer, där två eller flera av tensionssprickorna möts.

5.4. BESKRIVNING AV MALMER INGÅENDE I GRUPP Id

Som framgår av profilerna B 20 och B 30 är Brännmyranmalmerna belägna inom zoner med cordierit-cummingtonitkvartsit som den dominerande bergarten. I övrigt ingår i zonerna framför allt en almandingranatförande biotit-cordierit-

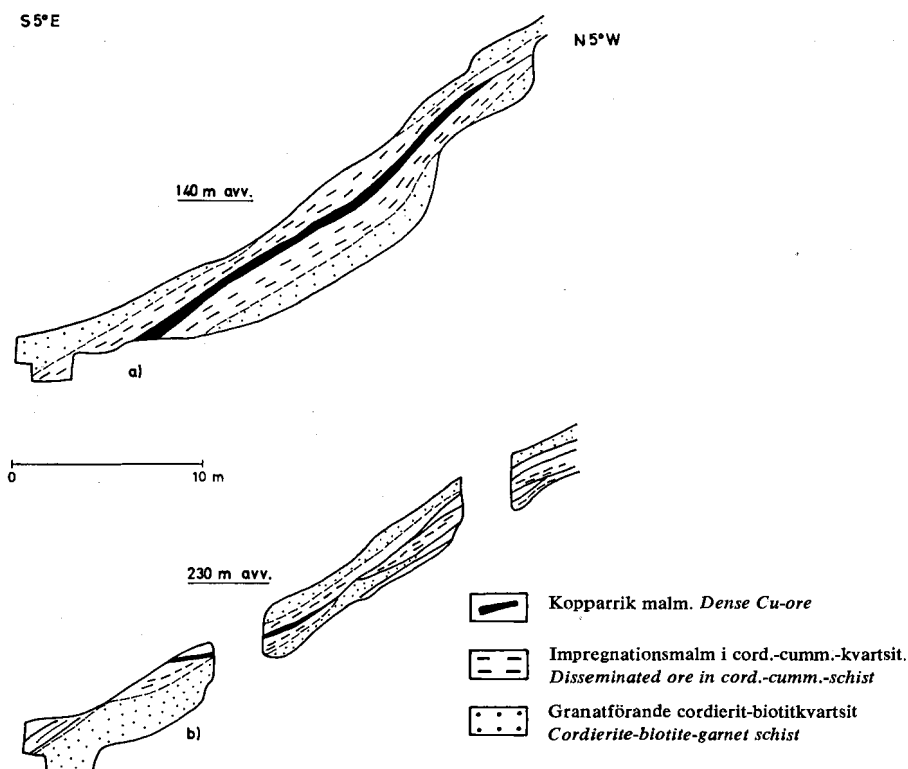


Fig. 16. Strukturella uppbyggnaden av Brännmyrgruvans malmer.

Structure of the Brännmyr ores (vertical sections).

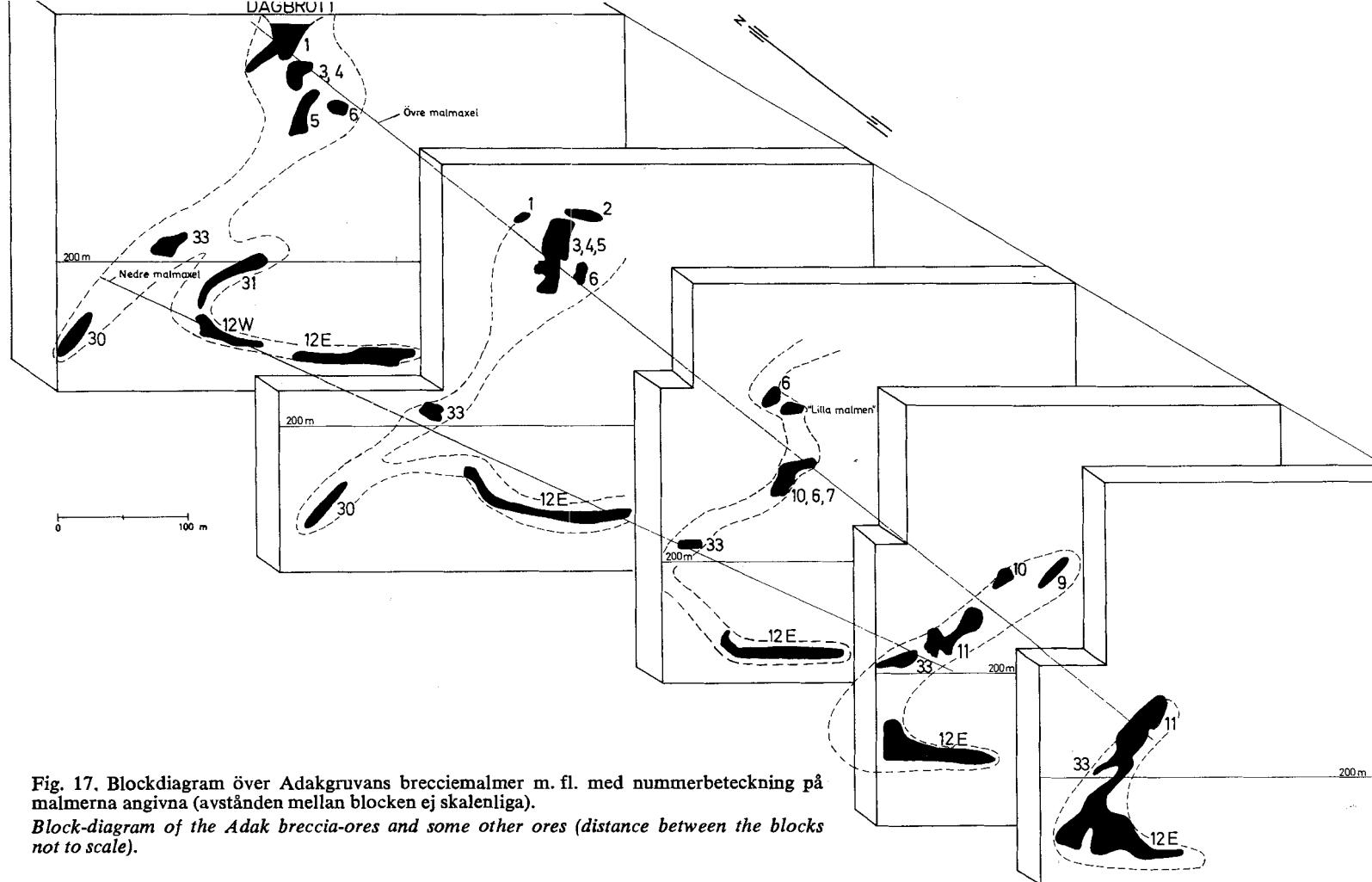
a. Brännmyrgruvan, 160 m nivå. A-malmen (undre malmhorisonten). Väg i stross.

b. Brännmyrgruvan, 250 m nivå. B-malmen (övre malmhorisonten). Väg i stross.

kvartsit. De mera betydande mineraliseringarna återfinns alltid i en cordierit-cummingtonitkvartsitzon, som i hängandet och liggandet omges av en biotitrik kvartsit med cordierit och oftast med almandingranat (fig. 16). Av denna figur framgår vidare det generella strukturmönstret hos malmerne. En rikmalmszon-brecciemalmszon, som maximalt kan nå en mäktighet av ca två meter och ställvis krymper samman till några cm, är bärare av den väsentligaste kopparmängden. Rikmalmszonen som omges av impregnationer ofta med väsentligt inslag av arsenikkis splittras ställvis upp i "hästsvansstrukturer" med kissprickor, som i detta fall åter konvergerar i malmens fältriiktning uppåt och återförenas till en rikmalmszon.

5.5. BESKRIVNING AV MALMER INGAENDE I GRUPP IIa

De hittills påträffade brecciemalmerna grupperar sig inom brecciezonen längs en övre och undre malmaxel (fig. 17), vilka löper samman inom sydvästra delen av gruvan med en samtidig väsentlig malmkoncentrering inom malmerne 11 och



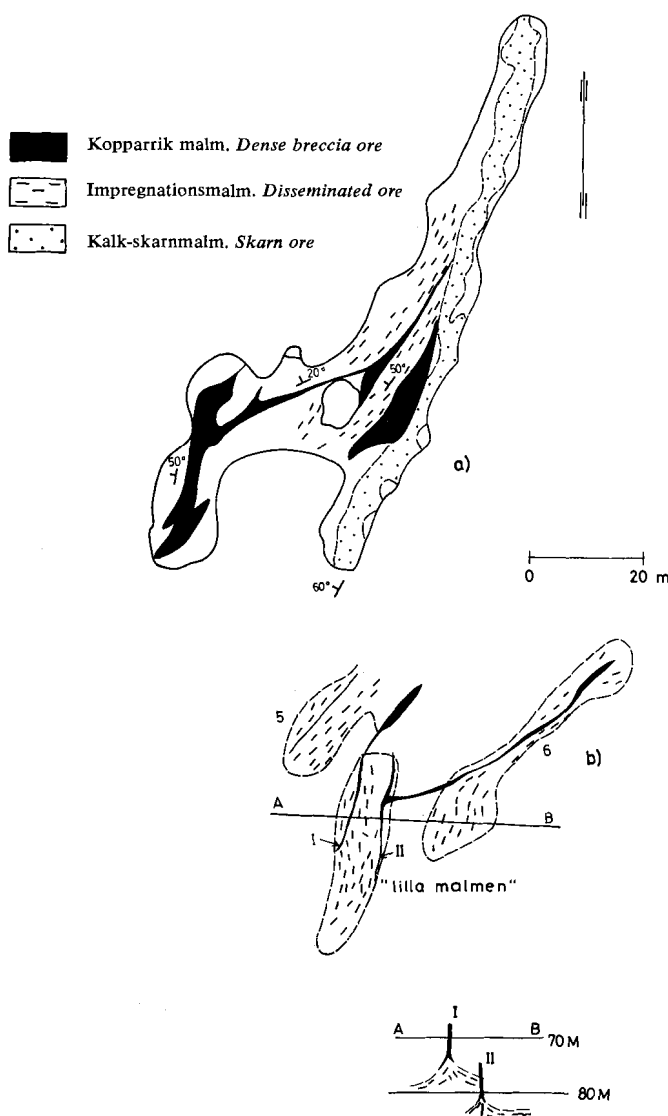


Fig. 18. Mineraliseringssamband mellan malmkroppar inom Adakgruvan (malmgrupp II a). *Mineralization relationships between the ore-bodies of Adak breccia ore type. Horizontal sections.*

a. Adakgruvan, 217 m avvägning. Horisontalsnitt genom malm 12, branta delen.

b. Adakgruvan 68—85 m avvägningar. Horisontalplan med projektion av malmer och mineraliseringar samt vertikalprofil A—B. Skiss efter S. Gavelin.

12 (branta delen). I mellanpartiet förekommer talrika sulfidmineraliseringar framför allt med magnetkis, som visar, att det finns ett mineraliseringssamband mellan de två delgrupperna. En del mineraliseringssamband har direkt kunnat registreras mellan olika malmer och olika brecciemalmlinser (fig. 18). Sambandet

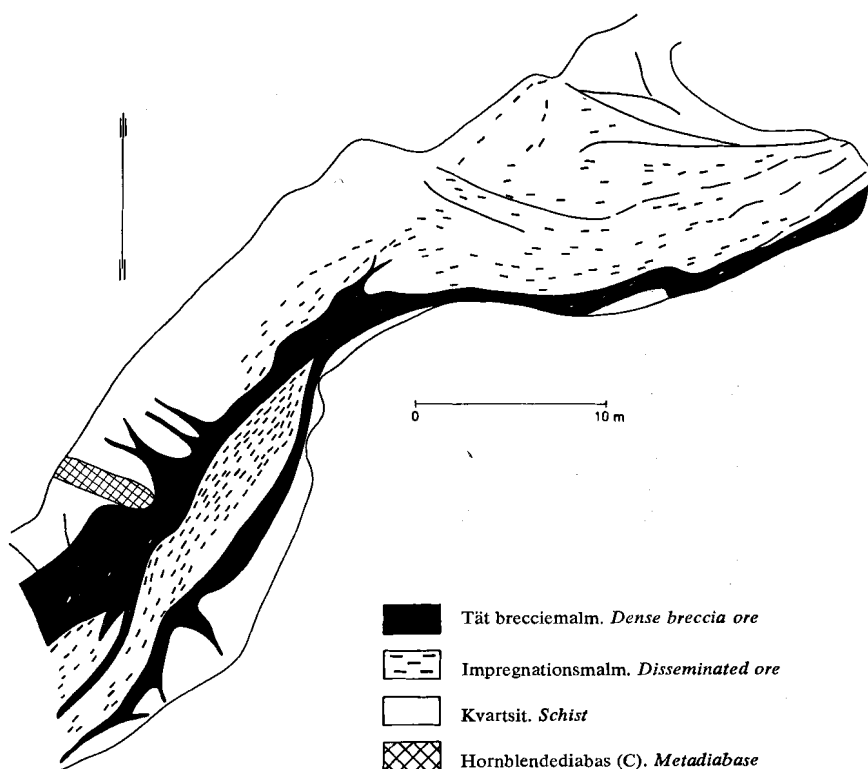


Fig. 19. Adakgruvan, malm 5. Kartering av tak i rum på 97 m nivå.
Adak ore body no. 5, representative of the Adak breccia-ore type. Horizontal section.

sker antingen över tvärställda kissprickor ("fiederspalten") eller över relativt flacka impregnationszoner med väsentligt inslag av tunna kissprickor av tensions-typ. Den strukturella utformningen av de enskilda malmerna är komplicerad i detalj, medan däremot rent principiellt det kan uppställas en strukturbild för varje malm i enlighet med fig. 19. Omkring en brantstående brecciemalmzon, som ofta förgrenar sig som fig. 19 visar och som för rikligt med bergartsfragment, grupperar sig impregnationer och kissprickor enligt mönster som tidigare beskrivits.

Förhållandena i nedre delen av gruvan i anslutning till släpvecksbildningarna framgår av bl. a. fig. 4. Klart är här att den kalkiga-skarniga horisonten haft en dämmande effekt på de lösningar som transporterat sulfidmineralen, som dels spritt sig längs kalkskarnhorisonten, och dels förträngt densamma. Det är att notera, att det är framför allt magnetkisen, som anrikats i den förträngda kalkiga bergarten.

Det mönster, som framgår av figuren med utspridning av sulfiderna längs kalk-skarnhorisonten och förträngning av den, återkommer i alla de släpvecksbildningar, som observerats i Adakgruvan.

TABELL 15.

Sammanställning av de uppträdande sulfidmineralparageneserna inom de strukturellt urskiljda malmgrupperna

Sulphide mineral paragenesis within the structurally classified groups of ores

	CuFeS ₂	FeS	FeS ₂	FeS ₂ (Co-rik)	ZnS	PbS	Co-förande FeAsS	Finkornig FeAsS med låg Co-halt
Grupp Ia	x x	x x			x			x
Grupp Ib	x x	x x	x		x	x	x	
Grupp Ic	x	x			x ⁴		x	
Grupp Id	x	x			x ⁴		x	
Grupp IIa	x x x	x x x	x x		x x	x		
				x				
Grupp IIb	x x x	x x x					x	
					x	x		

1. Inom de övre nivåerna av malm 1 i Lindsköldgruvan

2. Skarnmalmsparagenes

3. Malm 12 i Adakgruvan (flacka delen)

4. Huvudsakligen som förträngningsrester

5.6. BESKRIVNING AV MALMER INGÅENDE I GRUPP IIb

Utöver tidigare beskrivning av de flacka malmerna skall här redogöras närmare för den översta av malmerna i norra Adak (malm 50), som uppvisar en mera komplicerad struktur än de övriga i gruppen ingående malmer, som i princip är skivformade. Malm 50 är linsformad och uppdelad i en hårdmalmsdel och en skarnmalmsdel. Hårdmalmsdelen utgörs här dels av CuFeS₂-FeS-FeS₂-impregnationer i ett grovkornigt antofyllitskarn med avsevärd magnetithalt. FeS₂-halten tilltar uppåt, så att malmen i den övre delen kan karakteriseras som en kompakt svavelkismalm. Dels ingår i hårdmalmsdelen kompakt CuFeS₂-FeS-malm, som utbreder sig längs den uppveckade skarnzonen. Strukturellt sett utgör W delen av malmen ett släpveck.

6. ÖVERSIKT ÖVER SULFIDMINERALPARAGENESERNA

Det är uppenbart, att de på strukturell basis grupperade malmerna inom Adak-Lindsköld—Brännmyranområdet också mineralparagenetiskt och geokemiskt representerar olika malmtyper. En sammanställning av de olika sulfidmineralparagenesernas koordinering till malmtyperna framgår av tabell 15.

Kopparkis och magnetkis förekommer inom alla malmtyper. Det kvantitativa

förhållandet mellan de två mineralen varierar inom vida gränser, men det kan konstateras, att en anrikning av magnetkis i kompakta sliror och bankar i malmernas perifera delar samt inom kalk-skarndelarna alltid förekommer inom malmgrupperna I a och II a. Inom övriga malmtyper uppträder magnetkisen som impregnationer utan tendens till koncentring i kompakta enheter vare sig i de centrala delarna av malmen eller i de perifera. Kopparkisen förekommer både som impregnation och kompakta enheter. Inom malmgrupp I b dominerar impregnationstypen.

Zinkblände är generellt associerat med svavelkis och ställvis även med blyglans inom malmgrupperna I b och II a. Inom vissa delar av den kompakta rikmalmsbildningen (grupp I a) förekommer rikligt med zinkblände av en järnrik typ i form av ränder i den kompakta kopparkismalmen. Vid närmare studium visar det sig, att zinkbländet är avsatt i xenolitiska partier av hornblendeskarn tillhörande den omvandlade andesitformationen. I övrigt förekommer zinkblände i underordnad mängd huvudsakligen som förträngningsrester i kopparkisen.

Svavelkisens utbredning inom gruvorna är begränsad till tre separata områden enligt följande:

1. Zon strax under gränsen till tuffitgruppen och inom den lokala omvandlingszonen i Lindsköldgruvan och omfattande malmgruppen I b.
2. Den lokala omvandlingszonen i Adakgruvan och angränsande släpvecksbildningar och omfattande malmgruppen II a.
3. Gnejszonen i anslutning till den på djupaste nivå påträffade granitoiden.

Av denna uppställning framgår, att de övriga malmtyperna saknar svavelkis. Svavelkisen uppträder vanligen som impregnationer. Vissa partier inom malm 50 i Adakgruvan och inom de nedre delarna av Lindsköldgruvan kan dock karakteriseras som kompakta svavelkiskroppar.

Tät arsenikkismalm ofta breccierad av kopparkis och magnetkis förekommer inom malmgruppen I a. De täta arsenikkisbankarna, som är konforma med förskiffringsstrukturen, är rymdmässigt avgränsade från de svavelkisförande parageneserna. Frånvaron av svavelkis i de arseniksulfidförande parageneserna visar, att de två faserna inte kan coexistera under de bildningsbetingelser, som varit rådande.

Vid en undersökning av systemet Fe-As-S fann Lloyd-A. Clark (1960), att FeS_2 och FeAsS inte kan coexistera vid temperaturer över $491^\circ\text{C} \pm 12^\circ\text{C}$. Skulle man tillämpa detta resultat på Adak-Lindsköld—Brännmyranmalmen, finner man, att bildningstemperaturen för sulfidmalmen inom området överstiger ovan nämnda temperatur. Med bildningstemperatur menas då den, som varit rådande vid den metamorft-metasomatiska fixeringen av malmen. Beträffande den relaterade undersökningen framgår det inte av denna, hur fasrelationerna förändras med variationer i svavelångtrycket, varför den ovan givna temperaturen får anses vara approximativ.

Koboltförande arsenikkis uppträder inom de malmer, som är anlagda i tensionssprickzoner och brecciezoner och som omfattar malmgrupperna I c, I d samt II a + b. Karakteristiskt för den Co-förande arsenikkisen är, att den oftast har en euhedral utbildning.

Vissa andra mineral, som är avsatta i sprickzoner och brecciezoner, uppvisar en lika hög grad av idiomorfi. Så är fallet med den Co-förande svavelkisen i Adakgruvans brecciemalmer liksom med kvarts, ilmenit och magnetkis i de som typ kisfyllda tensionssprickor betecknade malmerna (grupp I c). Graden av idiomorfi hos de ovannämnda mineralen synes vara betingad av den strukturstyp i berggrunden, i vilka de är avsatta.

7. FÖRDELNING AV VISSA I EKONOMISK BETYDELSE FÖR GRUVVERKSAMHETEN UNDERORDNADE METALLER

Det är ej möjligt att beräkna någon medelsammansättning av de förefintliga malmerna, men den analysstatistik, som föreligger från koncentratet under de gångna åren, kan ge en viss upplysning om vissa metallers förekomstsätt. Årsanalyserna, som presenteras nedan (tabell 16), representerar en varierande fördelning av kvantiteter från de tre gruvorna. Av tabellen framgår fördelningen i % på de tre gruvorna. Före år 1967 förekom inga tillskott från malmerna i norra Adak och malmer inom grupp I c.

I koncentratet ingår i medeltal 83 vikts-% kopparkis och i övrigt ingår zinkblände, blyglans, magnetkis, arsenikkis och gångarter. Huvuddelen av magnetkisen och arsenikkisen är avskiljda, utom under de tidigaste åren, då betydande mängd arsenikkis från Adakgruvan ingick i koncentratet. Detta senare förhållande återspeglas i en samtidig förhöjning av Co-halten. Den dominerande mängden kopparkis i koncentratet betyder att "bakgrundsvärdena" approximativt för de flesta i tabell 16 upptagna elementen hänför sig till kopparkisfasen och ingående i denna som fasta-lösningskomponenter eller som intergranulära komponenter. De övriga mineralen torde på grund av sin ringa mängd i koncentratet ge obetydliga anomala tillskott, som kan bortses ifrån med några få undantag.

Enligt analyser av malmsektioner ingår Au i malmerna med en halt, som understiger 1.5 g/t (fig. 20), dock med några värden som överstiger denna halt, och som hänför sig till kopparrikmalmsdelen av Lindsköld malm 1 samt till kompaktmalmsdelar med CuFeS_2 och FeS i Lindsköldgruvan i övrigt. Ett relationsdiagram för Au/Cu (fig. 21) visar, att det inte föreligger någon positiv korrelation för de två metallerna ej heller erhålles någon korrelation till As. I motsats till förhållandena i Bolidengruvan i östra delen av Skelleftefältet, där täta arsenikmalmer förekommer, är arsenikkisen i Adakfältet inte bärare av några väsentliga guld mängder.

Av tabell 16 framgår att en väsentlig anrikning av guld är för handen i koncentratet, vilket antyder att guldet uppträder inom kopparkisfasen. Mot bak-

Är (Year)	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54
Au (g/t)	3.3	3.3	3.3	2.7	2.4	2.4	2.9	2.9	3.2	3.4	3.4	4.1	3.9	4.0	3.8	3.6	3.2
Ag (g/t)	100	93	104	97	90	96	95	98	91	93	116	116	109	110	107	94	91
Cu (%)	29.1	28.8	29.4	28.5	27.2	27.0	28.4	29.7	30.0	30.1	30.0	30.1	29.9	29.6	29.6	27.5	26.5
Fe "	31.2	31.8	31.2	31.0	32.9	33.2	32.8	31.5	31.6	31.1	31.1	30.0	31.3	30.2	30.5	32.8	31.9
Co " x10 ⁻³	8	8	5	5	6	4	7	7	-	-	8	4	5	10	20	30	30
Ni " x10 ⁻³	2	2	3	3	3	2	2	2	1	3	2	1	2	2	2	3	3
Zn "	2.1	1.7	1.8	2.3	1.9	1.8	1.2	0.9	0.7	1.0	1.3	1.4	1.3	1.2	1.0	0.6	0.8
Hg " x10 ⁻⁴	1.5	0.7	1.2	1.4	1	<1	1	1	1	<1	1	1	1	1	0.6	<1	<1
Sn " x10 ⁻³	6	6	10	14	5	6	9	12	17	17	12	9	9	5	6	5	6
Pb "	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04
Bi " x10 ⁻³	3	3	3	3	3	3	3	4	5	7	3	10	11	4	4	5	5
Sb " x10 ⁻³	5	5	8	8	8	10	10	10	17	20	10	6	12	6	8	14	20
As "	0.07	0.13	0.10	0.10	0.16	0.12	0.17	0.25	0.45	0.21	0.22	0.37	0.49	0.76	1.11	2.10	2.10
Se " x10 ⁻³	37	46	42	38	36	43	49	49	50	47	41	46	43	48	52	48	57
S "	33.8	33.2	34.0	34.6	34.7	35.0	34.5	33.9	33.9	34.1	34.1	33.9	33.8	33.7	33.9	34.2	34.7
Cl " x10 ⁻³	2	2	1	1	1	3	2	7	4	<1	1	1					
F " x10 ⁻³	8	6	8	8	8	9	8	7	7	8	7						
Cd " x10 ⁻³	9	9	9	10	8	9	7	6	5								
In " x10 ⁻⁴	28																
Tl " x10 ⁻⁴	<3																
Ga " x10 ⁻⁴	<3																
Mo " x10 ⁻³	-					2	1										
%-förd. av bruten malm																	
Adak	28.8	33.9	31.7	31.2	28.7	25.6	32.4	30.3	27.1	28.7	14.1		4.9	7.4	24.5	26.8	36.8
Lindsköld	47.5	37.5	38.0	34.7	40.6	46.2	41.0	44.1	49.4	48.4	75.1	100	95.1	92.6	75.5	73.2	63.2
Brännmyran	23.7	28.6	30.3	36.1	30.7	28.2	26.6	25.6	23.5	22.9	10.8						

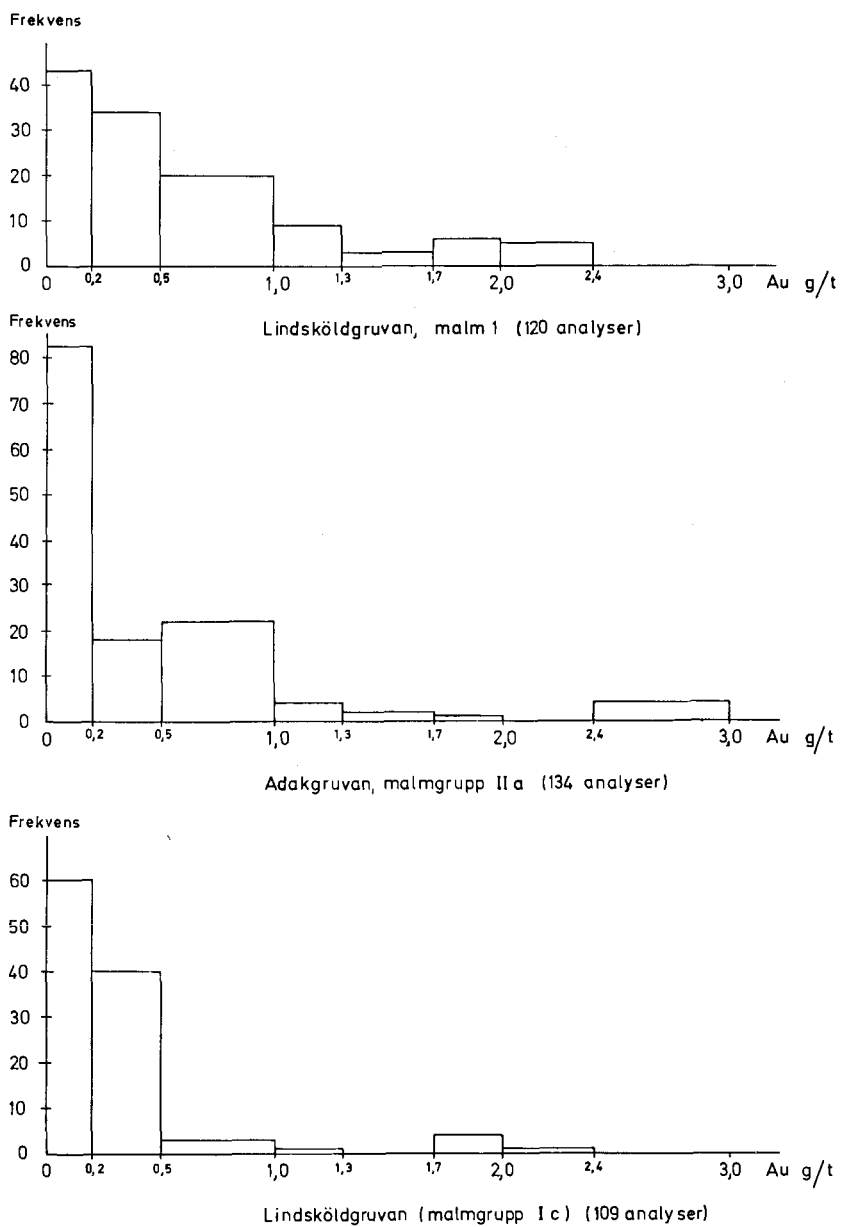


Fig. 20. Fördelning av Au-halterna i analyserade malmsektioner.
Distribution of Au in Adak-Lindsköld ores.

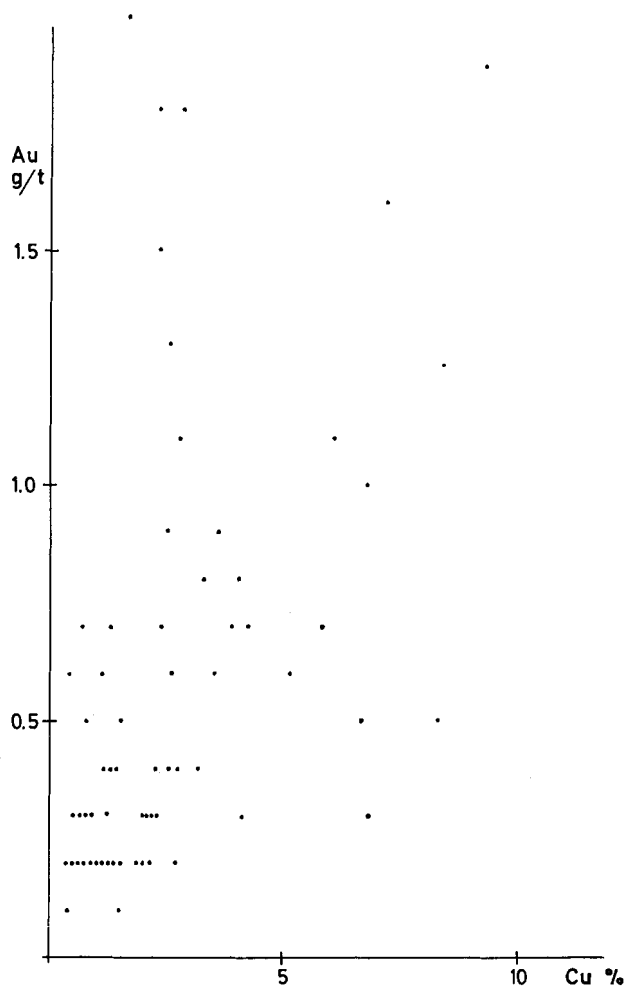
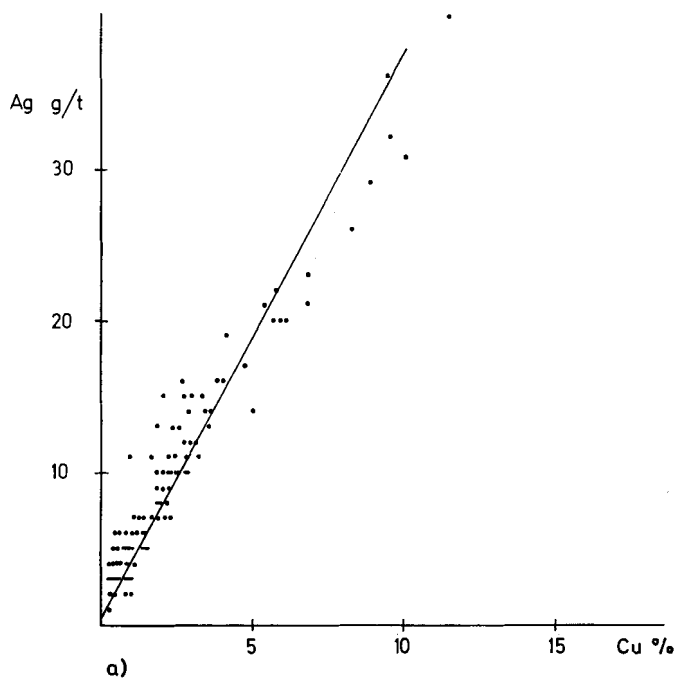


Fig. 21. Relationen Au/Cu i Lindsköldgruvan.
The Au/Cu-ratio. Lindsköld mine.

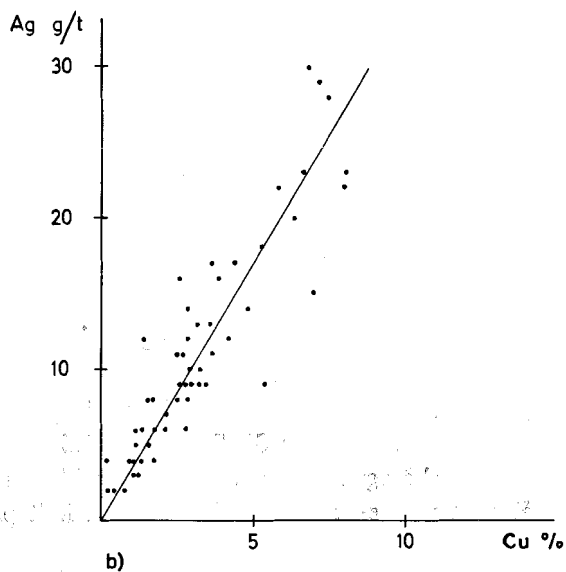
grund av icke-korrelationsförhållandet till Cu uppträder guldet förmodligen intergranulärt.

Guldhalten i Adak-Lindsköld—Brännmyrangruvorna ligger i genomsnitt lägre än för Skelleftefältet i övrigt (medeltal för Skelleftefältet 1.6 g/t, Grip 1970). Rikmalmen (malm 1) i Lindsköldgruvan uppvisar emellertid halter på 1.3 g/t i övertvärande borrhålssnitt med en maximalt konstaterad halt på 3.7 g/t Au.

Att Ag-halterna är positivt korrelerade till Cu-halten framgår av fig. 22. Det bör noteras att Pb-halten i de upptagna analyserna understiger 0.01 vikts-% Pb, varför tillskott i Ag-halten från blyglansfasen kan bortses ifrån. I koncentratet



Relationen Ag/Cu
LINDSKÖLDGRUVAN



Relationen Ag/Cu
ADAKGRUVANS BRECCIEMALMER

Fig. 22. Relationen Ag/Cu.

The Ag/Cu-ratio of the Adak-Lindsköld ores.

a. Lindsköldgruvan.

b. Adakgruvans brecciemalmer.

sker en väsentlig anrikning av silver vilket fastlägger, att silvret ingår i kopparkisfasen.

Av ovanstående fakta torde framgå, att det förekommande silvret i Adakfältet ingår som gitterbunden komponent i kopparkisfasen med förhållandet $\text{Ag}/\text{Cu} \approx 3.4 \times 10^{-4}$.

Undantar man åren 1953—1957, då tillskott av arsenikkis i koncentratet ger en markant förhöjning av Co-halten, finner man, att kopparkisen i medeltal håller 0.006 vikts-% Co och 0.002 vikts-% Ni.

Tenn ingår i sulfidmalmerna som stannit och uppträder nästan enbart inom kopparkisfasen enligt Gavelin et al., 1947. Som framgår av tabell 16 ingår tenn i medeltal med 0.009 vikts-% i koncentratet och då förmodligen intergranulärt som stannit. De högre Sn-värdena härrör sig från den kompakta malmen (malm 1) i Lindsköldgruvan, som brutits mera intensivt under de år, då de högsta Sn-värdena erhållits i koncentratet.

Kopparmalmerna i Adakfältet tillhör de mera Se-rika inom Skelleftefältet. En analys på Se från kopparkis i Adak (malmgrupp II a) har givit den högsta konstaterade Se-halten inom Skelleftefältet; 0.21 vikts-% Se (Bergenfelt 1953). I genomsnitt håller koncentratet 0.045 vikts-% Se. Det föreligger en viss korrelering mellan Cu- och Se-halterna. De senare har de högsta värdena i Adaks kopparkis (malmgrupp II a) och är lägre i Lindsköldgruvans kopparkis och arsenikkis (malmgrupp I a). En koncentrerings av Se förekommer i kopparkoncentratet om man jämför med analyserade malmsektioner (tabell 17).

8. Co- OCH Ni-HALTERNA I ARSENIKKIS FRÅN ADAK-LINDSKÖLD—KARLSSONMALMERNÄ

Vid tidigare spektralanalytiska undersökningar av sulfidmineral från Adakfältet har påvisats en markant skillnad i Co- och Ni-halterna hos dessa mineral mellan Lindsköldgruvan å ena sidan och Adak- och Karlssonmalmerna å andra sidan (Gavelin och Gabrielsson 1947). Den främsta skillnaden framträder hos arsenikkisen, som framgår av tabell 18.

De högsta Co-halterna i arsenikkis har registrerats inom malmgrupp II a i Adakgruvan, där även sporadiska observationer av coexisterande coboltglans föreligger. Ni-halterna i arsenikkisen ligger här i Adakgruvan ung. 10 ggr högre än i Lindsköldgruvan.

Den flacka Adakmalmen nr 12 (malmgrupp II b) och Karlssonmalmen (malmgrupp I c) för arsenikkis med en Co-halt, som ligger mellan värdena i Lindsköldgruvan och Adakmalmerna i grupp II a. Utöver de i tabell 18 presenterade analyserna har erhållits värden på 2—2.5 % Co i arsenikkis från Karlssonmalmen (Gavelin et al., 1947) vilket visar att Co-halterna varierar avsevärt inom en och samma malmkropp.

Trendmässigt framgår av analyserna att Co-halten i arsenikkis är positivt korrelerad till As-halten. Analys från Karlssonmalmen faller utanför den an-

TABELL 17.
Selenanalyser från Adak- och Lindsköldgruvorna
Analyses of selen

Malmgrupp	Malm	Bh	Sektion	% Cu	% As	% Se
IIa	Adak	A 360 G	14.08—21.31	3.90		0.007
	malm 12	A 360 G	49.80—54.18	2.15		0.004
	malm 12	A 363 G	0.00—33.38	2.92		0.008
Ia	Lindsköld	65	107.74—107.85	7.71	3.47	0.009
	"	65	107.85—110.31	0.63	1.80	<0.003
	"	65	110.31—113.22	5.43	7.3	0.026
	"	65	113.22—119.44	0.76	1.83	<0.003
	Lindsköld	66	108.36—109.65	1.07	0.04	<0.003
	"	66	109.65—112.98	11.2	0.67	0.006
	"	66	113.33—122.54	4.94	0.21	<0.003

TABELL 18.
Mikrosondanalyser av arsenikkis från Adak-Lindsköld—Karlssonmalmen
Micro-probe analyses of arsenopyrite from the Adak, Lindsköld and Karlsson ores

Gruva	Malmgrupp	Provets läge i förh. till gräns mot tuffitgruppen (m) ¹	Analyser			Anmärkning
			As %	Co %	Ni %	
Lindsköld	Ia	5	49.27	0.23	0.09	Finkornig arsenikkis
"	Ib	10	44.81	0.37	0.00	
"	Ic	98	45.15	0.33	0.02	
"	Ic	115	45.00	0.59	0.01	
Karlsson	Ic		41.73	1.59	0.01	
Adak	IIa		46.35	5.66	0.10	
"	IIa		47.30	7.35	0.10	
"	IIb		46.01	2.09	0.03	Flacka delen av malm 12

¹ Anges för prov från Lindsköldgruvan
Analyserat vid Boliden AB, centrallaboratoriet, Rönnskär

givna trendkurvan. Man får förmoda, att trendrelationen återspeglar något av de komplicerade substitutionsförhållandena i arsenikkisen.

Inget tyder på att de varierande Co-halterna i arsenikkisen hos den grupp av malmer, som här har beskrivits, är betingade av variationer i tryck och temperatur av regional karaktär. I stället måste variationerna uppfattas som en differentiering av de ursprungliga malmlösningarna med avseende på Co, en uppfattning, som Gavelin tidigare har givit uttryck för. Ett förhållande som styrker denna uppfattning är att i Adakgruvan (malmgrupp II a) har påträffats Co-förande pyrit (0.98 % Co)¹ i en kopparkis-pyrit-magnetkissparagenes. Denna uppträder inom drusartade partier med välutbildade prismatiska kvartskrystaller. Pyriten förekommer i form av cm³-stora oktaedriska kristaller ställvis i sammanväxnings-

¹ Spektralanalys av kristall från Adakgruvan malm 50 (263 m avvägning)

former. Den Co-haltiga pyriten har kristalliserat före kopparkisen och magnetkisen, liksom är konstaterat gäller för den Co-haltiga arsenikkisens relation till de två senare mineralen.

9. Mo-FÖRANDE KVARTSUTSÖNDRINGAR OCH LÅGTERMALA SPRICKMINERALISERINGAR

Molybdenglans är ett sällsynt förekommande mineral inom Adakfältet. Malmer-na håller generellt mycket låg halt av molybden (jfr tabell 16). Kvartsutsöndringar med molybdenglans förekommer inom malmzonen på 50 m nivån i Lindsköldgruvan (malm 1) och inom den övre malmzonen i Brännmyrangruvan, där en väsentlig anrikning av molybdenglans förekommer inom ett parti i liggväggsytan av malmen. Vid Karlssonmalmen förekommer kvartsutsöndringar med droppar av kopparkis, magnetkis samt tavelformiga molybdenglanskristaller. Observationer föreligger också av molybdenglansimpregnationer i skarniga partier på hängväggssidan av malm 1 i Lindsköldgruvan tillsammans med en scheelit-mineralisering.

Kalkspatfyllda sprickor och skölar förekommer flerstädes inom området och är delvis bärare av sulfidmineral och arsenider. Två huvudtyper kan urskiljas enligt följande:

1. Zn-Pb-förande kalkspatsprickor
2. As-Co-Ni-Ag-förande kalkspat-sprickor och -skölar

De Zn-Pb-förande kalkspatsprickorna förekommer rikligast inom Brännmyrangruvan och är mindre vanliga inom Adak- och Lindsköldgruvorna. I Brännmyrangruvan är det konstaterat, att sprickorna är inordnade i det yngsta s-tektoniska spricksystemet (se nedan). I paragenesen ingår ett ljusgult zinkblände och blyglans samt ställvis även elementärt bly. Zinkbländet och blyglansen är oftast välkristalliserade. Zinkbländet visar i en analys från Karlssonmalmen följande sammansättning:

	Vikts-%
Zn	67.0
Fe	0.35
Mn	0.01
Cd	0.24
Hg	0.05

Strax under gränsen till tuffitgruppen i Lindsköldgruvan förekommer väsentliga ansamlingar av det ljusgula zinkbländet i kalkspatskölar. Zn-Pb-paragenesens åldersställning i förhållande till kopparmalmen kan här klart definieras. Zinkbländet breccierar kopparkismalmen, så att en uppbrytning av kopparkissprickorna har ägt rum och återfinns som skarpkantade fragment i zinkbländematrixet.

De As-Co-Ni-Ag-förande parageneserna, som är ovanliga inom den här beskrivna typen av svenska sulfidmalmsförekomster, har tidigare undersökts och



Fig. 23. Kopparkis-gångartsmosaik. Lindsköldgruvan DBH 616 (grupp Ib). 1 nic., 160×. Foto S. Ljung (fig. 23—29).

Chalcopyrite-rock mosaic. Lindsköld mine. Ore type Ib.

beskrivits av Gavelin (1945). Två förekomster av mineraliserade kalkspatsprickor behandlas i detta arbete, dels en förekomst på 100 m nivå i Lindsköldgruvan med elementär arsenik, proustit, zinkblände, elementärt silver, dyscrasit, löllingit, tetrahedrit, blyglans och kopparkis i grovkornigt kalcitmatrix med kvarts, zeoliter och flusspat, dels en förekomst på 50 m nivå i samma gruva med bl. a. Co-Ni-arsenider (smaltit-chloantit och safflorit-rammelsbergit). Ingen elementär arsenik har påträffats i denna kalkspatspricka. På senare tid har ytterligare två proustitförande, kalkspatfyllda skölar påträffats i gruvan, som förutom proustit och gediget silver för ett ljusgult zinkblände. Den ena av dessa utgör en förkastningssköl, efter vilken den kopparmalmsförande horisonten (malm 13) är förkastad.

10. MIKROGEFÜGEDATA OCH TEXTURELLA RELATIONER MELLAN SULFIDMINERALEN

De dominerande sulfidmineralen kopparkis och magnetkis förekommer vanligen som oregelbundna aggregat, som förgrenar sig i gångarten. Tunna mikroådringar och droppar av kopparkis i gångarten är också mycket vanligt. Mikroådringarna är ofta kombinerade med gångartssulfidmineralmosaik. Den flacka Adakmalmen nr 12 och Brännmyranmalmen karakteriseras av en höggradig fragmentering av gångarten, och mikrofragment av denna återfinns som inneslutningar i sulfidkornen (fig. 23—29).

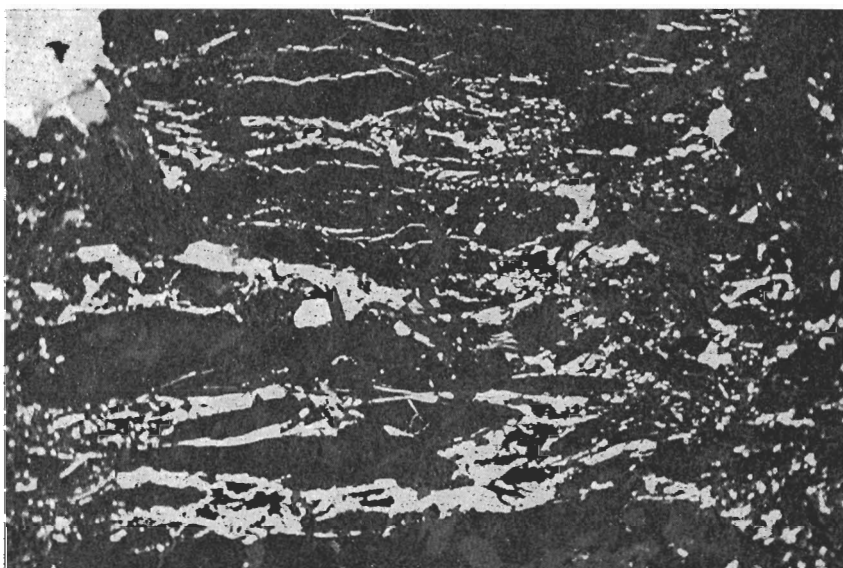


Fig. 24. Kopparkis-magnetkismikroådring i cordierit-cummingtonitkvartsit. Lindsköldgruvan DBH 1010 (grupp Ic). 1 nic., 160×.

Chalcopyrite-pyrrhotite micro-veining in cordierite-cummingtonite schist. Lindsköld mine. Ore type Ic.

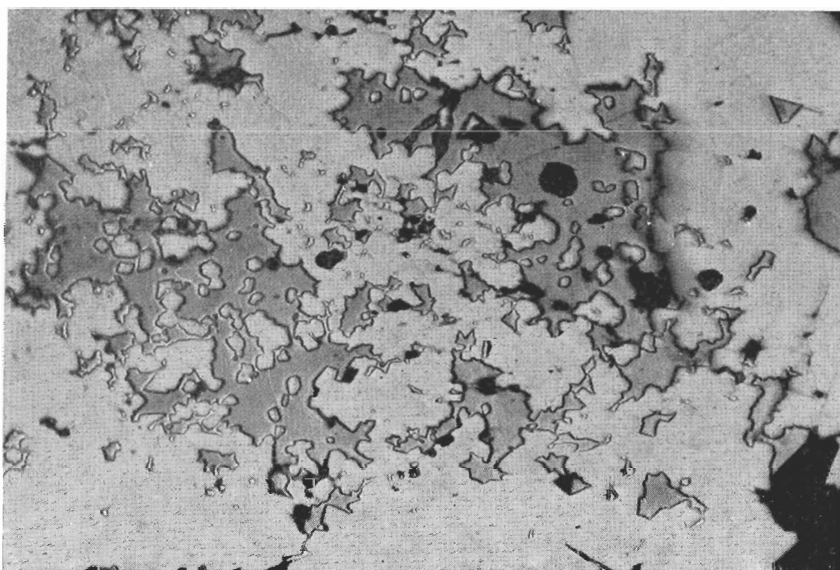


Fig. 25. Finkornig arsenikkis förträngd av kopparkis. Lindsköldgruvan 170 m nivå (grupp Ia). 1 nic., 160×.

Fine-grained arsenopyrite replaced by chalcopyrite. Lindsköld mine. Ore type Ia.

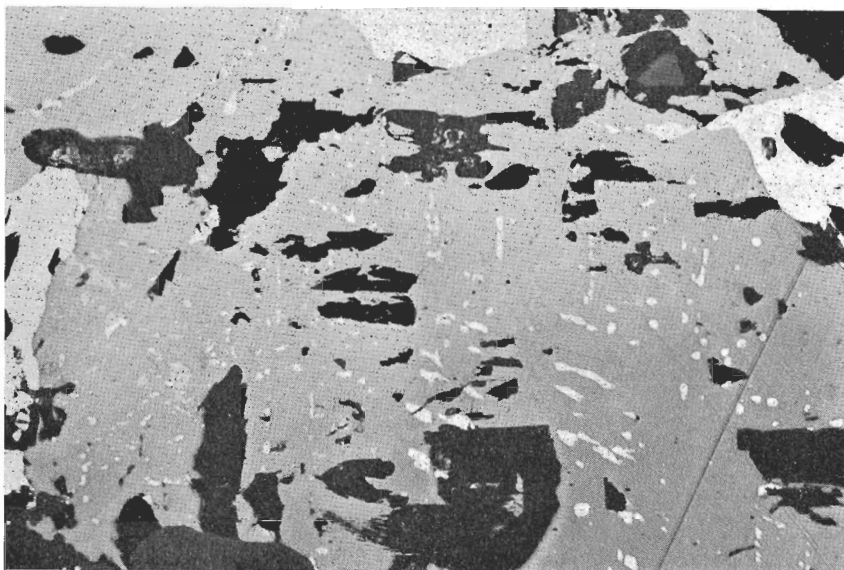


Fig. 26. Zinkblände med kopparkisavblandning. Adakgruvan malm 31 (grupp IIa). 1 nic., 160 $\times$.

Sphalerite with chalcopyrite intergrowths. Adak mine. Ore type IIa.

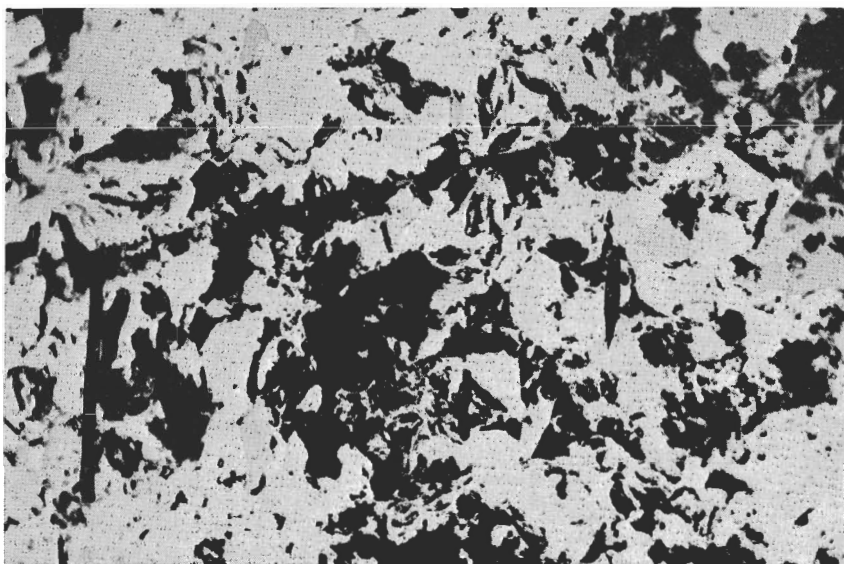


Fig. 27. Kopparkis-magnetkismalm med riklig bergartsfragmentering. Adakgruvan DBH 206 (grupp IIb). 1 nic., 56 $\times$.

Chalcopyrite-pyrrhotite ore with rock fragments. Adak mine. Ore type IIb.

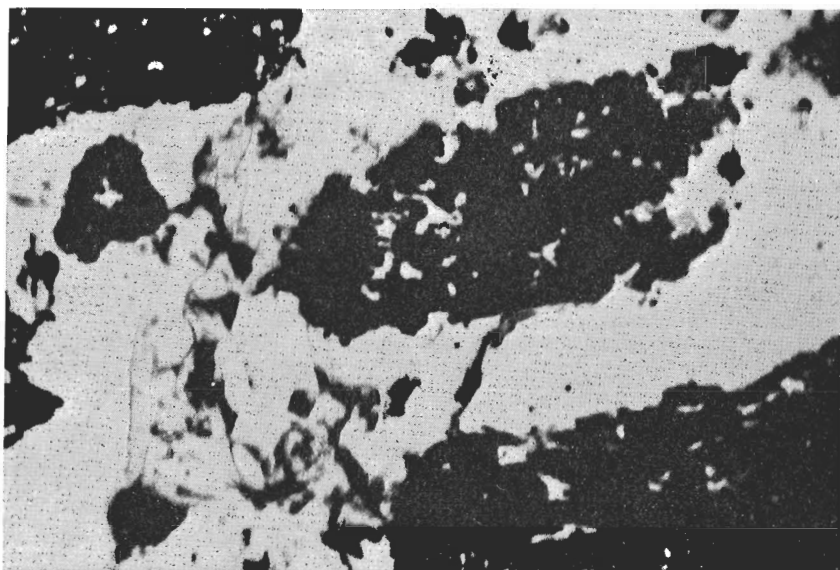


Fig. 28. "Anfrätt" gångart i kopparkismalm. Adakgruvan malm 12, östra delen (grupp IIb). 1 nic., 160 $\times$.

Rock fragment in chalcopyrite ore. Adak mine. Ore type IIb.



Fig. 29. Fragmentering av gångart i kopparkis-magnetkismalm. Brännmyrangruvan, DBH 70 (grupp Id). 1 nic., 440 $\times$.

Fragmentation of rock in chalcopyrite-pyrrhotite ore. Brännmyran mine. Ore type Id.

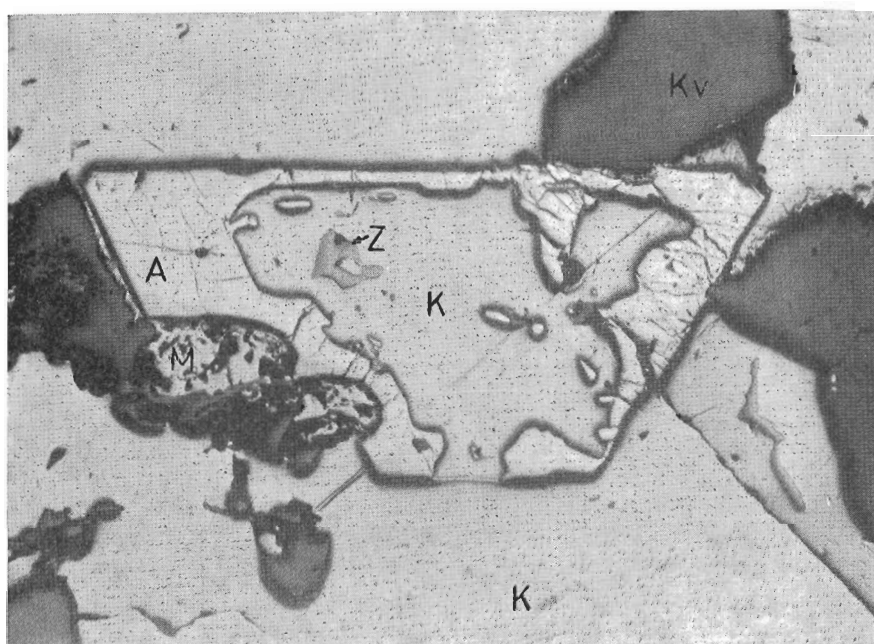


Fig. 30. Kopparkis förträngande arsenikkiskristall. A=Arsenikkis, K=Kopparkis, Kv=Kvarts, Z=Zinkblände. Karlssonmalmen, 2 nic., 58 $\times$. Foto K. Johansson.

Replacement of FeAsS by CuFeS₂; Karlsson ore body.

Avblandning av den ortorombiska cubaniten och vallerit i kopparkis förekommer inom alla malmtyper. Mängden av avskild vallerit synes vara störst i de rena höggradigt rekristalliserade kopparkisaggregaten. I vissa av de undersökta proverna förekommer även den isometriska modifikationen av cubanit tillsammans med den ortorombiska. I ett prov från malm i grupp II a där bl. a. kopparkis förtränger Co-haltig arsenikkis förekommer tillsammans med kopparkisen en form av cubanit, som kan motsvara den tetragonala (?) fas, som tidigare är beskriven i litteraturen (Rao and Rao, 1968). Cubanitfasen uppvisar en tydlig anisotropi och en påtaglig inhomogenitet i reflexionspleokroismen, som emellertid är mindre än hos den ortorombiska cubanitfasen. Macinawite har påträffats i ett prov från Karlssonmalmen, där det uppträder mellan kopparkis- och ett av kopparkisen korroderat magnetkiskorn.

Den förekommande primära pyriten och magnetkisen genomsätts av kopparkisådror. Inom malmgrupp II a i Adakgruvan förekommer sekundär pyrit och markasit framför allt inom partier med grovkornig magnetkis, som är associerad med magnetit. Den sekundära pyriten är bildad genom omvandling av magnetkis.

Den Co-haltiga arsenikkisen är förträngd av kopparkis, varvid ofta skelettartade texturer utbildats (fig. 30).

Den texturella relationen mellan kopparkis och zinkblände i den äldre generationen är variationsrik. De vanliga relationsformerna är emellertid, att zinkbländet uppträder dels som tydliga förträngningsrester, dels som små runda korn i kopparkisen ofta anordnade i rader inom kopparkisfasen. I det senare fallet kan man tolka förhållandena så, att zinkbländet är avskilt ur en ursprunglig kopparkis-zinkbländeblandfas. Det inversa förhållandet med avblandning av kopparkis i zinkblände förekommer. Det kan noteras att denna senare typ av avblandning förekommer endast inom de FeS-förande parageneserna, medan den förra typen företrädesvis uppträder inom de FeS-FeS₂-förande parageneserna. Det bör här poängteras, att denna i paragenesen ingående pyrit ej bör förväxlas med den Co-rika idiomorfa pyrit, som tidigare beskrivits.

Huruvida den kristallisationsföljd, som framkommit vid studium av sulfidmineralens texturella relationer, återspeglar tidsmässigt olika mineraliseringsfaser är en öppen fråga. Detta på grund av att möjligheten föreligger, att sekundära omflyttningar av sulfidmineralen under metamorfosen kan ha ägt rum efter deras primära fixering, och där då de mobiliserade faserna primärt kan ha bildats samtidigt med övriga faser. Kristallisationsföljden följer sammanfattningsvis följande schema:

Kristallisationsförlopp	Mineralgrupp
	Co-förande arsenikkis
	Co-förande pyrit
	Finkornig arsenikkis med låg Co-halt
	Magnetkis
	Pyrit
	Zinkblände
	Kopparkis
	Zn-Pb-förande kalkspatsprickor
	As-Co-Ni-Ag-förande kalkspatsprickor

När det gäller de Co-As-Fe-S-förande sulfidmineralparageneserna föreligger en viss zonering i horisontell ledd inom Adak-Lindsköldgruvorna, så att den Co-rika arsenikkisen och pyriten uppträder inom de sprick- och brecciesystem, som ligger fram mot domens centralområde. Inom Lindsköldgruvan är fördelningen mellan de FeS-förande och FeS-FeS₂-förande parageneserna distinkt (fig. 31).

11. NÅGOT OM FÖRKASTNINGSTEKTONIKEN

Enstaka skölar, efter vilka normala förkastningar ägt rum, förekommer i ett fåtal inom Lindsköldgruvan. Denna gruva är generellt i ringa grad påverkad av förkastningstektoniken. Tektoniska störningar, som påverkat malmbrytningen negativt, har därför ej existerat i denna gruva. En besvärande faktor vid bryt-

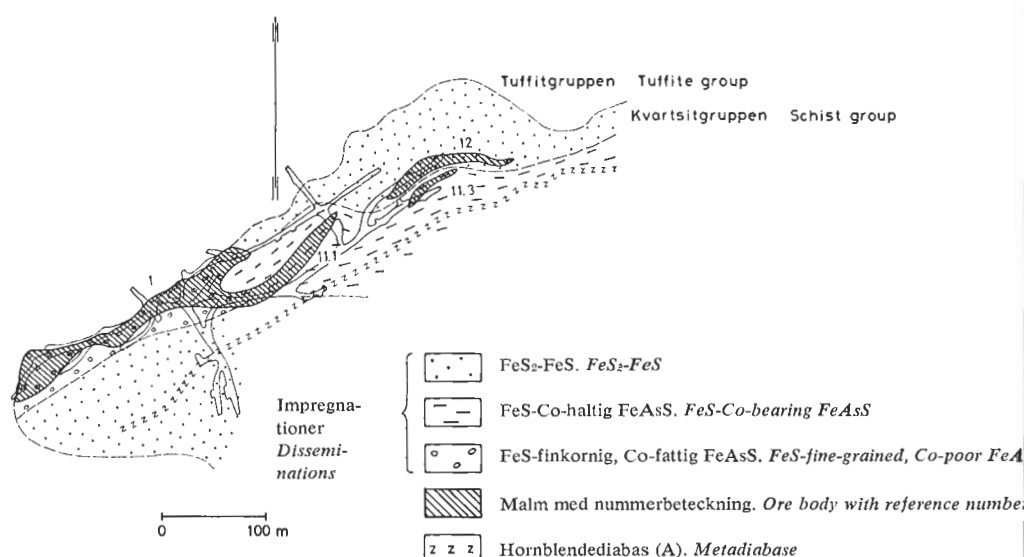


Fig. 31. Fördelning av mineral i systemet Fe-As-S på 100 m nivå i Lindsköldgruvan.
Distribution of minerals within the Fe-As-S-system. Lindsköld mine 100 m level.

ningen har emellertid varit den oregelbundna förklyftningen av cummingtonit-antofyllit-cordierit-kvartsiten.

Inom flacka delen av Adakgruvan (malm 12) förekommer ett skölssystem med NW-riktade cm-breda, vertikalt stående lersköljar. Rörelserna efter dessa sköljar har varit horisontellt riktade, och den relativa förskjutningen efter den horisontella komponenten uppgår till storleksordningen 1 m.

En kraftig brottekonik karakteriserar området Brännmyran—Rudtjebäcken. Denna tektoniska fas med en utpräglad blockförkastningstektonik hänger otvetydigt samman med intrusionen av den närbelägna Adakgraniten. Sambandet mellan kraftig blockförkastningstektonik och intrusion av serorogena graniter har av författaren kunnat studeras i åtskilliga svenska gruvor, av vilka de mellan-svenska järnmalmgruvorna Stripa och Idkerberget kan anges som mycket illustrativa exempel.

Förklaringen till det relaterade sambandet torde ligga i, att vid granitintrusionen skapas ett anomalt spänningsfält i omgivningen till intrusivet, ett spänningsfält, som reduceras genom utlösning av blockförkastningsrörelser i gränzonen mellan intrusiv och suprakrustal.

I Brännmyrangruvan har blockförkastningarna utlösts efter sköljar med en strykningsriktning N—NE och med 45—65° stupning mot E. De relativa rörelserna har varit horisontellt riktade, som kan konstateras på uppkomna glidytor. Det har varit möjligt att beräkna förskjutningarna efter den vertikala komponenten, och rörelsebeloppen varierar här mellan 5 och 10 m. Undantag utgör

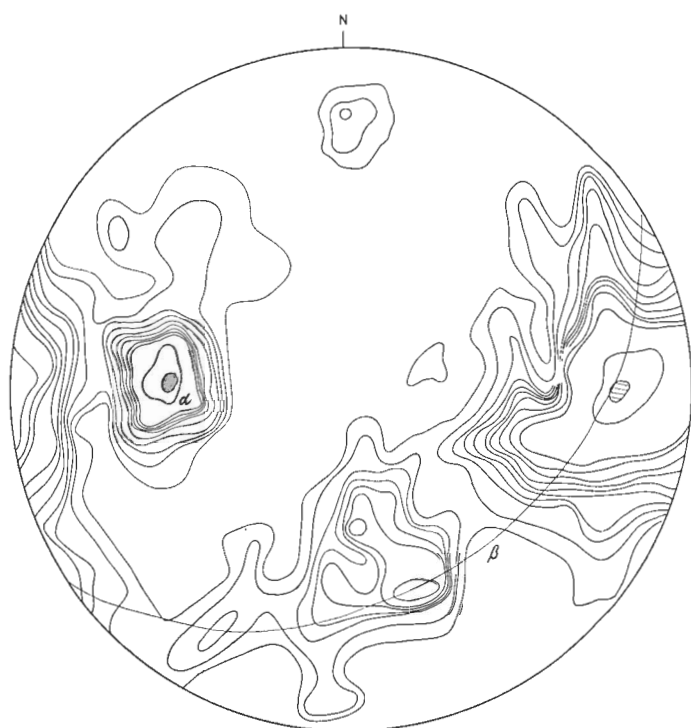


Fig. 32. Brännmyran, 85—160—250 m nivåer.

272 poler av sprick- och skölytor.

Schmidt nät, övre hemisfären.

Konturering 0.4—9.6 ‰, max. 12.5 ‰.

Stereographic projection of faults, fractures and fissures. Brännmyran mine.

en N—S, 45—50° E-riktad överskjutningszon, som träffar malmerna på 160 m nivå, och efter vilken skölzon en relativ förskjutning på 70 m längs N—S-komponenten i skölytan har kunnat konstateras.

Det ovan relaterade skölssystemet utgör tillsammans med kloritfyllda sprickor, efter vilka förekommit obetydliga rörelser, en B-tektionisk fas (β fig. 32). En annan sprickbildningsfas (α), som i gruvan kan konstateras vara senare utbildad än den B-tektioniska fasen, är en utpräglat S-tektionisk fas och sannolikt utbildad under avslutningsskedet i den kratogena epoken.

12. SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

Den understa malmförande formationen inom Adakdomen uppbyggs av biotit-klorit-cummingtonitmikrognajs, som inom de sulfidmineraliserade områdena är omvandlade till cordieritkvartsiter med biotit, klorit och cummingtonit bland övriga väsentliga beståndsdelar. Denna formation överlagras av höggradigt omvandlade (omvandlingsgraden = graden av nedbrytning av plagioklas) cordierit-

biotitkvartsiter, som i övre delen av formationen genom tektonisk påverkan helt eller delvis omvandlats i cordierit-cummingtonit-antofyllitkvartsiter.

En övergångszon till den överlagrande tuffitgruppen, som utgörs av omlagrade tuffer med sedimentärt inslag och av andesitiska lavar med kalkskarnlinser och kalkbreccior, kan inom delar av domen klart definieras. Karaktärsbergarterna inom denna övergångszon består av muskovit-kloritskiffrar ställvis andalusitförande.

På stort djup i Adakgruvan har påträffats en granitoid bergart, som till sin karaktär visar stor överensstämmelse med Jörngranit, med den utbildning den har i det närbelägna Kristinebergsfältet. Granitoiden övergår uppåt i gnejs och migmatit, vilka senare bergarter för pyrit och underordnat kopparkis.

I söder och öster överlagras suprakrustalbergarterna av en röd mikroklingranit, som delvis är konform med de underliggande tuffitformationerna.

Kopparmalmernas epigenetiska karaktär och relationer till tektoniska system har kunnat fastläggas inom de här behandlade delarna av fältet. Lindsköld-Karlsson- och Brännmyranmalmen är belägna inom en tektonisk zon under gränsen till tuffitgruppen. Den tektoniserade zonen utgör en övre del av den höggradigt metasomatiskt omvandlade, skivformade cordierit-biotitformationen och ansluter till en box-foldstruktur, som övertvårar domen mellan Brännmyrangruvan och Lindsköldgruvan. Inom den tektoniska zonen, som utbildats i samband med differentialrörelser i gränzonen till tuffitgruppen, har utvecklats olika deformationstyper. Differentialrörelserna indikeras genom markerade släpveck vid tuffit-kvartsitgränsen.

Den översta delen av zonen i Lindsköldgruvan karakteriseras av en intensiv förskiffring, varvid skapats kloritskifferbergarter, i vilka skiktade sulfidmalmer eller malmer av fahlbandskaraktär med kopparkis, magnetkis och pyrit som väsentliga sulfidmineral har avsatts. Inom den västra delen av Lindsköldgruvan skär förskiffringen diskordant in i de två understa av tuffitformationerna, varvid en lokal metasomatisk omvandlingszon har bildats, och inom vilken en väsentlig anrikning av kopparkis och magnetkis förekommer inom den nedre delen av Lindskölds huvudmalm (Lindsköld 1). Inom denna kopparrikmalmsbildning uppträder bankar av finkornig arsenikkis med låg Co-halt och till skillnad från Boliden och andra fyndigheter i Skelleftefältet med låg Au-halt.

Under förskiffringszonen i Lindsköldgruvan ned till den malmsterila cordierit-biotitkvartsitformationen har den tektoniska utvecklingen resulterat i ett omfattande tensionsspricksystem, som är mineraliserat med kopparkis, magnetkis och grovkristallin, Co-förande arsenikkis i tensionssprickorna. Inom detta tensions-spricksystem har kunnat avgränsas ett antal brytvärda malmskivor.

I Brännmyrangruvan har tektoniseringen resulterat i ett antal med tuffitgränsen konkordanta brecciezoner inom vilka kopparkis, magnetkis och Co-förande grovkristallin arsenikkis avsatts. Inom två av brecciezoner förekommer brytvärda mineraliseringar.

Malmerna av breccietyp med kopparkis, magnetkis, pyrit och Co-rik arsenikkis i Adakgruvan uppträder inom en kilformad brecciezona med västlig stupning. Zonen skär diskordant över de urskiljda kvartsitformationerna och karakteriseras av en höggradig omvandling. Gedrit-antofyllit i form av grovt skarn och väsentligt inslag av magnetit och almandingranat är särpräglade drag för bergarterna inom den lokala omvandlingszonen i Adakgruvan, inom vilken brecciemalmerna är belägna.

Att differentialrörelser fortgått inom brecciezonen, framgår av den deformation vissa metabasiter inom zonen undergått liksom av de släpvecksbildningar av kalkiga horisonter i anslutning till brecciezonen i nedre delen av Adakgruvan. En väsentlig kopparkis- och magnetkisanrikning förekommer inom dessa släpvecksbildningar. Sulfiderna har dels koncentrerats längs de kalkiga horisonterna, dels förträngt dessa. De flackt liggande delarna av kalk-skarnlinserna, som följer den normala lagringsstrukturen, och som utgår från släpvecken mot öster, är också helt eller delvis förträngda av sulfider, som ofta inom dessa skarnpartier nå en brytvärd kopparkoncentration. Den flacka malmen i Adakgruvan är anlagd längs en sprickzonen efter vilken rörelser ägt rum, vilket framgår av släpvecksbildningar i de anslutande kalk-skarnhorisonterna. I denna flacka malmskiva ingår kopparkis, magnetkis och Co-rik, grovkristallin arsenikkis.

De relativt flackt liggande malmerna i norra Adak (malmerna 50—53) är anlagda i förskiffringszoner i anslutning till kalkiga, skarniga horisonter. Förskiffringen uppträder framför allt inom det område, där lagringsstrukturen övergår från ett flackt läge i centrala delarna av domen till en västlig stupning, som följer läget för domens nordvästra flank. Malmerna i denna grupp kan beskrivas som en kombination av kopparhårdmalm och kalk-skarnmalm. Kopparkis och magnetkis jämte zinkblände och blyglans i vissa kalkiga partier är de dominerande sulfidmineralen.

Som framgår av det ovan relaterade, finner man, att malmernas placering är korrelerade till definierade tektoniska element. Detta har då kunnat läggas till grund för den fortsatta prospekteringen i form av en uppföljning av malmföringen inom de urskiljda tektoniska strukturenheterna.

Kristallisationsföljden, för de inom denna del av fältet uppträdande sulfidmineralen, anger en tidig kristallisation av en As-Fe-Co-S-paragenes och en senare Fe-Zn-S-paragenes, som följs av kopparkis. Senare än dessa nämnda sulfidmineralparageneser är de lågtermala bildningar med Ag-Co-Ni-arsenider och -sulfider samt ZnS-PbS-förande kalkspatskölar och -sprickor, som uppträder flerstädes inom gruvområdena.

I detta arbete har införts en principdiskussion över relateringen till metamorfosen av den metasomatiska omvandlingen med nedbrytning av framför allt plagioklas men även andra mineral, vilket senare är svårt att registrera. Det är inom Adakfältet, liksom inom övriga malmförekomster av samma typ, konstaterat att kvartsitbildningen och sulfidmalmsbildningen intimt hör samman, och

man torde i de flesta fall kunna förutsätta ett gemensamt ursprung för de båda typerna av lösningar det är fråga om. Entydighet föreligger också inom denna typ av fyndigheter om, att kvartsitomvandlingen föregått sulfidmalmsbildningen.

Den typ av omvandling, som här har relaterats och som försiggått inom Adakfältet och inom exempelvis Bolidengruvan, som det framgår av en detaljundersökning av denna omvandlingsareuol (Nilsson 1968), har sina paralleller i de hydrotermala omvandlingszoner som återfinns längs västra delen av den sydamerikanska Cordilleran. Inom vissa av dessa zoner uppträder kopparmalmer som t. ex. de chilenska fyndigheterna Chuquicamata, Andacollo och den nyupptäckta Los Pelambres.

Förf. har varit i tillfälle att studera några av dessa zoner i detalj inom precordillerazonen i Chile och den följande beskrivningen härstammar från egna och andras undersökningar inom de mellersta delarna i Chile, där de hydrotermala zonerna är rikligt förekommande.

Zonerna uppträder inom ett i E—W-lig riktning begränsat område längs västra randen av Cordilleran och uppnår i många fall en area på flera kvadratkilometer och framträder i terrängen märkbart genom sin kolorering. Som nämnts, är enstaka av dessa zoner bärare av brytvärda kopparmalmer, men oftast är endast en pyritmineralisering för handen inom zonerna. Den primära hydrotermala omvandlingen med nedbrytning av fältspater och femiska mineral har resulterat i bergarter bestående av mineralen klorit, epidot, sericit, som är det dominerande mineralet, kaolin samt vid temperaturer under 350°C argillitiska beståndsdelar. Oftast har inom zonerna ägt rum en betydande silificering. I initialstadiet av den hydrotermala utvecklingen har också bildats kvarts-turmalingångar eller "breccia pipes". Det kan noteras, att de hydrotermala områdena är zonart uppbyggda med en yttre del bestående huvudsakligen av kloritiserade delar av ursprungsbergarterna och en central del med sericit och kaolin.

Ett väsentligt drag i den hydrotermala utvecklingen, som återfinns både inom Bolidenfyndigheten (Nilsson 1968) och inom de hydrotermala zonerna i Chile, är att den ursprungsbergart, som de centrala delarna av zonerna är anlagda i, inte har påverkat mineralsammansättningen av de hydrotermalt bildade parageneserna i nämnvärd grad.

Liksom för de metasomatiska zonerna inom Svecofenniderna kan man ej peka på ett direkt samband mellan de hydrotermala zonerna och intrusiv. Sällan återfinner man intrusiv i närheten av zonerna. Existerar ett samband mellan intrusiv och hydrotermala zoner, finns konnekteringen på större djup.

Med denna jämförelse har författaren velat peka på att den tolkning, som har framförts beträffande den metasomatiska omvandlingen i Adakfältet med nedbrytning av plagioklas i ett tidigt stadium av den metasomatiska-metamorfa utvecklingen, har sina paralleller i områden, där den metamorfa omvandlingen är ringa, och där den väsentliga omflyttningen av kemiska komponenter som t. ex.

Mg, K, Ca och Fe ägt rum under hydrotermala förhållanden och på mycket ringa djup i jordskorpan.

Förhållandena i Adakfältet visar, att den registrerade fixeringen av sulfiderna försiggått på ett relativt sent stadium i den metasomatiskt-metamorfa utvecklingen. Sulfidernas fixering följer på en tektonisk fas med brecciering och sprickbildning (tensionssprickor, shearsprickor).

De senare, lågtermala mineralparageneserna är lokaliserade till sprickor och skölzoner, som tillhör ett kratogent stadium. Sprickmineralisering med kopparkis och sekundära kopparmineral i Adakgranit har observerats i en närbelägen kraftverkstunnel (prov ställt till förfogande av William Abrahamsson). Detta visar, att en viss sulfidmineralisering har ägt rum efter Adakgranitens bildning, och denna mineralisering är relaterad till det senare, kratogena stadiet.

13. LITTERATUR

GFF = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar

SGU = Sveriges geologiska undersökning

- ALKER, A. et al., 1963 : Ein Vorschlag zur qualitativen und quantitativen klassifikation der kristallinen Schiefer. Ein Symposium. — N. Jb. Miner. Monatshefte 163—172.
- BELOUSSOV, B. B., 1962: Basic problems in geotectonics. — Mc Graw-Hill Book Co. Inc. N.Y.—Toronto—London—San Francisco.
- BERGENFELT, S., 1953 : Om förekomsten av selen i Skelleftefältets sulfidmalmer. — GFF 75.
- EDELMAN, N., 1963 : Structural studies in the western part of the Skellefte district, Northern Sweden. — GFF 85.
- FERNVIK, H. och SVENSSON, L., 1969 : Inledande studie av temperaturmätningars användbarhet för malmundersökningar. — (Opublicerat examensarbete vid KTH i Stockholm).
- GAVELIN, S., 1945 : Arsenic-Cobalt-Nickel-Silver veins in the Lindsköld copper mine, N. Sweden. — SGU C 469.
- 1948 : Adakområdet, översikt av berggrund och malmer. — SGU C 490.
- 1952 : Lime metasomatism and metamorphic differentiation in the Adak area. — SGU C 521.
- and GABRIELSSON, O., 1947 : Spectrochemical investigations of sulphide minerals from the ores of the Skellefte district. — SGU C 491.
- GEIJER, P., 1964 : On the origin of the Falu type of sulfide mineralization. — GFF 86.
- GRIP, E., 1970 : Skelleftefältets malmer. — Intern rapport i Boliden AB:s arkiv.
- and WIRSTAM, Å., 1970 : The Boliden sulfide deposit. — SGU C 651.
- HÜBNER, H., 1967 : Klüftung und vererzung im Grubengebiet Adak. — SGU C 628.
- KAUTSKY, G., 1959 : Studien zur Paläographic des Archaikums in Nördlichen Schweden. — GFF 81.
- KENTS, P., 1964 : Hydrothermal developments in the Coquimbo Province. — United Nations Special Fund Coquimbo Project Santiago, Chile.
- LINDBERG, R., 1970 : Beskrivning av Adakområdet med huvudvikt lagd på tuffit- och grönstensserien. — (Opublicerad Fil. lic.-avhandling).
- LLOYD—A. CLARK., 1960 : The Fe-As-S-system. Phase relations and applications. — Econ. Geol. Vol 55.
- LOBERG, B., 1963 : The formation of a flecky gneiss and similar phenomena in relation to the migmatite and vein gneiss problem. — GFF 85.
- NILSSON, C. A., 1968: Wall rock alteration at the Boliden Deposit, Sweden. — Econ. Geol. 63.
- RAO, N. K. and RAO, G. V. U., 1968 : Ore microscopic Study of Copper ore from Kolihan, Rajasthan-India. — Econ. Geol. Vol. 63.
- SUNDIUS, N., 1944 : On the substitution relations in the amphibole group. — SGU C 460.
- WINKLER, H. G. F., 1967 : Die genese der metamorphen Gesteine. — Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- ÖDMAN, O., 1941 : Geology and ores of the Boliden deposit, Sweden. — SGU C 438.