

UNDERSØKELSE AV STATENS BERGRETTHETER
1980

NGU-rapport nr. 1650/33A

Undersøkelse av ultramafiske bergarter
og krommalm på strekningen Røros-Feragen
Røros, Sør-Trøndelag



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39
Tlf. (075) 15860

Postboks 3006
7001 Trondheim

Postgironr. 5168232
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr. 1650/33A		Åpen/ Fortrolig tittel	
Tittel: Undersøkelse av ultramafiske bergarter og krommalm på strekningen Røros-Feragen, Røros, Sør-Trøndelag			
Oppdragsgiver: Industridepartementet/USB		Forfatter: Vit.ass. Lars Petter Nilsson	
Forekomstens navn og koordinater: Feragen, senterkoord. 431391		Kommune: Røros	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kartbladnr. og -navn (1:50 000): 1720 II Brekken og 1720 III Røros	
Utført: feltarbeid: juli 1978 bearbeiding: sept-78-des-79		Sidetall: 76 Tekstbilag: 9 Kartbilag: 3	
Prosjektnummer og -navn: 1650 Undersøkelse av statens bergrettigheter			
Prosjektleder: Førstestatsgeolog Ingvar Lindahl			
Sammendrag: <p>Ultramafiske bergarter er mikroskopert og kjemisk analysert på hovedelementer og utvalgte sporelementer uten at umiddelbart økonomisk interessante konsentrasjoner av noe mineral eller grunnstoff er oppdaget.</p> <p>Kromittforekomstenes kjemi, mineralogi og geologi samt mulig utnyttelse er behandlet som et supplement til min diplomoppgave ved NTH. Den alltid tilstedeværende svake disseminasjon av kromitt i alle de ultramafiske bergarter er gitt bred omtale.</p> <p>Aksessoriske sulfidmineraler er undersøkt ved hjelp av mikrosonde.</p> <p>Noen genetiske betraktninger er tatt med. På bakgrunn av hva som er kjent om krommalmens opptreden i Ferangsfeltet kan det ikke anbefales at videre krommalmprospektering i feltet gis høy prioritet med mindre særlig positive indikasjoner på mer malm skulle framkomme som et resultat av bearbeiding og tolkning av den relativt store data og informasjonsmengde som pr. idag foreligger fra feltet.</p>			
Nøkkelord	Ultramafiske bergarter	Kjemi	
	Kromitt	Økonomisk geologi	
	Mineralogi		

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	side	4
2.	GEOLOGISK OVERSIKT	"	7
3.	ULTRAMAFISKE BERGARTER	"	8
	3.1. Feltbeskrivelse	"	8
	3.2. Mikroskopering	"	21
4.	KROMITTFOREKOMSTENE	"	26
	4.1. Feltopptreden	"	26
	4.2. Mikroskopering	"	30
5.	ANALYSER	"	34
	5.1. Mikrosondeundersøkelser	"	34
	5.2. Kjemisk analyse	"	35
6.	ØKONOMISK UTNYTTELSE	"	49
	6.1. Kvalitetskrav til krommalm og kromitt- konsentrater	"	49
	6.2. Forsyningssituasjonen for kromitt ...	"	49
	6.3. Kvalitetsvurdering av Feragsmalm i lys av de refererte krav	"	51
	6.4. Utnyttelse av disseminert kromitt ...	"	51
	6.5. Nikkel	"	55
	6.6. Platina og andre edelmetaller	"	58
	6.7. Ikke-metalliske mineraler og magnesium	"	60
7.	OPPRINNELSE AV ULTRAMAFITTENE I FERAGEN- OMRÅDET	"	63
8.	KONKLUSJON	"	70
9.	LITTERATURLISTE	"	73

BILAG

1. Liste over statens rettigheter
2. Prøvetakingslokalitetenes koordinater
3. Mikroskopidata fra bergartsprøver

4. Mikroskopidata fra malmprøver
5. Resultat av mikrosondeundersøkelse
6. Kjemiske analyser av bergart og malm
7. Sammenligning av analyseresultater fra Feragen, Velfjord og Rypen/Vikholmen
8. Variasjon i kjemi på magmatisk lagning ved Leighgruva i Feragsfeltet
9. Spesifikke kvalitetskrav til krommalm og kromittkonsentrater

TEGNINGER

- 1650/33A-01 Prøvelokaliteter : Gråberget-Heksemtjern M 1:50 000
-02 " : Feragsfeltets nærmeste omgivelser
M 1:50 000
-03 Prøvetakingslokaliteter : Feragsfeltet M ca. 1:10 500

1. INNLEDNING

Produksjonsoversikt

I Feragsfeltet er utdrevet tilsammen ca. 32 500 tonn krommalm (Engzelius 1940). Dette representerer 90-93% av all kromitt produsert i Norge (Poulsen 1960). De resterende ca. 10% er utdrevet vesentlig fra følgende områder :

- Rauhammeren, Klettene, Osthhammeren, Brorhaugen og Gråberget. Alle disse felt er beliggende mellom Feragsfeltet og Røros.
- Små forekomster i Nord-Østerdal, Folldal, Dovre, Skjåk, Lesja, Sunndal og Oppdal. + *Sjømelingen NØ for Molde.*
- Helgeland
 - Velfjord (ca. 80 tonn malm), Røddøy/Rypen-Vikholmen (ca. 40 tonn malm),
 - Hattfjelldal (? tonn), Nord-Helgeland (Røddøy, Lurøy, Nesna: over 800 tonn malm), tilsammen ca. 1000 tonn mest fattig krommalm med et krominnhold på ca. 100 tonn (Hauan 1863, Poulsen 1960, 1964).

Prosentvis fordeling av totalt krommetallinnhold i norskprodusert krommalm :

Feragsfeltet : 90-93%
Øvrige Sør-Norge : 4,5-7,5%
Helgeland : 2,5%

Tidligere arbeider

Gruvedrift og geologi er behandlet i en rekke bergarkivrapporter og andre skriftlige arbeider fra 1800-tallet fram til idag. De eldre bergarkivrapportene omhandler stort sett beskrivelser av malmforekomstenes beliggenhet i feltet og data om de enkelte malmkroppers dimensjoner samt bemerkninger om malmens kvalitet og

tonnasje. Nyere bergarkivrapporter inneholder vesentlig geologiske betraktninger.

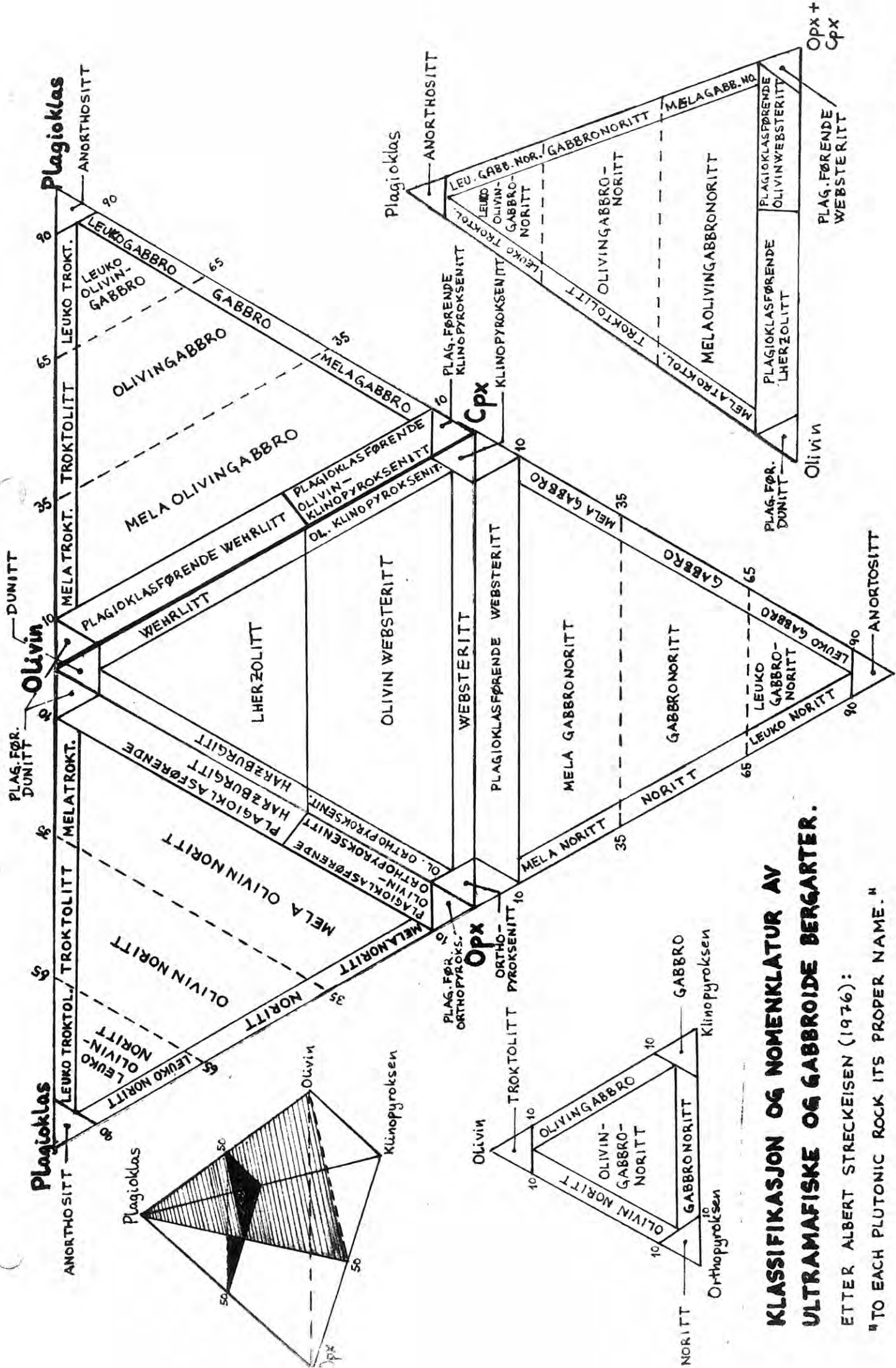
Helland (1873) og Vogt (1894) beskriver krommalmenes feltopptreden. Det geologiske kartblad "Aursunden" M 1:100 000 (Falck-Muus 1936) inkluderer Feragsfeltet. Engzelius (1940) har i tillegg til omfattende historiske opplysninger om feltet en detaljert beskrivelse av krommalmenes opptreden i Skalgruva. Du Riez (1956) gir en detaljert beskrivelse av ultramafiske bergarter og krommalm fra Feragsfeltet. Falck Muus (1957) har en omfattende oversikt over kromgruvedriftens historie og de enkelte gruver og skjerpers beliggenhet samt endel geologiske betraktninger. Hultin (1965) gir en inngående beskrivelse av krommalmen og de forskjellige ultramafiske bergarter i feltet med hovedvekt på mineralogi. I tillegg har han genetiske betraktninger om peridotittene og krommalmen. Nilsson (1978) beskriver krommalmen med hovedvekt på mineralogi og muligheter for utnyttelse av malmen.

Feltarbeidet

I Røros kommune ble alle ultramafittfeltene fra Botnen i sydøstenden av Aursunden i øst til Gråberget ved Røros i vest befart og prøvetatt, se tegning 1 og 2. Hovedvekten av prøvetakingen ble likevel konsentrert til Feragsfeltet og særlig feltets randområder og videre til tilgrensende Storhøgda gabbromassiv, tegning 3.

Bearbeiding av innsamlet materiale

De forskjellige ultramafiske bergarter og krommalmenene i Feragsfeltet er beskrevet makroskopisk og mikroskopisk i Nilsson (1978). Denne rapporten supplerer den ovennevnte beskrivelsen på enkelte



KLASSIFIKASJON OG NOMENKLATUR AV ULTRAMAFISKE OG GABBROIDE BERGARTER.

ETTER ALBERT STRECKEISEN (1976):

"TO EACH PLUTONIC ROCK ITS PROPER NAME."

EARTH-SCIENCE REVIEWS, VOL.12, PP 1 - 33.

FIG. 1

områder og er vesentlig bygget på materiale innsamlet under felt-sesongen 1978.

I fig. 1 er vist en oversikt over de ultramafiske og gabbroide bergarters nomenklatur. Navn på ultramafiske primærbergarter som er benyttet i denne rapporten er basert på denne inndeling.

2. GEOLOGISK OVERSIKT

Det ca. 15 km² store Feragsfeltet består av serpentiniserte bergarter av primær dunittisk og peridotittisk sammensetning. Serpentiniseringen har vært svakest i de sentrale deler av feltet. Her kan man studere magmatisk lagning mellom serpentinisert dunitt (gråbrun forvittringshud) og serpentinisert lherzolitt (rødbrun forvittringshud), fig. 2 og 3. I feltets grenseområder er vanligvis de primære trekk helt "utvasket". Både dunitt og lherzolitt er her fullstendig serpentinisert og har en felles blek grå, grønn gul eller lys brun forvittringshud, fig. 5.

Feltet ligger nær skyveplanet mellom kaledonske, grønnskifer facies metamorfoserte kambro-silurskifre tilhørende Trondheimsfeltets Aursundgruppe (Rui 1979) og den sen-prekambriske sparagmittformasjonen. Grensen mot sparagmittformasjonen i syd og øst er overdekket av tykk morene. Øst for Feragsfeltets ultramafiske bergarter, men innenfor Trondheimsdekket finnes et belte av bergarter som Rui beskriver som mylonittiserte/forgneisete skifre fra Stugusjøformasjonen ("Rørosskifer") og Hummelfjellformasjonen. De samme bergartene finnes igjen VSV for Feragsfeltet.

Øyegneisen nærmest skyveplanet (hovedskyveplanet) antas av Rui å være en mylonittisert og rekrystallisert meta-arkose. På Heksinli-høgda (UTM 465377, tegning 2) ble observert en finkornig mørk øyegneis med 1-2 mm store lyserøde feltspatkorn. Syd for denne ble

observert en lys, grovkornig sparagmitt (meta-arkose) med cm-store lyserøde feltspatporfyroblaster.

I vest grenser Feragsfeltet til Storhøgda's forskifrede saussurittgabbro som inneholder tett i tett med fine kvartsslirer og -linser parallelt skifriheten.

I SV (vest for Geitsjøen) grenser ultramafittkomplekset mot fin-kornige, svakt forskifrede vulkansk-sedimentære bergarter i veksling (tuffitt og svartskifer med kvartsslirer). Det er videre mulig at lok. 165 (tegning 2) representerer et innslag av Hummelfjellformasjonens bergarter (se s. 17 og 25).

I NV grenser Feragsfeltet til småfoldet, grågrønn fyllitt (Røros-skifer). I nord grenser de ultramafiske bergarter til Røragens devonfelt som består av skifre, sandsteiner og konglomerater, de sistnevnte med serpentinboller fra Feragsfeltet, se fig. 4.

Rauhammerfeltet (ca. 5 km²), Klettene, Gråberget og de andre små serpentinfelt og -kupper mellom Feragsfeltet og Røros er alle sterkere omvandlet enn Feragsfeltet. Disse feltene og kuppene ligger alle helt innesluttet i Aursundgruppens bergarter og har grenser mot fyllitt og saussurittgabbro.

3. ULTRAMAFISKE BERGARTER

3.1. Feltbeskrivelse

Feragsfeltet

Kontakten mellom Storhøgda saussurittgabbromassiv og ultramafittene i Feragsfeltet er blottet kun noen få steder. En observert blotning viste en knivskarp grense mellom lysgrå forvitrende serpentinit



Fig. 2. Magmatisk lagning mellom serp. dunitt (lys gråbrun) og serp. peridotitt (rødbrun) ved Leighgruva i Feragsfeltet (tegning 3, lok. 40, UTM 434395)



Fig. 3. Magmatisk lagning mellom serp. dunitt (lys grøbrun) og serp. peridotitt (rødbrun). Overgangstype-olivinrik peridotitt-i nedre del av fig. (tegning 3, lok. 40, UTM 434395).



Fig. 4. Serpentinkonglomerat. Svartbergkonglomerat, Røragens devonfelt (tegning 2, UTM 438415).



Fig. 5. Grensen mellom Feragsfeltet ultramafiske bergarter (lyse) og Storhøgdas saussurittgabbro (mørk). I forgrunnen Nedre Rødtjern sett mot NNV.



Fig. 6. Detalj fra kontakten på fig. 5. Knivskarp grense mellom Feragsfeltets serpentinit (lys grå til høyre) og skifrig overgangsbergart (svart) mot Storhøgdas saussurittgabbro (lok. 101-102, UTM 425393, tegning 2 og 3).



Fig. 7. Forvitringen langs sprekken i serp. dunitt (lys gråbrun, til venstre) er sterkere enn forvitringen langs sprekker i serp. peridotitt (rødbrun). Lokalt litt nord for Leighgruva, (Leighgruva, lok. 40, UTM 434395, tegning 3).

og en svakt forskifret, svart kontaktbergart som glir gradvis over i saussurittgabbro, se fig. 5 og fig. 6. Grensen mellom de to bergarter faller steilt mot vest i overflaten. Blotningen er markert med lok. 101 og 102 (UTM 425394) på tegning 2 og 3.

Kontakten mot Røragens devonfelt i nord er dårlig blottet da både den her sterkt hydrotermalt omvandlede ultramafitten og det devonske serpentinkonglomeratet begge hyppig er forvitret til sand og grus i overflaten.

Ultramafitten består her i uforvitret tilstand av avrundete serpentinboller liggende i et nett av serpentinårer, og det hele ligner således en breksje eller et konglomerat, se fig. 11 (side 20).

Magmatisk lagning kan studeres flere steder i feltet, men ikke noe sted er den så tydelig og bergartene så lite forvitret som i området umiddelbart nord for åpningen av Leighgruva, fig. 2 og 3. Skillet mellom de to bergartene som ligger i vekselvis bånding, serpentinisert dunitt og serpentinisert lherzolitt, trer ekstra godt fram på forvitret overflate da den serpentiniserte dunitt forvitrer lys gråbrunt og den serpentiniserte lherzolitt rødbrunt. I et friskt snitt er begge bergartene gråsvarte, men den primært pyroksenførende varietet er tilsynelatende mer grovkornet enn den primært dunittiske, og den fører dessuten endel lyse grågrønne små korn av amfibol som utgjør et mellomstadium av den rombiske pyroksens omvandling til serpentin. Grensen mellom de to bergarter kan i enkelte tilfeller være helt tydelig. I andre tilfeller har de to bergarter, eller mer nøyaktig mineralene pyroksen og olivin, i stor grad krystallisert ut og sunket samtidig i magmakammeret, fig. 3. Bergarten i nedre halvdel av fig. 3 hvor overflaten viser en spraglete blanding av gråbrunt og rødbrunt kan samlet betegnes som en pyroksenfattig lherzolitt.

Fordelingen av bergartene i feltet er som det framgår av tegning 3 ikke jevn. Den fullstendig serpentiniserte bergart (serpentinitten) er med unntak av smale årer og sprekker konsentrert utelukkende til et belte med noe variabel bredde i randområdene av feltet. Ved betraktning av primærbergartene dunitt og lherzolitt ser det ut til å være en overvekt av dunitt i forhold til lherzolitt i nordfeltet som helhet, d.v.s. nord for en øst-vestgående linje mellom Rødtjerngruva og Skalgruva. Sterkest er overvekten av dunitt i området mellom Liegruven (lok. 31) og St. Paul (lok. 14) i den vestlige delen av nordfeltet. I den østlige delen av nordfeltet ser det ut til at peridotittandelen er noe større enn dunittandelen. Forholdet peridotitt (P) : dunitt (D) varierer her fra ca. 1:1 til ca. 2:1 ved betraktning av mindre delområder. I sydfeltet (Gammelmannshøgda) ser peridotittandelen over alt ut til å være større enn dunittandelen. P:D varierer her fra ca. 2:1 i området syd for Nedre Rødtjern til ca. 3:1 og mer i de sydlige deler av Gammelmannshøgda. Forholdstallene er bare orienterende. Størestedelen av området innenfor trekanten Nedre Rødtjern-Skalgruva og topp-partiet av Gammelmannshøgda er dessuten ikke medtatt i betraktningen da dette området er sterkt overdekket av myr. Kjennskapet til bergartsfordelingen i feltet er av stor betydning fordi krommalmen utelukkende er knyttet til dunitten.

Forvittringsformene i dunitt og lherzolitt er så forskjellige at de her omtales spesielt. Serpentindannelsen langs sprekker er vanligvis mye sterkere i dunitt enn i lherzolitt. Dette kan for eksempel sees tydelig i fig. 7 der endel sprekker krysser grensen mellom de to nevnte bergarter. Den fullstendige serpentiniseringen har her trengt flere ⁱⁿⁿ cm^{VI} i dunitten på hver side av sprekkeplanet mens serpentindannelsen langs den delen av sprekkeplanene som går i lherzolitt er mye svakere. Fig. 8 og fig. 9 illustrerer dette. Som fig. 8 viser, eroderes de serpentiniserte sprekkeplanene i dunitten lett, slik at store dunittblokker frigjøres og blir lettere gjenstand for videre forvitring enn det faste fjell. Dette fører igjen til at lherzolitten flere steder, særlig på Gammelmannshøgda, står



Fig. 8. Serpentinisering og forvitring langs sprekker i serpentinisert dunitt (beliggende ved lok. 14, UTM 432406, tegning 3).



Fig. 9. Liten forvitring langs sprekker i serp. peridotitt. En karakteristisk rød lav vokser på peridotitt, men ikke på dunitt. Sammenlign fig. 8 og 9. (lok. 166, UTM 436373, tegning 3).

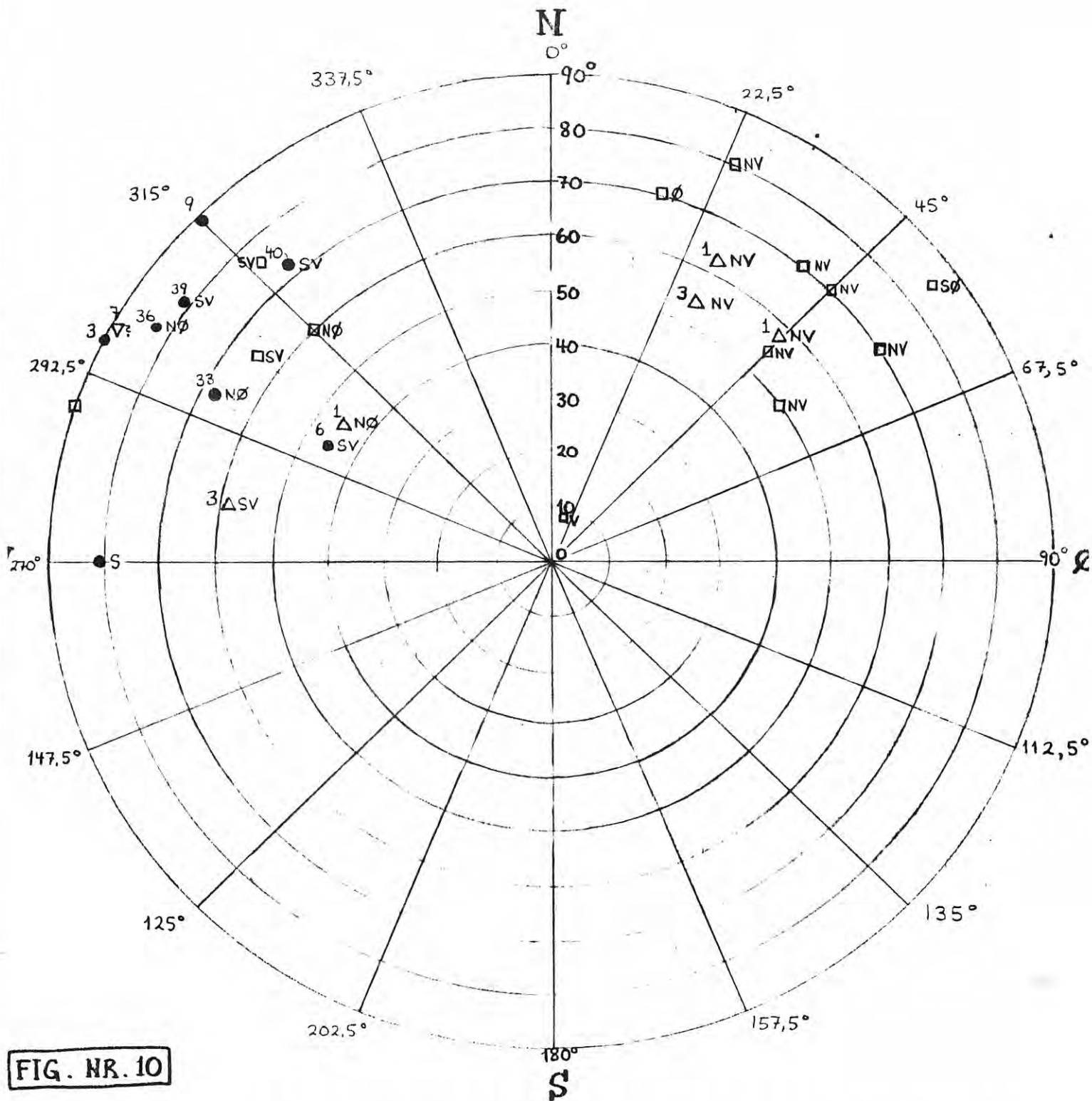


FIG. NR. 10

KROMITTÅRERS- OG SPREKKERS STRØK OG FALL AVSATT I POLARKOORDINATER.

TEGNFORKLARING :

- KROMITTÅRER (LOKALITETNR. OG FALLRETNING ER ANGIT
 - Δ SPREKKER (" " " " " "
 - =||= (MÅLINGER I OMRÅDET RØDTJERNGRUVA - LEIGHGRUVA)
 - ▽? MAGNESITTÅRER (FALLET ER UKJENT)
- LOKALITETNR. REFERERER TIL TEGNING 3.

opp som rygger med renner av dunit som er delvis gjenfylt av forvittringsgrus og vegetasjon.

Oppsprekking. De mest markerte sprekkeretninger i området Rødtjerngruva-Leighgruva ble målt og resultatet plottet i polarkoordinatdiagram, fig. 10. Det typiske sprekkemønster i området består av to sprekkesystemer som danner ca. 60° - 90° vinkel med hverandre, og hvor sprekkene har et fall stort sett mellom 60° og 90° . Det tredje sprekkesystemet er desidert mindre utpreget enn de to første og består av sprekker hvis plan danner liten vinkel med overflaten. Erosjon langs disse sprekkesystemene fører til dannelse av mer eller mindre regelmessige blokker, se fig. 8.

Storhøgda_saussurittgabbromassiv

Massivet ligger vest for Feragsfeltet og med skarp grense til dette (fig. 5 og 6 samt tegning 2 og 3). I vest er grensen mellom gabbro og fyllitt dekket av myr. Gabbroen er overalt foliert og enkelte steder markert forskifret. Foliasjonens-/skifrihetens strøkretning er målt mellom $N20^{\circ}O$ og $N50^{\circ}V$, mens fallet gjennomgående er steilt. Gabbroen er sterkt gjennomsett av kvartsslirer, vanligvis parallelle med foliasjonen, men enkelte ganger forekommer kvartsen som helt uregelmessige, spredte klyser. Omkring det høyeste punktet (1076 m o.h.) kommer kvartsinnholdet helt opp i over 50% av sammensetningen og bergarten blir da nærmest en skifrig gabbrodioritt (Du Riez 1956). Massivet er oppsprukket på tvers av foliasjonen både i stor og liten skala. Kvartsslirene er ofte forkastet et par cm der de skjæres av småstikk.

Vest for den nordligste delen av Storhøgdegabbroen, tegning 2, ligger et lite saussurittgabbrofelt som overalt er sterkt forskifret og på avstand skiller bergarten seg lite fra omgivende Rørosskifer.

Området vest for Geitsjøen er avmerket som metagabbro på Ruis kart (tegning 2). En prøve fra lok. 165 ligner dog mer på prøver av forgneiseteskiere fra Middagshøgda (UTM 464403) enn på Storhøgdas saussurittgabbro. Her er imidlertid liksom på Storhøgda et høyt innhold av kvartsslirer parallelt skifriheten. Vestenfor - ved lok. 111 og 162-164 - har bergartene et vulkansk-sedimentært preg. I den sydlige delen av dette området er en tett og finkornig tuffitt. Lenger nord er utviklet en foliasjon ($N20^{\circ}Ø/50-60^{\circ}V$) i tuffitten, men ikke så sterkt som på Storhøgda. Parallelt foliasjonen løper kvartsslirer og tynne lag av pyrittholdig svartskifer (lok. 163).

Rauhammerfeltet

Den hydrotermale omvandlingen av ultramafittene er i gjennomsnitt mye lenger framskredet i Rauhammerfeltet enn i Feragsfeltet. Talk og magnesitt forekommer flere steder i Rauhammeren, mineraler som kun opptrer i meget små mengder og bare i grenseområdene i Feragsfeltet.

I veggene i de gamle kromittbruddene sydligst i Rauhammerfeltet kan en studere sterkt omvandlete ultramafitter hvor de hydrotermale løsningene har trengt fram langs fine stikk og riss og suksessivt omvandlet de primære peridotitter fra sprekkeflatene og rissene innover i bergartene slik at det hele nå minner om en breksje eller et konglomerat bestående av avrundete boller eller noe mer skarpkantete fragmenter av serpentinisert peridotitt gjennomvevet av et tett nett av serpentinårer assosiert med talk og ren, hvit magnesitt. Slik sterkt omvandlet peridotitt forekommer hyppig også i Klettene og Storgråberget, fig. 11, men er i Feragen kun lokalisert til enkelte plasser i en smal sone langs feltets grenser. Det ser i Rauhammeren ut til å ha vært mer primær dunitt enn primær pyroksenholdig peridotitt, en antagelse basert på forvitningsfarge og overflatestrukturer. Hele området omkring den høyeste toppen (977 m) for eksempel, ser ut til å bestå av serpentinisert dunitt.

Hummelig vakt formulert

Den sterkt rødforvitrende peridotitt (lherzolitt) som er meget vanlig i Feragen, jfr. fig. 2 og 3, finnes bare sporadisk i Rauhammeren, for eksempel i brattskrentene helt i syd i feltet. Endel peridotitt med gråbrun forvittringshud tilsvarende dunittens finnes. Denne peridotitt har mulig et noe lavere pyrokseninnhold eller bare rombisk pyroksen sammenlignet med peridotitten (lherzolitten) i Feragsfeltet hvis sterkt rødfargede lavvekster (fig. 9) åpenbart trenger kalsium (fra den monokline pyroksen) for å kunne vokse.

Klettene er det 3. største peridotittfeltet i Røros kommune etter de to beskrevne og ligger ca. 2 km SV for Rauhammerfeltet. Serpentiniseringen er her minst like sterk som i Rauhammeren. I flere brudd kan man se "breksjestructur"-serpentin i veggene (fig. 11, lok. 145). I minst ett av bruddene har det vært drevet utelukkende etter "endel serpentin" som er blitt bearbeidet og solgt som bruks- og prydgjenstander.

Vest for gården Pantslåttan (koord. 306397, tegning 1) ligger en liten serpentin-kuppe i Rørosskiferen. I en 5 m lang forsøksstoll ble observert svartgrønn serpentin i et nett av lysere grønn serpentin. Overflaten av kuppen er særlig porøs og ujevn og består av linser av gråbrunt forvitrende serpentinisert peridotitt med en gråblå serpentin som "grunnmasse" mellom linsene. De sentrale deler av kuppen er noe oppsprukket, men sprekke følger bare unntaksvis linsenes grenser. I grenseområdet mot Rørosskiferen finnes sterkt forskifret serpentinitt som delvis er forvitret til jord. Her ble også observert små mengder grønt karbonat samt en ca. 3-4 cm mektig steiltstående asbestgang med tverrfibre (lok. 137, tegning 1)

Osthammeren (UTM 299396, tegning 1) er den mest typiske serpentin-kuppe på strekningen Røros-Feragen. Den har ovalt tverrsnitt med bratte sider ned mot grensen til den omliggende fyllitten.

Serpentiniseringsgraden er den samme som i Rauhammeren og Klettene. Litt karbonat assosiert med en stenglig serpentinvariant ble observert.

Storgråberget eller bare Gråberget ligger umiddelbart vest for Skåkåstjørna og 6 km SØ for Røros sentrum. Feltet trer fram i et ellers meget overdekket område som flere sammenhengende små kupper eller hauger.

I den nordlige delen av feltet synes ultramafittene å være middels sterkt omvandlet, kanskje noe sterkere enn i de sentrale deler av Feragsfeltet. Lenger syd i feltet er forholdene analoge med omvandlingen i Rauhammeren og Klettene.

I den sydlige del av Storgråberg-feltet ble observert en flere m³ stor løsblokk av serpentinisert kromførende peridotitt (lite pyrokser som inneholdt kvartsårer, fig. 12. I nærheten ble det i fastfjell funnet flere tynne kvartsårer som gjennomsetter peridotitten. Da kvarts ikke er assosiert med ultramafiske bergarter må de hydrotermale SiO₂-førende løsningene som har dannet kvartsårene ha kommet fra den underliggende og tilgrensende fyllitt eller fra den nærliggende metagabbro.

Totalt sett er Storgråberg-feltet karakterisert ved en alt overveiende dunittisk primærsammensetning i de nordligste 2/3 av feltet og en peridotittisk primærsammensetning i den sydlige tredjedel.

Også en del andre små serpentinittblotninger er befart. I Brorhaugen (UTM 305375, tegning 1) finnes en liten kromittmineralisering som det er arbeidet på. I de øvrige blotninger ble det ikke observert kromitt eller tegn til skjerppearbeid.



Fig. 11. Breksje-struktur/konglomerat-struktur serpentinit. Boller av serpentinitisert dunitt og peridotitt ligger i en grunnmasse av sterkere omvandlete ultramafitter bestående av serpentinit, kloritt, talk og magnesitt (lok. 145, UTM 323378, tegning 1)



Fig. 12. Utsprengte blokker av serpentinitisert kromittførende dunitt med årer og spettinger av hydrotermalkvarts (lok.134, UTM 280374, tegning 1).

3.2. Mikroskopering

Feragsfeltet

Mikroskopering av bergarter fra forskjellige deler av Feragsfeltet, bl.a. grenseområdene til feltets omliggende bergarter, har bragt for dagen flere opplysninger som supplerer bergartsbeskrivelsen til min diplomoppgave (Nilsson 1978).

Kontaktbergarten mellom Feragsfeltets serpentinit og Storhøgdas saussurittgabbro (fig. 5 og 6) som maksimalt er noen dm mektig og har skarp kontakt til serpentiniten kan primært ha hatt en ultramafisk sammensetning da den fører kromitt i motsetning til saussurittgabbroen og det i relativt store mengder. Kromittkornene er avlange, parallellorienterte og anhedrale og delvis omvandlet til de jernrikere spinellene ferrikromitt og krommagnetitt. Avlange kromittkorn er ellers relativt uvanlig, og det er mulig de er rekrystallisert siden de er orientert langs skifriheten.

Kontaktbergartens sammensetning er følgende :

aktinolitt - tremolitt	:	40-50%
kloritt (penninit)	:	40-50%
kromitt med sekundære omvamlingsprodukter	:	5-10%

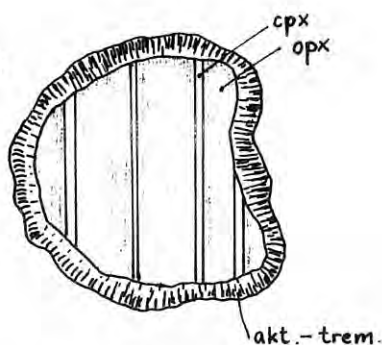
Parallellorienterte aktinolitt-tremolittfibre har i lengdesnitt en lys brun egenfarge og grågule-brungule 2.ordens interferensfarger. I tverrsnitt normalt på C-aksen som viser amfibolens karakteristiske ca. 60° spalteriss er egenfargen mye sterkere brun - nesten brunsort og interferensfargene er ofte klare (røde, gule, blå og grønne) og av lavere orden (1.orden?).

Klorittmineralet som mest sannsynlig er penninit er fibrig, fargeløst med karakteristiske fiolette og berlineblå interferensfarger

(Kerr 1977). Fibrene er parallellorienterte og parallelle med aktinolitt-tremolittfibrene og kromittkornene, og alle mineralene er således med på å definere kontaktbergartens skifrihet.

Peridotittprøver innsamlet forskjellige steder i feltet (lok. 42, 100, 166. m.m) viser varierende grad av serpentinisering. Ved lok.100 øst for Skalgruva ble det prøvetatt en peridotitt som i mikroskop viste opptil 5 mm store pyroksenkorn, omvandlet i randsonen. Disse korn har brede lameller av rombisk pyroksen med utslukning mellom 0° og ca. 10° og oftest 1.ordens gråhvite interferensfarger. Mellom de brede lameller sitter monoklin pyroksen med skjev utslukning (35° - 40°). Det er en diopsid eller en augitt ifølge Kerr (1977). Se fig. 13.

Se også
LITHOS 36, fig 8
side 303



NB! Se Hatch, Wells & Wells
side 42

FIG. 13

De øvrige mineraler som ble observert i gjennomfallende lys, olivin, serpentin, monoklin pyroksen, aktinolitt-tremolitt og kromkloritt opptrer alle som omtalt i Hultin (1965) og Nilsson (1978).

I pålys ble det observert kromitt med omvandlingsprodukter, sekundær magnetitt som strenger av enkeltkorn i serpentinårer, noen få ørsmå sterkt reflekterende awarittkorn samt noen

anhedrale korn av et lysegult, relativt svakt anisotropt mineral som kan være et Ni-sulfidmineral. Det ble foretatt mikrosondeundersøkelser av disse korn (se dette avsnitt).

Ved lok. 40 - Leighagruva, tegning 3 og bilag 8, ble det foretatt en prøvetaking langs en rett linje tvers på den magmatiske bånding med tanke på å få rede på variasjon i kjemi langs denne linjen. Slip av to peridotittprøver, L4-1 og L6, ca. 65 cm fra hverandre ble undersøkt. Prøve L4-1 som lå i kontakt med dunitt fører 1-2% monoklin pyroksen, mens prøve L6 fører mellom 5 og 10%. Ellers er innholdet av primærmineraler stort sett det samme. Prøve L6 er noe mindre serpentinisert enn L4-1.

Ifølge Streckeisens nomenklatur (fig. 1) har peridotitten nær kontakten til dunitt en harzburgittisk sammensetning. Denne går gradvis over i en lherzolittisk sammensetning ettersom innholdet av monoklin pyroksen øker med avstanden fra dunitt-peridotittgrensen.

Resultatet av den kjemiske analyse ble for prøvene L4-1 og L6 det motsatte av hva en kunne forvente ut fra mikroskoperingen med hensyn til Ca-innholdet, nemlig avtagende Ca-innhold mot venstre fra dunitt-peridotittgrensen. Se bilag 8-4. På høyre side av kromittåren derimot, øker Ca-innholdet som forventet fra åren gjennom dunitten og videre inn i peridotitten (bilag 8-4).

Mer dekkende opplysninger om dette kan en få ved å mikroskopere og analysere prøver som er tatt tettere og langs flere profiler vinkelrett på den magmatiske lagning. Området ved Leighgruva har de beste lokalitetene for slik prøvetaking. De nevnte fenomener har imidlertid ingen umiddelbar økonomisk geologisk interesse.

På lok. 104 (UTM 412406, tegning 3) ble det funnet en hornblenditt som består av over 90% sterkt pleokroitisk (hvit-grønn) hornblende. De resterende 10% er delt mellom en særlig omvandlet kromitt (kromitt → ferrikromitt → krom-kloritt), litt kloritt (penninitt) på sprekker, noen få korn av rombisk pyroksen (?), litt karbonat (magnesitt?), litt aktinolitt-tremolitt og aksessoriske mengder biotitt.

Hornblenditten er ikke funnet andre steder i feltet. Prøvelokaliteten ligger bare ca. 50 m fra Storhøgdas saussurittgabbro, og det er nærliggende å anta en sammenheng med denne, kanskje med omvandling fra saussurittgabbro til hornblenditt. Kolderup (1902) beskriver lignende forhold fra Bergen by hvor han antar overgangen massiv saussurittgabbro → skifrig saussurittgabbro → hornblendeskifer er oppstått ved "press og indre knusing".

Innholdet av kromitt tyder imidlertid på at hornblenditten primært har vært en peridotitt eller ~~dunitt~~ fordi saussurittgabbroen som

nei!
 pga. opx-relikter.
 må spillet avvise!

nevnt ikke inneholder kromitt eller omvandlingsprodukter av kromitt.

Endel serpentinitter fra kontaktområdene ble mikroskopert og enkelte karakteristiske teksturtrekk gikk hyppig igjen fra slip til slip. Den vanligst forekommende serpentinitvarietet som består utelukkende av serpentin, litt sekundær magnetitt og høyst 4-5% magnesitt er fibrig, stenglig eller bladig (smale eikeløvsformete blad). Den har blågrå interferensfarger og forekommer med følgende teksturer :

- 1) helt uorienterte fibre, lister og blader, som den vanligste forekomstmåte
- 2) radiære aggregater av fibre, lister og blader
- 3) fibre, lister og blader i to markerte orienteringsretninger som står omtrent normalt på hverandre.

Storhøgda_saussurittgabbromassiv

* Gabbroen er finkornig, tildels sterkt forskifret og omvandlet. Den fører subhedrale-euhedrale korn av disseminert magnetitt i mengder fra 2-10 vol-% (på det aeromagnetiske kart kommer gabbroen ut med en enda kraftigere anomali enn Feragsfeltets ultramafitter). I tillegg opptrer 5-7 vol-% disseminert hematitt.

Mengdeforholdet av de forskjellige silikatmineralene varierer tildels sterkt. Enkelte prøver har svært lite plagioklas, mens ett slip (nr. 158) fører omlag 20% (vol-%) plagioklas pluss ca. 10% av omvandlingsproduktene clinozoisitt (?) og/eller serisitt (?). Plagioklasbestemmelser etter Michel-Levy's metode på noen få korn ga An₇₋₁₆, dvs. albitt til oligoklas.

Moore & Hultin p. 248 (NGT 1980) : An₃₈₋₄₅ ^{vil. 60} ?? Se og Goldschmidt (Rørgens devon) s. 8. Det mest dominerende mineraler aktinolit-tremolit (?) som opptrer i en meget finkornig, fibrig, brun masse som enkelte steder utgjør 50 vol-%. Karbonat (muligens kalkspat) opptrer i mengder på mindre enn 5%. Kloritt (klinokloritt (?) og penninit) og hornblende

Se og muligens f. omeg. Stiga?

(Virker sanns. med An-fattig plag for sauss.-prøver og sterker An-holdig plag for friske prøver.)

utgjør hver mellom 0 og 25% av sammensetningen. Epidot ser ut til å dannes på bekostning av hornblende pluss kloritt. Hornblendekrystaller som er randlig omvandlet til epidot er observert, likeså hele epidotkorn i pseudomorfose etter hornblende. Epidotinnholdet kan variere fra 1-20%. Apatitt finnes aksessorisk.

Lok. 162-164 vest for Geitsjøen (tegning 2) representerer prøvetakingspunkter i meget finkornete, dels forskifrete tuffitter samt i svartskifer. Tuffitten inneholder opptil 10 vol-% finfordelt magnetitt samt aksessoriske mengder pyritt. Hovedbestanddelen er en svært finkornet "grøtet" masse av tremolitt (?) med endel små hornblendekorn i. Hornblende finnes også på sprekker i tremolitten og er mulig dannet ved rekrystallisering av sistnevnte. I tremolitten finnes årer med mindre enn 1 mm tykkelse og disse er fylt med korn av feltspat (både plagioklas og mikroklin) samt karbonat. Feltspaten er i meget varierende grad omvandlet til serisitt og/eller clinozoisitt (?).

Lok. 165 umiddelbart vest for Geitsjøen er trolig en mylonittisert/forgneiset skifer fra Stugusjøformasjonen (Rørosskifer) eller Hummelfjellformasjonen (Rui 1979), se side 17 . Bergarten fra denne lokalitet består av omtrent like store deler tremolitt og plagioklas/serisitt. Videre finnes små mengder karbonat (ca. 5%) og magnetitt (ca. 5%), det siste mineralet for det meste i form av ørsmå helt uorienterte lister jevnt fordelt i tremolitten.

I bilag 3 er gitt en oversikt over enkelte ultramafittprøvers innhold og fordeling av mineraler. Prøvene er et lite utvalg både fra Feragsfeltet og de vestenforliggende mindre felt.

4. KROMITTFOREKOMSTENE

For Feragsfeltets vedkommende er kromittforekomstenes feltopptreden og opptreden i mikroskop beskrevet i Nilsson (1978). I denne rapporten er derfor bare tatt med supplerende opplysninger fra Feragsfeltet.

4.1. Feltopptreden

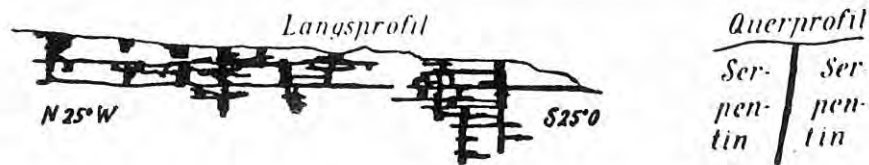
Feragsfeltet

Malkroppene som enkelte av de store gruvene i feltet ble anlagt på hadde relativt regelmessige dimensjoner. De var i store trekk plateformete, eller linseformete. Den største utstrekningen kunne være mot dypet (Skalgruva 80 m) eller strøklengden (Rødtjerngruva 320 m). I sydfeltets største gruve, Geitsjøgruva, og i Lergruva, må malkroppene derimot ha hatt en mer uregelmessig form etter de utførte arbeider å dømme. Geitsjøgruva består av flere store dagåpninger og gruverom uten noen regelmessig sammenheng eller noen utpreget strøk- og fallretning og uten noen utpreget lengdeutstrekning. Flere mindre gruver i feltet, bl.a. "Jakobine", er anlagt på stokkformete eller klumpformete malmlegemer.

Malkroppenes høyst forskjellige morfologi skyldes tektoniske forhold som har forstyrrt de enkelte kroppene i varierende grad. Fig. 14 og 15 viser skisser av enkelte malmlegemers morfologi etter Falck-Muus (1957) og Beyschlag, Krusch und Vogt (1910). Videre henvises til de utmerkede gruvekart over Skalgruva i Engzelius (1940).

Ved lok. 70 (UTM 439398, tegning 3) ble prøvetatt håndskeidet, meget ren, massiv krommalm. Videre ble prøvetatt massiv- og impregnasjonsmalm fra Skalgruva og Rødtjerngruva, alt med tanke på kjemisk analyse og mikrosondeanalyser, se kap. 5. Massivmalmen fra lok. 70 er blant den reneste malm som undertegnede har observert i feltet (over 70 undersøkte mineraliseringer).

VERTIKALSNITT AV NOEN AV KROMGRUVENE.



Hentet fra
Beyschlag, Krusch und Vogt
(1910) .



Fig. 172. Seiggerrid, Querprofil og flacher Riss der Rødtjerngrube. Nach der Grubenkarte der Bergwerksgesellschaft von Rörös.

RØDTJERNGRUVA

Hentet fra Falck-Muus (1957)

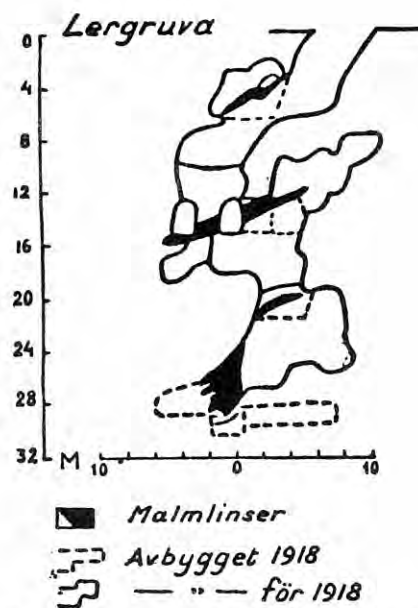
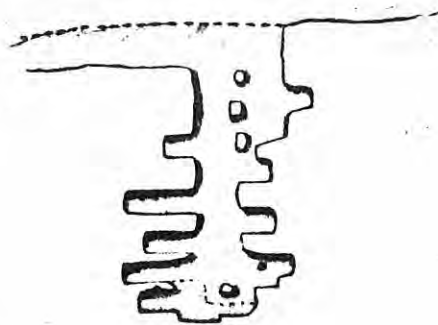


Fig. 16. Profil av Lergruva, hvorav fremgår malmlinsenes opptreden. (Ing. E. Dahl tegn. 1918).



Jacobine Grube



1 lag = 2 meter

Fig. 14

Fig. 10. Gruekart over Jacobine (56) i Feringsfjellet, en av de gruvene som ble oppkalt etter familien Dunkers medlemmer. Kartet er oppst. 1855.

Hentet fra Falck-Muus (1957)

Originalkartet fins i
Bergarkivet, NGU.

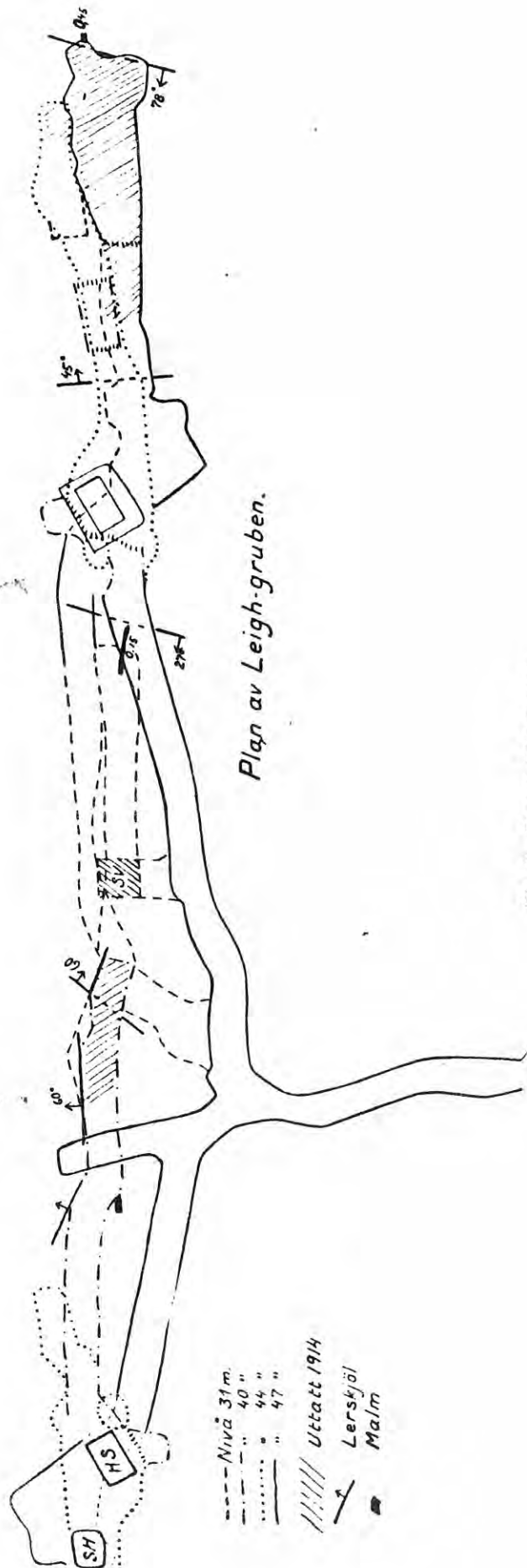


Fig. 11. Plan av Leighgruven.

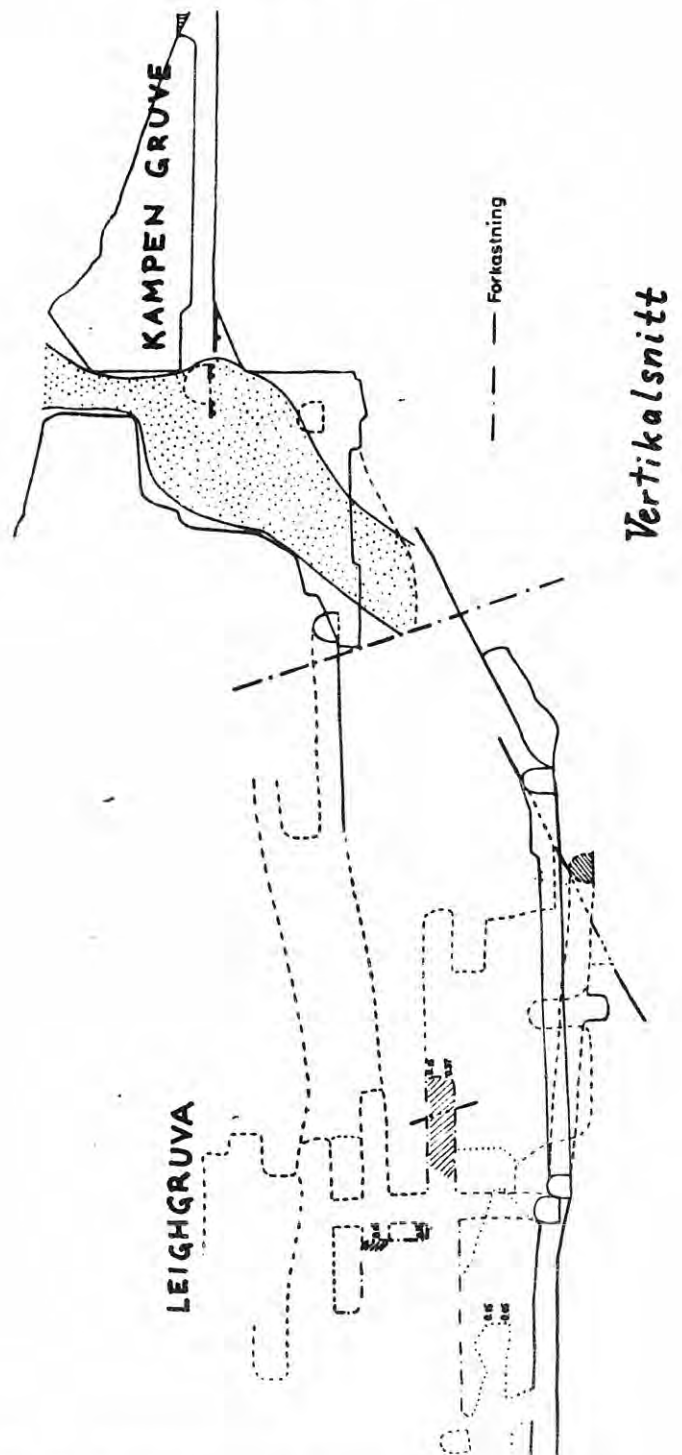


Fig. 12. Forbindelsen mellom Kampen gruve og Leighgruven.

Fig. 15

Leighgruva

horisontal- og vertikalsnitt

Hentet fra Falck-Muus (1957) •

Rauhammerfeltet

De nå utdrevne krommalmforekomstene i Rauhammeren har vanligvis hatt en meget uregelmessig form. Noen store åpne rom helt i SØ indikerer at malmkroppene her kan ha vært plateformete. I vestskråningene av Rauhammeren hvor det finnes flere små gruver tyder bergrommene på helt uregelmessige malmkropper uten noen utpreget største dimensjon. I én gruve (lok. 122, tegning 1) har forekomsten vært nesten flattliggende, fig. 16.

Malmtypene er de samme som i Feragsfeltet, massivmalm med alle overganger til finkornig impregnasjon.

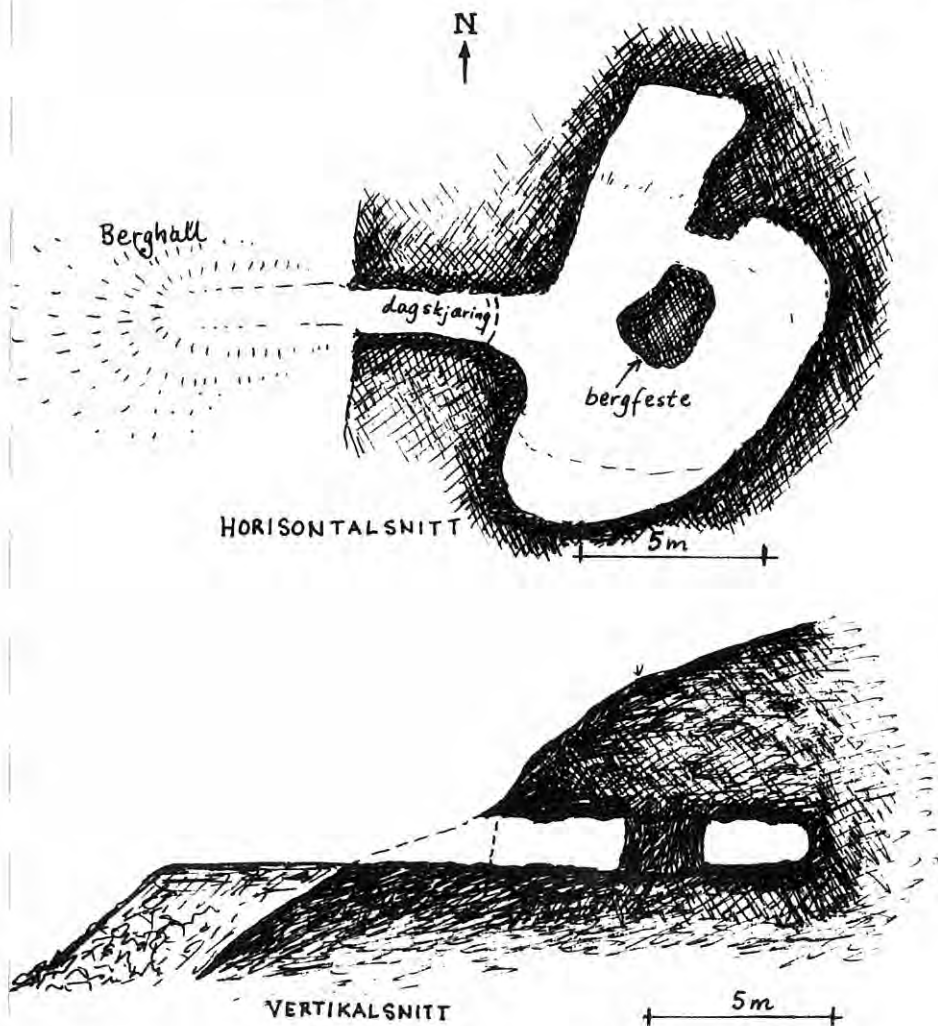


Fig. 16

Lok. 122, UTM 3400 3965,
tegning 1.

LITEN KROMGRUVE
I RAUHAMMERENS VESTSKRÅNING.

(ETTER SKISSER I DAGBOKEN)

Klettene, Osthammeren, Storgråberget og Brorhaugen

Det er utdrevet lite kromitt fra disse feltene hvor malmen har forekommet som små, uregelmessige kropper. Den største enkeltforekomsten har vært lok. 146 (tegning 1) i Klettene. Litt gjenstående kromitt i form av svak impregnasjon eller små klumper, slirer og linser ble observert og prøvetatt i flere av skjerpene.

4.2. Mikroskopering

Meget få nye opplysninger er framkommet ved mikroskopering av kromalm, og i det følgende gjengis derfor bare summarisk resultatene av mikroskoperingen. Se forøvrig bilag 4.

Opplysningene i bilag 4 er resultat av anslag og ingen modalanalyser er utført. Vurderingen av gjennomsnittskornstørrelse, kornform og oppknusningsgrad er også subjektiv, men relevant for en sammenligning mellom de enkelte slip. I fig. 17-19 er satt opp en komprimert oversikt over metamorfosens påvirkning av kromitten (overveiende hydrotermal metamorfose), både den disseminerte kromitt i peridotitt (harzburgitt og lherzolitt) og i dunitt, samt de kompakte kromalmene og impregnasjonsmalmene som alltid ligger i dunitt.

Flere detaljer om kromittomvandling i Feragen kan leses i Hultin (1965, s. 13, 14, 19, 20, 26) og Nilsson (1978, s. 11-18 og 55-56d).

OVERSIKT OVER DEN HYDROTHERMALE METAMORFOSE AV DISSEMINERTE KROMITTKORN I SERPENTINISERT PERIDOTITT I FERACSFELTET

FRISK PERIDOTITT

SERPENTINISERT PERIDOTITT

STERKT SERPENTINISERT PERIDOTITT

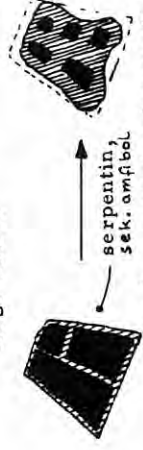
SERPENTINITITT

økende metamorfose

Euhedrale
homogene
kromitkorn (k)

Omvandling til
ferrikromitt (fk)
langs sprekker og
langs randen

olivin, opx, cpx



ved serpentinisering av olivin
frigjøres Fe som kan pålagres
kornene i form av magnetitt,
maghemitt eller hematitt i et
tynt sjikt (15-30µm)

fk omdannes til
kammereritt. Mt- eller
hm-randen kan forbli delvis
intakt og således markere
omrisset av det primære korn



serpentin omdannes
til kloritt, krom-kloritt
og kammereritt

Område med
kloritt/krom-kloritt
der det tidligere kromitkorn lå



kromitt

Fe tilføres kromitkornene ved serpentinisering av olivin og/eller ved korrosjon av de marginale delene av kromittkornene (se korn nr. 3 fra venstre). Fe²⁺ går over til Fe³⁺ hvorved spinellgitteret forvris. Al frigjøres derved fra gitteret, reagerer med serpentin og danner kloritt. Mg frigjøres delvis, og Cr begynner å frigjøres.

krom-kloritt og kammereritt

Mg frigjøres helt, deretter Cr og tilslutt Fe. Disse elementene går så inn i serpentin og kloritt og danner Fe- og Cr-holdig kloritt.

olivin

Fe frigjøres og danner oksyder (magnetitt, maghemitt og hematitt). Nøe Fe går inn i kromitkornene og kromitten omdannes da til ferrikromitt.

kloritt, krom-kloritt og kammereritt

Fritt Al reagerer med serpentin og danner kloritt (Fe- og Cr-fri). Fritt Mg, Cr og Fe i tillegg til Al vil gi krom-kloritt og kammereritt

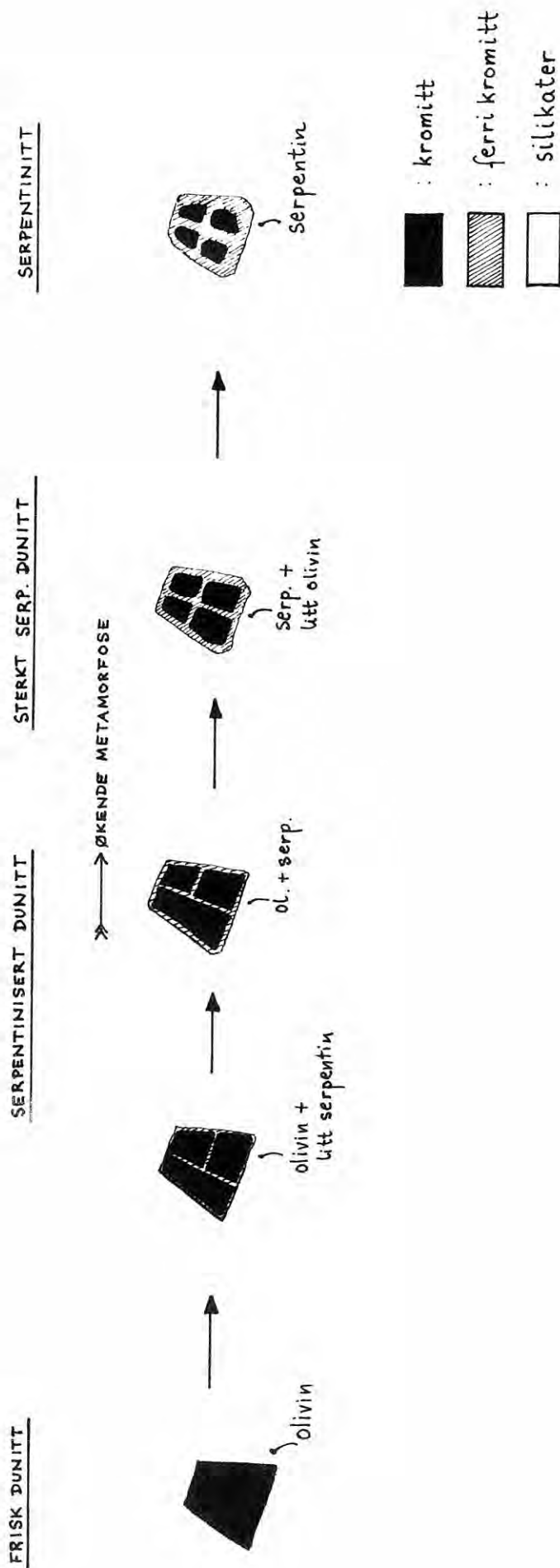
Mitra (1972) regner med at omvandlingen vesentlig skyldes kjemisk mobilitet generert ved trykk (skjærekrefter). Mobiliteten er aktivert vesentlig av den/de væske(r) som er i bergarten og er ekstrahert fra porer og fra serpeninen

Omvandling (?) av (fk) til krommagnetitt (kmt) av (fk) til kromsporadisk i de disseminerte kromitkornene og i de kompakte kromitmineraliseringene. Det er mulig at kmt ikke er et omvandlingsprodukt av fk, men at Cr-innholdet (maks. 8-10% Cr₂O₃) har gått inn i mt etter at denne er pålagret ferrikromitten ?

K I L D E R :

- Hultin (1965)
- Mitra (1972 og 1973)
- Qvale (1977)
- Bøe (1978)
- Nilsson (1978)

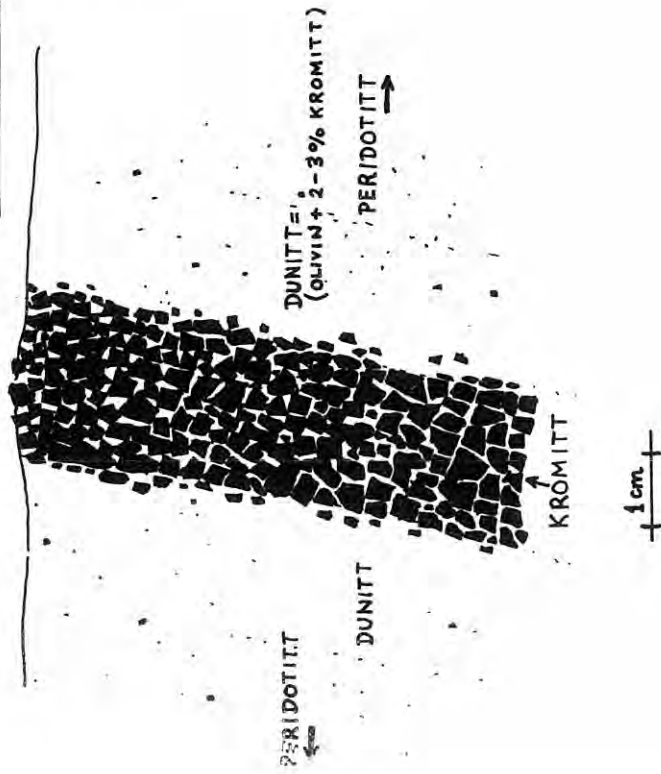
OVERSIKT OVER DEN HYDROTHERMALE METAMORFOSE AV DISSEMINERTE KROMITTKORN I SERPENTINISERT DUNITT I FERAGSFELLET.



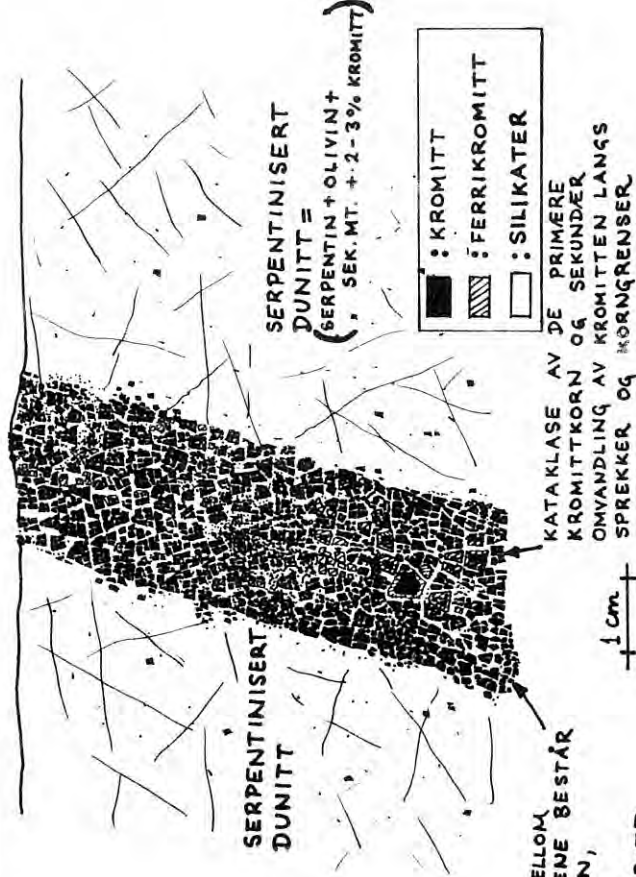
KILDER:
 HULTIN (1965)
 NILSSON (1978)

FIG. 18

**DEN HYDROTHERMALE METAMORFOSENS PÅVIRKNING AV
KROMMALMENE I FERAGSFELTET.**



KROMITTEN ER DANNET SYNGENETISK, DVS. VED EN RYTMISK UTKRYSTALLISERING OG PÅFØLGENDE SEDIMENTERING AV KROMITT, DUNITT OG PERIDOTITT I MAGMAKAMMERET.



GANGARTEN MELLOM KROMITTKORNENE BESTÅR AV SERPENTIN, KLORITT OG KROMKLORITT SAMT LITT SEKUNDER MAGNETITT

KROMMALMEN I FERAGSFELTET INNEHOLDER I GJENNOMSNITT FØLGENDE OKSYDFASEFORDELING I VOL-% (≈ VEKT-%):

KROMITT	: ca. 90 %
FERRIKROMITT	: ca. 10 %
KROM-MAGNETITT/ MAGNETITT *	: ca. 0,5 %
SUM OKSYDER	: 100 %

* SEKUNDER MAGNETITT I GANGARTEN ER IKKE MEDREGNET.

EKSEMPLET GJELDER EN TYNN ÅRE HVOR HELE MEKTIGHETEN KAN STUDERES I ETT OG SAMME SLIP. FORHOLDENE ER IMIDLERTID ANALOGE DER MEKTIGHETEN ER 1 DM ELLER 1 M.

FIG. 19.

5. ANALYSER

5.1. Mikrosondeundersøkelser

Mikrosondeundersøkelser er utført ved Institutt for røntgenteknikk, NTH, med NTHs gamle mikrosonde. Ved bruk av den gamle mikrosonden fikk man skrevet ut telletall på prøve og standard uten noen korreksjoner, og disse tall burde derfor i de fleste tilfeller korrigeres før presentasjon av tallmaterialet. Den gamle mikrosonden er kun benyttet én dag (bestemmelse av nikkelsulfider), og da ble råmaterialet (telletallene) direkte omregnet til gehalten i vekt-% (bilag 5) fordi summen av elementgehalter i de analyserte fasene i de fleste tilfellene lå relativt nær 100%. En EDB-korreksjon av telletallene ville i dette tilfellet ha gitt lite utbytte i forhold til den tid det erfaringsmessig tar å anvende det aktuelle regnemaskinprogram (SPRINGER).

De resterende kjøringer på oksyder og silikater (olivin) skulle vært gjort på NTHs nye mikrosonde, men på grunn av problemer med mikrosonden måtte kjøringene utgå. Den nye mikrosonden skriver direkte ut EDB-korrigerte tall med gehalten i vekt-% og man kan derfor med en gang se om et eller flere elementer mangler i den undersøkte fase ved at totalsummen blir under 100%.

Sulfider og legeringer med Ni og Cu

Analyseresultatene er gitt i bilag 5.

Under mikroskopering av polerte tynnslip ble det observert små korn med gule, gulhvite og mer sjelden svakt rødlige mineralfaser. Kornene består oftest av en sulfid- og/eller legeringsfase assosiert med oksydfasen ferrikromitt. I ett tilfelle ble observert et lite korn som på mikrosondens elektrobildeskjerm viste flere faser (fig. 20).

Prøver fra fem lokaliteter med forskjellige ultramafiske bergarter ble utvalgt for mikrosondeanalyser av de nevnte korn, bilag 5. Som supplement til og kontroll av analyseresultatene, ble tatt elektronbilder og røntgenbilder av de analyserte korn, fig. 20-22. Disse bildene pluss en traversanalyse på Ni og S (fig. 21) gir i tillegg et visst inntrykk av fasenes homogenitet. (da elektronbildene ble difuse ved kopieringsforsøk er de erstattet med skisser).

For å vise vanlige størrelsesvariasjoner mellom kornene er det tatt med noen skisser av mikrofotos, fig. 23. Disse korn er i gjennomsnitt like store og opptrer på samme måte som tilsvarende korn i ultramafitten i Heggefjordsfeltet i Velfjord (Nilsson 1980a). Nikkelsulfidkorn i ultramafittene på Rødøya i Alstadhaug er mindre og opptrer mer sparsomt enn sulfidkornene i Feragsfeltet og Heggefjordsfeltets ultramafiske bergarter (Nilsson 1980b).

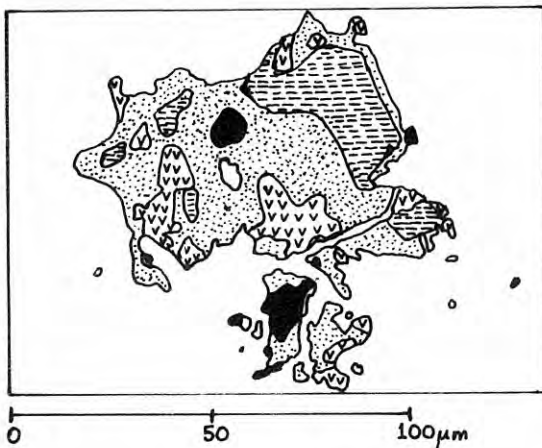
En oversikt over de sulfid- og legeringsfaser som ble bestemt ved hjelp av mikrosonde er gitt i fig. 24 hvor fasene er plottet i Fe-Ni-S diagram. Resultatet av mikrosondeanalyser av tilsvarende materiale fra Velfjord og Rødøya er tatt med for sammenligning.

5.2. Kjemisk analyse


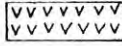



Et omfattende prøvemateriale, både bergart og krommalm, ble utvalgt for analyse på hovedelementer og enkelte i økonomisk sammenheng viktige sporelementer. Resultatet av analysene er satt opp i bilag 6.

Gehalter av sulfidbundet nikkell i bilag 6 må betraktes som orienterende da det er svært vanskelig å vite om det ^{overvundte} omvendte bromvann har løst bare det sulfidbundne nikkell eller om noe av det silikatbundne Ni også er løst eller om ikke alt det sulfidbundne nikkell er løst ved denne metoden. Selve analysen er gjort med atomabsorbisjon.

Fig. 20 : Elektronbildeskisse og elementfordeling av S, Ni, Co, Fe, Cu og Pt i samme felt.



Elektronbildeskisse av multifasekorn i slip L 4-1 av serpentinisert harzburgitt fra Leighgruva, lok. 40, koord. (43,4 og 39,5) tegn. 02.

-  Legering med 97% Cu og 3% Ni
(se elektronbildet av Ni som viser at
-  awaruitt ($\text{Ni}_{1,7}\text{Co}_{0,05}\text{Fe}$)
-  $\frac{2}{3}$ pentlanditt ($\text{Fe}_{0,7}\text{Ni}_{0,3}\text{S}$)
-  ferrikromitt
-  silikater

dette Ni ikke er kontaminasjon. Kornet ligger jo inneslutlet i ferrikromitt og grensa ikke til hverken awaruitt eller pentlanditt. Pentlanditten (vis det er pt!) er elstent Fe-rik.

Elementfordelingsbilder (Gehalter er angitt i vekt-%)

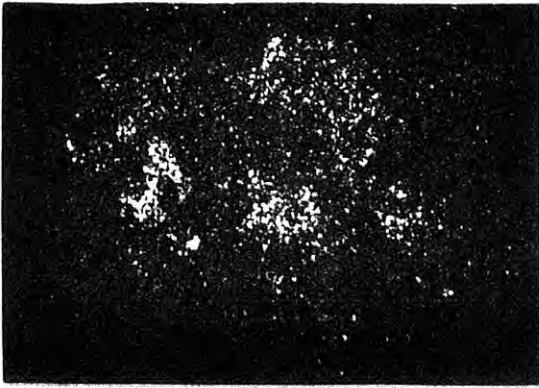


S inngår kun i pentlanditt (ca. 33%)

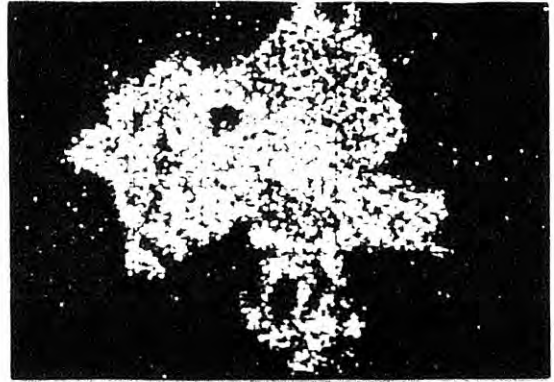


Ni går inn i awaruitt (ca. 64%) og i pentlanditt (ca. 19%)

Fig. 20 -fortsettelse



Co følger Ni og inngår i awaruitt med 1,8% og i pentlanditt med noe lavere gehalt (ca. 1% ?)

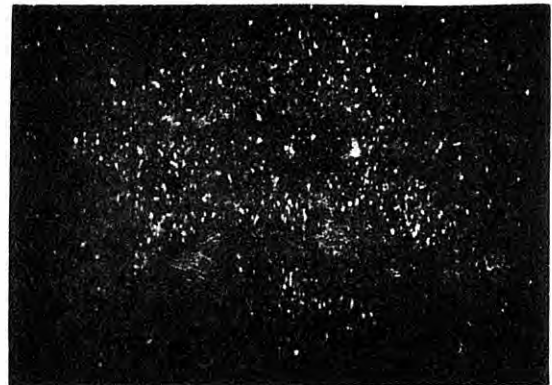


Fe. De høyeste Fe-gehalter fins i ferrikromitt (60-70%). Deretter følger pentlanditt med ca. 40% Fe og awaruitt med ca. 35% Fe.



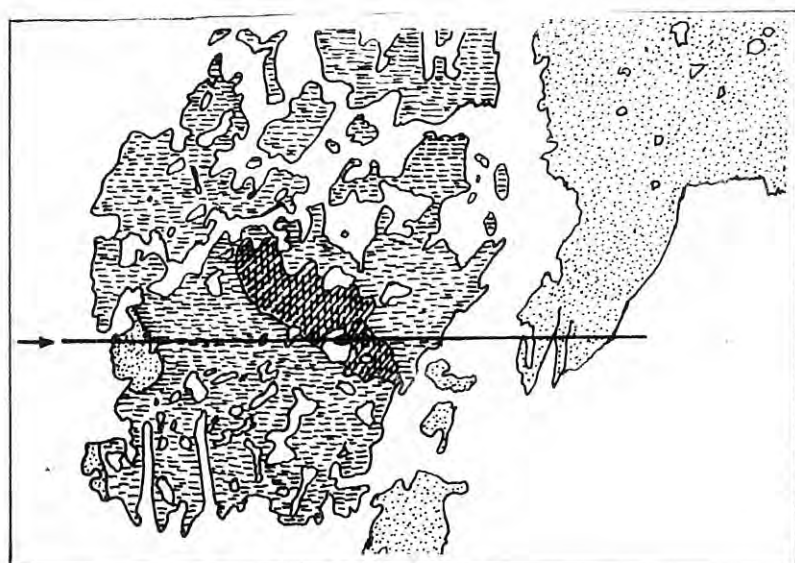
Cu fins sterkt anrikt i en legering bestående av 97% Cu og 3% Ni, men konsentreres ellers ikke i noen av de andre fasene.

*Detta er tilnærmet
gedigent Cu, men
meget mulig/sannsynlig
at de 3% Ni går inn
i strukturen.*




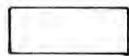


Pt anrikes svakt i tilsynelatende alle fasene innen kornet, men de fremkomne gehaltene er for usikre til å kunne oppgis da bakgrunns-tellingene og tellingene på "toppene" kom ut med om lag samme verdi (tellingene i pentlanditt).
Konklusjon: Bakgrunnsnivået av Pt innen kornet er høyere enn i de omgivende silikater, men i begge tilfelle er nivået meget lavt (< 0,1% ?)

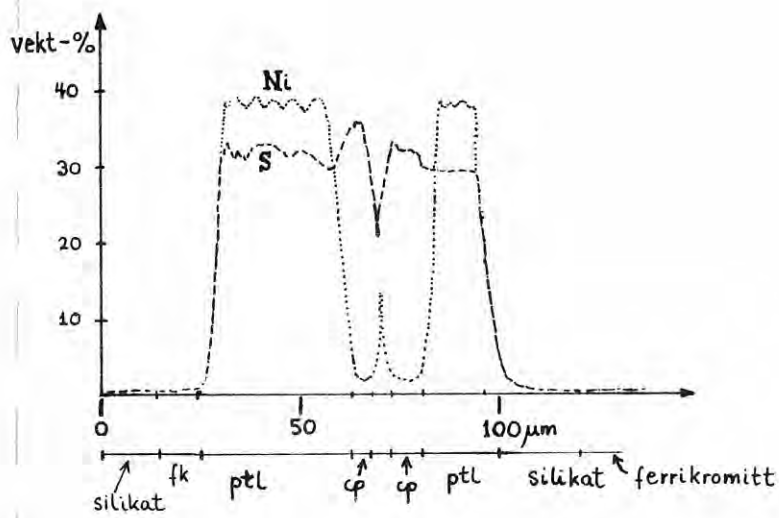
Fig. 21 : Elektronbilde og elementfordeling av Fe, S, Cu, Ni og Co i samme felt.



Skisse av elektronbilde av multi-fasekorn i slip 152 av serpentinit fra en liten kuppe vest for Tufsingen, koord. (47,3 og 45,2), tegn. 01.

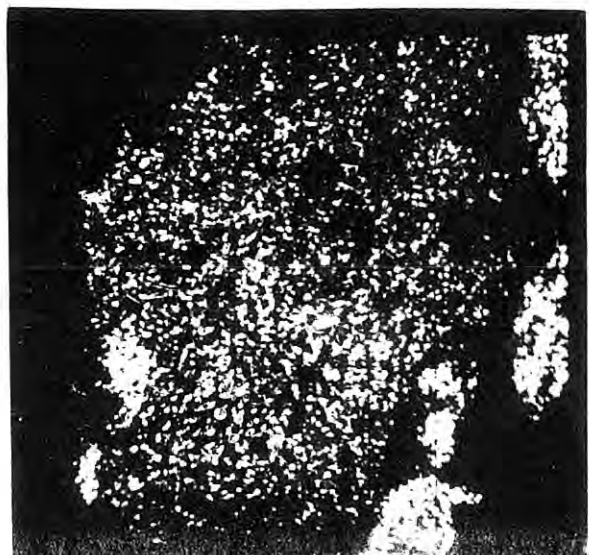
-  pentlanditt ($Ni_{0,55}Fe_{0,40}S$)
-  kobberkis
-  ferrikromitt
-  silikater

0 50 100µm



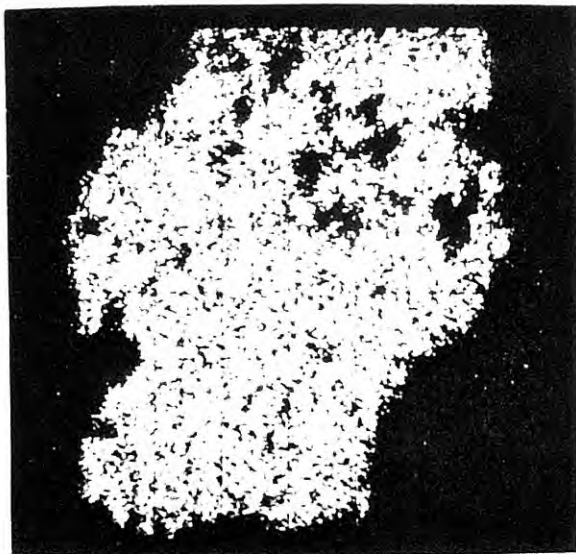
Traversanalyse på Ni og S langs den vannrette linjen på elektronbilde-skissen.

Elementfordelingsbilder :

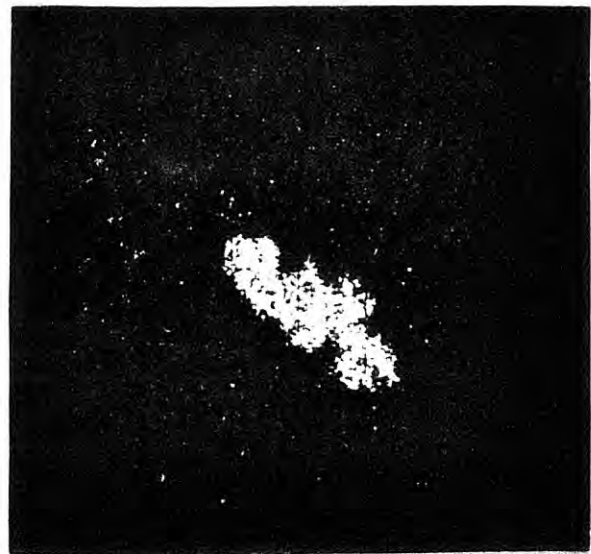


Fe-gehalten er høyest i ferrikromitt (60-70%), deretter følger Fe i kobberkis med 30,5% og til slutt Fe i pentlanditt med ca. 22%.

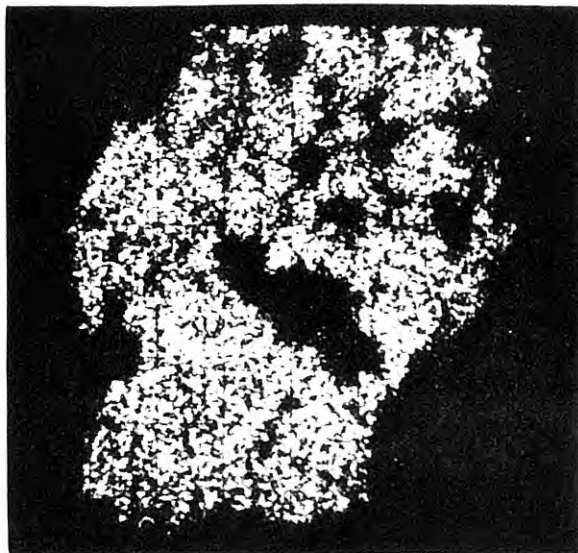
Fig. 21 - fortsettelse



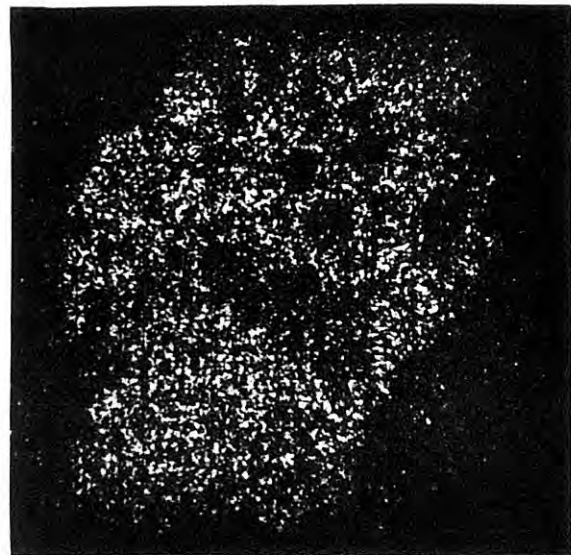
S-gehalten er høyest i kobberkisen (34,9%), men bare litt lavere i pentlanditten (30-33%), se traversanalysen.



Cu går inn i kobberkisen (34,6%)

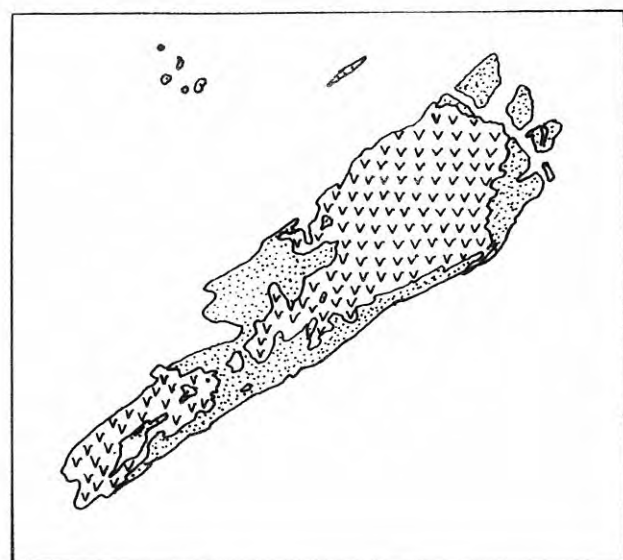


Ni går inn i pentlanditten med ca. 38%, se traversanalysen.

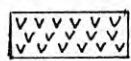
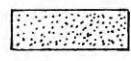
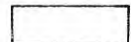


Co følger Ni og går inn i pentlanditten med ca. 1%.

Fig. 22 : Elektronbildeskisse og elementfordeling av Ni og Fe i samme felt.

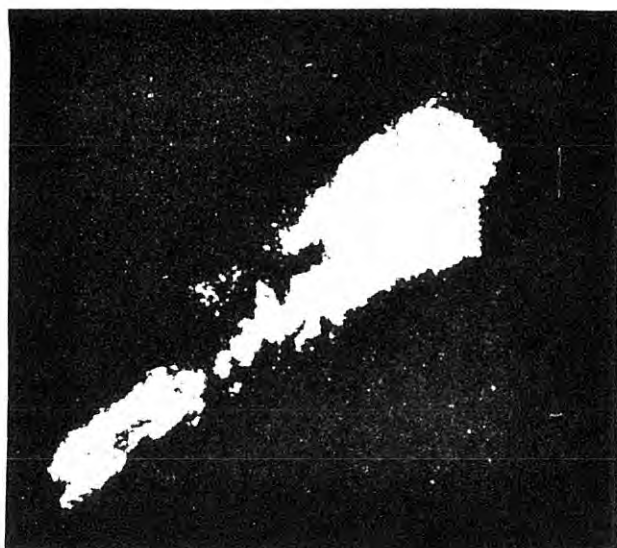


Skisse av elektronbilde av tofasekorn i slip L 2-1 av serpentinisert dunnitt fra lok. 40, koord. (43,4 og 39,5), tegn. 02.

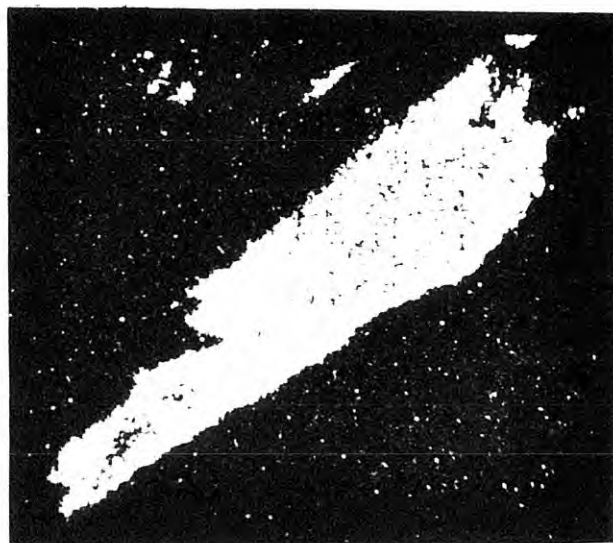
-  awaruitt ($Ni_{1,88} Co_{0,08} Fe$)
-  ferrikromitt
-  silikater

0 50 100 μm

Elementfordelingsbilder

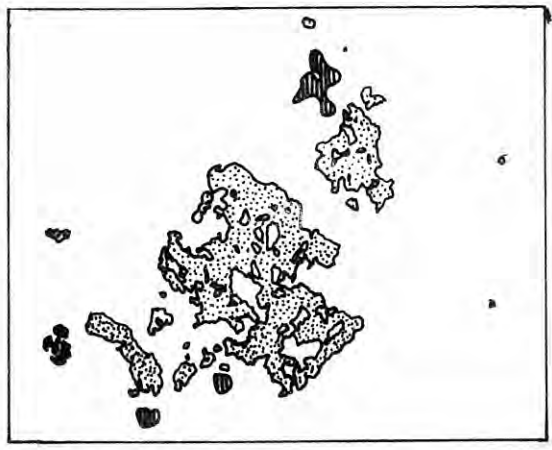


Ni inngår i awaruitt med ca. 65% og i ferrikromitt med ca. 0,8%.

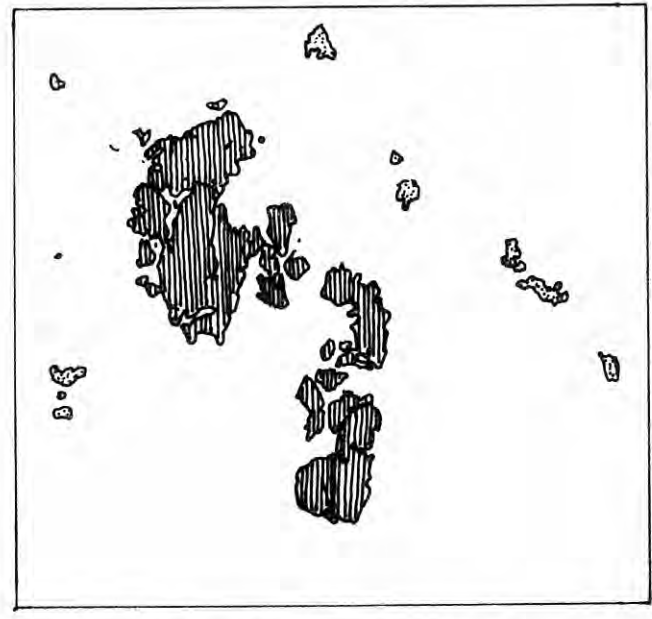


Fe-gehalten i ferrikromitt er ca. 65%, mens Fe-gehalten i awaruitt er ca. 33%.

Fig. 23 Skisser av mikrofotos (polaroidbilder) av sulfidkorn.

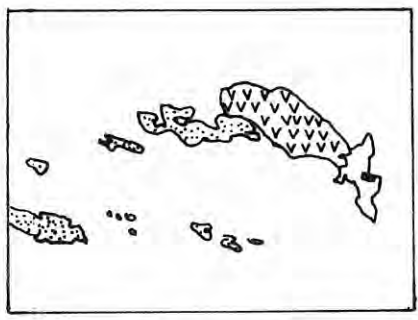


Slip 120 Rauhammeren
BERGART: SERPENTINISERT LHERZOLITT

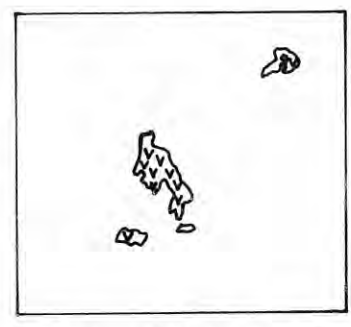


Slip 161 lok. syd for Storhögda
BERGART: SERPENTINITT etter DUNITT

Målestokk:
0 100 200µm = 0,2 mm



BERGART:
SERPENTINISERT
LHERZOLITT



Slip 166 Gammelmannshögda


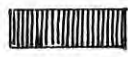
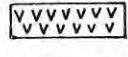
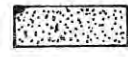
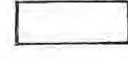
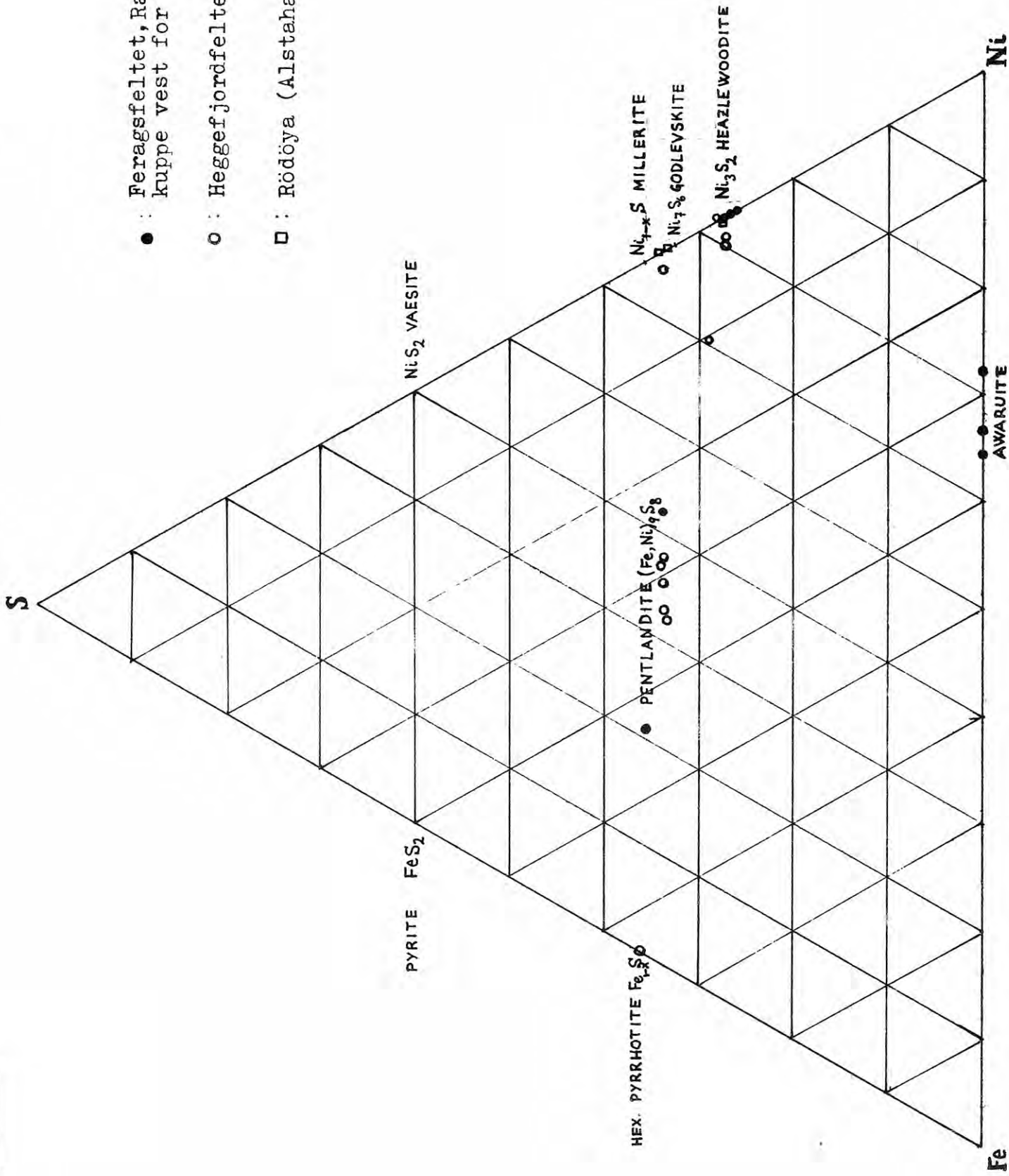
-  Rødlig inhomogen fase (ca. 40% Ni, 50% Cu og 10% S)
-  Heazlewooditt Ni_3S_2
-  Awaruitt $Ni_{2,5}Fe$ med ca. 0,8% Co.
-  Ferrikromitt
-  Silikater (serpentin, kloritt, olivin og pyroksen)

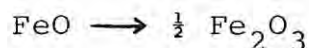
Fig. 24

De undersøkte nikkelsulfidmineralenes plotninger i Fe - Ni - S diagram.



MnO-verdiene fra røntgenspektrografisk analyse kan mulig være noe for høye i kromrike prøver (krommalm). Dette skyldes eventuelt interferens mellom K_{α} -linjen for Mn og K_{β} -linjen for Cr. Cr_2O_3 -verdiene berøres imidlertid ikke da K_{α} -linjen for krom er fri for interfererende linjer (pers.komm. Faye).

Ved våtkjemisk analyse (Graff, pers.komm) av ultramafitten må en være oppmerksom på at glødetapet kan bli noe for lavt. Under gløding vil en del (ca. 10% eller mer) Fe^{2+} oksyderes til Fe^{3+} .



Innholdet av Fe^{2+} kan ligge på over 5% i halvt omvandlede dunitter, se bilag 6. I friskere dunitter er Fe^{2+} -innholdet enda høyere forutsatt en viss fayalittkomponent (10-15 mol-%) i olivin. Hvis 10% av alt Fe^{2+} oksyderes til Fe^{3+} under glødingen får vi et glødetapstall som er $(\frac{1 \times 5\% \times 10}{2 \times 100}) = 0,25\%$ lavere enn den teoretisk riktige verdien for en 50/50-omvandet dunitt fra Feragsfeltet. Nå ligger glødetapstallene helt oppe i 6-8% så noen praktisk betydning får denne innvirkningen ikke for Feragsfeltets serpentiniserte dunitter. Av bilag 6 kan en se at det er meget god korrelasjon mellom de tre analysemetodene. I det etterfølgende gis en del kommentarer til resultatene i bilag 6.

SiO₂

SiO₂-innholdet er markert høyere i peridotittene enn i dunittene, hvilket gjenspeiler den primære mineralogien (pyroksenene har høyere SiO₂-innhold enn olivin, se bilag 8,5.

SiO₂-innholdet i krommalmprøvene viser direkte gangartinnholdet i malmen. Prøve nr. 70-3 er en kompakt krommalm med særs lite gangart, bare 3,1% SiO₂, hvilket tilsvarer maks. 6-8 vekt-% silikatmineraler. De øvrige krommalmprøvene har SiO₂-innhold i området 4,3-9,5% hvilket skulle tilsvare ca. 10-20 vekt-% gangart (vesentlig serpentin og kloritter).

TiO₂

Titan går inn i kromittgitteret med opptil et par tiendels vekt-%, men inngår i enda mindre grad i silikatene i ultramafittene. I saussurittgabbroen er titaninnholdet oppe i et par prosent.

Al₂O₃

Innholdet av Al₂O₃ i kromalmprøvene varierer fra 8,9 til 11,3 vekt-%. Aluminiuminnholdet synes å være lavt i prøvene 70-3 og S-1 tatt i betraktning den lave mengden gangart. I prøvene R-1, L1V og L1H synes Al-gehalten derimot å være middels eller over middels. Forklaringen kan være at innholdet av ferrikromitt er stort i de to førstnevnte, mens de tre siste inneholder praktisk talt bare frisk uomvandlet kromitt. Under omvandlingen av kromitt til ferrikromitt går Al først ut av primærkromitt uten at noe skjer med Mg og Cr. Fe erstatter Al.

Aluminiumsinnholdet er ca. 2-3 ganger høyere i peridotitt enn i dunitt selv om kromittinnholdet er det samme i begge bergartene. En del av det silikatbundne Al-innholdet i peridotitten kan muligens primært ha sittet i augitt eller primær hornblende, mens det etter omvandlingen finnes i serpentin og amfiboler (hornblende). Det silikatbundne aluminium i dunitten er vanskeligere å forklare. Ca. 25-50% av dunittens Al₂O₃-innhold inngår i kromitt. Bedømt på grunnlag av tilsvarende Cr₂O₃-gehalter. Olivin tar opp svært begrensede mengder Al, ca. 0,12-0,15 vekt-% (Moore 1977), mens serpentin kan ta opp noe mer. Bøe (1978) har ved mikrosondeanalyse av serpentiner funnet Al₂O₃-gehalter i området 2,5 vekt-%. Dunitten kan primært ha hatt meget lite aluminium, kun det som satt i primær kromitt. Etter omvandlingen olivin → serpentin kan kanskje noe Al være tilført fra peridotitten. Al₂O₃-gehaltene i prøve 3 og prøve 8 (dunitt på bergartsgrensen til peridotitt) tyder på det. En annen mulighet er at dunitten primært har inneholdt små mengder Al-holdig pyroksen eller hornblende som er omvandlet til serpentin før olivinen ble omvandlet (ingen hornblende el. pyroksenrester er observert

i slip av dunitten). Litt CaO inngår i dunitten. Dette kan kanskje skyldes primært en augitt eller en hornblende da olivinen ikke tar opp noe Ca.

Fe₂O₃ (totale jerninnhold) og FeO

Forholdet FeO/Fe₂O₃(tot.) som er høyest i de friskerte prøvene gjenspeiler sammen med glødetap omvandlingsgraden av ultramafittene. Fe_{tot}-innholdet ligger på samme nivå i dunitt og peridotitt. De to krommalmprøvene 70-3 og S-1 har et relativt høyt jerninnhold hvilket sammen med lavt Al-innhold indikerer at noe av kromitten er omvandlet til ferrikromitt.

MnO

Mangan går inn i kromitten med noen få tiendedels prosent både som Mn²⁺ og Mn³⁺. Mn-innholdet ligger på omtrent samme nivå (ca. 0,1 prosent) i dunitt og peridotitt, kanskje litt høyere i peridotitt, se bilag 8.3.

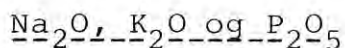
MgO

Magnesiuminnholdet er høyere i dunitt enn i peridotitt hvilket gjenspeiler mineralogien; olivin inneholder mer Mg enn pyroksen. MgO i malmprøvene gjenspeiler sammen med SiO₂-innholdet silikatmengden. Høy MgO-gehalt har de prøver som har høyt gangmineralinnhold og vice versa.

CaO

CaO-innholdet kan brukes som en grov indikator på primær bergartssammensetning (dunitt eller peridotitt) selv om primærmineralene etter den hydrotermale metamorfosen er fullstendig omvandlet. Dette fordi forholdet mellom CaO i peridotitten og CaO i dunitten er relativt høyt. Den relative forskjellen er større enn for noen

av de andre hovedelementene, se bilag 8.4. Små mengder kalsium går videre inn i kromitten (mindre enn 0,1%), se bilag 6.



Natrium og kalium er innbyrdes avhengig av hverandre, men elementene ser ikke ut til å ha noen preferanse for dunitt framfor peridotitt eller omvendt. Fosfor går inn med små mengder i krommalmen (prøve 70-3 og S-1).

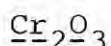
S

Svovelinholdet kan lokalt se ut til å ha en preferanse for peridotitt framfor dunitt, bilag 8.2, men i større skala jevnes svovelinholdet ut mellom de to bergartene. De svovelrikeste prøvene er de som ligger i ultramafittenes grenseområder eller i små ultramafittkupper (prøve 136-2, 152 og 161, bilag 6). Det er nærliggende å anta at noe av dette svovel er tilført fra sideberget.

Feragsfeltet er karakterisert ved å inneholde legeringen awaruit ($\text{Ni}_{2,5}\text{Fe}$). I prøver fra Heggefjordfeltet og Røddøya er det observert sulfidbundet nikkel, men ikke legeringsbundet nikkel selv om disse bergartene har svovelinhold på samme nivå som Feragsfeltet.

V

Vanadium inngår i små mengder i krommalmen og i enda mindre grad i silikatene.



Den rikeste malmprøven holder 47% Cr_2O_3 . De øvrige ligger i området 32,2-46%. Falck Muus (1957) nevner at krommalm (stykkmalm) med opptil 57% Cr_2O_3 ble levert fra Feragsfeltet, og at man stadig klarte å levere malm med over 55% Cr_2O_3 fram til år 1890 (deretter ble skreidingen mindre grundig).

De her analyserte prøver blir således ikke av den beste kvalitet sammenlignet med Falck Muus' opplysninger. Det er mulig at Falck Muus' refererte gehalter er noe for høye. Mikrosondeundersøkelser (Nilsson 1978) av et utvalg forskjellige malmtyper fra hele feltet ga 57,35% Cr_2O_3 som maksimalverdi for kromittfasen og 51,8% Cr_2O_3 som gjennomsnitt for 30 analysepunkter i kromitt fra hele Feragsfeltet. Når videre silikatinnhold (gangarten) samt kromitt omvandlet til ferrikromitt og krommagnetitt senker Cr_2O_3 -gehalten endel i bulksammensetningen, må det settes et stort spørsmålstegn ved påliteligheten av de i Falck Muus' (1957) refererte analyseverdier.

Det er sannsynlig at den her analyserte stykkmalm med 47% Cr_2O_3 i bulksammensetning representerer noe av den rikeste malmen i feltet, og at de refererte analyser med Cr_2O_3 verdier på opptil 57% i tilfelle må være utført på utplukkete rene kromittbiter og ikke på en nedknust og splittet del av et større malmstykke inneholdende sprekker med gangminerale.

Du Riez (1956) har latt utføre våtkjemiske analyser på 5 prøver av kompaktmalm (4,7-6,9% SiO_2 , dvs. 10-15% gangminerale) fra Feragsfeltet. Cr_2O_3 -verdiene varierte mellom 40,9 og 48,8% for bulksammensetningen hvilket tilsvarer 51,1-57,1% Cr_2O_3 i den "rene kromitt". Disse tall er med på å bekrefte det overstående.

Krominnholdet er ellers likt fordelt mellom dunitt og peridotitt, dvs. at den jevne disseminasjonen av primær euhedral kromitt må ha vært like stor i begge bergartene, se bilag 8.4. En vesentlig del av krom-innholdet i de sterkest omvandlede peridotittene er som tidligere nevnt bundet til silikat (krom-kloritt) etter den hydrotermale metamorfosen av ultramafittene.

Cr_2O_3 -innholdet i bergartsprøvene fra Feragsfeltet og de vestenforliggende felt ligger i området 0,35-0,75%, mens prøven fra den

lille serpentinittkuppen vest for Tufsingene (ved Brekken) danner et unntak med sine 1,64%. Denne prøven er dessuten rikere på sulfidbundet nikkell enn noen av de øvrige (se nedenfor).

Co

Kobolt går inn med mindre enn 0,02% i krommalmen. Kobolt følger nikkell og går inn i silikatene med ca 1/15 av nikkellgehalten.

Ni

Nikkellinnholdet er litt lavere i krommalmen enn i bergartene (Ni i krommalm/Ni i bergart = ca. 50-70/100). Nikkellinnholdet er videre høyere i dunitt enn i peridotitt som skyldes at nikkell i sterkere grad går inn i olivin enn pyroksen, se bilag 8.2. Nikkellnivået er ellers relativt jevnt i ultramafittene som helhet (0,21-0,32% Ni) uten noen markerte regionale variasjoner. Innholdet av sulfidbundet nikkell er jevnt over meget lavt hvilket også bekreftes ved mikroskopering. Prøve 152 fra en liten serpentinkuppe ved Brekken viser den høyeste gehalt, nemlig 0,05% Ni_{sulfidbundet}. Sulfidnikkellgehalten er høyere i serpentinisert dunitt - serpentinit enn i serpentinisert peridotitt - serpentinit hvilket for en stor del skyldes at dannelsen av enkelte nikkelsulfidmineraler er knyttet til serpentiniseringsprosessen (Ramdohr 1967).

Bilag 8.1-8.6 viser prøvepunktene, resultatet av de kjemiske analysene og variasjoner i kjemi tvers på den magmatiske lagning. Kommentarer til figurene er lagt inn i de foregående avsnitt. I bilag 7 er gjort en sammenstilling av analyseresultatene for Feragenprøvene med tilsvarende materiale fra Rypen-Vikholmen i Alstahaug og Heggefjordfeltet i Velfjord (Nilsson 1980a og b).

6. ØKONOMISK UTNYTTELSE

Kilder : Vokes (1974), Metal Bulletin Monthly (June 1975), Industrial Minerals (Aug. 1975), Raicevic (1976), Mining Journal (March 1977, Aug. 1977), Mathiesen (1979).

6.1. Kvalitetskrav til krommalm og kromittkonsentrater

Tradisjonelt har avtagere av krommalm og kromittkonsentrater forlangt produkter som har tilfredsstilt de spesifikke krav som er gjengitt i bilag 9.

Allerede på slutten av 1700-tallet ble krom brukt i den kjemiske industri. Senere fikk metallet også anvendelse innenfor metallurgisk industri, og rundt siste århundreskifte fant man ut at kromitt har en stor fordel som en kjemisk "nøytral" komponent i ildfast stein brukt som foring i smelteovner. Først i slutten av 1950-årene oppdaget man kromittenes gode egenskaper som bestanddel i støpesand.

6.2. Forsyningssituasjonen for kromitt

Krom er et strategisk meget viktig metall, og verdens gjenværende reserver og identifiserte ressurser av kromitt er meget ujevnt fordelt mellom kontinentene. Reservene er stipulert til 650 mill. tonn malm med høyt Cr-innhold, 1200 mill. tonn med høyt Fe-innhold og 16 mill. tonn med høyt Al-innhold. Sør-Afrikanske reserver er anslått til 1100 mill. tonn (for det meste krommalm med høyt Fe-innhold) med et tillegg på 2200 mill. tonn av sub-økonomiske identifiserte ressurser.

Great Dyke komplekset i Rhodesia er anslått til å inneholde 560 mill. tonn krommalm med høyt Cr-innhold og 56 mill. tonn malm med høyt Fe-innhold. Disse to afrikanske landene har 97% av verdens kromitt-reserver og 98% av de identifiserte ressurser. Når disse

land unntas, har den østlige halvkule omtrent 3 ganger så store kromitt-ressurser som den vestlige halvkule.

Store kromittforekomster utenom Afrika har en i Kazakhstan og det sørlige Ural i Sovjetunionen, Albania, Tyrkia, på Filippinene, Madagaskar, Finland og i India. En detaljert oversikt over produksjon og reserver er gitt av Mathiesen (1979). De største kromitt-importørene i verden, USA og Japan, har til nå fått det meste av sine forsyninger fra Sovjetsamveldet og Sør-Afrika samt fra Rhodesia. På bakgrunn av den stadig mer spente politiske situasjonen i det sørlige Afrika og en tvilende holdning i USA til leveranser fra Sovjetunionen i tilfelle et politisk "kjøligere klima" mellom Øst og Vest (Mining Journal, March 1977), har en i USA og Japan arbeidet intensivt for å kunne benytte krommalm som ikke holder de tradisjonelle kravene som er listet opp i bilag 9, og dette gjelder særlig metallurgisk kvalitet kromitt. Resultatet av bestrøvelsene munnet bl.a. ut i AOD-prosessen (argon-oxygen-decarburation) hvor krommalm av lavere kvalitet, dvs. med lavt Cr-innhold og lavt Cr/Fe-forhold (tilsvarende tradisjonell kjemisk kvalitet) benyttes i produksjonen av rustfritt stål. Ferrochromproduktet fra denne prosessen som går under navnet "charge chrome" og inneholder ca. 52% Cr, er idag hovedråmaterialet for rustfritt stål og spesialstål.

I fig. 25 er vist skjematisk hvor stor del av verdensproduksjonen som går til de forskjellige anvendelsesområder.

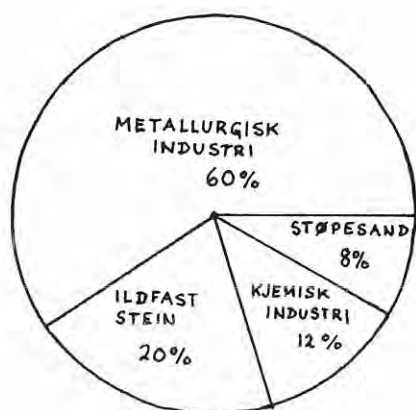


Fig. 25

Prosentvis fordeling av verdens kromittproduksjon etter anvendelsesområde.

Etter H. Verbergh: Trends in Chrome Ore. Metal Bulletin Monthly, June 1975.

6.3. Kvalitetsvurdering av Feragsmalm i lys av de refererte krav

Nilsson (1978, s. 87-90) har vurdert kvaliteten av Feragsfeltets kromittforekomster i lys av de krav som er referert i bilag 9. Som det framgår hos Nilsson (1978, s.90) vil Feragens kromitter best tilfredsstillende de tradisjonelle "kjemiske kvalitet" kravene og dermed også være brukbar som metallurgisk krommalm i AOD-prosessen som nevnt foran. Kromitt som tilfredsstillende de tradisjonelle og strenge kravene til kjemisk sammensetning for metallurgisk kvalitet kromitt finnes i Feragen, men i tilfelle ikke i form av stykkmalm, men som konsentrat fordi gangarten (serpentin og kloritt) alltid vil gi stykkmalmen et SiO_2 -innhold over maksimalinnholdet på 3%. I tillegg er oftest Feragsmalmen sprø og lettsmuldrende som er ugunstig ved en metallurgisk anvendelse, men fordelaktig ved kjemisk utnyttelse.

Massivmalm fra Feragen kan muligens brukes direkte i kjemisk industri uten oppkonsentrering (kun knusing og maling som forbehandling), men en oppredning må foretas for overhode å kunne anvende leopardmalm og finkornig, svak impregnasjonsmalm og overgangstyper mellom disse og massivmalm. De sistnevnte er vanlig forekommende. Kravet om et maksimalt SiO_2 -innhold i kjemisk kvalitet krommalm vil sannsynligvis være utslagsgivende for hvorvidt en massivmalm kan benyttes uten oppkonsentrering, se Nilsson 1978, s. 87. Et avsnitt om oppredning av Feragens kromitter er også tatt med av Nilsson (1978, s. 90-96).

6.4. Utnyttelse av disseminert kromitt

Ifølge Du Riez (1956), Hultin (1965) og egne observasjoner (Nilsson 1978) finnes ca. 0,5-2 vol.% (\approx 0,8-3,2 vekt-%) kromitt med omvandlingsprodukter jevnt disseminert i Feragsfeltets svakt serpentiniserte dunitter og peridotitter og i de tilsvarende sterkere serpentiniserte varieteter av primærbergartene. I fig. 17 og 18

er gitt en skjematisk oversikt over den disseminerte kromittens omvandlingsforløp under metamorfose i de to hovedtypene av ultramafiske bergarter.

I den svakt omvandlete peridotitt og overganger fra denne til serpentinit er kromittkornene i stor grad omvandlet til ferrikromitt og videre til silikat (krom-kloritt). Uomvandlet kromitt finnes kun som rester i kjernen av de disseminerte kromittkornene i den svakest omvandlete peridotitten i de sentrale og østlige deler av Feragsfeltet og hvor det generelt ellers måtte vise seg at den hydrotermale metamorfosen bare har vært moderat.

Disseminert kromitt i peridotitter på alle omvandlingsstadier fra svakt serpentinisert harzburgitt og lherzolitt til serpentinit har ingen økonomisk interesse idag som et hovedprodukt. Ved en totalutnyttelse av bergartene vil en muligens kunne lage et kromittkonsentrat, men det vil trolig bli vanskelig å lage det rent nok (mikroskopisk silikatblanding) samt at Cr-innholdet blir lavt. Al-innholdet blir meget lavt og Fe-innholdet blir meget høyt. Av bilag 6 ser man at Cr_2O_3 -gehaltene i de analyserte peridotitter overalt er lave. I den svakt omvandlete dunitt og overganger fra denne til serpentinit er de disseminerte kromittkornene svakere omvandlet enn i peridotitt. Cr_2O_3 -gehaltene i serpentinisert dunitt ligger på samme ^{lave} nivå som i serpentinisert peridotitt. En betydelig del av krominnholdet i serpentinisert peridotitt er bundet som silikat (kromkloritt), mens en kan se bort fra dette for serpentinisert dunitt hvor praktisk talt alt krom antas å være bundet som kromitt og ferrikromitt, jfr. fig. 17 og 18. Til sammenligning er i nedenforstående tabell tatt med resultatene av en våtkjemisk silikatanalyse utført for Du Riez (1956) på en prøve av serpentinisert saxonitt (=serpentinisert harzburgitt) fra Leighgruva i de sentrale deler av Feragsfeltet. Se også bilag 6.

Serpentinized saxonite. W of the Leigh mine, Feragen. Analyst
Å.Olofsson.

SiO ₂	38,5%	Mineral composition, weight %	
Al ₂ O ₃	2,1%		
Cr ₂ O ₃	0,57%	Olivine (9 mol.% Fe ₂ SiO ₂)	25
FeO (total iron)	11,3%	Serpentine	60
MnO	0,53%	Enstatine	1
MgO	39,4%	Amphibole	6
Ni	0,26%	Chromite (weakly magnetic)	0,3
S	0,10%	Chromiferous magnetite	2,5
CaO	0,63%	Secondary magnetite	3
H ₂ O ⁺	8,5	Spinel	2
		Sulphides	0,2
	101,88		100,0

Ved en totalutnyttelse av dunitten vil de 1-3 vekt-% kromitt delvis kunne separeres fra resten av bergarten ved svakfelts magnetseparasjon. Ferrikromitten har magnetstyrke som varierer fra nær den svakt magnetiske eller umagnetiske kromittens magnetstyrke opp mot magnetittens magnetstyrke, alt avhengig av forholdet mellom Fe²⁺ og Fe³⁺ i gitteret.


Av bilag 3.1-3.6 (Nilsson 1978) fremgår fordelingen av hovedkomponenter i ferrikromittfasen. Mikrosondeundersøkelse i form av traversanalyse (Nilsson 1978, s. 56b og d) viser at ferrikromittfasen er tildels betydelig inhomogen. Hvorvidt en svakfelts magnetseparasjon vil være effektiv og gi et akseptabelt rent kromittkonsentrat samtidig som lite kromitt går i avgangen er usikkert. Silikatsmittinger på overflaten av de friknuste kromittkornene (se nedenfor) vanskeliggjør enda mer slike forhåndsbetraktninger.

Laboratorieforsøk med Franz magnetseparator har vist at tørr høyintensitetsseparering kan anvendes for å lage kromittkonsentrater (Nilsson 1978, s- 64, 65 og 72). Opp til en øvre grense i magnet-

styrke fulgte ikke gangartsmineralene med kromitten i konsentratet i nevneverdig grad. Ulempen var imidlertid at noe av den beste kromitten med høyt Cr/Fe-forhold og dermed lavt Fe-innhold og lav magnetstyrke gikk tapt i den umagnetiske fraksjonen sammen med silikatene. Det er lett å få også denne kromitten med i konsentratet, men da øker silikatforurensningen meget hurtig med økende magnetstyrke.

For ikke å gi et for skjevt bilde av mulighetene/problemene ved sterkfelts magnetseparering må kort tilføyes at våtseparering gir et mer effektivt skille en tilsvarende tørrseparering. Nærmere omtale av dette er gitt av Nilsson (1978, s.92-94).

Sammensetningen av et kromittkonsentrat fra høyintensitets magnetseparasjon vil være avhengig av en rekke andre egenskaper hos mineralene enn de rent tekniske problemstillinger nevnt ovenfor. Frimalingsegenskapene er meget viktige for konsentratets renhet. Praktiske forsøk utført ved Oppredningslaboratoriet, NTH, (Nilsson 1978, s. 90-92) viste at de friknuste kromittkornene i alle fraksjoner fra $+1,65^{\text{mm}}$ til $-74\mu\text{m}$ var smittet med et tynt serpentibelegg på overflaten av kornene. Smittingen avtok i de finere fraksjonene, men var ikke helt borte selv i den fineste fraksjonen ($-74\mu\text{m}$). Silikatsmittingen gir konsentratet et høyt MgO- og SiO_2 -innhold. Økningen i MgO-innholdet er antagelig ikke kritisk, men en kan regne med trekk i prisen om SiO_2 -innholdet er for høyt (se bilag 9).

 Innholdet av kromitt i Feragsfeltet totalt sett er stort, men den jevne fordelingen uten større konsentrasjoner gjør at den i en eventuell drift kun er aktuell som biprodukt. Økonomien ved en utnyttelse av bergartene i feltet må baseres på andre produkter.

6.5. Nikkel

Nikkelinnhold i forskjellige typer krommalm og ultramafiske bergarter ble undersøkt kjemisk. Resultatet er satt opp i bilag 6 samt framstilt grafisk for én lokalitet, bilag 8.2.

Oksydbundet nikkel

Tidligere Ni-analyser på rene kromittkonsentrater (tungvæske-separerte) (Nilsson 1978, s. 71-72) ga variasjoner mellom 0,08 og 0,13 vekt-% Ni i 6 analyserte prøver. Nikkel anrikes relativt betydelig i ferrikromitt, og Qvale (1977) har ved mikrosondeundersøkelser funnet en variasjon i Ni-innhold mellom 0,4 og 1,0 vekt-% i ferrikromitt og krommagnetitt/magnetitt. Oksydbundet nikkel er i disse gehalter i seg selv ikke økonomisk interessant.

Sulfid- og legeringsbundet nikkel

På korn grensen mellom ferrikromitt og silikater finnes relativt hyppigere enn ellers i silikatene ørsmå korn av sulfid- og legeringsbundet nikkel (som før omtalt). Kjemisk analyse, bilag 6, viste variasjoner mellom 0,00 og 0,05% Ni_{sulfidbundet} i ulike ultramafitter hvilket tilsvarer fra 0 til 17% av den totale Ni-gehalt for de samme prøvene. Bare en liten del av nikkelinholdet i ultramafittene er altså bundet som sulfid.

Et eksempel på dette er gitt i bilag 8.2. hvor en kan se at svovelinnholdet, isolert sett, er stort nok til at betydelig mer sulfidbundet nikkel kan dannes. Dette er også hva som skjer når olivin → serpentin. Da frigjøres Ni²⁺ og bindes til svovel. Av bilag 6 kan en se dette: det er de sterkest omvandlede bergartene (serpentinitt og talkrike bergarter) som har de høyeste nikkelsulfidgehaltene (f.eks. prøve 136-2, 152 og 161). Videre har omvandlede dunitter i gjennomsnitt høyere Ni_{sulfid}-gehalt enn omvandlede peri-

dotitter. Dannelsen av de sekundære nikkelsulfidmineralene henger sammen med serpentiniseringsprosessen (Ramdohr 1967).

På Kjemisk avdeling, NGU, opplyser man at sulfidnikkeltallene er noe upålitelige idet silikatbundet nikkel løses i tillegg til det sulfidbundne eller at ikke alt sulfidbundet nikkel er løst ved den anvendte metode (oppløsning i bromvann). Resultatene må derfor ansees som orienterende.

Innholdet av legeringsbundet nikkel (awaruit: $+ Ni_{2,5}Fe$) er vurdert å være like stort eller noe større enn ^{lav}innholdet sulfidbundet nikkel. I alle tilfeller synes innholdet av sulfid- og legeringsbundet nikkel å være alt for lavt til at et konsentrat av dette nikkelet kan framstilles separat, f.eks. ved flotasjon. Da disse fasene også forekommer kun i form av disseminasjoner av ørsmå korn, fra $1\mu m$ - $200\mu m$ med tyngden sannsynligvis $5-10\mu m$, er det nær å anta at en utvinning kan by på store oppredningstekniske problemer.

Sulfid- og legeringsbundet nikkel vil være mulig økonomisk interessant bare i tilknytning til en totalutnyttelse av bergarten, f.eks. ved syreluting for Mg-metallutvinning hvorved en også får utnyttet silika π nikkel.

Silikatbundet nikkel $\approx 0.26\% Ni$

Silikatbundet nikkel utgjør fra 80-100% av den totale nikkelgehalt i ultramafittene ifølge analyseresultatene i bilag 6. Nikkelgehalten er høyere i dunitter enn i peridotitter, hvilket skyldes at nikkel i betydelig høyere grad går inn i olivingitteret enn i de forskjellige pyrokseners gittere. Ni_2SiO_4 -komponenten i olivinen konsentreres i samme grad som Mg_2SiO_4 -komponenten eller endog litt mer ifølge Vogt (1924). Følgende oversikt etter Vogt (1923) viser i hvilken grad nikkel konsentreres i de forskjellige silikater :

forsterittrike oliviner i dunitter, peridotitter og olivinbasaltiske bomber	: 0,19-0,50% NiO
jernrike oliviner	: 0,15-0,32% NiO (middelverdi:0,21% NiO)
hypersten	: 0,062-0,081% NiO
monoklin pyroksen	: 0,04-0,05% NiO
amfibol	: 0,02-0,10% NiO
biotitt	: 0,007-0,028% NiO

Videre konsentreres nikkell i noe mindre grad i serpentin (antigoritt) enn i olivin, hvilket bl.a. framgår av foregående avsnitt. Garnieritt er ikke påvist, men mineralet er kjent bl.a. fra Folldal som et $\frac{1}{2}$ -1 mm tykt overdrag på kleberstein. En analyse ga 5 $\frac{1}{2}$ % NiO (Münster 1890).

I forhold til noen oppgitte Clarke-verdier for Ni i ultramafitter (alle ultramafiske bergarter samlet)

3160 ppm	(Goldschmidt 1954)
800 ppm	(Rankama og Sahama 1949)
2000 ppm	(Turekian og Wedepohl 1961)
2000 ppm	(Vinogradov 1962)
1500 ppm	(Goles 1967)

kommer Feragsfeltets dunitter og peridotitter ut som følger :

serpentinisert dunitt	: 2950 ppm (gj.sn. av 5 prøver i bilag 6- s. 1)
serpentinisert peridotitt	: 2371 ppm (gj.sn. av 7 prøver i bilag 6- s. 1 og 2)
alle ultramafitter samlet	: 2622 ppm (gj.sn. av 19 prøver i bilag 6- s. 1 og 2)

Middelgehalten på 2622 ppm Ni ligger altså litt over de fleste av de oppgitte Clarke-verdiene og Feragsfeltets ultramafitter er på den bakgrunn svakt anomal i sitt nikkellinnhold.

6.6. Platina og andre edelmetaller

I mikroskop er ørsmå korn (mindre enn 10 μ m) av gedigent kobber sporadisk observert. Videre er et par korn i samme størrelsesorden av en Cu-Ag legering observert i slip av serpentinisert lherzolitt. En mikrosondeanalyse av disse korn tilkjenner to faser hvilket ikke kunne observeres i mikroskop; en fase bestående av 90% Cu og 10% Ag og en fase med 90% av et ukjent element (ikke Cu, Te eller Bi) samt 10% Ag (Nilsson 1978, s. 80-83).

Verken Du Riez (1956) eller Hultin (1965) rapporterer edelmetaller i sine arbeider. Engzelius (1940) derimot refererer en del edelmetallanalyser utført på kromitt- og peridotittprøver fra Feragsfeltet av Lunde og Johnson (1928).

	ppm		
	Pt	Au	Ag
Kromitt (Feragen ved Røros)	0,3		
Serpentin (øst for Rødtjern, Feragen)	0,05	-	-
Serpentin (ved Rødtjern, Feragen)	0,009	-	-
Serpentin (kg1) (Røragens devonfelt)	0,009	-	-
Serpentin med kromittårer (øst for Fjelltjern, Feragen)	0,14	-	-
Kromittårer i serpentin (Fjelltjern, Feragen)	0,80	-	?
Kromittårer i serpentin (Fjelltjern, Feragen)	1,12	-	-
Kromittårer i serpentin (øst for Fjelltjern, Feragen)	1,28	-	-
Magnesitt (det dypestliggende av serpkgl. Røragen)	-	0,062	
Serpentin med kromitt (gruve øst for Fjelltjern, Feragen)	?	-	0,9
" " " "	?	-	0,6
Serpentin med kromitt	0,37	-	0,3

Analyser av serpentin(konglomerat) ble tatt med for å se om Pt kunne være sekundært anriket i sedimentene liksom Pt-forekomstene i Ural. Analyseresultatene tyder ikke på det, men det blir spekulativt å si noe mer om én eneste analyse. Imidlertid må bemerkes at vertsbergarten til Pt-forekomstene i Ural er Pt-fattigere enn Feragsfeltets ultramafitter. Det samme gjelder de undersøkte kromittkornene (etter Lunde og Johnson 1928) :

dunitt og pyroksen (Ural)	0,017-0,075 ppm Pt (8 analyser)
kromittkorn i dunitt (Ural)	0,3 ppm Pt (1 analyse?)
gabbro (Ural)	0,2 ppm Pt (1 analyse)
serpentin (Feragen)	0,009-0,37 ppm Pt (5 analyser)
kromitt (Feragen)	0,80 -1,28 ppm Pt (4 analyser)

Clarke-verdi for Pt- og Pd i ultramafitter er i følge Vingradov (1962) henholdsvis 0,2 og 0,12 ppm. Feragsfeltets ultramafitter ligger altså rundt Clarke-nivå med hensyn til Pt-gehalter.

Hysingjord (pers.komm.) anser imidlertid Lunde og Johnsons analysemetode som svært tvilsom, og har ved senere analyser ikke kunnet detektere Pt i prøver fra Feragsfeltet. Analyse av Pt, Pd, Au og Ag i ultramafittene og kromittmalm (Nilsson 1978) ga innhold under deteksjonsgrensen, det vil si henholdsvis 0,5, 0,05, 0,2 og 1 ppm.

På denne bakgrunn synes edelmetallgehaltene i Feragsfeltet å være uinteressante i økonomisk henseende. Imidlertid er ingen systematisk analyser foretatt, og et forslag går derfor ut på å foreta systematiske analyser på de borkjerner som nå foreligger fra feltet.

En av oppsitterne i Feragen kunne fortelle at det er forsøkt gullvasking med et visst hell (?) der bekken fra Fjelltjern renner ut i Røragen, altså innenfor devonfeltet.

6.7. Ikke-metalliske mineraler og magnesium

Olivin

Feragsfeltets minst omvandlede dunitter holder ca. 50/50 olivin og serpentin. Olivinen er en chrysolitt med 10-13 mol-% fayalitt (Hultin 1965). Sammensetningen $(Mg_{0,9}, Fe_{0,1})SiO_4$ har 49,4 vekt-% av MgO-komponenten. Kjemiske analyser, bilag 6, av serpentiniserte dunitter viste MgO-gehalter i området 43,24-46,90 vekt-% og glødetapstall varierende mellom 5,75 og 8,13 vekt-% hvor H₂O er det vesentligste. Industriens krav ligger på 48 ev. 48,5% MgO og maks. 0,7% H₂O (Bergstøl 1974). Feragsfeltets serpentiniserte dunitter holder derfor ikke mål som olivinkilde med mindre olivinen og serpentinen kan skilles fra hverandre. Det er vanskelig å tenke seg dette gjort økonomisk fordi olivinen er sterkt oppsprukket og gjennomslutt av et meget finmasket nett av serpentinårer. En måtte i tilfelle gå meget langt i nedmaling.

Talk

Talk finnes sammen med serpentin, sekundær amfibol, kloritt og magnesitt blant annet i Rauhammeren og Klettene, men bare i ubetydelige mengder i Feragsfeltet. Egentlige klebersteinsforekomster er ikke kjent noe sted på strekningen Røros-Feragen. Det dreier seg mest om en konglomerat- eller breksjestructur-serpentin med boller/fragmenter av sterkt serpentinisert dunitt/peridotitt i en matriks av enda sterkere omvandlet ultramafitt bestående av de innledningsvis nevnte mineraler, se fig. 11.

Hvor stort talkinnholdet er er usikkert, men anslagsvis er det i beste tilfelle 10-20% (?) av bergarten. Ingen slip av de sterkest omvandlete bergartene er mikroskopert. Talk er dermed ikke interessant i økonomisk henseende da den også er intimt oppblandet med de øvrige sekundärsilikatmineralene.

Serpentin

Serpentinitt med dekorative flammestrukturer, etc. har vært utvunnet i et brudd i Klettene for framstilling av bl.a. prydgjenstander. Flere steder, bl.a. i Rauhammeren, finnes serpentinitt med mulig tilfredsstillende dekorative egenskaper. De mekaniske egenskaper er kanskje ikke i alle tilfeller like tilfredsstillende da talk- og klorittrike årer vil representere svakhetssoner.

Magnesitt

Magnesitt opptrer som små linser (maks. 3-4 m lange og maks. 1 m brede) i Feragsfeltets kontakt med Rørosskifer (fyllitt) i den nordligste del av feltet. Linsene består ikke av ren magnesitt, men av serpentinfragmenter i en magnesittgrunnmasse som utgjør 35-75% av volumet.

Foruten i disse linser er karbonat (magnesitt?) observert med maks. 4-5 vol-% i serpentinitten langs Feragsfeltets grense mot saussurittgabbro i vest. Karbonatet er intimt sammenvokst med silikatene.

Hultin (1965) har videre observert magnesittførende serpentinitt langs Feragsfeltets sydøstgrense, men mektigheten kunne ikke anslås på grunn av sterk overdekning.

Makroskopisk rent karbonat (magnesitt?) assosiert med talk, serpentin og kloritt finnes blant annet i veggene i enkelte av kromittbruddene i den sydligste delen av Rauhammeren (rett nord for Røros Kobberverks Sara gruve). De rene karbonatpartiene har uregelmessig form og varierer i størrelse fra cm- til m-skala. Kromitt er observert enkelte steder i karbonatet.

Magnesitt finnes videre som bibestanddel i de sterkest omvandlete ultramafittene mellom Rauhammeren og Røros, men det er ikke observert så rene magnesittpartier som i Rauhammeren.

Forekomstene i Rauhammeren synes å være alt for små for selektiv magnesittdrift. Den øvrige magnesitt som bare forekommer som bibestanddel i ultramafittene er for sterkt oppblandet med andre omvandlingsprodukter til å være økonomisk interessant.

Magnesium

Ultramafittene i Feragsfeltet og i de vestenforliggende småfelter er mer interessant som kilde for magnesiummetall enn som industri-mineralkilde. Serpentiniseringsgraden spiller ikke så stor rolle som ved framstillingen av et mineralprodukt fordi ekstraksjonsmetoden må skje med syreluting av hele bergarten. De viktigste parametre blir da MgO-gehalten og muligens mineralteksturene.

Av bilag 6 ser en at MgO-gehaltene i den serpentiniserte dunitt og sterkere omvandlete varieteter av denne (serpentinitt, f.eks. prøve nr. 112-2) i gjennomsnitt ligger ca. 3-5 vekt-% over de tilsvarende peridotitter. Store områder med vesentlig serpentinisert dunitt og serpentinitt, og lite serpentinisert peridotitt finnes i den NV-lige delen av Feragsfeltet (tegning 3).

Basert på analyseresultatene i bilag 6-s.2 vil en ved en teoretisk 100% utvinning av krom, nikkel og magnesium fra Feragsfeltets minst omvandlede bergart, nemlig serpentinisert dunitt få :

2029 tonn Cr_2O_3 (dvs. ca. 4000 tonn kompakt krommalm eller kromitkonsentrat)
1087 tonn Ni
100 000 tonn Mg

av en bergfangst på ca. 362 000 tonn serpentinisert dunitt.

Til sammenligning kan nevnes at høyeste årsproduksjon i Feragsfeltet (1917) var oppe i ca. 4000 tonn krommalm/-konsentrat (Engzelius 1940). Ved Flåt Nikkelverk i Evje ble det i årene 1927-1944 tilsammen produsert 2 100 000 tonn nikkelmalm med et gjennomsnitt på 0,69% Ni (Vokes 1960) hvilket tilsvarer 14 490 tonn metallisk Ni.

7. OPPRINNELSE AV ULTRAMAFITTENE I FERAGENOMRÅDET

Tidligere og igangværende tolkningsarbeider

I fig. 26 og 27 er vist profiler gjennom Feragsfeltet og Rauhammerfeltet hentet fra Rui (1979). Han tolker Feragsfeltet som en plate eller et lag, ca. 300 m tykkelse i de sentrale deler med utkiling mot syd. Uavhengig av Rui har Eidsvig (1979) ved geofysiske bakkemålinger kommet til at det under ultramafittene på noen ganske få hundre meters dyp er dårligere ledende bergarter. Ruis modell med ultramafitten som et lag som faller svakt mot nord finner også støtte i det aeromagnetiske kartblad BREKKEN, 1:50 000.

Høsten 1979 ble det utført helikoptergeofysikk i området Feragen-Røros. Resultatene vil bli skrevet ut i form av profilkart i løpet av våren 1980. Videre ble det utført gravimetrisk målinger i feltet som supplement til helikoptermålingene. Gravimetrien vil muligens kunne gi flere indikasjoner om feltets form og utstrekning mot dypet, kontaktforholdene, etc. men tolkningene kan bli vanskelige fordi ultramafittenes spesifikke vekt totalt sett varierer innen et stort intervall : $2,53-3,03 \text{ g/cm}^3$. De omliggende bergarters tetthet varierer innen trangere intervaller :

foliert saussurittgabbro	: 2,89-3,16 g/cm^3
Rørosskifer (fyllitt)	: 2,75-2,78 g/cm^3
sparagmitt	: 2,61-2,65 g/cm^3
Vigelfjellgranitt	: 2,57-2,60 g/cm^3
skiferkonglomerat	: 2,73-2,74 g/cm^3
Hummelfjellformasjonens grå til grønne gneis- aktige skifre	: 2,65-3,01 g/cm^3
tre krommalmprøver	: 3,63-3,81 g/cm^3

De gravimetrisk data blir tolket av A.Sindre, NGU.

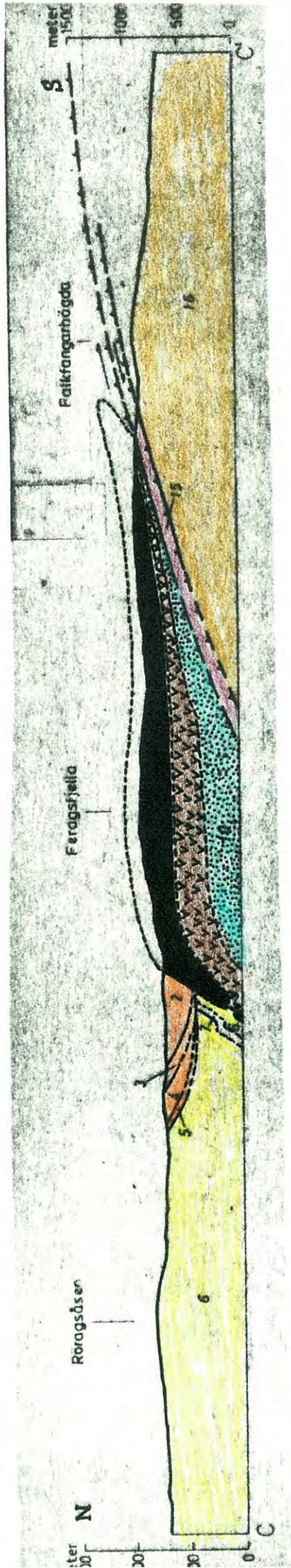


FIG. 26

Profil N-S gjennom Feragsfeltet, hentet fra det preliminare berggrunnskart 1720 II BREKKEN & M. 1:50 000 av I.J. RUI (1979)

TEGNFORKLARING

AUTOKTONE BERGARTER

2-5 Røragengruppen (devonsk alder)
serpentin-konglomerat, leirskifer, siltstein,
sandstein, basalbreksje av Rørosskifer

ALLOKTONE BERGARTER

Trondheimsdekket (Kambro-Silurisk alder)

Sedimentære bergarter

Aursundgruppen

6 Grågrønn fyllitt, stedvis med biotitt-
porfyroblaster

7 Båndet kvartsitt, assosiert med soner av
svart karbonførende skifer.

Serpentinitt

Tynsetgruppen

Grå til oransje aneisske skifer (Hummelfjellformasjonen)

Intrusive bergarter

Metagabbro

og/å intrusiv

PARAUTOKTONE BERGARTER

Sedimentære bergarter

Hedmarkgruppen (senprekambrisk alder)

Øyegneis (antatt mylonittisert og
rekrystallisert arkose)

Grå meta-arkose, stedvis sterkt
forskifret og mylonittisert.

STRUKTURER

Usikker/overgangsmessig bergartsgrense

Skyvegrense, med skyvning av regionalt omfang

Skyvegrense, med skyvning av ukjent omfang



FIG. 27

Profil NØ - SV gjennom Raudhammaren og Klettene, hentet fra det preliminare berggrunnskart 1720 III RØROS i M. 1:50 000 av I. J. Rui (1979)

TEGNFORKLARING

ALLOKTONE BERGARTER

Tjondheimsdekket (Kambro-Silurisk alder)

Aursundgruppen

Kalkholdige, grå og grønne fyllitter og meta-gråvaker

Kvartsittkonglomerat

Grønnskifer

Lys grå kvartsitt

Serpentinit med kromitt

Tynsetgruppen

Grå feltspatiske kvartsitter med enkelte lag av svart skifer. Tilh. Hommelfellformasjonen

Grå feltspatiske kvartsitter og grønne skifer i vekslng. Tilh. Hummelfellformasjonen.

Intrusive bergarter

Saussurittisert gabbro, overveiende middels- til grovkornet.

AUTOKTONE/PARA-AUTOKTONE BERGARTER

Hedmarkgruppen

Øyegneis, lokalt kvarts- mikrokin- breksje. Antatt deformert i kaledonsk tid.

Grå meta-arkose

Stugusjø- formasjonen ("Rørrossifer")



STRUKTURER

Bergartsgrense

Usikker/overgangsmessig bergartsgrense

Skyvegrense, med skyvning av regionalt omfang

Skyvegrense, med skyvning av lokalt omfang.



Saussurittisert gabbro, overveiende middels- til grovkornet.

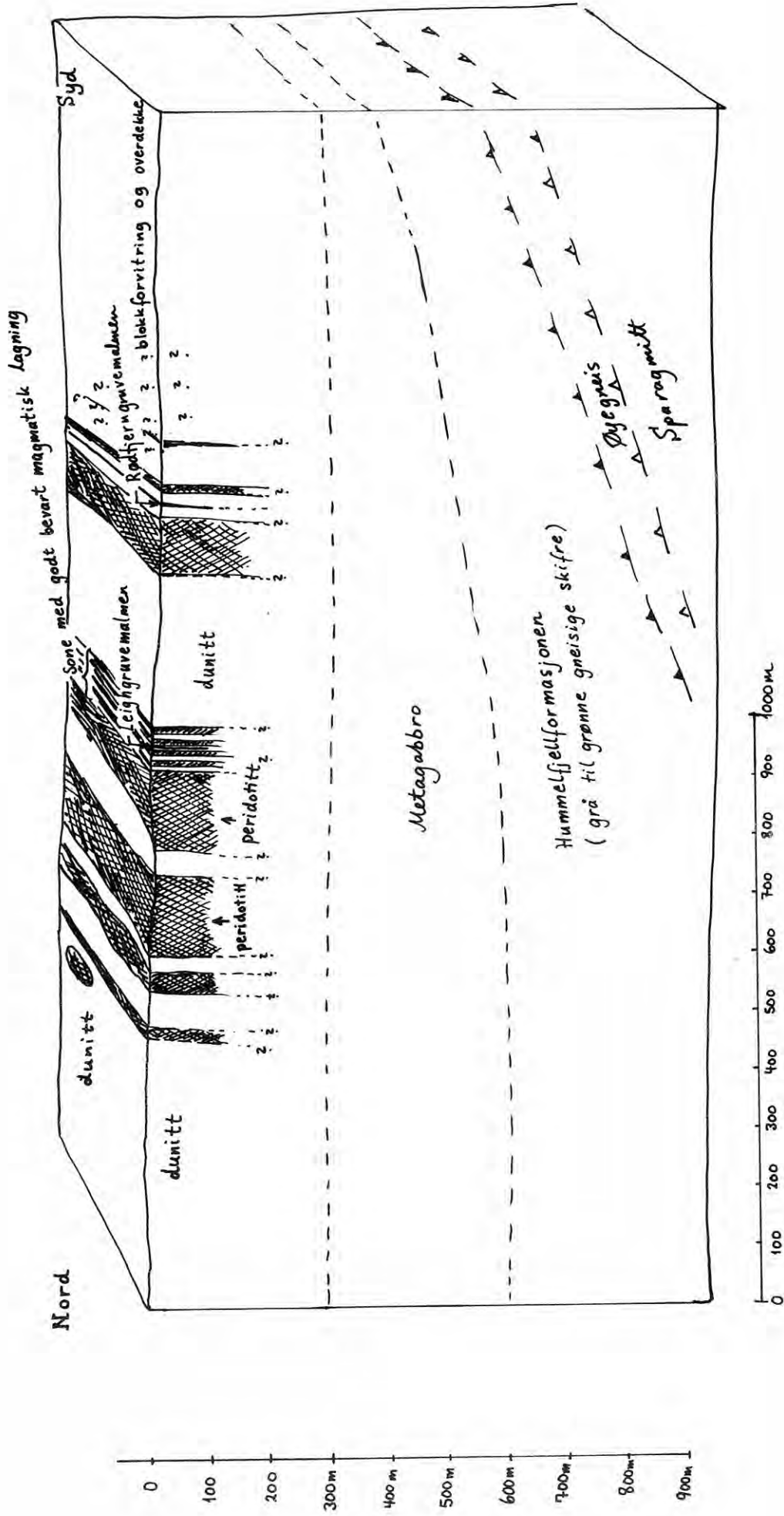


Fig. 28

Prinsippskisse. Oppbyggingen av Feragsfeltet.

Lagfølgen i ultramafittene etter Tegn. 3. (sentrale deler av feltet).

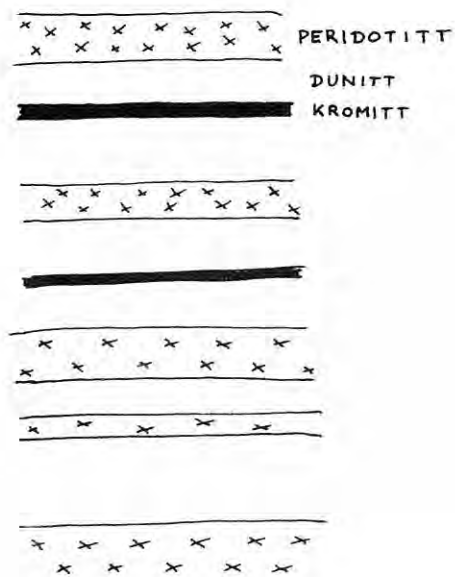
Lagfølgen mot dypet : Ultramafitter - metagabbro - gneisige skifre, hovedskyveplan - øyegneis - lokalt skyveplan - spargmitt

etter Rui 1977 og 1979 ^{et}

Dannelseshypotese for Feragsfeltet

Modellen med en relativt tynn flattliggende plate står i noen kontrast til de observasjoner en overalt kan gjøre i feltet, nemlig at den magmatiske lagning og bergartsgrense ellers står steilt ($70-90^{\circ}$), se fig. 28. I bratte fjellskråninger og i Rødtjerngruva og Leighgruva kan en registrere dette ihvertfall de første 60-80 m mot dypet. Platemodellen kan kanskje likevel forklares med følgende hendelsesforløp.

- 1) Gravitativ differensiasjon av magmaet med dannelsen av alternerende bånd som vist i fig. 29.

**FIG. 29**

Magmatisk bånding i Feragsfeltet.
Alternerende bånding:

peridotitt - dunitt - kromitt -
dunitt - peridotitt - dunitt -
kromitt - dunitt etc.

eller:

peridotitt - dunitt - peridotitt
dunitt etc.

eller:

kombinasjon av det ovenstående.

- 2) I plastisk tilstand har det størknede magma blitt presset oppover i jordskorpen for til slutt å bli skjøvet fram nær flattliggende umiddelbart over hovedskyveplanet.

Modermagmaet kan primært ha vært mye større enn Feragsfeltets volum idag. Under framskyvningen etter differensiasjonen kan store og små deler av den ultramafiske massen ha blitt fjernet fra modermagmaet for deretter å bli presset fram som separate

ikke nødvendigvis oppover.

legemer i forskjellig posisjon, men vesentlig mot syd langs skyveplanet eller langs skiffrighetsplanet til Rørosskifrene som overveiende er parallelt med førstnevnte. Disse legemer er etter avtagende størrelse Feragsfeltet, Rauhammeren, Storgråberget, Klettene samt en rekke mindre kupper, se tegning 1 og 2.

En annen mulighet er at ultramafittene kan være skjøvet på plass i sedimentene før eller under skyvningen av Trondheimsfeltets undre dekker.

Ganske få steder i Feragsfeltet er den magmatiske lagning helt regelmessig utviklet i større skala (mer enn 100 m mektighet). De fleste steder er bergartsgrensene innenfor feltet noe uregelmessige i større målestokk, se tegning 3. En opprinnelig kanskje i større målestokk velutviklet magmatisk lagning er forstyrret i forskjellig grad under framskyvningen av den ennå ikke helt konsoliderte massen til den primærbergartsfordelingen en kan se i feltet idag.

- 3) (Dels etter Sverdrup og Hultin (1970) og Hysingjord (1969))
Flere gjennomgående sprekkeretninger i feltet kan sannsynligvis tilskrives den seneste delen av framskyvningen etter som massen mer og mer fikk karakteren av et stivt legeme. To sprekkeretninger er særlig markerte, nemlig 310° og 375° . Disse danner spisse vinkler til den magmatiske lagningen inkludert krommalmene som har retninger varierende mellom ca. 300° og 350° . Malm-slirene sees hyppig forkastet i cm- og dm-skala langs disse sprekker.
- 4) Serpentiniseringsprosessen er muligens en sen prosess i denne utvikling. Mineralselskapet langs feltets grenser er avhengig av sidebergartene. Dannelse av magnesittlinser nær kontakten til Rørosskiferen antas å ha denne CO_2 -kilden. Videre er serpentiniseringen sterkest langs kontaktene, noe som tyder på at H_2O er tilført fra sideberget (hydrotermal omvandling).

Krommalmens dannelse

Ved mikroskopering av Feragens kromitter framkom at kromittkornene i impregnasjonsmalmene har en anhedral kornform med avrundete, konkave korngrenser, et fenomen som kan være framkommet ved at tidligdannede kromittkrystaller er blitt angrepet av magmaet og delvis resorbert i smelten ved såkalt magmatisk korrosjon (Schneiderhöhn 1958 s. 77). Kromittkorn i kompakte malmårer har vanligvis en subhedral til euhedral utvikling hvilket kan bety at disse korn etter dannelsen hurtig er blitt beskyttet av nabokornene mot den korroderende smelten som i dette tilfellet bare har fått ubetydelige angrepsflater mellom kromittkornene.

Enkelte kromittkorn har dråpeformete inneslutninger av en silikatfase med interferensfarger som indikerer olivin. Utenfor kromittkornene er ingen rester av olivin, her er all olivin omdannet til serpentin. Dette tyder på at kromittens og olivins krystallisasjonsperiode overlapper hverandre. Generelt ser det dog ut som om kromittkornene i kromittanrikningene (impregnasjonsmalm, leopardmalm og kompaktmalm) er utkrystallisert og konsentrert før den omgivende olivin (dunitt).

Enkeltkorn av kromitt som en finner disseminert overalt i dunitten i 1-3 vekt-% har idiomorf kornform uten tegn til angrep av silikat-smelten. Disse korn kan derfor være dannet nær samtidig med olivinen og dermed uten at noen gravitativ oppkonsentrering av kromitten har kunnet finne sted.

Hertil må bemerkes at den hydrotermale omvandlingen av kromittkorn som ses i serpentinisert dunitt og serpentinit (fig. 18) ikke må forveksles med den magmatiske korrosjon hvor som nevnt ikke bare hjørnene er resorbert i silikatsmelten men også i mer eller mindre grad partier på kromittkornenes flater hvilket framkommer som innbuktninger langs korngrensene i slip. Dette gjelder også for kromittkornene i serpentinisert peridotitt (se fig. 17).

Kromittforekomstene har ofte form av årer, slirer, linser etc. - alt fra relativt regelmessige kropper til helt uregelmessige ansamlinger. Dette skyldes sannsynligvis en plastisk deformasjon av primært relativt regelmessig utformete kromittlag.

Kromittanrikninger finnes som nevnt utelukkende i dunitten - aldri i direkte kontakt med de pyroksenholdige ultramafittene. Dette har sannsynligvis fysikalsk-kjemiske årsaker.

Fig. 28 viser en prinsippskisse av Feragsfeltets oppbygning med Ruis platemodell som grunnlag. Det virker ikke usannsynlig at den magmatiske lagning flere steder går tvers igjennom platen. Men liksom man i dagen ikke har helt regelmessig lagning i større skala (større enn 100 m) de fleste steder i feltet - hvilket framgår av tegning 3 - er dette sannsynligvis også tilfellet mot dypet i samme målestokk.

8. KONKLUSJON

Feragsfeltet er et av de peridotittfeltene i Norge hvor det er utført omfattende geologiske arbeider. Dette har primært sammenheng med at feltet har hatt de rikeste krommalmforekomster. De utdrevne malmkropper har imidlertid vært små. 235 gruver og skjerp har tilsammen gitt ca. 32 500 tonn krommalm. De største forekomstene - Rødtjerngruva, Leighgruva og Skalgruva - har hver gitt 5000-10 000 tonn krommalm. Diamantboring (6 hull) i 1979 på IP-anomalier har ikke ført til ytterligere malmfunn. Den produserte malm har imidlertid hatt en meget god kvalitet med et høyt krominnhold.

Mulighetene for nye krommalmfunn i Feragsfeltet er tilstede fordi den potensielt malmførende bergarten, serpentinisert dunitt - serpentinitt, utgjør ca. halvparten av feltets areal. På bakgrunn av

kjennskapet til feltets geologiske oppbygning med en magmatisk lagning av bergartene, inkludert krommalmen, som står steilt samt en rent statistisk betraktning, er det lite sannsynlig at det finnes store malmkropper i feltet, dvs. vesentlig større enn 5000-10 000 tonn.

Den disseminerte kromitt som finnes i det meste av feltet (unntak: serpentinititt dannet av peridotitt) med gehalter i størrelsesorden 1-3 vekt-%, eller ca. 0,5 vekt-% Cr_2O_3 i gjennomsnitt, utgjør en relativt stor sub-økonomisk ressurs med ca. 100 000 tonn Cr_2O_3 pr. meter avsenkning av feltets totale areal av dunitt - serpentinititt, dvs. ca. 7 km². Men det kreves altså en bergfangst som er ca. 200 ganger større enn kromittproduksjonen for å få frigjort kromitten. Mye av dette berg kan muligens brukes til framstilling av olivinprodukter, Mg-metall og/eller Ni-metall, men bergartsundersøkelser og utvinningsforsøk er foreløpig i startfasen i dette øyemed.

På denne bakgrunn kan det ikke anbefales at videre krommalmprospektering i Feragsfeltet gis høy prioritet med mindre særlig positive indikasjoner på mer malm skulle framkomme som et resultat av bearbeiding og tolkning av den relativt store data- og informasjonsmengden som pr. idag foreligger fra feltet.

Det er fremdeles mange interessante geologiske problemer knyttet til feltet, men disse er for en stor del av rent akademisk interesse som for eksempel regionalgeologiske problemstillinger. Et forslag til videre undersøkelser som likevel i noen grad kan motiveres rent økonomisk geologisk skisseres :

Forslag til videre undersøkelser i Feragsfeltet

Mineralogi og kjemi

- Undersøke variasjonen i kjemisk sammensetning av den disseminerte kromitt i serpentinisert dunitt, - peridotitt og serpentinititt

ved hjelp av mikrosonde. Denne kromitt utgjør idag en relativt stor subøkonomisk ressurs. (någet undersøkt 5-10 Lr/L.)

- Luftkjølt
sonde
bedre*
- Undersøke silikatenes (særlig olivin og serpentin) kjemiske sammensetning ved hjelp av mikrosonde. De viktige parametre er her Mg, Ni, Co. Bestemmelse av Fo-komponenten i olivin kan også gjøres ved hjelp av diffraktometer. Feilgrensen oppgis da til 3-4% (Yoder og Sahama 1957). Videre kan man få en orientering om Fo-komponenten ved å måle aksevinkelen (2V). Disse analyser og undersøkelser gjøres med tanke på igangværende syrelutningsforsøk med bergarter fra Feragsfeltet.
 - Foreta systematiske kjemiske analyser av foreliggende borkjerne-materiale. Mg, Cr, Ni, Co og Pt-metaller er her av størst interesse. Formålet med analysene er å få opplysninger om variasjon i gehalter av de nevnte elementer langs borprofilene.
- Omalt tid?*

Trondheim, 24. april 1980

Lars Petter Nilsson

Lars Petter Nilsson
vit.ass.

9. LITTERATURLISTE

- Bergstøl, S. 1974 : Ikke-metalliske mineralforekomster. Utnyttelse og bedømmelse. Kompendium i faget Anvendt Malmgeologi, Geologisk Institutt, NTH, Trondheim, 62 s.
- Beyschlag, F., Krusch, P. und Vogt, J.H.L. 1910 : Die Lagerstätten der Nutzbaren Mineralien und Gesteine. I Band. Verlag von F.Enke, Stuttgart, 509 s.
- Bøe, R. 1978 : The Major Bergen Arc in the Northern Part of the Lindås Peninsula: Petrography, Geochemistry and Structural Geology. Unpubl. hovedfagsoppgave, Geologisk Institutt, avd. A, Univ. i Bergen, 312 s.
- Du Riez, T. 1956 : The Content of Chromium and Nickel in the Caledonian Ultrabasic Rocks of Sweden. Geol. För. Förh. Bind 78, Hefte 2, 233-300.
- Eidsvig, P. 1979 : IP- og magnetiske målinger i Feragen kromittfelt, Røros, Sør-Trøndelag. NGU-rapport nr. 1650/33B, 13 s. + kartbilag.
- Engzelius, J.G. 1940 : Feragen kromittfelt, Skargruben. Unpubl. hovedoppg. i gruvedrift, NTH, 102 s. + bilag. Kopiert ved NGU og finnes som NGU-rapport nr. 811, NGU-Ba.nr. 4374 (fortrolig).
- Falck-Muus, R. 1936 : Geologisk rektangelkart AURSUNDEN, M 1:100 000 Norges geol. Unders. Oslo.
- Falck-Muus, R. 1957 : Krommalmforekomstene øst for Røros. Tidsskrift for Kjemi, Bergv. og Met. nr. 5, 6, 7 og 8.
- Goldschmidt, V.M. 1954 : Geochemistry. Oxford Univ. Press, 730 s.
- Goles, G.G. 1967 : Trace elements in ultramafic rocks. In Wyllie, P.J. (Red.): Ultramafic and related rocks - John Wiley & Sons, New York, 352-362.
- Hauan, K.M. 1863: Leren Chromfabriks Gruber og Skjærp i Helgeland. NGU-Ba.nr. 1312, 5 s.
- Helland, A. 1873 : Om Kromjernsten i Serpentin. Forhandlinger i Vidensk. Selsk. i Christiania. 17 s. + 1 plansje (særtrykk).
- Hultin, I. 1965 : En mineralogisk undersøkelse av kromittmalmer i Feragen. Kartbladet Aursunden. Unpubl. hovedfagsoppg. Univ. i Oslo, 96 s.

- Hysingjord, J. 1969 : Notat vedrørende Feragsfeltet 1969.
NGU-Ba.nr. 4852, 3 s.
- Kerr, P.F. 1978 : Optical Mineralogy. McGraw-Hill Book Co., New York, 492 s.
- Kolderup, C.F. 1902 : Studier over bergarterne ved Bergen. I Reusch, H.H. og Kolderup, C.F.: Fjeldbygningen og Bergarterne ved Bergen. Bergens Museums Aarbog, No. 10, 77 s. + 1 kart.
- Lunde, G. og Johnson, M. 1928 : Vorkommen und Nachweis der Platinmetalle in norwegischen Gesteinen II. Zeitschr. für anorganische und allgemeine Chemie, Band 172, Heft 1-3, 167-195 (sonderabdruck).
- Mathiesen, C.O. 1979 : Markedet for kromitt. Internt NGU-notat, 13 s.
- Mitra, S. 1972 : Metamorphic 'rims' in Sukinda chromites. Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte, 360-375.
- Mitra, S. 1973 : Mineralogy and paragenesis of Cr-chlorites and uvarovites in chromites of Sukinda, Orissa, India. Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte. Heft 3, 139-148, Stuttgart.
- Moore, A.C. 1977 : The petrography and possible regional significance of the Hjelmkona ultramafic body (sagvandite), Nordmøre, Norway. Norsk geol. Tidsskr. 57, 55-64.
- Münster, C.A. Garnierit (nikkelgymnit) fra Foldalen. Arch. f. Math. og Naturvd. 14, Chr. og Kbh., 240-243.
- Nilsson, L.P. 1978 : En malmgeologisk undersøkelse av kromittforekomstene i Feragenfeltet med henblikk på å bestemme eventuelle økonomiske produkter. Upublisert hovedoppgave ved Geologisk institutt, NTH, 125 s. + bilag.
- Nilsson, L.P. 1980a : Undersøkelse av ultramafiske bergarter og krommalm i Heggefjordens peridotittfelt, Velfjord, Brønnøy, Nordland. NGU-rapport nr. 1650/26A, 29 s. + bilag.
- Nilsson, L.P. 1980b : Undersøkelse av ultramafiske bergarter og krommalm på Rødøya/Rypen og Vikholmen, Alstadhaug, Nordland. NGU-rapport nr. 1650/31A, 18 s. + bilag.
- Poulsen, A.O. 1960 : Exploration of Mineral Raw Materials in Norway. I Holtedahl, O. (Red.): Geology of Norway. Norges geol. Unders. 208, 532-540.
- Poulsen, A.O. 1964 : Norges gruver og malmforekomster II, Nord-Norge. Med kart 1:100 000, 101 s.

- Qvale, H. 1977 : Kjemiske variasjoner i chrom-spinell i alpinotype metadunitter fra Baldersheim i Hordaland. Malmgeologisk Symposium, NTH, Trondheim, 85-94.
- Raicevic, D. 1976 : Technical review of ore dressing investigations on Canadian chromite ores conducted at CANMET from 1918 to 1976. CANMET report 76-39, Ottawa. (CANMET = Canada Centre for Mineral and Energy Technology).
- Ramdohr, P. 1967 : A Widespread Mineral Association, Connected with Serpentinization with notes on some new and insufficiently defined minerals. Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen, Bd. 107, Heft 3, 241-265, Stuttgart.
- Rankama, K. og Sahama, T.G. 1949 : Geochemistry. Univ. of Chicago Press, 912 s.
- Rui, I. 1979 : BREKKEN. Berggrunnsgeologisk kart 1720 II- M1:50 000 Preliminær utgave. Norges geol. Unders.
- Rui, I. 1979 : RØROS. Berggrunnsgeologisk kart 1720 III -M1:50 000. Preliminær utgave. Norges geol. Unders.
- Schneiderhöhn, H. 1958 : Die Erzlagerstätten der Erde, Band I. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 315 s.
- Sverdrup, T.L. og Hultin, I, 1970 : Foreløpige resultater fra Feragenfeltet. NGU-Ba.nr. 4853, 7 s.
- Streckeisen, A. 1976 : To each plutonic rock its proper name. Earth Science Reviews, Vol. 12, 1-33.
- Turekian, K.K. og Wedepohl, K.H. 1961 : Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Bull. Geol. Soc. Am., 72, 175-192.
- Usign. 1975 : Chromite-Transvaal the key. Industrial Minerals, August 1975, 15-33.
- Usign. 1977 : Chromium Overview. Mining Journal, March 1977, 153-155.
- Verburgh, H. 1975 : Trends in Chrome Ore. Metal Bulletin Monthly, June 1975, 17-20.
- Vinogradov, A.P. 1962 : Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the Earth's crust. Geochemistry (oversettelse fra Geokhimiya) , 1962, s. 641-664.

- Vogt, J.H.L. 1894 : Beitrage zur Genetischen Classification der durch magmatische Differentiationsprozesse und der durch Pneumatolyse entstandenen Erzvorkommen. Zeitschrift für praktische Geologie, 381-399.
- Vogt, J.H.L. 1923 : Nickel in Igneous Rocks. Econ. Geol. 18, 307-353.
- Vogt, J.H.L. 1924 : The Physical Chemistry of the Magmatic Differentiation of Igneous Rocks. Norske Vid. Akad. i Oslo, Skr. I Mat-Naturv. Klasse, no. 15, 132 s.
- Vokes, F.M. 1960 : Mines in South and Central Norway. Norwegian guide books, International Geological Congress Norden, XXI session. Norges geol. Unders. 212 m, 73 s.
- Vokes, F.M. 1974 : Kompendium i faget Anvendt Malmgeologi, Geologisk Institutt, NTH, Trondheim, 99 s.
- Yoder, H.S. and Sahama, T.G. 1957 : Olivine x-ray determinative curve. Am. Mineral., vol. 42, 475-491.

STATENS BERGRETTEGHER

Feragsfeltet, Røros
(se tegn. 3)

NGU -oppdrag : 1650/33Abilag : 1side : 1

Anm. dato	ant.	Mutingens/ident. nr. beliggenhet	prøve stuff	Kartblad 1720 I M 1:50 000 Anmerkninger UTM-koordinater
Mut. begjært				
Mut. utstedt				
Utmåls-nr.				
04.10.39		GM 16-1839 (LU-57-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
04.10.39		Rødhammerkjerringa		
27.07.40		GM 43-1840 (LU-69-1873)	Cr	441-404
27.07.40		Amalia		
15.11.51		GM 51-1851 (LU-67-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
15.11.51		Wilhelmine 1		
15.11.51		GM 52-1851 (LU-73-1873)	Cr	442-397
15.11.51		Stampen		
15.11.51		GM 53 1851 (LU-60-1873)	Cr	435-377
15.11.51		Lise		
15.11.51		GM 54-1851 (FU-13-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
15.11.51		Zakris		
03.12.65		GM 139-1865 (LU-58-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
03.12.65		Godthaab		
03.12.65		GM 140-1865 (LU-61-1873)	Cr	437-391
03.12.65		Mynta		
03.12.65		GM 141-1865 (FU-50-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
03.12.65		Rygtet		
03.12.65		GM 142-1865 (LU-59-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
03.12.65		Kari		
03.12.65		GM 144-1865 (LU-72-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
03.12.65		Wilhelmine II		
03.12.65		GM 146-1865 (LU-62-1873)	Cr	435-395
03.12.65		Kampen		
03.12.65		GM 147-1865 (LU-66-1873)	Cr	431-406
03.12.65		St. Paul		
03.12.65		GM 148-1865 (LU-56-1873)	Cr	Usikker beliggenhet ikke plottet
03.12.65		Nymynta		

STATENS BERGRETTIGHETER

Feragsfeltet, Røros
(se tegning 3)

NGU -oppdrag : 1650/33Abilag : 1side : 2

<u>Anm. dato</u>				
<u>Mut. begjært</u>	Ant	<u>Mutingens/ident. nr.</u>	prøve	Anmerkninger
<u>Mut. utstedt</u>		beliggenhet	stuff	
<u>Utmåls-nr.</u>				
03.12.65		<u>GM 149-1865</u> (LU-71-1873)	Cr	449-406
03.12.65		<u>Leergruben</u>		
03.12.65		<u>GM 150-1865</u> (LU-65-1873)	Cr	435-398
03.12.65		<u>Liegruben</u>		
03.12.65		<u>GM 151-1865</u> (LU-63-1873)	Cr	433-394
		<u>Leigh gruben</u>		
03.12.65		<u>GM 152-1865</u> (LU-75-1873)	Cr	443-392
03.12.65		<u>Svinet</u>		
03.12.65		<u>GM 153-1865</u> (LU-64-1873)	Cr	Usikker belig-
03.12.65		<u>Mona</u>		genhet ikke plottet
03.12.65		<u>GM 154-1865</u> (LU-68-1873)	Cr	437-405
03.12.65		<u>Bagaas</u>		
03.12.65		<u>GM 156-1865</u> (LU-74-1873)	Cr	Usikker belig-
03.12.65		<u>Trine</u>		genhet ikke plottet
28.2.74		<u>GM 209-1874</u>	Cr	421-368
28.2.74		<u>Forsøget</u>		

BILAG 2 : OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSLOKALITETENES KOORDINATER
 (REFERERT TIL TEGNING ① 2 OG 3)

*kan det være kalkspat liksom
ved Djupskartjern? Helst
nei!*

Lok.nr.	Lok.navn/beliggenhet	Bergart	UTM-koordinater
✓ 110	SØ for Harsjøen	serpentinitt	37803875
✓ 117	Rauhammeren	magnesitt+serpentin	34503895
118	Rauhammeren	impregnasjonsmalm (sterk impr.)	34753910
119-1	Rauhammeren	1)kompakt kromittmalm	
119-2	Rauhammeren	2)serpentin+kromitt	34753910
✓ 120	Rauhammeren	serpentinisert lher- zolitt	34803900
✓ 121	Rauhammeren	serpentin og kromitt i bånding	34103925
✓ 122-1	Rauhammeren	1)serp.dunitt	
122-3	Rauhammeren	3)kromittimpregnasjon	34003965
✓ 123	Rauhammeren	serpentinisert dunitt	33704050
124	Rauhammeren	massiv kromitt+kromitt- impregn.	34103970
✓ 125-1	Rauhammeren	1)serp.dunitt	
125-2	Rauhammeren	2)karbonat (magnesitt)	
125-3	Rauhammeren	3)kromittimpregnasjon	34203920
✓ 126	SV for Rauhammeren	saussurittgabbro	33503855
✓ 127	S for Rauhammeren	saussurittgabbro	34603845
✓ 128-1	S for Rauhammeren	1)serp.dunitt	
✓ 128-2	S for Rauhammeren	2)serp.peridotitt	35303810
✓ 129-1	S for Harsjøen	1)sauss.gabbro	
✓ 129-2	S for Harsjøen	2)tuffitt?	36703880
✓ 130	Storgråberget	serpentinitt	27703780
131-1	Storgråberget	1)kromittimpregn.	
✓ 131-2	Storgråberget	2)serpentin+kromitt	
✓ 131-3	Storgråberget	3)serpentinitt	27603760
132-1	Storgråberget	1)kompakt kromitt	
132-2	Storgråberget	2)litt asbest i løse fibre	27653740
✓ 133	Storgråberget	serpentinisert dunitt	27703730
✓ 134	Storgråberget	kvarts og serpentin	27953740
135	Storgråberget	kompakt kromitt + serpentin	27903755
✓ 136-1	V for Pantslåtten	1)serp. + litt talk	
✓ 136-2	V for Pantslåtten	2)talkrik bergart	30653980
✓ 137	V for Pantslåtten	asbeståre	30753975

BILAG 2 : OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSLOKALITETENES KOORDINATER
 - forts. (REFERERT TIL TEGNING ①, ② OG 3)

t.o.m. 148 f.o.m. 101

Lok.nr.	Lok.navn/beliggighet	Bergart	UTM-koordinater
138	Osthammeren	kompakt krommalm	29903960
✓ 139	Osthammeren	serpentinisert peridotitt	29803950
✓ 140	S for Osthammeren	serp. peridotitt	30003840
141	Brorhaugen	åre av kompakt kromitt	30503745
✓ 142	Brorhaugen	saussurittgabbro	30502765
✓ 143	V for Klettene	serp. dunitt	31053815
✓ 144	Klettene	breksje-struktur serpentinitt	32253770
145-1	Klettene	1)kromitt+serpentin	
✓ 145-3	Klettene	3)skjellaktig serp.	32303780
146	Klettene	kompakt krommalm	32903775
✓ 147-2	Klettene	2)serpentinitt m.rel. sterk impregnasjon av kromitt	32953800
148	Klettene	breksje-struktur serpentinitt (ingen prøver tatt)	33003795
101	Storhøgda, grensen mellom serpentin og gabbro	skifrig, svart kloritt- amfibolittbergart med disseminasjon av kromitt	42503940
102	"	massiv serpentinitt	"
✓ 111	Vest for Geitsjøen	tuffitt	41703650
112	Forsøket gruve	1)leopardmalm og fink.impregn.	
	"	2)serpentinitt	42003680
	"	3)leopardmalm	
✓ 152	Vest for Tufsingen	serpentinitt	47204520
✓ 153	Vest for Storhøgda	"	40703980
✓ 154	"	sauserittgabbro	40604010
✓ 155	Storhøgda	"	41504030
✓ 156	"	"	41904020
✓ 157	"	"	42303960
158	"	"	42203860
159	"	"	42503790
161	Sør for Storhøgda	serpentinitt	42503780
162	Vest for Geitsjøen	tuffitt?	41703630

BILAG 2 : OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSLOKALITETENES KOORDINATER
 - forts. (REFERERT TIL TEGNING 1, ② OG ③)

t.o.m. 165

f.o.m. 1

Lok.nr.	Lok.navn/beliggenhet	Bergart	UTM-koordinater
163	Vest for Geitsjøen	svartsskifer	41603640
164	"	tufitt	41603660
165	"	mylonittisert/forgneiset skifer? Hummelfjellformasjonen	42103630
1	Skarhøggruben (Skalgruva)		45303940
2	V for Skalgruva		44903945
3	V for Skalgruva		44603930
4	Svinet	lok. 1-6	44353920
5	Lergruben	lok. 9-18	44954060
6	Stensgruben	lok. 20-66 er alle krommalmprøver	44404045
7	N for Fjelltjern	} serpentin + magnesitt	42954125
8	N for Fjelltjern		"
9	Ø for Djupskartjern		42254075
10	Ø for Djupskartjern		41854070
11	Kongen		42354030 og 42454030
12	Koyegruben		42654030
13	Ø for Koyegruben		42904025
14	St.Paul		43154060
15	Falkestien		43554045
16	Jonetta		44204020 og 44304025
17	NV for Jonetta		44154030
18	Amalie? og Konradine		44154035-44204045
19	SV-enden av Geitsjøen	forgneiset skifer	42203610
20	Forsøket, V for Geitsjøen		42053670-42153680
21	Geitsjøgruben		43253720 og 43303730
22	Lisa, Storhåpet, Aurora?		43453770-43703780
23	SØ for nr. 22		44003745
24	S for Kongen		42404025

BILAG 2 : OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSLOKALITETENES KOORDINATER
 - forts. (REFERERT TIL TEGNING 1, 2 OG 3)

Lok.nr.	Lok.navn/beliggighet	Bergart	UTM-koordinater
25	Agnetta		42504005
26	Charlotte		42753985
27	Konradine		42553995
28	Vessel		43004020
29	Smegruben		43154020
30	Ny Tid, Jeanette, Grisen		43154005-43404015
31	Liegruben		43503980
32	Rødtjerngruben		43103905-43153915
33	Ø for Leighgruben		43503945
34	Ø for Rødtjerngruben		43203910
35	Mynta		43703910
36	Kronan		43653910
37	NV for Kronan		43553915
38	Jakobine		43503920
40	Leighgruben		43353945
42	NV-ende av Rødtjern- gruben		42953925
43	NV for Rødtjerngruben		42853940
48	Feragsgrubene, Dal- skjerpene		43904005-43954015
49	Stampen?		44253970
50	S for Skarhøgdgruben		45253855
51	Attergløyma		45353795
52	Trilotten		45653790
53	Råbekkgruben		44953680
54	N for Råbekkgruben		45053725
55	N for Råbekkgruben		44753760-44803770
56	Pudsaren		44753825
57	Fanten		43903920-43953930
60	NØ for Leighgruben		43803955-43903960
64	N for Røragruben ?		44204100
65	Røragruben?		44204085
66	Brita		44753990

BILAG 2 : OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSLOKALITETENES KOORDINATER
 - forts. (REFERERT TIL TEGNING 1, 2 OG 3)

Lok.nr.	Lok.navn/beliggenhet	Bergart	UTM-koordinater
70	Ø for Liegruben	kompakt krommalm	43903975
✓100	Ø for Skarhøgda	serpentinisert peridotitt	45853945
✓101	Kont. til Storhøgda gabbromassiv	skifrig svart kloritt-amfibolbergart med disseminasjon av kromitt	42503940
✓102	"	massiv serpentinitt	42503940
✓103	NV for Djupskartjern		41154080
✓104	NV for Djupskartjern	hornblenditt	41204080
✓105	NV for Djupskartjern	hornblenditt	
✓106	Ø for Djupskartjern	serpentinitt	41754065
✓107	V for Skarhøgda	serp. peridotitt	45003945
112-1	Forsøket grube, V for Geitsjøen	1) leopardmalm og fin-kornig impr.	
✓112-2		2) serpentinitt	
112-3		3) leopardmalm	42153670
113	Geitsjøgruben	kompakt krommalm	43303725
✓114	SV for Geitsjøgruben	serpentinisert peridotitt	43103715
115	Geitsjøgruben	kompakt krommalm	43303725
✓116	Stort Håp	serp. peridotitt	43653775
✓149	Klumpen, SØ forfeltet	mylonittiserte/for-gneisete skifre fra Stugusjøform. og Hummelfjellform. (Rui 1979)	45703755
✓150	SV for Klumpen	serpentinisert peridotitt	44903725
✓151	Ø for Geitsjøen	serpentinisert dunititt	43703695
155	Storhøgda S for Djupskartjern	sauss. gabbro	41504025
156	Storhøgda, SØ for Djupskartjern	sauss. gabbro	41804015
157	Storhøgda	sauss. gabbro	42253955
158	Storhøgda	sauss. gabbro	42253865
159	Storhøgda	sauss. gabbro	42553795
160	Ø for Falkestien	serp. peridotitt	43704045
161	S for Storhøgda	serpentinitt	42603770
166	Ø for Geitsjøgruben	serp. peridotitt (serp. lherzolitt)	43603725

BILAG 2 : OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSLOKALITETENES KOORDINATER
 - forts. (REFERERT TIL TEGNING 1, 2 OG 3)

Lok.nr.	Lok.navn/beliggighet	Bergart	UTM-koordinater
1	Skalgruva (prøve nr. S1)	impregnasjons- og kompaktmalm	45303940
32	Rødtjerngruva (prøve nr. R1)	impregnasjons- og kompaktmalm	43153905
40	Leighgruva (pr.nr.L1V)	impregnasjonsmalm	43353945
"	" (" L1H)	impregnasjonsmalm	"
"	" (" L1-1)	serpentinisert dunitt	"
"	" (" L2-1)	serpentinisert dunitt	"
"	" (" L3-1)	serpentinisert dunitt	"
"	" (" L4-1)	serpentinisert peridotitt	"
"	" (" L5-1)	serpentinisert peridotitt	"
"	" (" L6)	serpentinisert peridotitt	"
"	" (" L7-1)	serpentinisert dunitt	"
"	" (" L8)	serpentinisert dunitt	"
"	" (" L9)	serpentinisert peridotitt	"
"	" (" L10)	serpentinisert peridotitt	"
	For prøve L1V-L10 se bilag 8.		

BILAG 3 : OVERSIKT OVER ENKELTE ULTRAMAFITTPRØVERS INNHOLD OG FORDELING AV MINERALER SAMT DATA OM OLIVINKORNEENS FORM OG STØRRELSE PÅ GRUNNLAG AV MIKROSKOPERING.

Slipnr./bergart	L 3-1/serp. dunnitt lok. 40 Leighgruva	112-2/serpentinnitt. Vest for Geitsjøen	120/sterkt serpentinnitt Iherzolitt <u>Rauhammeren</u>	143/ sterkt serpentinnitt dunnitt. Vest for Klettene	147-2/ "Ren" serpentinnitt m.rel. sterk impregn. av kromitt. Klettene	Armerknninger
Ømtrentlig slipsammensetn.						
olivinnitt (forsteritt-chrysolitt)	50-55%	75-80%	20-30%	40-50%	90%	Første tall i slipnr. refererer til lokalitetnr. i tegn 01 og 02 (unntak: slip L3-1 fra lok. 40).
serpentin (antigoritt)	40-45%	5-10%	50%	40-50%		
kloritt		2%	<1%	2-3 %		
kromkloritt	5%	2%	2-3%	5%	8-10%	
kromitt + sekundærøksyde sekundær magnetitt	3-4 %	5%	5%		< 1%	
rombisk pyroksen (enstatitt-bronzitt)						
monoklin pyroksen (diopsid/ augitt)				10-20%?		
aktinolit-tremolit						
hornblende (uralitt)						
talk		<1%			1%	
karbonat (magnesitt?)		2-3%		1-2%		
aksessorier (Ni-sulfider)	-	hz (?)	ged. Cu, hz, aw, ptl	hz	ptl (?)	
kornform* primærkorn	kantet-kant-rundet		kantet-kant-rundet (?) nå meget omvandlet	kantet-kant-rundet, nå meget omvandlet		

BILAG 3 : OVERSIKT OVER ENKELTE ULTRAMAFITPRØVERS INNHOLD OG FORDELING AV MINERALER
 - forts. SAMT DATA OM OLIVINKORNEGENES FORM OG STØRRELSE PÅ GRUNNLAG AV MIKROSKOPERING.

Slipnr./bergart	L 3-1/serp. dunitt lok.40 Leighgruva	112-2/serpen- tinit. Vest for Geitsjøen	120/sterkt serpentinit Iherzolitt Rauhammeren	143/ sterkt serpentinit dunitt. Vest for Klettene	147-2/ "Ren" serpentinit m.rel. sterk impregn.av kromitt.Klettene	Anmerkninger
Mineral- fordeling Olivinkornenes størrelse og form						
Kornform* sekundærkorn (fragmenter etter kataklase)	skarpkantet kantrundet		skarpkantet fragmenter	oppspiste fragmenter		
Kornstørrelse* (mm) sekun- dærkorn	<<0,1-0,5		<<0,1-0,5	<<0,1-(0,3)		
primærkorn	2-8		2-7	1-6		
* gjelder kun olivinkorn						

BILAG 4 : OVERSIKT OVER UTVALGTE KROMMALMPRØVERS TEKSTURER OG MINERALFASEFORDELING PÅ GRUNNLAG AV MIKROSKOPERING AV TILHØRENDE POLERSLIP

Slip.nr./ lokalitet	Maltype	Kornstørrelse (mm)		Kornform		Oppknusningsgrad av primærkorn (kataklase)
		primærkorn	sekundærkorn	primærkorn	sekundærkorn	
112-1/Forsøket, Feragsfeltet	impregnasjons-/ leopardmalm	<1-15	<0,1-1	anhedral, korro- derte korn	anhedral, skarp- kantede fragmenter	middels
118/ Rauhammeren	impregnasjons- malm	<1-5	<<0,1-0,4	anhedral, korro- derte korn	"	middels-sterk
146-3/ Klettene	kompaktmalm	1->15?	<<0,1-1	subhedral	"	middels-sterk
L1-1/Leigh- gruva/Ferags- feltet	impregnasjons-/ kompaktmalm	<1-15	<0,1-1	anhedral- subhedral	"	svak-middels

Slip.nr./ lokalitet	Mengdeforhold kromitt/sekundær- oksyder (ferrikromitt+ krom-mt+mt)	Mengdeforhold oksyder/silikater	Anmerkninger
112-1/Forsøket, Feragsfeltet	ca. 100/1	ca. 1,5/1	aksessoriske korn av awarutt i gangarten av serpentin og kloritt
118/Rauhammeren	ca. 10/1	ca. 1/1	aksessoriske sulfidkorn innesluttet i kromitten. Om bestemmelse av disse korn se under "Mikrosonde"kap.
146-3/ Klettene	ca. 4/1	ca. 4/1	
L 1-1/Leighgruva, Feragsfeltet	ca. 20/1	ca. 1,3/1	

BILAG 5 : MIKROSONDEANALYSE AV NIKKELSULFIDMINERALER

Lokalitet/ lok.nr. tegn.nr.	Bergart	Slipnr./områdenr./ ev. kornnr. hvis det er flere korn innen samme område av slipet eller hvis flere faser innen samme korn er undersøkt	Gehalter i vekt-%								Den analyserte fases navn og sammensetning		
			Fe	Co	Ni	Cu	S	Ag	Pt	Sum			
Rauhammeren/ 120/tegn.1	serpentinitt	120/1/ korn 1			69,0		25,6					94,6	heazlewooditt, Ni ₃ S ₂
"	"	120/1/korn 2	0,5	-	70,1	-	24,7	-	-	-	-	95,3	heazlewooditt, Ni ₃ S ₂
"	"	120/1/korn 3	<2%	-	ca.40	ca.50	ca.10	-	-	-	-	ca.100	rødlig inhomogen fase, omvamlingsprodukt
Kuppe vest for Tufsingene/ 152/tegn.2	serpentinitt	152/1	22,3	0,95	38,1	1,0	31,2					93,55	pentlanditt, Ni _{0,55} Fe _{0,40}
Storhøgda- syd 161/tegn. 3	serpentinitt	161/1			70,9		25,7					96,6	heazlewooditt, Ni ₃ S ₂
Gammelnamns- høgda/ 166/tegn.3	serpentinisert lherzolitt	166/1	27,6	0,7	71,5						0,2?	100,0	awaruitt, Ni _{2,5} Co _{0,2} Fe
"	"	166/2	29,0	0,9	71,5							101,4	awaruitt, Ni _{2,5} Co _{0,0} Fe
Leighgruva/ 40/tegn.3	serpentinisert dunitt	L2-1/1/ korn 1	32,8	3,1	65,2							101,1	awaruitt, Ni _{1,88} Co _{0,08} Fe
"	"	"	65,0		0,76							65,76	ferrikromitt (Fe-rikt om- vandlingsprodukt av kromit)
Leighgruva/ 40/tegn.3	serpentinisert harzburgitt	L4-1/1/korn 1		-	3,2	97,1						100,5	legering av Cu og Ni, svært nær gedigent Cu i sammensetning.
"	"	"	40,0	ca.1?	19,4		32,9					93,3	pentlanditt, Fe _{0,7} Ni _{0,3} S
"	"	"	35,2	1,8	63,5							100,5	awaruitt, Ni _{1,7} Co _{0,05} Fe

BILAG 6 : Kjemisk analyse av 5 krommalmpøver, 18 prøver av ultramafiske bergarter og 1 prøve av saussurittgabbro på hovedbestanddelene og enkelte økonomisk viktige sporelementer (Kjemisk avdeling, oppdragsnummer 156/78).

	14	22	13	26		25	12	20	11	19		15	16	23	24	27	28	
	Si	Ti	Al	Fe		Mn	Mg	Ca	Na	K		P	S	V	Cr	Co	Ni	
	I	I	I	I	a	v	I	a	I	I	v	v	a	I	I	I	I	
Clarkeverdi i "ultrabasiske ba." (%/ppm)/Turekian & Wedepohl (1961)	20,5	0,03	2,0	9,43		0,162	20,4	2,5	0,42	0,004		0,022	0,03	40	1600	150	2000	
Clarkeverdi i "ultramafiske ba." (%/ppm) Vinogradov (1962)	19,0	0,03	0,45	9,85		0,15	25,9	0,7	0,57	0,03		0,017	0,01	40	2000	200	2000	
deteksjonsgrense (ppm) (røntgenspektrograf)														5	100	?	5	
prøvenr/ loknr.																		
Bergart	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	gløde-giøde-tap	P ₂ O ₅	S	V	Cr ₂ O ₃	Co	Ni	
70-3 kompakt krommalm	3,1	0,12	11,3	19,9	19	0,38	14,3	13	0,09	<0,01	1,23	0,02	0,04	0,09	46,0	<0,02	0,14	
S-1/ krommalm (kompakt/ lok.1 disseminasjon)	4,3	0,22	8,9	21,4	21	0,35	14,3	14	0,09	0,4	1,43	0,03	0,07	0,06	47	<0,02	0,14	
R-1/ krommalm (kompakt/ lok.32 disseminasjon)	9,1	0,15	9,3	17,5	17	0,25	17,02	18	1,00	<0,01	2,67	0,01	0,04	0,04	40	<0,02	0,15	
112-2 serpentinititt	36,33	<0,01	0,31	3,77		0,60	0,0344	59	0,25	<0,01	15,58	<0,01	0,03		0,48		0,30	
120 serpentinisert peridotitt	41,75	0,02	0,78	8,06		2,48	0,1339	72	3,68	<0,01	6,99	<0,01	0,04		0,47		0,22	
136-2 sterkt omvandlet dunnitt(?) talkkrik	33,71	<0,01	0,68	6,76		4,47	0,0435	20	0,11	<0,01	23,37	<0,01	0,08		0,39		0,21	
152 serpentinititt	36,38	0,01	0,30	8,19		3,72	0,0739	69	0,40	<0,01	16,66	<0,01	0,10		1,64		0,29	
155A saussurittgabbro	48,55	1,88	15,61	13,04		6,07	0,13	5,01	9,87	2,0	4,55	0,22	0,11		0,04		0,01	
160 delvis omvandlet lherzolitt	41,19	0,02	1,43	8,38		5,39	0,09	42,47	1,43	<0,01	6,54	<0,01	0,04		0,37		0,24	
161 serpentinititt	38,11	0,01	0,48	7,88		1,55	0,11	41,23	0,41	<0,01	13,2	<0,01	0,09		0,35		0,27	
166 delvis omvandlet lherzolitt	41,35	0,03	1,73	7,95		5,19	0,12	40,84	2,06	<0,01	7,50	<0,01	0,05		0,37		0,22	
analysemetoder: r=røntgenspektrograf v=våtkjemisk a=atomabsorpsjon																		

sulfid-

bundet

Ni (%)

BILAG 6 : Kjemisk analyse av 5 krommalprøver, 18 prøver av ultramafiske bergarter og 1 prøve av saussuritt-gabbro på hovedbestanddelene og enkelte økonomisk viktige sporelementer (Kjemisk avdeling, områdesnummer 156/78).

	14	22	13	26		25	12	20	11	19			15	16	23	24	27	28		
	Si	Ti	Al	Fe		Mn	Mg	Ca	Na	K			P	S	V	Cr	Co	Ni		
	r	r	r	r	a	v	r	a	r	r	r	v	v	r	r	r	r	r	a	
Clarke-verdi i "ultrabasiske ba" (%/ppm) Turekian & Wedepohl (1961)	20,5	0,03	2,0	9,43		0,162	20,4	2,5	0,42	0,004			0,022	0,03	40	1600	150	2000		
Clarke-verdi i "ultramafiske ba" (%/ppm) Vinogradov (1962)	19,0	0,03	0,45	9,85		0,15	25,9	0,7	0,57	0,03			0,017	0,1	40	2000	200	2000		
Deteksjonsgrense (ppm) (røntgenspektrograf)															5	100	?	5		
prøvenr.	bergart																			
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	gløde-gløde-tap	CO ₂	P ₂ O ₅	S	V	Cr ₂ O ₃	Co	Ni		
				(Fe tot)	(Fe tot)						tap				(ppm)	(%)	(ppm)	(%)	bundet Ni (%)	
L1V	9,5	0,16	8,9	14,9		0,22	19,3	0,08	0,1	0,01	2,59		<0,01	0,04		40,5			0,01	
L1H	9,1	0,18	10,7	13,9	14	0,22	21,4	0,09	<0,1	0,01	3,42		<0,01	0,05		38,2	38		0,01	
L2H	serpentinisert dunitt i kontakt med L1V	39,37	<0,01	0,43	7,62	4,29	0,08	46,45	0,13	<0,1	40,01	5,78	<0,01	0,03		0,73			0,30	0,02
L2V	serpentinisert dunitt	38,96	0,01	0,46	7,74	5,39	0,08	46,90	0,12	<0,1	40,01	6,78	<0,01	0,03		0,75			0,30	0,01
L3-1	serpentinisert dunitt	38,49	0,01	0,66	8,43	4,61	0,09	45,90	0,33	<0,1	40,01	7,07	<0,01	0,05		0,53			0,28	0,01
L4-1	serpentinisert peridotitt	40,70	0,02	1,24	7,94	5,41	0,09	42,94	1,80	0,14	0,01	5,75	0,01	0,05		0,39			0,25	0,00
L5-1	serpentinisert peridotitt	43,33	0,03	1,84	8,13	5,81	0,10	42,35	1,57	0,4	0,02	4,47	0,01	0,05		0,42			0,23	0,00
L6	serpentinisert peridotitt	42,06	0,03	1,69	7,56	5,53	0,09	41,45	1,58	<0,1	40,01	5,74	<0,01	0,06		0,42			0,24	0,00
L7V	serpentinisert dunitt i kontakt med L1H	37,50	0,02	1,00	7,12	3,72	0,08	44,59	0,13	<0,1	40,01	6,97	<0,01	0,05		2,53			0,31	0,01
L7H	serpentinisert dunitt	39,44	<0,01	0,42	7,78	4,33	0,08	46,05	0,13	<0,1	40,01	5,75	<0,01	0,02		0,37			0,32	0,02
L8	serpentinisert dunitt	40,28	0,01	1,10	7,81	4,31	0,08	43,24	0,80	0,3	0,01	8,13	0,01	0,02		0,41			0,26	0,01
L9	serpentinisert peridotitt	40,70	0,02	1,44	7,36	4,61	0,08	41,90	1,40	<0,1	40,01	8,08	<0,01	0,03		0,41			0,25	0,01
L10-1	serpentinisert peridotitt	41,95	0,02	1,87	8,49	5,88	0,10	40,54	2,15	0,2	0,01	5,71	<0,01	0,04		0,44			0,23	0,01
analysemetoder:	r=røntgenspektrograf v=våtkjemisk a=atomabsorpsjon																			

BILAG 7 : SAMMENLIGNING AV VARIASJONER I INNHOLD AV HOVEDBESTANDDELER OG SPORELEMENTER
 I KROMMALM FRA RYPEN-VIKHOLMEN, VELFJORD OG FERAGEN

Variasjoner i sammensetning, Gehalter i vekt-% og ppm

Element	Rypen-Vikholmen 1 prøve	Velfjord 7 prøver	Feragen 5 prøver
SiO ₂	(14,4)	(4,5-22,6)	(3,1-9,5)
TiO ₂	(0,24)	(0,05-0,14)	(0,12-0,22)
Al ₂ O ₃	(11,3)	(4,9-7,5)	(8,9-11,3)
Fe ₂ O ₃	(14,6)	(17,2-23,5)	(13,9-21,4)
MnO	(0,19)	(0,19-0,41)	(0,22-0,38)
MgO	(23,0)	(12,1-27,5)	(14,3-21,4)
CaO	(0,07)	(0,07-0,92)	(0,09-1,00)
Na ₂ O	(<0,1)	(<0,1-0,5)	(<0,1-0,4)
K ₂ O	(<0,01)	(<0,01-0,05)	(<0,01-0,01)
glødetap	(5,77)	(1,90-9,06)	(1,23-3,42)
P ₂ O ₅	(0,02)	(<0,01-0,03)	(<0,01-0,03)
S	(0,14)	(0,02-0,08)	(0,04-0,07)
V	(461 ppm)	(352-766 ppm)	(400-900 ppm) 3 prøver
Cr ₂ O ₃	(29,7)	(18,1-48)	(38,2-47)
Co	(59 ppm)	(109-229 ppm)	(<200)
Ni	(0,21)	(0,08-0,21)	(0,14-0,15) 3 prøver
Ni sulfidbundet	(0,04)	(0,00-0,02)	(0,01-0,03)

BILAG 7 forts. SAMMENLIGNING AV VARIASJONER I INNHOLD AV HOVEDBESTANDDELER OG SPORELEMENTER
 I ULTRAMAFISKE BERGARTER (DUNITT, PERIDOTTIT, SERPENTINITT OG KLEBERSTEIN) FRA
 RYPEN-VIKHOLMEN, VELFJORD OG FERAGEN

Variasjoner i sammensetning. Gehalter i vekt-% og ppm

Element	Rypen-Vikholmen 3 prøver	Velfjord 6 prøver	Feragen 18 prøver
SiO ₂	(37,75-42,22)	(37,67-42,17)	(33,71-43,33)
TiO ₂	(<0,01)	(<0,01-0,02)	(<0,01-0,03)
Al ₂ O ₃	(0,19-0,40)	(0,25-0,89)	(0,30-1,87)
Fe ₂ O ₃ (Fe _{tot})	(7,51-8,68)	(7,85-11,23)	(3,77-8,49)
FeO	(2,14-5,04)	(3,94-8,80)	(0,60-5,88)
MnO	(0,09-0,15)	(0,08-0,11)	(0,03-0,13)
MgO	(41,09-48,54)	(43,17-48,18)	(35,20-46,90)
CaO	(0,08-0,17)	(0,09-0,56)	(0,11-3,68)
Na ₂ O	(<0,1)	(<0,1-0,2)	(<0,1-0,4)
K ₂ O	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01-0,02)
glødetap	(9,24-13,10)	(2,22-11,96)	(4,47-23,37)
P ₂ O ₅	(<0,01-0,01)	(<0,01)	(<0,01-0,01)
S	(0,04-0,08)	(0,05-0,20)	(0,02-0,10)
V	(12-33 ppm)	(15-48 ppm)	()
Cr ₂ O ₃	(0,29-0,32)	(0,41-0,58)	(0,35-1,64)
Co	(113-127 ppm)	(94-126 ppm)	()
Ni	(0,24-0,27)	(0,20-0,27)	(0,21-0,32)
Ni sulfidbundet	(0,00)	(0,00-0,06)	(0,00-0,05)

BILAG 8.1.-8.6. :

Variasjon i kjemi på magmatisk lagning ved Leighgruva i Feragsfeltet.

Profiler over variasjon i innhold av : Ni_{tot.}, Ni_{sulfidbundet}, S, TiO₂, MnO, Cr₂O₃, Al₂O₃, glødetap, CaO, MgO, SiO₂, Fe_{total} (uttrykt ved Fe₂O₃), FeO, Na₂O, K₂O og P₂O₅.

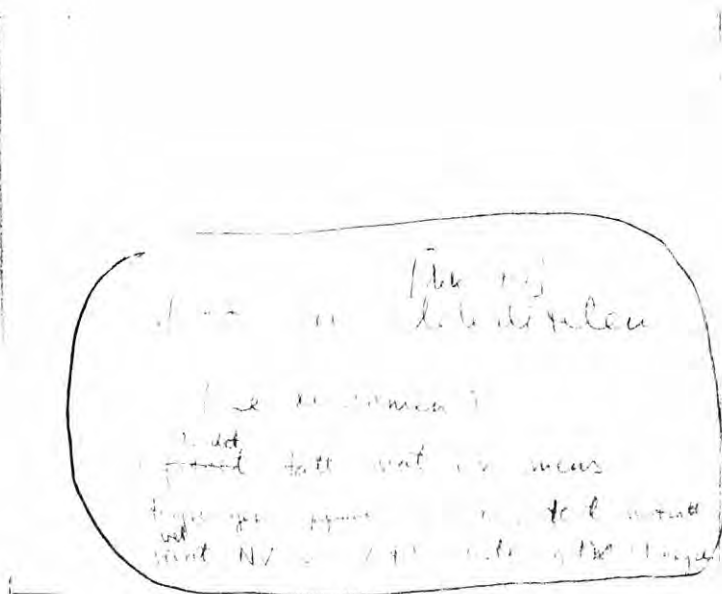
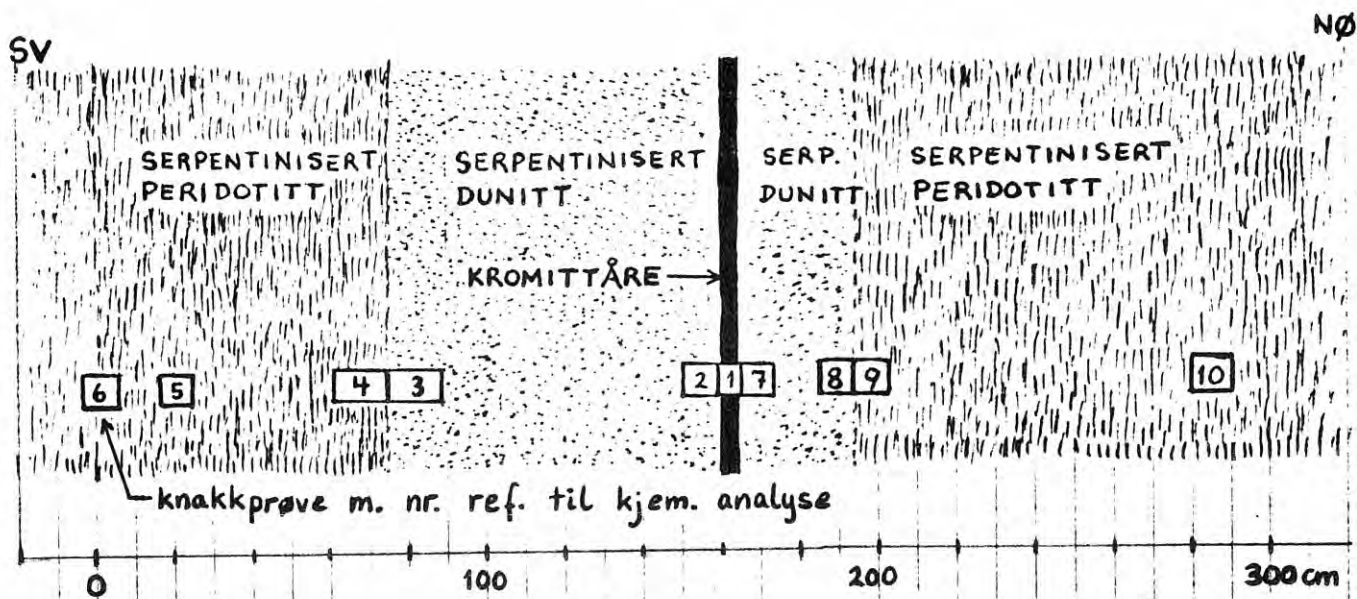
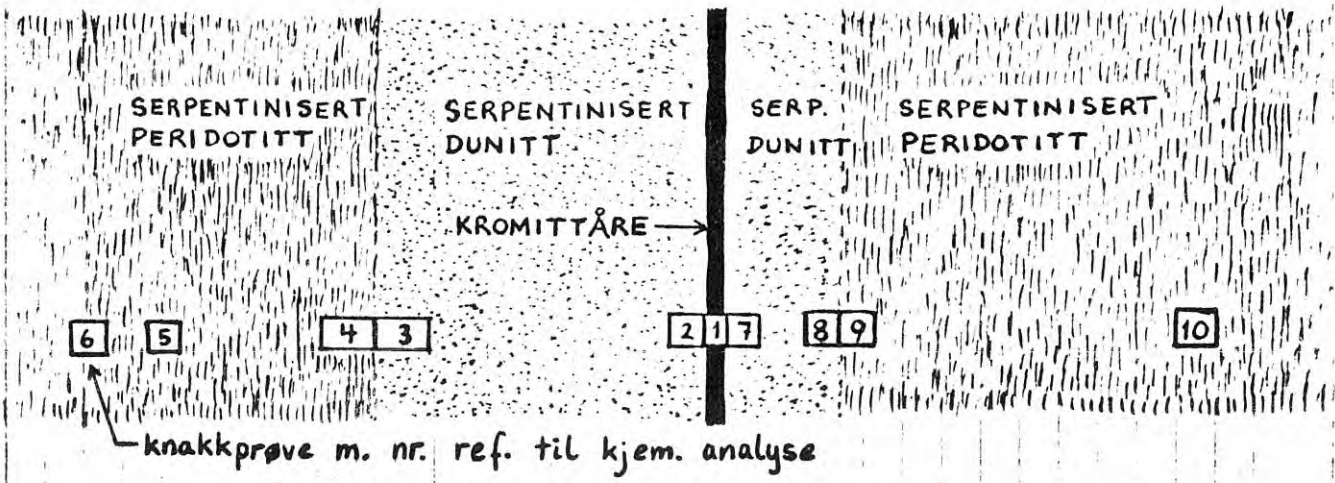
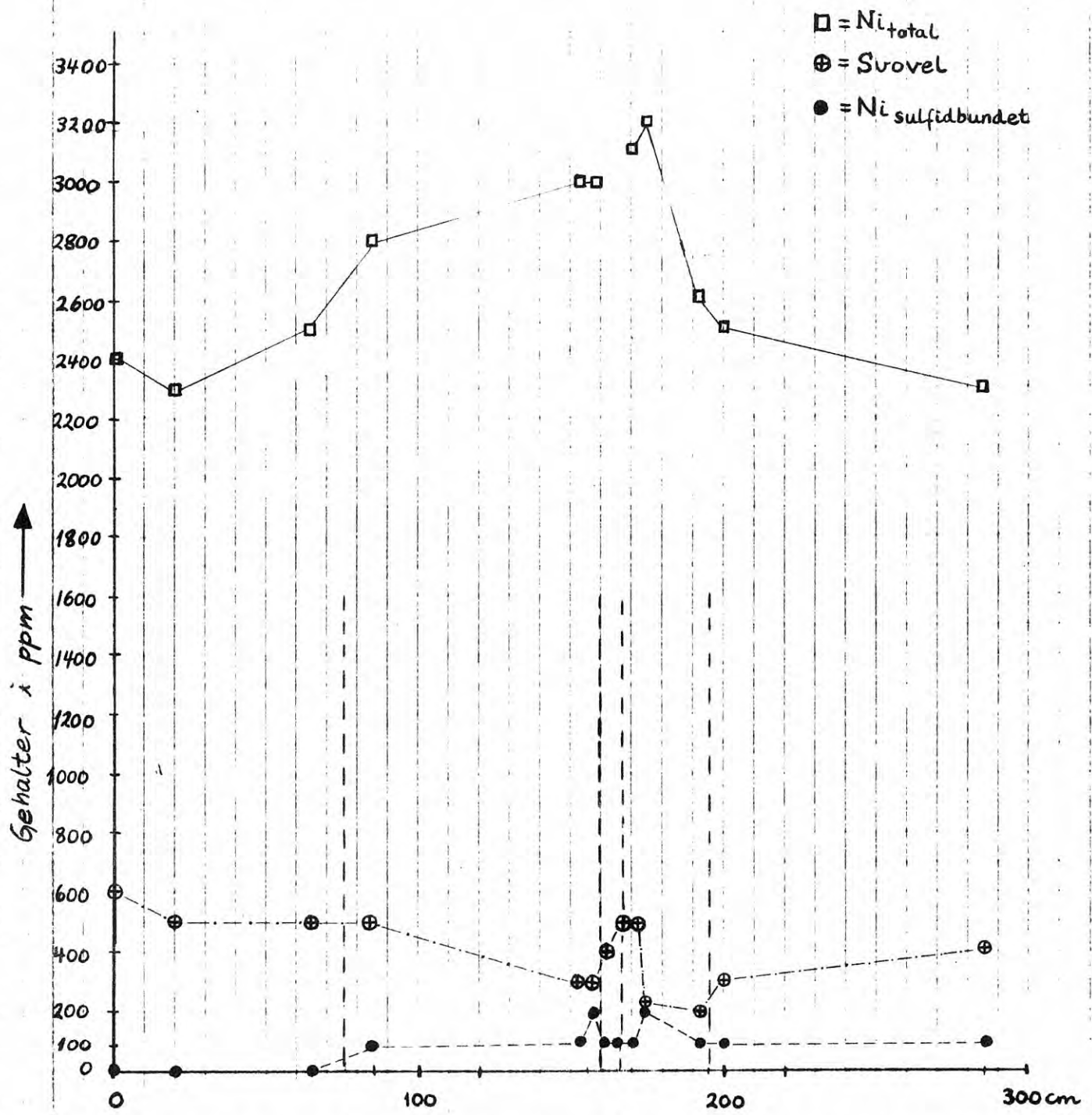
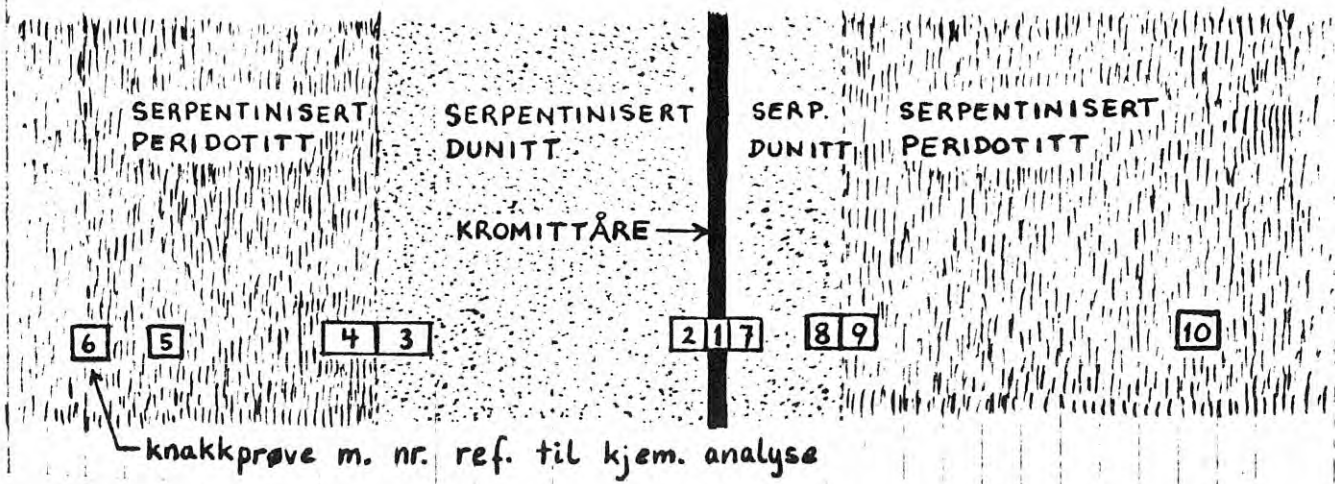
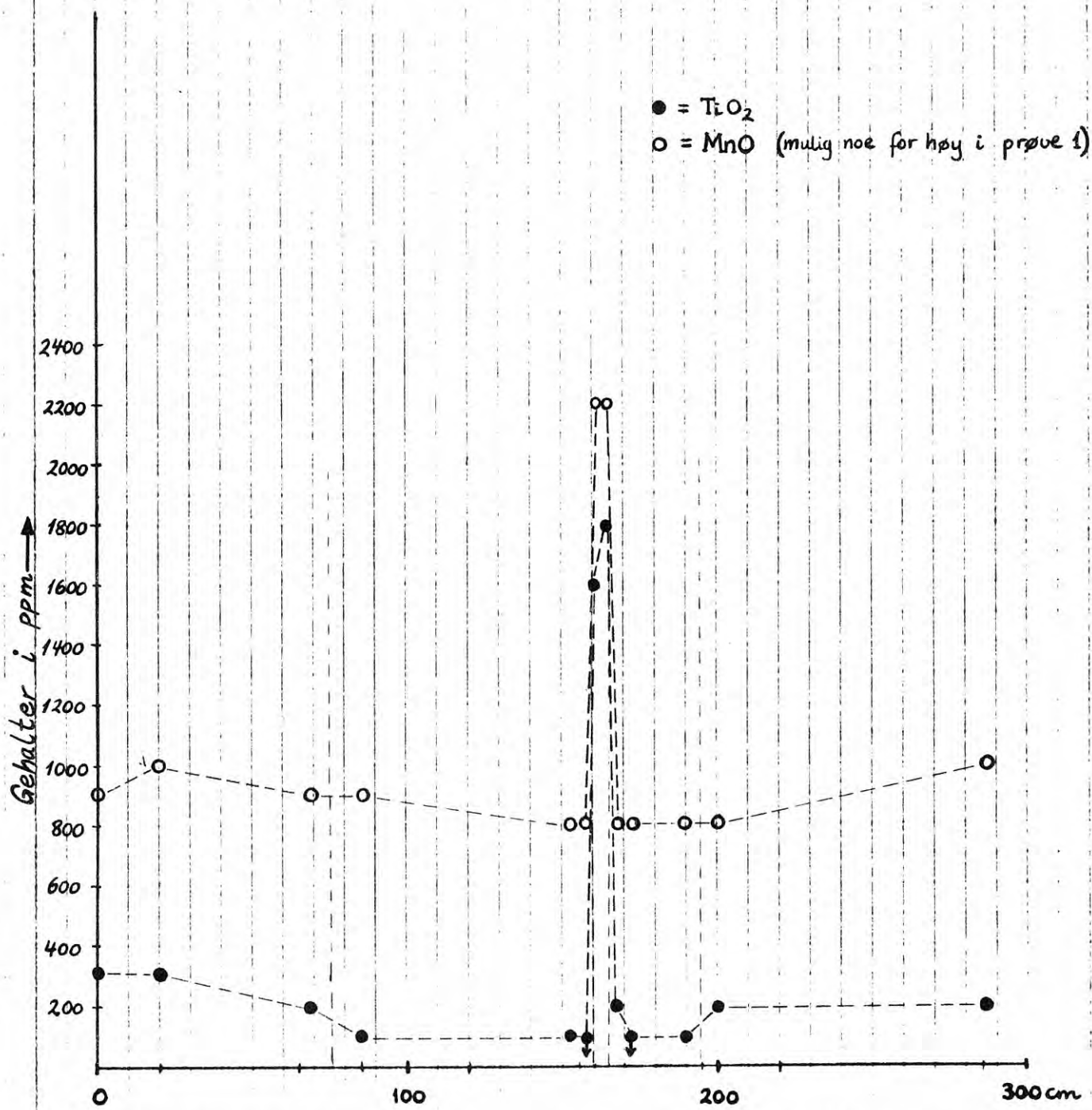
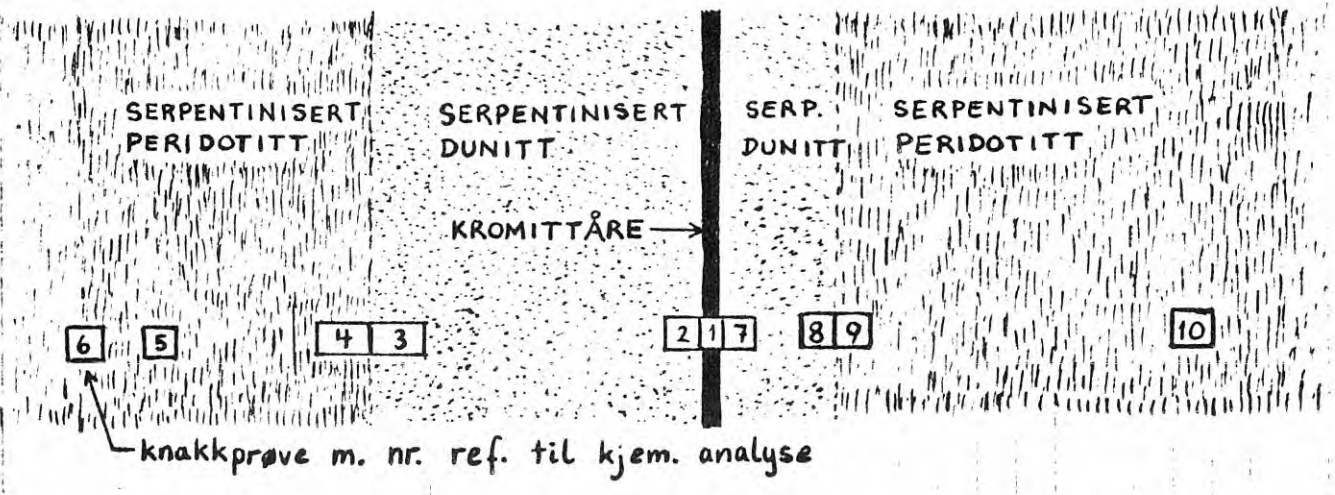
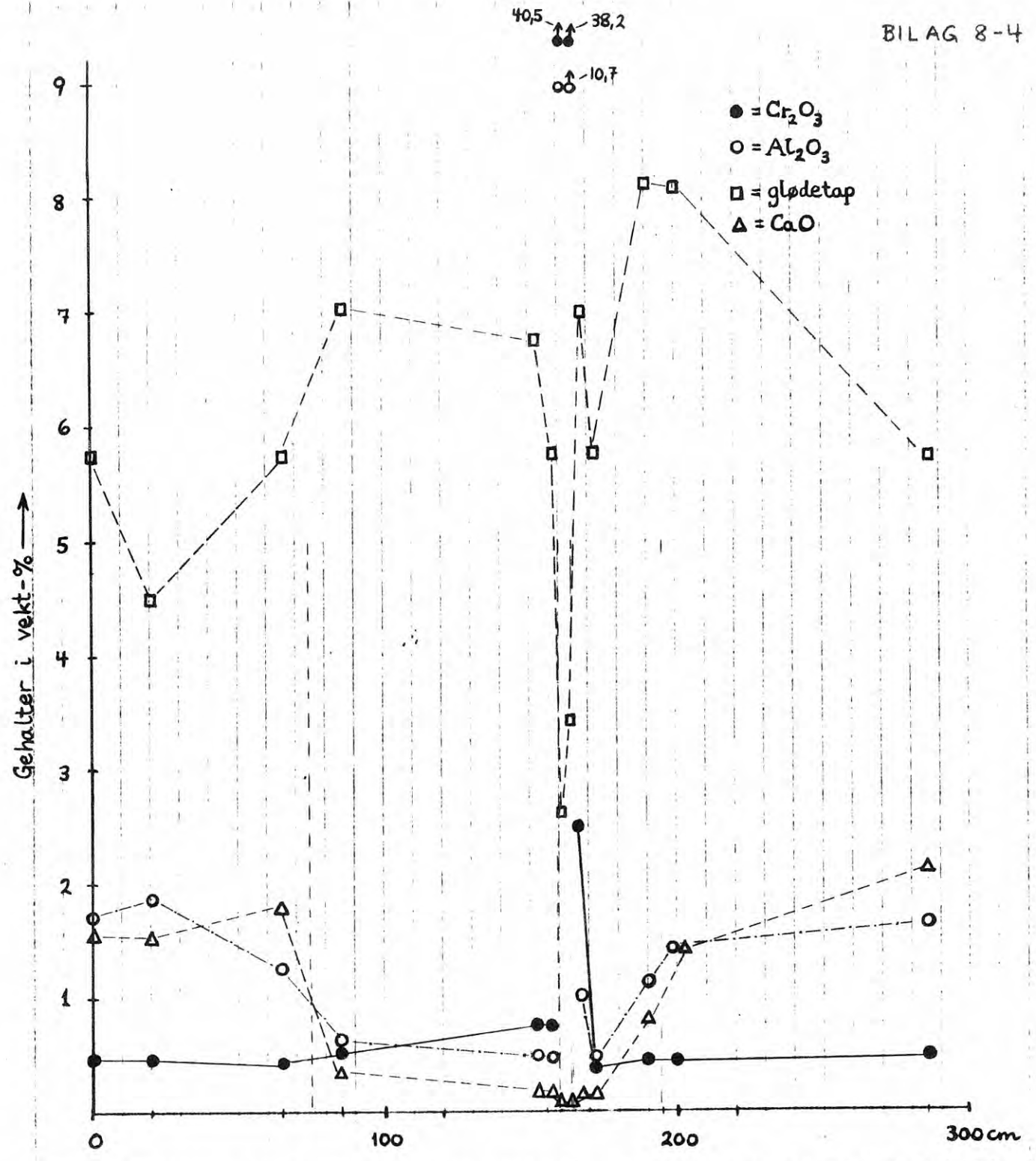


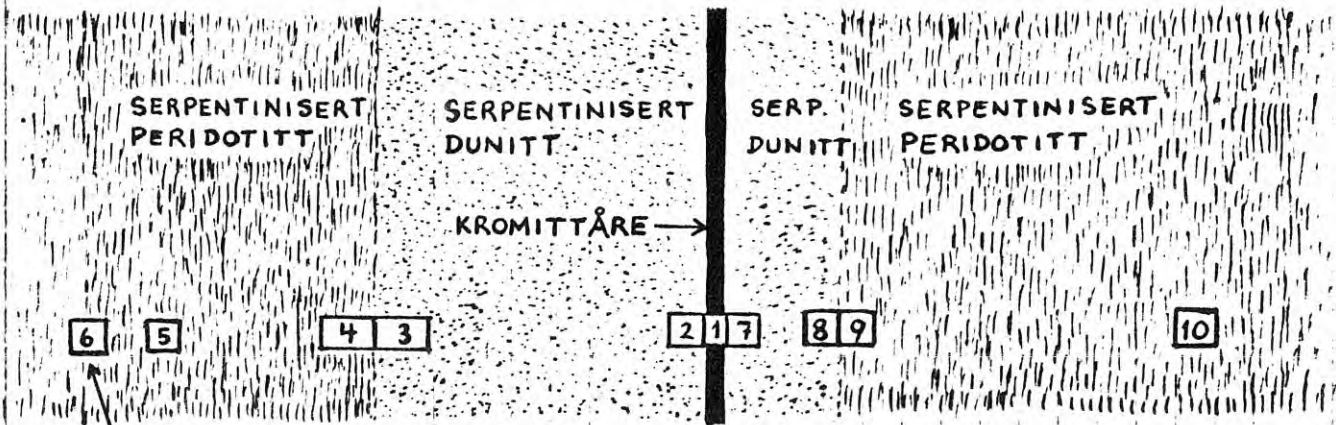
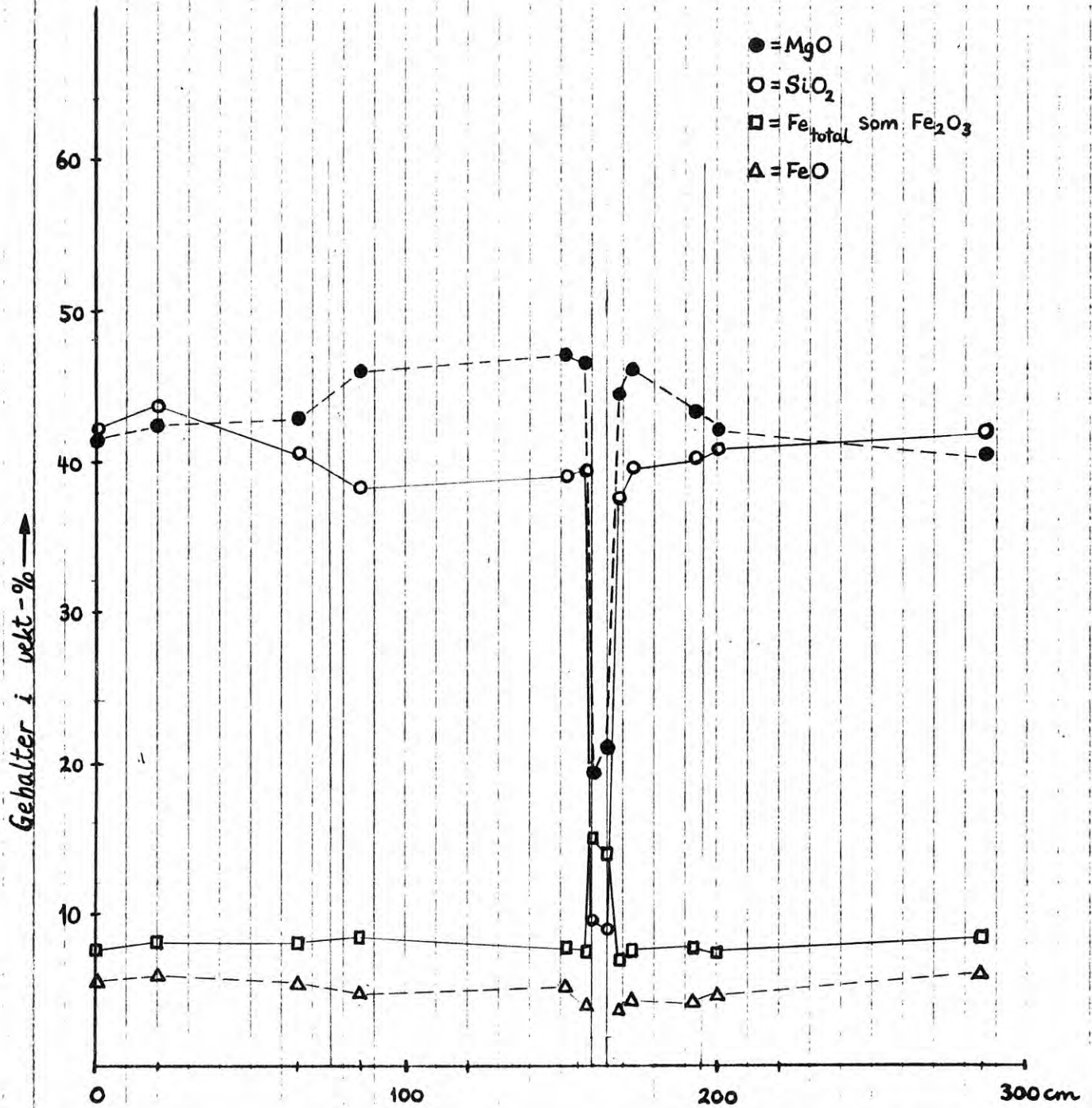
Foto av krommalmen med den magmatiske lagning ved lok. 40 Leighgruva.
(Bildet er tatt mot SÖ, mens figuren under er orientert motsatt vei.)



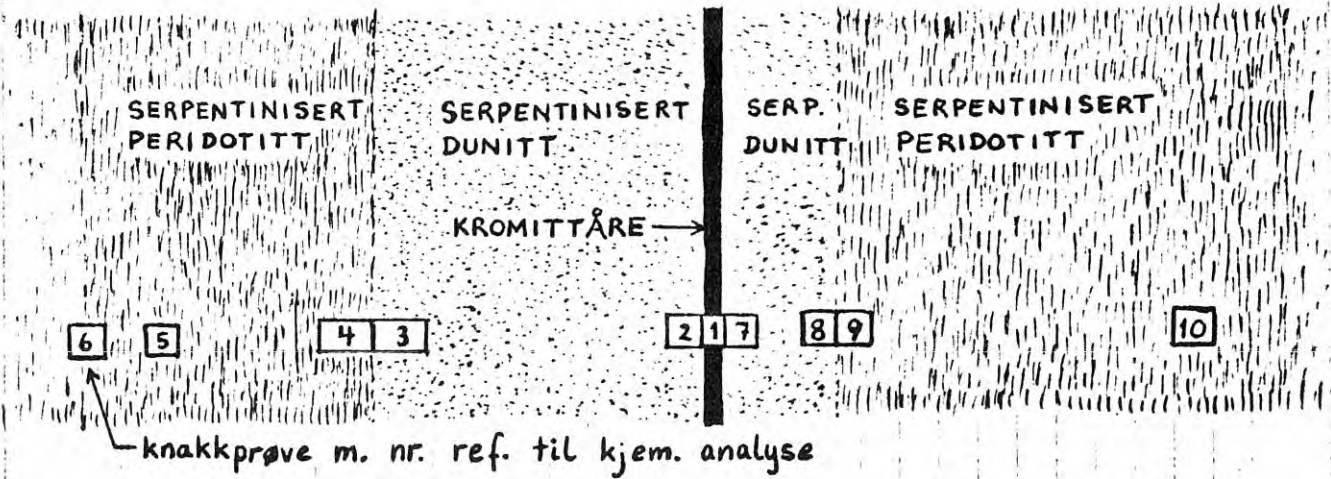
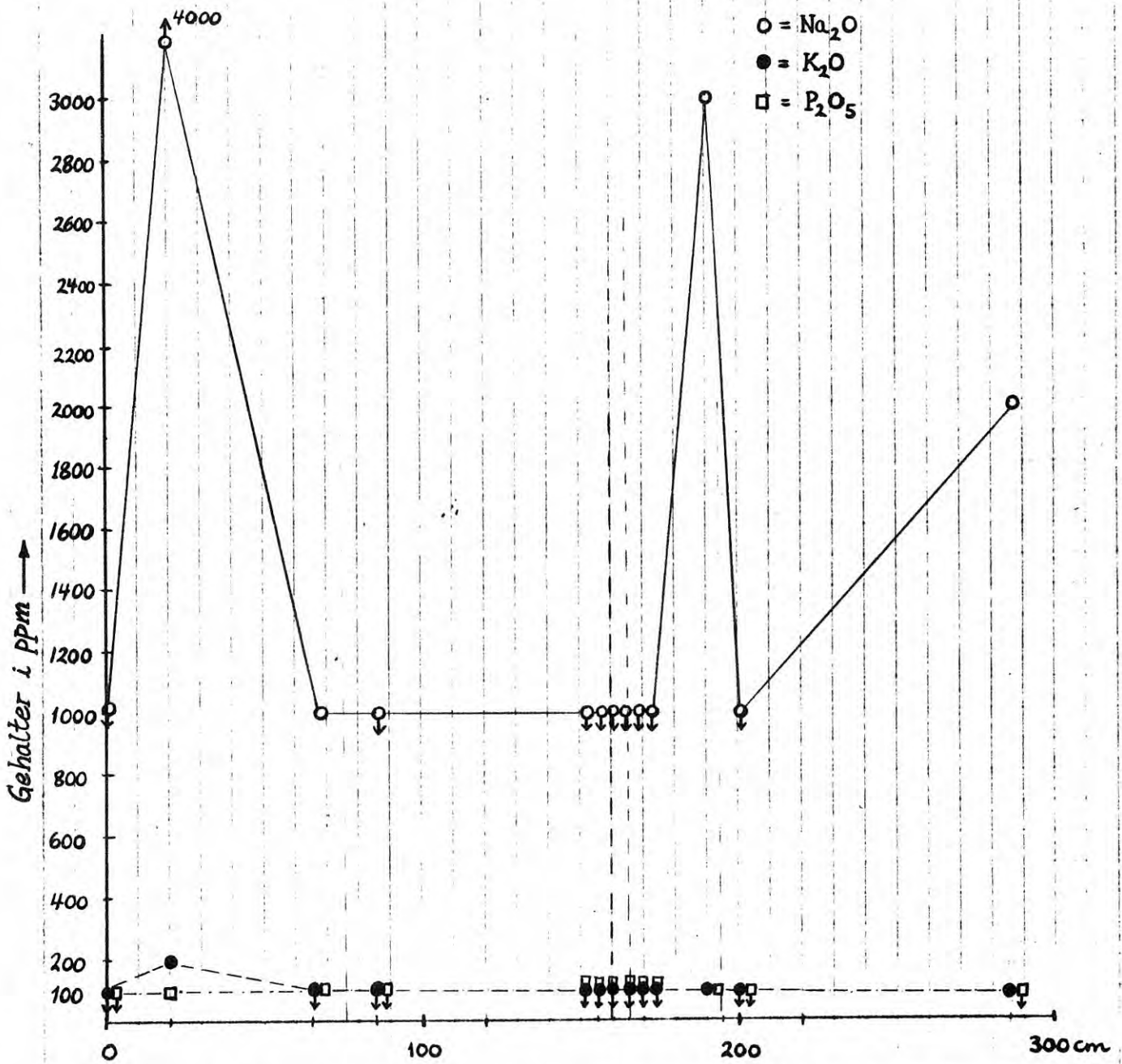








knakkprøve m. nr. ref. til kjem. analyse



BILAG 9 : TRADISJONELLE KVALITETSKRAV TIL KROMMALM OG KROMITTKONSENTRATER FOR DE FORSKJELLIGE ANVENDELSESOMRÅDENE, FRA VOKES (1974) OG RAICEVIC (1976).

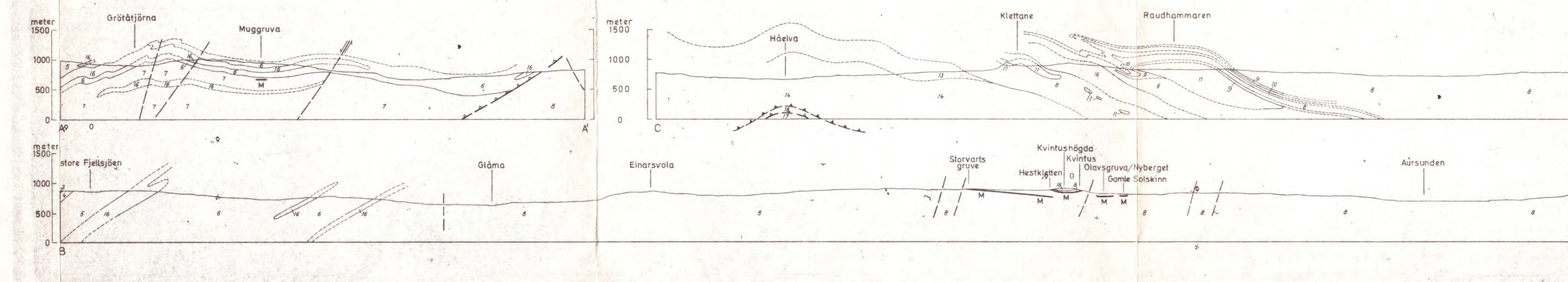
Metallurgiske krommalmer (Metallurgical grade)	Krommalm til ildfast stein (Refractory grade)	Krommalm til kjemisk industri (Chemical grade)	Krommalm til støpe- sand* (Foundry sand)
>48% Cr ₂ O ₃ (ev. >46%)	Omtrent 32% Cr ₂ O ₃ min. 30-31% Cr ₂ O ₃	Omtrent 45% Cr ₂ O ₃ vanligvis min. 44% Cr ₂ O ₃	<44% Cr ₂ O ₃
Cr/Fe >2,8 (ev. 3,0)	Omtrent 25% Al ₂ O ₃ min. 20% Al ₂ O ₃	<20% Fe (total)	<26% Fe ₂ O ₃
<3% SiO ₂ **		Cr/Fe ≈ 1,6/1	<4% SiO ₂
<25% MgO+Al ₂ O ₃ +CaO	<12% Fe (total)	<15% Al ₂ O ₃	<0,5% CaO
<0,1% P (ev. <0,07%)	<6% SiO ₂	<5% SiO ₂ **	Al ₂ O ₃ og MgO i balanse
<0,1% S (ev. <0,05%)			
Hard stykkmalm er foretrukket	Hard stykkmalm er foretrukket (5-30 cm). Min. størrrelse 2-3 mm, minst mulig fingods	Sprø, lettsmuldrende malmer foretrekkes	

* Spesifikasjoner ifølge The Steel Casting Research and Trade Association (SCRATA)

** Kravene er noe variable.



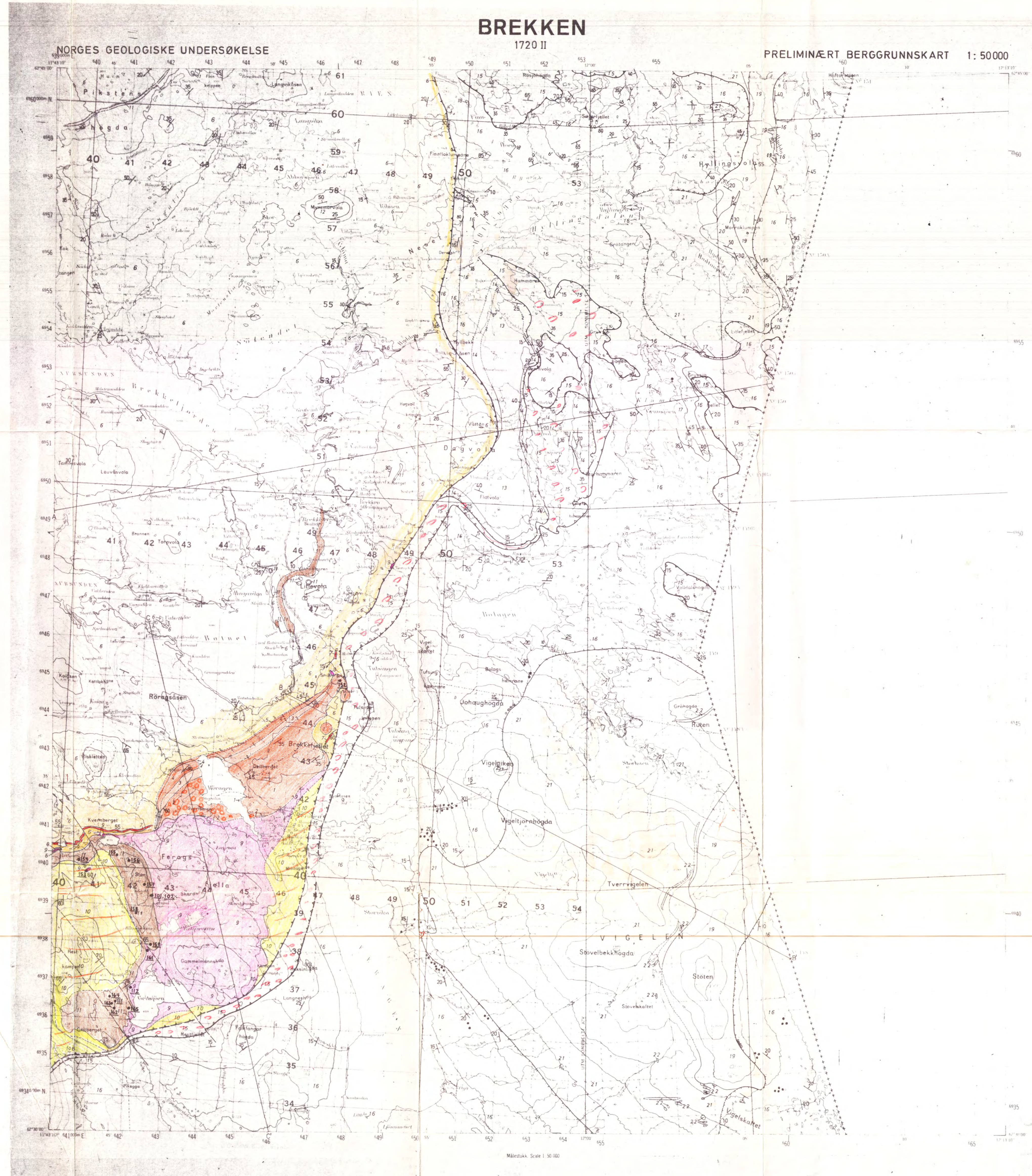
- TEGNFORKLARING**
- ALLOKTON (OVERSEKJØYNE) BERGARTER**
- TRONDHEIMSBKKT (KAMBRO-SILURISK ALDER)
- Dalabygdgruppen
- 1 Grå til svart, karboniferende fyllitt
 - 2 Grå til grønne skifre av overveidende vulkansk opprinnelse
 - 3 Grå til gråbrune skifre av overveidende sedimentær opprinnelse, stedsvis med porfyroblaster av hornblende
 - 4 Finhødet kvartskaratofyr
 - 5 Mørk grå til svart, karboniferende fyllitt
- Fjellejoformasjonen
- Aurundgruppen
- 6 Gråbrun kvarts-biotitt-fyllitt med grønne, hornblenderike og hvite, kvartserike lamina av vulkansk opprinnelse
 - 7 Grågrønne metagråvaker med lag av gråbrun kvarts-biotitt-fyllitt, stedsvis med granater. Porfyroblaster av hornblende er vanlige
- Raufoformasjonen
- Stugusjøformasjonen ("Rørosskifer")
- 8 Kalkholdige, grå og grågrønne fyllitter og metagråvaker. Porfyroblaster av hornblende (garnskifre) og granat er vanlige i nordvestre del
 - 9 Kvartsittkonglomerat
 - 10 Grønnskifer } assosiert med soner av svart, karboniferende skifer
 - 11 Lyse grå kvartsitt
 - 12 Serpentinit med kromitt
 - 13 Mylonittiserte/forvælsede skifre fra Stugusjøformasjonen og Humelfjellformasjonen
- Tynsetgruppen
- 14 Grå, feltspatisk kvartsitt med enkelte lag av svart skifer
 - 15 Grå, feltspatisk kvartsitt og grønne skifre i vekselag
 - 16 Metabasalt (garnstein)
- Humelfjellformasjonen
- Intrusive bergarter
- 17 Søssurittisert gabbro, overveidende middeltillgrovkornet
- AUTOKTON/PARAUTOKTON (STEDENE/NEI STEDENE) BERGARTER**
- Holmarkgruppen (senprekambrisk alder)
- 18 Olygmeis, lokalt kvarts-mikroklin-breksje. Antatt deformert i jaledonsk tid
 - 19 Grå meta-arkose
- STRUKTURER M.V.**
- Bergartsgrense
 - Uklar/overgangsomsig bergartsgrense
 - Sørlig usikker bergartsgrense (i sterkt overdøkkede områder)
 - Forkastning
 - Markert sprekkessone, mulig forkastning
 - Skyvegrense, med skyvning av regionalt omfang
 - Skyvegrense, med skyvning av lokalt omfang
 - Strek og fall for skifrihetplan og lagflate (10°, vertikalt, horisontalt)
 - Feldekke med angitt stupning (20°, horisontalt)
 - Forekomst av svovelkis/magnetkis, med kobberkis og sinkblende
 - Forekomst av kromitt
 - Steinbrudd (S=serpentinit, Sk=skifer)
 - Horisontalprojeksjon av større gruve/malmforekomst
 - Malmforekomst (i profilene)
- *100 Prøvetakingspunkt. Koordinatliste i Bilag 2. (prøvetatt av L.P. Nilsson, 1972)
- Geologisk kartlagt av I. J. Rui (1969-78) og B. Lieung (1967-72), med kartbidrag fra E. Rohr-Torp 1977. Det er også benyttet arkivmateriale fra A/S Røros Kobberverk.
- Feltarbeid av Lieung og Rui, samt sammenstilling, er utført for "Rørosprosjektet", Institutt for geologi, Universitetet i Oslo. Tilrettelagt av NTNF og gruveindustrien.
- Sammenstilt og revidert 1978 av I. J. Rui.



Referanse til dette kartet: RUI, I. J. 1979
RØROS, berggrunnsgeologisk kart 1720 III - M. 1:50 000
Føreløp utgave. Norges geologiske undersøkelse

1620	1720	1730
I	IV	I
1620	1720	1720
II	III	II
1619	1719	1719
I	IV	I

0 1 2 3 4 5 km



PRELIMINÆRT BERGGRUNNSKART 1:50000

TEGNFORKLARING

AUTOKTONER (STRØBEGNE) BERGARTER

- 1 Kårgengruppen (devonsk alder)
 - 2 Brekkfjellkonglomeratet (skiferkonglomerat)
 - 3 Svartbergkonglomeratet (serpentinkonglomerat)
 - 4 Leirskifer med underdevonske plantefossiler, siluritein og sandstein
 - 5 Storbøllet konglomerat
 - 6 Basalbrekke av kerosskifer
- } Lerbekkformasjonen

ALLOKTONER (OVERSEKJØVNE) BERGARTER

TRONDHEIMSDEKKET (KAMBRIO-SILURISK ALDER)

Sedimentære bergarter

- 7 Aursundgruppen
 - 8 Grågrønn fyllitt, stedvis med biotitt-porfyrroblaster
 - 9 Rødt kvartsitt
 - 10 Grønnskifer
 - 11 Serpentinitt
- } Stugusjøformasjonen ("Rerosskifer")

Mylonittiserte/forgnisete skifer fra Stugusjøformasjonen og Hummelfjellformasjonen

Tynsetgruppen

- 12 Grå, feltspatiske kvartsitter og grønne skifer i vassing
- } Hummelfjellformasjonen

Intrusive bergarter

- 13 Metagabbro
- 14 Lys kvartsdioritt

PARAUTOKTONER (NÆR STEDEGNE) BERGARTER

Sedimentære bergarter

- 15 Hedmarkgruppen (senprekambrisk alder)
 - 16 Kalkholdig skifer, fyllitt og grønnskifer
 - 17 Helleskifer (skifrig, grå meta-arkose)
 - 18 Byegneis (antatt mylonittisert og rekrytallisert arkose)
 - 19 Grå meta-arkose, stedvis sterkt forskifret og mylonittisert
 - 20 Blå og lys grå ortokvartsitt, stedvis med svart skifer
 - 21 Det samme, i spreute blottninger
 - 22 Kvartsittkonglomerat
- } Flatvåleformasjonen

Intrusive bergarter

- 23 Metadiabas, delvis porfyrisk

AUTOKTONER (STEDEGNE) BERGARTER

Grønnfjell (prekambrisk alder)

- 24 Porfyrisk rhyolitt (jotnisk alder)
- 25 Pinkornet skifer, antatt forskifret og mylonittisert rhyolitt
- 26 Granitt (subjotnisk alder)
- 27 Diabas (postjotnisk alder)

STRUKTURER M. V.

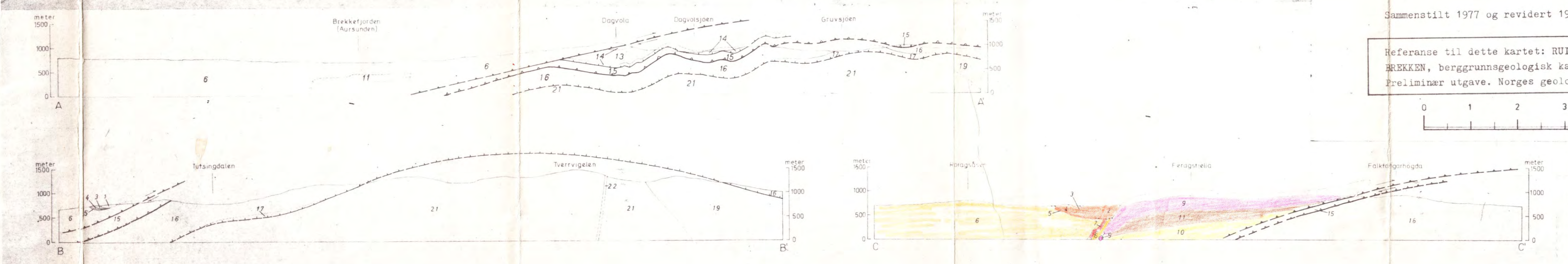
- Bergartsgrense
- Uklart/overgangsmessig bergartsgrense
- Uklart usikkert bergartsgrense (i sterkt øverskete områder)
- Forkastning
- Markert sprekesone, mulig forkastning
- Skyvegrense, med skyvning av regionalt omfang
- Skyvegrense, med skyvning av ukjent omfang
- Skyvegrense, med skyvning av lokalt omfang
- Skifrihetsplan med angitt fall (30°, vertikalt, horisontalt)
- Holdeakse med angitt stupning (10°, horisontal)
- Bosilfinneste
- Sulfidforekomst
- Kromittforekomst

*153 Prøvetakingspunkt. Koordinatene i Bilag #2 (prøvetatt av L.P.N./sson, 1978)

Geologisk kartlagt av I. J. Rui (1970-77), med kartbidrag fra M. B. Engenes (1975), T. L. Larsen (1974), H. R. Moe (1974), E. Rohr-Torp (1977) og H. Skauli (1975).
Feltarbeid 1970-76 og Rui 1977, samt sammenstilling, er utført for "Rerossprosjektet", Institutt for geologi, Universitetet i Oslo, finansiert av NTNF og gruvedindustrien.

Sammenstilt 1977 og revidert 1978 av I. J. Rui.

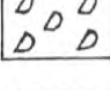
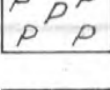
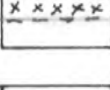
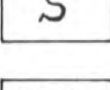
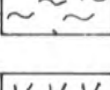
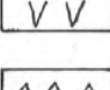
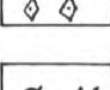
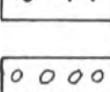
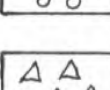
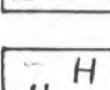
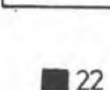





Referanse til dette kartet: RUI, I. J. 1979
BREKKEN, berggrunnsgeologisk kart 1720 II - M. 1:50 000
Preliminær utgave. Norges geologiske undersøkelse



1720	1720	1725
IV	I	IV
1720	1720	1725
III	II	III
1719	1719	1619
IV	I	IV

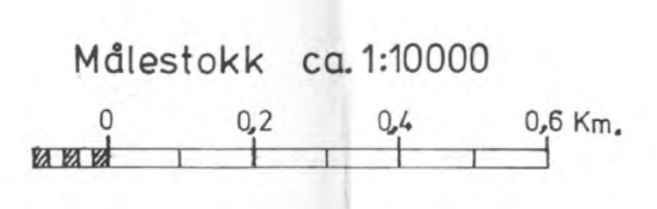


TEGNFORKLARING :

-  Dunitt
-  Peridotitt
-  Layered område
-  Serpentinitt
-  Skifer (Röros-skifer)
-  Sausurittgabbro
-  Öyegneis (Eokambrisk)
-  Serpentin + magnesitt
-  Devonsk serpentinkgl.
-  Talk + magnesitt
-  Hornblenditt (koord.: x=412 y=40,8)
-  Prøvetakingspunkt med nr.
-  Strøk/fall
-  Innsjø
-  Sikker grense
-  Antatt grense

GEOLOGISK KART
FERAGEN KROMITTFELT

KARTGRUNNLAG: Fotomosaikk konstruert ved NGU Geofysisk avd. 1968



KOORDINATER:
UTM SONE 32

Området Lergruva - Falkestien i nordfeltet og området Geitsjøen - Klump-tjern i sydfeltet er geologisk kartlagt av L.P. Nilsson i 1978.
Den øvrige del av området er geologisk kartlagt av I.Hultin med flere.

USB 1978 PRØVETAKINGSLOKALITETER I FERAGSFELTET FERAGEN RÖROS, SÖR-TRÖNDELAG	MÅLESTOKK Ca 1:10000	OBS. L.P.N. JULI - 78
	TEGN. L.P.N. TRAC. T.S. KFR.	MARS - 80
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1650/33A-03	KARTBLAD NR. 1720 II