

Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

BV 2040

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 2040	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv Sulitjelma Bergverk A/S	Ekstern rapport nr "552120001"	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:

Tittel

En geologisk og petrografisk beskrivelse av Charlotta - Giken feltet i Sulitjelma.

Forfatter MELLINGSEN T.		Dato 1961	Bedrift Sulitjelma Gruber A/S	
Kommune	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde		Dokument type	Forekomster	
Råstofftype		Emneord		

Sammendrag

Diplomarbeid fra Giken - Charlotta med hovedvekt på en malmgeologisk beskrivelse av malmene. Retningslinjer for videre undersøkelser, der diamantboring må tillegges adskillig vekt.

DET STORRE EKSAMENSARBEID

Charlotta - Giken feltet i Sulitjelma

utført av

Thorvald Mellingen

store eksamensarbeid for Thorvald L. Vellingren.

En geologisk og petrografisk beskrivelse av Charlotte -
ken feltet i Sulitjelma.

Undersök på grunnlag av pålyktig prøvetaking, tungmetall-
artsmineralfordelingen innen et utvalgt område i en av grubene.

~~Gi en oversikt over malmpreservene og anggi retningslinjer~~
videre undersøkelser.

Jens A. W. Bugge

Jens A. W. Bugge

Innholdsfortegnelse:

Innledning.....s.	1
Utdrag av tidligere undersøkelser.....s.	2
Forord.....s.	10
Bergarter	
Kalk-glimmer-skifer-breksjen.....s.	11
Furulundskiferen.....s.	15
Amfiboliten.....s.	16
Amfibolitkuppene.....s.	17
Rustskifre.....s.	20
Gruver	
Giken.....s.	21
Apofysen.....s.	26
Skjølberggangen.....s.	28
Palmberggangen.....s.	29
Åstrengangen.....s.	30
Nordsynken.....s.	31
Charlotta.....s.	35
Sture.....s.	38
Hankabakken.....s.	41
Kisenes mineralogi	
Svovelkis.....s.	44
Kobberkis.....s.	50
Magnetkis.....s.	50
Sinkblende.....s.	53
Blyglans.....s.	53
Magnetit.....s.	54
Arsenkis.....s.	54
Molybdenglans.....s.	55
Valleriit.....s.	56
Ilmenit.....s.	57
Cubanit.....s.	58
Ertsmineralenes aldersforhold.....s.	58
Silikater.....s.	59
Bestemmelse av metamorfosetrinn ut fra	
malmmineralene.....s.	61

Tektonik.....s.	63
Diaklasene.....s.	72
"Knøler".....s.	76
Kvarts- og anhydritgangene.....s.	77
 Tungmetall- og ertsmineralfordelingen.....s.	81
Tidligere teorier vedrørende erts- mineralfordelingen.....s.	83
 Undersøkelse av magnetkiser ved røntgen- diffraksjon.....s.	88
Magnetkis fra Sulitjelma.....s.	91
 Temperaturbestemmelser ut fra Kullerud's ZnS-geotermometer.....s.	96
Relasjonen mellom jernholdige sinkblendes gitterkonstant og deres jerninnhold.....s.	96
Relasjonen mellom sinkblendes jerninnhold og deres dannelsesstemperatur.....s.	101
 Korreksjon av tidligere publiserte temperaturbestemmelser fra Sulitjelma.....s.	105
Sinkblende fra Charlotta.....s.	106
FeS-bestemmelse ut fra røntgenanalyse.....s.	107
FeS-bestemmelse ut fra optisk- spektrografisk analyse.....s.	110
Diskusjon av temperaturbestemmelsene ut fra sinkblendetermometeret.....s.	111
 Retningslinjer for videre undersøkelser.....s.	114
 Litteratur.....s.	118

Innledning.

Det undersøkte felt ligger i Sulitjelma, på nordsiden av Langvann. Det er mot vest begrenset av gruven Mons Petter, mot syd av Langvann, mot øst av gruven Ny-Sulitjelma og mot nord av Furulundgraniten.

Overing. Fr. Carlson og markscheider H. Olsen har tidligere - fra 1924 til 1930 - opptatt detaljkart over geologien i dagen i målestokk 1:5000 innen det aktuelle område. En orientering i feltet viser at bergartsgrensene her er meget nøyaktigt innlagt. Det var derfor ingen grunn til å gjøre dette arbeidet om igjen og kopier av disse dagkart er derfor vedlagt besvarelsen. (En del ytterligere data er dog påført, da spesielt strøk og fall observasjoner).

Selve feltarbeidet strakte seg over ca. ti uker.

Preparant Anker Iversen har laget tynn- og planslipene og skal derfor ha min takk.

Utdrag av tidligere geologiske undersøkelser av kisforekomstene i Sulitjelma (med spesielt henblikk på Charlotta - Giken feltet).

Kisforekomstene ved Sulitjelma har fra siste halvdel i forrige århundre og frem til i dag vært besøkt og beskrevet av mange forskere, både innen- og utenlandske.

Den første beskrivelse av kisforekomstene ved Sulitjelma er avfattet av overstiger T. Lassen som ledet de første gruvemessige arbeidene. Beskrivelsen utkom som artikkel i Polyteknisk Tidsskrift i 1879 og bærer titelen: Kobberforekomsten i Vattenbygden i Skjærstad i Nordland. (12). T. Lassen besøkte området i 1876 og 1877.

I Lassens beskrivelse, som er ledsaget av geologiske skisser, omtales de på den tid kjente felter ved Furuhaugen, Jakobsbakken, Glasstulemmen, Mons Petter og Hankabakken.

Lassen finner amfibolitlinsene under malmsonen samt graniten på nordsiden av Langvann, likesom han fester oppmerksomheten på at Langvann ligger i en antiklinal fold. Han går ikke nærmere inn på kisenes genesis, men han oppfatter dem i hvert fall som epigenetiske dannelser.

I 1889 begynner J. H. L. Vogt sine geologiske studier i Nord-Norge og i hans arbeide "Salten og hanen" (1890), (23) fremlegges resultatene av hans første Sulitjelmabesøk.

Tektonikken omkring Langvannet med den sadelformede fold, den "hyperbolske paraboloid", klarlegges og fremstilles ved profiler og ved en perspektivisk tegning. J. H. L. Vogt oppfatter saussuritgabbroen i kuppene under malmsonen som genetisk knyttet til kisforekomstene.

Forekomstene oppfattes som sedimentære: " - afsatte i vand, - og at "tilknytningen" til saussuritgabbroen maa forklares derved, at denne sidste dan-

nedes, ad eruptiv vei, samtidig med sedimentationen af skifrene; under og efter eruptionerne "emanerede" de forskjellige metalforbindelser og tilførtes det bassin, hvori forekomsterne afsattes".

Etter fornyet studium av Sulitjelma-forekomstene (i 1893), forandret J. H. L. Vogt sin oppfatning om kisenes dannelselse. (22,24). Han slutter seg her til den allerede av Kjerulf hevdede antagelse, at kisen er av eruptiv natur og yngre enn de omgivende skifre.

I hans artikkel i "Zeitschrift für praktische Geologie" er det også en skisse som viser hvorledes Giken-gangen med harfin grense skjærer over skifrenes lagdeling under en vinkel av ca $25-30^{\circ}$ i en lengde av flere meter. (Det er kun anført "vom Eingang zur Giken-Grube", men det er sannsynlig at observasjonen skriver seg fra Gikens nordre feltort like ved Giken-elven). Skissen er gjengitt nedenfor.

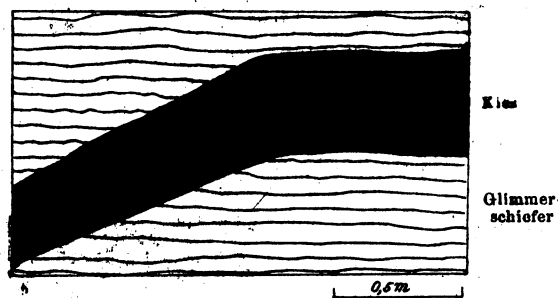


Fig. 29.
Detailprofil von Giken-Grube.

Fig. 1.

I "Sulitelma kis- og kobbermalmfelt", (1899), (25), gir J. H. L. Vogt meget utførlige opplysninger om bl. a. gruvefeltene ved Giken og Charlotta med spesiell vekt på produksjon, oppfaring, osv.

Allerede omkring 1890 hadde J. H. L. Vogt utviklet teorien om nikkelforekomstenes magmatiske differensiasjon, og han overfører nå denne teori også på kisforekomstene. Disse blir således å oppfatte som magmatisk injisert i skifrene, idet han antar at kis-massene inneholdt mere magmatisk oppløst vann enn for

nikkelforekomstenes vedkommende. W. C. Brøgger kom omtrent samtidig og uavhengig av J. H. L. Vogt til det samme resultat.

Et mer utførlig kapitel om Sulitjelmafeltet inneholdes i håndboken "Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine" av Beyschlag-Krusch-Vogt. (1909, 1914), (26).

Vedrørende Sulitjelmafeltets geologiske utforskning foreligger fra A. W. Stelzners hand en utførlig beskrivelse "Die Sulitjelma-Gruben im nördlichen Norwegen". (1891). Stelzner oppfatter forekomstene som sedimentære.

I en rekke avhandlinger i Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar (1895-1900) har H. J. Sjøgren og hans medarbeidere O. Nordenskjöld og P. J. Holmquist publisert en rekke med iakttagelser og en utførlig utredning av områdets geologi.

H. J. Sjøgren oppfatter renkisene som epigenetiske, yngre enn de omgivende skifre, at den opptrer langs en breksjesone, og at den er tilbøyelig til å ligge på eller nær kontakten mellom amfiboliten og de underliggende skifre. Malmen tenkes avsatt av oppløsninger som har sirkulert langs forskyvningsplan som gir seg til kjenne som breksjesoner. H. J. Sjøgren slutter seg til antagelsen om renmalmenes magmatiske karakter, mens impregnasjonsmalmen oppfattes som metasomatiske dannelser.

I et kort referert foredrag i Kristiania videnskabselskab i 1901 (2) påpeker W. C. Brøgger for første gang hvorledes de grovkrystalline svovelkisinnsprengningene i malmen fra Charlotta er et kriterium på kisforekomstenes magmatiske dannelselse og det fremheves den intrusive karakter av kislinjalene. De avrundede svovelkiskrystaller antas å ha fått sin form pga resorpsjon forårsaket av omgivende løsninger.

I Norsk Geologisk Tidsskrift av 1914 (3) forsøker C. W. Carstens å utrede krystallisasjonsfølgen i et kismagma. Han behandler her den grovkrystalline malmen fra Charlotta og Giken og stiller opp krystal-

lissasjonsdiagrammer for sulfidene ut fra mikroskopiske undersøkelser og kjemiske analyser.

G. Holmsen gir så i NGU, nr 81, årbok 1917, en oversikt over Sulitjelmatraktene, dog uten å bringe noe særlig nytt om selve kisforekomstene.

I GFF, 1921 (27) gir Th. Vogt en foreløpig meddelelse "Om Sulitelmakisernes geologi". Th. Vogt fester særlig oppmerksomheten ved de hittil lite påaktede hvite sericitskifre ("Holmsensskifre") som danner ledenivåer for malmforekomstene. De oppfattes som metasomatisk omvandlede skifre, forårsaket av H_2S - holdige gasser avgitt av kismagmaet. Den grovkrystalline kisen fra Charlotta betegnes som "kis-pegmatiter".

Den største samlede oversikt over Sulitjelmafeltets geologi, utgitt som NGU nr 121 i 1927 av Th. Vogt, er "Sulitjelmafeltets geologi og petrografi". Th. Vogt oppfatter her Sulitjelmatoппenes gabbromassiv som en fakolit og forklarer amfibolitsonens breksiering og de såkaldte omvendte metamorfosetrinn som forårsaket av gabbromagmaets gjentatte intrusjon i skifrene.

Han er av den oppfatning at innen Sulitjelmafeltet har ingen større skyvninger eller overskyvninger funnet sted. Selve kisforekomstene behandles ikke da bind II i Sulitjelma-monografiserien skulle vies disse. Dette bind kom dog ikke ut.

Som bidrag til diskusjonen om kisforekomstenes dannelse publiserer Th. Vogt i 1935 en generell betraktning "Origin of the injected pyrite deposits". Han omtaler her også Sulitjelma-gruvene og fremhever de forskjellige mineraliseringstrinn. Kisforekomstene oppfattes som dannet ved injeksjon av et vannholdig pyritisk magma.

Et meget verdifullt bidrag til Sulitjelmakisenes mineralogi gir P. Ramdohr i 1938 i NGT hvor han publiserer resultatene fra sine undersøkelser over en Sb-rik paragenese fra Jakobsbakken. Han angir som sikkert påvist i alt 23 ertsmineraler.

Den grovkrystalline, karakteristiske malmtypen fra Charlotta blir behandlet av C. W. Carstens

i 1941 (4). Han antar at de store avrundede svovelkis-krystallene er porfyroblaster og omtaler deres orienterte inneslutninger av andre mineraler.

På grunnlag av studier i den nordskandinaviske fjellkjede fremlegger G. Kautsky i 1953 (10) nye ideer vedrørende den nordskandinaviske fjellkjede som influerer på tydningen av Sulitjelma-kisenes dannelselse.

Han mener at det i Sulitjelmafeltet har foregått storstilte overskyvninger - med overskyvninger opp til 250 km - og at vi i selve det norske Sulitjelmaområdet i alt har hovedsakelig tre skyvedekker. Oversikten nedenfor viser den prinsipielle inndeling.

Gasakdekket	}	Det store Sevedekket
Salodekket		
Vastendekket		
Pieskedekket		
Akkajaurekomplekset (sammensatt av flere dekker)		

Av disse dekkene mener Kautsky at vi for Sulitjelmas vedkommende har utviklet tre av dem, nemlig: Pieske-, Vasten- og Gasakdekkene innen det store Sevedekket.

Furulundskiferen under det store amfibolitkomplekset plasseres i Pieskedekket og amfiboliten oppfattes som Vastendekkets "Porphyrit-Amfibolitserie". Kautsky nevner dog (s 208) at det er en mulighet for at de øverste deler av amfiboliten allerede hører til Gasakdekket.

Gasakdekkets bergarter har en annen metamorf historie enn Pieske- og Vastendekkets og forklarer de "omvendte dybdetrinn" vi har i Sulitjelmaområdet. Den sterkere metamorfose i de høyere nivåer er omtalt av Th. Vogt (28, s 197) som mener at det er meget som taler for at dette forhold står i en forbindelse med granit-injeksjonene her.

Det kan her nevnes at G. Kirchner - hvis diplomoppgave omfatter geologien på sydsiden av Langvann - plasserer Furulundgraniten - i motsetning til Kautsky -

i Vastendekket og oppfatter denne som høyst sannsynlig en metamorf rhyolit. (s 65).

Kisforekomstene oppfattes av Kautsky som epigenetiske, avsatt av sirkulerende løsninger langs flattliggende tektoniske avløsningsflater samtidig eller senere enn selve overskyvningen av Vastendekket over Pieskedekket.

Han erklærer seg enig i regelen om kisforekomstenes opptreden i nær sammenheng med grønnstener og fremsetter forskjellige hypoteser for å forklare dette, men benekter enhver genetisk sammenheng mellom selve kisforekomstene og gabbromassivet i Sulitjelmatoppene. Dette store gabbromassiv plasserer han i et ovenforliggende skyvedekke, det såkalte Gasakdekke.

"Bruddstykkebergarten" umiddelbart i heng av Charlottasonen oppfattes som et typisk agglomerat med tydelige agglomeratstrukturer.

En konsekvens av Kautskys synspunkter er at den maksimale alder for kisforekomstenes dannelse sannsynligvis kan senkes. Th. Vogt kommer i sin Sulitjelma-monografi (28, s 192) til den konklusjon at de fossilførende kalkstener i Sulitjelmaområdet ligger i Furulundavdelingen, meget nær basis og mener at sannsynligheten taler for at det fossilførende nivå tilhører mellomordovicium, og spesielt Trenton (28, s 192). Kisforekomstene som ligger langt oppe i Furulundavdelingen kan altså etter Th. Vogt ha en maksimal alder av sannsynligvis ca mellomordovicium.

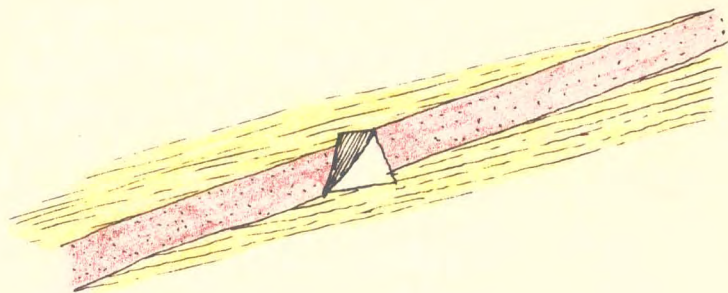
Etter Kautskys undersøkelser (10, s 204) inneholder Pieskedekket i området syd for Sulitjelma bergartsledd tilhørende etasje 5b (Kvartsittkonglomerat ved Mavas- og Ikisjaure). Da han oppfatter malmdannelsen som samtidig eller senere enn overskyvningen av Vastendekket over Pieskedekket, blir - sannsynligvis - den maksimale alder av kisforekomstene ca 5b avs øverst i øvre ordovicium.

Den sist publiserte generelle oversikt over Sulitjelma-kisene skriver seg fra 1956 (11) og er avfattet av H. Krause. Som allminnelig stratigrafisk

inndeling benytter han Th. Vogts fra 1927 og det fremgår av artikkelen at forfatteren ikke kjenner til G. Kautskys avhandling fra 1953. Hans konklusjon er: "-", so erscheint die bereits von A. W. Stelzner (13) ausgesprochene syngenetisch primäre Erzanreicherung als wahrscheinlichste Deutung für die Genese der Schwefelkies - Kupferkieslagerstätte von Sulitjelma".

H. Krause skriver bl a (11, s 142) : "Die Kieslager bei Sulitjelma sind in die im vorigen Abschnitt kurz charakterisierten Biotitschiefer völlig konkordant eingeschaltet". Denne observasjon - eller rettere sagt konklusjon - stemmer ikke med bl a bergingeniør I. Dybdahls eller mine egne observasjoner. (Jfr. bl a Dybdahls profiler fra Jakobsbakken og Mavaspertiet i Giken på s 75.

Det bør her også nevnes at G. Kirchner også mener å ha påvist en diskordans i Jakobsbakken gruve. Hans skisse er gjengitt nedenfor og observasjonen oppgies å skrive seg fra Jakobsbakken 12 Nord.



**Fig. 4: Skizze aus der Grube Jakobsbakken.
Das Kieslineal schneidet die Furulund-
schiefer diskordant ab.**

For det annet er heller ikke - i følge mine observasjoner som omtales senere - kisene overalt "in Biotitschiefer eingeschaltet".

I denne oversikten vil jeg også henvise til F. M. Vokes: "The Copper Deposits of the Birtavarre District, Troms, Northern Norway", NGU nr 199, 1957. Da Birtavarre-forekomsten har mange felles trekk med Sulitjelma-forekomstene, er det her trukket mange sammenligninger mellom de to forekomstene.

Av interesse er forfatterens omtale av de avrundede svovelkiskrystaller fra Sulitjelma (s 125) og hans påvisning av at ingen av svovelkiskrystallene i Birtavarreforekomsten viser tegn til å være porfyroblaster. Han oppfatter der svovelkisen som det eldste sulfid.

I Sulitjelmafeltet er det også gjennom årene utført seks diplomarbeider i geologi, nemlig av: A. Carlson, A. Hofseth, I. Dybdahl, G. Dauner, G. Kirchner og T. Christoffersen.

Forord.

På de følgende sider er gitt en kort omtale av de viktigste bergarter som opptrer i feltet, dernest en omtale av de enkelte gruver, videre et sammendrag av resultatet av en mikroskopering av de vanlige kistypene, noen kommentarer til de mer detaljtektoniske trekk og en redegjørelse for et forsøk på en undersøkelse av tungmetall- og ertsmineralfordelingen.

Til slutt er forsøkt anvendt de såkalte magnetkis- og sinkblendetermometrene på Sulitjelmakisene og angitt retningslinjer for videre undersøkelser.

Kalk - glimmer - skifer - breksjen.

Denne bergart opptrer i området fra Giken-elven til Hankabakken (se dagkart), i ligg av Charlotta - Sture sonen og (stort sett) umiddelbart i heng av Giken og Hankabakken.

Carlson's benevnelse for denne bergart "kalk-glimmer-skifer-breksje" har vært diskutert. (Bl. a. Tor Christoffersen, s 11: "Under utgående av Charlotta grube, finner vi en sone som ing. Carlson har kalt kalkskiferbreccie. At kalkgehalten her er større enn i den normale Furulundskifer er det ingen tvil om, men noen utpreget brecciestruktur har vi ikke".)

Mine observasjoner er her i samsvar med Carlson's bergartsbenevnelse. (Se fig. 1. hvor det skulle fremgå hvorledes skiferfragmenter ligger vilkårlig orientert, dog med en viss "lagdeling".)

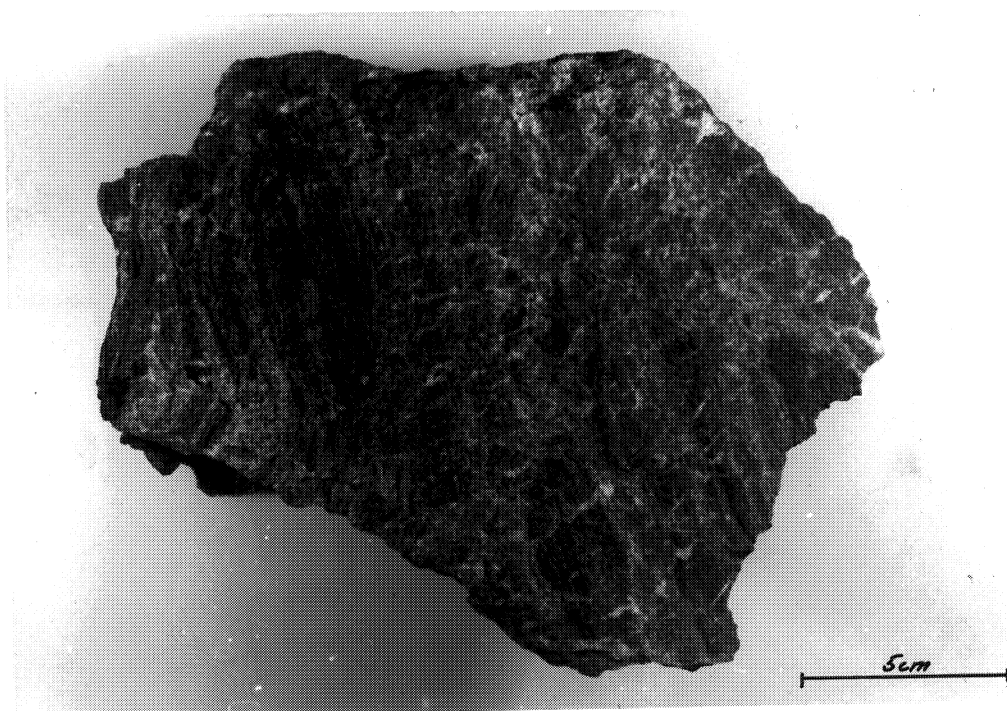


Fig. 1. Kalk-glimmer-skifer-breksje.
(V/kompressorhallen ved Giken-Sulitjelma stollen)

På grunn av bergartens store kalkinnhold trer den tydelig frem i terrenget markert ved dens karakteristiske forvittringsoverflate (se fig. 2). Dette gjør at det kan være vanskelig å observere bergartens brekksjestructur i dagen. Uforvitrede prøver fra gruverom viser dog klart dette.



Fig. 2. Typisk forvittringsoverflate for kalk-glimmer-skifer-breksjen. (V/Hankabakkens østre dagstrosse).

Kalk-glimmer-skifer-breksjen fortsetter på dypet, hvor den f. eks. kan påvises på Olavs nivå ved Hankabakksonen. (I ligg av kompressorhallen).

Grensen mot den underliggende Furulund-skifer ser ut til å være konkordant med skiferens lagdeling og forholdsvis skarp. (se fig. 3).

Som det fremgår av dagkartet ligger utgående av Giken-gangen mot øst på grensen mellom kalk-glimmer-skifer-breksjen og Furulundskiferen.

Mitt inntrykk er at kisen her er mye tettere enn ellers og grenseforholdene mellom kalk-glimmer-skifer-breksjen og kisen gir inntrykk av at breksjen er dannet før kisen, idet den skarpe grensen mellom massiv kis og breksje synes å skjære over de enkelte større skiferfragmenters lagdeling.



Fig. 3. Overgangen kalk-glimmer-skifer-breksje/Purulundskifer. (V/Øvre Giken).

For å belyse forholdet mellom kalk-glimmer-skifer-breksjens, glimmerskiferens og rustskiferens sammensetning er på fig. 4 ført opp analyseresultater fra et profil ved Hankabakken. (Etter Fr. Carlson's notater). Kalk-glimmer-skifer-breksjens store kalkspat-innhold i relasjon til vanlig Purulundskifer kommer tydelig til uttrykk.

Slip nr 6. Kalk-glimmer-skifer-breksje fra heng av Hankabakksonen på Giken-Sulitjelma stoll nivå ved kompr. hus:

Kalkspat, enakset, negativ, stor dobbeltbryting,

videre noe kvarts, biotit, klorit, epidot og svovelkis.

Profil ved mittre Dagatross. Hankabakken.



glinnerskiffer.

kalk-glimmer-
skiffer+brezzia)

post-skiffer

amfibolit

Hankabakks-
pregnation

	1.	2.	3.
	%	%	%
SiO_2	59.06	56,94	66,00
Al_2O_3	17,84	15,69	16,41
FeO	7,22	7,10	5,13
CaO	3,15	7,72	2,49
MgO	4,89	5,27	3,32
Na_2O	3,07	1,47	1,29
K_2O	1,17	1,64	2,97
Fe } som FeS_2	0,48	0,37	0,42
S }	0,55	0,42	0,48
H_2O vid 100°	0,16	0,09	0,21
Glöd-tap	3,43	4,16	2,56
	101,02	100,87	101,28

Fig. 4. Analyseresultater fra et profil ved Hankabakken gruve. (Etter Fr. Carlson's notater).

Furulundskiferen.

Furulundskiferen henholdsvis under og over amfibolitsonen er - som Tor Christoffersen har poengtert - av forskjellig metamorf karakter.

Under amfibolitnivået er skiferen tydelig mindre metamorfoisert enn over det samme. Som kjent vil G. Kautsky plasere den nedre Furulundskiferen i sitt Pieskedekke og skiferen over amfibolitnivået i sitt Vasten- eller Gasakdekke.

Skiferen nedenfor amfibolitnivået - som f. eks. Giken-forekomsten ligger i - består av kvarts, (undulerende), noe plagioklas, klorit, biotit og kalkspat. Videre noe granat og hornblende. Enkelte steder er skiferen utviklet som garbenskifer. I skiferen over amfiboliten opptrer oligoklas.

Furulundskiferen er rik på kvarts-linser som opptrer konkordant lagdelingen.

Selv om G. Kautsky mener å ha noenlunde bestemt beliggenheten av sine skyveplan innen det sentrale Sulitjelma-område er det nok fremdeles mange uklare ting når det gjelder de mer detaljtektoniske trekk. Th. Vogt har tidligere beskrevet granat-porfyroblaster fra Furulundskiferen med orienterte inneslutninger, noe som sannsynligvis er et resultat av at granatene har vært underkastet en roterende bevegelse under sin dannelselse. Hans betraktningsmåte og videre konklusjoner var dog i stor grad preget av den kanskje viktigste forutsetning eller grunntanke han arbeidet ut fra, nemlig at gabbroen i Sulitjelmatoppene og amfibolitsonen representerte en fakolit.

For å se hvordan slike granater med roterte inneslutninger passet inn i Kautsky's bilde og med de sannsynlige retninger for eventuelle skyvninger, samlet jeg inn 8 - 10 orienterte prøver av Furulundskiferen. Stoffene representerte prøver fra skiferen både over og under amfibolitnivået og var meget rike på mm-store granater. Ved gjennomsaging viste dog ingen

av granatene tegn til rotasjon.

Det ser altså ut som om de av Th. Vogt beskrevne granater fra Sulitjelma ikke er et generelt fenomen.

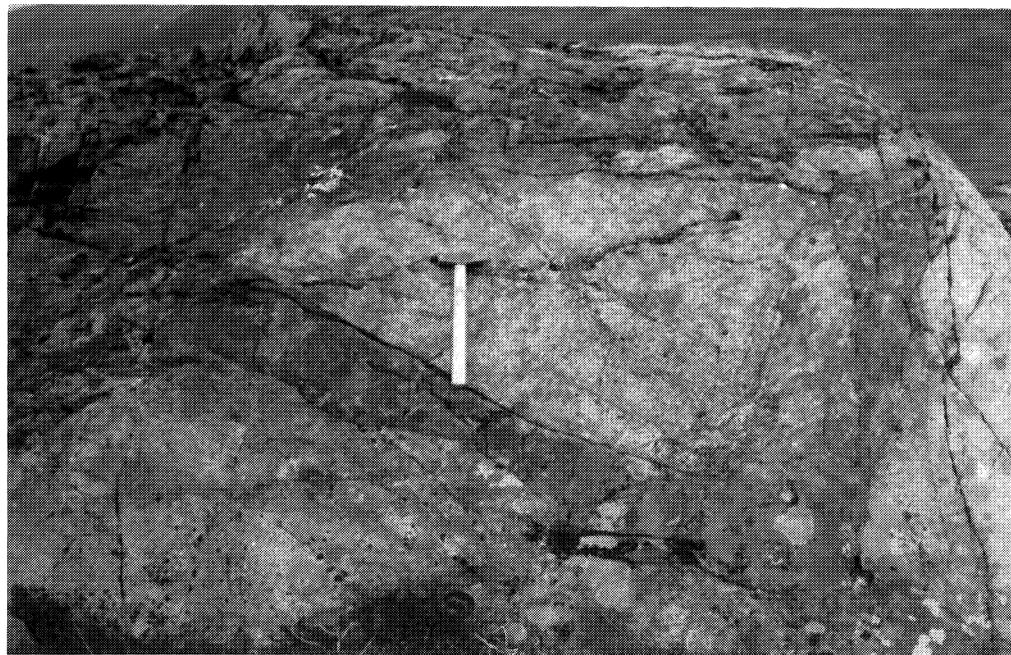
Amfiboliten.

Amfiboliten er en zoisit-amfibolit med opp til cm-lange zoisitkrystaller og har mineralselskapet: plagioklas, kalkspat, klorit, glimmer, kvarts, epidot, zoisit, titanit og apatit.

Amfibolit-sonen gjennomsettes av en del kvartsganger - ofte med opptil 1 m's mektighet (f. eks. like ved Giken-elven).

Tor Christoffersen har i sin diplomoppgave gitt en god beskrivelse av amfiboliten og det skulle derfor være unødvendig å repetere den her.

Nedenfor er dog vist et bilde som angir strukturen innen den såkalte "amfibolit, uten nærmere spesifikasjoner". Hvorvidt dette er et agglomerat skal dog være usagt.



Typisk "bruddstykke-bergart" fra det store amfibolitkomplekset. (Like ovenfor Øvre Giken).

Amfibolitkuppene.

I Furulundskiferen, forholdsvis nær oppunder den malmførende horisont, opptrer en rekke mer eller mindre linseformige amfibolitiske bergarter. Bergartene kan veksle atskillig i utseende, fra grove saussuritgabbroer og til ganske finkornige amfiboliter, fra helt massive typer og til sterkt forskifrete bergarter.

Fig. 1 viser en typisk slik amfibolitkuppe nedenfor Giken gruve. De er som oftest lett isynefallende i terrenget idet de stikker opp som små hauger. Overflaten er gjerne jevnt isskuret med avrundede former, mens siden mot Langvann gjerne er mer steiltstående og med urdekkede skråninger nedenfor.

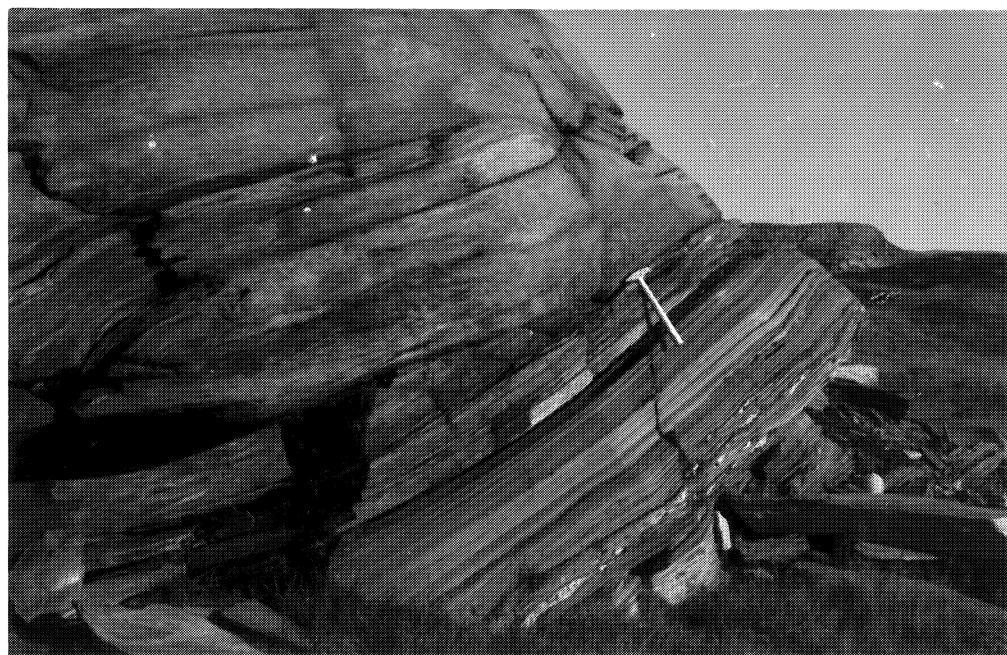


Fig. 1. Amfibolitkuppe i Furulundskifer.
(like vest for Giken - elven).

De største av kuppene er tegnet inn på dagkartet på plansje 2. Det er dog et utall av mindre linser.

Som fig. 2 viser ligger ofte disse amfibolit-linsene som "perler på en snor" langs skiferens lagflater og viser nærmest en boudinage - aktig opptreden.

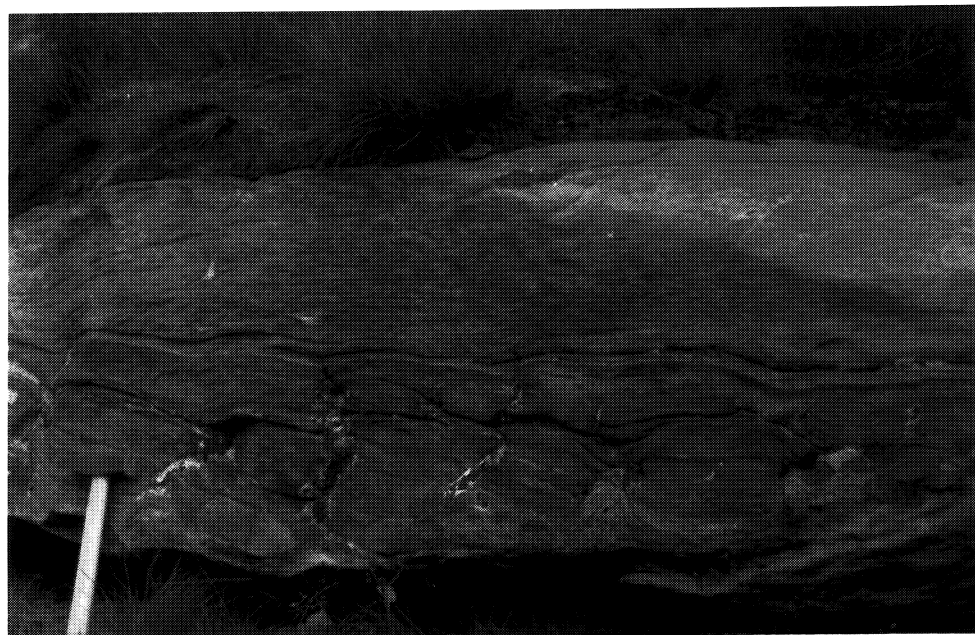


Fig. 2. Amfibolitlinser i Furulundskifer.
(v/Giken - gangens utkiling i dagen mot vest).

Th. Vogt skriver (28, s 99): "Amfibolitmassene er her langt mindre, og optrer også i et skarpere markert nivå i skiferen. Det ser i virkeligheten ut til å være praktisk talt bare et eneste injeksjonsnivå, langs hvilket gabbromagmaen er trengt inn i mellom skiferlagene". I følge mine observasjoner er det neppe slik, idet avstanden mellom amfibolitkuppen på fig. 1 og amfibolitnivået på fig. 2 har en størrelse - målt loddrett på Furulundskiferens lagflater - på ca 30 m. Hvis det her dreier seg om intrusjon langs Furulundskiferens lagflater, så er det i så tilfelle langs flere slike.

Til forskjell fra den ovenforliggende amfibolitsone er det i tilknytting til disse kuppene aldri påvist ertsansamlinger, kun rent aksessorisk små kiskorn.

På dagkartet på plansje 2 er amfibolitkuppene skilt ut med egen farge til forskjell fra amfiboliten i det store ovenforliggende kompleks og betegnet som saussurit-gabbro. Grunnen til dette er at bergartene i disse kuppene og den vanlige amfibolit ovenfor malmhorisonten - som begge på Fr. Carlson's dagkart er betegnet som amfibolit, uten nærmere spesifikasjoner - er forskjellig i sin struktur og delvis i sitt mineralselskap, idet f. eks. den agglomeratiske eller breksierte karakter som vi finner ovenfor malmhorisonten som et meget karakteristisk trekk, ikke opptrer i de nedenforliggende kupper. Disse har derimot en sonar oppbygging. Betegnelsen "saussuritgabbro" - etter J. H. L. Vogt - for disse kuppene er kanskje ikke så velegnet, men det jeg vil poentere er at disse kuppene har en annen struktur og bergartssammensetning enn den vanlige amfiboliten i heng av malmhorisonten.

Da J. H. L. Vogt antok at malmadannelsen var genetisk knyttet til disse kuppene - og ikke til det store ovenforliggende amfibolitkompleks som Th. Vogt antok - har han gitt en utførlig petrografisk beskrivelse av dem. (se 23, s 88).

På fig. 1 markerer hammerhodet grensen mellom amfibolit/Furulundskifer.

Ved de større amfibolitkuppene er gjerne de sentrale partier grovkornig og uten noen skiffrighet, mot grensen til den omgivende skifer forandrer bergarten sitt mineralselskap samtidig som skiffrigheten blir mer og mer utpreget. Den omgivende skifer er i en avstand av ca 25 cm fra kontakten (for de større koppers vedkommende) helt tett og finkornig og gir inntrykk av å ha blitt utsatt for kontaktmetamorfose.

Amfibolitlinsene er ofte gjennomsett av kvartsarer og slirer og utviser tydelige diaklaser som har samme orientering som i den omgivende skifer. Kvartsslirene ser en ofte særlig ved amfibolitkuppenes utkilning i skiferen.

Rustskifre.

Rustskiferen - som er lett synlig i terrenget fra vanlig furulundskifer ved sin utpregede planskifrihet og rustfargen - opptrer hovedsakelig i to soner, fra Charlotta's utgående i vest til forbi Valdis i øst.

Den ene sonen ligger et stykke - ca 20 til 200 m - nede i Furulundskiferen fra malmsonen, mens den annen hovedsakelig ligger på grensen mellom amfiboliten og Furulundskiferen. Rustfargen skyldes sannsynligvis finfordelt kis selv om den kjemiske analysen for en rustskifer (oppført under fig. 4 under kalk-glimmer-skifer-breksjen) ikke angir noe høyere FeS_2 -innhold enn for vanlig glimmerskifer.

Rustskiferen er til forskjell fra vanlig Furulundskifer også rikere på kvarts og mer fin-kornig.

Slip nr 11. Rustskifer fra Hankabakken:

Kvarts og plagioklas som hovedbestanddeler, som bi-komponenter amfibol, titanit og erts (svovelkis).

Giken.

Giken-forekomsten ble oppdaget høsten 1889 og hører til de største gruvene i hele Sulitjelma-området.

Det utgaende av Giken-forekomsten ligger i det vesentlige i den vanlige planskifrige Furulundskiferen. Den østlige delen av Giken har derimot kalk-glimmer-skifer-breksjen som hengbergart.

Fra Giken hovedgang grener det seg ut en rekke apofyser. De største av disse blir regnet som egne gruver og er: Palmberg- og Skjølberggangen og Apofysen (Synk 3) på liggen og Åstrømgangen på hengen. Av profilet på s 28 fremgår hvordan Skjølberg- og Palmberggangen gafler ut fra Giken på liggen, og av profilene på s 40 fremgår Gikens stilling i relasjon til Sture og Charlotta.

Mot dypet forsvinner den vanlige skiferen i ligg av Giken-malmen og vi får istedet en breksierte og kloritiserte skifer. (Denne "kloriten" opptrer i ligg av Giken omtrent fra heishuset ved synk II og nedover). Samtidig minker mektigheten av den ovenforliggende skiferpakke mellom Giken og Charlotta - Sture nivået. Se profilet på s 40.

Kloriten i ligg av Giken representerer etter min mening en breksierte og kloritiserte skifer. Deresom Giken-forekomsten skulle være avsatt samtidig eller etter at denne breksieringen fant sted, synes jeg at det er noe merkelig at kisen så tydelig er knyttet til grensen mot skiferen i hengen. Den mest nærliggende forklaring ville vel være at det her var spesielle, kjemisk gunstige betingelser for utfelling av kismineralene. At utfelling av forskjellige mineraler ofte er knyttet til bergartsgrenser hvor det kjemiske miljø endres kan ofte påvises, selv om det kanskje er noe vanskeligere å sannsynliggjøre hvilke faktorer som har bestemt en slik utfelling.

Et spørsmål man også kan reflektere over er hvilke mengder av oppløsninger som er nødvendig for

å forklare en avsetning av kisforekomster av den størrelsesorden som vi har i Sulitjelma-området. Selv ved dannelse av kompleksjoner er f. eks. den mengde kobber som kan transporteres oppløst i vann relativt liten.

Videre melder spørsmålet seg hvordan en skal forklare tilstedeværelsen av slike oppløsninger av den ønskede sammensetning.

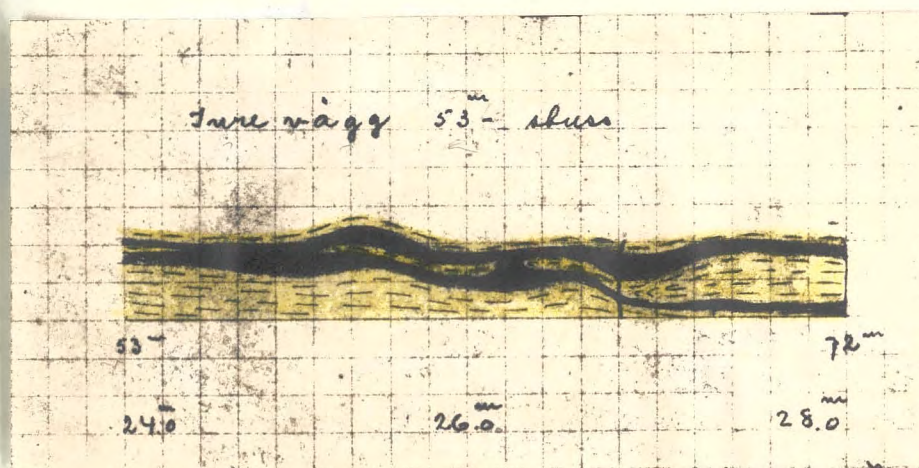
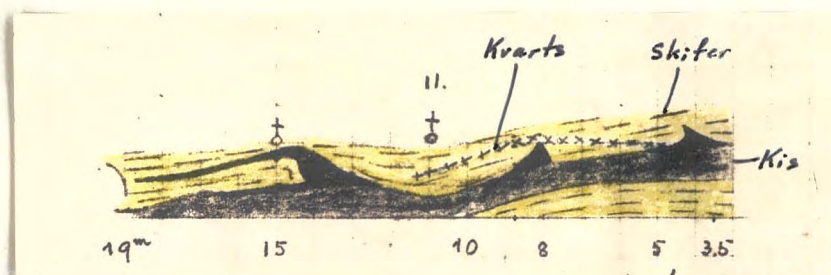
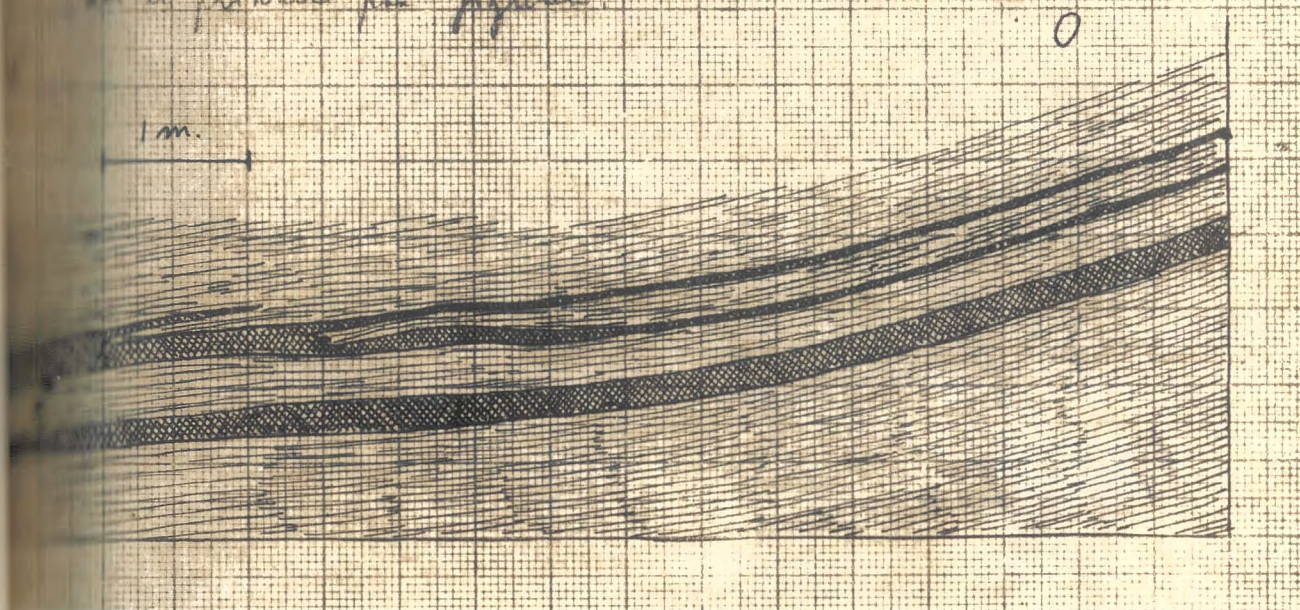
Giken-forekomsten er - stort sett - en såkalt renkisgang. På etasje 3 og 4 hvor rennmalmen går over til svovelkisimpregnasjon mot vest, taper malmen imidlertid i gehalt etter som mektigheten tiltar. Det foregår med andre ord en "spredning" av metallgehalten, slik at Giken her får en økonomisk grense mot vest. Nedover og mot øst taper Giken-gangen seg mot en kloritgang. I denne kloritsonen kan en støte på små kobberrike ganger.

I ligg av Giken opptrer på Grunnstollnivå ved Apofysens utgafling (se plansje nr. 5) den såkalte hardart. Denne består vesentlig av kvarts, plagioklas, klorit og amfibol. Dessuten opptrer apatit, erts, rutil og kalkspat.

Av eldre beskrivelser og årsrapporter ser det ut som om de geologiske forhold er noe mer uregelmessige i de øvre deler av Giken, i den såkalte Helsan gruve. På de to neste sidene gjengies noen utdrag av Fr. Carlson's profiler fra dette området og et profil fra det utgående av Giken ved Giken-elven av Th. Vogt. (Den siste lokalitet er tilgjengelig også idag). I hvilken utstrekning slike strukturer med rimeighet kan forklares ut fra begrepene "submarine sliding" og "slumping" - til støtte for en antagelse om en syngenetisk dannelse - eller hvorvidt de med bestemthet taler for en epigenetisk sådann, er det kanskje vanskelig å si noe bestemt om.

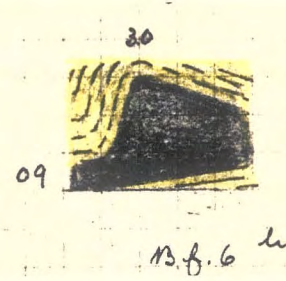
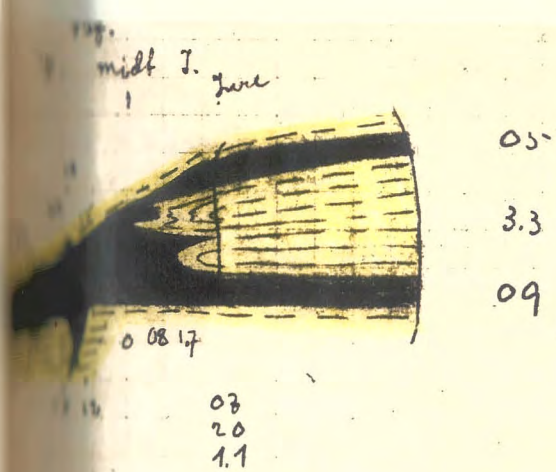
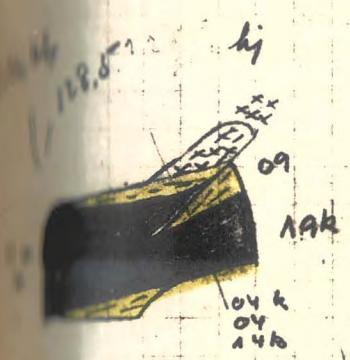
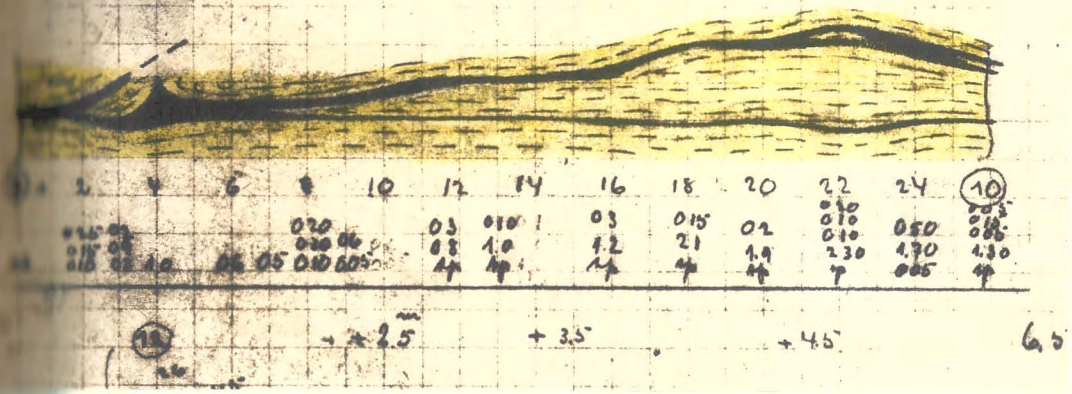
Innen Giken-forekomsten opptrer et område med den såkalte "Charlotta" kistypen. Området betegnes "Banken" og befinner seg øst for Synk II. Innen dette området vil et profil gjennom kisgangen vise planskifrig, vanlig Furulundskifer i hengen, dernest med

afgrænses af sandsten i skifer ved det udtjærede og E. kan
 ikke vist for Giken elven. Til venstre en basaltlinse,
 der er præget af pyrit.



Profiler fra øvre del af Giken-forekomsten.
 (Kop. Fr. Carlson's og Th. Vogt's skisser).

Skælvæg 30x 400 bus. v efter ligge på 9-10. (11)



Profiler fra øvre del av Giken-forekomststen.
(Kop. Fr. Carlson's skisser).

ganske skarp grense finkornig svovelkis, med økende avstand fra hengen tiltar størrelsen av svovelkisbollene inntil de i midten av kisingen har en størrelse på opp til en knyttneve, deretter avtar størrelsen samtidig som kisingen med noe uregelmessige grenser og gradvise overganger går over i den underliggende klorit. Denne kloriten kan være svakt impregnerert. Det var ikke mulig for meg i felten å kunne påpeke noen bestemte trekk ved dette området til forskjell fra andre områder innen Giken-forekomsten som kunne forklare hvorfor den grovkornige kisen var spesielt knyttet til dette området.

Apofysen.

Apofysen eller Synk 3 ligger i det liggende av Giken hovedgang og gafler ut fra denne. Den ligger under den sydvestlige delen av Giken og fortsetter mot vest utenfor den drivverdige del av Giken-gangen. Dens største avstand fra Giken-gangen er ca 20 m.

Som det fremgår av oversiktskartet på plansje nr 1 er Apofysen et typisk eksempel på en linjalforekomst, og de enkelte gangers draging i felt mot vest gir seg kanskje kraftigst til uttrykk for Apofysen's vedkommende. Etter kartet kan akseretningen settes til ca N 85° V, lengden etter aksene 650 m, bredden 80 m - avtagende nedover - og mektigheten 0,2 - 1,4 m.

Den vestligste påvisning av Apofysen's malm er i det gamle tverrslaget - 16,7, etasje Breivik, vest for Sjønståsynken. Det er her en relativt tynn renkis. (0,3 - 0,8 m).

I selve foldningen er mektigheten helt oppe i ca 14 m. (Jeg har brukt betegnelsen "foldningen" i samsvar med den anvendte terminologi uten dermed å mene at det virkelig er en foldning som foreligger).

Profilene på plansje nr 5 er lagt N-S med 50 m's innbyrdes avstand og viser hvorledes Apofysen (i liggen) gafler ut fra Giken. Plasseringen av profilene er vist på plansje nr 1. Etter disse profiler kan akseretningen for selve gaflingen settes til ca Ø-V.

En øst-vestlig retning for aksene for gaflingen gjelder ikke bare for Apofysen's vedkommende, men ser ut til å være et karakteristisk trekk i Charlotta-Giken feltet. Av andre større ganger som gafler ut fra Giken hovedgang - enten på liggen eller i hengen - og som har en akseretning for gaflingen som kan settes til ca Ø-V har vi: Palmberg- og Skjølberg-gangen i liggen og Astrøm-gangen i hengen.

Likeledes har de fleste av disse "apofysene" og Giken hovedgang til felles at de har en utpreget

dragning mot vest, dog med forskjellig størrelse på dragningen i felt. Denne nærmest parallellitet mellom akseretning og akse for gaflingene er kanskje et argument mot å forklare de enkelte apofysers dannelse ut fra begrepet "submarine sliding", idet det i et slikt tilfelle kanskje ville være mer naturlig å tenke seg at akseretningen for gaflingene stod omtrent vinkelrett på kislinjalenes akseretning.

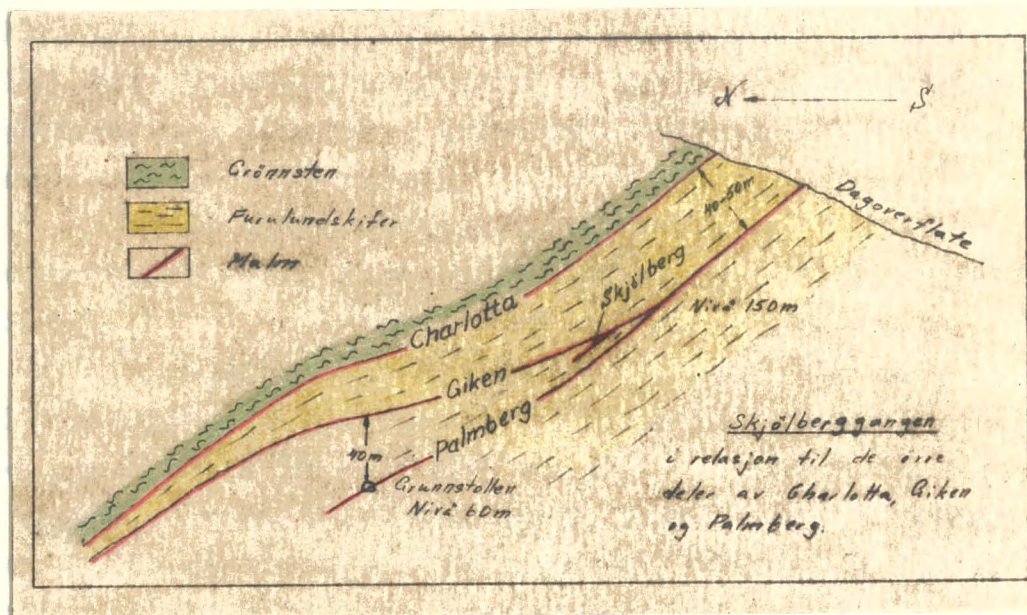
Som det fremgår av profilene på plansje nr 5 har Giken-gangen skifer både i heng og ligg ovenfor selve "folden" eller gaflingen. Tilsvarende gjelder for selve Apofysen som er en renkisgang med skifer i heng og ligg. Apofysen fører overveiende rik kobbermalm.

I selve folden opptrer en bergart som er blitt betegnet som hardart eller granulit. Denne strekker seg ca 100 m nedover i ligg av Giken hvor den går over i en kloritisert og breksiert skifer. Denne bergarten er beskrevet under Giken.

Bergartslagene mellom Apofysen i ligg og Giken i heng er rike på kalkspat. Kalkspaten opptrer som slirer og gjennomsettende årer i skiferen. (Kan observeres i tverrslaget fra etasje 3 vest i Giken). Inntrykket er at det i forbindelse med den hydrotermale virksomhet langs malmhorisontene har vært en rikelig avsetning av kalkspat. Det var dog ikke mulig å påvise noen bestemt orientering eller opptreden av kalkspatårene. (F. eks. i form av fjærsprekkesystem).

Skjølberggangen.

Skjølberggangen er en apofyse i det liggende av Giken. Den gafler ut fra Giken hovedgang på nær samme sted som Palmberggangen og har omtrent samme fall som denne. Nedenfor er på en skisse vist hvorledes Skjølberggangen ligger i forhold til Giken og Palmberg.



Mens Palmberg er en utpreget impregnasjons-gang er Skjølberggangen en renkisgang med skifer i heng og ligg. I håndstykke så jeg ingen forskjell på kisen fra Skjølberggangen og kisen fra selve Giken-gangen like ved gaflingen.

Mektigheten på 127 m nivå kan settes til 0,2 - 0,5 m og på 112 m nivå til 0,2 - 1,0 m, for størstedelen kobberkis.

Utstrekningen av den avbyggete del av Skjølberggangen er tegnet inn på plansje 1.

Palmberggangen.

Palmberggangen er en mineraliseringssone i det liggende av Giken hovedgang. Skissen på s. viser hvorledes Palmberg gafler ut i ligg av Giken. Palmberggangen er i det alt vesentlige en impregnasjons-gang med vekslende mengder av svovel-, kobber- og magnetkis impregnert i en kloritisk bergart.

Palmberggangens kisimpregnasjon er ikke bundet til den kloritiske sone - selv om dette er hovedregelen - men også selve den omgivende skifer kan være impregnert med kis i opptil noen meter fra grensen mot kloriten. Likeledes opptrer tildels ren skifer inne i kloriten.

På grunn av gjenraste gruverum og fremskreden oksydasjon egner ikke Palmberg seg så godt for studier i dag.

Mektigheten kan gå opp til ca. 4,5 m og i Palmberg gruve var konsentrasjoner på henholdsvis 0,5 - 1,5 % Cu og 11 - 17 % S vanlig.

Av oversiktskartet på plansje nr. 1 fremgår at Palmberg gruve har en utpreget dragning i felt mot vest og prof. Th. Vogt oppgir verdien V10 a 15°N for strekningen i den omgivende skifer.

Palmberggangen krysser Grunnstollen ved stigerkontoret og her kan man observere at bergartsleddene mellom Palmberg i ligg og Giken hovedgang i heng ikke består av den vanlige Furulundskiifer, men en tett amfibolrik bergart med forholdsvis svakt utviklet skifrihet og rikelig gjennomsatt med kalkspat-årer. (Slip nr. 18). Denne bergart er av I. Dybdahl oppført som amfibolit på profilet på s. 40. Det er mulig at vi her har et "fremmedlegeme".

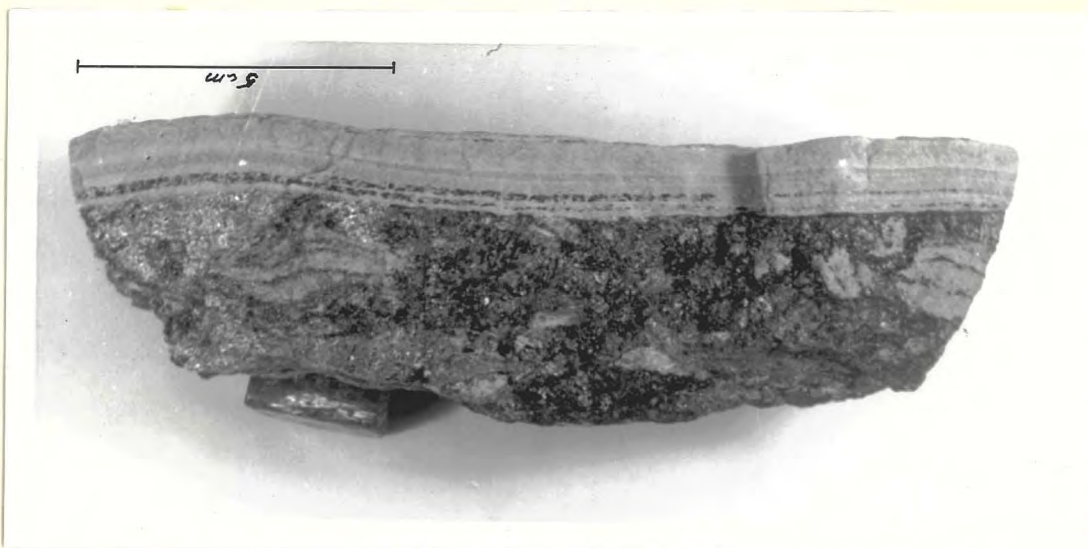
Nordsynk I og Kjell Lund sjakt krysser en kloritrik sone og diamantboringer i ligg av Giken tyder på at det muligens er Palmbergsonen som kommer opp her. Denne sones beliggenhet i Nordsynk I er angitt på plansje nr. 1.

Åstrømgangen.

Åstrømgangen gafler ut fra Giken hovedgang på hengen vest for synk II. På oversiktskartet på plansje nr. 1 er gangen stiplet inn.

Åstrømgangen har i likhet med de øvrige ganger en draging i felt mot vest hvor den taper seg i fattig impregnasjon. Selve gaflingen kan observeres ca 100 m i strøk. I selve "folden" eller gaflingen opptrer den samme bergart som karakteriserer det tilsvarende område der hvor Apofysen gafler ut fra Giken, nemlig den såkalte hardart. Hardarten i folden er helt massiv med enkelte kloritslirer, men viser ingen tegn til noen lagdeling eller skifrighet. Ingen kvartsganger eller druserum var å observere. I det hele viser gaflingen her svært mange likheter med den tilsvarende gafling ved Apofysen.

Det ser ut som om det har foregått forholdsvis omfattende bevegelser akkurat her hvor Åstrømgangen gafler ut fra Giken. På bildet nedenfor som viser grensen mellom Åstrømgangen og dens skiferheng, fremgår hvorledes skiferfragmenter - av samme petrografiske karakter som hengen - ligger innesluttet i massiv kis.



Kontakten mellom Åstrømgangen med innesluttete, breksierte skiferfragmenter og dens skiferheng.

Nordsynken.

Nordsynken er den forekomst som det idag kanskje knytter seg de største økonomiske forhåpninger til. Den er den eneste av gruvene på nordsiden av Langvann (ved siden av Bursi) som ligger utenfor den gruppe av forekomster man innbefatter i begrepet "malmtogt".

Nordsynk-malmen ble påvist ved transversalsynkdrift fra Giken - omtrent vinkelrett på strekningen i de omgivende bergarter. Selve Nordsynk-malmen er dog en direkte fortsettelse av Giken-gangen idet bl. a. stigortdrift fra nivå - 13,4 m i Nordsynken mot Grunnstollen øst hele tiden fulgte en malmstripe som på slutten bare var 0,2 - 0,3 m mektig, men som viser at Nordsynk-malmen er en direkte fortsettelse av Giken-gangen.

Hvorvidt Nordsynk-malmen har en slik utpreget linjalform og draging i felt mot vest som den ovenforliggende Giken-gangen er det idag vanskelig å si noe om.

Nordsynk-malmen har fortrinnsvis den vanlige Furulundskiferen til hengbergart. I liggen opptrer derimot med uskarp grense mot kisen den såkalte "klorit". Denne kloritrike bergarten i ligg av Nordsynk-malmen kan ha en mektighet på opptil ca. 20 m før vi igjen kommer ned til Furulundskiferen.

På -233 er forholdene noe mer uregelmessige, idet den kloritiserte bergarten her også kan opptre i heng av forekomsten. (Se fig. 1 på neste side).

På -106 Ø forsvinner kloriten i ligg av Nordsynk-malmen. Her opptrer derimot en fastere, glimmerrik bergart som liggbergart. Liggtverrslaget fra -106 som skjærer gjennom kloriten i ligg av Nordsynk-malmen støter også på denne "hardart" som danner større og mindre slirer, skilt av med kloritiske og cerisitiske lag. Den samlede mektighet av dette "gangtog" av hardartslirer kan andra til noen meter og danner hengen mot Furulundskiferen.

Såvel skiferen som "hardarten" kan ha spaltefyllinger av kalkspat - kjent også fra ligg-tverrslaget på etg. 3 mot Apofysen. Et nærmere studium av disse gode ledebergarter burde være av praktisk betydning under malmletingen og har betydning for den brytningsmåte som må velges.



Fig. 1. Overgangen mellom massiv kis og breksiert og kloritisert skifer i heng. (Nordsynken, -233 m).

Skiferfragmenter i kisen er vanlig, disse er som oftest linseformige, men kan også være foldet uten at heng eller ligg viser noen tilsvarende deformasjon. (Se fig. 2). Tilsvarende trekk var nok også vanlig i de gamle områdene av Giken gruve, idet Sjøgren skriver i sin dagbok: "I kisen hopvikta bollar (hästskoformigt) af skiffer; egendommeligt då ofvan och nedan helt regelmässig skiffrighet". Av og til kan også skiferfragmentene være uten noe tegn på deformasjon slik at de i endene er kuttet tvert av loddrett lagdelingen.

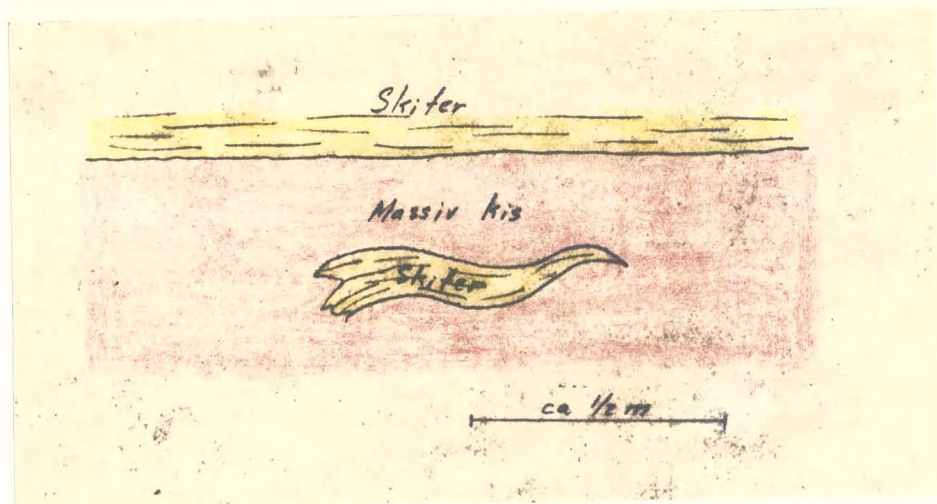


Fig. 2. Skisse som viser skiferinneslutning i kis. (Nordsynken gruve).

I Nordsynken gruve er det noen steder - f. eks. på -83 m V - en skarp grense mellom to forskjellige kistyper. Grensen forløper parallelt med heng og ligg og er kjennetegnet ved at malmen i hengen hovedsakelig består av svovelkis, mens malmen under grensen er rikere på kobberkis. Andre steder i Nordsynken kan en slik tydelig grense ikke påvises.

Tilsvarende fenomen er mer markert utviklet i Jakobsbakken gruve. Her er malmen i heng av grensen ganske rik på magnetkis, mens malmen i ligg av grensen synes å mangle dette mineralet. På fig. 3 og 4 på neste side er gjengitt to bilder som viser denne grensen sett henholdsvis i stoff og i plan-slip.

En ting man kanskje kan studere noe på er hvorledes et slikt feltgeologisk trekk kan være i overensstemmelse med de antatte lover for likevekt mellom svovel- og magnetkis.

I Nordsynken opptre et område med den grovkrystalline svovelkisen. Området strekker seg over feltortene vest for Nordsynk II.

Ved diamantboringer er det påvist en del impregnasjonssoner og tildels malmstriper både i heng og ligg av Nordsynk-malmen. Det dreier seg dog for

det meste om relativt små mektigheter og lave ge-
halter.

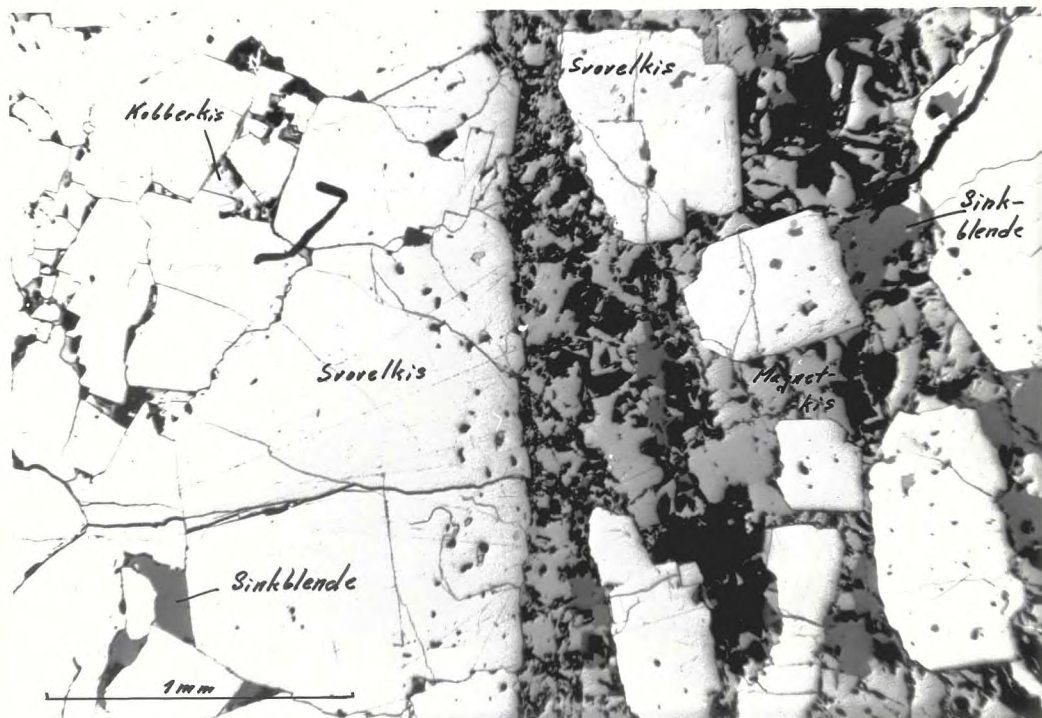


Fig. 3 og 4. Grense mellom meget magnetkis-
rik og magnetkisfri (?) kis. (Jakobsbakken gruve).
Planslip nr. 548.

Charlotta.

Gamle Charlotta ble oppdaget i 1893.

Malmen opptrer her hovedsakelig på grensen mellom kloritskiferen i heng og Furulundskiferen i ligg, men ofte er det et lag med vanlig Furulundskifer mellom malmen og kloritskiferen.

Man kan også ha en malmgang på grensen mellom kloritskiferen og Furulundskiferen og enten linser eller egen kisgang nede i selve Furulundskiferen.

Malmen deler seg ofte og kiler ut. Også skiferpartier inne i selve malmgangen forefinnes. Oppe i kloritskiferen opptrer også rene kisganger.

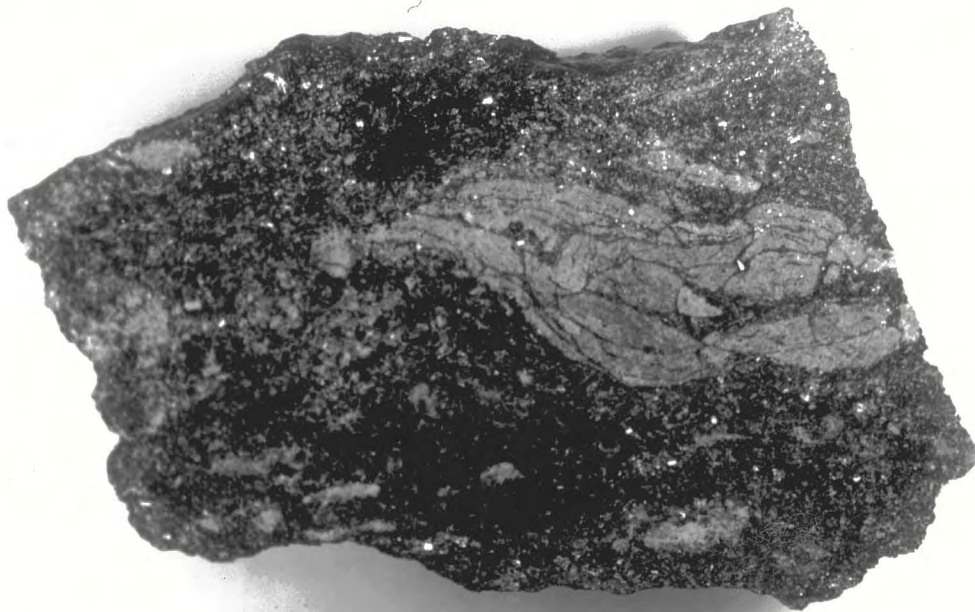
I en del tidligere arbeider vedr. kisene i Sulitjelma er Charlotta-forekomsten omtalt til å ligge på grensen mellom Furulundskiferen og kloritskiferen. Dette er dog bare riktig som en første tilnærming. Videre var det vanlig før å inndelegge de enkelte forekomster eller gruver i to grupper, den ene gruppen innbefattet de forekomster som lå på grensen mot kloritskiferen, mens den annen omhandlet de forekomster som lå nede i Furulundskiferen.

En slik inndeling - som for det vesentlige var basert på de geologiske forhold ved gruvenes øverste partier - har etter min mening liten betydning da de geologiske forhold vesentlig endres mot dypet for flere gruvers vedkommende. (jfr. f. eks. Giken).

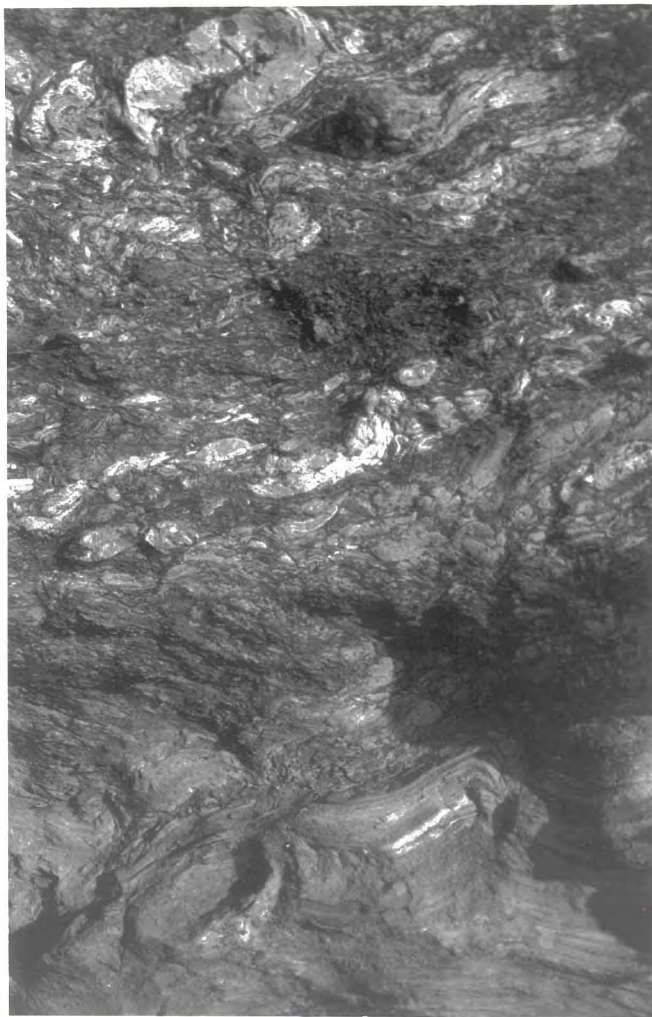
Kloritskiferen som opptrer i Charlotta-Sture sonen er en albit-klorit-fels. Den har som oftest en breksie-karakter og blir av G. Kautsky oppfattet til å representere et agglomerat.

En ting som jeg mener er tydelig å se i feltet er at det har foregått bevegelser langs denne horisonten med derav følgende breksiering og kloritisering. Hvorvidt det også er et agglomerat i denne skyvesonen synes jeg dog er noe usikkert.

På de to bildene på neste side er gjengitt noen strukturer fra denne "agglomeratsonen".



Heng av Charlotta-malmen ved Sjonståsynken på Grunnstoll-nivå.



"Agglomeratet"
i heng av Charlotta-
sonen. (Overgangen fra
det store grønnstens-
komplekset i heng til
Furulundskiferen i
ligg). V/Hildurs dag-
strosse.

I denne kloritiserte sonen er det svært vanlig å støte på slirer av nærmest kvartsitisk sammensetning. I kloritskiferen opptrer også utenom svovelkis og tildels kobberkis, magnetit som små oktaedriske krystaller.

Kloritskiferen har svært ofte et tynt belegg av gips på avløsningsflater og stikk. På sine steder opptrer også gipsen i større flak. Dette forhold har nok vært medvirkende til at klorithengen i Gamle Charlotta var så dårlig.

På -233 m er det påtruffet en rikmalmgang nær amfiboliten. Beliggenheten svarer stratigrafisk nærmest til Charlotta - Sture sonen og forekomsten blir produksjonsmessigt henregnet til Charlotta.

Som det fremgår av oversiktskartet på plansje nr. 1 er Charlotta-forekomsten delt i to, Gamle Charlotta mot vest og Charlotta øst. Det er altså et uholdigt parti mellom Charlotta øst og den gamle østgrense for Charlotta gruve. Dette partiet har retningen $V50^{\circ}N$ og er karakterisert ved en gafling av gangmassen i forbindelse med kvarts- og hårdartsdannelse.

Letingen i Charlotta vanskeliggjøres forøvrig ved at gehaltgrensen mellom den vanlige fattige svovelkisimpregnasjon og den Cu-rike "hammer-malm" er vanskelig å bedømme selv om den vanligvis er meget skarp. De drivbare partier får derfor på malmføringskartene form av "øyer" i den fattige impregnasjonsgangen.

30)

37

30

Sture.

Som det fremgår av oversiktskartet på plansje 1 og dagkartet på plansje 2 ligger Sture i det hengende av Giken's hovedgang. Den ligger stort sett i overgangssonen mellom øvre rustskiferhorisont og amfiboliten og svarer nærmest til Charlotta som stratigrafisk horisont. Ved boringer fra Giken gruve på hengen har en på dypet påvist en sammenhengende kloritisert og svakt impregnert sone fra Sture i øst til Charlotta i vest. Tilsvarende forhold fremgår også av dagkartet.

Av dagkartet fremgår at vi har en øking i mektigheten av den kloritiserte sone ved Sture's utgående. Dagkartets grenser er her etter mitt inntrykk noe skjematiske idet mine observasjoner tyder på at det oppførte kloritiserte parti er av svært vekslende karakter, og med bare randsonene typisk kloritisert. Amfibolitpartiet i ligg av Sture's utgående i øst ser ut til å forsvinne på dypet. (Tilsvarende gjelder for den amfibolitlinsen som opptrer i ligg av Hankabakken's impregnasjonssone).

Sture består av en mektig lagpakke impregnasjoner, klorit, skiferplater og renkiser, hvilke siste særlig oppover tar karakteren av uren kis. (Som et representativt tall kan nevnes at strossene i midtre del av Sture har i gjennomsnitt hatt 2,50 m mektig impregnasjon av kis etter det hengende og kobberkisførende impregnasjon etter det liggende).

I Sturesonen - både i det utgående og på dypet - finner man den samme breksierte og kloritiserte bergart som er så typisk for Charlotta.

Ved ortdriften vestover på Olavs nivå og nedenforliggende etasje er det klarlagt at Sture kan hensiktsmessig inndeles i en ligg- og en henggang. Liggangen i øst består av en veksellagring av renkis og rike kobberkisimpregnasjoner i klorit. Kartets sydvestgrense er en skarp gehaltgrense, men gangmassen fortsetter som en kloritsone med spor av kis.

Liggangens heng, som er en mektig sone impregnert sericitskifer, går over til ren kis mot vest og danner den såkalte "Henggang". Denne kiler ut i skifer mot vest som en fattig impregnasjon.

I Sture gruve ble det i 1942 boret 8 hull for å klarlegge forholdet mellom heng- og liggangen. Disse viser også at den svovelkisrike henggang, som ligger vest for den kobberrike liggang, fortsetter et stykke østover i hengen av liggangen, hvor den går over i en fattig udrivverdig impregnasjon.

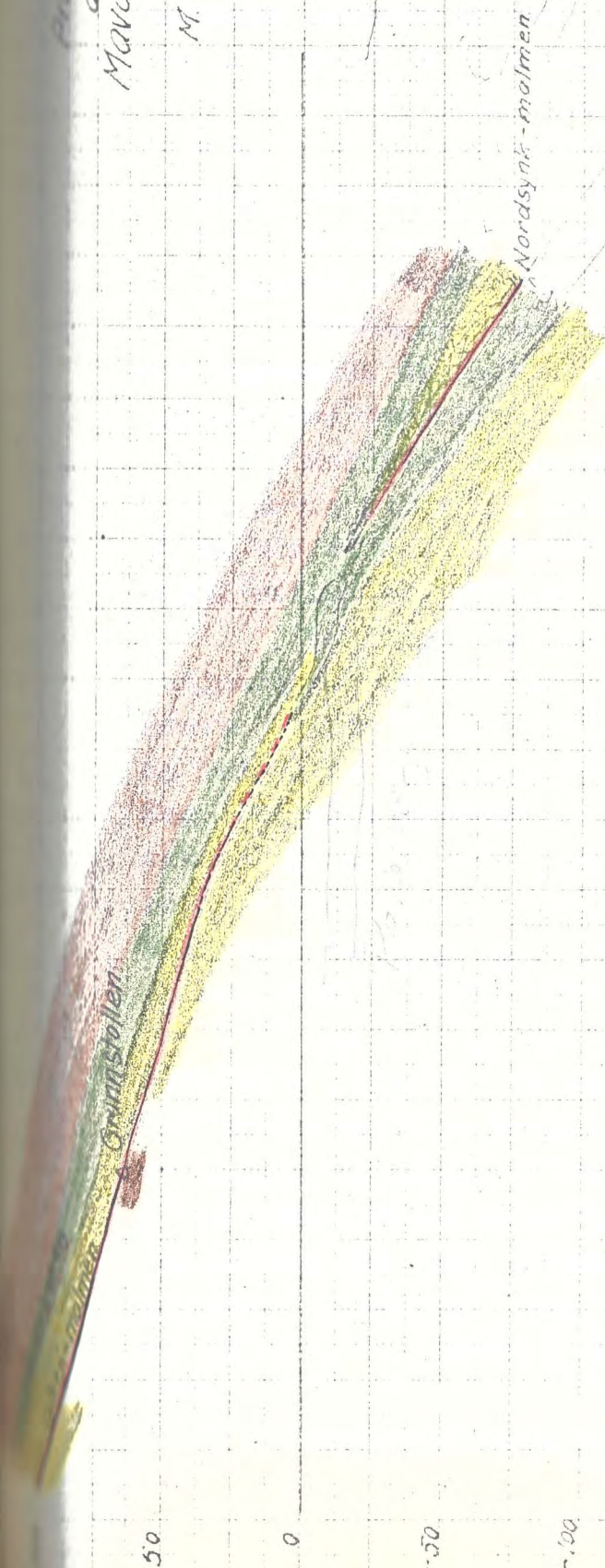
For å undersøke Sture-malmens fortsettelse mot dypet er det fra etasjene 87 og 100 Mavas boret 5 hull på hengen. Boringene viste at Sturegangen sannsynligvis kiler ut i en spiss i området over og mellom etasjene 87 og 100 på Gikengangen. Avstanden mellom gangene er her 14 - 18 m. Avstanden varierer dog sterkt. (Et hull fra Mavas etasje 51, Giken gruve på hengen påtraff Sturegangen på 2,5 m's lengde med 2,5 m mektighet a 0,8 % Cu).

Fallet kan anslåes til ca 25° , størst øverst og avtagende nedover hvor Sture nærmer seg Giken. Dette er analogt med forholdene mellom Charlotta og Giken som også nærmer seg hinannen mot dypet. (Se I. Dybdahl's profiler av Mavas- og Beiarsynken). Charlotta og Giken går sammen på dypet idet skiferlagpakken mellom dem kiler ut. Tilsvarende fremgår for Sture fra profilet langs Mavassynken. Lenger øst er forholdet mellom Sture og Giken en del anderledes idet Gikengangen her fortsetter direkte over i Nordsynkmalmen. Sturesonen og Giken faller altså her ikke sammen men er hele veien nedover skilt av en skiferpakke.

Akseretningen for Sture kan etter plansje 1 anslåes til ca $N 50^{\circ} V$. Sture som ligger omtrent umiddelbart i heng av Giken (fra ca 2,5 til ca 50 m målt $\perp$ på fallet) har altså en markert forskjell fra Giken i akseretning. (For Giken kan akseretningen anslåes til ca $N 85^{\circ} V$).

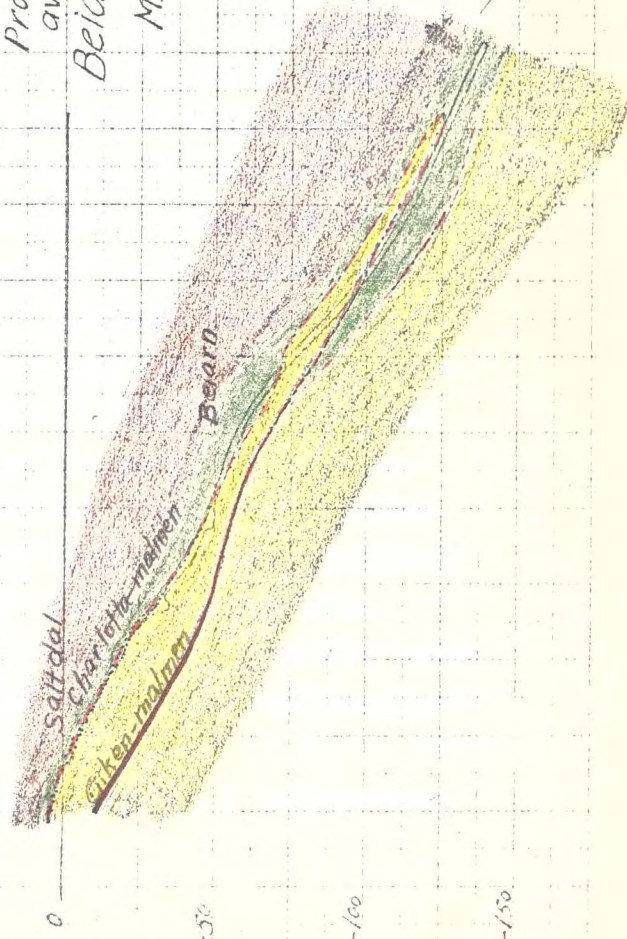
Profil
av
Mavassyniken

M 1:2500



Profil
av
Beiersynken

M 1:2500



- Skifer
- Kloritt-breksje
- Amfibolit
- Malm

Hankabakken.

Hankabakken's mektige impregnasjonssoner ligger i skifer et stykke under amfibolitgrensen; de er adskilt fra amfiboliten ved delvis vanlig Furulundskifer og delvis kalk - glimmer - skifer - breksje. Dessuten opptrer en mørk rustskifer direkte under amfibolitgrensen i de østligere deler av feltet.

I tilknytning til impregnasjonssonen opptrer en isolert amfibolitlinse som i dagen er ca. 300 m. lang. Det ser ut som om denne amfibolitlinsen forsvinner på dypet og sannsynligvis har den heller ikke noe å gjøre med malmføringen.

Impregnasjonssonens store bredde på kartet ved vestenden av amfibolitlinsen skyldes lagenes parallelitet med overflaten.

Mot vest avtar impregnasjonssonens mektighet forholdsvis raskt til null og i dagen ser det ut til at vi har et helt ertsfritt parti på ca. 200 m. i strøk mellom Hankabakken og Giken.

Vanligvis er Hankabakk - malmen av impregnasjonstypen og har til dels en stripet karakter. I gruven består liggen vanligvis av fast biotitskifer og hengen av kloritskifer. Kloritskiferen i hengen har dog - så vidt jeg vet - dog aldri den "agglomerat-aktige" karakter som kloritskiferen i heng av Charlotta - Sture sonen. Denne kloriten i heng av Hankabakksonen kan ofte være impregnert - de impregnerte soner opptrer da ofte som linseformede partier.

Mot vest på de øvre nivåer går den striped Hankabakk - malmen over til renkismalm samtidig som den gafler ut i en heng- og en liggang. Både heng- og liggang utgjøres av kompakt kis og de mellomliggende bergartsledd utgjøres av vanlig Furulundskifer som delvis kan være impregnert med ertsmineraler. Kloriten forsvinner samtidig i hengen og her mot vest er det også en adskillig rikere opptreden av kvarts-årer.

Flere steder i litteraturen og i rapporter

er Hankabakken's impregnasjonssone oppgitt til å ligge i samme stratigrafiske horisont eller "gangtog" som Charlotta - Sture sonen, mens Giken er oppfattet til å ligge i et lavere stratigrafisk nivå.

Ut i fra en anskuelse om en malmdannelse etter flattliggende tektoniske avløsningsflater har jo en parallelisering av de forskjellige forekomster begrenset verdi, men tross det mener jeg at Hankabakksonen svarer nærmere til Giken enn Sture som stratigrafisk nivå. Både av dagkartet og geologien under jord fremgår at Giken- og Hankabakksonen ligger i ligg av kalk-glimmer-skifer-breksjen, mens Sturesonen ligger i heng av den samme, og som før nevnt er kloritskiferen i heng av Hankabakksonen på dypet av en annen karakter enn kloritskiferen i heng av Sturesonen.

I dagen kan man også lett følge skiferen i strøk fra Hankabakksonen til Giken.

Når man går langs Olavs østre feltort - fra Giken til den såkalte Hankabakksonen - ser det dog ut som om man går oppover i lagrekken og dette kan oppfattes som et indisium for at Hankabakksonen (i det minste her) ligger i et stratigrafisk høyere nivå enn Giken. At vi her virkelig går oppover i lagrekken tror jeg dog ikke er helt sikkert, idet det i Olavs østre feltort opptrer en forkastningssone. (Ca. 1 m. mektig breksierte sone med kalkspat som matrix. Breksiesonen krysser Olavs østre feltort ved koord. 1885, 940).

Grenseforholdene mellom Giken og Hankabakken må tross alt sies å være noe usikker, idet bl. a. data for noen av diamantborhullene fra dette område ikke lenger var mulig å oppspore.

Av dagkartet fremgår at Giken som helt mot øst ligger på grensen mellom kalk-glimmer-skifer-breksje og Furulundskifer mot vest også opptrer med Furulundskifer i hengen. Hvorvidt det er Giken-gangen eller grensen Furulundskifer/kalk-glimmer-skifer-breksje som følger samme stratigrafiske nivå lot seg p. g. a. gamle berghalder ikke avgjøre.

Kisenes mineralogi.

For oversiktens skyld er nedenfor gjengitt en generalanalyse av årsgjennomsnittsprøven for 1951 av rågods til flotasjon (utført av Statens Provningsanstalt, Stockholm).

% Cu.....	1,40
Zn.....	1,10
S.....	20,9
Fe _{tot}	24,3
derav i	
uoppl. rest..	0,6
As.....	-
Pb.....	0,17
Co+Ni.....	0,038
Mn.....	0,047
Se.....	0,001
Sb.....	0,002
SiO ₂	31,2
TiO ₂	0,63
Al ₂ O ₃	8,4
MgO.....	1,0
CaO.....	3,3
Na ₂ O.....	1,3
K ₂ O.....	1,1
BaSO ₄	0,21
CO ₂	0,29
P ₂ O ₅	0,085
H ₂ O (kj. bundet)	
	2,2
Uløst rest..	40,7
Surstoff og	
differense	-
	100,000

Au, gram pr. tonn.....0,1
Ag, "7,0

Nedenfor er gitt en kort omtale av de viktigste mineralene som opptrer i kisene.

Svovelkis. I Charlotta - Giken feltet har kiskeforekomstene en middelskornet til storkornet struktur. Det mineral som i første rekke setter sitt preg på strukturen er svovelkis.

Et interessant fenomen er her de tydelig avrundete svovelkiskrystaller som flere ganger tidligere er beskrevet fra Sulitjelma. Disse avrundete svovelkiskrystallene forekommer stort sett over hele feltet og sitter i en grunnmasse som kan variere i sammensetning fra omtrent ren kobberkis til omtrent ren magnetkis. I bestemte områder øker så størrelsen av disse bollene sterkt utover det man kan si er vanlig.

Den hittil største fundne svovelkisbolle skriver seg fra nivå 67 m øst i Charlotta gruve og veier 10,64 kg. Den oppbevares nå på Riksmuseet i Stockholm.

Ofte kan man dog se at svovelkisen viser tegn til flateutvikling, de vanlige former er da kuben, rombedodekaederet og pentagondodekaederet. Disse formene kan også være utviklet samtidig.

Det bør nevnes at i Holmsens gruve har man funnet pent utviklete svovelkiskrystaller, men da i form av oktaedre og sittende i en grunnmasse av magnetkis.

Den rådende oppfatning er at disse store avrundete svovelkiskrystallene er porfyroblaster, dette først hevdet av G. Berg i 1927 og senere av C. W. Carstens i 1941 (4, s. 11). På fig. 1 nedenfor er vist et bilde av en slik gjennomskåret svovelkiskrystall. (Den samme krystall som er avbildet i C. W. Carstens' arbeide av 1941 på s. 12).

Et meget karakteristisk trekk er her inneslutninger av en rekke forskjellige mineraler, i dette tilfellet mer eller mindre regelmessigt anordnet. Som det fremgår av bildet er disse inneslutningene anordnet nærmest i samsvar med de avrundete hjørnene av svovelkiskrystallen. Dessuten har de en perifer

fordeling slik at selve kjernen av svovelkiskrystallen er tilnærmet massiv. Inneslutningene utgjøres av sinkblende, blyglans, kobberkis, magnetkis og silikatmineraller.



Fig. 1. Avrundet svovelkisporfyroblast med orienterte inneslutninger av erts- og silikatmineraller. Charlotta gruve. (Fot. C. W. Carstens' materiale).

Fra O. Høltedahl: "Norges geologi", 1953, s. 340 siteres: "Disse krystaller har før vært oppfattet som delvis resorberte porfyrrinnsprengninger utskilt av den antatte kismagma, men nye undersøkelser har vist at inneslutninger i disse krystaller også har en tilsvarende krum form; dette viser at det ikke dreier seg om resorpsjon, men at krystallene under sin dannelse har vært underkastet en dreiningsbevegelse".

Så vidt jeg kan forstå representerer nok disse avrundete svovelkiskrystallene porfyroblaster og er altså et metamorft fenomen, men en slik bestemt orientering av inneslutningene som hevdet ovenfor har

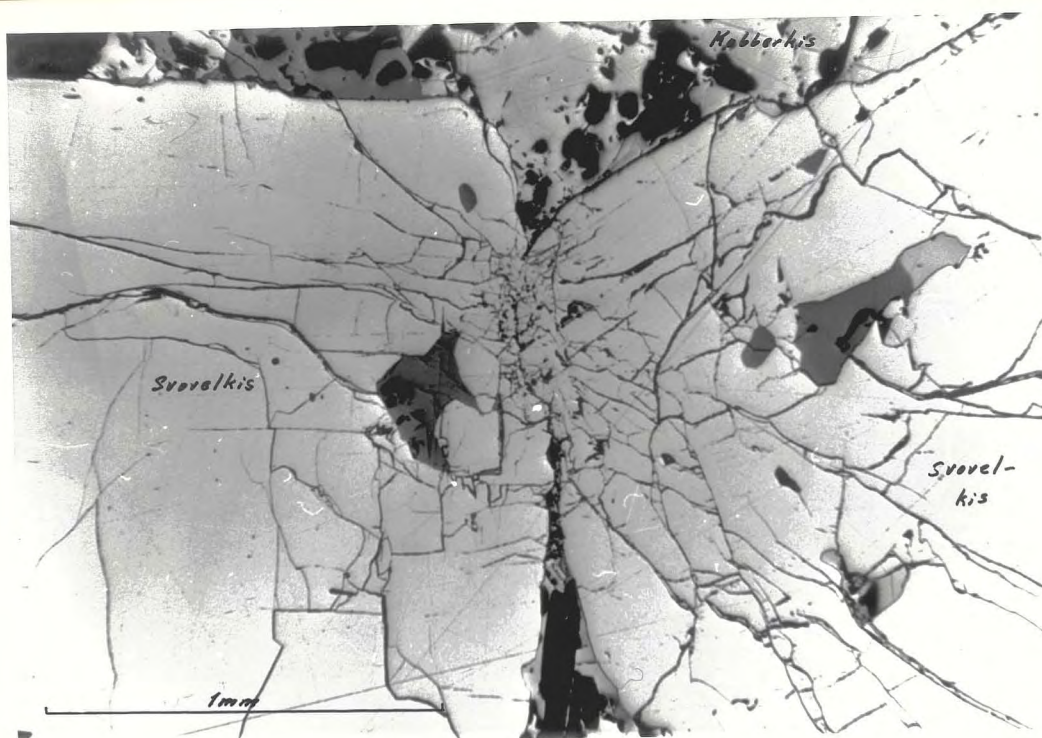


Fig. 2. Kataklaste av svovelkiskrystaller.
(Planslip nr. 554. - 233 V, v/Nordsynk III, Nord-
synken gruve).

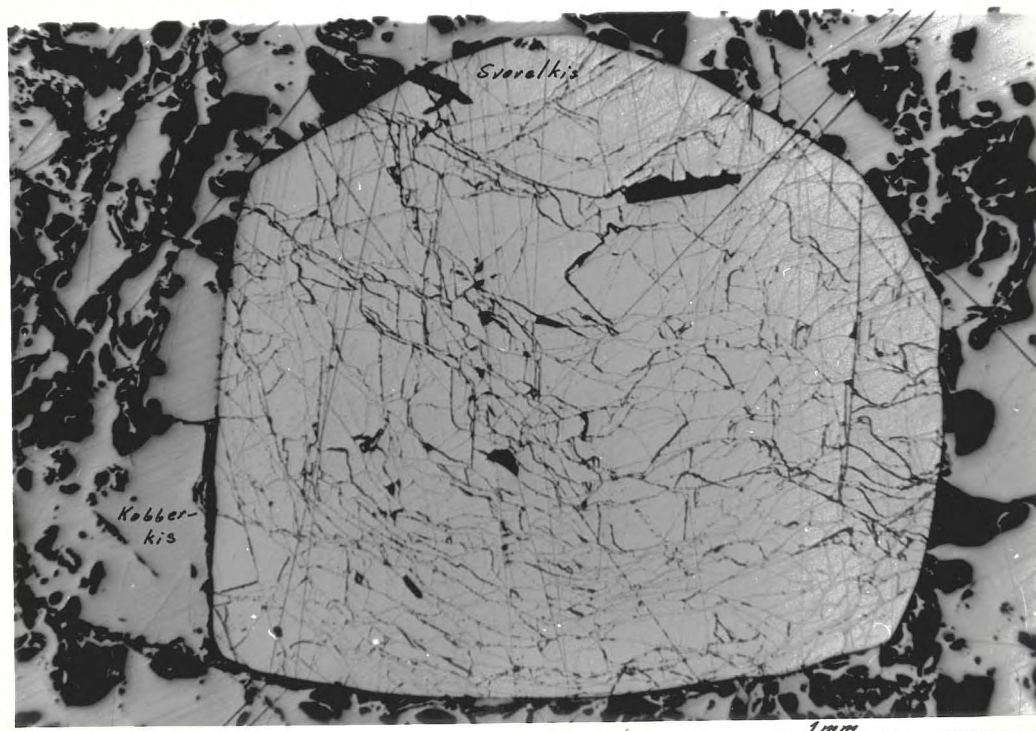


Fig. 3. Kataklastisk avrundet svovelkis-
krystall. (Planslip nr. 546. 4. tv. b. øst ved synk
II, Giken gruve).

Vedrørende svovelkisen fra Sulitjelma skriver Ramdohr (44, s. 616): "Wenn in einer so stark metamorphosierten Lagerstätte wie Sulitjelma Kristalle mit 15 cm Kantenlänge vorkommen ohne Kataklase, so ist das ein Beweis, dass eben der Pyrit jünger als die Metamorphose ist".

Til dette er å bemerke at all svovelkis fra Sulitjelma som jeg har studert i planslip, som et gjennomgående trekk viser tydelig oppsprekking slik som det er gjengitt på fig. 2, 3 og 4. Dessuten er jo porfyroblastdannelse i seg selv et kriterium på metamorf omvandling.

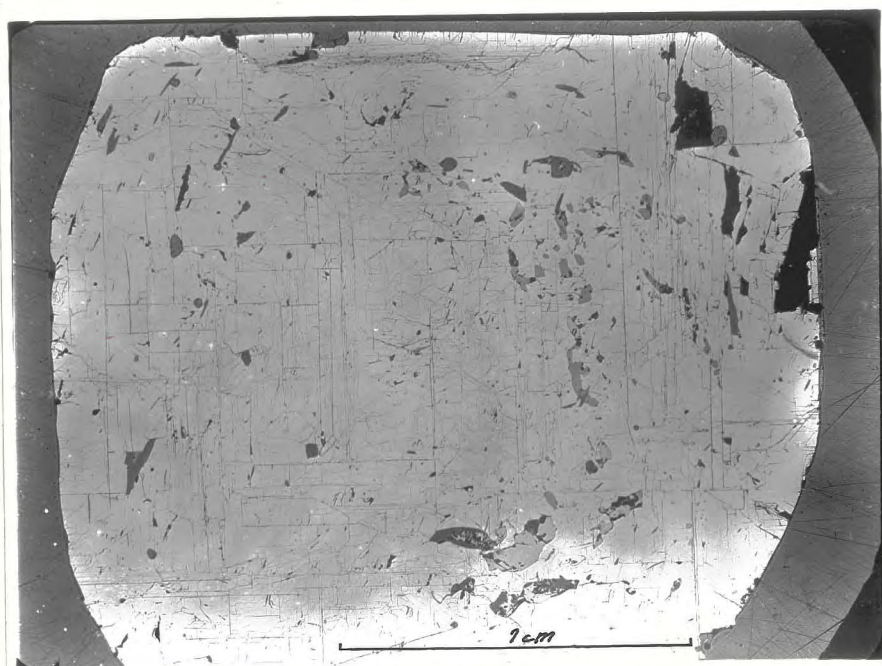


Fig. 4. Oversiktsbilde av avrundet svovelkiskrystall (med tydelige kataklaser, fortrinnsvis parallelle terningflatene). (Planslip nr. 549. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve).

Sprekkene i svovelkisen er som oftest fylt med kobberkis, magneetkis eller sinkblende.

I store trekk kan man si at svovelkisen omtrent overalt innen den vanlige massive kistypen som vi har i Charlotta - Giken feltet opptrer som avrundete krystaller. Innen enkelte områder er så

størrelsen av de avrundete svovelkiskrystallene atskillig større enn det man kan si er vanlig. To slike områder peker seg tydelig ut, nemlig den vestligste delen av gamle Charlotta og "Banker" i Giken gruve. Enkelte steder i gruvene kan man dog se nesten idiomorft utviklet svovelkis. På fig. 5 nedenfor er gjengitt et bilde av denne kistypen. Denne stoffen skriver seg fra Nordsynken gruve.

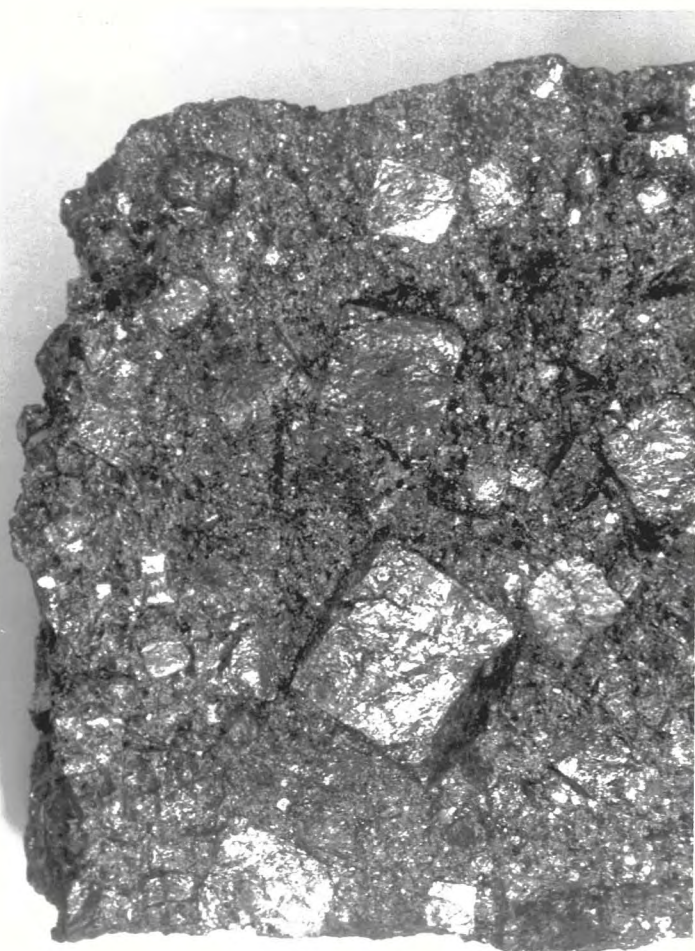


Fig. 5.
Grovkornig svovelkis med nesten idiomorfe svovelkiskrystaller.
(-233 m, Nordsynken gruve).

Et meget karakteristisk trekk ved svovelkisen fra Sulitjelma er dessuten at den har en meget tydelig utviklet anisotropieffekt ved + N. Anisotropieffekt er ved + N ifølge Ramdohr for svovelkis overveiende ikke iakttagbar.

Foruten i de massive kistypene som representeres ved f. eks. Giken og Nordsynken gruver opptrer svovelkisen i den impregnasjonssonen som er knyttet til klorit-albit-fels nivået i Charlotta-sonen.

Svovelkisen opptrer her i kloriten alltid som kuber og ofte med sidekanter på noen cm. Noen steder er disse svovelkisterningene knust istykker eller flatet helt ut, noe som tyder på at det har foregått bevegelser etter deres dannelse. Et kanskje noe merkelig trekk er at man kan se fullstendig idiomorft utviklete svovelkiskrystaller rett ved siden av helt deformerte, uten at man kan se noen grunn til den forskjellige utforming.

Kobberkis. Kobberkisen utgjør sammen med magnetkis grunnmassen som de avrundete svovelkiskrystallene sitter i. Ved vanlig påfallende lys var det i plan-slip ikke mulig å se noen grenser mellom forskjellige korn av kobberkis. Ved + N er det derimot vanlig å se parallelle spindler av kobberkis, i noen tilfeller gir vel dette uttrykk for tvillingdannelse innen kobberkisen.

I kobberkisen opptrer svært ofte avblandingslameller av cubanit. Dessuten i noe mindre utstrekning avblandingslameller av valleriit.

Kobberkisen opptrer svært ofte som sprekke-materiale i svovelkisen. Se fig. 6 på neste side. Sannsynligvis skyldes dette en senere mobilisering av kobberkisen og dette forhold bør vel ikke uten videre legges til grunn for antagelsen om en aldersrekkefølge mellom svovel- og kobberkis rent generelt.

Magnetkis. Magnetkis utgjør sammen med kobberkis grunnmassen for de avrundete svovelkiskrystallene. Dessuten opptrer magnetkis som sprekke-materiale i den kataklastiske svovelkisen.

Bildet på fig. 7 på neste side viser hvordan magnetkis typisk opptrer på denne måten. Sprekkene er i dette tilfellet hovedsakelig parallelle (100).

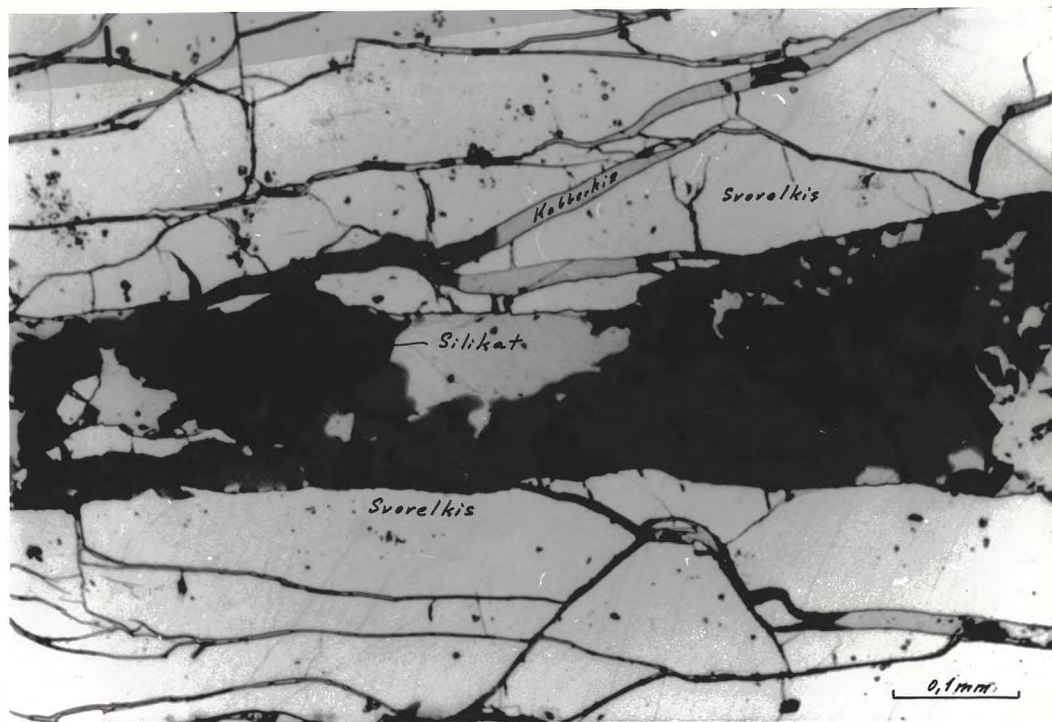


Fig. 6. Oppsprukket svovelkis med kobberkis og sinkblende i sprekkene. (Planslip nr. 154. Giken gruve).

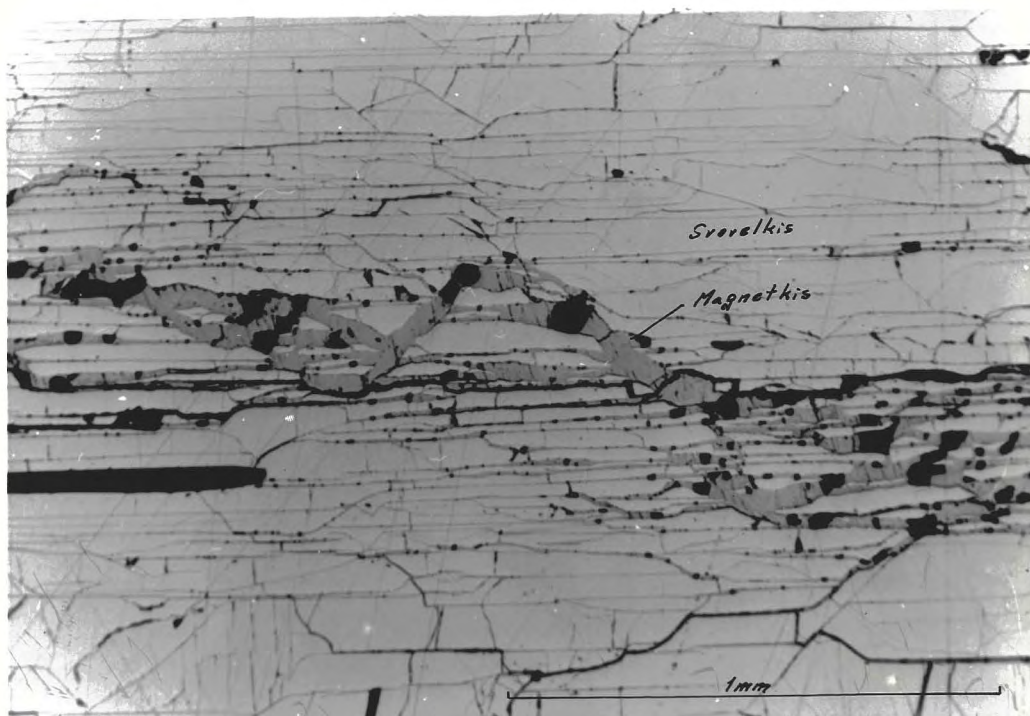


Fig. 7. Magnetkisårer i kataklastisk svovelkis. (Planslip nr. 549. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve).

I dette tilfellet ser det i mikroskopet ut som om vi har to typer av magnetkis i disse sprekene. En type som viser en homogen oppbygging og som slukker jevnt ut over hele flaten ved + N, og en annen type som viser en tydelig fibros oppbygging. Denne siste typen av magnetkis som ser ut til å være under omvandling er vist på fig. 8. (Muligens opptrer her også markasit).

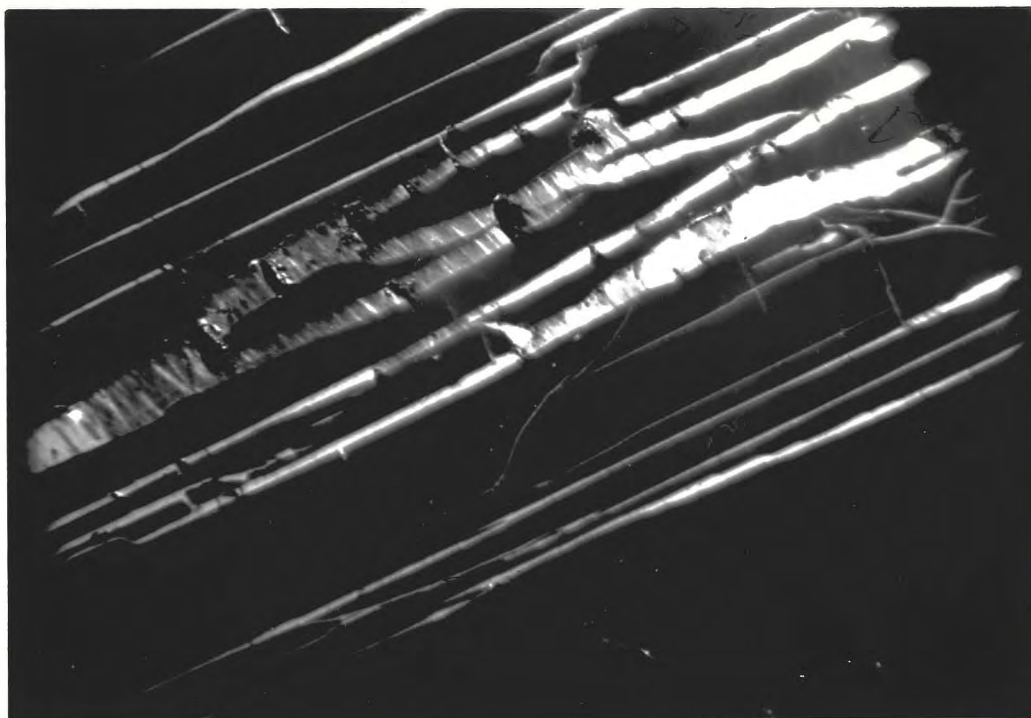


Fig. 8. Magnetkis med fibros oppbygging som årer i oppsprukket svovelkisbolle. (Magnetkisen er muligens under omvandling). (Planslip nr. 549. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve. Grønnfilter, + N).

På fig. 9 på neste side skulle fremgå hvorledes magnetkis som gjennomsetter en oppsprukket svovelkiskrystall delvis har fortrenget et silikat-korn som ligger innesluttet i svovelkisen.

Helhetsinntrykket er at magnetkis opptrer som en yngre fase enn f. eks. svovelkis, blyglans

og de fleste silikater i malmene.

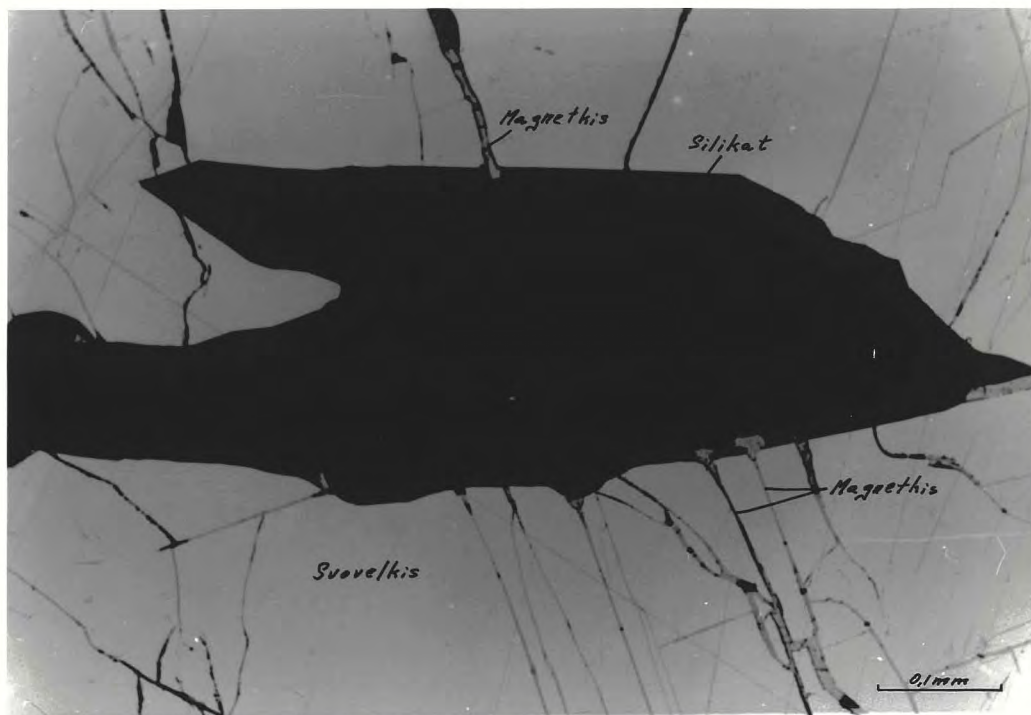


Fig. 9. Magnetkies som gjennomsetter oppsprukket svovelkiesballe fortrenger delvis et innesluttet silikatkorn. (Planslip nr. 549. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve).

Kan være en senere mobilisering av FeS

Sinkblende. Sinkblendene opptrer sammen med kobberkies og magnetkies i grunnmassen for svovelkiesbollene. Dessuten opptrer den som inneslutninger og sprekke materiale i selve svovelkiesbollene. (Jfr. fig. 6). Sinkblendene er vanligvis homogen, men kan stundom vise avblanding av kobberkies.

Blyglans. I Charlotta - Giken feltet opptrer det relativt sparsomt med blyglans. Blyglansen kan her som oftest ikke sees med det blotte øye. Fig. 10 på neste side viser et blyglanskorn i svovelkies. I svovelkisen opptrer her årer av magnetkies som ser ut til å delvis fortrenge blyglansen.

Foruten at blyglans opptrer i selve kisen, opptrer den ofte - sammen med svovelkies - i de kvarts-

årer og -linser som opptrer i tilknytning til kisingene. Den opptrer dog her i ganske underordnet størrelsesorden.

Jeg har ikke noen data for Ag-innholdet i blyglans fra Charlotta - Giken feltet, men i følge Carlson's notater skal Ag-innholdet i blyglans fra Nils og Brynhild variere mellom 28,99 og 90,94 gr Ag pr t. Pb.

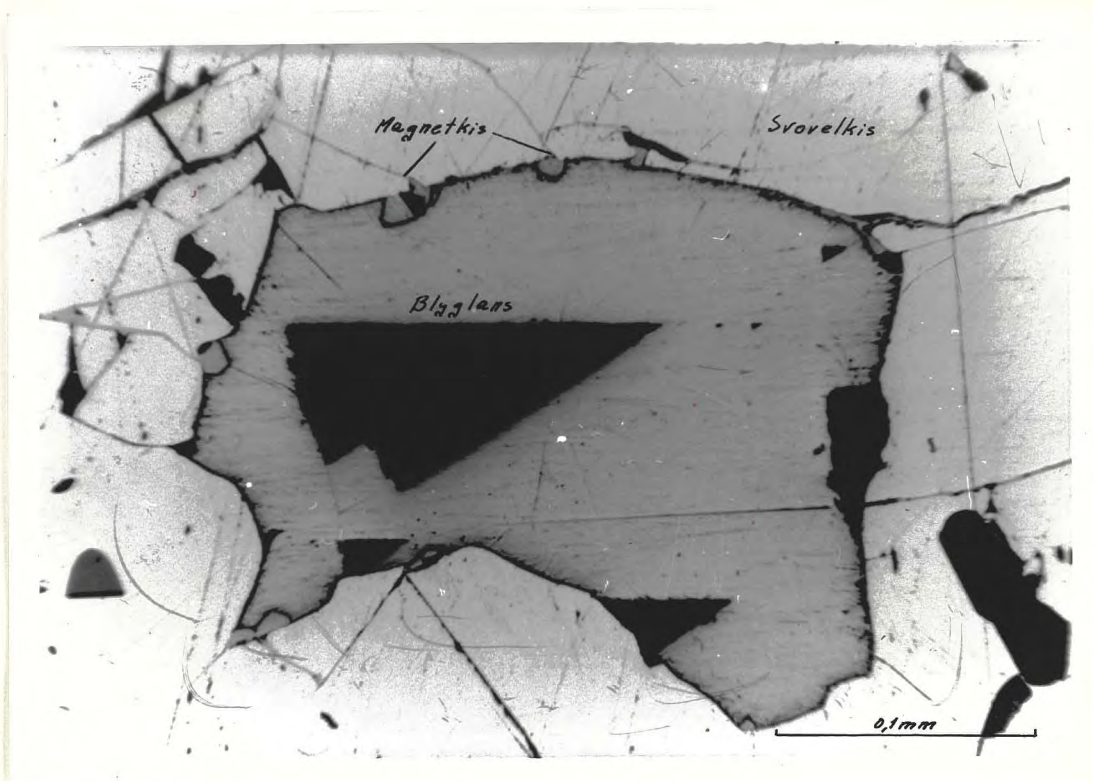


Fig. 10. Blyglans i svovelkis, delvis fortrenget av magnetkis. (Planslip nr. 546. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve).

Magnetit. Forekommer enkelte steder nærmest som render i kisen. (F. eks. ved Grunnstollen vest, Giken gruve). Muligens er magnetiten knyttet til svovelkisen. I kloriten i Charlotta gruve sitter ofte små oktaedre av magnetit med opptil 5 mm sider av oktaedrene.

Arsenkis. Arsenkisen opptrer oftest som idiomorfe krystaller og ofte i relativt store krystaller som

kan være synlige for det blotte øye. Fig. 11 nedenfor viser en idiomorf arsenkiskrystall i svovelkis fra Giken gruve.

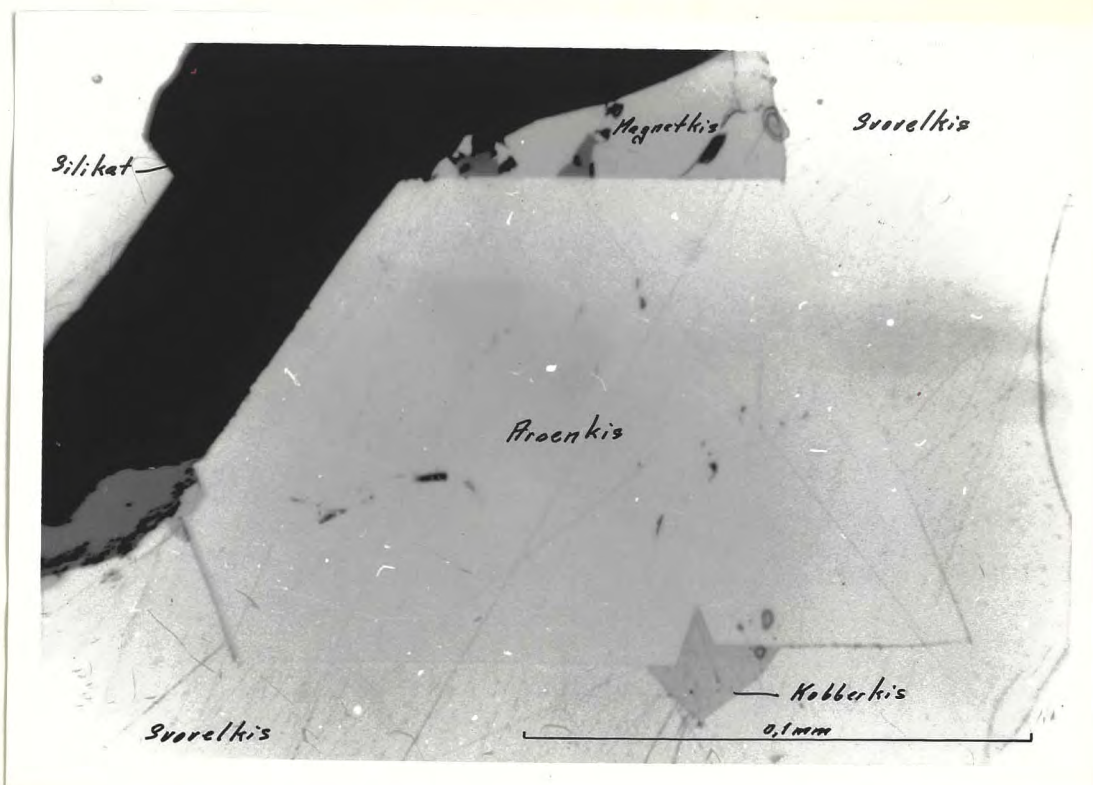


Fig. 11. Idiomorf arsenkiskrystall i svovelkis. (Planslip nr. 158. Giken gruve).

Vedr. arsenkisens Co-gehalt oppgir Carlson i sine notater 0,68 - 3,51 % Co for arsenkis fra Giken gruve. Arsenkis opptrer i underordnet mengde.

Molybdenglans. I den grovkornige svovelkisen fra "Banken" i Giken gruve opptrer relativt hyppigt et langprismatisk ertsmineral med sterk refleksjonspleokroisme og anisotropi. Lengden av lamellene er av størrelsesorden 1/10 mm og bredden 1/100 mm. Refleksjonspleokroisme og anisotropi stemmer med de data Ramdohr oppgir for molybdenglans. På fig. 12 på neste side er gjengitt et bilde som viser hvorledes dette mineralet opptrer i svovelkisen.

Mineralet opptrer i for små mengder til å kunne få det identifisert etter "pulver-metoden".

Röntgenspektrografisk undersøkelse av en svovelkisperfyroblast fra "Banken" i Giken gruve utført ved Statens Råstofflaboratorium gav som resultat litt i underkant av 1/100 % Mo.

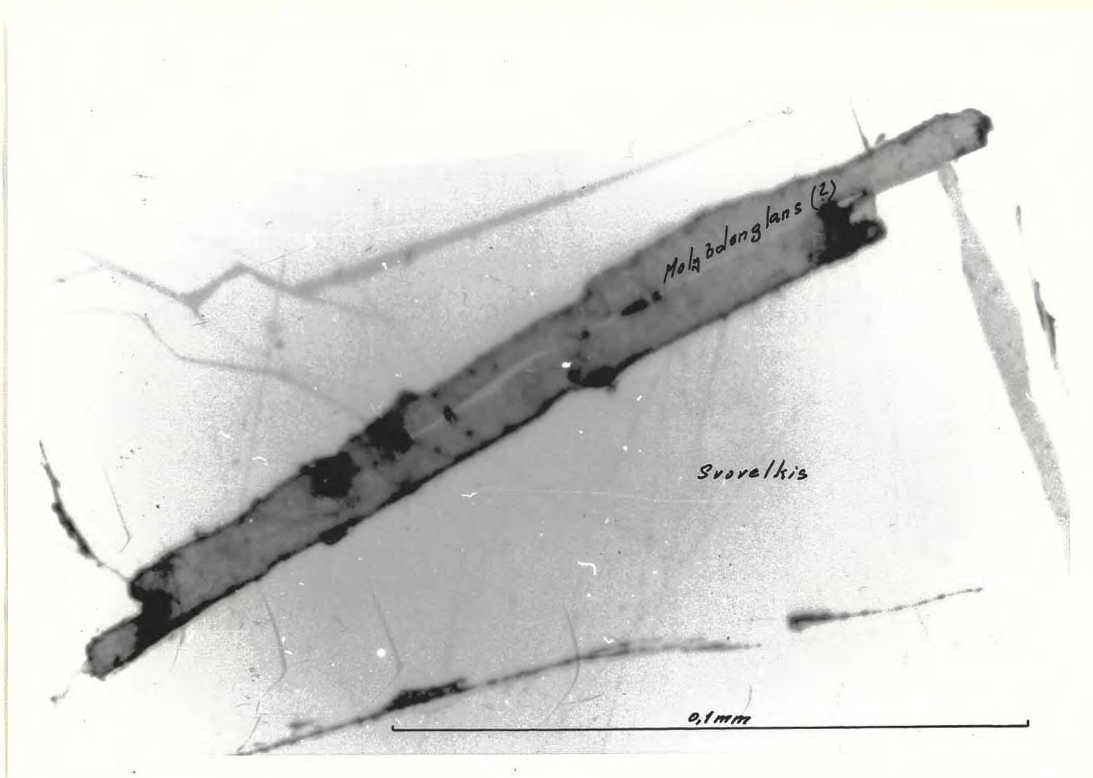


Fig. 12. Molybdenglanslamell (?) i svovelkis. (Planslip nr. 549. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve).

Da 1/100 % Mo muligens er noe lavt for å kunne vente at molybdenglans opptrer, og ^{da} de mer subjektive bestemmelser av f. eks. anisotropi og refleksjonspleokroisme - etter min mening - er noe usikre, vil jeg nøye meg med å si at dette muligens er molybdenglans. Molybdenglans er ikke tidligere beskrevet fra Sulitjelma. (Molybdenglans er dog beskrevet fra andre kiskeforekomster i Norge, f. eks. fra Birtavarre; NGU nr. 199, s. 131).

Valleriit. I kobberkisen opptrer av og til et mineral som høyst sannsynlig er valleriit. (Tidligere beskrevet av P. Ramdohr fra J. bakken). Det ser ut

som om valleriit og cubanit har en relativt stor utbredelse i kisene i Sulitjelma og ikke er begrenset til den spesielle antimonrike paragenesen som er beskrevet av Ramdohr.

Valleriit opptrer som små lameller og burde være ganske sikker på grunn av sin karakteristiske opptreden og sine ekstreme karakteristiske optiske egenskaper. (Jfr. planslip nr. 160).

Ilmenit. Så vidt jeg har kunnet avgjøre - på grunnlag av de kanskje noe skjønnsmessige vurderingene ved vanlig ertsmikroskopering - opptrer ilmenit ikke helt sjeldent i Sulitjelma-kisene. Ilmeniten er ifølge Ramdohr spesielt karakterisert ved sin refleksjonspleokroisme ved bruk av immersjonsolje.

Bildet på fig. 13 nedenfor skulle vise hematit i ilmenit fra Nordsynken gruve.

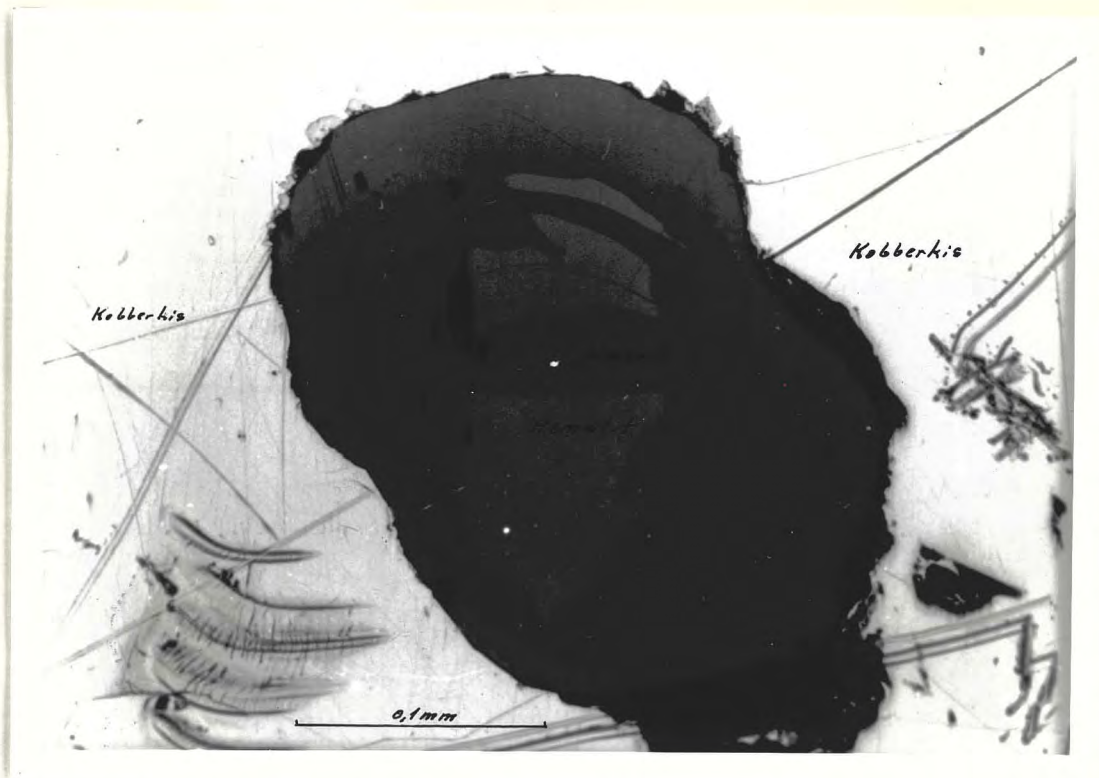


Fig. 13. Hematit i ilmenit. (Planslip nr. 168. Nordsynken gruve).

Hverken ilmenit eller hematit er såvidt vites tidligere beskrevet fra Sulitjelma.

Cubanit. Cubanit-lameller opptrer svært ofte i kobberkisen. Av og til opptrer også magnetkis i tilsvarende lameller, hvilket ifølge litteraturen kan forklares ved at magnetkisen er et omvamlingsprodukt av cubanit. (Store cubanit-lameller i plan-slip nr. 443 fra Giken gruve).

Ertzmineralenes aldersforhold. C. W. Carstens har i sine arbeider vedrørende kisene lagt vekt på å kunne stille opp en kronologisk rekkefølge for dannelsen av de vanligste ertzmineralene i de norske kisforekomstene.

På grunnlag av vesentlig mikroskopiske undersøkelser stilte han opp følgende rekke: (for de såkalte "epigenetisk metamorfe svovlkisforekomster")

Svovelkis (eldst)

Zinkblende

Magnetkis

Kobberkis (yngst)

Rekkefølgen er stilt opp på grunnlag av antatte fortrenningsprosesser som er iaktatt i plan-slip.

At man virkelig kan stille opp en aldersrelasjon for i hvert fall noen av ertzmineralene når det gjelder kisene innen Sulitjelma-feltet - f. eks. mellom svovelkis og magnetkis - mener jeg er tydelig, men i hvilken utstrekning slike prosesser på den ene siden er primære, på den annen side metamorfe er vanskelig å si. Jeg tror nok at man bør være forsiktig med å trekke noen videre konklusjoner i genetisk henseende på grunnlag av den rekkefølgen som er stilt opp ovenfor.

Forøvrig er det kanskje grunn til å stille noen spørsmål vedrørende selve den oppstilte rekkefølge. Svovelkis viser ofte stor tilbøyelighet til idiomorf utvikling. På grunn av dette blir den ofte ansett som det eldste ertzmineral. På grunn av

svovelkisens tilbøyelighet til porfyroblastdannelse er dog dette kanskje i de fleste tilfeller noe usikkert.

Silikater. Av gangmineraler opptrer en hel rekke. De kvantitativt viktigste er nok her kvarts, kalkspat, albit og klørit. I mindre mengder opptrer epidot, muskovit og granat. (I enkelte områder av Giken gruve er sidestenen i noen cm's mektighet utviklet som en nesten ren granat-fels).

Av de fleste bildene tidligere under dette avsnittet skulle noenlunde fremgå hvorledes silikatmineralene kan opptre i selve malmen.

På fig. 14 nedenfor er som et eksempel vist rutil (?) med to sett tvillinger innleiret mellom svovel- og magnetkis.

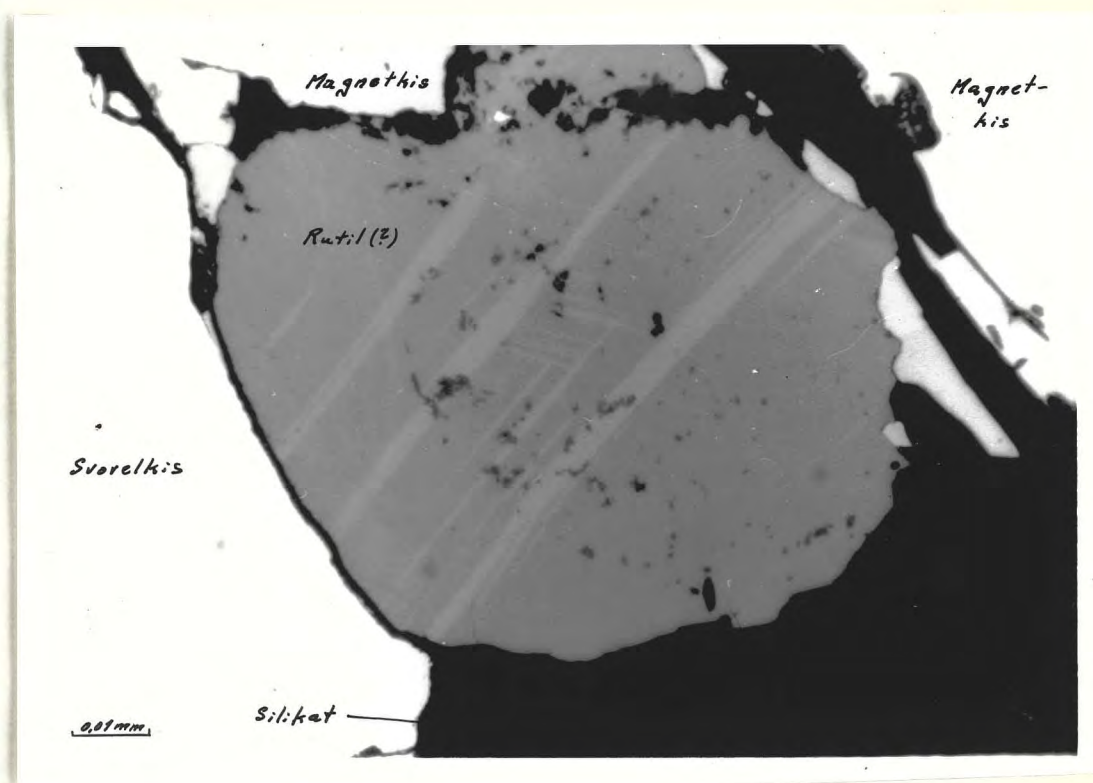


Fig. 14. Rutil (?) med to sett tvillinger. (Planslip nr. 161. Giken gruve).

I de avrundete svovelkiskrystallene viser ofte inneslutningene av silikatmineraler en sonar-

aktig oppbygging. (Fig. 15 nedenfor).

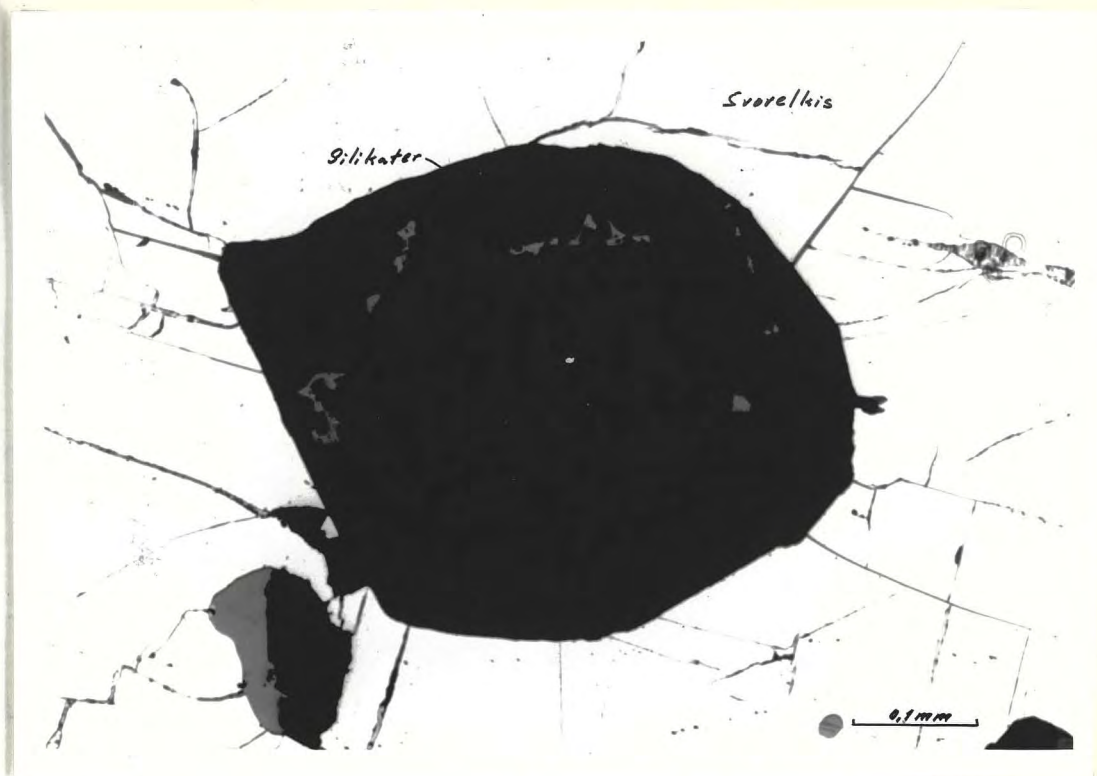


Fig. 15. Sonar oppbygging av inneslutning av silikater i svovelkisbolle. (Planslip nr. 549. 4. tv. b. øst ved synk II, Giken gruve).

Som gangmineral opptrer også ofte amfibol. I følge Carlson's notater er i direkte tilknytning til kisene også påvist titanit, apatit, fuchsit (Cr-holdig variant av muskovit), cyanit, asbest og hisingerit (vannholdig phyllosilikat).

Sannsynligvis er dette mineralselskapet ikke primært, men representerer en metamorf utvikling.

Bestemmelse av metamorfosetrinn ut fra malmmineralene.

Kisene (og de omgivende bergarter) i Sulitjelma har vært utsatt for en forholdsvis omfattende metamorfose, og de temperaturer som de forskjellige avblandings - fenomener innen malmmineralene indikerer, gir sannsynligvis uttrykk for "metamorfe temperaturer".

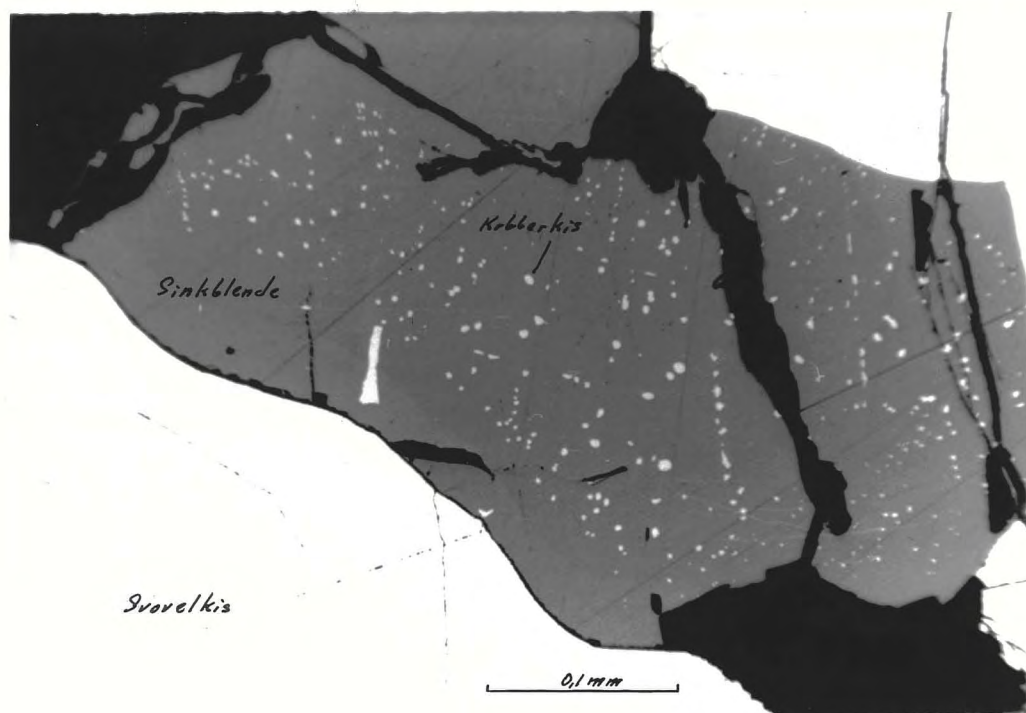
Nedenfor er gitt en oversikt over noen av de temperaturer en kan slutte seg til ut fra studier av planslip og litteraturdata.

Omgivende mineral	Avblandet mineral	Temperatur i °C under hvilken av-bl. inntreer	Ref.	Planslip nr.
Kobberkis	Cubanit	450	Schwartz, 1927	543, 546, etc.
Sinkblende	Kobberkis	350-400	Borchert, 1934	550

Avblanding av cubanit i kobberkis er svært vanlig i Sulitjelma - kisene.

Også andre avblandingsfenomener enn de ovenfor angitte er observert, f. eks. avblanding av valeriit i kobberkis.

På neste side er vist et mikrofoto av kobberkis avblandet i sinkblende. Avblanding av kobberkis i sinkblende er kun observert i ett planslip og later ikke til å være vanlig. Ellers opptrer sinkblendens som homogene partier (bortsett fra indrereflekser, uregelmessige inneslutninger av silikater, o. l.).



Kobberkis avblandet i sinkblende. Grunnstollen lengst mot øst, Giken gruve. Planslip nr. 550.

Temperaturene 450 og 350 - 400 °C skulle så nærmest svare til overgangen mellom epidot amfibolit og amfibolit facies.

Tektonik.

Charlotta-Giken feltet ligger på den østlige del av NØ-sjenkelen eller -flanken på den NV-SØ gående antiklinal i J. H. L. Vogt's sadelformige mulde.

Den sadelformige mulde er imidlertid bare en første tilnærmelse til virkeligheten.

Man kan med meget stor sikkerhet anse hver enkelt av kisforekomstene til å opptre i noenlunde samme stratigrafiske nivå. Feltortene på oversiktskartet på plansje nr. 1 gir da et godt bilde av de mer detaljtektoniske trekk. Herav fremgår at kislinjalene i Charlotta-Giken feltet har vært utsatt for utallige sekundære foldninger. Stort sett kan man si at aksene for disse foldningene - som tilkjennegies ved forløpet av feltortene - faller noenlunde sammen med skifrenes lagdeling og i de fleste tilfeller har en retning som er omtrent N-S. (Unntagelser fra dette er dog ikke vanskelig å påvise).

Eksistensen av disse hovedtrekk i foldningstektonikken skulle være sikker og er lett verifiserbare.

De nye ideer vedrørende tektonikken i Sultjelma-området er antagelsen om de mange skyve- og overskyvningsplan som skulle befinne seg her.

At det virkelig har foregått skyvninger langs de malmførende horisonter mener jeg å ha funnet mange feltgeologiske indisier for.

Et generelt trekk er de omvendte dybdetrinn m. h. t. metamorfosen. At Furulundskiferens mineralskap henholdsvis under og over amfibolitnivået gir uttrykk for forskjellige facies og ikke har sin årsak i forskjellig kjemisk sammensetning er - så vidt jeg kan se - tydelig. (Th. Vogt mente at det var mye som talte for at denne sterkere metamorfose i de høyere nivåer stod i en forbindelse med de antatte granit-injeksjonene her). (28, s. 197).

Et meget tydelig trekk er den breksiering av skifrene som har funnet sted langs de malmførende horisonter. (Det ser ut som om denne breksieringen er bundet til den malmførende sone).

På fig. 1 nedenfor er vist et bilde av en stuff fra den breksierte og kloritiserte sone i heng av Charlotta-malmen. Denne stuff er tatt fra G. Kautsky's "agglomeratsone" i heng av Charlotta. Den avbildete stuff er (med sikkerhet) intet agglomerat og jeg har heller ikke funnet noen tydelige agglomeratstrukturer innen denne breksierte sonen.

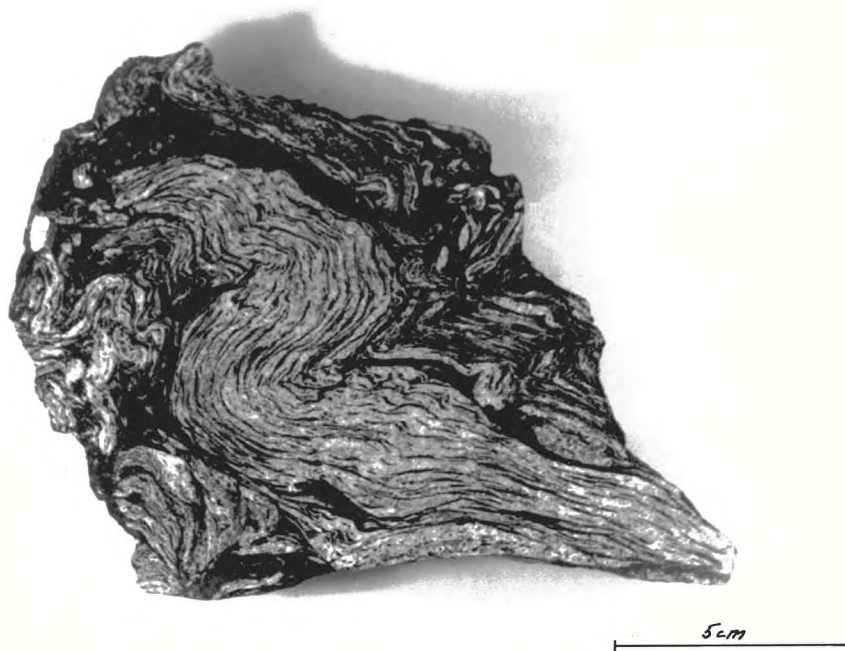


Fig. 1. Heng av Charlotta-malmen ved Sjønståsynken på Grunnstollnivå.

Tilsvarende "agglomeratstrukturer" har vi også i ligg av Giken på de dypere nivåer og i ligg av det meste av Nordsynk-malmen. .

At det i det minste her imidlertid dreier seg om sterkt tektoniserte skifre som er brekksiert og kloritisert er det dog mye som taler for, idet man kan se alle overganger fra uomvandlete til brekksierte skifre. (Se fig. 2).



Fig. 2. Overgang - med svakt diskordant grense - fra skifer til breksiert og kloritisert skifer i ligg av Nordsynk-malmen. (Nordsynken gruve, spisebu, - 83 m).

Hj. Sjøgren oppfattet også "kloritgranulitens brecciezon" som et resultat av breksiering av skifre og omtaler flere tilfelle hvor han kan påvise en gradvis overgang. (17, s. 368 og s. 371).

Aldersforholdet mellom breksieringen og kisdannelsen (slik vi ser kisen idag) er interessant. Endel observasjoner tyder på at i det minste en del av denne breksieringen har skjedd før kisdannelsen, idet man kan se inneslutninger av breksiert og kloritisert skifer av samme petrografiske karakter som den som er gjengitt på fig. 2 inne i massiv kis.

Av fig. 3 fremgår hvorledes disse foldete skiferfragmentene nærmest ligger som "relikter" i malmen. Slike observasjoner burde tale for at breksieringen av skiferen var skjedd før malmdannelsen (slik vi ser malmen idag).

At vi også har hatt bevegelser og derav forårsakede foldninger innen Sulitjelma-feltet også

etter malmdannelsen er det mye som taler for.

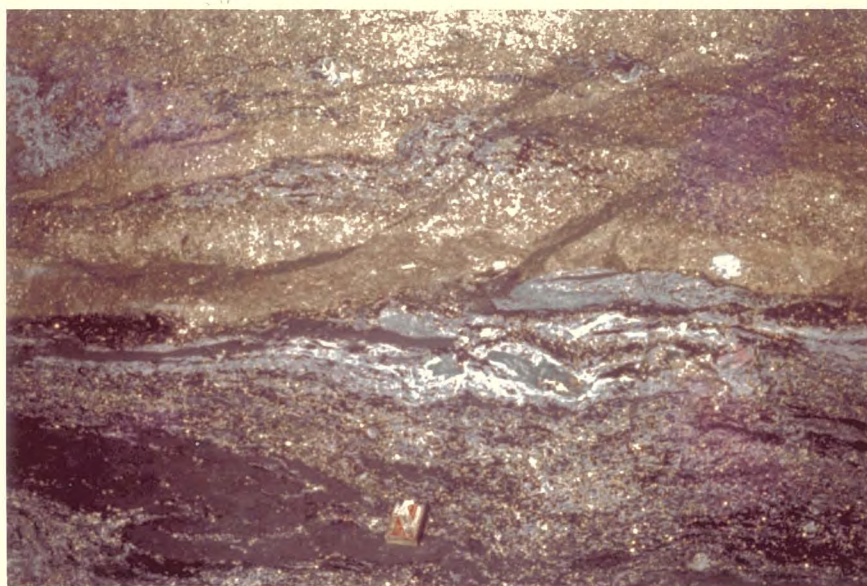


Fig. 3. Inneslutninger av breksierte og kloritiserte skifer i kis. (Nordsynken gruve, - 233 m).

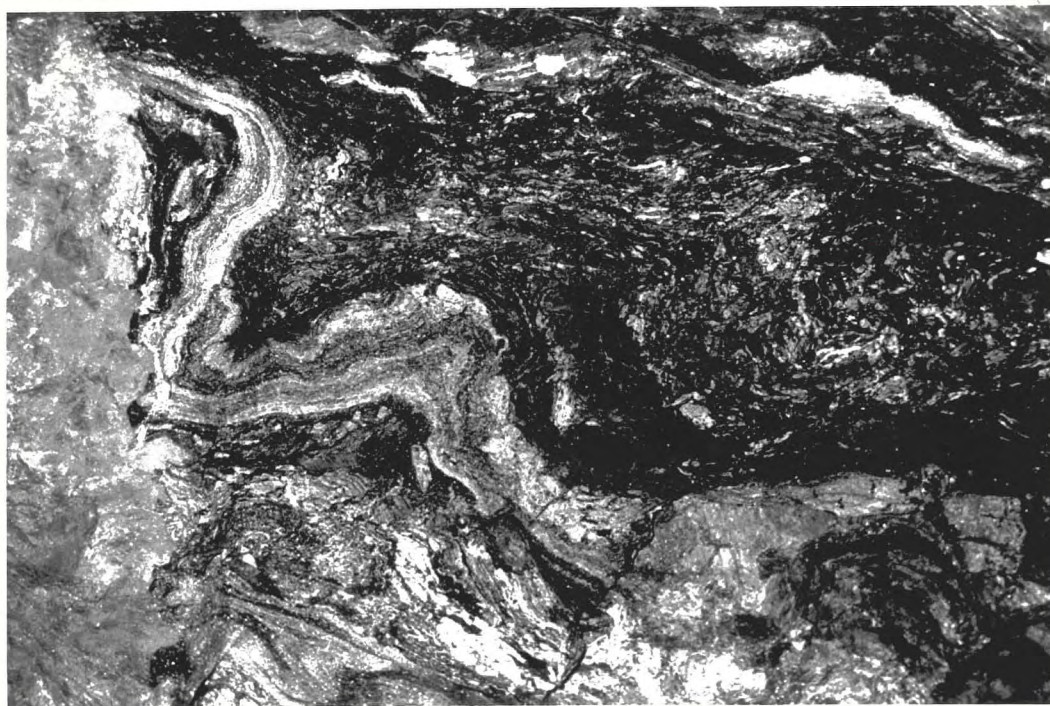


Fig. 4. Foldete lag med kisimpregnasjon og klorit i Charlotta-sonen. (V/Sjønståsynken på Grunnstollnivå).

Bildet på fig. 4 gjengir et foldet parti fra Charlotta-sonen. Inntrykket er at disse foldningene har skjedd etter malmdannelsen selv om det må medgis at det kanskje er en mulighet for at eventuelle malmførende oppløsninger har fulgt allerede foldete lag.

De kraftigt deformerte svovelkiskrystallene som kan påvises i Charlotta's impregnerte kloritsone taler også for en bevegelse etter malmdannelsen.

Som et bevis for at bevegelser - om enn i noe mindre skala - har funnet sted etter malmdannelsen, har vi de såkalte "speil" som er utviklet noen steder i gruvene.

Det vakrest utviklete av disse befinner seg på - 233 m i Nordsynken gruve, ca. 25 m vest for Mavassynken. I hengen av feltorten er det her blottet et "speil" i impregnasjonssonen. "Speilet" er mange m² i areal med fast impregnasjon over og noen cm mektig impregnasjon under som øker til ca 30 cm et par meter lengere vest der "speilet" ikke er blottet.

Tilsvarende fenomener - om ikke så pent utviklet - kan også observeres andre steder i gruvene, f. eks. på etg. Bodin i Charlotta gruve.

På fig. 5 er gjengitt et bilde av "speilet" på - 233 m i Nordsynken gruve.

Et meget diskutert spørsmål er hvorvidt kiese-ene opptrer konkordant med de omgivende skifre.

Fra det siste arbeidet vedr. Sulitjelma (11, s. 142) siteres: "Die Kieslager bei Sulitjelma sind in die im vorigen Abschnitt kurz charakterisierten Biotitschiefer völlig konkordant eingeschaltet". (H. Krause, 1956).

Observasjoner som taler mot denne påstand er vanskelig å unngå. På fig. 6 er gjengitt et bilde fra heng av Giken-malmen. Rent klassifikatorisk er dette en diskordans mellom skifer og malm. Slike diskordanser er ikke uvanlig og kan ofte følges flere meter i strøk. Slike observasjoner gir nok et bidrag til detaljtektonikken, men hvorvidt de kan tillegges noen genetisk vekt er vanskelig å si.

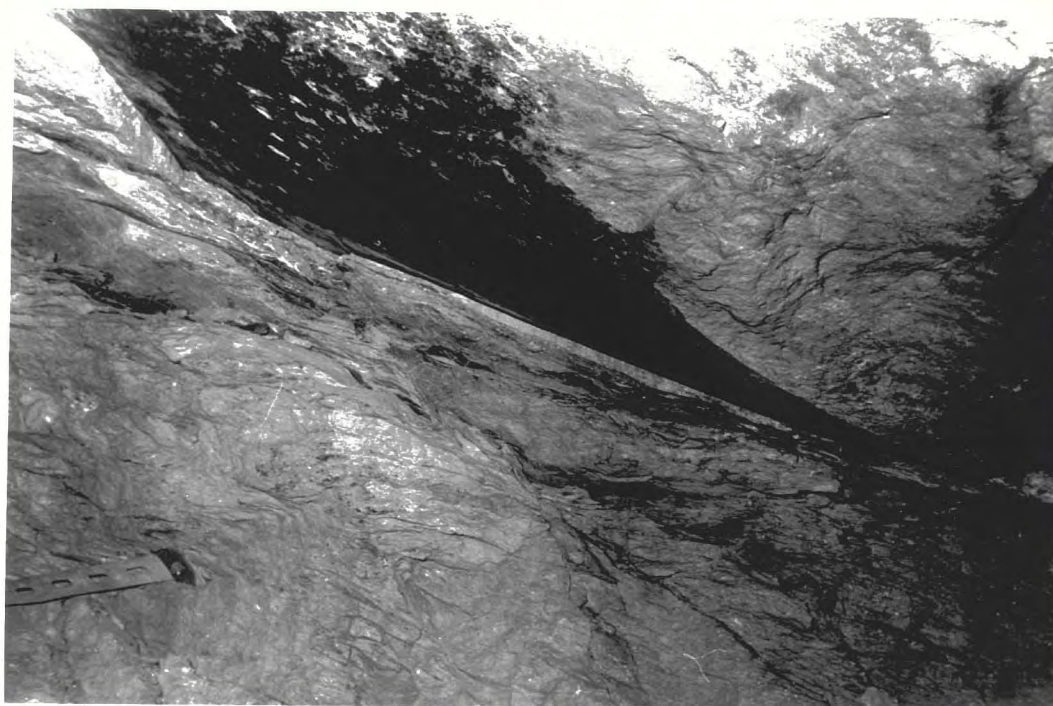


Fig. 5. "Speilet". (Nordsynken gruve, - 233 m, v/Mavassynken).



Fig. 6. Diskordans mellom kis og skifer. (Giken gruve, v/synk II).

Gafling av kisgangene opptrer i fra cm. målestokk til den størrelsesorden som tilkjennegis ved Apofysen's gafling ut fra Giken hovedgang. På fig. 7 er gjengitt et bilde fra en liten gafling i heng av Nordsynk-malmen.

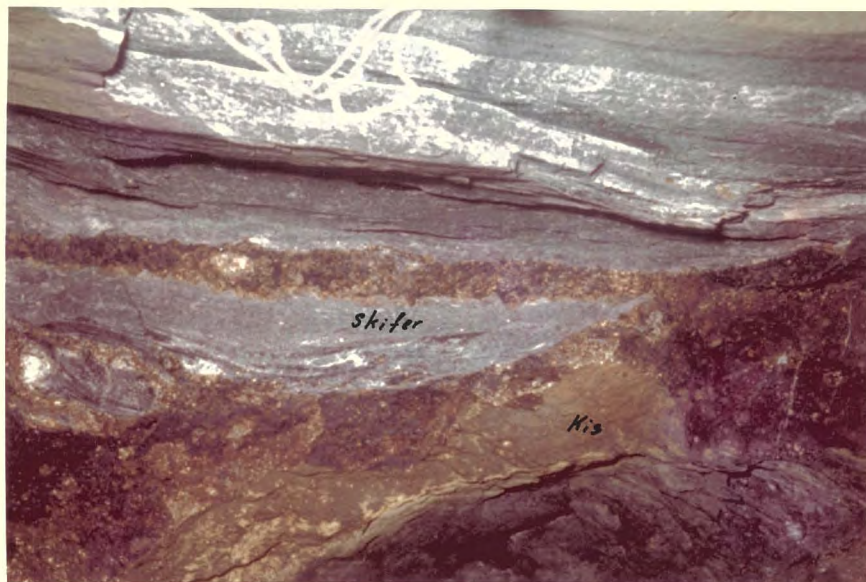


Fig. 7. Gafling av kisgang. (Nordsynken gruve, - 83 m V).

Diskordanser med liten vinkel mellom skiferens lagdeling og grensen skifer/kis er meget vanlig i Charlotta-Giken feltet.

På fig. 8 er gjengitt et bilde som viser et slikt detaljtektonisk trekk fra Giken gruve. De hvite lagene i den her gjengitte Furulundskifer er spesielt kvartsrike partier, og så vidt jeg kunne avgjøre var det intet som talte mot det at disse ga uttrykk for skiferens primære lagdeling og ikke var et sekundært skiffrighetsfenomen. Slike diskordanser er svært vanlig, men kan som oftest kun følges noen meter langs feltortene.

At slike diskordanser også var vanlig i de gamle partiene av gruvene fremgår av Sjøgren's dagbok: "Det måste erkännas att i regeln gränsen mellan

skiffrar och malm ej är konkordant med skiffringen" og "Såg flere stædes i strossarne huru kisen afskâr skiffrarnes skiktning dock alltid i spetsig vinkel". (Sitater fra Sjøgren's dagbøger).

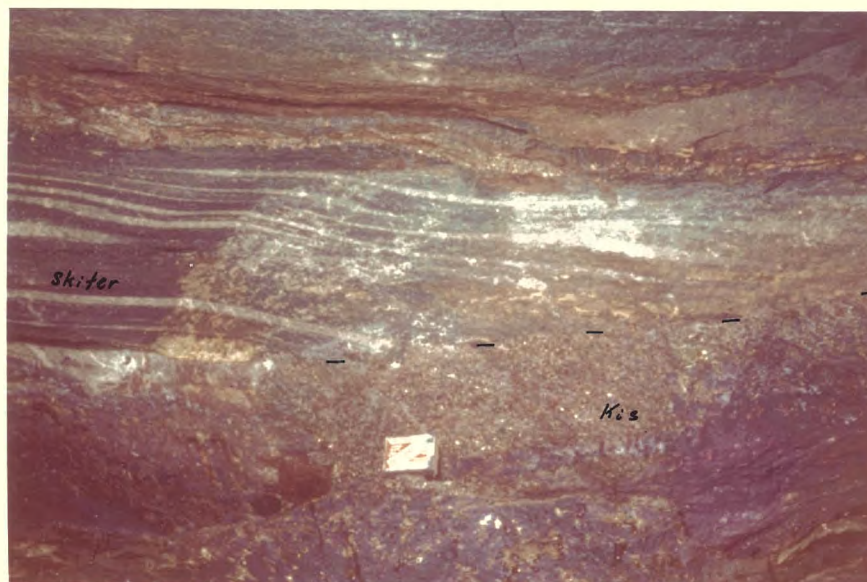


Fig. 8. Diskordans (?) mellom Furulundskifer og kisgang. (Giken gruve, synk II, 2 tvb. vest, like ved synken).

Hovedinntrykket er at kisen ikke er adskilt fra sidestenen ved slepper (heng- og liggslepper). Dette gjelder i hvert fall for de tilfeller hvor malmen grenser mot den vanlige Furulundskiferen. Enkelte steder kan en dog observere at kisen har glidd langs skiferen og at forskjellige medslepningsstrukturer har oppstått. Slike uregelmessigheter er dog relativt sjeldne og opptrer i liten målestokk. Det er således - så vidt jeg kan se - ikke noe som taler for at den forhåndenværende heng og ligg er av fremmed karakter.

Forkastninger er sjeldne og har da en meget liten spranghøyde slik at de ikke spiller noen særlig praktisk rolle for gruvedriften.

Den mest markerte forkastning er kanskje den som opptrer i Beiarsynken (Trøftensynk I). Her er nordpartiet sunket ned og spranghøyden kan kanskje settes til en størrelsesorden av 3-4 m. Det er mulig at retningen for de observerte forkastninger faller sammen med en av de mer markerte diaklaseretninger innen feltet, nemlig N 60°V.

Diaklasene.

Som tidligere omhandlet i litteraturen - se spesielt Th. Vogt (28, s 116) - er et av de mest iøynefallende trekk hos Furulundskiferen dens steiltstående forkløftninger. Også vedrørende diaklasene gjør det seg gjeldende motstridende observasjoner og konklusjoner.

Th. Vogt som har et ganske omfattende observasjonsmateriale som grunnlag behandler diaklasenes dannelse forholdsvis tentativt men konkluderer med: "Sulitelmadiaklasene gir efter min mening et fortrinlig eksempel på den opspaltning som fremkommer ved en bristing efter maksimum av tangentialspenningene, eller skjærspenningene -".

G. Kirchner konkluderer (s 89): " -, dass es sich auf keinen Fall um Scherklüfte handelt, sondern Klüfte, die durch Zerrspannungen im Gestein entstanden sind".

En nærmere undersøkelse av hvorledes diaklasystemene i Kautskys forskjellige dekker forholder seg til en annen og Furulundskiferens diaklaser i relasjon til kisen er interessant.

Diaklasene er særdeles godt utviklet i Furulundskiferen og man ser dem også i det store amfibolitkomplekset. I amfiboliten varierer dog dette - sammen med skifriheten - sterkt, i det disse noen steder er pent utviklet, andre steder nesten helt vekke. Tilsvarende forhold gjør seg til en viss grad gjeldende for Furulundskiferen, i det mitt inntrykk var at skiferen i dagen ved Hankabakkens impregnasjonssone ikke på langt nær hadde diaklaser og skifrihet så pent utviklet som ellers. Kanskje dette indikerer noe om aldersforholdet impregnasjon/diaklasedannelse ?

Hvorvidt de samme diaklasene gjennomsatte både Furulundskiferen (Kautsky's Pieskedekke) og amfiboliten (Kautsky's Vastendekke) har jeg ikke kunnet tydelig påvise. Kirchner skriver dog (s 86): "Beide Kluftscharen dringen sowohl durch die Pieskedecke als

auch durch die Vastendecke. Sie sind also jünger als die Deckenüberschiebung".

Når det gjelder diaklasenes relasjon til kisen skriver Kirchner (s 89): "Das Kluftsystem durchsetzt auch die Erzlager, -".

Mine observasjoner er her motstridende. Noen steder ser det ut som om diaklasene i Furulundskiferen fortsetter gjennom kisen. (F. eks. gjennom Gikengangen på kote 60 ved Egeberg Faring). Fig. 1 nedenfor taler imidlertid kanskje mot dette som en generell regel.

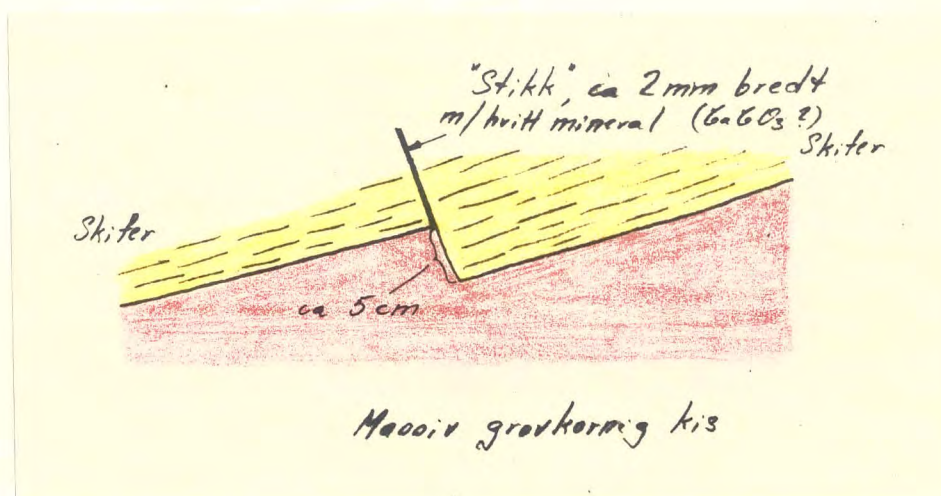


Fig. 1.

Observasjonen skriver seg fra Nordsynken, og så vidt jeg kunne avgjøre hadde denne sprekken den samme orientering som de herskende diaklaser i området.

Berging. I. Dybdahl meddeler at han har gjort tilsvarende observasjoner vedrørende diaklasene og oppfatter disse som dannet før malmdannelsen. Nå er jo sulfidene forholdsvis lett mobiliserbare og kisen og skiferen har forskjellige mekaniske egenskaper, så man bør kanskje ikke være for rask til å trekke noen konklusjon om aldersrekkefølgen kis/skifer på grunnlag av diaklasesystemenes utforming.

I alle tilfeller er det min erfaring at de flater i kisen som man kanskje kan oppfatte som dens

diaklaser er svært dårlig utviklet og på ingen måte kan sammenlignes med Furulundskiferens.

Lignende strukturer som gjengitt på fig. 1 er også observert andre steder, f eks i Giken ved synk II (Fig. 2).

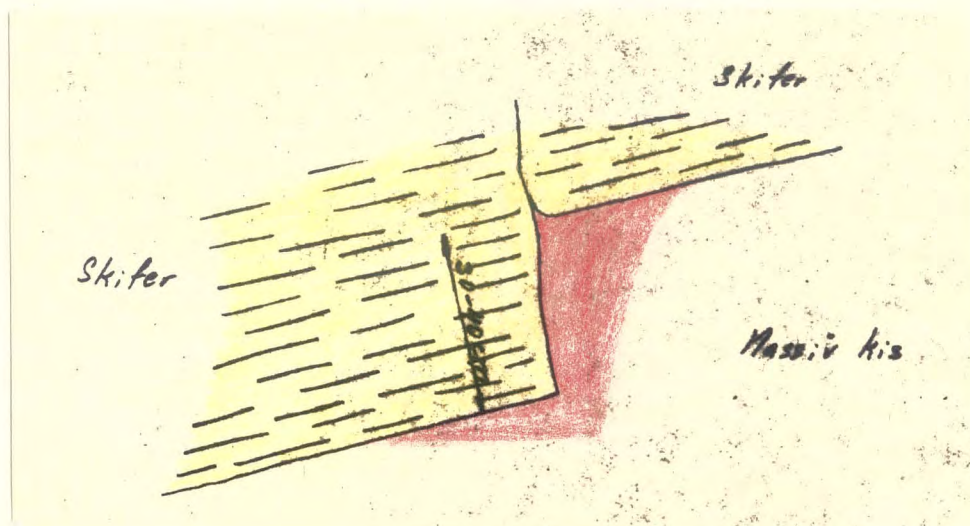


Fig. 2.

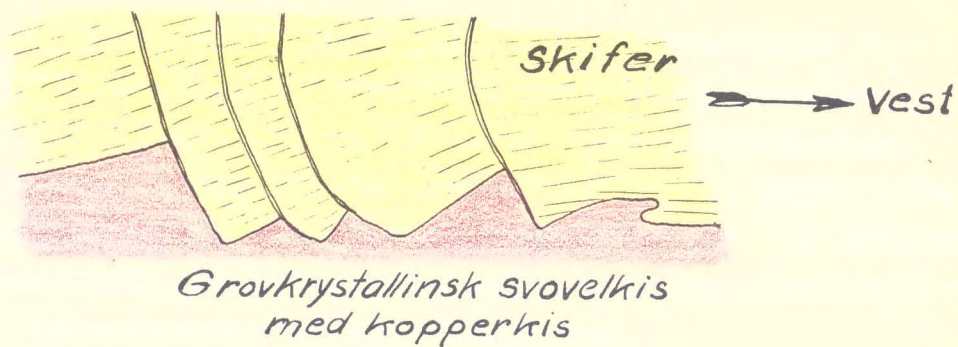
Jeg har her også gjengitt to skisser utført av I. Dybdahl (Fig. 3 og 4). Hans ene observasjon skriver seg fra Giken mens den annen er fra Jakobsbakken.

Slike strukturer som er gjengitt på disse skissene taler kanskje til fordel for en epigenetisk dannelselse. Men de er - etter min erfaring - på ingen måte vanlig i gruvene og hører til unntagelsene.

Diaklasene er av og til - og da særlig i Helsan i Giken gruve - fylt med kompakt kvarts opp til ca 15 - 20 cm's mektighet. Også kalkspat og klorit er (muligens) observert som diaklasemateriale.

Noen opptreden av bestemte sulfider i diaklasene i nærheten av kisen - som indisium på at disse sulfider skulle være dannet senere enn diaklasene eller event. mobilisert - er ikke påvist.

Som omtalt under avsnittet om forkastninger er det mulig at de små forkastninger som er påvist i Charlotta - Giken feltet og som skjærer gjennom kisen opptrer langs diaklaser.

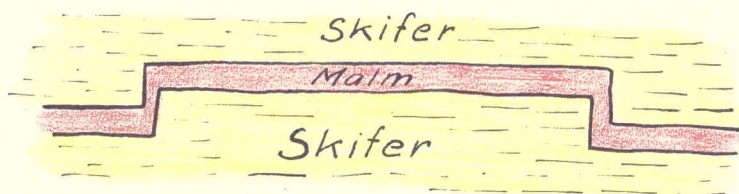


Detalj fra hengparti av malm
Nivå 37, Mavaspartiet, Giken Grube.

M. 1:10

④

Fig. 3.



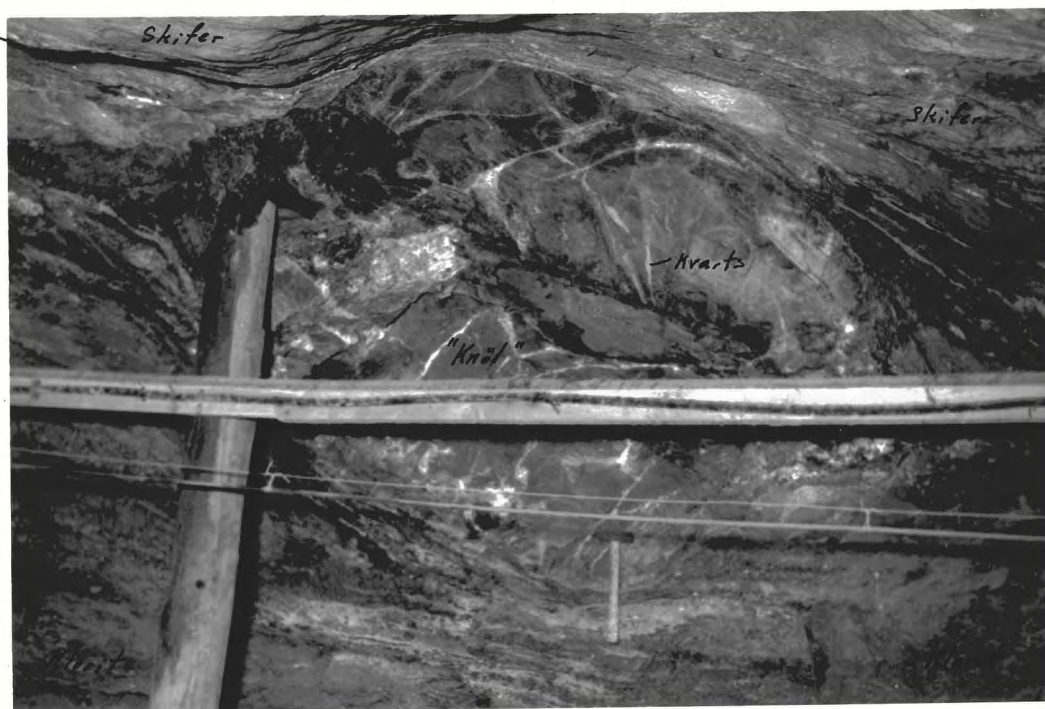
Lengdeprofil, tvb 11 ½ N
Jakobsbakken Grube.

Fig. 4.

"Knøler".

Kisene i Sulitjelma er karakterisert ved sin "leie"-formede opptreden over store arealer, hvilket kanskje er et indisium for en sedimentær dannelse. Disse kis-"fløtsene" er dog på ingen måte regelmessige i sin opptreden idet det hyppig opptrer inneslutninger av uregelmessige skiferpartier og av mer linseformede massive bergarter.

Disse linseformede fremmedlegemene eller bollene er av høyst forskjellig størrelse og petrografisk karakter. Størrelsen varierer fra en diameter på noen cm. til flere meter. Slike inneslutninger som ofte kan fortrenge hele kisgangen benevnes populært som "knøler" eller "hollendere". På bildet nedenfor er vist en velutviklet "knøl".



"Knøl" i kisgang. Fra mellom 4. og 5. tv. b. vest ved synk II, Giken gruve.

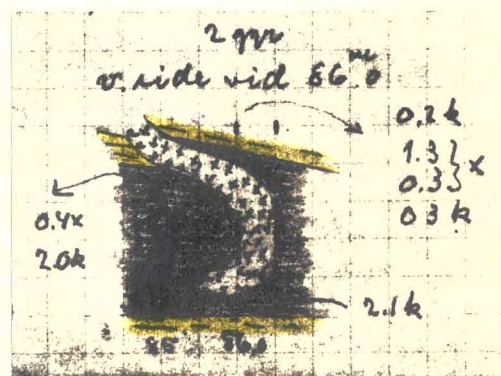
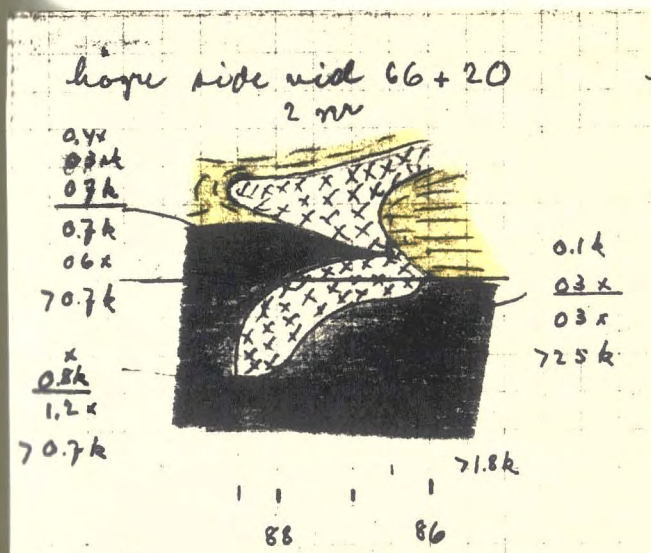
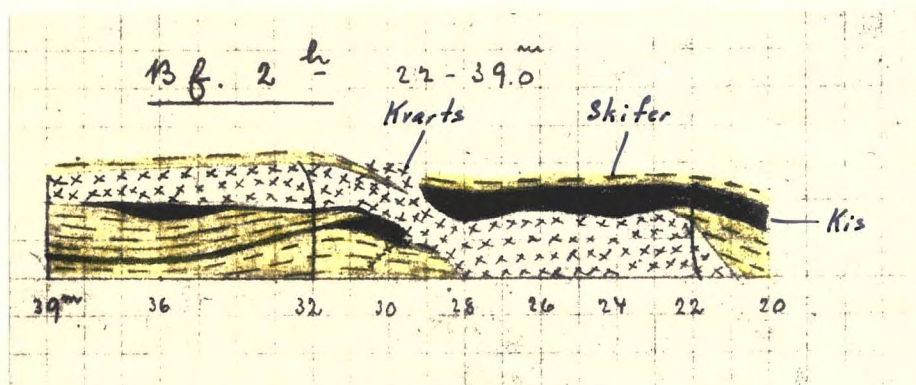
Av bildet fremgår hvorledes "knølen" her fortrenger hele kisgangen og hvorledes heng og ligg smygger seg rundt "fremmedlegemet". (Tynnslip nr. 4).

Kvarts- og anhydritgangene.

I den malmførende horisont av Furulundskiferen opptrer en rekke kvarts- og anhydritganger. Jeg har fått inntrykk av at disse er bundet til den malmførende horisont. Dette er også hevdet tidligere. (Tor Christoffersen, s 34: "Dette tolker jeg slik at kvartsgangene er bundet til den breccierte malmførende sone). Enkelte kvartsganger med mektighet opp til ca 75 cm er dog observert gjennomsettende amfiboliten.

Selv om kvarts- og anhydritgangene i Charlotta - Giken feltet er et meget karakteristisk trekk så kan hyppigheten av deres opptreden dog ikke - ifølge markscheider H. Olsen - sidestilles med forholdene i Bursi gruve, hvor man kanskje har den graven i Sulitjelma som er rikest på kvartsganger.

For å belyse deres opptreden er på fig. 1 gjengitt noen profiler etter Fr. Carlson. Disse profiler er fra Giken gruve.



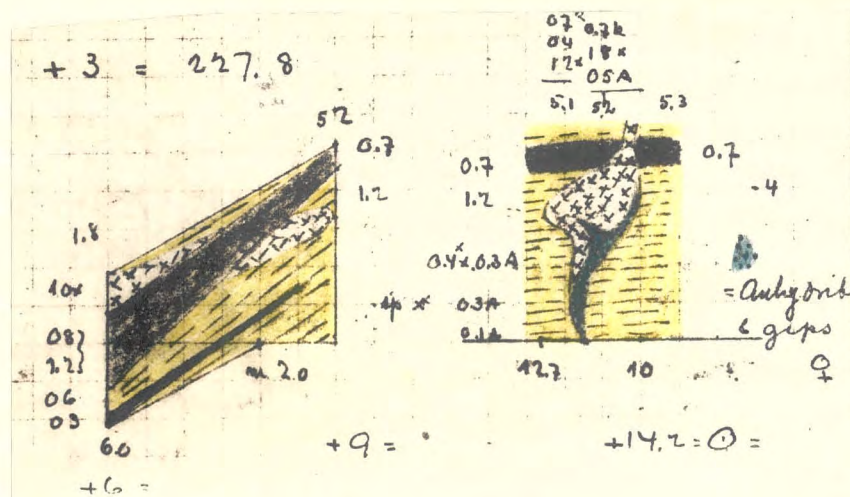


Fig. 1. Kvarts- og anhydritgangenes opp-
treden i relasjon til Furulundskifer og kis.
(Fra Giken). (Kop. Carlson's profiler).

Et karakteristisk trekk i Charlotta - Giken feltet er at de mer utpregete kvartsganger i Giken går over til anhydritganger på dypet i Nord-synken. I Giken kan man ofte se kvartsen fylle sprekker med samme orientering som diaklasene, men dette er ingen regel. De mer utpregete kvartsganger i Giken som er anført på gruvekartene har dog et strøk på henholdsvis ca N 60° V og ca N 30° V. Dette er to av de fire verdier Th. Vogt angir på sine diaklaseroser. (28, s 119). De fleste av kvarts- og anhydritgangene er dog, etter min erfaring, så uregelmessig i sin opptreden at noe generelt strøk eller fall ikke kan angies. Likeledes er det vanskelig å forfølge dem, slik at det ikke har vært mulig å peke ut noen generell tilførselsretning.

Alt i alt kan man si at man har alle overganger fra forholdsvis utholdende, steiltstående kvartsganger som kan følges opp til 100 - 200 m i strøk i Øvre Giken til helt uregelmessige partier mot grensen til amfiboliten i heng av Charlotta. (F. eks. mellom Kjerringøy og Bodin).

For Bursi's vedkommende er det ifølge Tor Christoffersen's karter en sammenheng mellom kvartsgangene og de rikeste kobberpartier. På grunn av kvartsgangenes adskillig sparsommere opptreden i Charlotta - Giken feltet enn i Bursi har ikke forholdene lagt til rette for en slik undersøkelse her.

I tilknytning til kvartsgangene opptrer ofte druserom med zeoliter. I følge Fr. Carlson's notater er det i Charlotta - Giken feltet påvist følgende zeoliter: apofyllit, heulandit, stilbit, desmin, harmotom og scolesit. (I Ny Sulitjelma gruen er også påvist okenit). Et annet lavtemperatur - mineral som er forholdsvis vanlig i Giken, Charlotta og Nordsynken er thaumasit. (Th. Vogt: "Thaumasite from Sulitelma, Norway". NGT, 291, 1938).

I anhydritpartiene i Nordsynken kan man av og til se slirer og nærmest reaksjonsrender av et gul-grønt mineral. Dette er ved røntgen-pulver metoden og lysbrytningsindeks-bestemmelser (Na-lys) bestemt til ortoklas (ikke sanidin) og tyder muligens på at disse er dannet ved en litt høyere temperatur enn de zeolitførende kvartsganger i Giken.

Fra en kvartsgang ved Giken på Grunnstollnivået er ved røntgen-pulver metoden påvist skapolit.

I kvarts- og anhydritgangene opptrer ofte svovelkis, dog helt underordnet.

I Nordsynken (- 106 v) er iaktatt ganger med noen cms mektighet gjennomsettende skiferen og fylt med hornblende og underordnet litt svovelkis.

Druserommene kan også være rike på kalkspatkrystaller - ofte utviklet som skalenoedre. I følge Fr. Carlson's notater er i Giken også påvist baryt og celestin.

Mitt inntrykk er at hele denne lavtemperaturmineraliseringen - som er et meget karakteristisk og gjennomgående trekk i Charlotta - Giken feltet - har foregått etter maldannelsen og at den nøye er bundet til den malmførende breksierte sone, og bør

oppfattes som et bevis for at det har foregått hydro-
thermal virksomhet langs malmhorisontene. Hvorvidt den
er en direkte lavtemperatur fortsettelse av de pro-
sesser som ledet til kisdannelsen - som bl. a. hevdet
av Th. Vogt - skal dog være usagt.

Tungmetall- og ertsmineralfordelingen.

I oppgaven inngår - på grunnlag av nøyaktig prøvetaging innen et utvalgt område i en av gruvene - å undersøke tungmetall- og ertsmineralfordelingen.

Det undersøkte området er tegnet inn med sort ramme på plansje 1 og befinner seg i Nordsynken gruve. Området er ca 250 x 300 m (i horisontalprojeksjon), med et gjennomsnittlig fall på ca 30° og en gjennomsnittlig mektighet på ca 2 m.

For Bursi's vedkommende er det ifølge Tor Christoffersen's elementfordelingskart en lovmessighet for opptreden av på den ene siden % Cu og på den annen % S / % Cu. Svovelkisfordelingen står omtrent vinkelrett på kobberkisfordelingen, hvilket oppfattes som et indisium for to forskjellige malm-dannelser.

Som grunnlag for undersøkelsen er først og fremst anvendt bedriftens malmføringskart. På grunnlag av systematiske prøvehugginger i feltortene - hver 10. m i felt - blir det opptegnet såkalte malmføringskart i målestokk 1 : 800. Disse angir mektighet av henholdsvis ren- og impregnasjonsmalm i målestokk 1 : 400, kg kobber pr m² gangflate, tonn malm pr m² gangflate og henholdsvis % Cu, S og Zn. Disse verdier svarer til gjennomsnittet over den drivbare mektighet.

Hvis vi f. eks. tar for oss det undersøkte område i Nordsynken vest, angir vedkommende malmføringskart verdier for % Cu fra 0,6 til 19,8, % S fra 1,3 til 48,2 og % Zn fra 0,2 til 7,8.

For å supplere malmføringskartets data ble det i ca 1½ uke hugget prøver på bergfester i strossene mellom feltortene. På grunn av at de fleste strossene enten var muret eller rast igjen ble det kun hugget ca 20 profiler fra strossene.

Plansje nr 4 viser fordelingen av kobber. Størrelsen på sirklene indikerer % Cu. Som det fremgår av denne plansjen er dette et alt for svakt observasjonsnett for å trekke noen sikre "isokonsentrasjons"-

kurver. Antagelsen om lineær variasjon av kobberprosenten mellom de enkelte punkter og avmerking av flere interpolerte verdier i samsvar med dette førte heller ikke frem.

Tor Christoffersen har på sine kart valgt forholdet $\% S / \% Cu$ for å få et mål for prosentvis mengde av svovelkis. (På mine elementfordelingskart hadde jeg til hensikt å plote verdier for uttrykket $\% S - \% Cu - \frac{1}{2} \% Zn$ istedet for uttrykket $\% S / \% Cu$. Under forutsetning av at vi kun har tilstedeværelsen av ertsmineralene $CuFeS_2$, FeS_2 , $Fe_{1-x}S$ og ZnS , og at kobberkisens og sinkblendens sammensetning er støkiometrisk, vil den mengde svovel som er bundet til svovelkis og magnetkis kunne uttrykkes ved uttrykket: $\% S - 2S/Cu \cdot \% Cu - S/Zn \cdot \% Zn = \% S - 1,01 \cdot \% Cu - 0,49 \cdot \% Zn$, d. v. s. $\% S - \% Cu - \frac{1}{2} \% Zn$).

Et moment man bør være klar over når man vurderer svovel- og kobberfordelingen innen Nordsynken gruve er at vi her har en rekke forskjellige malmtyper. Foruten inndelingen i renkis- og impregnasjonsmalm på malmføringskartene har vi to forskjellige renkistyper. Skillet går parallelt heng og ligg og med hovedsakelig finkornig svovelkis i heng og kobberkis og svovelkis i ligg. (Nærmere omtalt under Nordsynken gruve).

Skal man få tilstrekkelig observasjonsmateriale som grunnlag for en vurdering av Cu- og S-fordelingen innen et begrenset område - er det min erfaring - at det kreves et ganske tett observasjonsnett (kanskje med en m's avstand mellom profilene og gjerne med systematiske analyser fra heng til ligg for å få frem den rumlige fordeling), og at prøvehuggingen følger opp like etter driften mens gruverummene ennå er tilgjengelige.

Tidligere teorier vedrørende ertsmineralfordelingen.

Nedenfor er kort kommentert tidligere teorier om ertsmineralfordelingen og da spesielt teorier vedrørende kobberkisens opptreden.

G. Holmsen skriver i 1917: "Som regel har malmens liggende den største kobbergehalt" og "Kislinsernes utgaaende er gjerne smalere end malmen blir nedentil, men kobbergehalten er størst nærmest dagen" (8, s 20).

Regelen om at malmens liggende skulle ha den største kobbergehalten har - så vidt jeg kan avgjøre - en del for seg. Til støtte for denne regelen taler forholdene i Nordsynken gruve hvor liggmalmen jevnt over er rikere på kobberkis enn hengmalmen. Også for impregnasjonsmalmer kan tilsvarende forhold nevnes. (Et diamantborhull fra ort 283 i Hankabakken gjennom hele mektigheten for å prøveta denne viste at etter liggen, i en mektighet av 1,0 m, var kobbergehalten 1,7 %, mens gehalten i de ovenforliggende lag på 7 m dreiet seg om 0,2 - 0,3 %). For Hankabakkens vedkommende gjelder forøvrig det interessante forhold (ifølge årsrapporten for 1954) at kobberkisimpregnasjonen ikke alltid følger impregnasjonsbåndet med svovelkis, slik at det er vanskelig under drift å fastslå de drivverdige grenser.

Så lenge man ikke har til rådighet en representativ mengde med analyser for å fastslå om liggen - stort sett - er mer kobberrik enn hengen, er en vurdering rent empirisk og jeg har derfor nedenfor sitert en del utdrag fra Hj. Sjøgren's notater.

"Det är regel här (Giken) liksom också i Charlotta, att då flera sådana gångar finnes, så är den understa, liggandets Cu-kis, der eller de öfre svafvelkis. Om Pb-glans förekommer, så är det alltid närmast liggandet. - Om Cu- och Fe-kis förekomma i samma gång, skiljda åt, så är också Cu-kisen i liggandet, skarpt skild från den andra" og "Vogt säger att i Røros är det regel, att Cu-kisen är samlad i

hångandet af malmen, tvärs emot här vid Sulitelma".

(Å avgjøre en slik ting ved selvsyn under noen ukers feltarbeide er ikke mulig. På den andre side fremgår det av Sjøgren's notater at han på sin tid kjente Sulitjelma-gruvene svært godt).

At kislinsenes utgående gjerne er smalere enn malmen lenger nede gjelder nok også stort sett for Sulitjelma-gruvene, f. eks. for Giken og Jakobsbakken.

G. Holmsen's regel om at kobbergehalten er størst nærmest dagen er det vanskelig å si noe bestemt om. De nåværende malmføringskart omfatter ikke det utgående. I så tilfelle ville det vel være mest naturlig å forklare forholdet ut fra en supergen anrikning av kobber fra en øvre utlutingssone som nå er fjernet p. g. a. erosjon. (H. Bjørlykke: "Supergene anrikninger av koppar i våre kisforekomster", NGU, årbok 1959).

Uttalelser fra mennesker som kjente gruvene under tidligere driftsperioder kan her ha verdi.

(Sjøgren's notater: "Ställer till Carlson den frågan huruvida i stort sedt malmen varit Cu-rikare närmare dagen, hvilket han förnekar hänvisande på att äfven Cu-rika partier funnits på djupet i båda flankerna (=gaflarne), der malmen enligt all erfarenhet är Cu-rikast (liksom i Giken). Medger dock samtidigt, att dessa Cu-rika partier på djupet ej varit så vidsträckta som vid dagytan").

Vedrørende kobberets opptreden har også den teori vært fremsatt at % Cu skulle være omvendt proporsjonal med mektigheten, slik at kg. Cu pr. m² gangflate skulle være konstant. Malmføringskartet for Nordsynken vest viser imidlertid at kg. Cu pr. m² gangflate der varierer mellom 34 og 1420.

At malmen taper i gehalt etter som mektigheten tiltar kan dog ha sin gyldighet selv om det ikke er noen generell regel. På etasje 3 og 4 i Giken, hvor renmalmen går over til svovelkisimpregnasjon mot vest, taper malmen i gehalt etter som mektigheten

tiltar. Det foregår med andre ord en spredning av metallgehalten, slik at Giken får en økonomisk grense mot vest. Denne ser ut til å falle sammen med Gamle Charlottas østgrense, som følges av et karakteristisk sprekkesystem.

Og at man på den annen side også kan ha malmer med liten mektighet og rike kobberkonsentrasjoner er nok også tilfelle. På etasje 7 i Giken (ved synk II) er det åpnet en etasje som har blottet malm av liten mektighet i likhet med etasje 6 øst. Dette er av den rikeste malm som er oppfart i Sulitjelma (med 10 til 15 % Cu).

Ortene på etasje 3 og 4 mot vest i Giken fører samtlige kisrender og uren kis og er av en annen karakter enn lenger øst (i Gikengangens sentrale del), hvor kobber- og svovelkisen foreligger "krystallisert hver for seg" - ofte i vakre eksemplarer av den berømte såkalte "Charlottatype". Enda lenger mot øst kiler denne rike Giken-gangen ut og vi får klorittimpregnasjon som i den østenforliggende Mavas-synken. I denne klorittsonen kan man støte på små kobberrike ganger - dette kan man se både i liggen av Mavas-synken og mot øst i Giken.

Også den teori har vært fremsatt at de store kobberprosenter opptrer der hvor vi har den grovkrySTALLINE utvikling av svovelkisen. Mot dette kan innvendes at grunnmassen som de store svovelkisbollene ligger i, varierer i sammensetning fra nesten ren kobberkis til ren magnetkis.

Det kan her nevnes at på Jakobsbakken (etg. 11) har vi en storstilet utvikling av store svovelkiskrystaller, men de er her skarpkantet og med magnetkis som grunnmasse. Også etasje 13½ nord på Jakobsbakken viser skarpkantede svovelkisterninger i en grunnmasse av hovedsakelig magnetkis. Her er dog malmen meget Cu-rik.

At vi også kan ha meget gode kobberprosenter uten tilstedeværelsen av den grovkrySTALLINE kisen er heller ikke vanskelig å ettervise. (Etasje 6 øst i

Giken har blottet en kisgang med impregnasjon i liggen av 0,5-1,0 m mektighet og med meget god kobberprosent. De kjente avrundede svovelkiskrystaller opptrer dog ikke her).

En sonar fordeling av ertsmineralene innen kisforekomstene var tidlig erkjent. Th. Vogt forklarte dette ut fra en squeezing-teori (27, s 482). (Det bør nevnes at også ut fra en antagelse om en ekshalativ-sedimentær dannelselse er en sonar oppbygging å vente).

Th. Vogt skriver vedrørende "kisernes magmatiske differentiation" (27, s 481) : " - er det en almindelig empirisk regel ved Sulitelma som ogsaa anderstedes at magnetkisen holder sig til de mere perifere deler, ut mot forekomstenes kanter, mens man har svovlkis i midtpartiet", idet han henviser til Jakobsbakken gruve. Den sonare oppbygging av kisforekomstene forklares ved en krystallisasjon av de viktigste ertsmineralene i rekkefølgen svovel-, magnet- og kobberkis i samvirke med en squeezing-teori. Altså en primær differensiasjon fra et kismagma.

Jakobsbakken gruve - som nå muligens er avbygget og som kanskje er den mest regelmessige linjalforekomst i Sulitjelma - er blitt spesielt undersøkt med hensyn til fordelingen av svovel-, magnetkis og impregnasjonsmalm av bergingeniør Ivar Dybdahl. Hans kart viser at en slik sonar fordeling ikke er tilstede.

I følge Th. Vogt's differensiasjons- og squeezingteori så skulle et tilsvarende forhold også gjelde mellom kobber- og magnetkis som det antatte for magnet- og svovelkis. Det er dog en kjensgjerning at mellommassen mellom de store svovelkisbollene gjennomsnittlig i meget stor grad blir dominert av kobberkis i forhold til magnetkis. I følge en slik differensiasjonsteori så skulle man jo her vente å se mer magnetkis enn man finner, noe som også Th. Vogt bemerker (24, s 483).

(Sjøgren skriver vedrørende fordelingen av kobberkis og magnetkis: "Carlson förklarar detta så, att malmerna i allmänhet mot sidorna bli Cu-rikare och föra mera magnetkis än i midten").

Konklusjonen er at en slik sonar oppbygging ofte kan påvises, men er ikke noen fast regel.

Fig. 1. Sonaroppbygging for en sonar med en sonarhode i midten.

Fig. 2. Sonaroppbygging for en sonar med en sonarhode i midten. Sonaroppbyggingen er som i Fig. 1, men sonarhoden er plassert i midten av sonarhoden og sonarhoden er plassert i midten av sonarhoden. Sonaroppbyggingen er som i Fig. 1, men sonarhoden er plassert i midten av sonarhoden og sonarhoden er plassert i midten av sonarhoden.



Fig. 3. Sonaroppbygging for en sonar med en sonarhode i midten. Sonaroppbyggingen er som i Fig. 1, men sonarhoden er plassert i midten av sonarhoden og sonarhoden er plassert i midten av sonarhoden.

Undersøkelse av magnetkiser ved røntgendiffraksjon.

På grunnlag av de resultater som foreligger fra laboratorieforsk vedrørende Fe - S systemet og som er publisert i Annual report of the director of the geophysical laboratory, Carnegie Institution of Washington, har jeg undersøkt magnetkis fra Giken gruve i Sulitjelma.

Likevektskurven for reaksjonen mellom svovel og magnetkis er vist på fig 1. Som det fremgår av diagrammet vil en svovelkis som oppvarmes ved konstant trykk gå over til magnetkis + damp (av sammensetning omtrent som ren svovel).

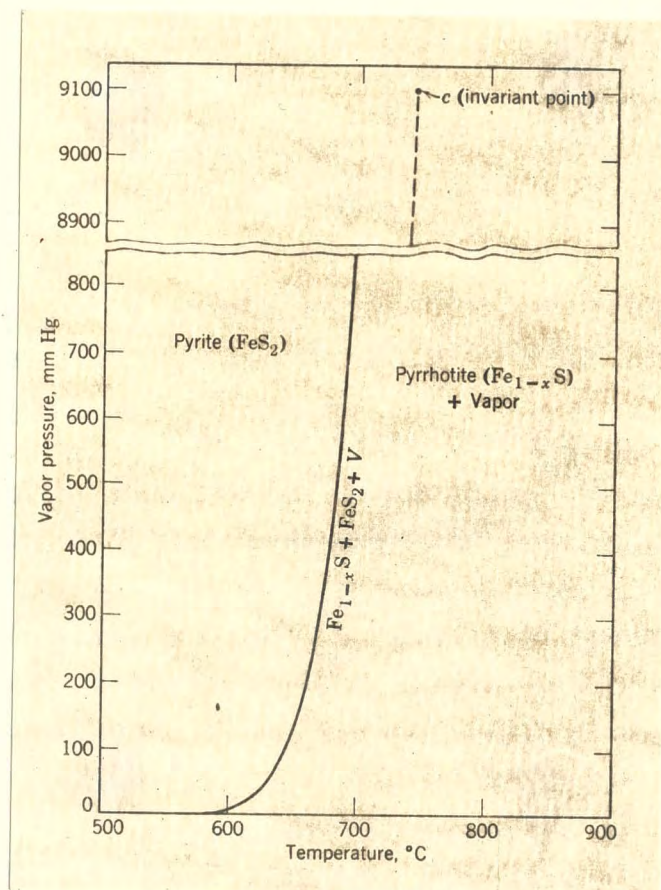


Fig. 1. Likevektskurve for reaksjonen $\text{FeS}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}_{1-x}\text{S} + \text{damp}$. (31, s 302).

Magnetkis er som kjent ikke støkiometrisk i sin sammensetning og dens formel angis vanligvis som Fe_{1-x}S . Den har altså et underskudd på jern ut

fra formelen FeS. Mineralet FeS (troilit) er som kjent ikke funnet som terrestrisk mineral. På fig. 2 har jeg gjengitt et diagram (histogram) som viser frekvensen av forskjellige jerninnhold i 61 undersøkte naturlige magnetkiser. Sammensetningen av den magnetkisen fra Giken som jeg har undersøkt er plottet inn på dette diagrammet.

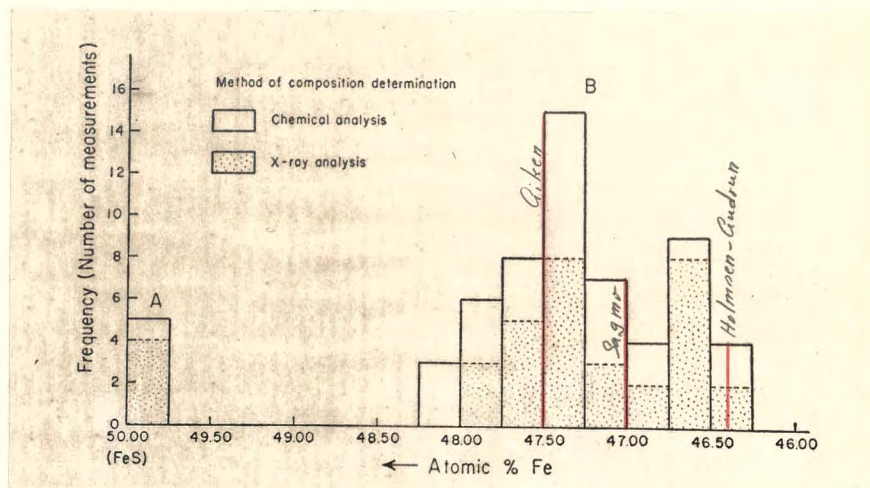


Fig. 2. Diagram som viser fordelingen av jerninnholdet til 61 naturlige magnetkiser. (32, s 221).

En del av Fe - S likevektsdiagrammet er gjengitt på fig. 3. På grunnlag av magnetkisens jerninnhold i atom % Fe kan man her avlese dannelsesstemperaturen. Jerninnholdet er altså en funksjon av dannelsesstemperaturen og øker med avtagende temperatur. Som det fremgår av diagrammet er dog forutsetningen for å anvende dette at magnetkisen er i likevekt med svovelkis.

Trykkets innvirkning på sammensetningen av magnetkis i likevekt med svovelkis fremgår av fig. 4. Som en ser er det først ved temperaturer over ca 400 °C at trykket har noen avgjørende innflytelse på sammensetningen. Ved samme temperatur gir øket trykk økende jerninnhold i magnetkisen.

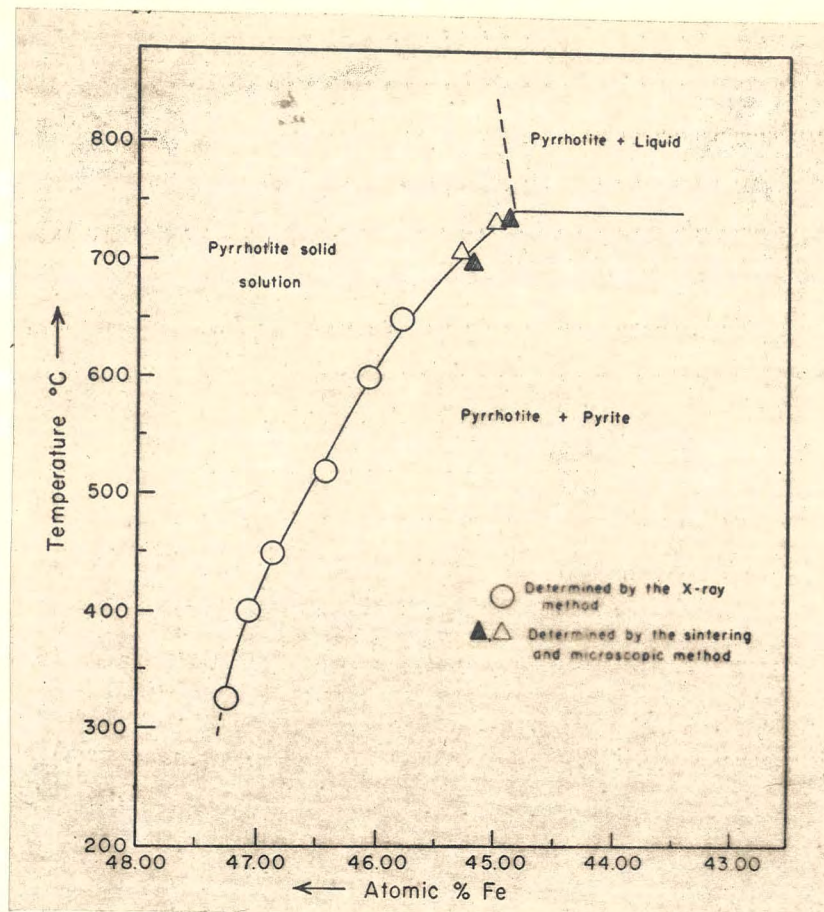


Fig. 3. En del av FeS - S likevektsdiagrammet ved et trykk på ca 10 bar. (32, s 219).

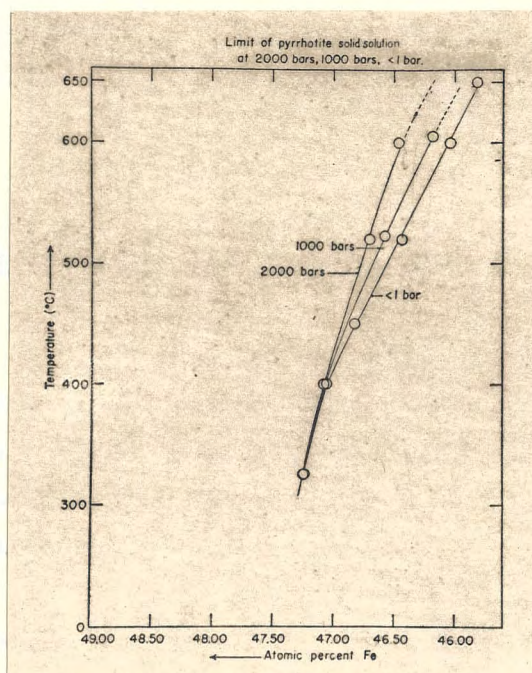


Fig. 4. Kurver som viser virkningen av trykk 1, 1000 og 2000 bar på sammensetningen av magnetkis som er i likevekt med svovelkis. (41, s 194).

Nå viser det seg at for syntetiske magnetkiser varierer nettplanavstanden for (102) med sammensetningen slik som kurven på fig. 5 angir. Dette gjør det mulig å bestemme sammensetningen for en magnetkis ut fra et pulverdiagram. Metoden er praktisk da det ikke er nødvendig å regne ut magnetkisens gitterkonstanter. Ved å anvende diagrammet på fig. 3 kan man så, på grunnlag av magnetkisens sammensetning, bestemme dens dannelsesstemperatur under forutsetning av at den opptrer i likevekt med svovelkis.

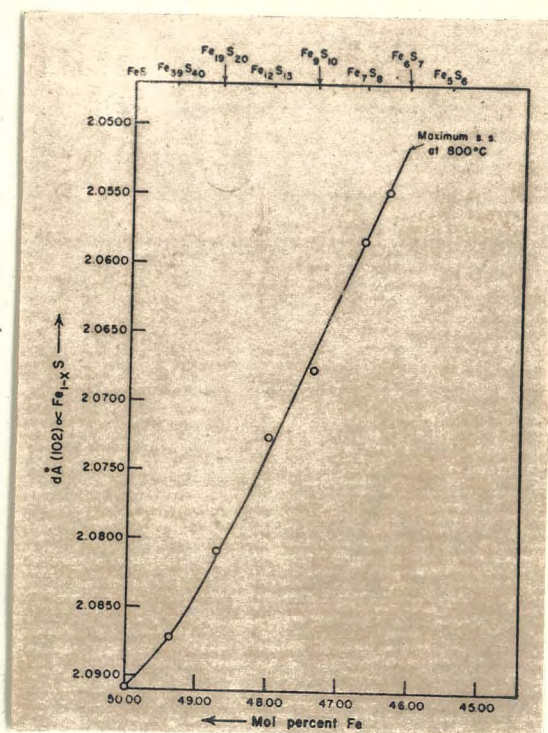


Fig. 5. Kurve som viser relasjonen mellom nettplanavstanden d for (102) og mol % Fe for syntetiske magnetkiser. (33, s 177).

Magnetkis fra Sulitjelma.

Ved undersøkelsen av magnetkisen fra Giken har jeg bestemt dens nettplanavstand for (102) ved hjelp av pulver - diagram. Det er min erfaring at skal man kunne komme frem til brukbare resultater må man arbeide svært nøyaktig.

Da det i dette tilfellet er spørsmål om å bestemme kun en nettplanavstand og ikke f. eks. å

identifisere et mineral, valgte jeg å kjøre med Cr-rør for magnetkisen. Da $\text{Cr } K_{\alpha}$ er 2,2909 Å vil jeg få god oppløsning samtidig som en rekke av de systematiske feil ved pulvermetoden blir minsket, da 4θ her blir ca 135° mot ca 88° ved Cu-stråling.

Jeg har likeledes kjørt med NaCl som indre standard og bestemt nettplanavstanden for magnetkisen (102) flate i relasjon til koksaltets (220) flate ved enkel reguladetri.

Den største feilkilden er sannsynligvis utmålingen på filmen. En feilbestemmelse av 4θ tilsvarende 0,4 mm på filmen vil for $4\theta = 135^{\circ}$ og Cr-stråling gi en feil $\Delta d = 0,005$ Å som igjen tilsvarer ca 0,5 mol % Fe (etter fig. 5). Etter fig. 3 skulle så dette tilsvare ca 100°C .

På filmen ble det lagt inn mm-skala for å lette avlesingen og eliminere feil p. g. a. krymping.

Korreksjon p. g. a. filmtykkelsen var ikke nødvendig. (Kameradiametrene ble målt med mikrometer til å være henholdsvis 114,89 og 114,85 mm. Kodak Crystallex filmen ble tilsvarende målt til å ha en tykkelse på ca 0,2 mm. Dette gir en diameter for filmens midtparti på henholdsvis 114,69 og 114,65 mm. Ved utbretting av filmen for måling av linjeavstandene antas dette skikt i midten av filmen å beholde sin opprinnelige lengde og er avgjørende for avlesing ved filmer som har emulsjon på begge sider og hvor begge sidene er fremkalt. Direkte bruk av Philip's tabeller ut fra de målte avstander for løsning av Bragg's ligning forutsetter en diameter på $360/\pi = 114,59$ mm. Direkte bruk av tabellen gir altså litt for små verdier for d p. g. a. en for stor verdi for 2θ . Ved $4\theta = 135^{\circ}$ vil feilen i diameter på 0,1 mm gi en feil i vinkelbestemmelsen på $135/360 \cdot \pi \cdot 0,1 = 0,118^{\circ}$ d. v. s. $0,1^{\circ}$. Hvis vi sier en feil på 2θ på $0,05^{\circ}$ vil dette i det aktuelle tilfelle gi en feil på d på 0,0015 Å, d. v. s. ca 0,2 mol % Fe).

Mine målinger og beregninger er foretatt på grunnlag av $\text{Cr}K_{\alpha}$. Det hadde her vært en fordel å fått

oppløst α -linjen i α_1, α_2 . Ved opptakene ble det benyttet kamera med diam. 114,6 mm og med 1,0 mm kollimator. Forsøk med 0,5 mm kollimator for å få oppløst α -dublettene ga ikke brukbare bilder. Opptakene ble utført ved instituttets røntgenapparat Philips type nr 11704/23. Eksponeringstiden var ca 14 timer med Kodak Crystallex film, 8 mA og 47,5 kV.

Magnetkisen fra Giken er tatt fra et område hvor den grovkrystalline svovelkisen opptrer, nemlig ved den såkalte "Banken" som er området mellom 4. og 5. tvb. øst ved synk II. Magnetkisen opptrer her makroskopisk nærmest som slirer i kobberkisen. De viktigste data er:

2 θ	67,28°
d(102)	2,068
Mol % Fe	47,5
Likevektstemperatur	ca 150 - 200°C

Som det fremgår av fig. 2 er dette ikke noe usedvanlig høyt jerninnhold for noen magnetkis, men etter fig. 3 skulle likevel dannelsesstemperaturen - dersom man tillater seg å ekstrapolere - rent skjønnsmessig ligge i området 150 - 200°C. Dette synes svært lavt. Nå er det det å bemerke at det eneste jeg direkte har målt eller beregnet er d(102). Diagrammet på fig. 3 er satt opp etter forsøk med syntetiske magnetkiser og det er mulig det er andre forhold ved magnetkisen fra Giken som betinger dens relativt store verdi på 2,068 Å for dens d(102).

Som kjent har H. Krause påvist (37) at naturlige sinkblender viser en annen relasjon mellom mol % FeS og deres gitterkonstant enn de relasjoner som er oppstilt på grunnlag av studier av syntetiske sinkblender. Det er mulig tilsvarende forhold kan gjøre seg gjeldende for magnetkisenes vedkommende.

Sammenligner vi diagrammene på fig. 2 og 3 for magnetkiser vil dannelsesstemperaturen for mange av de naturlige magnetkiser ligge svært lavt. Uten å

kunne si noe om fortsettelsen av den stiplede kurven på fig. 3 som svarer til høyere jerninnhold er det rimelig at man her ikke kan ekstrapolere.

Magne Ødegård har i sin diplomoppgave bestemt jerninnholdet i magnetkiser fra forskjellige vasskiser - ved hjelp av røntgenundersøkelser - til å variere fra 46,20 til 47,00 atom % Fe, tilsvarende et temperaturintervall fra 570 - 410°C. Han har også bestemt $d(102)$ for to magnetkiser fra Sulitjelma. Magnetkis fra Sagmo er etter diagrammene bestemt til å ha 47,00 atom % Fe og skulle ha en likevektstemperatur med svovelkis på 410°C. For magnetkis fra Holmsen - Gudrun oppgis tilsvarende 46,40 atom % Fe og 530°C. Disse verdiene er plottet inn på fig. 2.

På grunn av manglende data over relasjonen mellom atom % Fe og likevektstemperaturen for magnetkiser med høye jerninnhold (>47 atom % Fe) er det ikke forsvarlig å si noe om dannelsesstemperaturen for den undersøkte magnetkis fra Giken. Tillater man seg å ekstrapolere etter diagrammet på fig. 3 gir dette en temperatur på 150 - 200°C. Sett i relasjon til de andre magnetkisbestemmelsene er dette lavt.

Til venstre er vist en
kontaktkopi av røntgenfilmen for
magnetkisen fra Giken. Indises
for henholdsvis magnetkisens (102)-
flate og koksaltets (220)-flate er
påført.

(102) for Fe_{1-x}S

(220) for NaCl

Temperaturbestemmelser ut fra Kullerud's ZnS - geotermometer.

Da det i kisen i Sulitjelma forefinnes sinkblende i forholdsvis utstrakt grad og likeledes magnetkis ligger forholdene her godt til rette for å bestemme likevektstemperaturene for sinkblendens nåværende jerninnhold. (En generalanalyse fra 1951 angir 1,10 % Zn for rågods til flotasjonen. Sinkblendeholdet i kisen varierer dog sterkt fra gruve til gruve med Jakobsbakken som den sinkblende - rikeste).

ZnS - termometeret bygger som kjent på det faktum at sinkblendegitterets evne til å oppta jern er svært følsom for likevektstemperaturen og i mindre utstrekning av trykket. Etter G. Kullerud gjelder for syntetiske sinkblender at mellom 140 og 894 °C varierer mengden av FeS som kan inngå isomorft i sinkblenden fra 4,5 til 38,9 mol %, hvilket gjennomsnittlig tilsvarende litt mer enn 4,5 mol % pr. 100 °C. (31, s 316).

Sinkblendens jerninnhold kan bestemmes f. eks. ved kjemisk analyse eller røtgendiffraksjon med en nøyaktighet på ca $\pm 0,2$ mol % FeS. Bestemmelse av sinkblendens jerninnhold ved hjelp av røtgendiffraksjon beror på det forhold at sinkblendens gitterkonstant øker med økende jerninnhold i gitteret. For nærmere orientering om ZnS-termometeret, se (38).

Relasjonen mellom jernholdige sinkblendens gitterkonstant og deres jerninnhold.

Da jernholdige sinkblendens gitterkonstant viser et utpreget variasjon med jerninnholdet, og dessuten bestemmelsen av gitterkonstanten for et regulært mineral som sinkblende ved hjelp av et røtgenpulverdiagram er en forholdsvis lite arbeidskrevende metode, er mye arbeid utført for å bestemme denne relasjonen.

G. Kullerud's-første diagram er vist på fig.

1. Diagrammet som er basert på undersøkelse av syntetiske sinkblender viser en nesten lineær variasjon av a_0 som funksjon av mol % FeS.

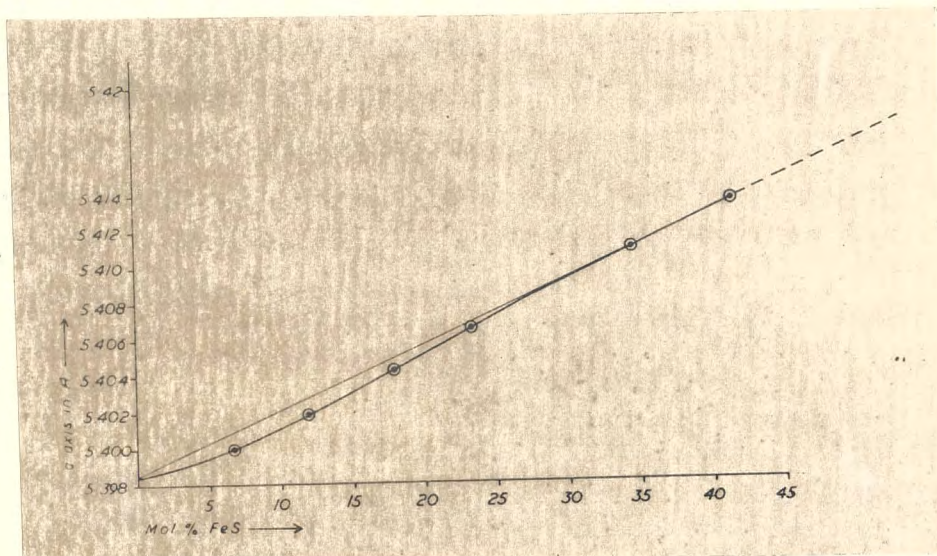


Fig. 1. Kurve som viser relasjonen mellom a_0 og sammensetningen av sinkblende. (38, s 79).

Kullerud's diagram i NGT ble så korrigert i Economic Geology i 1959 av Skinner, Barton og Kullerud. (43). I følge denne artikkelen var det tre feil i den originale avhandlingen, nemlig: 1) forveksling av enhetene Å og kX, 2) feil omregning fra vekts % til mol % og 3) som grunnlag for forsøkene var det brukt delvis oksydert magnetkis.

Resultatet av dette er bl. a. at Kullerud's originale diagram over relasjonen mellom a_0 og mol % FeS er feilaktig og gir for høye verdier for mol % FeS til en givet verdi for a_0 .

(Når det gjelder forholdet mellom enhetene Å og kX er dette: $1\text{Å} = 1,00202\text{ kX}$. For nærmere orientering om denne faktoren og vedtatte bølgelengder for $K\alpha_1$, etc. for forskjellige elementer, se artikkelen "The conversion factor for kX units to Ångström unit" av W. L. Bragg i The American Mineralogist, 1947, s 592.).

Skinner, Barton og Kullerud's diagram er gjengitt på fig. 2. Også dette diagram er basert på studier av syntetiske sinkblender og viser en utpreget lineær relasjon mellom gitterkonstant og jerninnhold. Kullerud's kurve som er angitt på samme fig. er etter Kullerud's originalavhandling, men etter at den er korrigert for to av de tidligere omtalte feil, nemlig forvekslingen av kX med $\text{\AA}$ og feil omregning fra vekts % til mol %. Differensen mellom de to kurvene på fig. 2 skulle da svare til virkningen av den delvis oksyderte magnetkisen.

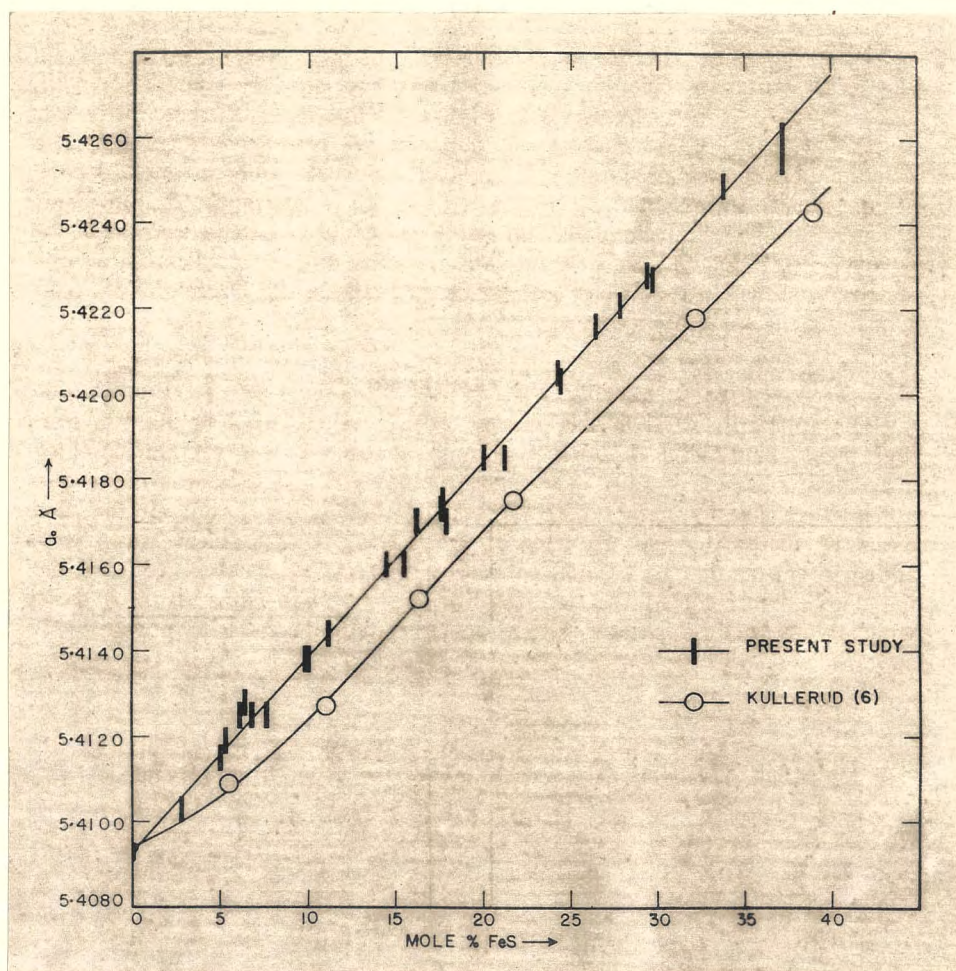


Fig. 2. Relasjonen mellom jernholdige sinkblenders gitterkonstant i $\text{\AA}$ og deres jerninnhold i mol % FeS. (Svarer til relasjonen $a_0 = 5,4093 + 0,000456 \cdot \text{mol \% FeS}$). (43, s 1041).

Av avgjørende betydning for anvendelsen av sinkblendetermometeret er de resultater H. Krause publiserte i 1961 (37). På grunnlag av studier av naturlige sinkblender lanserer han et diagram over relasjonen mellom gitterkonstant og jerninnhold som er vesentforskjellig fra de tidligere publiserte. I følge dette diagram følger ikke substitusjonen av jern Vegard's lov og en additiv virkning gjør seg kun gjeldende opp til ca 10 mol % FeS. Hans diagram er gjengitt på fig. 3.

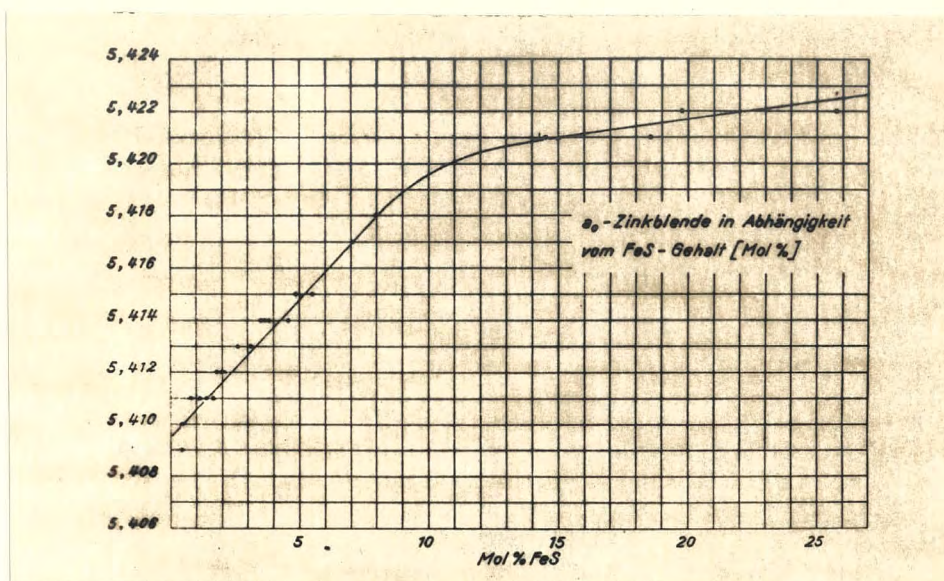


Fig. 3. Gitterkonstanten a_0 i avhengighet av FeS-gehalten i mol %. (37, s 152).

For lettere å kunne sammenligne disse tre diagrammer og for lettere å kunne korrigere tidligere bestemmelser er disse tre diagrammene tegnet inn på fig. 4. Som det fremgår her vil en sinkblende med beregnet gitterkonstant på f. eks. 5,420 Å etter Skinner, Barton og Kullerud's diagram ha et FeS-innhold på ca 23,5 mol %. Etter Krause's diagram skulle det kun være ca 11 mol %. Krause's diagram resulterer i at de fleste tidligere temperaturbestemmelser må senkes vesentlig.

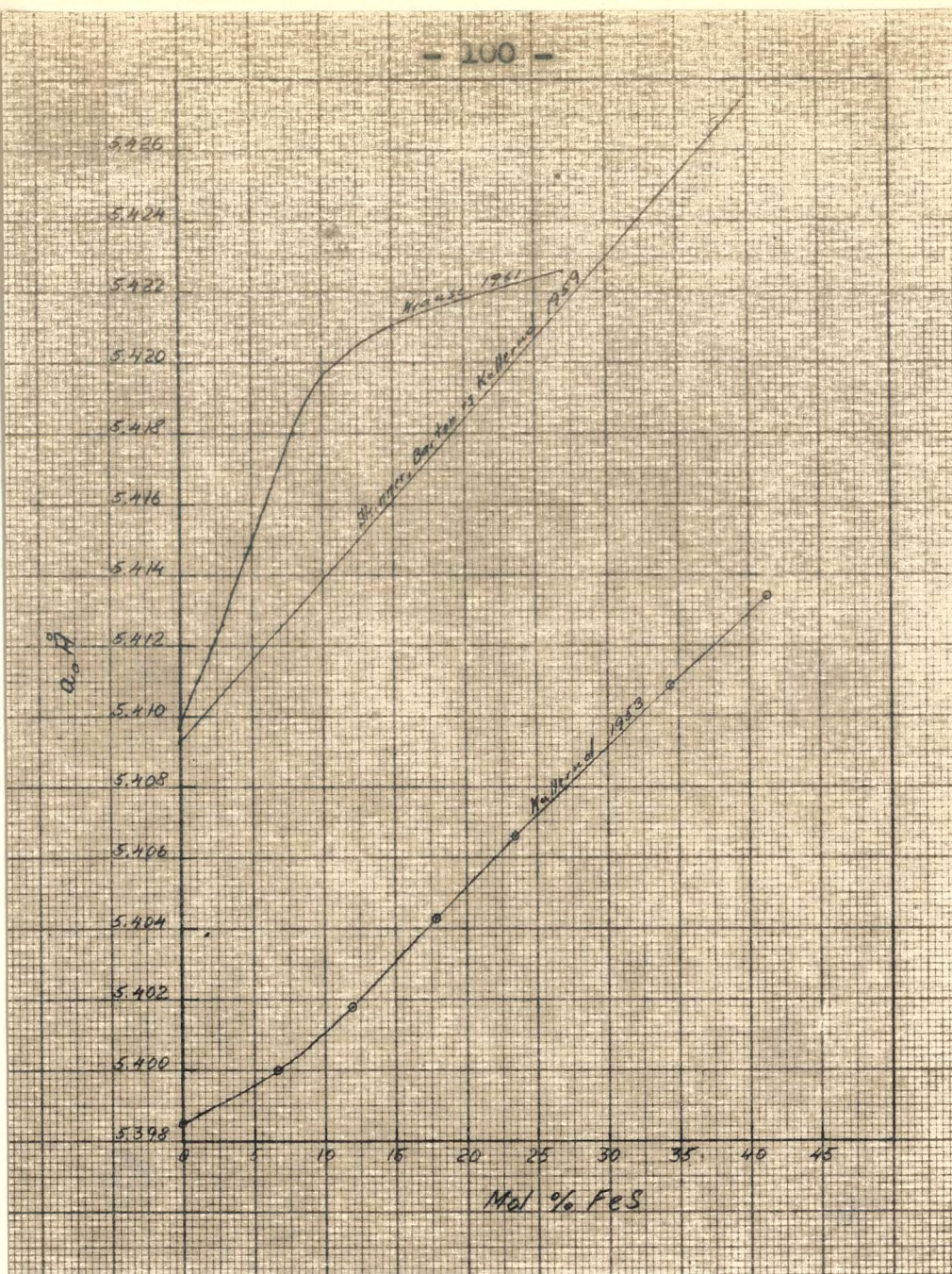


Fig. 4. Sammenstilling av de publiserte diagrammer over relasjonen mellom sinkblendens gitterkonstant og deres jerninnhold.

I naturlige sinkblender inngår foruten jern også vanligvis mangan og cadmium. Når mangan eller cadmium inngår i sinkblendegitteret øker dens gitterkonstant og det i adskillig mer utpreget grad enn når samme mengde mol % Fe inngår. Tilsvarende gjelder når f. eks. selen substituerer for svovel og vi får

en blandkrystall i rekken sinkblende - stilleit. Etter D. Klemm: "Über die Mischkristallreihe Zinkblende - Stilleit", Neu. Jb. 11/12, 1961, er på fig. 5 gjengitt et diagram som viser virkningen av selen på gitterkonstanten. For naturlige sinkblender er vanligvis både mangan, cadmium og seleninnholdet så lavt at det ikke influerer nevneverdig på gitterkonstanten.

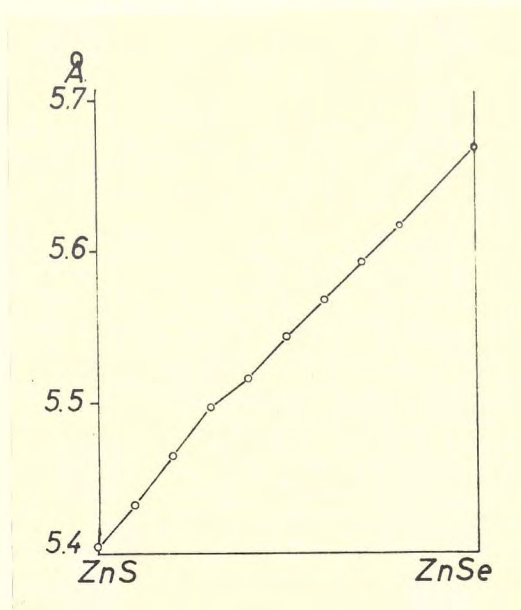


Fig. 5. Forandring i a_0 -verdier fra ZnS til ZnSe.

Relasjonen mellom sinkblendens jerninnhold og deres dannelsesstemperatur.

På fig. 1 er gjengitt Kullerud's diagram fra originalavhandlingen. Diagrammet er basert på forsøk med syntetiske sinkblender og viser en bestemt kurve i FeS-ZnS likevektsdiagrammet. På høyre siden av kurven er området for $\beta(\text{Fe,Zn})\text{S}$ blandkrystaller eller sinkblender og på venstre siden opptrer i tillegg nesten støkiometrisk FeS.

Dette diagram ble korrigert i Annual report of the director of the geophysical laboratory 1957-1958 (34) av Barton og Kullerud. Barton og Kullerud's nye diagram er gjengitt på fig. 2.

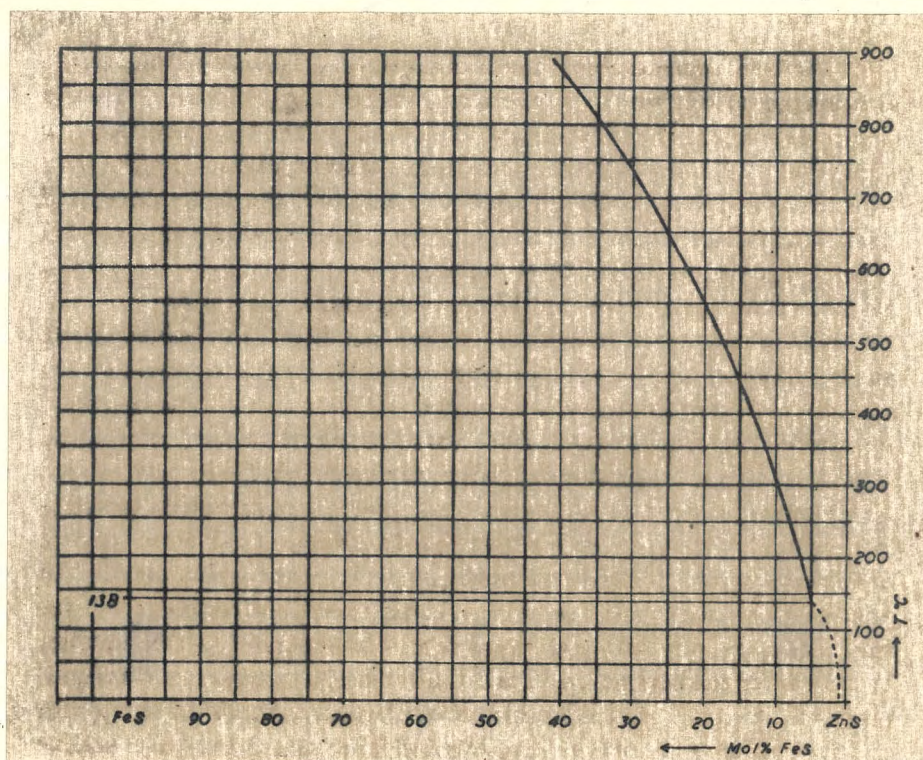


Fig. 1. Kurve som viser sammensetningen av likevekts β (Fe,Zn)S blandkrystaller som funksjon av temperatur (38, s 136).

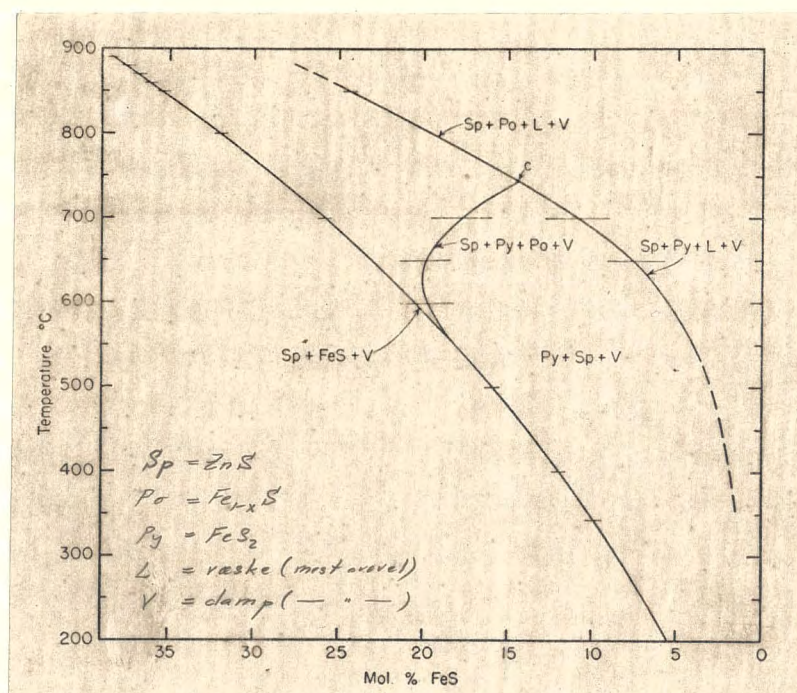


Fig. 2. Variasjoner i sinkblendens jerninnhold som funksjon av fasekombinasjon og temperatur. (34, s 228).

Diagrammet på fig. 2 gir relasjonen mellom jerninnhold og likevektstemperatur ved forskjellige fasekombinasjoner. Den nederste kurven gjelder for sinkblende i likevekt med magnetkis eller svovelkis og magnetkis. Dette gjelder kun for temperaturer under ca $500 - 600^{\circ}\text{C}$, da kurvene $\text{Sp}+\text{FeS}+\text{V}$ og $\text{Sp}+\text{Py}+\text{Po}+\text{V}$ divergerer over 600°C . Det sentrale område på fig. 2 er det for $\text{Py}+\text{Sp}+\text{V}$. Likevektskurvene viser at en sinkblende som holder 10 mol % FeS og som er dannet i likevekt med svovelkis kan ha blitt dannet ved hvilken som helst temperatur mellom 340 og 680°C . For å bestemme ved hvilken temperatur, mellom kurvene $\text{Sp}+\text{Py}+\text{Po}+\text{V}$ og $\text{Sp}+\text{Py}+\text{L}+\text{V}$, sinkblender i likevekt med svovelkis er dannet, er det nødvendig å vite svoveltrykket ved dannelsen og relasjonen mellom sinkblendens jerninnhold og svoveltrykket.

Til sammenligning med det første diagrammet gir dette litt høyere temperaturer til en givet verdi for mol % FeS ved likevekt med magnetkis eller magnetkis og svovelkis.

Også diagrammet på fig. 2 er senere blitt korrigert. I *Economic Geology* i 1961 publiserte Sims og Barton (42) et diagram noe forskjellig fra Barton og Kullerud's. Sims og Barton's siste diagram er gjengitt på fig. 3. Likevektstemperaturen for et bestemt jerninnhold er her høyere enn den Barton og Kullerud's diagram angir.

Sims og Barton diskuterer problemet vedrørende likevekt og innfører begrepet "overflate-likevekt". De hevder at jerninnholdet av sinkblende i likevekt med svovelkis er, i rekkefølge av økende betydning, en funksjon av: (1) andre elementer som kan inngå i gitteret til enten sinkblenden eller svovelkisen, (2) totalt trykk, (3) temperatur, og (4) aktiviteten av svovel.

På fig. 4 er for sammenligning og for korreksjoner tegnet inn de mest aktuelle kurver av de publiserte diagrammer.

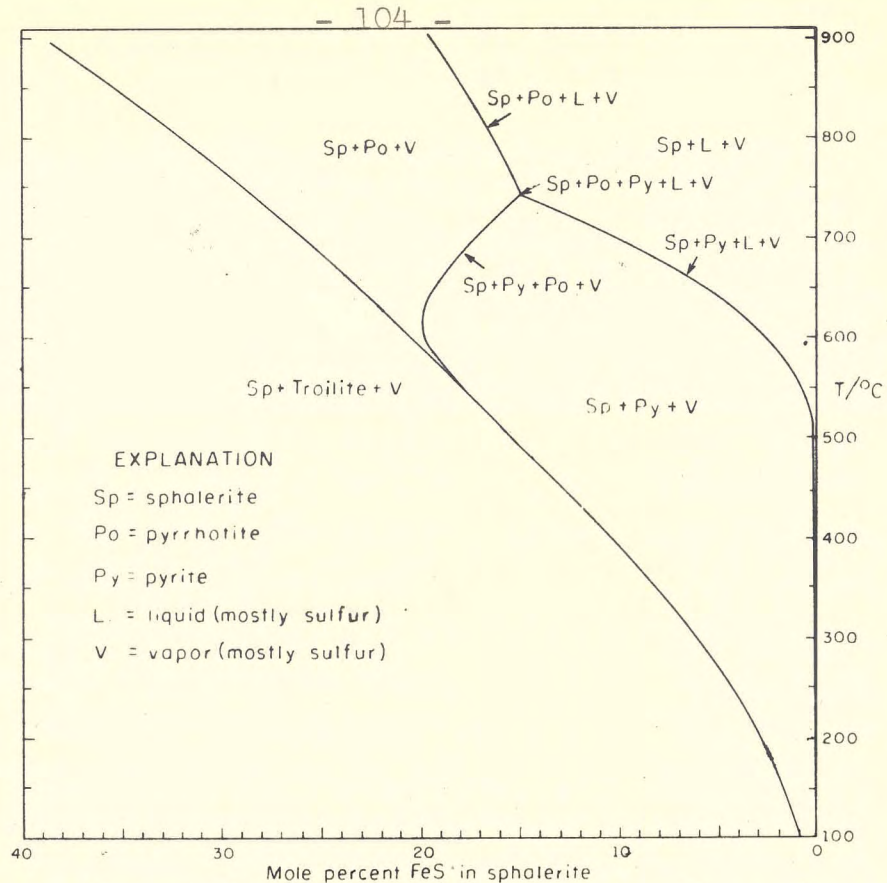


Fig. 3. Sammensetningen av sinkblende i likevekt med forskjellige faser i Fe-Zn-S systemet (42, sl222).

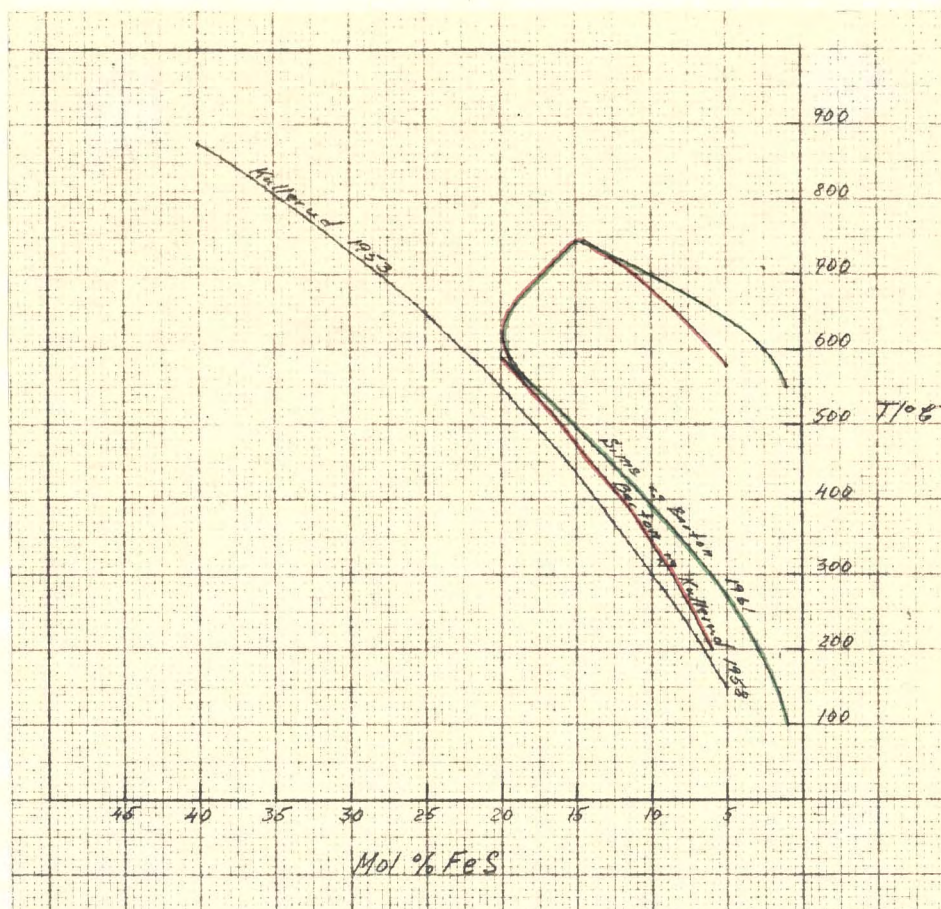


Fig. 4. Sammenstilling av utdrag av de publiserte diagrammer over relasjonen mellom sinkblendens jerninnhold, fasekombinasjon og dannelsesstemperatur.

Korreksjon av tidligere publiserte temperaturbestemmelser fra Sulitjelma ut fra sinkblende-termometeret.

Tidligere temperaturbestemmelser er nedenfor korrigert i samsvar med de sist publiserte diagrammer. For relasjonen mellom sinkblendens jerninnhold og deres gitterkonstant er Krause's diagram lagt til grunn og for relasjonen mellom jerninnhold og dannelsesstemperatur er Sims og Barton's diagram anvendt. Korreksjonene utføres enklest ved hjelp av sammenstillings-diagrammene.

Kullerud oppgir i sin første avhandling verdien 480°C for sinkblende fra Jakobsbakken. (38, s 150). Verdien var bestemt på grunnlag av bestemmelse av gitterkonstanten. Dette tilsvarer - etter hans diagrammer - ca 17 mol % FeS og $a_0 = 5,4033 \text{ kX} = 5,4147 \text{ \AA}$. (I originalavhandlingen har Kullerud avsett a_0 i $\text{\AA}$. Kullerud brukte NaCl som indre standard og oppga dens gitterkonstant i $\text{\AA}$ mens det skulle være kX. Derav skal betegnelsen i diagrammet for a_0 forandres fra $\text{\AA}$ til kX).

$a_0 = 5,4147 \text{ \AA}$ tilsvarer - etter Krause's diagram - bare ca 4,7 mol % FeS som igjen gir en minimumstemperatur på ca 260°C og en maksimumstemperatur på ca 640°C . Den nedre verdien gjelder for sinkblende i likevekt med magnetkis eller med magnetkis og svovelkis. Den øvre verdien gjelder for sinkblende i likevekt med svovelkis.

Da det ikke er oppgitt noe om paragenesen eller likevektsforholdene i avhandlingen vedrørende denne temperaturbestemmelsen, kan korreksjoner i samsvar med de senere undersøkelser kun gi temperaturintervallet $260-640^{\circ}\text{C}$.

I 1955 oppgir Kullerud, Fadget og Vokes i sin artikkel i NGT 450°C for sinkblende fra Jakobsbakken. (39, s 125). Resultatene i denne artikkelen var basert på diagrammene i Kullerud's første avhandling. Som grunnlag for temperaturbestemmelsen angis 12,70 wt % FeS. Omregning til mol % FeS gir:

$$\frac{\left[\text{FeS} + \left(\frac{\text{Zn} - \text{Fe}}{100} \right) (100 - 12,70) \right] 12,70}{\text{FeS}} = 13,9$$

mol % FeS. Korreksjon av verdien 450°C i samsvar med de senere undersøkelsene på grunnlag av verdien 13,9 mol % FeS gir en minimumstemperatur på ca 475°C og en maksimumstemperatur på ca 740°C .

Da det heller ikke i denne artikkelen er angitt noe om mineralparagenesen eller likevektsforholdene utover "The texture of the ores indicates that excess iron sulphide was present in most cases" (39, s 123), vil de samme reservasjoner gjøre seg gjeldende som i det forrige tilfellet.

Krause oppgir i sin artikkel en gitterkonstant på 5,421 Å og 14,50 mol % FeS for sinkblende fra Jakobsbakken. Det oppgis at magnetkis og svovelkis er tilstede i samme håndstykke, og hvis vi derfor forutsetter at det er likevekt mellom sinkblende og magnetkis, får vi en temperatur på ca 480°C .

Sinkblende fra Charlotta.

Fra Sulitjelma har jeg foretatt en temperaturbestemmelse basert på sinkblende fra Charlotta gruve. Det var meningen å utarbeide en hel rekke med temperaturbestemmelser basert på prøver tatt fra forskjellige områder i Charlotta - Giken feltet. I håndstykket fra Charlotta forekom sinkblenden i så store partier at tilstrekkelig sinkblende for røntgenanalyse bare kunne skrapes løs, mens i samtlige andre stuffer opptrådte sinkblenden forholdsvis finfordelt. Etter nedknusing og klassifikasjon etter kornstørrelse var det ikke mulig å få tilstrekkelig skille mellom sinkblende og svovelkis ved å bruke en Frantz magnetisk separator. Ren sinkblende har en egenvekt på 4,115 og svovelkis på 5,02. Den tyngste væske som stod til rådighet hadde en spes. vekt på

4,1. På grunn av vanskelighetene med å få separert ut tilstrekkelig ren sinkblende ble det kun utført temperaturbestemmelse på sinkblendens fra Charlotta gruve.

Bestemmelse av sinkblendens jerninnhold ble foretatt både ut fra bestemmelse av gitterkonstanten basert på et røntgen-pulver-diagram (og anvendelse av Krause's diagram) og ut fra optisk-spektrografisk analyse.

FeS-bestemmelse ut fra røntgenanalyse.

På grunnlag av et røntgen-pulver-diagram kan sinkblendens gitterkonstant beregnes, og ut fra Krause's diagram kan så sinkblendens FeS-innhold fikseres.

Ved opptakene ble benyttet Philips apparat type nr. 11704/23 tilhørende Geologisk Institutt. Ved valg av anode og dermed stråling er det mange faktorer å ta hensyn til. For analyse av jernholdige sinkblender har Cu-stråling den fordel at man får en gunstig fordeling av linjene på filmen for ekstrapolasjon til $\theta=90^\circ$. Ulempen ved Cu-stråling er at man - på grunn av at bølgelengden for CuK-stråling ligger til kortbølgesiden av absorpsjonskanten hos jern - får en sekunderstråling som gir en sterk grunnsværtning på filmen.

Fe-stråling har den fordel at sekunderstrålingen ikke gjør seg noe gjeldende, men på grunn av at bølgelengden for FeK α vil linjefordelingen på filmen være ugunstig for ekstrapolasjon. Co-rør med en mellomliggende bølgelengde ville muligens vært det beste valg.

For å få en mest mulig nøyaktig gitterkonstant ved hjelp av ekstrapolasjon valgte jeg å kjøre med Cu-stråling. Tid ca 21 timer, Kodak Crystallex film og 1,0 mm kollimator. Forsøk med 0,5 mm kollimator ga ikke brukbare bilder. Strømstyrken var 22 mA og spenningen 47 kV.

Til venstre er vist en kontaktkopi av røntgenfilmen. Indices for de linjer i "back-reflection" området som er brukt for den grafiske ekstrapolasjonen er påført. Som det fremgår av kopien er kun for fire av linjene at α -dublettene er tilstrekkelig oppløst, slik at man kan skille mellom α_1 og α_2 rent visuelt.

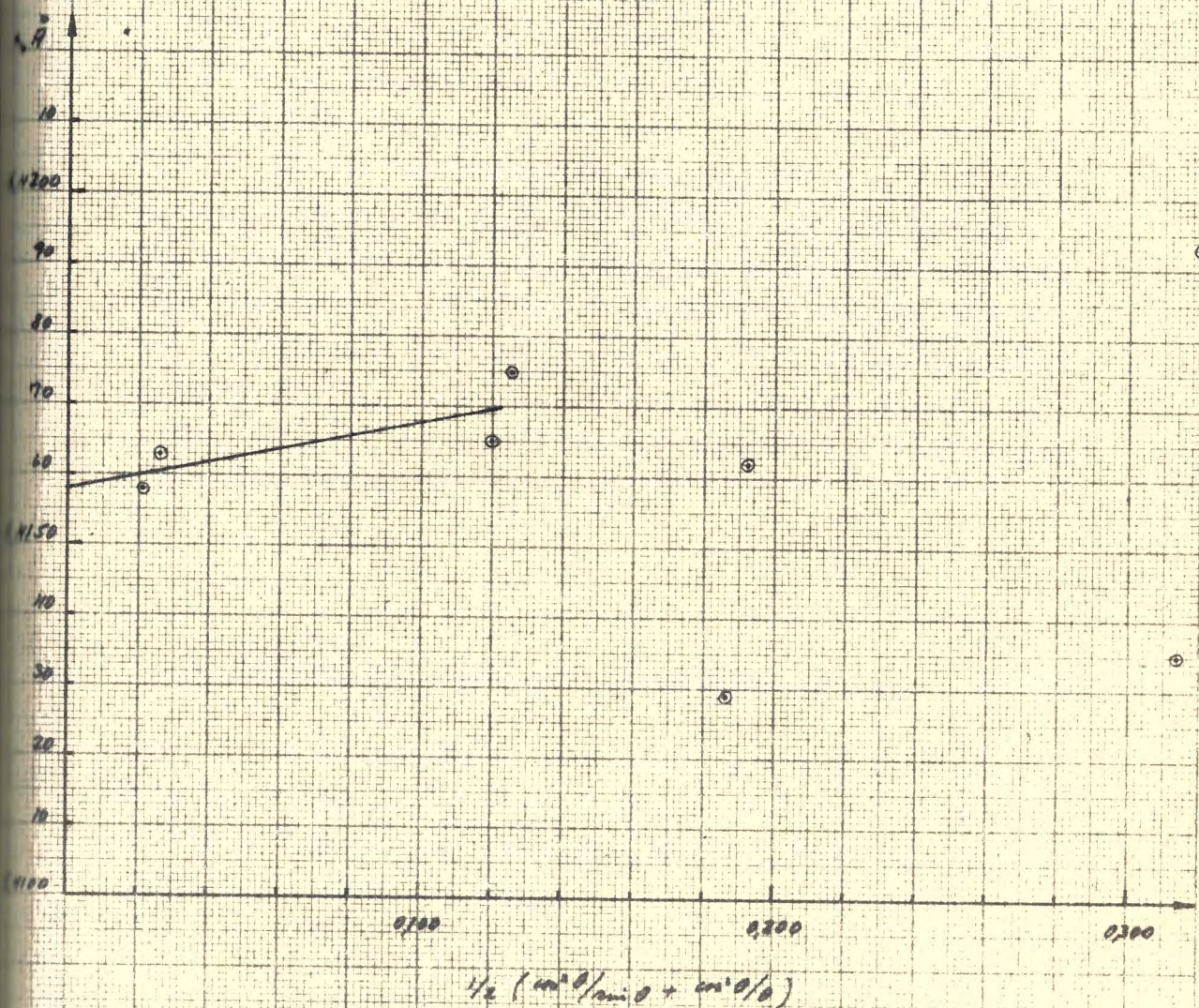
- (444) Ved indisering av filmen ble det anvendt "reg-nestavmetoden" og den grafiske ekstrapolasjonen for be-
- (533) stemmelse av gitterkonstanten ble utført slik som det frem-
- (620) går av tabellen og diagrammet på neste side.

- (531) Rent prinsipielt er hvert enkelt av alle linjesettene på filmen mulig som grunnlag for bestemmelse av gitterkonstanten. Studerer man imidlertid de systematiske feil og oppløsningsevnen ved den anvendte kamerameto-
- de, fremgår det at for $\theta=90^\circ$ vil vi få den nøyaktigste bestemmelse. Gitterkonstanten tilsvarende denne verdi for θ kan imidlertid kun bestemmes ut fra en ekstrapolasjon - enten grafisk eller rent numerisk etter minste kvadraters metode.

Ved den grafiske ekstrapolasjon er anvendt Nelson

Grafisk elektro polarizacija

	$360^\circ - \alpha_0$	α_0	0	$\frac{1}{2} \left(\frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \theta_0} + \frac{\cos^2 \theta}{\cos^2 \theta_0} \right)$	N	(HkL)	$TW \cdot \frac{1}{2}$	$TW \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \theta}$
α_2	35,8	324,2	81,05	0,021	48	(444)	5,349751	5,4158
α_1	39,4	320,6	80,15	0,026	"	"	5,336448	5,4163
α_2	83,2	276,8	69,20	0,120	43	(533)	5,063458	5,4165
α_1	84,8	275,2	68,80	0,125	"	"	5,050867	5,4195
α_2	102,2	257,8	64,45	0,186	40	(620)	4,883632	5,4129
α_1	103,7	256,3	64,08	0,191	"	"	4,871488	5,4162
α_2	129,8	230,2	59,35	0,314	35	(531)	4,568219	5,4135
α_1	130,9	229,1	59,28	0,320	"	"	4,556861	5,4193



og Riley's funksjon $\frac{1}{2}(\cos^2\theta/\sin\theta + \cos^2\theta/\theta)$. Plotting av gitterkonstanten etter denne funksjon skal nemlig gi en rettlinjet ekstrapolasjon. (Tabeller over Nelson og Riley's funksjon inngår i Philips' tabeller).

Som det fremgår av diagrammet er spredningen av a_0 -bestemmelsene meget stor, men en skjønnsmessig ekstrapolasjon gir $a_0=5,416$ Å. Det skulle her bli en rettlinjet ekstrapolasjon gjennom midtpunktet for alle dublettverdiene. Grunnen til at det ikke er slik i dette tilfellet, skyldes nok en feilfordeling som ikke er linear i relasjon til Nelson og Riley's funksjon, uten at jeg dermed kan påpeke noen bestemt årsak. Verdien og betydningen av den grafiske ekstrapolasjonen skulle dog fremgå av diagrammet.

$a_0=5,416$ Å skulle være en verdi som sannsynligvis ligger innen feilgrensene $\pm 0,001$ Å. Dette er den samme toleranse som Krause oppgir for sine gitterkonstantbestemmelser.

Ut fra gitterkonstant-verdien $a_0=5,416$ Å gir Krause's diagram ca 6,2 mol % FeS. I det samme håndstykket som sinkblenden opptrer i, opptrer både magnetkis og svovelkis. Uten å diskutere nærmere vedrørende likevektskriteriene, kan en med noenlunde rimelighet - ut fra det som foreligger publisert - anta at det er likevekt og at vi får en temperatur (etter Sims og Barton's diagram) på ca 300°C.

FeS-bestemmelse ut fra optisk-spektrografisk analyse.

Denne analyse - på samme sinkblende som jeg analyserte ved hjelp av et røntgen-pulver-diagram - er utført ved Statens Råstofflaboratorium. Statens råstofflaboratorium oppgir:

12,3 wt % Fe

4 - 5 - " - Cu

Dessuten litt Si, noen tiendedels % Mn og spor av Mg og Cd.

Hvis vi - med stor sikkerhet - forutsetter at kobberet opptrer i form av kobberkis, må jerngehalten reduseres med en størrelse på ca 4,5 . $\text{Fe/Cu} = 4,5 \cdot 55,85/63,54 = \text{ca } 4 \text{ Wt \% Fe}$. Det vil si $12,3 - 4 = 8,3 \text{ Wt \% Fe}$.

Omregnet til vekts- % FeS får vi: $8,3 \cdot \text{FeS/Fe} = 8,3 \cdot 87,9/55,85 = \text{ca } 13 \text{ Wt \% FeS}$, d. v. s. $14,2 \text{ mol \% FeS} = \text{ca } 14 \text{ mol \% FeS}$.

Etter Sims og Barton's diagram gir verdien 14 mol % FeS en temperatur på ca 475°C.

Diskusjon av temperaturbestemmelsene ut fra sinkblendetermometeret.

Avgjørende for anvendelsen av sinkblendetermometeret er - foruten at diagrammene over relasjonene mellom henholdsvis gitterkonstant og jerninnhold og mellom jerninnhold, fasekombinasjon og temperatur er riktig - også at likevektsbetingelsen er oppfylt. Uten å referere tidligere synspunkter vedrørende likevektskriteriene, vil jeg bare henvise til en artikkel i Economic Geology i 1960 (35) hvor forfatteren D. Benson diskuterer kriteriene for om det eksisterer overskudd på jern under sinkblendens dannelse. Han diskuterer innsamlings- og analysemetodikken i forbindelse med tidligere temperaturbestemmelser og forkaster en rekke av disse som absolutte verdier idet han kun oppfatter dem som minimumsverdier.

Likeledes til Sims og Barton's artikkel i Economic Geology i 1961 (42).

Vedrørende grunnen til den store forskjellen mellom jernbestemmelsen av sinkblenden fra Charlotta ut fra henholdsvis røntgen- og optiskspektrografisk-analyse er det vanskelig å si noe bestemt. En meget rimelig årsak kunne være at verdien på 14 mol % FeS til en viss grad kunne skyldes svovelkis i preparatet.

Etter min mening kan ikke denne store forskjell tillegges noen særlig vekt, idet preparatet neppe har vært særlig rent for en optisk-spektrografisk analyse.

Et moment som også spiller inn her er at en jernrik sinkblende som ved avkjøling skiller ut en del av jernet, vil gi høyere jerninnhold ut fra optisk-spektrografisk analyse enn ut fra røntgenanalyse. Etter Kullerud (38, s 123) vil dog temperaturdifferensen ikke overstige 35°C .

En ting som bør nevnes er at jerninnholdet ut fra verdien $a_0 = 5,416 \text{ \AA}$ og ut fra Skinner, Barton og Kullerud's diagram blir ca 15 mol % FeS. Maksimalverdien på 14 mol % FeS indikerer dermed at Krause's diagram er riktig i relasjon til Skinner, Barton og Kullerud's.

Det er mulig at videre undersøkelser i fremtiden vil bringe ytterligere korreksjoner eller trekke frem andre faktorer av betydning for likevektsberegningene. Det kan bare nevnes at laboratorieforskene foregår under statiske forhold og at den faste fase og gassfasen er utsatt for et og samme trykk. Mange prosesser i jordskorpen foregår som kjent under forhold forskjellig fra disse.

Vedrørende selve ZnS-termometeret er det fremdeles uklare forhold, f. eks. hvorfor avblanding av FeS i sinkblenden finner sted i laboratoriet, men sjelden er påvist i naturen.

Korreksjon av de utførte temperaturbestemmelser p. g. a. trykket er ikke foretatt. Kullerud mener at et trykk på 1000 atm. minsker oppløseligheten av FeS i sinkblenden tilsvarende en temperaturdifferens på 25°C . På grunn av den forholdsvis lille innflytelse av trykket og vanskelighetene med å anslå det samme, er korreksjon for trykket ikke utført.

Det bør nevnes at dersom man kjenner (P,T,X) rundigrammene for to forskjellige termometre (og manometre) og man forutsetter at begge de aktuelle mineraler er dannet ved samme trykk- og temperaturforhold - kan både trykk og temperatur fikseres.

I dette tilfellet kjenner vi kurvene både for magnetkis- og sinkblendetermometeret, men p. g. a. usikkerheten med temperaturbestemmelsen ut fra magnetkistermometeret må en slik bestemmelse utelates.

Retningslinjer for videre undersøkelser.

I oppgaven inngår det å angi retningslinjer for videre undersøkelser.

De former for undersøkelsesarbeider som hittil er kommet til anvendelse i Sulitjelma er: elektromagnetiske malmletingsmetoder, diamantboringer og rent gruvemessige undersøkelses- og oppfaringsarbeider.

I Sulitjelmafeltet er elektromagnetiske malmundersøkelser forbundet med mange vansker på grunn av petrografiske og topografiske forhold. De mange impregnasjoner (rustsoner) og malmhorisonter i området vil ved siden av opptredende grafitskiferbånd forårsake flere og ofte skjærmende sekundærfelt. Eventuelle dypere liggende malmkonsentrasjoner vil derfor ofte ikke bli indikert som definerbare anomalier på grunn av dette. Også helt kisle kloritsoner som opptrer i området er forholdsvis godt ledende. Disse forhold er bekreftet av tidligere undersøkelser.

Sommeren 1960 utførte Geofysisk Malmleting, Trondheim et måleoppdrag i området Bursi - Mons Petter. For uten den vanlige elektromagnetisk konduktive målemetode med strømtilførsel gjennom jordet kabel, ble det foretatt en sammenlikningsmåling hvor den ene elektrode ble jordet henholdsvis i dagoverflaten og til malmsonen. Forutsetningen med dette opplegget var å eliminere innflytelsene fra de skjærmende soner. Resultatene var til dels positive.

Geofysiske målemetoder har hittil fått en forholdsvis begrenset anvendelse og er kun anvendt over jord.

De utførte boringer er hovedsakelig utført under jord. Boringer fra dagen har på grunn av de malmførende soners karakter og fall samt landskapets topografi fått liten utstrekning som boringer for direkte å påvise malm. Boringene i marken har hovedsakelig vært et forarbeide for de senere geofysiske målinger, idet diamantborhullene gir muligheter for sammenlignende målinger med jordning av elektroden i henholdsvis dagoverflaten og i malmsonen.

De utførte boringer i gruvene er et ledd i oppfaringsarbeidet samtidig som de gir en informasjon av malmgeologisk karakter. Anvendelse av diamantboringer med tvungen avlenking - for å skaffe snitt av kisgangen nedenfor laveste feltort- eller synknivå - er under vurdering.

De rent gruvemessige undersøkelses- og oppfaringsarbeider er basert på oppfaring av de påtrufne kisganger med synker og feltorter. Dette da i beste samsvar med diamantboringer, geologisk kartering og erfaring vedrørende kisenens opptreden.

I dag kan en kanskje si at undersøkelsene for å påvise malm i meget stor grad har karakteren av rent gruvemessige arbeider.

Under hensyntagen både til anvendelsen av de midler malmletingen har i dag og de lokale forhold i Sulitjelma sier det seg at mye ville vært vunnet dersom man hadde en vel fundert teori om kisenens dannelses. Hvorfor kisen er der er jo tross alt et geologisk fenomen.

For Sulitjelma's vedkommende kan man i dag si at det hovedsakelig er hevdet tre forskjellige oppfatninger vedrørende kisenens dannelses: a) kisen er avsatt av løsninger som har sirkulert langs flattliggende tektoniske avløsningsflater oppstått på grunn av skyvebevegelser, b) kisen er sedimentær og tilførselen av elementene til sjøvannet skyldes vulkanske utbrudd under havoverflaten (ekshalativ-sedimentær) og c) vi har en kombinasjon av a) og b) i det mesteparten av svovelkisen oppfattes som sedimentær og fortrinnsvis kobberkisen som epigenetisk, avsatt i forbindelse med skyvebevegelsene, breksieringen, kloritiseringen og kvartsdannelsen.

Som det fremgår har både geofysiske målinger og diamantboringer fått en forholdsvis moderat anvendelse. Når det gjelder den rent geologiske og spesielt malmgeologiske undersøkelse er det - så vidt jeg kan forstå - mye som står igjen og som bør gjøres. Videre undersøkelser innen den malmgeologiske sektor

vil sannsynligvis (men da kanskje på lenger sikt) gi resultater som danner grunnlaget for en helhetsoppfatning av kisdannelsen.

For å trekke frem spesielt to sider kan jeg nevne geokjemiske og tektoniske studier.

Når det gjelder studier av de geokjemiske forhold vedrørende kisene i Sulitjelma er lite utført. Tilsvarende gjelder de tektoniske forhold. Dersom man legger Kautsky's oppfatning til grunn, kunne muligens modellforsøk over skyvninger lede til resultater som gjør at en bedre forstår selve oppsprekkingstektonikken i forbindelse med overskyvningen. Forholdene i Sulitjelma er dog kanskje for kompliserte for direkte modellforsøk.

Detaljundersøkelser vil gi oss det mest eksakte bilde av de tektoniske forhold hvorunder malmene opptrer. Erfaringene herfra bør ha betydning for malmletingen såvel langs de milelange soner i dagen som under jord.

Forutsettes en epigenetisk dannelselse må det i området - fra Charlotta til Hankabakken - ha vært spesielle gunstige betingelser for malmutfelling.

Foruten amfibolitsonens nærhet er det strukturelle forhold som foldninger, srekninger, sprekkesoner og gli- og breksiesoner som i forbindelse med fysiske og kjemiske forhold har bestemt hvor malmene ligger. Jo bedre en får klarlagt disse forhold i de kjente områder, jo bedre kan antagelser fremover underbygges.

Vedrørende Charlotta - Giken feltet kan man si at all hittil påvist malm befinner seg innen et ganske snevert område i lagpakken, fra Giken i ligg til amfibolitkontakten i heng, en avstand på maksimalt ca 50 m. (Dersom vi regner med den drivbare del av Palmberg kan avstanden settes til ca 70 m). Undersøkelser ved boringer i ligg av Giken-nivået er foretatt. (Et hull fra Nordsynken med 70 m's lengde på ligg loddrett lagdelingen viste bare skifer). Lengere hull i ligg av Giken er dog sparsomme. Legges en oppfatning av maldannelsen i forbindelse med overskyvninger og

oppsprekking til grunn er det vanskelig å si noe bestemt om den sannsynligvis maksimale grense fra amfibolittkontakten hvor malm kan ventes å opptre. Jeg vil bare nevne at I. Dybdahl skriver i sin diplomoppgave (s 59) at forekomstene Ingeborg og Stålhaugen befinner seg ca 300 m under klorit-albit-felsens nivå.

Problemet med vurderingen av berettigelsen av diamantborhull i ligg av Giken-sonen skulle klart vise hvilken stor praktisk rolle det burde spille om en kunne komme frem til en geologisk vel begrunnet forståelse av kisdannelsen.

Et virkelig detaljert og nøyaktig geologisk profil over Charlotta - Giken feltet lagt f. eks. N-S langs koordinat 1400 eller langs Mavassynken fra -233 m til utgående og basert på systematiske diamantboringer ville i denne forbindelse vært en stor fordel og kunne sikkert gi mange opplysninger til bidrag om en vel fundert anskuelse om dannelsen.

Systematiske diamantboringer bør inngå - og inngår i Sulitjelma - som et naturlig ledd i enhver malmletingsoperasjon. Mot de større dyp kan en ikke uten videre slutte seg til geologien ut fra observasjoner i dagen. I Sulitjelma er det tallrike eksempler på at de geologiske forhold endres vesentlig mot dypet. Skal man skaffe seg den nødvendige kontroll over de geologiske forhold og påvise de bergteknisk sett beste bergarter, må diamantboringer tillegges adskillig vekt.

Litteratur.

Vedr. Sulitjelma:

1. Bishopp, D. W. The Tectonic Geology of the Sulitjelma Pyrite Deposits in relation to their Genesis. 1923.
2. Brøgger, W. C. Om dannelsen af de norske kisforekomster af typen Røros - Sulitelma. Kristiania Videnskabselskabs Forhandlinger. 1902.
3. Carstens, C. W. Theoretiske betraktninger over krystallisationsfølgen i et kismagma. NGT, 3, 1914.
4. Carstens, C. W. Zur Frage der Metamorphose der Schwefelkieserze. D. K. N. V. S. Forhandlinger. BD 14, 1941.
5. Carstens, C. W. Om dannelsen av de norske svovl-kisforekomster. D. K. N. V. S. Forhandlinger. BD 17.
6. Henning, A. Apofyllit från Sulitelma. GFF, 21, 391, 1899.
7. Holmquist, P. J. En geologisk profil öfver fjellområdena emellan Kvikkjokk och Norska kusten. GFF, 22, 233, 1900.
8. Holmsen, G. Sulitelmatrakten. NGU, nr 81, årbok 1917.
9. Kautsky, G. Die kaledonischen Sulfiderze und die palingenen Prozesse. GFF, 70, 1948.
10. Kautsky, G. Der geologische Bau des Sulitelma - Salojauregebietes in den nordskandinavischen Kaledoniden. SGU, nr 46, 1952.
11. Krause, H. Zur Kenntnis der metamorphen Kieslagerstätte von Sulitjelma (Norwegen). Neues Jb. Mineral. Abh. 89, 1956.
12. Lassen, T. Kobberforekomsten i Vattenbygden i Skjærstad i Nordland. Polyteknisk Tidsskrift. 1879.

13. Ramdohr, P. Antimonreiche Paragenesen von Jakobsbakken bei Sulitelma. NGT, 18, 275, 1938.
14. Sjøgren, H. Om Sulitelma grufvor i Norge. GFF, 15, 409, 1893.
15. Sjøgren, H. Om Sulitelmakisenes geologi. GFF, 16, 1894.
16. Sjøgren, H. Nya bidrag till Sulitelmakisernes geologi. GFF, 17, 1895.
17. Sjøgren, H. Om Sulitelmaomraadet's bergarter og tektonik. GFF, 18, 1896.
18. Sjøgren, H. Øfversigt af Sulitelmaområdet's geologi. GFF, 22, 437, 1900.
19. Sjøgren, H. Uttalelse i diskussionen efter Th. Vogt's foredrag. GFF, 43, 1921.
20. Stelzner, A. W. Die Sulitjelma - Gruben im nördlichen Norwegen. Freiberg in Sachsen. 1891.
21. Svenonius, F. Om Langvands- eller Sulitelmagrufvorna i norska Nordlanden. GFF, 13, 635, 1891.
22. Vogt, J. H. L. De norske kisforekomster af typus Røros, Vignæs og Sulitelma. GFF, 16, 1894.
23. Vogt, J. H. L. Salten og Ranen. NGU, nr 3, 1890.
24. Vogt, J. H. L. Ueber die Kieslagerstätten vom Typus Røros, Vignæs, Sulitelma in Norwegen und Rammelsberg in Deutschland. Zeitschrift für praktische Geologie. 1894.
25. Vogt, J. H. L. Sulitelma kis- og kobbermalmfelt. A. W. Brøgger. Kristiania. 1899.
26. Vogt, J. H. L. i Beyschlag, Krusch, Vogt. Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. 1. Band. Stuttgart 1909 og 1914.
27. Vogt, T. Om Sulitelmakisernes geologi. GFF, 43, 1921.

28. Vogt, T. Sulitelmafeltets geologi og petrografi. NGU, nr 121, 1927.

29. Vogt, T. Origin of the Injected Pyrite Deposits. NTH. Avhandling. 1935.

30. Vogt, T. Flowage Structures and Ore Deposits of the Caledonides of Norway. Int. Geol. Congr. 1952.

Vedr. sinkblende- og magnetkisttermometrene:

31. Abelson, P. H. Researches in Geochemistry. New York. 1959.

32. Arnold, R. G. The Fe-S system. Ann. rep. of the dir. of the geophys. lab. 1957 - 58, s 218.

33. Arnold, R. G. The pyrrhotite-pyrite relationship. Ann. rep. of the dir. of the geophys. lab. 1955 - 56, s 177.

34. Barton, P. B. og Kullerud, G. The Fe-Zn-S system. Ann. rep. of the dir. of the geophys. lab. 1957 - 58, s 227.

35. Benson, D. Application of the Sphalerite Geothermometer to Some Northern New Brunswick Sulfide Deposits. Economic Geology. 55, 818, 1960.

36. Bragg, W. L. The conversion factor for kX units to Ångstrom units. The Am. Mineralogist. 32, 592, 1947.

37. Krause, H. Analytische und röntgenographische Untersuchungen natürlicher Zinkblend. Neues Jb. Mineral. Abh. 97, 143, 1961.

38. Kullerud, G. The FeS-ZnS system. A geological thermometer. NGT. 32, 61, 1953.

39. Kullerud, G., Padget, P. og Vokes, F. M. The temperature of deposition of sphalerite-bearing ores in the Caledonides of Northern Norway. NGT. 35, 121, 1955.

40. Kullerud, G. Sulfide systems as geological thermometers. Ann. rep. of the dir. of the geophys. lab. 1954 - 55, s 99.
41. Kullerud, G., Yoder. Stability relations of pyrite. Ann. rep. of the dir. of the geophys. lab. 1956 - 57, s 187.
42. Sims, P. K. og Barton, P. B. Some aspects of geochemistry of sphalerite. Economic Geology. 56, 1211, 1961.
43. Skinner, B. J., Barton, P. B. og Kullerud, G. Effect of FeS on the unit cell edge of sphalerite. A revision. Economic Geology. 54, 1040, 1959.

Oppslagsbøker:

44. Ramdohr, P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin. 1955.