



Norges Geologiske  
Undersökelse

Nr. 174

HÅFJELLSMULDEN I OFOTEN  
OG DENS SEDIMENTÆRE  
JERN-MANGAN-MALMER

SØNDRE OFOTENS MALMFOREKOMSTER II

AV

STEINAR FOSLIE

MED 7 KARTER I LOMME, 24 TEKSTFIGURER, OG PLANSJE VII—XII  
ENGLISH SUMMARY

— ( ) —

OSLO 1949

I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.

**NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 174**

---

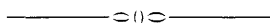
---

**HÅFJELLSMULDEN I OFOTEN  
OG DENS SEDIMENTÆRE  
JERN-MANGAN-MALMER**

SØNDRE OFOTENS MALMFOREKOMSTER II

AV  
**STEINAR FOSLIE**

MED 7 KARTER I LOMME, 24 TEKSTFIGURER, OG PLANSJE VII—XII  
ENGLISH SUMMARY



**OSLO 1949**

I KOMMISJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.



## Innhold.

	Side
Forord .....	5
Litteratur over jernmalmene .....	5
Sedimentære jernmalms dannelsesmåte .....	7
Sedimentære jernmalmer i fjellkjedens krystalline skifere .....	10
Oversikt over Ofotendistriktets jernmalmer .....	11
Jernmalmenes alder .....	12
Kilden for jerntilførselen .....	14
Oversikt over lagfølgen i Håfjellsmulden .....	16
Håfjell-distriktets petrografi .....	18
Kvarts-glimmerskifere .....	18
Kalk-glimmerskifere .....	20
Hornblendebergarter .....	25
Bituminøse skiferinnleiringer i kalkmarmor .....	27
Bergartsmineraler i malmleiene .....	29
Yngre kvartsårer .....	37
Ertsmineraler og malmtyper .....	39
Supergen dannelse av manganoksyder .....	46
Kjemisk-mineralogisk undersøkelse av en rik mangansilikatmalm .....	48
Magnetitt .....	49
Manganokalsitt .....	51
Spessartin .....	53
Dannemoritt .....	55
Pyroksmangitt (Sobralitt) .....	56
Struktur og paragenese .....	56
Sammenlikning med svenske forekomster .....	58
Råmalms sammensetning .....	61
Regional beskrivelse av Håfjellsmalmene .....	62
Historikk og rapporter .....	62
Bøfeltet .....	63
Malmleiet Klemstensberg-Størkhesjan .....	64
Malmleiene Hestviknes-Toppåsmo .....	65
Toppås-feltet .....	66
Underheia .....	68
Heia-Vassåsen .....	70
Oversikt over Bøfeltets geologiske bygning .....	71
Analyser .....	72

	Side
Østre Håfjells-felt .....	73
Jernhaugen .....	75
Barakkehaug-Fuglevannsfeltet .....	78
Holmvannsmalmen .....	80
Fjellgleberg og Jernhammeren .....	81
Håfjellstuvas malm .....	88
Malmleiene fra Skårnesdal til Aspmoen-Pundsvik .....	89
Sjåfjells jernmalforekomst .....	90
Geologi .....	90
Bergartenes og malmenes petrografi .....	92
Glimmer- og hornblendeskifere .....	92
Grüneritt-granat-skarn .....	94
Malmtypene .....	96
Sammenlikning med Håfjellet .....	101
Regional beskrivelse av Sjåfjell-forekomsten .....	103
Historikk, rapporter og kartlegging .....	103
Malmleiene .....	104
Analyser .....	106
Fortsettelsen av Sjåfjellets jernmalhorisont .....	110
Mot Melkedalen og Tjeldmarken .....	110
Mot Ballangen og Narvik .....	112
Mulighetene for utnyttelse av malmene .....	114
De rene jernmalmer .....	114
Manganholdige jernmalmer og mangansilikat-skarn .....	116
Anrikningsmuligheter for manganet .....	116
Anvendelsesmuligheter for manganet .....	119
Summary. The Håfjell syncline in Ofoten and its sedimentary iron- manganese ores .....	121

**D**et geologiske kart over *Håffellsmulden*, som ledsager denne avhandling, omfatter det sterkest mineraliserte område sør for Ofotfjorden.

For å få en samlet og mer detaljert fremstilling av dette ble det trykt i 1:50000, eller det dobbelte av den vanlige målestokk.

Den sørlige halvdel faller innenfor det geologiske kartblad Tysfjord, som ble utgitt 1941, den nordlige halvdel faller innenfor kartbladet Ofoten, som ennå ikke er utgitt.

Kartet er også ment som et nøkkelkart over de mange spesialarter i stor målestokk, som jeg har opptatt over forekomster i dette distrikt.

Det hører derfor ikke bare til denne avhandling, men til alle i serien „Søndre Ofotens malmbforekomster“.

Spesialkartene over de enkelte malmfelter er utført av forfatteren, som regel også for det topografiske grunnlags vedkommende.

De optiske spektrogrammer er opptatt av Dr. Ivar Oftedal.

De fleste kjemiske analyser er utført av Fru Martha Klüver.

Mikrofotografier og landskapsbilleder er tatt av forfatteren, de 5 stoff-fotografier er utført av fotograf O. Væring.

### **Litteratur over jernmalmen.**

Den trykte litteratur om de sedimentære jernmalmer i Nord-Norges glimmerskiferformasjon har vært ytterst knapp, så vel i geologisk som i teknisk henseende.

Innressen for disse forekomster begynte i 1874 med Næverhaugens jernmalmfelt i Salten. Senere fulgte i 90-årene feltene i Dunderlandsdalen i Rana og Elsfjord i Vefsn, og først etter århundredeskiftet fulgte feltene i Ofoten og nordenforliggende områder.

En oversikt over alle disse felter finner vi i:

*I. H. L. Vogt: Norges jernmalforekomster. Norges Geol. Unders. nr. 51, 1910.*

Her gir han også en oversikt over den eldre litteratur. I tillegg til denne skal jeg her anføre noen eldre publikasjoner, som har vært meget lite kjent:

*Dr. A. W. Steltzner: Das Eisenerzfeld von Naeverhaugen. Trykt som manuskript Berlin 1891. Der er en fortegnelse over eldre litteratur fra dette felt, 1875—1890.*

*Jeremiah Head: Scandinavia as a Source of Iron-ore Supply. Journ.*

*of the Iron and Steel Institute, XLV, London 1894, p. 47.*

*H. T. Newbigin: Siliceous Iron-ores of Northern Norway. Transact. of The Federated Inst. of Mining Engineers. London and Newcastle, 1898.*

Det omhandler forekomstene Elsfjord, Mosjøen, Tomø, Dønnesø, Næverhaugen og Dunderland, med tallrike totalanalyser.

*Gerhard Nicolai: Die norwegischen Eisenerze. Z. f. p. G. 1914, p. 49—83. Det behandler Dunderland, Bogen, Salangen, Sørreisa og Tromsøund, med omfattende litteraturfortegnelse. Her er denne malmtypen for første gang behandlet petrografisk.*

Den eneste moderne publikasjon over denne malmtypen er det nettopp utkomne, utmerkete arbeid:

*Jens A. W. Bugge: Rana gruber. Norges Geol. Unders. nr. 171, 1948.*

De i nærværende publikasjon behandlede forekomster i Håfjell og Sjøfjell har ikke tidligere vært omtalt av andre enn av I. H. L. Vogt. Foruten en kortfattet oversikt i hans ovennevnte publikasjon av 1910 omtaler han dem ganske kort i:

*I. H. L. Vogt: Det nordlige Norges malforekomster og bergverksdrift. II norske landsmøte for teknikk, 1902, p. 15 og 31—33.*

*I. H. L. Vogt: Die regionalmetamorphen Eisenerzlager im nördlichen Norwegen. Z. f. p. G. 1903, p. 64—65.*

Forfatteren har gitt foreløpige meddelelser om disse malmer i et foredrag i Norsk Geologisk Forening i februar 1948 og i publikasjonen:

*Steinar Fostlie: Mangansilikat-malmer i Ofoten. Tidsskr. f. Kjemi Bergv. og Metallurgi. 10 (1948), p. 160—63.*

## Sedimentære jernmalms dannelsesmåte.

Av jordens aktuelle jernmalmreserver er minst <sup>3</sup>/<sub>4</sub> og sannsynligvis atskillig mer, opprinnelig sedimentære dannelser.

Da jernet er det eneste tungmetall som utgjør en betydelig del av litosfæren, nemlig omkring 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, krever det en langt mindre anrikningsgrad enn andre for å danne en brukbar malm. Ved de kolossale forvittrings-, erosjons- og denudasjonsprosesser som har foregått gjennom jordens historie, er det en selvfølge at svære mengder jern har vært frigjort. Om de vanlige sedimenter, som er resultatet av disse prosesser, vet vi at leirer og skifere holder omtrent samme jernmengde som midlet av de eruptiver, hvorav de er dannet. Andre utbredte sedimenter, særlig sandstener og karbonatbergarter, holder langt mindre. Havet er jernfritt.

Vi får derfor et overskudd av disponibelt jern, og når sedimentære jernmalmer ikke er mere utbredt enn de er, kommer det av at det kreves visse optimale forutsetninger for deres dannelse.

Det kreves en intens forvitring, samt muligheter for en såvidt sterk konsentrasjon av det frigjorte jern, at det kan kalles en malmbforekomst. Dette er forutsetninger som først og fremst har med det herskende klima og relieffet å gjøre.

Et overblikk over de mere betydelige forekomster av sedimentære jernmalmer viser, at det er visse begrensede perioder i jordens historie, da disse optimale forutsetninger i særlig grad har vært tilstede. Dette er først og fremst *prekambrium* (som fører mere av disse malmer enn alle andre perioder tilsammen), *kambro-silur*, *karbon* og *jura*. De mellomliggende perioder er for en stor del utpreget fattige på sedimentære jernmalmer.

Det som først og fremst faller i øynene er, at disse „jernperioder“ ikke faller sammen med de store orogene perioder, men nokså konsekvent synes å falle kort før de store fjellkjedefoldingers begynnelse.<sup>1</sup> Dette representerer de perioder, da relieffet må antas å ha vært lavest, da forvitring og utlutning hadde et forsprang for erosjonen, da kjemisk-biologisk sedimentasjon var betydelig i forhold til den mekaniske.

---

<sup>1</sup> Se bl. a. E. H. Krancks utmerkete oversikt: Om orsakerna til järnmalmernas regionala fördelning på jordklotet. „Terra“ 48, 1. Helsingfors 1936.

Dette er altså den gunstigste tid for dannelsen av ekte og kolloidale jernoppløsninger og deres gjenutfelling ad kjemisk eller biologisk vei.

Helt annerledes blir forholdene etter en fjellkjedefolding. På grunn av høyt relieff arbeider erosjonen raskere enn forvitringen, og vi kan vanskelig tenke oss annen anrikning enn den rent mekaniske, av frigjorte jernertsminerale, som ifølge sakens natur bare kan få en ytterst begrenset og lokal utbredelse.

Vi må altså ha klart for oss, at det er de førstnevnte prosesser som er hovedkilden for jordens jernmalmforekomster.

Om selve forløpet av disse prosesser har det vært delte meninger og det foreligger en omfattende litteratur.<sup>1</sup> Etter nyere undersøkelser er nemlig det åpne hav den mest jernfri substans, som finnes på jorden, jernfattigere enn den reneste krystallkvarts. Hovedproblemet er derfor hverken oppløsningen av jernet eller utfellingen av det, men den omstendighet at det har kunnet spre seg over så store arealer før det ble utfelt.

For en substans som kalkkarbonat, som i kolossale mengder finnes i marine avleiringer, er oppløsning og utfelling bestemt av et par forholdsvis enkle faktorer: vannets kullsyreinnhold, temperatur og trykk.

For jernet er saken langt mere komplisert på grunn av dets to oksydasjonsstadier. Ferri-forbindelsene er praktisk talt uoppløselige unntaken i sterkt surt vann, og ved en pH på 7 eller mere faller ferrihydroksydene praktisk talt momentant ut. Ferro-forbindelsene er ganske visst oppløselige, men meget ustabile. Allerede en ubetydelighet av fritt surstoff er tilstrekkelig til å oksydere og utfelle dem. Derimot virker organiske humussyrer sterkt inn på redox-potensialet og stabiliserer jernkolloidene.

Så lenge vi her taler om marine avleiringer må vi imidlertid være oppmerksom på, at alle disse faktorer er ugunstige i det åpne hav, som alltid har pH over 7 og alltid fører fritt surstoff, så man skulle vente en meget rask utfelling av alle tilførte jernforbindelser.

---

<sup>1</sup> En oversikt over de siste resultater foreligger i samlearbeidet: „Die Entstehung deutscher Eisenerzlagertstätten.“ Archiv für Lagerstättenforschung, Heft 75, 1942.

Et godt eksempel på problemene gir J. W. Gruners kjente beregning (1922) fra Amazonfloden. Han finner at denne flod hvert år fører så store jernmengder tilhavs, at det innen en rimelig tidsfrist ville gi materiale nok for jordens betydeligste jernforekomster. Siden har imidlertid „Meteor“-ekspedisjonen gjort tallrike analyser av havbunn-sedimentene utenfor, inntil 1500 km tilhavs og til over 4000 m dyp. De viser at disse sedimenter så langt fra er jernrikere, men tvert imot betydelig jernfattigere, enn avleiringene ellers i Atlanterhavet. Flodens virkning har altså først og fremst vært å akkumulere jernfattigt transportmateriale.

Man er derfor etterhånden kommet til det resultat at jernsedimentene ikke er avsatt i det helt åpne hav, men på relativt grunt vann i mer eller mindre lukkede havbekkener, en antakelse som også kan være i overensstemmelse med det relativt lave relieff, som vi har antatt på denne tid. Her blir det muligheter for en større konsentrasjon av de tilførte jernforbindelser og større variasjoner i de ovenfor omtalte faktorer.

Hertil kommer at f. eks. de regelmessig kvartsrandete malmer, som nu alminnelig ansees dannet ved rytmisk, parvis utfelling, først av ferri-hydroksyd, så av utfnokket kolloidal kiselsyre, forutsetter rolige sedimentasjonsforhold. De kan neppe tenkes dannet i det åpne hav, hvor der som regel vil finnes dyptgående havstrømmer.

På den annen side forutsetter dannelsen av oolitiske jernmalmer såpass grunt vann, at virkningen av bølgebevegelsen når tilbunns. I umetamorfe områder er det undertiden påvist, at jernsedimentene er avsatt under transgresjoner av havet, og står i et visst forhold til kystlinjen.

De jernforbindelser som det blir spørsmål om for den primære utfelling er for ferri-jern bare hydroksydet, for ferro-jern karbonat eller silikat.

I henhold til Mason<sup>1</sup> er Fe<sup>2+</sup>-forbindelser forholdsvis stabilere i sure oppløsninger, men i det alkaliske havvann er det bare et meget lavt oksydasjonspotensial, som ville kunne holde dem stabile. Mangan er mere stabilt enn jernet i oksydul-

---

<sup>1</sup> Brian Mason: Oxidation and reduction in geochemistry. Journ. of Geol. 57 (1949), p. 62.

stadiet, idet jern oksyderes fullstendig til  $Fe^{+++}$  før oksydasjonen av mangan begynner. Mangan vil derfor lettere enn jernet kunne utfelles i oksydulform, fortrinnsvis som karbonat.

Jeg skal ikke her komme nærmere inn på spørsmålet om jernets opprinnelige utfellingsform. For det første har saken vært forholdsvis inngående behandlet i Jens Bugges siste publikasjon<sup>1</sup>, for det annet er det åpenbart at disse spørsmål løses lettere i områder, som er mindre sterkt metamorfe, enn tilfellet er her.

## **Sedimentære jernmalmer i fjellkjedens krystalline skifere.**

Jernmalmer av denne karakteristiske type er påvist fra de sørligste deler av Vefsn-dalføret, nær grensen mot Nordtrøndelag, og nordover iallfall til Tromsøsund, altså over en lengde i fjellkjedens retning av 550 km. Deres største kjente utbredelse i øst-vestlig retning er maksimalt 90 km, som regel betydelig mindre. Videre sørover i Trondheimsfeltet og i de østlige deler av fjellkjeden er de ikke påvist.

Dette synes å henge sammen med at de er knyttet til fjellkjedeforماسjonenes såkalte vestlige utvikling, som antas å gå i havet mot sørvest i Trøndelag. I forhold til den østlige er denne karakterisert ved betydelig større sedimentmektigheter, en dominerende andel av karbonatbergarter og så vidt vites ved fravær av de basiske lavaer, som er så karakteristiske i sør og øst. Jernmalmene synes altså å være knyttet til et geosynklinalt sedimentasjonsbekken.

Den sørligste og største del av dette område er så sterkt foldet, at det hittil har vært vanskelig å etablere noen stratigrafisk forbindelse mellom de forskjellige forekomster, eller sikkert bestemme deres plass i lagrekken.

---

<sup>1</sup> Jens A. W. Bugge: Rana gruber. Norges Geol. Unders. 171 (1948). Manganet vil følge jernet så vel under utlutningen som under transporten. Først ved utfellingen vil der finne en separasjon sted.

### Oversikt over Ofotendistriktets jernmalmer.

Først når man kommer opp til Ofoten får man mere regelmessige lagpakker i det såkalte Ofotebekken, som avsluttes mot sør i den vakre Håffjellsmulde og som er fremstilt på det medfølgende geologiske kart. Her har det derfor vært mulig å følge de jernmalmførende horisonter og bestemme deres innbyrdes plass i lagrekken. Her kommer også manganførende lag inn, hva som ikke er tilfellet ved de fleste andre forekomster.

Dette forholdsvis regelmessige bekken (eller synklinorium) har for jernmalmenes vedkommende en lengde i fjellkjedens retning av vel 100 km (fra Håffjell til Sørreisafeltet) og en bredde av over 30 km, som utbrettet i plan vil bli ca. 40 km. Rundt den overveiende del av periferien finner man det utgående av mer eller mindre utviklede jernmalmhorisonter, så det er ingen grunn til å tvile på, at de på tilsvarende måte vil være tilstede også i bekkens sentrale deler. Det representerer altså et for en marin jernmalmsedimentasjon meget respektabelt areal.

Denne publikasjon behandler bare malmene på sørsiden av Ofotfjorden, men på oversiktskartet, fig. 1, er også framstilt deres nærmeste fortsettelse nordover.

Av særlig interesse er det å konstatere, at jernmalmene i Ofoten faller i to vidt atskilte horisonter. Den laveste av dem, som jeg kaller *Sjåffjellshorizonten*, opptrer i den undre lagpakke hvor glimmerskifere dominerer, og kan som et enkelt jernmalmiag følges fra Tjeldmarken over Sjåffjell, Ballangen, Narvik, Herjangsfjord og antakelig videre nordover.

Den øverste gruppe av jernmalmer, som jeg kaller *Håffjellshorizontene*, og som består av minst to nærliggende horisonter, opptrer i den øvre lagpakke, hvor karbonatbergarter (marmor) dominerer. De danner en stor bue rundt Håffjellstuva, og er fra fjord til fjord fulgt 18 km. Den vestre fløy fortsetter på nordsiden av fjorden over Sommervik-Osmark, den østre fløy langs Veggfjellet og meget langt videre.

Lagpakken mellom de to hovedhorisonter er meget mektig, nemlig i Ballangendistriktet henimot 3000 m, men begynner å avta nord for Herjangfjorden.

Mellom dem opptrer også distriktets eneste konglomerat, Elveneskonglomeratet, i basis av den kalkrike serie. Det er

helt konkordant, men danner allikevel et skille mellom mer eller mindre granitt-gjennemsatte skifere i liggen og helt granitt-frie formasjoner i hengen.

Skjønt begge jernmalms horisonter utvilsomt er typiske representanter for den her omhandlede malmgruppe, er det allikevel en viss forskjell mellom dem. Malmene i Sjøfjelllets horisont fører bare magnetitt, er meget rike på fosfor, men praktisk talt frie for mangan. I Håfjellshorisontene er jernglans overveiende, fosforinnholdet er middels og de ledsages av manganrike lag. At denne forskjell ikke bare er lokal fremgår av, at statsgeolog *Arth. O. Poulsen* har fulgt disse manganførende lag meget langt på nordsiden av Ofotfjorden.

### Jermalmenes alder.

Selv om jernalmenes plass i denne lagrekke her er entydig bestemt, er dermed ikke deres alder gitt. Riktignok har lagrekken vært regnet til kambrosilur av så vidt jeg vet alle norske geologer, som har arbeidet der, og uavhengig av spørsmålet om bunngranittenes alder, men noe avgjørende bevis har man ennå ikke. Saken er jo den at fossilfunnene i de metamorfe fjellformasjoner, fra Trondheimsfeltet i sør til langt opp i Norrbotten i nord, alle hører til den østlige utvikling, hvor metamorfosen gjennomgående er svakere. De representerer ordovicisk-siluriske lag. Imidlertid har man ennå ingen sikker korrelasjon mellom østlig og vestlig utvikling, og de forsøk som hittil har vært gjort er bare sannsynlighets-slutninger. Vi vet ikke engang sikkert hvilken vestlig horisont de utbredte spilitt-lavaer i øst ville svare til, men den fremadskridende kartlegging vil nok snart løse disse spørsmål.

Imidlertid har Asklund<sup>1</sup> nylig gitt uttrykk for det håp, at denne vestlige lagrekke før eller senere vil bli omvurdert til prekambrisk alder, uten at det fremgår tydelig hvorvidt dette skulle gjelde hele lagrekken eller bare en del av den. Han henviser til Th. Vogts påvisning av botniske skifere i Rømbak-vinduet og Zenzéns studier av raipas i Kåfjord.

---

<sup>1</sup> Bror Asklund: En återblick på den svenska fjällkedjeforskningen. Geol. Fören. Förh. 68 (1946), p. 245.

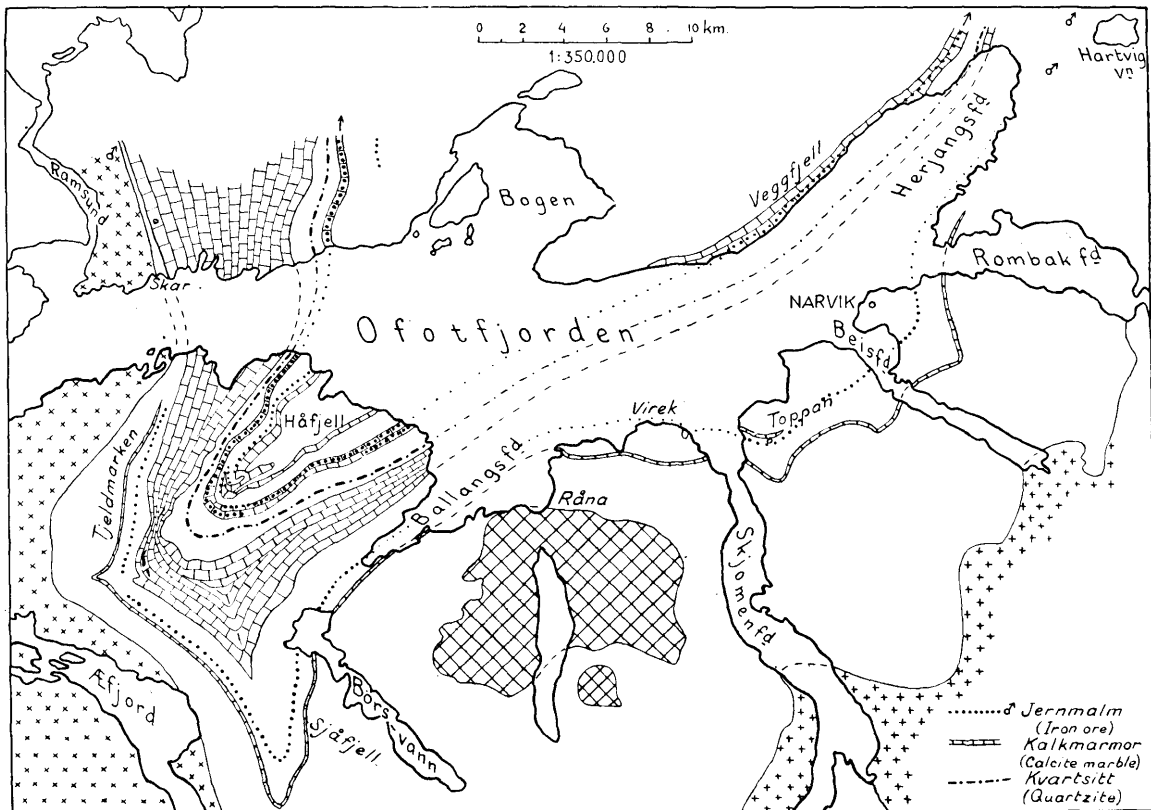


Fig. 1. Oversiktskart over jernmalms- og bergartshorisonter i Ofoten. I vest Tysfjordgranitt, i øst Skjomegranitt, i midten Råna noritt.  
Horizons of iron ores and other sedimentary rocks.

Disse to felter har imidlertid både petrografisk og strukturelt svært liten likhet med den lagserie det her er tale om. Videre har først kartleggingen i Ofoendistriktet gitt det rette inntrykk av, hvilke svære mektigheter og hvilken regelmessig lagbygning det her dreier seg om. Den ubetydelige andel av grovere klastisk materiale, de svære kalkmasser og den fullstendige mangel på granittisk materiale i store deler av lagrekken kan også, sett underrett, karakteriseres som helt fremmed for kjente prekambriske formasjoner.

Skulle man på den annen side tenke seg lagserien oppdelt i to grupper av helt forskjellig alder, måtte skillet nærmest trekkes ved Elvenes-konglomeratet ved overgrensen av det granittinjiserede område. Her kommer som motbevis inn før nevnte omstendighet, at hver av disse grupper fører sin jernmalmhorisont. Disse er såpass analoge og løper parallelt over så lange strekninger, at man ikke kan tenke seg den ene som prekambrisk, den annen som palæozoisk.

Videre finner vi i Sjøfjell, et godt stykke under Melkedalskalken, den øverste representant for de tallrike små serpentinkupper, som er så karakteristiske for fjellkjedens undre lagserier, også i deres østlige utvikling.

Når jeg derfor ved denne anledning ser bort fra de aller underste mikroklingneisførende lag, som ligger under Gunnar Kautskis sevedekke, og som utgjør en helt forsvinnende del av den hele mektighet, er det derfor fremdeles grunn til å anse hele denne lagrekke og dermed jernmalmenes for kambrosiluriske.

#### **Kilden for jerntilførselen.**

Som jeg ovenfor har gjort rede for, er det ordinær forvitring på landjorden, som er hovedkilden for de marine jernsedimenter. Imidlertid har det for en rekke slike forekomster også vært hevdet, at havet kan tilføres jernholdige oppløsninger direkte i forbindelse med eruptiv virksomhet, og da fortrinnsvis undersjøiske lavautbrudd. Da vår fjellkjede fører rikelig av denslags spilittiske lavaer er det all grunn til å granske denne mulighet, men vi har få holdepunkter så lenge jernmalmenes og lavaenes innbyrdes stratigrafiske posisjon ikke er bragt på det rene.

Imidlertid er det hittil ikke påvist bergarter nær jernmalmene, som kan tydes som opprinnelig basiske lavaer, og i de østlige og sørlige områder av fjellkjeden hvor disse lavaer opptrer rikelig, har man hittil ikke funnet tegn til sedimentære jernmalmer av den her omtalte type. Man kjenner bare smale blåkvarts- og jaspislag i lavaene, karakterisert ved en ganske ubetydelig impregnasjon av henholdsvis magnetitt og jernglans, samt sparsomme magnetittmalmer i forbindelse med en del sedimentære kisleforekomster av leksdalstypen.

Det er derfor ikke tegn til at lavaene har hatt noe med jerntilførselen i våre områder å gjøre.

Imidlertid er det også vanskelig å oppgjøre seg noen mening om det fastland, som jernopløsningene i så fall måtte være kommet fra.

Jernmalmhorisontene opptrer jo nokså uformidlet midt inne i mektige og tilsynelatende konkordante lagrekker. Det kan ikke innenfor det her behandlede område påvises noen påfallende faciesforandring øst-vest i denne lagpakke, heller ikke er det noen særpreget sedimentær facies som karakteriserer jernmalmens nærhet.

Tvert imot synes sedimentasjonen overalt å ha vært meget regelmessig. Melkedalskalken er fulgt kontinuerlig i 70 km lengde med påfallende konstant mektighet 10—30 m. Bøkvartsitten er kontinuerlig over enda større utstrekning. Selv Elevenes-konglomeratet har en betydelig utbredelse, idet det kommer igjen ved Evenskjær i Tjeldsund, 15 km nord for Ofotfjorden (Th. Vogt) og er observert av meg ved Harstad by.

Vi må gå ut fra at sedimentasjonen har funnet sted i et geosynklinalbekken under utvikling, og at tilførselen kommer fra fastland på siden av det, men foreløpig er det ikke mulig å si hvor dette har vært.

I alle tilfelle tvinges man til å anta en meget lang transport av jernopløsningene før de ble avsatt.

## Oversikt over lagfølgen i Håfjellsmulden.

Som det geologiske kart viser, er lagbygningen forholdsvis regelmessig i den her omhandlede øvre del av lagrekken. Tilsynelatende store forandringer i de enkelte lags bredde skyldes variasjoner i fallvinkelen og de store foldinger, mens de primære mektighetsforandringer er forholdsvis moderate. Nevneverdige forandringer i sedimentasjonsfacies kan ikke iakttas innen området.

At det har foregått differensialbevegelser langs lagflatene i forbindelse med foldingen er meget naturlig. De kan av og til spores i form av spiralformete granater, i enkelte soner også i form av sekundære parallell-teksturer. Når vi ser bort fra rent lokale fenomener synes disse skyvninger imidlertid ikke å ha forårsaket noen repetisjoner i lagrekken, så distriktet egner seg godt for tilnærmete mektighetsbestemmelser.

De nedenfor anførte mektigheter er tatt fra den mest regelmessige del av området, nemlig et profil fra bunnen av Ballangsfjorden mot nordvest over Bøvann og Storfjell. Den undre del av lagrekken, som faller innenfor kartbladet Tysfjord, har vært behandlet i mitt tidligere arbeid over Tysfjords geologi.<sup>1</sup> Her behandles hovedinndelingen av lagrekken fra Melkedalskalken og oppover.

I liggen av denne opptrer store mektigheter av granatglimmerskifer, som er mer eller mindre rikelig injisert med pegmatittiske granitt- eller overveiende trondhjemitganger. Bergarten får derfor for en del karakteren av injeksjonsgneiser, so mi begrensete områder endog kan gå over til migmatitter med absorpsjon av skifermateriale.

- 1) 30 m *Melkedalskalken*.
- 2) 400 » Granatglimmerskifer med sparsomme pegmatittiske ganger.
- 3) 10 » *Sjåfjellets jernmalmlag*.
- 4) 630 » *Ballangsskiferne serie*. For en stor del glimmer-skifere som 2), men med flere soner av utpreget bituminøse skifere (Ballangsskiferne) samt et par brede belter av hornblendeskifere (basiske eruptiver). De eiendommelige båndet skifrige, fin-

---

<sup>1</sup> Steinar Foslie: Tysfjords geologi. Norges Geol. Unders. 149 (1941) p. 170—190.

kornige, oftest kisimpregnerte mikroklinrike gneiser opptrer bare i denne serie. De er dannet under utpreget stress og er eldre enn de trondhjemittiske ganger, som her er blitt meget sparsomme.

- 5) 20 m *Elvenes-konglomeratet.*
- 6) 1200 » *Ballangskalkenes serie.* Denne mektige lagpakke består av overveiende kalkspatmarmor, men på minst 4 horisonter opptrer dolomittmarmor, dels som kontinuerlige lag, dels som horisontbundne og skarpt begrensede linser. Videre er innleiret et utall av glimmerskiferlag, særlig i seriens øvre del, samt et par smale kvartsitter.
- 7) 270 » *Granatglimmerskifer.*
- 8) 60 » *Bø-kvartsitten.* Denne er en helt typisk, sedimentær kvartsitt, i midten med en smal innleiret glimmerskifer. Hengende del er mer platig og muskovittførende enn liggende. Avtar i vestfløyen til 25 m mektighet.
- 9) 630 » *Granatglimmerskifer.*
- 10) 350 » *Fuglevannskalken.* Denne kalkmarmor følges regelmessig fra Hestvik rundt Håfjellstuva til Aspemoen. I innleirete skiferlag fører den Håfjellets 2 jernmalhorisonter.
- 11) 850 » *Granatglimmerskifer.* Dens midtre parti fører ofte en få m mektig marmorbenk.
- 12) 170 » *Hekkelstrands dolomitt og kalk.* Denne sone følges fra Hekkelstrand til Pundsvik, og innbefatter de store masser av kalkmarmor i Håfjellstuva. Dolomitten er ikke som vanlig en normaldolomitt, men en sterkt dolomittisk kalkmarmor.
- 13) 100 » *Granatglimmerskifer.*
- 14) 20 » *Djupvik-kvartsitten,* av samme type som Bø-kvartsitten.
- 15) ca. 400 »? *Øverste granatglimmerskifer med et par smale kalkbenker.*

---

5140 m

Den øverste granatglimmerskifer danner den sentrale del av foldingssonen, og det kan bare anslåes hvor stor del av dens mektighet har unngått erosjonen. Det har heller ingen interesse.

Vi kan altså anslå mektigheten av lagpakkene her over Melkedalskalken til ca. 5000 m, men det må uttrykkelig bemerkes, at på nordsiden av Ofotfjorden når de atskillig høyere opp.

Håfjellsmulden er som det sees i det store og hele meget regelmessig bygget. Bare i dens sentrale del oppstår komplikasjoner, idet den synes å være utviklet til en dobbeltfold. Dette fremgår av, at i øvre del av Skårnesdalen dukker Hekkelsstrandmarmoren igjen opp som en flattliggende antiklinal. Overflaten herfra opp til Håfellstuva har en skråning på i middel 15°, altså omtrent som foldingsaksens fall. Kalken er derfor her skjult av et tynnt dekke av overliggende glimmerskifer, men dukker frem igjen høyere oppe. Uregelmessighetene sørvest for tuva vil bli nærmere omtalt under behandlingen av jernmalmene.

## **Håfjellstriktets petrografi.**

### **Kvarts-glimmerskifere.**

Det har sin spesielle interesse å bringe på det rene den metamorfe facies i området omkring Håfjellets jernfelter, idet dette er helt fritt for granitisering og ikke fører noensomhelst ganger av granitt eller pegmatitt. Metamorfosen er derfor utelukkende regional, uten påviselige magmatiske tilførsler.

Den sentrale del av Håfjellsmulden (fra Bø-kvartsitten og oppover) ble undersøkt efter landeveien langs sørsiden av Ofotenfjorden, hvor det er gode blotninger over begge fløyene av mulden.

Foruten de betydelige horisonter av rene karbonatbergarter opptrer som hovedbergart meget store mektigheter av glimmerskifere (plagioklas-glimmerskifer), som er relativt kalkfattige. Disse skifere er i det store og hele av en meget ensartet type. Det er middelkornig krystalline, grovt skifrige bergarter med ruglete lagningsplan, mer eller mindre sølvskimrende av

muskovitt, og med eller uten små knuter av granater. Den betydelige muskovittmengde vidner om et konstant lerjord-overskudd. Midlere kornstørrelse er for kvarts 0,1—0,2 mm, lengden av biotittbladene 0,5—1 mm.

I alle skiferne opptrer som hovedmineraller, ordnet etter det vanlige mengdeforhold: *Kvarts*, *muskovitt*, *biotitt* og *oligoklas* (mer sparsomt).

I alle skiferne mangler helt hornblende og kalifeltspat. Disthen er heller ikke påvist her, skjønt den opptrer rikelig i injeksjonsgneisene på lavere horisonter.

Hovedmineraller som kan veksle i forskjellige horisonter er *granat* (almandin) og *epidot* (eventuelt klinozoisitt).

De fleste skifere er granatførende, men ganske mektige horisonter kan være granatfrie, som i trakten Nordgård-Heggemoen. Ovenfor Bøstrand kan vi også iaktta en båndvis veksling mellom skifere med og uten granat. Det er derfor åpenbart, at dette ikke har noe med metamorfosegraden å gjøre, men henger sammen med variasjoner i den kjemiske sammensetning. De kalkfattigste horisonter fører rikelig almandin, men lite eller ingen epidot. Stiger kalkgehalten dannes mer epidot, men der er mindre tilbøyelighet til almandin-dannelse, og der kan også opptre *karbonater*. Disse kan bli meget rikelige i utpregete kalkglimmerskifere, som imidlertid bare finnes i visse begrensede soner (se senere).

Av aksessoriske bestanddeler fører skiferne korn av *turmalin* (ofte ganske tallrike) *rutil* og *apatitt*, samt vekslende mengder av *jernerts*, mens bitumen oftest helt mangler.

Granatene opptrer ofte som uregelmessig begrensede porfyroblaster med 1—1 1/2 mm diameter og rikelige inneslutninger av andre mineraller. I andre lag danner de små rundete og glatt begrensede individer med 1/4—3/4 mm diameter, sterk pigmentering i den indre del og en smal, klar randsone. De viser ingen klorittisering eller andre tegn til instabilitet. I det hele hører kloritt ikke normalt med til paragenesen her, men den kan allikevel opptre helt underordnet som forholdsvis store, selvstendige individer av en blåliggrønn *prokloritt*, hvis blader ofte krysser skifriheten.

På grunn av forholdsvis liten kornstørrelse og mangel på tvillingstripping hos plagioklasen, er det ikke alltid lett å bestemme dens anortittinnhold, men det ble gjort i en del prøver:<sup>1</sup>

Kalkfattig granat-glimmerskifer uten epidot . . . . . An<sub>15</sub>  
Granat-glimmerskifer med sparsomt epidot . . . . . An<sub>20</sub>  
Granatfri skifer med rikelig epidot og litt kalkspat . . . . An<sub>20</sub>—An<sub>25</sub>

Alle er friske, uten sekundær-mineraler, men sistnevnte viser en del usymmetriske variasjoner.

Det avgjørende for faciesbestemmelsen er plagioklasens anortittinnhold i paragenese med epidot, og metamorfosen her svarer til *øvre* (høy-temperaturs) *del av epidot-amfibolittfacies*<sup>2</sup>. Den er påfallende ensartet over store områder.

### Kalkglimmerskifere.

I motsetning til ovenomtalte kalkfattige glimmerskifere, opptrer typiske kalkglimmerskifere i større utstrekning vesentlig nær jernmalmskhorisontene.

Den ca. 50 m mektige skifersone fra Hestviknes over Aspelund og videre (Pl. I), hvori to jernalmlag er innleiret, er således en typisk, homogent grovskifrig kalkglimmerskifer.

Den er helt fri for granat. Hovedmineraler er *kvarts* og *karbonater*, jevnt fordelt og åpenbart krystallisert samtidig, kornstørrelse 0,1—0,4 mm. *Plagioklas* opptrer med omtrent samme mengde og sammensetning som i de epidotførende av de før omtalte skifere. Den har en svak tendens til invers sonarstruktur, eller oftere helt usymmetriske variasjoner. Etter bestemmelser i sentrale bisektrix-snitt varierer sammensetningen mellom An<sub>20</sub> og An<sub>27</sub>, oftest An<sub>23</sub>—An<sub>26</sub>. *Epidot* opptrer ganske sparsomt, i små korn. *Muskovitt* og enda mer en rødligbrun *biotitt*,  $\beta = 1,627$ , opptrer rikelig, mens hornblende mangler. *Kloritt* hører ikke egentlig til paragenesen, men finnes helt

<sup>1</sup> Alle plagioklasbestemmelser i dette arbeid er utført på orienterte  $\alpha$  og  $\gamma$  snitt, hvor intet annet er anført.

<sup>2</sup> I overensstemmelse med Rambergs forslag henregner vi til denne facies de bergarter, hvor epidot er i likevekt med plagioklas opp til An<sub>30</sub>. Ved høyere anortittinnhold i plagioklasen får vi amfibolittfacies. *H. Ramberg*: Sub-solidus phase transitions in mixed crystals. Norsk geol. tidsskr. 24 (1944) p. 72.

underordnet som enkelte grove, selvstendige blader. Likesom i de vanlige skifere er kloritten alltid optisk positiv, med negativ lengderetning, ubetydelig aksevinkel og anomale brunlige interferensfarger.  $\beta = 1,618$ . Det er en forholdsvis jernrik *prokloritt* med tydelig pleokroisme blåliggrønn—svakt strågul. Av aksessoriske mineraler finner vi en grønnligbrun-røkgrå *turmalin*, litt *apatitt*, *rutil*, *svovelkis* og atskillig *magnetitt*, men neppe noe bitumen.

Et optisk spektrogram av bergarten viste foruten hovedbestanddelene også:

Mn < 1%, Ti ~ 1%, V = 0,0x% og Cu spor.

En prøve av bergarten viste, at 37,86% er oppløselig i fortynnet saltsyre, og dette utgjøres for den helt overveiende del av karbonater. Da bergarten bruser for kald, fortynnet saltsyre ble det først antatt å være bare kalkspat, men en undersøkelse av lysbrytningen viste at der er to forskjellige karbonater. En del har  $\omega = 1,660$  og består av *kalkspat*, en del har  $\omega = 1,697$  og er en *dolomitt* med ca. 20 mol.-% ferro-dolomitt. En kjemisk bestemmelse av Mn i den oppløste del viste videre, at karbonatene i middel holder 0,61%  $\text{MnCO}_3$ .

Kalkglimmerskiferen har alltid skarpe grenser mot normal kalkmarmor, og man finner neppe noensteds gradvise overganger.

For sammenligning ble derfor undersøkt en ekstra urensone inne i normal kalkmarmor (fra Pundsvik). Karbonatmineralene er her dominerende, men viser seg å bestå utelukkende av *kalkspat* ( $\omega = 1,660$ ) uten noen dolomitt. *Biotitt* opptrer nesten like rikelig som i skiferne, *kvarts* er forholdsvis sparsom og muskovitt mangler. Istedenfor epidot finner vi store poikiloblaster av *rombisk zoisitt*, optisk +, med ytterst liten aksevinkel. *Plagioklas* finnes noe rikeligere enn ellers, men sammensetningen,  $\text{An}_{24}$ — $\text{An}_{30}$ , er meget nær den samme. *Kloritten* er blekere, men fremdeles optisk +, og finnes i enkelte soner noe rikeligere, likeså *titanitt*, mens *turmalin* og *kalifeltspat* er fraværende.

Følger vi det omtalte belte av kalkglimmerskifere finner vi som rimelig kan være atskillige variasjoner i mengdeforholdet mellom mineralene. Som ekstreme, men underordnede varianter,

kan vi få *kvarts-epidot-rike skifere* og *kvarts-oligoklas-rike skifere*.

Som eksempel på de første tar vi et 1,5 m bredt skiferbelte mellom to jernmalmleier ved 1775 m på Pl. I, som allerede makroskopisk sees å være epidotrikt (Tynnslip CVI<sup>17</sup>). *Kvarts* er her dominerende, mens karbonater mangler helt. *Epidot* finnes meget rikelig i temmelig store korn, tildels med antydning til sonarbygning. *Biotitt* og *muskovitt* opptrer omtrent som i skiferen fra Hestviknesset, granat og kloritt mangler, og *plagioklas* er temmelig ubetydelig som små ujevnt utslukkende gryn i mellommasser. Etter lysbrytningen er sammensetningen i nærheten av An<sub>20</sub>. Enkelte korn av *apatitt*, *rutil* og *jernerts*.

Som eksempel på den annen variant, *kvarts-oligoklas-biotittskifer*, tar vi et noen meter mektig lag ved malmen nord for Fjellgleberg (CVI<sup>6</sup>). Den er hard, uten noen utpreget skifrihet, og forholder seg stiv under foldingen.

Hovedbestanddelene er *kvarts* og *plagikolas*, An<sub>22-25</sub>, omtrent like meget av hver, i korn av størrelsesorden 0,1—0,2 mm. En mørk brun *biotitt*,  $\beta = 1,632$ , utgjør 21 vekts-%. Den danner små skjell opp til 0,5 mm lange og påfallende uorienterte. *Epidot* finnes i tallrike små korn, videre litt *karbonater* og atskillige korn av sonarbygget *turmalin*. Ytterst sparsomt sees *muskovitt*, blåliggrønn *kloritt* og *rutil*. Eneste opake mineral er *svovelkis* i skarpkantete krystaller.

Mineralassosiasjonen i den kalkrikere serie tyder ikke på noen vesentlig annen facies enn hos de kalkfattige skifere. Når granat (almandin) aldri forekommer her skyldes det bare den kjemiske sammensetning. Rombisk zoisitt har undertiden vært ansett for å tilhøre en høyere facies enn klinozoisitt-epidot. Her ser det ut som dens opptreden er begrenset til et særlig kalkrikt miljø, og i forbindelse dermed en svakere stressvirkning. Kalkspat og kvarts er som så ofte rekrystallisert sammen uten å delta i gjensidige reaksjoner. Mere påfallende er, at det samme har vært tilfellet med dolomitten, idet det ikke er dannet noen hornblende. Dette kunne tyde på en noe lavere facies, men samtidig opptrer oligoklas i paragenese med epidot.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bergartens betydelige kalkspatinnhold har *ikke* bevirket noen nedsettelse av plagioklasens anortitt-innhold, som antydnet av H. Ramberg (loc. cit. p. 52.)

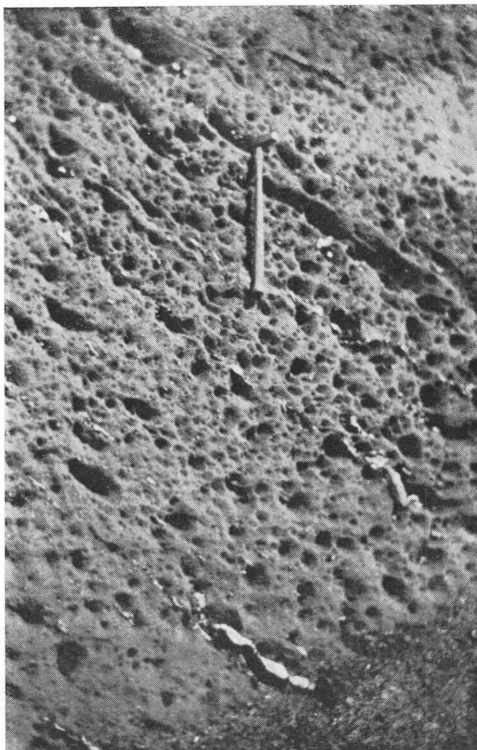


Fig. 2. Kalkglimmerskifer med typisk hullet forvitring.  
Jernhammeren.  
*Calciferous mica schist with characteristic pitted surface.*

I den sørvestlige del av mulden opptrer kalkglimmerskifer over betydelige større arealer, delvis på grunn av den sterkere folding. Også her finnes den i området nær jernmalmskhorisontene (se Pl. IV). Dens karakteristiske hullete overflateforvitring fremgår av fig. 2. En prøve fra liggen av hovedkalken ved Fjellgleberget (CVI<sup>4</sup>) er fremdeles hornblendefri og av samme type som kalkglimmerskiferen fra Hestviknesset, bare med den forskjell at muskovitt ikke er tilstede, mens epidot-clinozoisitt opptrer betydelig rikeligere. Plagioklasen har også her sammensetningen  $An_{20}$ — $An_{25}$ , forholdet mellom kalkspat og dolomit er omtrent som før, og lysbrytningene de samme.

Betydelige partier av kalkglimmerskiferen er imidlertid her *hornblendeførende*, særlig i liggen av malmen. Hornblendeholdet er i alminnelighet ikke stort, så bergarten ikke skiller

seg meget fra foregående. En typisk prøve fra liggen av Fjelleberg-malmen (CVI<sup>22</sup>) ble nærmere undersøkt.

De mørke mineraler er biotitt og hornblende med henholdsvis 18 og 7 vekt% 0/0. Biotitten er grønnligbrun med  $\beta = 1,630$ , altså forholdsvis jernrik. Hornblenden har temmelig sterk pleokroisme:  $\gamma$  blåliggrønn,  $\beta$  olivengrønn,  $\alpha$  svakt gulliggrønn. Lysbrytning:  $\gamma = 1,695$ ,  $c:\gamma = 16^\circ$ . Det er altså en vanlig lerjordrik hornblende, som også er temmelig jernrik. Muskovitt mangler helt, likeså granat. Som sjeldenhet finnes blad av kloritt, samme type som før omtalt. Epidot er forholdsvis rikelig, i små korn.

De lyse mineraler er karbonater og kvarts, begge rikelig, samt en sparsom mengde av plagioklas,  $An_{24}$ — $An_{25}$ .

Karbonatene består fremdeles av kalkspat og dolomitt med samme lysbrytninger som før, men nu utgjør kalkspaten en rikeligere og dolomitten en mindre del enn før. En stor del av dolomitten er altså oppbrukt under hornblendedannelsen.

Karakteristisk for denne skifertype er videre *skarpkantete oktaedre av magnetitt*, 0,5—3 mm i diameter. Betydelig mindre kuber av svovelkis kan også iakttas.

For å bedømme om disse hornblendeførende skifere representerer en regionalt noe høyere metamorf facies enn de ikke hornblendeførende, undersøkte jeg den vanlige granatglimmerskifer, som underleirer dem i skråningen ned mot Holmvann, CVI<sup>5</sup>.

Denne fører atskillig plagioklas, delvis med invers sonarbyning, sentrum  $An_{22-23}$ , rand  $An_{28}$ . Granat (almandin) opptrer i inntil 2 mm store poikiloblaster med vakre rotasjonsspiraler. Enkelte blader av den blåliggrønne kloritt bøyer seg ofte om granatenes periferi, men fortrenger dem ikke. Bergarten fører lite epidot og sparsomme korn av turmalin, apatitt og rutil, men ingen karbonater. Biotitt er noe rikeligere enn muskovitt. Facies er altså meget nær den samme som ellers.

### Hornblendebergarter.

Innen den ovenfor beskrevne sedimentære, hornblendeførende skiferserie finner vi undertiden noen underordnede belter av helt amfibolittisk karakter. En prøve fra skråningen nedenfor Fjellgleberget, CVI<sup>18</sup>, viser at mineralselskapet fremdeles er analogt, men i helt forrykket mengdeforhold. *Biotitt* og *hornblende* utgjør her henholdsvis 1,8 og 67 vekts-%, begge av ganske den samme type som før. Den mørke hornblende er utpreget stenglig utviklet, og gir bergarten en nematoblastisk tekstur.

Av lyse mineraler finnes atskillig *plagioklas*,  $An_{25}$ , og minst like meget *kvarts*. Noen spredte små poikiloblaster av *granat* (almandin) er sterkt deformert, og alltid ledsaget av en del *kalkspat*, *oligoklas*, *biotitt* samt en blek, nesten farveløs *kloritt*, opt. +, med iliggende blader av et opakt mineral, antakelig *ilmenitt*. Av epidot finnes bare spor. Ertskornene er umagnetiske og ledsages ofte av *rutil*.

Innen Bøfeltet er bare på ett sted iaktatt en lignende amfibolitt, CVI<sup>1</sup>, i gimmerskiferen, og med tilsynelatende gradvis overgang i denne. Den finnes ved basis 2035 m, 150 m NØ (se Pl. I), midt imellom to av jernmalmleiene.

Her opptrer *biotitt* og *hornblende* av samme type som før og med henholdsvis 2 og 44 vekts-%. Videre er der atskillig epidot, litt *rutil*, sparsomt, jevnt fordelt *kalkspat*, men ingen muskovitt eller *kloritt*. *Plagioklas*,  $An_{20}$ , danner et finkornig aggegat, men *kvarts* opptrer meget rikeligere, og oftest i grovere korn.

Etter deres geologiske opptreden er det mest nærliggende å anse disse amfibolitter for sedimentogene, hva også det relativt høye kvartsinnhold kunne tyde på. Likeså viser de begge pleokroittiske ringer, riktignok sparsomme og svake, i såvel hornblende som *biotitt*, formodentlig omkring ubetydelige zirkonkorn. Dette er etter Ramberg<sup>1</sup> et indisium på sedimentær opprinnelse. I de typiske kalkglimmerskifere viser *biotitten* også de samme ringer, men tallrikere og kraftigere.

---

<sup>1</sup> Hans Ramberg: Veststrandens regionalmetamorfe bergarter. Norsk geol. tidsskr. Bd. 23, p. 12 (1943).

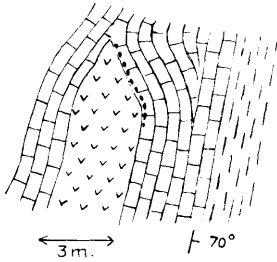


Fig. 3. Amfibolittlinse i kalkmarmor. I hengen kalkglimmerskifer. Prikker = kvartsutsondring.

På den annen side viser disse amfibolitter et så lavt biotittinnhold og kali-innhold i det hele, at det er grunn til en viss reservasjon.

Der finnes nemlig også i distriktet noen amfibolittiske bergarter, som må antas å være magmatogene. De opptrer som lenser inne i massiv kalkmarmor. Det er bare observert 3 av dem, den største 5 m bred, og alle på nær samme horisont, noe i liggen av hovedmalmen i Bøfeltet. De er inntegnet på Pl. I, henholdsvis ved sjøen, ved 1490 m og ved 1560 m.

Førstnevnte, som er godt blottet, er vist på fig. 3. Den har hårskarp grense mot kalkmarmoren, uten kontaktvirkninger. Bare langs utkilingsgrensen er utskilt en stripe av sekundær kvarts.

Bergarten har en urolig flekket tekstur uten merkbar skifrihet, og består overveiende av hornblende og plagioklas (CVI<sup>16</sup>).

*Hornblenden*, som utgjør henimot 60 0/0, har omtrent samme pleokroisme som de to foregående, bare mindre rene farver. Lysbrytningen er litt lavere,  $\gamma^{\text{Na}} = 1,681$ . *Biotitt* danner meget sparsomme, rødligbrune skjell, under 1 0/0. En nesten farveløs *kloritt*, opt.+, er helt ubetydelig. *Epidot* og *titanitt* er også sparsomme som små gryn, kalkspat mangler, eneste opake mineral er litt *magnetkis*. *Plagioklas* opptrer rikelig som en mosaikk av små korn uten synlig tvillingstripping eller spaltbarhet. Etter lysbrytningen ble den bestemt til  $\text{An}_{22-25}$ . *Kvartsen* er her langt sparsommere enn plagioklasen. Runde lyse flekker fører undertiden rester av *granat*, men oftere store individer av *rombisk zoisitt* (nesten 1-akset, opt.+) og en mosaikk av

oligoklaskorn. I denne bergart finnes neppe spor av pleokroittiske ringer. Det finnes intet grunnlag for å anta, at den er dannet ved metasomatisk forandring av et sediment. Sannsynligvis er det utpressete bruddstykker av en basisk lagergang.

### **Bituminøse skiferinnleiringer i kalkmarmor.**

De mektige lagpakker av glimmerskifere, som hittil har vært omtalt, er praktisk talt bitumenfrie. Imidlertid finner vi også en gruppe av utpreget bituminøse skifere, som her alltid er innleiret som smale lag inne i de mektige marmorhorisonter, vesentlig kalkspatmarmor.

Dette synes å være et felles trekk for hele den øvre lagpakke i distriktet, over Elveneskonglomeratet,<sup>1</sup> mens de underliggende mektige glimmerskifere i langt større utstrekning er mer eller mindre bituminøse.

Innen området for spesialkartene over jernmalmfeltene finner vi disse bitumenskifere som smale lag i marmoren i liggen av Bøfeltets jernmalm (Pl. I), samt særlig karakteristisk og godt blottet i liggen av Barakkehaug-Fuglevanns jernfelt (Pl. II, her betegnet med krøllet-strekete linjer). Mektigheten er overalt liten, fra 1/2 m opp til noen få m og alltid med helt skarpe grenser mot den rene kalkmarmor.

Som vanlig fører disse bitumenskifere en primær svovelgehalt, nu i form av *svovelkis*, ofte temmelig rikelig. Følgen er at de alltid har en tynn rusthud og i terrenget fremtrer som regelmessige rustne bånd av betydelig utholdenhet i strøk. Derimot viser de ingen dyperegående forvitring, som tilfellet ofte er med kalkglimmerskiferne.

En prøve fra sistnevnte lokalitet viser en ytterst enkel mineral-sammensetning, nemlig helt overveiende *kvarts* og *muskovitt*, sistnevnte med noe mindre aksevinkel enn normalt. Videre finnes atskillige små staver av *rutil*, samt litt *titanitt*. *Bitumen* finnes meget rikelig, overveiende som et fint støv sammen med muskovitten. *Magnetitt* er meget sparsom, mens der er rikelig av svovelkisisimpregnasjon. I polerslip kan der ikke påvises andre

---

<sup>1</sup> Steinar Foslie: loc. cit. (1941), p. 186.

sulfidmineraler. Rutilen sees å ha vakre tvillinglameller. Et optisk spektrogram av bergarten viser:

Cr 0,1 % , V ~ 0,2 % , Mn < 0,1 % Cu ~ 0,01 %

Krom og vanadin er primært adsorberte bestanddeler, sistnevnte i en for bituminøse skifere temmelig normal mengde, krom derimot mer enn vanlig. Begge inngår utvilsomt i muskovitten.

Som det sees er disse skiferlag så godt som helt kalkfrie, skjønt de er innleiret i kalkmarmor, og det meste av deres jerninnhold er bundet til kisen. Derfor den enkle mineral-sammensetning.

Da diagenesen har foregått i sterkt reduserende miljø, er ingen ferrioksyder dannet. Vi finner heller ingen jernmalm-anrikninger i forbindelse med disse skifere, likesom vi ikke finner noen nevneverdig bitumengehalt i forbindelse med jernmalmene.

Tar vi et overblikk over de ovenfor behandlede bergarter er det påfallende hvor konstant sammensetning plagioklasene har over hele området. Når vi bortser fra de skifere, som har en for lav primær kalkgehalt til at den anortitrikeste stabile plagioklas kunne komme til utvikling, varierer sammensetningen bare mellom  $An_{20}$  og  $An_{28}$  og er i intet tilfelle påvist over  $An_{80}$ . Dette gjelder både for de forskjellige typer av sedimenter, som for de sparsomme basiske eruptiver. Vi kan derfor gå ut fra, at den metamorfe facies har vært temmelig konstant over hele området.

Et annet påfallende trekk er, at de fleste glimmerskifere overalt fører små korn av turmalin. Tidligere kunne dette bare forklares ved en pneumatolytisk tilførsel av bor, hva som var vanskelig å forestille seg i et område uten granitisering eller sure eruptiver av noen art. Etterat Goldschmidt har påvist et betydelig primært bor-innhold i marine sedimenter, bortfaller denne vanskelighet. Turmalinen kan være dannet uten tilførsel utenfra.

Sedimentene utenom jernmalmene er alle forholdsvis jernfattige.

### Bergartsmineraler i malmleiene.

Når vi sammenligner malmleiene med de ovenfor beskrevne skiferbergarter, som de er innleiret i, finner vi som hovedregel:

I de manganfattige jernmalmer er det gjennomgående en betydelig anrikning av kvarts, med eller uten bånding. Hvor der opptrer kvartsbånding finner vi imidlertid ikke en så skarp kontrast mellom kvarts- og jernertsbånd, som er karakteristisk for de klassiske „kvartsbåndete jernmalmer“.

I de manganførende jernmalmer treffer vi nye mineral-assosiasjoner i form av manganrike silikater og karbonater, og samtidig vil innholdet av fri kvarts bli mer eller mindre redusert. Som regel vil mangangehalten variere i de forskjellige horisonter av samme malmleie, så vi får en rekke mellomtyper.

Ved mikroskopets hjelp kan man bare få en rent kvalitativ bedømmelse av mangangehalten i disse mineraler. Jeg har derfor valgt ut en enkelt manganrik forekomst for en mere kvantitativ karakteristikk av dem. Den blir behandlet i et senere avsnitt (s. 48).

### Båndete og planskifrige malmer.

Disse er meget utbredt i muldens to rettlinjete fløyer.

De manganfattige av dem består i sin enkleste og mest utbredte form omtrent utelukkende av *kvarts* og *jernerts*, som regel mer eller mindre båndet. Dessuten finnes som oftest noen små korn av *apatitt* og et *karbonat*.

Med stigende manganinnhold (eksempel Fjellgleberg, CVI<sup>8</sup>) kommer som nye mineraler *spessartin* (mangangranat) og et manganholdig karbonat, med bibehold av båndingen. Spessartinen danner små rundete korn med 0,05—0,20 mm diameter, og opptrer både i jernerts- og kvartsbåndene (reaksjonsskarn). Den skiller seg fra de tidligere omtalte almandiner ved sin meget mindre kornstørrelse, sin ikke poikiloblastiske utvikling og sin farge, som er orange til ferskenfarget, i tynnslip svakt gullig. Karbonatmineralet er fargeløst og viser i en typisk stuff  $\omega = 1,713$ . Det hører sikkerlig til manganokalsittene (se s. 51) og vil da holde maksimalt 35 mol. %  $\text{MnCO}_3$ . Fig. 4.

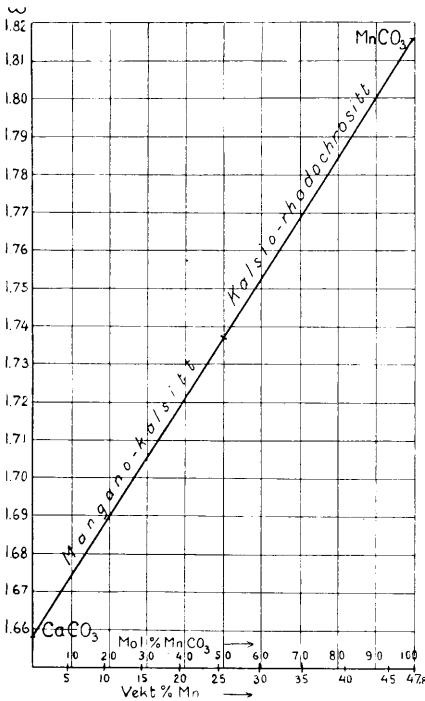


Fig. 4. Manganokalsittenes lysbrytning.

I ovennevnte enkleste malmtyper mangler plagioklas, epidot og hornblende helt og glimmermineraller mangler nesten, i motsetning til de omgivende skifere. Malmlagene er altså meget kalk- og alkalifattige. Biotitt kan som regel påvises i noen høyst ubetydelige skjell mens muskovitt er en sjeldenhet. Biotitten er grønligrøn, akseinkelen er ytterst liten,  $\beta = 1,617$ .

Som eksempel på manganrike, båndete silikatmalmer med forholdsvis lite av jernertsmineraller tar vi det liggende av malmleiet ved Toppåsstollen, hvor de er typisk utviklet.

De har en grov vekselbånding med 3 båndtyper, benevnt etter hovedminerallerne:

- 1) Kvarts-karbonatbånd. Grå. Få cm brede.
- 2) Spessartinbånd. Rød. Dominerende.
- 3) Kvarts-hornblendebånd. Mørk grønn. Få cm brede.

1) Kvarts-karbonatbånd (CVI<sup>10</sup>). De består av en middelskornig blanding av *kvarts* og et *karbonatmineral*, atskillig brun *biotitt* og grønn *hornblende*, en del *apatitt* samt nær grensene undertiden litt gul *granat*. Korn av jernerts opptrer meget sparsomt.

Ved behandling med fortennet saltsyre gikk 60,85% i oppløsning, i hovedsaken svarende til karbonat- + apatittmengden. Det eneste karbonatmineral viser en lysbrytning  $\omega = 1,688$ , og

kunne derfor formodes å være dolomitt. Da det imidlertid bruser sterkt for fortynnet, kald saltsyre og viser forholdsvis rikelig tvillinglameller antok jeg at det var en *manganokalsitt*, som isåfall skulle holde maksimalt 18 mol.-%  $\text{MnCO}_3$ . Fig. 4.

En manganbestemmelse i den oppløste del viste 4,35% Mn, svarende til 9,1 vekts-%  $\text{MnCO}_3$ , eller vel 10% i det rene karbonat. Mg-mengden ble kvalitativt anslått til ca. 2%, svarende til ca. 6%  $\text{MgCO}_3$ . Hertil kreves en mengde av knapt 5%  $\text{FeCO}_3$  for å gi den iaktatte lysbrytning.

Hornblendene har den karakteristiske pleokroisme med blåliggrønn  $\gamma$ -retning og lysbrytning  $\gamma = 1,660$ , altså betydelig lavere enn de tidligere omtalte hornblender.

Båndet har en viss ytre likhet med de omgivende kalkglimmerskifer, men skiller seg fra dem ved totalt fravær av plagioklas, epidot, muskovitt og kloritt, samt karbonatets sammensetning.

2) Spessart i bånd (CVI<sup>11</sup>). De består overveiende av den gulrøde *mangangranat*, temmelig rikelig av *karbonat*, atskillig *hornblende* i mellommassen, enda blekere enn den ovennevnte, meget sparsomt med *kvarts*, litt *apatitt* og noen høyst ubetydelige skjell av *biotitt*. *Jernglans* opptrer som spredte strenger.

De individuelle granater kan her nå 0,5 mm i diameter og er i de sentrale deler mer eller mindre oppfylt av karbonat. Undertiden er det bare et smalt ytre skall av ren granatsubstans, og når så individene for en stor del klumper seg sammen til en granatfels blir resultatet meget uregelmessige strukturer.

Så vel de småkornige karbonater inne i granatene som de grovere korn i mellomrommene har samme lysbrytning,  $\omega = 1,680$ , som svarer til en manganokalsitt med maksimalt 13 mol.-%  $\text{MnCO}_3$ .

Et spektrogram av granatbåndet viste som hovedbestanddel Mn, Fe, Al og Ca. Videre Mg vel 1%, Ti litt under 1%, Co, Ni, Cu spor.

En prøve av granatbåndet ble oppsluttet i sin helhet og analysert på Mn. Det viste 10,93% Mn. Da granaten utgjør ca. 60 vekts-% av det hele kan, under hensyntaken til det i karbonatet inngående mangan, den rene granat anslåes til å holde 27—28%  $\text{MnO}$ .

3) Kwarts-hornblendebånd (CVI<sup>19</sup>). De opptrer inne i spessartinbåndene, 1—få cm brede, forholdsvis skarpt begrenset og selv uten granat. De består helt overveiende av *hornblende* og *kvarts*, videre jevnt fordelt relativt sparsomt *karbonat*, litt *apatitt* og spor av *biotitt*. Jernertsen utgjøres her mest av små isometriske korn av *magnetitt*.

Et spektrogram av dette bånd viste som hovedbestanddeler Ca, Mg, Fe. Videre Mn vel 1 0/0, Al et par 0/0, Na < 1 0/0, Ti ca. 0,1 0/0, Co og Ni 0,x 0/0, Cu spor.

Ved utmåling av et tynnslip ble funnet omtrent følgende vektsprosentiske sammensetning:

Hornblende . . . . .	36 0/0
Kvarts . . . . .	43 »
Manganokalsitt . . . . .	8 »
Magnetitt . . . . .	11 »
Apatitt . . . . .	2 »
	<hr/>
	100 0/0

Ved behandling med fortynnet saltsyre gikk 20,67 0/0 i oppløsning, og det uoppløste, som består av hornblende og kvarts, viste ved kjemisk analyse 0,65 0/0 Mn. Herav kan hornblendens innhold av MnO beregnes til 2,42 0/0.

Hornblenden, som inneslutter atskillige små dråper av kvarts, er ganske den samme som i spessartinbåndene. Den er makroskopisk mørk grønn, i tynnslip er pleokroismen nu temmelig blek, men fremdeles med den karakteristiske blåliggrønne tone i  $\gamma$ -retningen. Lysbrytningen er gått ned til  $\gamma = 1,653$ , opt.  $\div$ , meget stor aksevinkel,  $c : \gamma = 18^\circ$ . Etter dette må det være en vanlig kalk-hornblende, og i henhold til det moderate lerjordinnhold må den være atskillig mer aktinolitisk betont enn hornblendene i glimmerskifer.

Også i de to sistnevnte bånd er plagioklas, epidot og kloritt helt fraværende og biotitt ytterst sparsomt. Ganske illustrerende er en stoff, som viser et kornig kvarts-karbonatbånd, hvori er innleiret et 7—8 mm bredt, regelmessig spessartinbånd, i hvis midte der opptrer en 3 mm bred stripe av forholdsvis rik jernglans, som ellers bare opptrer som spredte korn.

En noe annen type finner vi i den store strosse ved 2600 m på Vassåsen, Bøfeltet. Enkelte bånd her viser meget sterk manganhud, så de på overflaten ser ut som rik malm, men på friskt brudd bare viser sparsom impregnasjon av jernglans. Manganhuden skyldes vesentlig karbonatene.

Denne malm (CVI<sup>20</sup>) viser bare en diffus bånding, med relativ anrikning henholdsvis av hornblende + kvarts og av spessartin, mens karbonat, apatitt og jernglansimpregnasjon er jevnere fordelt og biotitt mangler. Hornblendene viser den bleke pleokroisme som ellers i malmene,  $\gamma = 1,656$ . Karbonatet har  $\omega^{\text{Na}} = 1,718$ , svarende til manganokalsitt med maksimalt 38 mol.-<sup>0</sup>/<sub>100</sub> MnCO<sub>3</sub>. Det som imidlertid har særlig interesse er, at her opptrer temmelig rikelig feltspat. Den er ikke som i skiferne en oligoklas, men temmelig ren albitt, An<sub>5</sub>. I enkelte soner, særlig de spessartinrikere, kan den være dominerende over kvarts, i forholdsvis grove korn, som sammen med karbonat kan danne en grunnmasse for spessartinen. Der er intet tegn til avkalkning, idet epidot-zoisitt ikke forekommer.

I en magnetitrik malm, CV<sup>20</sup>, fra stollen kort ovenfor, mangler spessartin helt og karbonater finnes meget sparsomt. De ertsrikeste bånd fører foruten rikelig kvarts også atskillig av albitt og hornblende som før, meget apatitt og dessuten atskillig av en grønligrøn biotitt med moderat pleokroisme og  $\beta = 1,613$ , altså den laveste lysbrytning som er påvist i feltet. Den har utpregete pleokroittiske ringer. I tynne skjell i pulverpreparat viser biotitten en utpreget grønnlig tone i fargen, og dette synes å være karakteristisk for biotittene i malmsonene.

Også ved Jernhammeren og Fjellgleberg (Pl. V) finner vi soner av manganrike malmer med den karakteristiske rødlige fargetone. Et preparat fra sistnevnte lokalitet (CVI<sup>3</sup>) viser rikelig spessartin i små runde individer med 0,1—0,2 mm diameter og uten inneslutninger. De er innleiret i en grunnmasse av temmelig rikelig kvarts, samt flekkevis karbonater i forholdsvis store individer med  $\omega = 1,700$ . Dette svarer til en manganokalsitt med maksimalt 26 mol.<sup>0</sup>/<sub>100</sub> MnCO<sub>3</sub>. Der sees en enkelt poikiloblast av feltspat, oppfylt av granatindivider. Den kunne ikke bestemmes nøyaktig, men da  $\beta$  er litt mindre en kanada-

balsam blir sammensetningen omtrent  $An_{10}$ . Videre finnes et par store poikiloblaster av kloritt, også oppfylt av granater. De viser en kraftig pleokroisme  $\gamma = \beta$  smaragdgrønn,  $\alpha$  svakt gulliggrønn og meget sterk lysbrytning,  $\beta = 1,632$ , opt. +, ytterst liten aksevinkel og svak dobbeltbrytning med anomale, brunlige interferensfarger. Det er en jernrik *ripidolitt*. Den ledsages av noen små muskovittblader. Der er litt apatitt, helt ubetydelig av biotitt og hornblende, ingen epidot. Den meget sparsomme jernerts er her magnetitt.

### Aksefoldete malmer.

I disse blir teksturene forandret, båndingen går mer eller mindre tapt og erstattes av en mer flekket, sliret eller streket opptrøden av mineralene. Det synes også å bli større variasjoner i mineralparagenesene, og det hele blir mindre oversiktlig. Jeg skal derfor innskrenke meg til å gi enkelte eksempler på deres mineralsammensetning.

I en smal skiferinnleiring innen kalkmarmoren i Jernhammerfeltet opptrer en fattig magnetitt-impregnasjonsmalm av forholdsvis massivt utseende (CVI<sup>2</sup>). Den fører rikelig kvarts, hornblende, biotitt og kloritt, men ingen feltspat. Hornblendene danner store, spredte poikiloblaster, ledsaget av rikelig magnetitt og apatitt. Pleokroismen viser  $\gamma$  sterkt blåliggrønn og lysbrytning  $\gamma^{Na} = 1,692$ , altså like sterk som i kalkglimmerskiferen. Biotitt finnes også ganske rikelig, som små helt uorienterte blader, frisk nøttebrun,  $\beta = \text{ca. } 1,630$ . Ett sted sees tverrstillete biotittblader over spalte i magnetitt. Kloritt opptrer rikeligere enn i noen annen malmtype, og danner grovere, selvstendige aggregater. Det er en *ripidolitt* med optiske egenskaper som den ovenfor omtalte,  $\beta^{Na} = 1,623$ . Granat danner en del fargeløse poikiloblaster, 0,5 mm store, visstnok almandin. Videre finnes litt karbonater og høyst ubetydelig av epidot. Mineralparagenesen tyder på en impregnasjon i kalkglimmerskifer, men uten feltspat og epidot.

En *albittrik type* (CVI<sup>1</sup>) finner vi i undre malmleie på Fjellgleberg. Det er en foldet, båndet, fattig impregnasjonsmalm med lyse albittrike og enkelte mørke hornblenderike bånd eller

streker. Begge fører skjell av jernglans og i enkelte slirer grovere magnetitt. Begge er kvartsrike. Albitten har sammensetningen  $An_9$  og danner homogene, friske, opptil 2 mm store poikiloblaster, ialt rikeligere enn kvartsen. Hornblenden har den vanlige blåliggrønne pleokroisme,  $\gamma = ca. 1,675$ . Biotitten er atskillig sparsommere,  $\beta = ca. 1,615$ . Kloritt eller muskovitt finnes ikke. Litt spessartin finnes som 0,1—0,15 mm korn. Epidot er høyst underordnet som selvstendige små korn. Der finnes to karbonatmineraler med henholdsvis  $\omega = 1,676$  og 1,704, førstnevnte overveiende. De hører visstnok til to forskjellige generasjoner.

Mellom Bøfeltet og Jernhaugen finnes en intenst aksefoldet, fhv. rik malm som består overveiende av kvarts og jernerts (CVI<sup>21</sup>). Den skiller seg fra alle andre undersøkte malmer ved å føre en mikroskopisk helt fargeløs hornblende med  $\gamma = 1,668$ ,  $c:\gamma = 16^\circ$ , aksevinkel nær  $90^\circ$ . Det må være en *cumingtonitt*. Videre finnes flekkevis rikelig spessartin i runde små korn, særlig sammen med ertsmineralene. Spredte flekker av mangano-kalsitt har  $\omega = 1,720$ , svarende til maksimalt 38 mol. %  $MnCO_3$ , og synes undertiden å fortrenge hornblenden. Videre finnes litt apatitt, titanitt og grønlig biotitt med  $\beta = 1,617$ . Feltspat mangler.

Til slutt tar vi for oss en jernglansmalm fra den store strosse på østre leie ved 1290 m på Bøfeltet. Den opptrer ved akseutkilingen av dette leie, og er intenst foldet og sliret. Et tynnslip (CVI<sup>9</sup>) gir et meget urolig bilde. Prøven er karakterisert ved rikelig *albitt* og forholdsvis meget sparsomt *kvarts*, når vi bortser fra enkelte yngre kvartsårer. Albitten er meget frisk, med tvillinglameller og en noe porfyroblastisk karakter, idet store korn i sin sentrale del er oppfylt av ytterst små dråper av *jernglans*, *kvarts* og *kalkspat*. Sammensetningen er  $An_4$  og da epidot-zoisitt mangler helt kan den ikke være dannet ved avkalkning.

Videre er prøven karakterisert ved en gressgrønn pyroksen, som særlig opptrer rikelig i en grovkornig slire. De optiske data er bestemt til:

$$\gamma^{\text{Na}} = 1,740$$

$$\alpha = 1,712$$

$$\gamma - \alpha = 0,028$$

c :  $\gamma = 68^\circ$ . Negativ lengderetning.

Aksevinkel meget stor, opt. +

Pleokroisme ubetydelig, med  $\alpha$  litt sterkere enn  $\gamma$ .

Mineralet er altså en *ægirinaugitt*.

*Hornblende* av den vanlige type med blåliggrønn pleokroisme synes utenfor pyroksenonen gradvis å bli det enerådende mørke mineral, men den opptrer også sammen med pyroksen uten at der er noe som helst tegn til gjensidig fortrenkning. *Biotitt*,  $\beta = 1,628$ , opptrer rikelig i enkelte sterkt begrensede slirer, for øvrig er det bare spor av den. *Spessartin* danner enkelte grove aggregater, undertiden delvis fortrent av et nettverk av fine albitt-kvarts-årer. Den er ofte intimt sammenvokset med *ægirinaugitt*. *Apatitt* danner påfallende grove korn. Et karbonatmineral er jevnt fordelt i moderat mengde,  $\omega = 1,670$ , altså en manganfattig kalkspat.

Æginmolekylførende pyroksener (urbaniter) er kjent fra Långbans<sup>1</sup> mangan-jernforekomster, hvor imidlertid matasomatisk prosesser har spillet en stor rolle. Selv har jeg omtalt *ægirinaugitt* av den her beskrevne type fra et jernskjerp ved Skjellesvik i Tysfjord.<sup>2</sup>

Tilstedeværelsen i Håfjellets rent regionalmetamorfe miljø er overraskende, men da mineralet bare er påvist i et enkelt preparat blir saken ikke diskutert nærmere.

Et tilbakeblikk over jernmalmenes mineralsammensetning viser visse generelle trekk.

Underskudd av kiseltsyre vil neppe forekomme noensteds. Vi finner derfor aldri mineraler av olivingruppen (knebelitt). Alkali- og kalkinnholdet er som regel temmelig lavt. Mens dolomittmineralet i kalkglimmerskiferne har en forholdsvis konstant sammensetning er det påfallende i hvor høy grad sammensetningen av manganokalsittene varierer. Dette henger åpenbart

<sup>1</sup> N. H. Magnusson: Långbans malmtrakt. Sveriges geol. unders. Ca nr. 23 (1930) p. 43.

<sup>2</sup> Steinar Foslie: loc. cit. (1941) p. 228.

sammen med det primære lerjordinnhold. Er det nok lerjord til å binde manganet til spessartin, blir karbonatet manganfattigere, er det for lite lerjord blir det manganrikere. Når lerjorden er bundet kan kvarts og kalkspat opptre sammen uten å reagere, også ved høyere temperatur. Kalk og lerjord danner her ikke plagioklas eller epidot, men inngår i noe lerjordholdige hornblender.

Man får muligens inntrykk av en lavere facies i malmene enn i de omgivende skifere. I plagioklasens sammensetning er der et desidert sprang. Oligoklasene i skiferne holder seg over  $An_{20}$ , albittene i malmene holder seg alltid under  $An_{10}$ . Mangangranater dannes som bekjent ved betydelig lavere temperatur enn almandiner.

En hel del av disse forhold forklares ved, at det kjemiske miljø er annerledes. Muligens kan også diaforese ha spillet en rolle, skjønt nevneværdige tegn til en sådan ikke kan påvises. Malmene er som vi skal se mere mobile under stress enn skiferne, så mineralnydannelsen skulle kunne tenkes fortsatt til en lavere temperatur, hvor den allerede er opphørt i skiferne.

### Yngre kvartsårer.

Yngre kvartsårer er meget alminnelige, både i visse soner av glimmerskiferne og i malmene. Her skal bare forholdet til de siste omtales.

Årene er temmelig uregelmessige, fra ganske smale til noen dm bredde, og skjærer ofte med skarpe grenser tvers over de eldre strukturer. De bevirker ikke noen forandring i de tilgrensende jernerters oksydasjonsgrad. Mineralsammensetningen er i hovedsaken ren kvarts, men nær grensene observeres undertiden noen andre mineraler. Fig. 5.

Alminneligst er en svart hornblende i opptil flere cm lange stengler. Den viser  $\gamma^{Na} = 1,660$ ,  $c:\gamma = 16^\circ$ , opt.  $\div$ , forholdsvis svak pleokroisme. Et optisk spektrogram viser som hovedbestanddeler Ca, Mg, Fe. Videre Al et par 0/0, Mn og Na vel 1 0/0, Ni og Co 0,0x 0/0, Cu spor. Ti ikke påviselig. Den er altså nær beslektet med hornblenden i malmene, men har en mørkere farge.



Fig. 5 Kvarts med sorte hornblendestengler som årer i malmen.  $\frac{2}{3}$  nat. st.  
*Quartz veins with blades of black hornblende, cutting ore.*

Sammen med hornblendene opptrer undertiden et karbonat-mineral med opp til cm-store spalteflater. Det er fargeløst eller svakt grålig og har brun forvittringshud. Lysbrytningen ble bestemt til  $\omega^{\text{Na}} = 1,676$ .

Det kunne derfor antas å være en dolomitt, men et spektrogram viser at det er en kalkspat: Ca helt dominerende, Fe  $\sim 1\%$ , Mg og Mn hver over  $1\%$  men under  $5\%$ , Cu spor. En kjemisk analyse (Anal. F. Dons) viste etter fradrag av  $7,88\%$  uopløst (kvarts):

CaCO <sub>3</sub> . . . . .	89,10 0/0
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	8,02 »
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	1,74 »
MnCO <sub>3</sub> . . . . .	1,14 »
	<hr/>
	100,00 0/0

Denne sammensetning betinger imidlertid en lysbrytning av bare 1,666, så man skulle anta at det er mere av de høyere lysbrytende bestanddeler, hva som også forvittringshuden tyder på.

Som sjeldenhet kan det forekomme enkelte større albittkrystaller ( $An_5$ ) i kvartsen.

Etter ovenstående synes det temmelig sikkert, at mineralene i kvartsgangen representerer omkrystallisert substans, opptatt fra malmen, likesom kvartsen selv må representere regionalt utlutet kiselsyre. Man kan iaktta, at hvor kvartsen sender uregelmessige, slireformete utløpere inn gjennom malmen får disse uskarpe grenser med forholdsvis rikelig hornblendedannelse i grensesonen.

### Ertsmineraler og malmtyper.

Et studium av polerslip fra en rekke av forekomstene her viser, at i uforvitret malm opptrer ikke andre ertsmineraler enn *jernglans* og *magnetitt*, samt undertiden ganske små mengder *ilmenitt* som avblandingsmineral. Malmenes svovelinnhold er meget ubetydelig, så sulfider påtreffes omtrent aldri i polerslipene. Hvor de sees er det svovelkis. Oksydiske manganmineraler er ikke iaktatt.

Forholdet mellom jernglans og magnetitt er meget varierende. Ganske nær hverandre kan man finne malmlag med bare jernglans og andre med overveiende magnetitt eller med blanding av begge i forskjellige forhold. I strøkretningen viser sammensetningen en betydelig større konstans, iallfall hvor lagningen er regelmessig.

En av grunnene til den hyppige veksling er åpenbart de to mineralers manglende mulighet for blandkrystalldannelse. Etter Masons undersøkelser<sup>1</sup> er den gjensidige faste oppløselighet av  $Fe_2O_3$  og  $Fe_3O_4$  forsvinnende liten helt opp til  $1100^\circ$ . Rent termale forandringer av dem inntreffer også først ved meget høye temperaturer, langt høyere enn de her behandlede malmer noensinne har vært utsatt for.

---

<sup>1</sup> Brian Mason: Mineralogical aspects of the system  $FeO-Fe_2O_3-MnO-Mn_2O_3$ . Geol. Fören. Förh. 65 (1943), p. 122 ff.

OmkrySTALLISASJONER fra det ene av disse mineraler til det annet kan derfor bare skyldes forandringer i redox-potensialet. I denne henseende er disse mineraler å betrakte som temmelig labile, idet det bare kreves en meget liten forandring i dette potensial for å bevirke en slik omkrySTALLISASJON.

Jernglansdannelse ved oksydasjon av magnetitt vil som regel bare forekomme som en supergen prosess, hvor atmosfærens surstoff har adgang. Magnetittdannelse ved reduksjon av jernglans kan derimot opptre under enn regionalmetamorfose allerede ved forholdsvis moderat temperatur. Etter Mason spiller derunder også det herskende pH, stressforholdene og porøsitetforholdene etc. en rolle for prosessens forløp. Dette er vel grunnen til de ofte lokale variasjoner som vi finner i deres innbyrdes mengdeforhold, selv hvor metamorfosegraden må antas å ha vært temmelig ensartet.

Mineralogisk har disse forhold vært inngående behandlet av Hjelmqvist for mellomsvenske jernmalmstyper.<sup>1</sup> Nedenfor gis en oversikt over de tilsvarende forhold hos hovedtyper av Håfjellsmalmene, som er langt jernfattigere enn de svenske. Jeg går da ut fra Bøfeltet, Pl. I, som er best kjent, og hvor jernglans overalt spiller en fremtredende rolle.

En hovedtype er den såkalte jernglimmermalm (Pl. VII, fig. 1, fra liggende leie av nedre Bøfelt, ved landevei nær Hestvik). Det er en planbåndet malm med kvarts som omtrent eneste bergartsmineral og jernglans som eneste ertsmineral. Båndingen er forholdsvis diffus, malmen er i overflaten sterkt smuldrende.

De glimmeraktige jernglansblader er utpreget krySTALLISASJONSKIFRIGE og har en største lengde av 0,6 mm og en største tykkelse av 0,12 mm. Hvert blad utgjør et optisk homogent jernglansindivid. Som det sees av fotografiet kan disse blader i enkelte soner samle seg til bunter av høyere størrelsesorden. Manganinnholdet er lavt (ca. 0,3% Mn).

En annen kvartsbåndet malm (liggende leie på 2110 m i Bøfeltet) viser vekslende bånd av bladig og av kornig jernglans,

---

<sup>1</sup> Sven Hjelmqvist: Stribergs malmfält. Sveriges Geol. Unders. Årsbok 36 (1942), no. 6, p. 44—76.

åpenbart som følge av omkrystallisasjon under intragranulær bevegelse. I sistnevnte bånd begynner det å opptre noen sparsomme, isometriske korn av homogen magnetitt, ca. 1 mm store og skarpt begrenset mot jernglansen. I denne malm kan det også parallelt med båndingen være utskilt sammenhengende skiver av forholdsvis ren jernglans, få mm tykke, så malmen blir rikere. I disse skiver viser jernglansen en eiendommelig delbarhet tvers på båndingens retning, med speilende flater som er ens orientert over store partier. De går ikke inn i de kvartsrikere bånd.

Kornig jernglansmalm (Pl. VII, fig. 2, store strosse på østre leie, Toppåsen, Bøfeltet).

I en del områder er særlig de kvartsfattigere soner av jernmalmen sterkt småfoldet og jernertsen samler seg i grove, rikere slirer. I disse er den omkrystallisert til kornige aggregater kornstørrelse 0,2—0,5 mm, fremdeles omtrent utelukkende jernglans med rene, skarpe kornrensere.

Magnetittporfyroblastmalm. Stollen i Vassåsen, Bøfeltet.

Et belte av malmen er her utviklet med grove magnetittporfyroblaster. Fotografiet fig. 6 viser en stoff av denne malm. Der sees fremdeles enkelte lysegrå, nesten jernertsfrie kvartsbånd, som her er atskillig foldet. De mellomliggende bånd, som fører forholdsvis rikelig av hornblende, biotitt etc. (CV<sup>20</sup>, omtales s. 33) har vært sterkere småfoldet og omkrystallisert til forholdsvis grov struktur, og det er bare i disse at magnetitten er utviklet og er blitt helt dominerende.

Et polerslip, Pl. VIII, fig. 1 viser, at det i grunnmassen fremdeles opptrer rikelig av de små blader og korn av jernglans. Disse blader følger strukturplanene og har derfor som følge av foldingen en sterkt varierende orientering, men det er bemerkelsesverdig, at de enkelte blader allikevel ikke er bøyd. Magnetittporfyroblastene er av en helt annen størrelsesorden, 2—7 mm, er skarpt begrensede, oftest med tendens til idiomorfi, og bryter fullstendig med grunnmassens tekstur, så det ikke kan være tvil om deres yngre dannelse. Både magnetitt og jernglans er selv ved sterkeste forstørrelse helt homogene, og hvor de støter direkte sammen er grensen klar og skarp uten gjensidige inneslutninger eller fortrenninger.

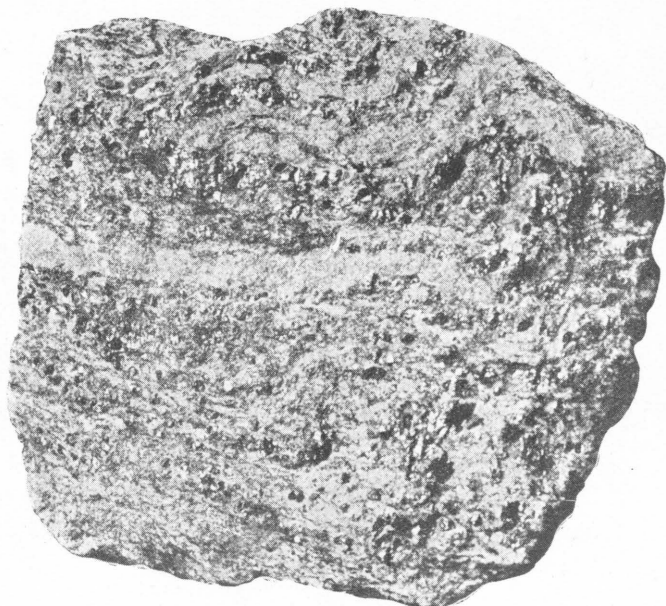


Fig. 6. Magnetittporfyroblastmalm. Stollen i Vassåsen.  $\frac{2}{3}$  nat. st.

Stenglig malm (CVI<sup>21</sup>). Mellom Bøfeltet og Jernhaugen.

I de sterkt aksefoldete områder kan malmen undertiden få en ganske stenglig karakter, som det fremgår av fotografiet av en stoff, fig. 7.

Jernglansen er omkrystallisert til tettpakkete aggregater av kornig jernglans, kornstørrelse 0,2—0,4 mm. Enkelte runde spessartinkorn er oppfylt av uhyre små dråper av jernglans. Store individer av homogen magnetitt opptrer som porfyroblaster, kornstørrelse 2—5 mm, tildels med vakker krystallbegrensning mot jernglansaggregatene (Pl. IX, fig. 1), men oftest mer avrundet.

I alminnelighet er grensen mellom dem knivskarp, uten gjensidige fortrenninger. Imidlertid finner vi noen unntakelser. I den store magnetittkrystall på mikrobilledet sees til høyere en innesluttet rest av jernglans med litt nydannet magnetitt. Øverst til venstre sees en tunge av jernglans inn i porfyroblasten. I denne synes to av jernglanskornene å være under omdannelse til magnetitt, mens alle de andre jernglanskorn rundt porfyroblasten er helt homogene.

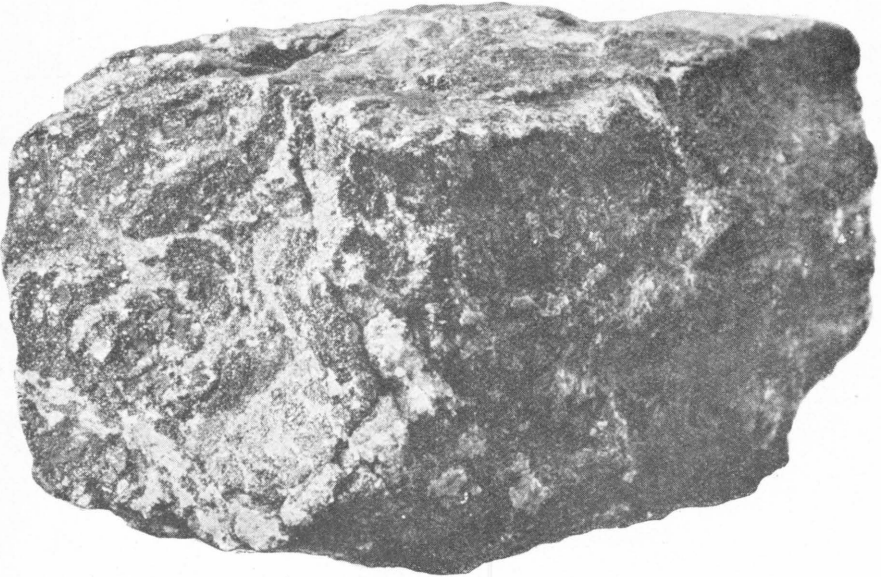


Fig. 7. Stenglig jernglans-magnetitt-malm.  $\frac{3}{4}$  nat. st.

På Pl. IX, fig. 2 sees et annet grenseområde i sterkere forstørrelse som viser ganske interessante forhold. Her er igjen bare et enkelt jernglanskorn oppfylt av magnetitt, som åpenbart er orientert i to krystallografiske retninger. Forholdet minner meget om Hjelmqvists fig. 29 (loc. cit.), hvor han trekker den slutning, at magnetitten er dannet etter jernglansens tvillingretninger. Hvis vi imidlertid bare ser på jernglanskornets grense mot magnetittporfyroblasten (til høyre) og de små gryn av jernglans inne i denne, måtte vi ubetinget trekke den omvendte slutning. Forholdet viser hvor vanskelig det ofte kan være med sikkerhet å bestemme aldersforholdet i mikrobilleder.

Når jeg allikevel slutter meg til Hjelmqvists tydning er det avgjørende i dette tilfelle, at magnetitten i jernglansen når betydelig utenfor den ellers skarpt markerte grense av magnetittporfyroblasten, hva som gjør det temmelig vanskelig å anse jernglansen som den yngre (martitt).

Forresten har jeg ikke iaktatt typiske martittdannelse i noen av de her undersøkte malmer.

Det kan bemerkes at også denne malm viser en viss delbarhet tvers på stengligheten, som omtrent bare kommer tilsyne i magnetittporfyroblastene. På slike brudd viser derfor disse speilende flater, som er ensrettete over betydelige arealer, likesom for jernglansen, s. 41.

Jernglans-magnetittstripe i spessartin. Stollen i Toppåsen.

I den s. 32 omtalte båndete mangansilikatmalm så vi, at de smale hornblendebånd førte overveiende magnetitt, spessartinen overveiende jernglans i form av korn og tynne streker. Den omtalte smale stripe av tilsynelatende ren jernglans ble undersøkt i polerslip og viste seg å bestå av omtrent 3 deler jernglans: 1 del magnetitt, foruten en del silikatminerale.

Strukturelt skiller den seg fra de tidligere omtalte malmer ved at magnetitten ikke opptrer som porfyroblaster, men helt likeverdig med jernglansen og med samme kornstørrelse. Pl.VIII, fig. 2. Denne er ikke bladig, men kornene har allikevel en tydelig tendens til største lengde i strøkretningen, også magnetitten. Største lengde kan bli 0,4 mm, som regel atskillig mindre. Grensene mellom dem er helt skarpe, uten sikre tegn til gjensidige fortrenninger, men allikevel med atskillig uregelmessigere forløp enn i de andre malmer. Der sees små inneslutninger av jernglans i magnetitt og omvendt. Det kan ikke konstateres noen sikker aldersforskjell mellom dem. De synes å være rekrystalisert samtidig under stress.

I de ovenfor omhandlede malmtyper fra Bøfeltet og dets forlengelse spiller jernglans en større rolle enn i noen av de andre felter. Et påfallende trekk er hvor lite tvillinglamellert jernglansen er i dem alle. Enten mangler slike lameller helt eller de opptrer ganske sparsomt og smale, særlig i de kornige jernglanser. I ingen av disse malmer har det kunnet påvises spor av ilmenittutsondringer.

For å undersøke fordelingen av de underordnete elementer mellom magnetitt og jernglans ble der tatt noen optiske spektrogrammer.

1. Utplukket magnetitt fra magnetittporfyroblastmalmen i Vassåsen. Magnetitten er temmelig ren.

2. Jernglansstripe fra manganrik sone ved 2600 m, nedenfor Vassåsen (CVI<sup>20</sup>, s. 33). Prøven er helt fri for magnetitt, men fører en del hornblende, albitt og kvarts samt ubetydelig manganokalsitt.
3. Magnetitt som idiomorfe krystaller, utplukket av kalkglimmerskiferen i ligger av Fjellglebergfeltet, til sammenligning.

	Mn	V	Ti	Mg	Al
1.	< 1 0/0	0,0x	< 0,1 0/0	0,x 0/0	0,x 0/0
2.	< 1	null	~ 1	( )	( )
3.	< 1	0,0x	0,0x	0,1	0,1

Det fremgår altså, at ertsmineralene selv i et manganrikt miljø fører under 1 0/0 Mn, uten noen påviselig forskjell mellom magnetitt og jernglans. Vanadin finnes bare i magnetitten, mens titan opptrer betydelig rikeligere i jernglansen, men enda bare i fast oppløsning.

I Håfjellsbuen er magnetitt og jernglans omtrent likeverdige, i Håfjelllets vestlige malmfelter er magnetitt som regel dominerende fra Jernhammeren og nordover og der er mindre variasjoner i malmtypene. Her ble bare to malmtyper nærmere undersøkt.

Kvartsbåndet magnetitt fra Fjellgleberg (CVI<sup>8</sup>, s. 29).

Båndingen er forholdsvis diffus, idet spessartin inngår såvel i kvarts- som i jernertsbåndene. Magnetitten opptrer ikke som porfyroblaster, men er forholdsvis jevnkornig, 0,15—0,5 mm, helt homogen og for det meste uten idiomorf begrenning.

I malmen finnes videre en del meget sparsomme korn av jernglans, i størrelse, form og opptreden tilsynelatende likeverdige med magnetitten. På grunnlag av strukturen kan det derfor ikke bevises, at disse magnetittmalmer er dannet av opprinnelige jernglansmalmer.

Et meget påfallende og interessant trekk er det imidlertid, at jernglanskornene her alltid fører utsondringer av ilmenitt. Pl. X, fig. 1. Ilmenitten opptrer som bitte små linser og punktrekker på den måte, som er vanlig ved avblanding fra fast oppløsning. Dertil kommer at jernglanskornene også ofte er omgitt av en ganske smal og temmelig kontinuerlig randsone av ren ilmenitt. Et slikt forhold har jeg ikke sett omtalt i litteraturen, bortsett fra en viss analogi med ilmenittrike randsoner fra rent

magmatiske forekomster (Sudbury),<sup>1</sup> som viser at den rene ilmenitt krystalliserer ved en lavere temperatur enn de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -rike blandingsledd.

I vårt tilfelle kan forholdet vanskelig forklares uten ved å anta, at magnetitten er dannet ved omkrystallisasjon av jernglans. Under omtalen av malmene fra Bøfeltet har jeg allerede vist (s. 45), at de nydannete magnetittporfyroblaster er meget titanfattede. Titanet er mest samlet i jernglansen, men totalgehalten av titan er enda for lav til at det kan komme til noen ilmenittutsondring.

I den her omtalte malm er magnetittdannelsen gått så langt, at det bare er små rester av jernglansen tilbake, og i disse rester har derfor titanet kunnet anrikes så langt, at ilmenitt har kunnet utsondres ved avkjølingen. Etterat dette er inntrådt har det siste frigjorte titan ikke kunnet opptas i jernglansen, men er utfelt som en smal randsone av ilmenitt. Forholdet kan også gi en antydning av temperaturforholdene under metamorfosen.

Grov magnetitt-spessartin-malm. Jernhammeren.

En større stoff av denne malm vises på fotografet, Pl. XII. Den består av sorte magnetittbånd og rødlig silikatbånd, rike på spessartin. På grunn av den grovkornige utvikling er båndingen atskillig utvisket. Malmen gjennomsettes av de før omtalte kvartårer, som her fører en del albittkrystaller, og de sees å skjære båndingen.

Ertsmineral er utelukkende magnetitt i helt homogene, ca. 2 mm store korn, og lite idiomorf begrenning. Kvantitativt helt ubetydelig sees inne blant silikatene noen meget små ilmenitt-tavler med jernglansdråper og sammen med dem, men sjeldnere, noen små jernglansblader med ilmenittlinser. De kommer ikke i kontakt med magnetitten, og synes uavhengig av den.

### **Supergen dannelse av manganoksyder.**

Et nevneverdig manganinnhold i malmene vil som regel røpe seg ved den såkalte „manganhud“, en tynn, sort hinne av manganoksyder på overflaten, som skyldes oksydasjon av

---

<sup>1</sup> Schneiderhöhn og Ramdohr: Lehrbuch der Erzmikroskopie, fig. 207.

manganholdige mineraler, først og fremst karbonatene, men også silikater.

Enkelte steder, hvor bergartens porøsitet eller andre forhold har tillatt det, kan denne oksydasjon gå dypere under dannelse av sekundært anrikete manganoksydmalmer, men hos oss neppe noen gang til over et par meters dyp. Jernglans vil under denne prosess forbli upåvirket, ofte også magnetitten.

En slik oksydert malm fra Vassåsen i Bøfeltet ble undersøkt i polerslip. Primært sees den å ha bestått av impregnasjonsbånd av små jernglanskorn og noen sparsomme magnetittkorn, videre rikelig av kvarts og små runde spessartiner, oppfylt av uhyre små dråper av jernglans.

Mikrobilledet, Pl. XI, gir et overordentlig karakteristisk bilde. Vi ser hvordan manganoksydene (hvite) er avsatt langs alle korn grenser og sprekker. De omgir kvartskornene (lyst grå) som en tynn hinne, silikatene, vesentlig spessartin (mørk grå, ruglet), blir dessuten mer eller mindre fortrent av dem. Alt det hvite er manganoksyder, unntatt 2 korn betegnet med M, som er magnetitt, og ett med H, som er jernglans. Disse er helt friske og omgitt av manganoksyder som de andre korn, men uten tegn til martittisering.

Stort sett viser manganoksydene en rekke overganger fra tynne, sterkt reflekterende hinner, som ved sterk forstørrelse alltid viser en sort søm langs midten, til bredere, mindre sterkt reflekterende bånd og felter, som viser tydelig rytmisk utfelling som kolloider.

De sterkt reflekterende hinner viser seg ved sterkere forstørrelse å være heterogene. De er oppfylt av uhyre små blader og korn, som reflekterer enda noe sterkere enn jernglans og i forhold til denne er mere kremfarget. De er meget sterkt anisotrope og har sterk birefleksjon. Det er *pyrolusitt*. Mellommassen mellom de nevnte blader viser svakere refleksjon, omtrent som magnetitt eller litt mørkere. De har også tydelig birefleksjon, men er mindre sterkt anisotrope og har en noe ruglet overflate. Det er *psilomelan*. I bredere bånd kan denne siste være omtrent enerådende, bare med noen ubetydelige gnister av *pyrolusitt*. Enkelte bånd kan gradvis få enda svakere refleksjon, og innbefatter antakelig kolloidal kiselsyre.

## Kjemisk-mineralogisk undersøkelse av en rik mangansilikatmalm.

For et nærmere studium av mineralparagenesen hos de manganrikere ledd av disse jernmalms horisonter ble valgt malmen fra et skjerp på nordsiden av Skårneselven, 185 m o. h. og tilhørende den hengende (østlige) malmhorisont her. (Se geologisk kart.)

Da terrenget er sterkt overdekket kan hverken mektigheten eller strøk-kontinuiteten bestemmes på dette sted, men malmen var særlig godt egnet for en slik undersøkelse på grunn av den skarpe adskillelse av de oksydiske og silikatiske mineraler. Den synes også å være representativ for mineraldannelsen ved den her herskende metamorfosegrad.

Malmen er i overflaten overtrukket av den vanlige sorte „manganhud“. Denne oksydasjonshinne er bare en brøkdel av en mm tykk, og under den er alle mineraler absolutt friske, uten noen påvirkning fra overflateoppløsninger.

Mikroskopisk har malmen en lyst kjøtt rød til lyst brunlig rød farge med en antydning til båndet eller sliret tekstur. Disse bånd er dels helt tette, bruser litt for syre og viser seg å bestå av en skarnmasse av mikroskopisk små granater i en karbonatgrunnmasse. Her og der er innleiret enkelte synlige stengler av et lyst gråbrunt hornblendemineral. Andre bånd er noe grovere, idet de fører rikelig av de nevnte hornblendestengler, sjelden over et par mm lange. Videre observeres her et sterkere brunt, kornig silikatmineral, litt fri kvarts, en sjelden gang mm-store korn av et fargeløst karbonat, samt små korn av apatitt. På polert stuff synes de grovere bånd å være noe yngre, idet de undertiden overskjærer de finkornige diagonalt, og dels synes å fortrenge dem metasomatisk. Det er et 2ten generasjons skarn.

I begge slags bånd opptrer runde „dråper“ av sterkt metallglinsende magnetitt, undertiden med markerte spalteflater, men aldri med krystallbegrensning. De er opptil 4 mm store, oftest anordnet parallelt med båndingen, og kan gå over til sammenhengende parallelle magnetittbånd av 2—3 mm bredde. Både dråper og bånd er påfallende skarpt begrenset mot de omgivende

silikater, som for en stor del er ganske frie for mikroskopiske magnetittkorn. Samlete magnetittmasser finnes heller ikke.

Ved omkrystallisasjonen må magnetitten være „utrenset“ på et forholdsvis tidlig stadium, idet heller ikke 1ste generasjons skarn viser noen finpudring av magnetitt.

Det var etter dette en forholdsvis lett sak, ved omhyggelig utplukking å skaffe følgende analysemateriale:

- 1) Tilsynelatende helt ren magnetitt.
- 2) Det tette aggregat av granat og karbonat, helt fritt for ertsmineraler og tilsynelatende uten spor av hornblendestengler.
- 3) Noen få helt rene hornblendestengler, bare tilstrekkelig for en spektrografisk undersøkelse.

I forbindelse med analysene bemerkes:

Magetittanalysen viste 1,33% uopløst, som representerer innesluttete silikater. Da sulfider ikke er tilstede og der ved oppløsningen ikke var noen kullsyreutvikling stammer de oppløste bestanddeler utelukkende fra de forhåndenværende oksydiske ertsmineraler, og innbefatter alle disse.

Granat-karbonat-aggregatet ble før oppløsningen behandlet med magnet som en ytterligere sikkerhet for at det var helt fritt for ertsmineraler. Det ble så behandlet med (1/1 normal) saltsyre, opphetet til kokning, hvorved 9,71% gikk i oppløsning. Dette må representere de forhåndenværende karbonater, da oppløselige silikater (olivingruppen etc.) ikke er tilstede, og da de forhåndenværende silikater (se senere) må ansees for helt uangripelige av fortynnet saltsyre.

I det følgende behandles de enkelte mineraler på grunnlag av analyser og spektrogrammer samt mikroskopisk undersøkelse av polerslip, tynnslip og pulverpreparater.

#### Magnetitt.

Analyse:	Omregnet: Altern. I	Altern. II
Uopløst 1,33 0/0	1,33 0/0	1,33
Fe 68,82 »	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 93,85 »	95,04
Mn 1,43 »	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 1,99 »	0,82
Ti 0,74 »	FeTiO <sub>3</sub> 2,34 »	MnTiO <sub>3</sub> 2,32
	99,51 0/0	99,51

Optisk spektrogramm av en særlig ren liten prøve viste ytterligere:

Si		Litt	
Mg, Al	hver ca.	0,2	0/0
V		0,0 x	»
Cu, Ni, Co	hver	0,00 x	»

Hva som i analysen mangler på 100 0/0 må derfor i hovedsaken være Mg og Al som inngår i magnetitt-molekylet, idet silikatmengden i den spektrograferte prøve var ytterst ubetydelig.

Da  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  og  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  er isomorft blandbare (magnetitt-jakobsitt), var det å priori ingen grunn til å tro, at den lille mangengehalt skulle inngå i noe selvstendig manganoksyd-mineral, og dannelse av hausmannitt ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) må ansees for teoretisk utelukket.

*Polerslipene* viser også, at noe slikt mineral ikke finnes. De viser omtrent utelukkende ren *magnetitt*, som også etter etsing er helt homogen. Malmen fører intet spor av jernglans.

Som det fremgår av analysene har omtrent hele malmens titanmengde ved omkrystalliseringen fulgt ertsmineralene, idet der i silikatene bare er ca. 0,1 0/0  $\text{TiO}_2$  tilbake. Titanet inngår imidlertid ikke i magnetitten, men i selvstendige, spredte, uorienterte *ilmenitt*-korn. Disse finnes for det meste inne i magnetitten, ofte som korte, tykke tavler. Videre kan ilmenitt opptre selvstendig inne i silikatmassen som ensartet utslukkende poikiloblaster, fullstendig gjennomhullet av dominerende silikat-mineraler. Begge former har samme optiske karakteristikk, nemlig markert birefleksjon og dobbeltbrytning, men ingen tvillinglameller. De viser imidlertid mere av indre reflekser enn vanlig, særlig den sistnevnte form, som har utpreget tynne, gjennomskinnelige partier. Det er videre påfallende, at disse indre reflekser har en utpreget rødlig farve, nesten som hos hausmannitt. Det er derfor sannsynlig, at det handles om en *manganilmenitt*  $(\text{Fe Mn})\text{TiO}_3$  som også er karakterisert ved disse indre reflekser.

I motsetning til høytemperaturs ilmenitter, som oftest viser utsondringer av jernglans eller magnetitt, er denne helt homogen.

I polerslip av en tilsvarende malm fra Partlien nord for Ofotenfjorden har jeg observert ilmenitter, som viser en ytterst finkornig og sparsom utsonding av jernglans-dråper. Det synes derfor som om omkrystalliseringen og mineraldannelsen hos disse forekomster har foregått ved en temperatur, som står på grensen av det område, hvor overskudds  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kan opptas i ilmenitten, et forhold som skulle kunne brukes som geologisk termometer.

#### Manganokalsitt.

Analysen av de oppløste bestanddeler i granat-karbonat-aggregatet viste i % av det hele:

FeO	0,56 %	FeCO <sub>3</sub>	0,90 %
MnO	2,27 »	MnCO <sub>3</sub>	3,68 »
MgO	0,35 »	MgCO <sub>3</sub>	0,73 »
CaO	2,17 »	CaCO <sub>3</sub>	3,88 »
			9,19 %

Omregnet til 100 % blir dette for det rene karbonat:

	Vekt %	Mol. %
FeCO <sub>3</sub>	9,80	8,9
MnCO <sub>3</sub>	40,05	36,7
MgCO <sub>3</sub>	7,95	9,9
CaCO <sub>3</sub>	42,20	44,5
	100,00	100,0

For å avgjøre om denne sammensetning representerer ett homogent karbonatmineral eller en blanding av to forskjellige, ble lysbrytningen bestemt i pulverpreparat ved immersjon. Det viste seg at for de tallrike små karbonatkorn lå  $\omega^{\text{Na}}$  temmelig konstant på 1,745 og ikke et eneste korn viste  $\omega$  lavere enn methylenjodid (1,742). Da de også på annen måte viste seg helt ensartet kan vi gå ut fra, at der foreligger et homogent karbonatmineral med Ca og Mn som hovedbestanddeler, og disse innbyrdes i ikke langt fra støkiometrisk forhold. Dette svarer til hva man tidligere betegnet som mangandolomitt,

$\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2$ , som hadde  $\omega = 1,743$  og som ble betraktet som et av endeleddene i dolomittgruppen.

Nyere undersøkelser har imidlertid bragt en del forandringer i oppfatningen av denne mineralgruppe. Det er således påvist,<sup>1</sup> at  $\text{CaCO}_3$  og  $\text{MnCO}_3$  danner en kontinuerlig blandkrystallserie, som kan benevnes *manganokalsitter* inntil 50 Mol.-<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $\text{MnCO}_3$  og *kalsio-rhodochrositter* ved høyere mangengehalter. Fig. 4. Alle mellomledd i manganokalsitt-rekken er representert blandt naturlige mineraler, mens de midlere ledd av kalsio-rhodochrositene er meget sjeldne, og bare påvist i få tilfeller.  $\text{FeCO}_3$  og  $\text{MgCO}_3$  opptas bare i meget begrenset mengde av de kalkrikere ledd av denne serie, men det er grunn til å tro at med stigende mangengehalt kan iallfall mengden av  $\text{FeCO}_3$  i fast oppløsning stige betraktelig, idet rhodochrosittsideritt som bekjent igjen danner en kontinuerlig blandkrystallserie.

Dolomitt-rekken krever som bekjent uansett sammensetning meget nær 50 Mol. <sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $\text{CaCO}_3$ . Her er magnesi dolomitt,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  og ferrodolomitt,  $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$  kontinuerlig blandbare (ankerittene), mens Mn bare synes å kunne opptas i begrenset mengde. Den tidligere mangandolomitt,  $\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2$  er etter de siste resultater derfor ikke annet, enn et midlere blandingsledd i den isomorfe kalsitt-rhodochrosit-serie. Fe og Mn forholder seg altså vesentlig forskjellig i disse mineraler.

I vårt tilfelle kunne man fremdeles tenke seg muligheten av, at der forelå 2 forskjellige karbonater med omtrent samme lysbrytning. I så fall måtte det i hovedsaken være Mg og Fe som var utskilt fra manganokalsitten til et selvstendig karbonat. I et så kalkrikt miljø som her ville det bare bli spørsmål om et karbonat av dolomittrekken, en ankeritt. Jeg har nedenfor

---

<sup>1</sup> Philip Krieger: Notes on an X-ray diffraction study of the series calcite-rhodochrosite. Am. Min. 1930, p. 23.

Russel G. Wayland: Rhodochrosite from Butte. Montana. Am. Min. 1942, p. 614.

George C. Kennedy: Charts for correlation of optical properties with chemical composition of some common rock-forming minerals. American Min. 1947, p. 561.

foretatt en beregning av hvilke mineraler man i dette tilfelle ville få, angitt i Mol. % og med tilhørende lysbrytning:

62,4 % kalsio-rhodochrositt	37,6 % ankeritt
Fe CO <sub>3</sub>	23,7
Mn CO <sub>3</sub> 59,0	
Mg CO <sub>3</sub>	26,3
Ca CO <sub>3</sub> 41,0	50,0
100	100
ω = 1,756	1,728

Som det sees ville de to karbonater få en vesentlig forskjell i lysbrytningen. For at ankeritten skulle komme opp i den iaktatte lysbrytning av 1,745 måtte dens MgCO<sub>3</sub>-innhold ned henimot 10 mol. %. Dette forutsetter igjen en anrikning i manganokalsitten av Mg i forhold til Fe, hvilket er det motsatte av hva man skulle vente.

Det må derfor ansees som sikkert, at det her foreligger en homogen *manganokalsitt* av den tidligere anførte sammensetning. Dennes Mn-Ca-forhold alene skulle betinge en lysbrytning av 1,734, men den isomorfe tilblending av Fe og Mg i henhold til analysen bringer den opp i en beregnet lysbrytning av 1,740.

Mens karbonatet i den analyserte prøve som nevnt ikke kan sees makroskopisk, finnes i de grovkornigere bånd av og til et karbonat av mm-størrelse. Det er helt fargeløst og lysbrytningsbestemmelse i 2 forskjellige stuffer ga et overensstemmende resultat av  $\omega^{\text{Na}} = 1,724$ . Et spektrogram viste Ca og Mn som hovedbestanddeler, mens Mg og Fe er av størrelsesorden 1 %.

Det er altså også en manganokalsitt, men litt kalkrikere enn den foregående, ca. 58 mol. % CaCO<sub>3</sub>.

**Spessartin.**

Den uoppløste fraksjon av granat-karbonat-aggregatet utgjør et ferskenfarget pulver, som består nesten bare av granat.

Analyse:	SiO <sub>2</sub> . . . . .	39,12	0/0
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18,56	»
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,72	»
	FeO . . . . .	7,06	»
	MnO . . . . .	31,18	»
	MgO . . . . .	0,47	»
	CaO . . . . .	1,82	»
		<hr/>	
		99,93	0/0

Et spektrogramm viste ytterligere Ti ca. 0,1 0/0 og V knapt 0,1 0/0. Herav beregnes molekylarforholdet RO : R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> = 3,016:1:3,38. De to første svarer meget nær til granatformelen, men der er et overskudd av kiselsyre, som beregnes til 4,23 vekts 0/0.

I pulverpreparat viser det seg også, at den vesentligste forurening sammen med granaten er kvarts, som i hovedsaken er ansvarlig for kiselsyreoverskuddet. Hornblendestengler opptrer ytterst sparsomt, anslagsvis et par tiendedels prosent, så det altså har lyktes å fjerne dem temmlig fullstendig ved utplukkingen. Litt mere finnes det av en triklin, i større korn svakt brunlig pyroksen, men også av den under 1 0/0.

Som vi senere skal se hører både pyroksen og hornblende til utpreget sesquioksyd- og CaO-fattige typer, så disse bestanddeler hører i sin helhet til granaten. Analysens lille overskudd av RO kan derfor henføres til disse mineraler, og vi kan beregne forureningene til:

Fri kvarts . . . . .	4,0	0/0
Pyroksen + hornblende ca	1,0	»

Den *rene granat* får da følgende sammensetning:

	0/0			
SiO <sub>2</sub>	36,4	0,607	0,607	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,5	0,191	} 0,202	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,8	0,011		
FeO	7,25	0,101	} 0,606	3
MnO	32,7	0,460		
MgO	0,43	0,011		
CaO	1,92	0,034		
	<hr/>			
	100,0			

Granatens molekylære sammensetning blir:

Spessartin ..	75,9	mol. 0/0
Almandin ...	16,7	»
Pyrop .....	1,85	»
Grossular ..	0,0	»
Andraditt ...	5,55	»
	<hr/>	
	100,00	mol. 0/0

Av genetisk interesse ved denne granat er, at den er fattig på andraditt-molekyl og helt fri for grossular-molekyl.<sup>1</sup>

#### Dannemoritt.

Av de tidligere omtalte hornblendenåler kunne ikke skaffes materiale nok for en kjemisk analyse, men utplukkete rene nåler ble optisk spektrografert med følgende resultat:

Mn, Mg, Fe ...	hver	flere 0/0
Al, Ca .....	»	under 1 0/0
Ti .....		ca. 0,1 0/0
Ni, Co .....	»	0,0 x 0/0

Da høyere gehalter ikke egner seg for bestemmelse ved optisk spektrografi, kan det innbyrdes forhold mellom de tre førstnevnte bestanddeler ikke bedømmes, men de hører alle til hovedbestanddelene.

Den optiske undersøkelse ga som resultat:

$$\begin{aligned} \alpha^{\text{Na}} &= 1,659 \\ \gamma^{\text{Na}} &= 1,688 \\ \gamma \div \alpha &= 0,029 \\ c:\gamma &= 16^\circ \\ &\text{Aksevinkel meget stor.} \end{aligned}$$

Fargeløs i tynnslip. Tvillinglameller etter 100 rikelig.

<sup>1</sup> I denne forbindelse kan nevnes en eiendommelig forekomst av granat, som ble observert i en røsk 25 m vest for 640 m på Fjellgleberg basis (Pl. IV). Vi har her nøyaktig det samme uhyre finkonige spessartin-karbonat-aggregat som ovenfor omtalt, men i det er utkrystallisert over tomlestore, skarpt begrensede klumper av helt ren granatsubstans, rødbrun med mulig brudd, men uten krystallbegrensning. Et spektrogramm av denne granat viste: Hovedbestanddeler Mn, Fe, Al. Videre et par 0/0 hver av Mg og Ca, ca. 1 0/0 Ti, ~ 0,2 0/0 V og 0,00 x 0/0 Ni og Co. Det er altså også en spessartin, men med noe høyere almandininnhold og mere Ti. På grunn av jorddekket kunne denne forekomst ikke studeres nærmere, men den opptrer nær kvartsårer av før omtalte type.

Disse data viser at hornblenden hører til cummingtonitt-grüneritt-serien. I henhold til Sundius' diagrammer<sup>1</sup> skulle den ikke holde mer enn ca. 35 mol.-%  $\text{MgSiO}_3$ . Den blir derfor en *manganholdig grüneritt*. Manganinnholdet er sikkert såvidt stort, at den kan betegnes som en *dannemoritt*.

#### Pyroksmangitt (Sobralitt).

Det før nevnte kornige, brune silikatmineral er fargeløst i tynnslip og viser seg å være en triklin pyroksen. Den opptrer betydelig sparsommere enn hornblenden, og det kunne ikke plukkes ut rent materiale for spektrografering. Optiske bestemmelser:

$\alpha^{\text{Na}} = 1,736$  Optisk +, med påfallende liten aksevinkel.

Med Bereks kompensator bestemtes følgende dobbeltbrytninger i orienterte bisectrix-snitt med nærliggende orienterte kvartskorn som referanse:

$$\gamma \div \alpha = 0,0175$$

$$\gamma \div \beta = 0,016$$

$$\beta \div \alpha = 0,0015$$

Herav beregnes aksevinkelen til  $2V \sim \text{ca. } 34^\circ$ .

Den lille aksevinkel viser at det ikke er en rhodonitt, men de optiske data stemmer nøye med Sobralitt-Pyroxmangitt.<sup>2</sup> I motsetning til rhodonittene fører disse mineraler omtrent like meget  $\text{FeSiO}_3$  som  $\text{MnSiO}_3$ . Det er senere påvist,<sup>3</sup> at de er identiske, og navnet pyroksmangitt har da prioriteten. Den er optisk homogen.

#### Struktur og paragenese.

Mikroskopisk viser det seg, at de finkornige skarn-partier danner et gullig aggregat, som først oppløser seg ved sterk forstørrelse og undertiden muligens har antydning til primær lagning.

<sup>1</sup> N. Sundius: The optical properties of grünerites and cummingtonites Am. J. Sci. 21 (1931), p. 330.

<sup>2</sup> N. Sundius: On the triclinic manganiferous pyroxenes. Am. Mineralogist, 16 (1931), p. 411.

<sup>3</sup> E. P. Hederson and J. J. Glass: Identity of Sobralite and Pyroxmangite. Am. Min. 21 (1936), p. 273.

Det består av en vrimmel av uhyre små runde granat-individer med en midlere størrelse  $20 \mu$  (0,02 mm) eller mindre, i en grunnmasse av manganokalsitt, som utgjør under 10<sup>0/0</sup> av det hele. Allikevel viser karbonatet homogen utslukning over uregelmessig tannete felter av 0,3—1 mm størrelse, og dette er altså ikke finkornig.

Mengden av granat blir ved første øyekast sterkt undervurdert, fordi kornene har mindre størrelse enn preparatets tykkelse (0,04 mm) og derfor ikke virker isotrope, men tilsynelatende slukker ut sammen med vertsmineralet. I små flekker kan granatenes størrelse vokse til maksimum 0,1 mm, og så snart de blir større enn ca. 0,05 mm virker de isotrope. Vi får derfor det eiendommelige bilde av tallrike små isotrope felter i tilsynelatende anisotrope partier av det samme mineral. I pulverpreparat, etter utløsning av karbonatet, viser også de minste granater seg å være helt isotrope. Her sees også at litt fri kvarts (4<sup>0/0</sup>) inngår i grunnmassen, også den oppfylt av de små granatkorn.

De grovere partier opptrer ikke bare som bånd og slirer, men trenger som smale årer tvers inn gjennom det finkornige aggregat, og synes til dels å fortrenge dette metasomatisk. De består overveiende av *dannemoritt* og *pyroksmangitt*, førstnevnte overveiende. Begge er i tynnslip fargeløse og helt friske. De opptrer ofte sammen, uten noen tydelig aldersforskjell, dog har dannemoritten større tendens til å danne idiomorfe prismer. Den kan også ha porfyroblast-karakter og fyller de smale årer med ensartet utslukkende individer av et par mm størrelse. Pyroksmangitten blir neppe over 1 mm.

Det er bemerkelsesverdig at i begge disse mineraler opptrer de samme små granater som før omtalt, om enn betydelig mere spredt. De er åpenbart fortrenningsrester fra den eldre skarn-generasjon, men er forblitt stabile. At de ikke er nydannet her fremgår av deres uregelmessige utbredelse, idet granatkornene kan være bevart i parallelle bånd tvers gjennom porfyroblastene.

Videre opptrer i de grovere partier leilighetsvis kvarts i forholdsvis grove aggregater, mm-store individer av et fargeløst karbonat, som er en noe kalkrikere manganokalsitt, her fri for

granater, samt en del apatitt. Magnetitt-dråpene fra det finkornige aggregat gjenfinnes forholdsvis upåvirket også i det grovkornige. Dog finner vi ofte i sprekker langs ertsranden og i gjennomsettende årer kvarts, karbonat og pyroxmangitt uten granater.

Karakteristisk fraværende i vår paragenese er mineraler av gruppene olivin (knebelitt), glimmer, kloritt og epidot.

Det som karakteriserer de her opptredene skarnmineraler er ikke bare deres rikdom på mangan, men også deres fattigdom på kalk. De opptredende typer av både granat-, hornblende- og pyroksen gruppen hører til de kalkfattigste som finnes.

Skarnmineralene faller i hovedsaken i to generasjoner. Den første, representert ved spessartin, er fattig både på Mg og Ca og har lav kiselsyre. Den annen, representert ved dannemoritt og pyroxmangitt, fører noe mer Mg, er fremdeles fattig på Ca og er metasilikater. Kalkrikere mangansilikater, f. eks. mangan-hedenbergitt, som i andre lignende parageneser pleier å opptre sist, mangler her.

Rekkefølgen stemmer med den fallende reaksjonstendens overfor kiselsyre, som er Mn, Fe, Mg, Ca. For de 3 siste faller dette sammen med stigende dissosiasjonstemperatur for de respektive karbonater.

Resultatet er, at i de etter skarndannelsen gjenværende karbonater får vi en utpreget anrikning av dem som har den høyeste dissosiasjonstemperatur, nemlig først kalk, dernest mangan, og vi får dannet de karakteristiske manganokalsitter.

### **Sammenligning med svenske forekomster.**

Den ovenfor beskrevne mineralparagenese er i hovedsaken velkjent fra svenske jern-mangan-forekomster, men meg bekjent er mineralene manganokalsitt, dannemoritt og sobralitt ikke tidligere påvist i Norge.

De nevnte svenske forekomster i leptittformasjonen opptrer i et miljø, hvor magmatiske prosesser av forskjellig art har spillet en stor rolle. Det har derfor hersket stor uenighet om, i hvilken utstrekning de opptredende skarnmasser er reaksjonsskarn og i hvilken utstrekning de er dannet ved metasomatiske tilførsler.

Den her beskrevne forekomst har for så vidt stor interesse, som det i den henseende ikke kan herske noen tvil. I den mektige lagpakke hvor denne malmhorisont opptrer, finnes ikke eruptiver, ja ikke så meget som en pegmatittgang, så en metasomatisk tilførsel må ansees som utelukket. Skarnmineralene er rene reaksjonsskarn, dannet ved omkrystallasjon under den regionale metamorfose av de elementer, som på forhånd var tilstede.

De fleste av de svenske manganførende skarnmalmer finnes i tilknytning til karbonatbergarter, som er innleiret i leptittformasjonen og til dels selv manganførende. I Håfjellet danner karbonatbergarter mektige lagpakker.<sup>1</sup> Jern-mangan-sedimentene finnes imidlertid ikke direkte i disse, men alltid i innleirete lag av glimmerskifer. Vi kan derfor gå ut fra, at primært har fri kvarts og findispers lerjord som regel vært tilstede. Dette er grunnen til at en så stor del av manganet er bundet til silikater, Det er også liten grunn til å tro, at oksydiske manganmalmer vil kunne finnes i disse sedimenter bortsett fra den øverste forvitringssone, omtalt s. 46.

Mens ortosilikatet knebelitt (Fe-Mn-olivin) oftest utgjør det først dannede skarnmineral i de svenske manganskarnmalmer inntas dets plass i Håfjellsforekomstene av spessartin, åpenbart som følge av kiselsyreoverskudd samt tilstedeværelsen av primær lerjord.

Granatdannelsen i de mellemsvenske jernmalmer har vært studert av Gust. Lindroth m. fl.,<sup>2</sup> som kommer til følgende resultat:

---

<sup>1</sup> Det var i denne forbindelse av interesse å undersøke disses manganinnhold. Hertil ble tatt en meget finkornig kalk direkte i heng av de malmførende kalkglimmerskifer vest for 400 m på basis Fjellgleberg (Pl. IV). Den viste 10,14 % uopløst og bare 0,02 % MnO. Et spektrogram viste vel 1 % magnesia, 1 % lerjord, 0,8 % jernoksyd, spor Cu. De i kalkglimmerskiferen fra Hestviknes inneholdte karbonater viste 0,37 % MnO, som tidligere omtalt s. 21.

<sup>2</sup> Gustaf Lindroth: Om granatens natur uti de mellansvenska malmfyndigheternas skarnbildningar. G. F. F. Bd. 41 (1919), s. 64.

Gustaf Lindroth: Studier öfver Yxsjöfeltets geologi och petrografi. G. F. F. Bd. 44 (1922).

Nils H. Magnusson: Ljusnarsbergs malmtrakt. S. G. U. Ca 30 (1940), s. 66.

Nils H. Magnusson: Långbans malmtrakt. S. G. U. Ca 23 (1930), s. 41.

*Almandin* er hovedmolekylet i de av leptitt dannete granater.

*Andraditt* er hovedmolekylet i de fleste av de i karbonat-skarn dannete granater, samt i reaksjonsskarn i forbindelse med de kvartsbåndete malmer.

*Spessartin* er hovedmolekylet i en bestemt type av mangan skarnmalmer, den såkalte Vikers-Dannemora-type.

De publiserte analyser av disse spessartiner viser imidlertid ikke i noe tilfelle så høy mangangehalt som den i Håfjellet, vesentlig fordi de inneholder en mer eller mindre betydelig del av grossularmolekyl, som ikke finnes i Håfjellets granat.

De i skarnene opptredende karbonatmineraler har vært studert av Sundius.<sup>1</sup> Han påviser her den betydelige utbredelse av manganokalsitter, samt det som den gang kaltes mangan-dolomitter. Sammensetningen varierer sterkt mellom de forskjellige forekomster, hva man også må vente av et restkarbonat. I et par tilfeller forekommer to forskjellige karbonatmineraler sammen. På få unntakelser nær er de manganfattigere enn det her beskrevne mineral fra Skårnesdalen.

Metasilikatene dannemoritt og sobralitt hører også i Sverige som regel til en senere generasjon.

Den her beskrevne forekomst er som nevnt helt omkrystallisert, med neppe synlige spor av en primær finlagning. Manganet befinner seg i sin helhet i oksydulform, jernet for den overveiende del som magnetitt, og av den opprinnelig frie kiseltsyre er meget lite tilbake.

Det er etter dette overveiende sannsynlig, at manganet primært er utfelt som karbonat, og jernet hovedsakelig som ferri-hydroksyd. Bituminøse bestanddeler er høyst underordnet, men i det analyserte granatpulver synes der å være spor av grafit.

Forekomsten kan genetisk nærmest parallelliseres med de svenske sedimentære mangansilikat-båndete malmer, som i enkelte forekomster opptrer i tilknytning til de kvartsbåndete jernmalmer.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> N. Sundius: Über die Karbonate der mittelschwedischen Skarn-Karbonat-erze. Tscherm. Min.-Petr. Mitt. Bd. 38. (1925), s. 175.

<sup>2</sup> Per Geijer: Om några skiktade mangansilikatmalmer i Bergslagen. S. G. U. Ser. C, nr. 326 (1925).

### Råmalmens sammensetning.

En analyseprøve av malmen fra Skårnesdal viste etter total oppslutning:

MnO	20,91 0/0	.....	Mn	16,2 0/0	
FeO	13,85 »	}	.....	Fe	24,6 »
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,78 »				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,38 »	.....	P	0,17 »	

Samme prøve ble kokt i lengere tid i konsentrert saltsyre og deretter avrøket med svovelsyre. Oppløst ble:

Mn	.....	14,58 0/0
Fe	.....	21,76 »
Uoppløst	....	38,72 »

Blant det uoppløste var en hel del isotorpe, fargeløse aggregater, som kunne sees å representere de tidligere spessartin-individer. Lysbrytningen var imidlertid redusert fra  $n = 1,83$  (spessartin) helt ned til  $n = 1,48$ , som er lysbrytningen for amorf kiselsyre. Spessartinens molekyl er altså blitt helt nedbrutt under utløsning av alle bestanddeler unntaken kiselsyren. (Tidligere har vi sett, at etter behandling med fortynnet saltsyre var spessartinen helt upåvirket.)

Ved behandling av det uoppløste med varm natronlut ble den amorfe kiselsyre brakt i oppløsning, og mengden av uoppløst gikk ned til 24 0/0. Dette representerer de uoppløselige mineraler dannemoritt, pyroksmangitt og kvarts. Disse viste ingen tegn til korrosjon eller nevneverdig forandring av lysbrytningen. Den eneste påvirkning var, at dannemoritt og sobralitt etter behandlingen med natronlut hadde fått en varm, nøttebrun farge, førstnevnte med sterk pleokroisme, antakelig som følge av noen oksydasjon.

På grunnlag av tidligere anførte kjemiske analyser samt mikroskopiske undersøkelser kan råmalmens mineralsammensetning derfor approksimativt beregnes til:

Magnetitt . . . . .	28 0/0
Spessartin . . . . .	43 »
Dannemoritt . . . . .	16 »
Pyroksmangitt . . . . .	5 »
Manganokalsitt . . . . .	4 »
Kvarts . . . . .	3 »
Apatitt . . . . .	1 »
	<hr/>
	100 0/0

Det innbyrdes mengdeforhold er imidlertid gjenstand for betydelige variasjoner.

## Regional beskrivelse av Håfjellsmalmene.

### Historikk og rapporter.

I 1899 begynte en rekke forskjellige skjerpere en meget omfattende oppskjerpning av disse felter. I 1901 sluttet de seg sammen og dannet *A S Haafjeldets jernfelter*, som satte betydelige røskingsarbeider igang. Samme år optrådte R. M. B. Schølberg på arenaen med egne skjerpere, og den innbyrdes konkurranse mellom disse to parter var visstnok medvirkende til, at oppskjerpning og avrøsking ble så omfattende som de ble.

Da de siste utmål ble lagt i 1907 08 var det i Håfjellet ialt ikke mindre enn 359 utmål. Derav hadde A/S Håfjellet 295, som bl. a. omfattet hele Bøfeltet og Jernhaugen, mens Schølberg hadde 64.

Ved I. H. L. Vogts befaring av feltene i juli 1902 var det enda vesentlig bare gjort røskningsarbeider og et par skjæringer.

I 1905 fikk Nordlandske grubebyrå feltene på hånden og utførte en del arbeider til og med sommeren 1906. Siden har intet vært gjort.

I 1911 foretok bergingeniør Aug. Siljestrøm en 3 ukers undersøkelse av feltene og skrev en omfattende rapport med kartskisser.

En vesentlig årsak til at interessen for feltene senere tapte seg, var de dårlige resultater man i de følgende år hadde i Dunderland og Salangen. Feltene er nu forlengst fallt i det fri.

Rapporter, alle i N. G. U's arkiv:

I. H. L. Vogt: Dagbok II, 1901, <sup>31</sup>/<sub>7</sub>—<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

— Dagbok IV, 1902, <sup>8</sup>/<sub>7</sub>—<sup>9</sup>/<sub>7</sub>.

— Extract from professor I. H. L. Vogts report on the Haafjeld Iron Fields, <sup>20</sup>/<sub>7</sub> 1902. Printed in Bodø <sup>14</sup>/<sub>2</sub> 1903.

Aug. Siljestrøm: Rapport over jernmalmsforekomster i Haafeldet, i Ofoten, <sup>29</sup>/<sub>8</sub> 1911. Med karter.

### **Bøfeltet.**

Plansje I.

Dette felt omfatter den nordøstlige del av Håfjellsmuldens østre fløy og opptrer innenfor en 3—400 m mektig lagpakke av overveiende kalkmarmor.

Feltet strekker seg fra Ofotenfjorden i trakten ved Hestvik med regelmessig strøk V, 35° S og fall 60—75° NV opp fjellskråningen til henimot Bøvatn i en lengde av 3000 m. Dets øvre del når en høyde av ca. 300 m o. h., men terrenget har hele veien en jevn, forholdsvis slak stigning.

Som det fremgår av de tallrike røsker er jernmalmen temmelig sterkt overdekket, men jorddekket er forholdsvis tynt når unntas feltets nedre del. Ovenfor 1000 m på basis kan det sies å være godt avrøsket. Hovedarbeidet har vært utført i to områder, som fører de største malmmektigheter. Det er *Toppåsfeltet*, fra 1000 til 1350 m, hvor det foruten tallrike røsker og skjæringer også er drevet en kort feltstoll og et tverslag, samt *Heia-Vassåsen-feltet*, 2100—2800 m, hvor det også er drevet en feltstoll.

På den nedre del av feltet, nedenfor 1000 m, er utført forholdsvis lite arbeid fordi det her delvis er dekket av mektigere marine avleiringer. Som regel kan malmenes kontinuitet påvises med magnetometer. Hvor det magnetiske drag forsvinner, kan man imidlertid aldri være sikker på om det skyldes en utkiling av malmen eller en overgang til ren jernglansmalm.

Jernmalmen i Bøfeltet grupperer seg om to hovedhorisonter, atskilt ved en lagpakke med ca. 200 m mektighet, som for den overveiende del består av grov kalkspatmarmor.

Den liggende malmhorisont strekker seg fra fjorden ved Klemstensberget nær plassen Hestvik og opp mot plassen Størkhesjan, i en lengde av ca. 700 m. Videre oppover kan den spores her og der som en smal sone, ikke nærmere undersøkt.

De hengende malmhorisonter, som utgjør hovedmalmene, opptrer i et ca. 50 m bredt belte av kalkglimmerskifer, innleiret i den øvre del av den mektige kalkspatmarmor, og strekker seg fra fjorden ved Hestvikneset oppover i feltets hele lengde.

Nord for Ofotenfjorden fortsetter malmleiene meget regelmessig i Veggfjellet langs nordvestbredden av Herjangfjord. Fig. 1.

#### **Malmleiet Klemstensberget—Størkhesjan.**

I Klemstensberget nær fjorden er et av de få steder i hele Bøfeltet hvor det er bra naturlige blotninger. Her tok jeg derfor et detaljert profil, vesentlig for å vise malmlagenes forhold til de øvrige sedimenter. Fig. 8.

Som det sees opptrer disse malmlag innen en lagpakke av 23 m bredde, med vekslende glimmerskifer- og kalkmarmorlag. Som vanlig er selve malmen knyttet til glimmerskiferen og ikke direkte innleiret i karbonatbergartene. De kvartsbåndete malmer fører omtrent bare jernglans.

Ovenfor Klemstensberget er malmsonen totalt overdekket over en lengere strekning. Når den allikevel er tegnet sammenhengende er det på grunnlag av magnetometerdraget.

Bare i landeveisskjæringen er malmen her blottet som en 2 m mektig kvartsbåndet jernglimmer. De hengende malmsoner er muligens skjult under jorddekket. Derimot er her synlig et nytt,  $\frac{3}{4}$  m mektig lag av fattig magnetittmalm, 8 m inne i liggende glimmerskifer. Skiferen er ialt 30 m bred og derunder følger en 4—5 m mektig blågrå, stripet kalkmarmor, som er den laveste sone i denne mektige lagpakke av karbonatbergarter. Den har interesse som et utmerket ledelag, idet den er lett å følge kilometervis oppover. I skråningen opp mot Bøvann er nemlig uterodert en bratt og og dyp cañon etter den, for en stor del umulig å passere.

Ovenfor landeveien er malmsonen igjen blottet i 5 røsker over en strekning av 150 m til henimot Størkhesjan. Mektigheten varierer fra 1,5 til 5,5 m. Malmen består overveiende av jernglans med litt magnetitt, dels kvartsbåndet, dels granatbåndet. Videre oppover tynner malmen ut, og kan ikke mere påvises med magnetometer.

Hele dette malmdrag er fattigere på jern enn gjennomsnittet for Bøfeltet. De granatbåndete partier er manganførende, med til dels sterk manganhud, men noen analyse foreligger ikke. De kvartsbåndete jernglansmalmer er som vanlig manganfattige (Analyse fra veiskjæringen 0,3 % Mn).

Tvers for 2000 m på basis kunne sonen igjen påvises som en ubetydelig malmstripe, 60 m i hengen av laveste kalkbenk, men for øvrig synes den ikke å være malmførende over de følgende 7 km.

#### Malmleiene Hestviknes—Toppåsno.

Nede ved fjorden har vi følgende profil:

Heng (NV): Kalkmarmor.

- 1 m Fattig impregnasjon av grov magnetitt, som ikke kan følges langt i strøk.
- 17 » Kalkmarmor.
- 3 » Kalkglimmerskifer, hvori enkelte steder en 1 m bred sone av sterkt rusten, grafitførende skifer.
- 2 » Kwarts-magnetittmalm, grovkrystallin med en smal spessartinsone i liggen. Malmen kan følges kontinuerlig til 100 m NØ for Aspelund, hvor den forsvinner.
- 35 » Kalkglimmerskifer.
- 3,2 » Hovedmalmsone, også med spessartin i liggen.
- 3—4 » Kalkglimmerskifer.  
Mektig kalkmarmor.

Ligg (SØ)

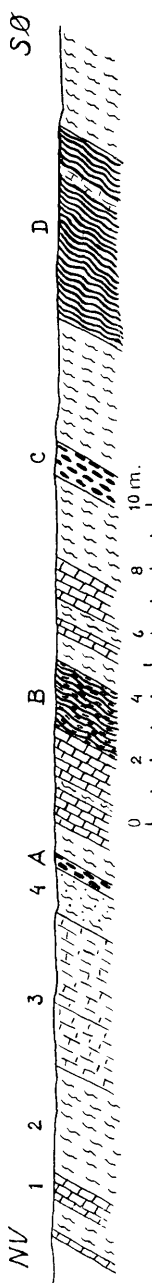


Fig. 8. Profil fra Klemstensberget. 1. Kalkmarmor. 2. Glimmerskifer. 3. Kalkglimmerskifer. 4. Kwartsrik glimmerskifer. A. 0,3 m grovkornig granat-kwarts-magnetittmalm. B. 2,1 m magnetitt-jernglansmalm. C. 1,1 m grovkornig kvarts-magnetittmalm. D. 6,0 m hård granatbåndet, dels kvartsbåndet malm. Overveide jernglans, en del magnetitt. Sterkt foldet, gjennomsett av yngre kvartsårer. Innleiret 0,2 m kalkglimmerskifer.

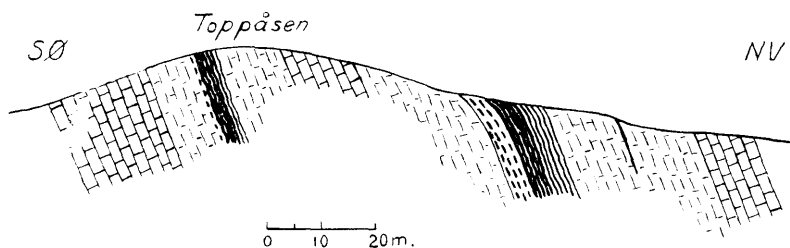


Fig. 9. Malmleiene i Toppåsen. Korte, brutte streker = spessartinskarn.  
For øvrig tegnforklaring som for fig. 8.

Hovedmalmsonen kan følges kontinuerlig, dels ved blotninger, dels etter magnetometerdrag, forbi Aspelund og de sønnenforliggende avrøskninger. Mektigheten varierer fra 3 til 6 m og malmen er over hele denne lengde meget ensartet oppbygd. Den liggende del består i 0,3—1 m mekt. av en spessartinfels med sparsomt av ertsmineraler. Derover følger den egentlige jernmalm, som fører overveiende jernglans. Dens liggende halvdel er overalt rikest, dens hengende halvdel overalt meget fattig. Helt i hengen følger 0,2—0,3 m magnetittimpregnasjon, og opp til 1 m av den overliggende kalkglimmerskifer kan enda føre spredte magnetittkrystaller.

Mot SV blir magnetometerdraget sterkere på grunn av større magnetittfraksjon og kan følges til 50 m SV for Heggåelven. Det kan ikke spores forbi Toppåsmo, men første røsk ovenfor viser 1 m dårlig malm.

#### Toppås-feltet.

I dette felt opptrer to parallelle hovedmalmsoner i 50—60 m innbyrdes avstand. Fig. 9.

Det *sørøstre malmleie* er en umiddelbar fortsettelse av det vi hittil har fulgt. Opp til 1150 m er den samlede mektighet ca. 3,5 m, videre oppover øker den til 5—6 m. Nedenfor stollen er hele leiet ganske fattig, ovenfor blir den liggende del rikere.

Profilen er fremdeles ganske som før: Fra ligger en sone av overveiende båndet spessartingranat (se s. 30), noen dm til 1 m mektig, derover stripet, for det meste kvartsrik malm, som fører helt overveiende jernglans og ubetydelig magnetitt. Den undre halvdel av den er forholdsvis rik, opptil over 40 0/0



Fig. 10. 0 1 2 3 m.

Fe, men øvre halvdel er meget fattig. Noen dm av kalkglimmerskiferen i hengen er magnetittimpregnert.

Fallet er hele veien regelmessig  $70^\circ$  mot NV inntil store strosse i sørvest. I denne opptrer sterke foldinger som vist i detaljprofil, fig. 10 over en del av malmen. Foldingen medfører at det er den rikeste malmen nærmest granatsonen, som er representert i det meste av strossen. Da det åpenbart er her at I. H. L. Vogt har tatt sin gjennomsnittsprøve II, som viser 44% Fe (s. 72), er det tydelig at denne ikke representerer midlet, men den rikeste malm.

Like etter forsvinner denne mektige malm temmelig plutselig, kort etter også den omgivende kalkglimmerskifer, idet kalkmarmoren sender en 20 m bred tunge tilbake midt i kalkglimmerskiferbeltet mellom de to malmleier. Hvor langt mot NØ denne tunge når, kan ikke avgjøres på grunn av jorddekket, men den passerer iallfall forbi sistnevnte strosse, igjen med regelmessig, steilt NV fall.

På den annen side av denne kalktunge følger snart det *nordvestre Toppåsleie*, som har en påfallende likhet med det sørøstre, både i malmens karakter og lagfølge. Jernglans er også her omtrent enerådende, så malmen er nesten umagnetisk. Derfor kan den nedre avslutning av malmen, som her er sterkt jorddekket, ikke nøyaktig fastsettes.

Fra nederste røsk ved 1070 m og opp til 1170 m står meget fattig malm, 5,6—3,6 m mektig. Ovenfor er malmen rikere og 6—10 m mektig. I store strosse ved 1210 m har vi følgende profil:

Heng (NV)	Kalkglimmerskifer.
3,8 m	Fattig kvartsstripet jernglansmalm med et par tynne innleirete bånd av impregnert glimmerskifer.
1,8 »	Rik malm av samme type, den øverste 1 m kanskje den rikeste i hele feltet, ca. 45% Fe.
0,3 »	Karbonatrik malm.
3,7 »	Spessartinfels, fattig på jernerts.
Ligg (SØ)	Kalkglimmerskifer.

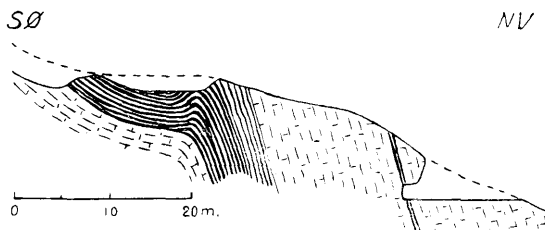


Fig. 11.

Dessuten sees noen smale jernglansstriper i bunnen av det påbegynte tverslag, 16 m inne i hengskiferen.

I skjæringene like NØ for den store strosse sees malmen å få en horisontal bredde av henimot 20 m. Dette skyldes imidlertid at den her legger seg i en flat fold oppover fjellsiden, som vist på fig. 11. Da henggrensen hele veien har et regelmessig, steilt fall er det den liggende, rike del som danner folden, og det er åpenbart her at Vogt har tatt sin analyseprøve I, som viser 41 % Fe.

Det er ganske påfallende at vi over denne korte strekning av Toppåsen har to parallelle hovedmalmer av større mektighet enn vanlig og av ganske samme karakter. Det er derfor en mulighet for at de i virkeligheten representerer samme malmleie, avbrutt ved en tektonisk forstyrrelse. Det sees også at bredden av kalkglimmerskiferbeltet er blitt dobbelt så stor som ved sjøen, men at den etter den formodete foldning igjen fortsetter med normal og senere avtagende mektighet. Noen sadel- eller muldeforbindelse mellom de to malmer kommer imidlertid ikke på tale, da begge har sin ligg (granatsonen) på samme side. Det måtte i tilfelle dreie seg om en foldningsforkastning, men da terrenget her er sterkt overdekket, kan spørsmålet for tiden ikke avgjøres. Hengmalmen nede ved sjøen opptrer som det sees meget nærmere inn mot kalkmarmoren og er en grovkornig kvarts-magnetittmalm.

#### Underheia.

Hermed betegnes strøket fra 1400 til 2100 m, hvor malmleiene er ganske svakt utviklet og uten enhver praktisk interesse. De gode avrøskninger tillater imidlertid å følge lagene

i detalj og gir et ganske godt overblikk over sedimentasjonsforholdene. Malmlagenes mektighet og forløp er nøyaktig avtegnet på kartet.

Beltet av kalkglimmerskifer, som i øvre del av Toppåsfeltet igjen hadde fått sin opprinnelige mektighet av 50 m, begynner snart gradvis å bli smalere og fra 1850 m er mektigheten bare 10 m. Hovedmalmsonen følger kontinuerlig dette belte og legger seg snart nær inntil liggende kalkmarmor, slik som nedenfor Toppåsen, tildels med under 1 m skifer imellom.

Fra den øvre ende av Toppåsen går malmen over i en fattig impregnasjonssone av 3 m mektighet. Karakteren er den samme som i de fattigste hengende horisonter av malmen hittil, bare enda fattigere. Det er i virkeligheten en kvartsitt, som foruten kvarts fører spredte skjell av den karakteristiske grønne biotitt, samt fremdeles atskillig apatitt. Ertsmineralene er vesentlig jernglans som små jevnt fordelte skjell uten den båndvise anrikning, samt små korn av magnetitt, så sonen såvidt kan følges med magnetometer. Der er intet spor av manganhud.

Fra 1550 m innfinner seg en smal stripe av grov magnetitt, og malmen får sin minste mektighet på 1 m. Videre opp til 2100 m holder mektigheten seg mellom 1,5 og 3 m, undertiden fordelt på to nærliggende bånd. I den fattige malm kan opptre enkelte rikere striper eller en rikere sone opptrer som vanlig langs liggen, ikke mer enn 1 m mektig. Et par steder sees også noe mangangranat i liggen, men som regel er malmen her manganfattig.

Nær hengen av kalkglimmerskiferen sees et par steder (ved 1680 og 1920 m) en 1 m bred sone av kvarts-magnetittmalm, av samme type og på samme horisont som hengende malmsone ved sjøen.

Fra 1750 m får vi en ny skifersone 20 m inne i kalkmarmoren i hengen. Den begynner som en smal stripe av muskovittførende, rusten skifer i kalken og snart etter begynner to parallelle, ubetydelige malmleier i den. Hver av dem er som regel under 1 m mektig, maksimalt 2 m (ved 2100 m). De er ofte forholdsvis rike på magnetitt, til dels med sterk manganhud.

### Heia—Vassåsen.

I dette felt, som strekker seg fra 2100 m og oppover, blir malmene igjen bedre.

De to malmførende skiferbelter fra Underheia fortsetter regelmessig, atskilt ved en 5—10 m mektig marmorbenk. Den tidligere hovedmalm i kalkglimmerskiferen har på strekningen 2100—2600 m en samlet mektighet av 4—7 m. Videre opp til 2700 m er mektigheten  $3\frac{1}{2}$  m for så å avta raskt. Innbefattet heri er imidlertid for en stor del av strekningen et innleiret bånd av glimmerskifer, 0,5—1,5 m mektig, unntakelsesvis opp til 2 m. Enkelte påfallende variasjoner i malmmektigheten, som fra 1 m ved 2210 til  $5\frac{1}{2}$  m ved 2230 skyldes indre foldinger i malmleiet.

Meget av malmen er utpreget fattig, særlig ovenfor 2550 m og i hengsonen. Den bedre malm holder seg fremdeles overveiende i det liggende, hvor malmlag kan nå opp til visstnok 40% Fe. Jernglans er fremdeles det overveiende ertsmineral.

Den typiske mangangranat langs liggen begynner igjen fra 2250 m. Fra 2250 til 2315 inntar denne granatfels fra 2 opp til 5 m av malmens mektighet, andre steder kan den være smal eller mangle helt, men noen systematisk måling eller analyse av den har ikke vært foretatt.

I det nordvestlige skiferbelte fortsetter de to ganske ubetydelige malmstriper frem til 2450 m. Videre finnes bare et enkelt malmleie, som frem til 2560 har en mektighet av 2,2—3,2 m. Omtrent her, hvor hovedmalmen i liggen, som vi så, begynte å avta i mektighet, begynner denne å tilta. Forbi den store avrøskning og stollen frem til 2750 m er mektigheten  $4\frac{1}{2}$  m, og de følgende 25 m når den sitt maksimum med 9 m, delvis som følge av indre foldinger. Videre avtar malmen raskt til en meterbred sone. Samtidig slutter de to skiferbelter sammen, idet den mellomliggende kalkmarmor gradvis kiler ut. De to hovedmalmlhorisonter forener seg også kort etter til et enkelt, meterbredt malmleie. Det kiler ut ved 3000 m, og kan senere ikke spores.

I det nordvestlige malmleie spiller magnetitt en litt større rolle enn i det annet, og enkelte bånd kan føre overveiende

grovkornig magnētitt. I dette malmleie finner vi heller ikke den karakteristiske spessartinsone langs liggen, men malmen som helhet viser sterkere manganhud. Manganinnholdet er altså jevnere fordelt og skyldes foruten spessartin også manganokalsitt-rike bånd. Herfra har Vogt åpenbart tatt sin analysestuff, benevnt Heia.

Endelig finner vi 10 m inne i hengende kalkmarmor en 0,5 m bred sone av grov magnetittmalm. Den er ikke avrøsket, synlig bare på et enkelt sted, men kan følges med magnetometer mellom 2300 og 2400 m koordinatene. I posisjon og type svarer den til øverste malmstripe nede ved sjøen. Dette er her omtrent det eneste tilfelle, hvor jernmalm synes direkte innleiret i karbonatbergart.

#### Oversikt over Bøfeltets geologiske bygning.

Som det sees av Pl. I finnes utenom malmsonene atskillige innleiringer av glimmerskifer i kalkmarmoren. Særlig i dennes liggende partier er flere smale, rustne skiferbånd, som er karakterisert ved bitumen- og kisinnhold. De er avsatt i et utpreget reduserende miljø, og fører aldri jernerts.

I feltets øvre del sees mektigere innleiringer av vanlig glimmerskifer, som ikke viser kalkglimmerskiferens lett-smuldrende overflate. De har en tendens til å danne langt uttrukne linser, som synes å være resultat av den primære sedimentasjon. En lignende tendens kan også spores i kalkmarmoren, tiltross for at denne i det store og hele har et meget regelmessig forløp. Således har den kalkmarmor, som følger i hengen av kalkglimmerskiferbeltet, bare en mektighet av 22 m nede ved sjøen, mens den i feltets øvre halvdel er 150 m mektig. Henggrensen av den mektige lagpakke av karbonatbergarter er på plansjen antydnet ved en streket linje. Over denne følger flere hundrede meter ensformig granatglimmerskifer.

Erfaringene fra Bøfeltet, som er det best undersøkte av alle Håfjellens jernfelter, viser at oksydiske jernertser aldri finnes impregnert direkte i karbonatbergartene. Praktisk talt aldri finnes heller jernmalmleier inne i disse uten å være ledsaget av mer eller mindre skifermateriale. Som regel vil jernmalm-

leiene heller ikke grense direkte mot kalkmarmoren, men ha iallfall en smal skifersone imellom.

Selve jernmalmlieiene er primært forholdsvis skarpt avgrenset fra glimmerskiferne. Går de over til fattige impregnasjoner ved tilbaketreden av jernoksydene, vil leiet tendere mot en kiselsyreavsetning, hvis nøye sammenheng med malmavsetningen fremgår av, at det relativt høye apatittinnhold bibeholdes. Impregnasjoner i form av magnetitt-idioblaster i den tilgrensende glimmerskifer hører derimot ikke med til malmlieiet. Er malmene manganrike blir forholdene som før omtalt vesentlig forskjellige.

Det er meget alminnelig å se foldninger og glidninger i selve malmen, uten at dette i nevneverdig grad berører sidebergartene, som her sjelden er foldet. Dette kan undertiden føre til vesentlige forandringer i malmens mektighet, og det vil som regel føre til forandringer i teksturen. Når det ovenfor ofte har vært omtalt kvartsbåndete malmer, vil det således i dette felt sjelden være tale om noen regelmessig bånding. Den har ofte fått en mere sliret eller streket karakter som følge av bevegelsene.

Det kan også ofte iakttas, at grovkrystalline smale magnetittstriper danner karakteristiske lag i ellers jernglansrike malm.

#### Analyser.

Analysematerialet fra disse malmer er meget sparsomt. Som før nevnt har I. H. L. Vogt tatt 3 analyseprøver i 1902, trykt i hans rapport til A/S Haafjeldets jernfelter:

	Fe	P	Mn
Topaasen I, NV leie . . . . .	40,81	0,333	0,94
Topaasen II, SØ leie . . . . .	44,34	0,332	2,33
Heia (stoffprøve) . . . . .	39,06	0,230	4,97

Etter hans oppgave er de to førstnevnte uttatt som gjennomsnittsprøver av det utskutte i hver sin strosse, „uttatt med tillukkete øyne“. På den tid var ennå meget lite strossing utført (således intet i Heia) og de første strosser var naturlig nok ansatt på den beste malm. Vogts analyser representerer derfor ikke noe gjennomsnitt, men de beste malmtyper i feltet.

Bergingeniør Aug. Siljestrøm har i sin rapport av 1911 beregnet malmarealene for Bøfeltet og uttatt forholdsvis omhyggelige gjennomsnittsprøver, som skulle korrespondere med disse arealer.

	Lengde:	Mektighet:	Malmareal: m <sup>2</sup>	Fe 0/0	P 0/0	Mn 0/0
Nedre Bøfeltet . . . .	750 (750)	3,5 (3,5)	2600 (2600)	30,80	0,32	0,77
Topåsen, SØ . . . . .	400 (300)	5,5 (4,5)	2200 (1350)	} 23,31	} 0,39	} 1,20
Topåsen, NV . . . . .	300 (280)	6,5 (6,0)	1950 (1700)			
Heia-Vasåsen, SØ . . .	957 (600)	3,4 (4,2)	3320 (2500)	} 22,90	} 0,27	} 2,64
Heia-Vasåsen, NV . . .	400 (300)	3,2 (4,0)	1280 (1200)			
			11350 (9350)			

Tallene i parentes er de dimensjoner forfatteren kommer til ved bare å medregne malm med over 3 m mektighet.

Analyseprøvene ble uttatt i alle strosser og oppskutte røsker og representerer antakelig de påliteligste tall man kan komme til ved hjelp av enkle midler. Helt fyldestgjørende kan de allikevel neppe ansees for å være, særlig på grunn av de meget betydelige variasjoner av jerngehalten i de forskjellige lag av et og samme malmleie. I et og samme profil kan den variere fra 45 0/0 til betydelig under 20 0/0.

Fosforinnholdet viser derimot en påfallende konstans både i Vogts og Siljestrøms analyser. Svovel har ikke vært bestemt, da det er praktisk talt fraværende.

Manganbestemmelsene må man ikke legge noen vekt på. For det første har den separate mangangranatfels i liggen ikke vært regnet som malm og har ikke vært medtatt i prøvene. For det annet er analysene gjort på det syreoppløselige, så den inne i malmen opptredende mangangranat iallfall ikke er blitt oppløst i sin helhet. For å bedømme malmenes verdi som mangankilde vil kreves nye analyser med full oppslutning. Et foreløpig begrep om mangangranatfelsens innhold får man av den av meg s. 31 anførte analyse av en stoffprøve, som viste 10,9 0/0 Mn.

### Østre Håfjellsfelt.

Fra enden av Bøfeltet følger en strekning på 2 km i strøk forbi nordenden av Bøvann, hvor det overhodet ikke er kjent noen malm.

Kort før kildene til Skårneselven begynner malmen igjen, fortsetter opp under sydøstre fot av Håfjellstuva, forbi vannskillet til 540 m o. h. og ned mot nordsiden av Fuglevann. Denne strekning på 4 km lengde, hvor malmen er meget svakt utviklet, betegnes som Østre Håfjellsfelt.

Lagpakken omkring malmene forløper med snorrett strøk, betydelig konstans og steilt NV fall opp mot vannskillet. Videre begynner strøket å bøye mer vestlig og fallvinkelen avtar langsomt. Samtidig begynner en viss strekningsstruktur, fallende flatt mot NØ, å gjøre seg gjeldende.

Malmene fører både jernglans og magnetitt, men magnetitten er mer fremtredende enn i Bøfeltet. De smale lag av forholdsvis grovkornig magnetitt kan være ganske rike og med påfallende skarp grense mot de omgivende glimmerskifer. På grunn av den sparsomme avrøskning i dette område er det ikke alltid lett å følge de enkelte horisonter, som heller ikke synes å være malmførende i hele sin lengde. Imidlertid synes malmen å fordele seg på 3 horisonter innenfor en lagpakke av maksimalt 90 m horisontal bredde.

Et typisk profil ovenfor vannskillet viser:

Øvre kalkmarmor, mektig.

Øvre malmsone, svakt magnetometerdrag med avrøskning.

Glimmerskifer, 60 m horisontalt, ofte med innleiret smal kalkbenk.

Midtre malmsone, et par smale, men regelmessige magnetittstriper.

Kalkmarmor, 30 m.

Undre malmsone med glimmerskifer, foldet og uregelmessig.

Undre kalkmarmor, mektig.

I de undre kalker er et par smale lag av kisimpregnert, rusten skifer. På den undre malmsone er her en større skjæring som viser 1 m magnetitt og derover 1,6 m jernglans. Mektigheten er større enn normalt på grunn av foldingen og malmen kan bare påvises over en kortere strøklengde.

De to øvre malmsoner, som fører overveiende magnetitt, er mer kontinuerlige, men bare fra 1 m til få dm mektige, stykkevis helt uten malmføring. Det 60 m brede skiferbelte som de opptrer i, smalner sterkt av mot NØ, helt ned til 10 m bredde. Mot vest fortsetter det i full bredde, og hengende malmsone

kan følges sammenhengende med ca. 1 m god magnetittmalm og flatt nordlig fall over 2 bekkedaler frem til Jernhaugens felt.

Etter deres beliggenhet i forhold til kalkbeltene er det på det rene at de tilhører samme horisonter som hovedmalmene i øvre Bøfelt og de har interesse som bindeledd mellom disse og Jernhaugens malm. For øvrig er de helt uten interesse, da de heller ikke viser nevneverdig manganhud.

### Jernhaugen.

Plansje III.

Det nettopp omtalte belte av malmførende glimmerskifer fortsetter inn på dette område med en horisontal bredde av 90 m, svarende til en mektighet av 40—45 m, og overleiret av øverste kalkmarmor, som her er 40 m mektig. Fallvinkelen er nu avtatt til 15—30° nordlig.

Den smale kalkbenk inne i skiferbeltet holder seg fremdeles. Likeså fortsetter de smale jernmalmlag fra Østre Håfjell med omtrent uforandret type og som regel under 1 m mektige. Bare i partiet + (250—300 m) utvider den seg til 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m.

I området + (50—100 m) synes å opptre meget betydelige mektigheter. Et detaljprofil av den lange røst her viser imidlertid et annet bilde. Fig. 12. Malmen er meget sterkt foldet og legger seg tildels parallelt med overflaten. Der kan utskilles 4 nærliggende malmlag med mektigheter henholdsvis 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, 2 og vel 1 m, tilsammen 6 m malm. I strøk fortsetter den som to opptil 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m mektige magnetittrike lag langs en avsmalende

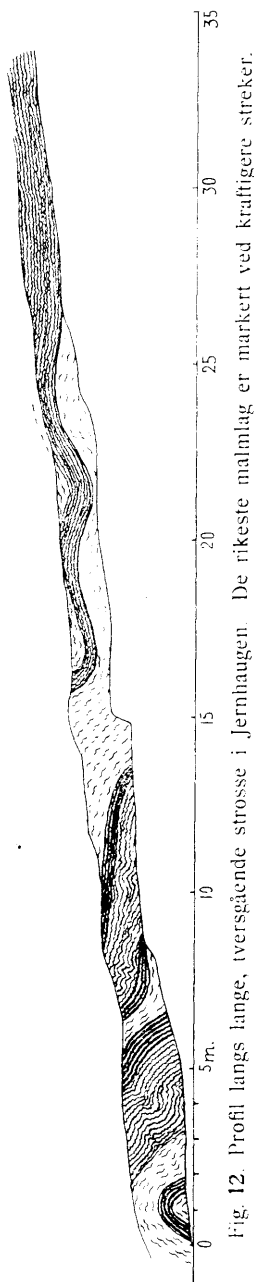


Fig. 12. Profil langs lange, tversgående strosse i Jernhaugen. De rikeste malmlag er markert ved kraftigere streker.

tunge av glimmerskifer, som har fall  $45^\circ$  NØ.<sup>1</sup> Skiferen danner formodentlig en fold inn gjennom hengkalken, til hele sonen kiler ut ved  $\div 150$ .

Ved  $\div (50-150)$  har vi en enda mer markert utvidelse av malmen til henimot 50 m horisontal bredde. På plansjen er den inntegnet så nøyaktig som det atskillig overdekkete terreng tillater. Det fremgår av de innleirete skiferbelter i forbindelse med de sterke variasjoner av strøk og fall, at den har vært overordentlig sterkt foldet. For øvrig finnes der også meget av smale skiferinnleiringer i malmassen, som nedsetter dennes midlere jerninnhold.

Å fastsette noe tall for den virkelige mektighet i dette parti er ganske umulig, men den er ganske betydelig. Hvor malmen går ut av den sterkeste foldning (ved  $\div 150$ ) kan mektigheten settes til 5 à 6 m, gradvis avtakende vestover til  $1\frac{1}{2}$  m. Den slutter nokså plutselig ved  $\div 240$ .

I disse vestlige områder er også den hittil så regelmessige lagfølge av glimmerskifer- og marmorbenker blitt i høy grad forstyrret og uoversiktlig. Den eneste noenlunde konstante faktor vi her kan regne med er foldingsaksene. Disses retning er N,  $25-50^\circ$  Ø med helding  $10-25^\circ$  nordlig.

Det er Håfjellsmuldens sentrale akseområde vi her er kommet inn i. Foruten de store folder opptrer en intens småfolding og i forbindelse med den en mer eller mindre utviklet stenglighet, som her alltid løper parallelt med småfoldingen. Hvor intens denne kan være får man et godt inntrykk av på den innfoldete granatglimmerskifer, koordinat 800,  $\div (150-250)$ . På de godt blottete heller her får man inntrykk av en steilstående skifer med regelmessige nordgående strøk-riller. I virkeligheten representerer disse småfoldingens akser, mens det virkelige strøk går på tvers av dem. I denne skifer har man også noen avbrutte folder av magnetittmalm på et par meters mektighet.

Som følge av disse forhold har jernmalmfeltet i Jernhaugen tildels vært sterkt overvurdert. Således beregnet Siljestrøm feltets malmareal til  $7290\text{ m}^2$ . Dette kan være noenlunde riktig

---

<sup>1</sup> Fallvinkelen er på grunn av tegnefeil avsatt som  $15^\circ$  på plansje III, koordinat 800,  $\div 80$ .

for det horisontale utgående, inklusive skiferstriper, men det er et tall som ingen praktisk interesse har. Skulle man gjøre seg opp en mening om feltets malmforråd, måtte man beregne arealet tvers på foldingsaksenes retning, hva som for tiden ikke lar seg gjøre. Det eneste man kan si er, at det bare er over en strøklengde av 300 m at den virkelige mektighet overstiger 3 m.

De store malmutvidelser på kartbilledet skyldes dels det flate fall, dels den sterke folding, men dertil må som en vesentlig faktor også komme en sterk sammenstukning av malmlagene som følge av at disse er de mest inkompetente ledd i lagserien. Alle disse faktorer er allikevel ikke tilstrekkelig til å forklare de store mektigheter med utgangspunkt i tynne malmlag av typen Østre Håfjell. Det må også primært ha vært en større mektighet av malmen i disse områder, og nettopp tilstedeværelsen av disse større mektigheter har vært en medvirkende faktor til den sterke sammenstukning.

Det er grunn til å anta, at disse fortykkelser av malmen vil fortsette nedover i foldingsaksens retning.

Siljestrøms gjennomsnittsanalyse for dette felt viser:

Fe . . . . .	23,32 %
P . . . . .	0,35 »
Mn . . . . .	1,30 »

Denne analyse var ment å skulle representere det oppgitte malmareal, men det fremgår ikke tydelig av hans rapport i hvilken utstrekning de innleirete skiferflak er medtatt. For manganbestemmelsen gjelder hva jeg før har sagt. Manganhud observeres på flere horisonter, men noe overblikk over manganføringen i dette uregelmessige felt har jeg ikke kunnet skaffe meg. Magnetitt og jernglans finnes i omtrent like mengder.

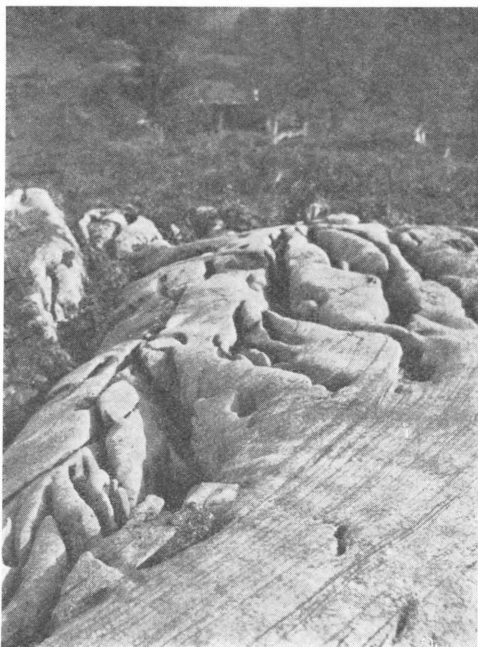


Fig. 13. Kalkmarmoren ved Fuglevann, oppløst av overflatevann. I bakgrunnen barakken ved Barakkehaug.

### Barakkehaug—Fuglevanns-feltet.

Plansje II.

Av oversiktskartet, Pl. V, ser vi forholdet til foregående felt. Under Jernhaugens skiferbelte følger hovedkalken, som her har en mektighet av ca. 120 m, deri innbefattet et par smale skiferbånd.<sup>1</sup>

Videre mot ligger følger Barakkehaugens malmførende skiferbelte, ialt ca. 30 m mektig og tilslutt laveste kalkmarmor med endel smale bånd av de før beskrevne bituminøse og rustne glimmerskifere, ialt 70 m.

Denne laveste kalkmarmor hadde, som vi før har sett, nede ved fjorden ved Hestvik en mektighet av bare 5 m. Vest for Bøvann

<sup>1</sup> Hvor bekken i øst krysser denne kalk er avsatt beliggenheten av „Statens kobberskjerp i Håfjell“, samt et par røsker på det. Det hører til de bekjente 1000 skjerp, som for over 40 år siden ble forært den norske stat av konsul Pehrson, da han sluttet sin virksomhet i Norge. Det vil bli omhandlet i en oppsats i Norsk Geologisk Tidsskrift, Bd. 28.



Fig. 14. Fuglevann, sett fra malmfeltene mot sørvest.

er den steget til 15 m, ved Fuglevann 70 m, og videre avtar den igjen nordover muldens vestre fløy, til den ved fjorden ved Aspemoen igjen er bare 10 m. Fig. 13 viser typen av denne mektige marmor.

I heng av denne kalkmarmorhorisont har man over store strekninger jernmalmførende lag, og det kan ansees sikkert at Barakkehaug—Fuglevanns-feltet hører til samme horisont som laveste malm i Bøfeltet over Størkhesjan. Man kunne muligens også tenke seg, at undre malmsone i Østre Håfjell kunne høre til samme horisont. Dette er imidlertid mindre sannsynlig, da denne direkte overleires av en 30 m mektig kalkmarmor og avstanden til øvre malmsone (Jernhaugens) blir altfor liten.

Under disse omstendigheter får man som før nevnt mellom Bøfeltet og Barakkehaug en strekning på 7 km, hvor det ikke er påvist malm på denne horisont. Omkring bekken øst for Barakkehaug (se Pl. V) begynner malmføringen igjen i form av noen smale striper. Videre vest (se Pl. II) opptrer malmen etterhånden i 3 nærliggende horisonter med mellomliggende kalk og glimmerskifer. De to øverste malmlag har et noenlunde

regelmessig forløp med forholdsvis moderate foldinger, men mektighetene holder seg som regel under 1 1/2 m. Den ene av dem følges ut i Fuglevann med 1 1/2 m mektig, forholdsvis fattig malm.

Det underste malmlag, som er det betydeligste, danner en stor fold, som ikke kan følges i alle detaljer på grunn av overdekket terreng. Lagene i foldingsmulden er nesten horisontale. Fra ÷ 125 til ÷ 300 har det en virkelig mektighet av 3—5 m og går ut i Fuglevann på det lange, smale nes med 3 m mektighet.

Magnetitt og jernglans synes å opptre i omtrent like store mengder. De øvre, smalere malmer kan tildels være ganske rike. Manganhud kan observeres her og der, omtrent som i Jernhaugen.

Siljestrøms gjennomsnittsanalyse viste:

Fe .....	23,97 0/0
P .....	0,29 »

### **Holmvannsmalmen.**

(Se geol. kart Haafjellsmulden.)

Den sist omtalte malmhorisont, som gikk ut i Fuglevann, kommer ikke tilsyne igjen før ovenfor dettes nordende. Herfra kan en ubetydelig malmsone følges over selve 423 m-toppen og ut i Holmvann, vesentlig kvarts-magnetittmalm av neppe over 1/2 m mektighet.

Ved nordenden av Holmvann har den sin største utvikling, og i en gruppe av røsker her finnes følgende profil:

Heng	Glimmerskifer.
1,0 m	ytterst fattig impregnasjonsmalm.
2,0 »	glimmerskifer.
1,1 »	bra malm
1,5 »	glimmerskifer med noen malmstriper.
Ligg 2,4 »	bra malm.
	Kort under følger laveste kalkmarmor.

Malmsonen følges avsmalende 200 m sørover østsiden av Holmvann til den forsvinner ut i vannet. Nordover smalner den også av, til den ved Storjordvann er praktisk talt forsvunnet.

Den er i det hele meget dårlig avrøsket, men er lett å følge, da den meget regelmessig holder seg til hengen av laveste kalkmarmor. Denne er her ca. 20 m mektig og overleires av en 30 m mektig glimmerskifer, som tiltar nordover.

Nordenfor Storbjørdvann er malmsonen blottet i spredte røsker ned til 340 m o. h. og videre fra 255—160 m o. h., hvor den forsvinner under Skårnesdalens morener. Over hele denne strekning synes malmen å være under 1 m mektig, er karakterisert ved rikdom på hornblende og fører delvis mangangranat. Fallvinkelen på hele strekningen er 25—45° SØ.

Holmvannsmalmen er etter dette ubetydelig i alle henseender.

### **Fjellgleberg og Jernhammeren.**

Plansje IV og V.

Som omtalt s. 76 inntreffer det i vestsiden av Jernhaug-feltet så intense foldninger og forstyrrelser i den øvre del av lagpakken, at hverken jernmalmen eller den overliggende kalkmarmor kan følges videre. I den hittil så sikre forbindelse er det derfor en avbrytelse mellom feltene i Jernhaugen og Fjellgleberg.

Derimot er den mektige underliggende kalkmarmor betydelig regelmessigere, og det videre forløp av dens henggrense er antydnet med en streket linje på Pl. V helt frem til nordenden.

For å søke å bringe rede i dette virvar av malm- og kalksoner ble det utstukket omfattende basis- og tverrlinjer, hovedfeltene ble detalj-kartlagt i 1:1000 og det hele sammenstillet på et oversiktskart, Pl. V.

Hensikten ble bare delvis oppnådd, idet jorddekke og forvitring er langt sterkere enn kartbilledet gir inntrykk av og umuliggjorde tydingen av enkelte nøkkelområder. Fig. 15. Alle de jernmalmførende soner er imidlertid medtatt på plansjene og malmene er så vidt mulig avsatt med sin riktige horisontale bredde. På Pl. IV er også utskilt de typiske kalkglimmerskifere, som her har en meget vid utbredelse.

Mens den horisontale avstand mellom Jernhaugens og Fuglevanns malmhorisonter var ca. 350 m er den tilsvarende avstand mellom Holmvanns og Fjellglebergs malmhorisonter hele 650 m. Går vi opp et profil mot øst opp mot sistnevnte



Fig. 15. Typisk overdekket landskap med doliner over kalkgrunn. Jernhammeren.

viser det seg, at den mektige kalkmarmor har omtrent samme bredde som før, mens den overliggende glimmerskifer har økt vesentlig, bl. a. fordi den i sin øvre del er foldet over til vestlig fall så den delvis ligger parallelt med fjellskråningen. Dens undre halvdel er normal granatglimmerskifer, den øvre del er smuldrende og delvis hornblendeførende kalkglimmerskifer, som når helt opp under toppskrenten av Fjellgleberget.

Overliggende i denne følger *Fjellglebergets* malm, som i sin sørlige del brer seg ut over et fjellplatå, hvor dens horisontale bredde når henimot 50 m og det horisontale areal blir temmelig stort, av Siljestrøm anslått til 2400 m<sup>2</sup>. Forholdet er omtrent som omtalt ved Jernhaugen, og det nevnte areal-tall har ingen praktisk interesse.

Over malmfeltet er gravet en rekke lange røsker og skjæringer, bl. a. en på 90 m lengde, men for en stor del parallelt med strøket. Malmens opprinnelige mektighet har neppe oversteget 5 m og det store areal skyldes dels det flate fall, dels den sterke folding, som ytterligere markeres av et par smale, innleirete skiferlag, dels en sammenstukning av selve

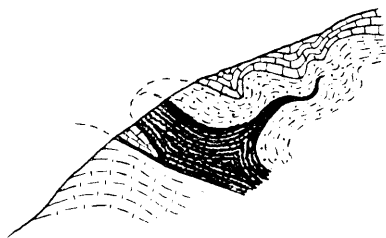


Fig. 16.

0 10 20 m.

malmmassen. Mektigheten i foldet tilstand kan vanskelig anslåes. Foldingsaksene holder svakt mot N,  $35^\circ$  Ø.

Fra skjæringene i dette felt har Siljestrøm tatt sin gjennomsnittsanalyse, som viste:

Fe .....	21,62 %
P .....	0,38 »

Jernglans og magnetitt opptrer begge rikelig, magnetitt visstnok overveiende.

Hovedmalmen opptrer som det sees i en stor ombøyning av lagpakken. Følger vi den etter strøket østover viser det seg, at den meget plutselig kniper sammen til en smal malmstripe, under 1 m mektig. Denne er blottet her og der i liggen av mektig kalkmarmor. Etter 100 m forsvinner den helt. I den annen ende, etter strøket nordover, holder den seg flere m mektig over en lengde av 175 m, sterkt aksefoldet med snart østlig, snart vestlig fall. I den lange skjæring vest for 280 m på basis finner vi et karakteristisk profil over den. Fig. 16.

Det sees hvordan den mektige kalkmarmor fra det hengende senker seg ned bakken mot vest i en rekke skarpe og intenst krusete folder, til den tilslutt grenser direkte mot malmen. Mellom kalkmarmor og malm er for øvrig innleiret en forholdsvis massiv kvarts-oligoklas-biotittskifer, som er mer kompetent og derfor ligger i stivere folder. Denne er omtalt s. 22. Grensen mot kalkglimmerskifer i liggen er skarp.

Herfra kan malmsonen følges kontinuerlig og med et regelmessig flatt østlig fall videre nordover som en smal, forholdsvis rik og skarpt begrenset malmstripe, ikke over 1 2 m mektig. I dens øverste del er en smal sone av mangangranat.

Den nærmeste bank av den overliggende kalkmarmor er påfallende finkornig, nesten tett, i motsetning til den temmelig grovkornige struktur av kalkmarmoren for øvrig. Det synes derfor å ha foregått en skyvning her, hvorved også den mellomliggende kvartsglimmerskifer for størstedelen er forsvunnet.

Fra 650 m begynner igjen sterkere foldinger og i forbindelse med dem lokale utvidelser av malmen til flere m mektighet. Kvartsglimmerskiferen nærmest i hengen er igjen tilstede, til dels med tungeformige innfoldinger av hengkalken og oppdeling av malmen i flere parallelle soner. Den nordligste røsk på Fjellglebergs malmsone er ved 1200 m, videre har jeg ikke iaktatt den.

I liggen av malmen følger hele veien den smuldrende kalkglimmerskifer, som i sin øvre del fører vel utviklede oktaedre av magnetitt, betegnet med prikker på Pl. IV. I feltets sørlige del, hvor disse skifere hvelver nedover skråningen, brer også disse impregnasjoner seg temmelig langt nedover, visstnok enda lenger enn antydnet på plansjen. Noen praktisk interesse har de ikke.

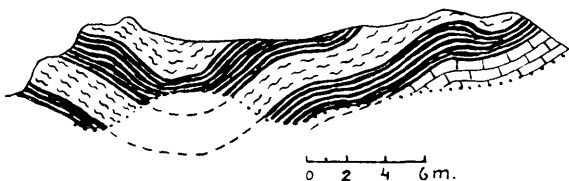
Lengere nede i kalkglimmerskiferen opptrer en sone av ordinær malm, vestenfor 500—700 m på basis. Den er flere meter mektig og intenst foldet, men lite avrøsket. I forbindelse med den sees tildels atskillig mangangranat (fotnote, s. 55). Det er visstnok den samme malmsone som er blottet i røsk 180 m vest for 200 m på basis, muligens også den samme som krysser basis ved 50 m.

Oppe i hengende kalkmarmor, 210—260 m på basis finnes en smal malmstripe, som viser et av de meget sjeldne tilfelle, hvor jernmalm er innleiret direkte i kalkmarmor, uten ledsagende skifer.

Malmen i *Jernhammeren* opptrer direkte i hengen av den ovenfor omtalte mektige kalkmarmor, i en skarp ombøyning av samme, ganske svarende til den ved Fjellgleberg. Akseretningen holder flatt mot N, 30° Ø.

Det opptrer her en ganske god blotning omtrent tvers på foldingsaksen i en bratt oppragende fjellhammer, hvis fot imidlertid er overdekket. Fig. 17. Den samlede mektighet av malmleiet er ca. 5 m, hvorav imidlertid 1 1/2 m er et innleiret

Fig 17. Naturlige blotninger i skrenten av Jernhammeren.



lag av overveiende glimmerskifer, bare med noen impregnasjons-soner. På grunn av det flate fall og foldingene brer malmen seg atskillig innover flaten oppe på hammeren, og gir derved det store horisontale malmareal på 2500 m<sup>2</sup>, som Siljestrøm anfører. Dette gir naturligvis ikke noe riktig bilde av malmtilgangen. Hans gjennomsnittsanalyse viser:

Fe .....	18,31 0/0
P .....	0,43 »

Den lave jerngehalt skyldes åpenbart at han i prøven har medtatt det impregnerte skiferbelte. Malmen selv gir nærmest inntrykk av å være rikere enn Fjellglebergets.

Temmelig grovkornig magnetitt er her det dominerende ertsmineral, idet jernglans bare finnes i forholdsvis smale lag.

Sammen med magnetitten finnes undertiden forholdsvis rikelig mangangranat. Den er ikke som i Bøfeltet samlet i selvstendige lag, men opptrer i båndet veksel med magnetitt. Vi får altså en mangansilikat-båndet jernmalm. Pl. XII, viser et fotografi av denne malm, sett tvers på foldingsaksen. Noen oversikt over mengden av denne malmtype foreligger ikke, og heller ikke noen analyse.

I hengen av Jernhammerens malm følger temmlig mektig kalkglimmerskifer av nøyaktig samme type som i liggen av Fjellgleberg.

Følger vi Jernhammerens malm i strøk østover smalner den snart av og deler seg opp i flere parallelle lag, til dels inn gjennom den mektige kalkmarmor. Det er åpenbart at foldingene spiller en stor rolle ved denne utforming og at de store mektighetsforandringer i kalken skyldes en plastisk utpressing, som ved koordinat 650 N, 150 Ø. Malmen har i foldene ofte en stenglig tekstur.

De malmførende skiferbånd inne i kalkmarmoren har ofte en temmelig varierende mektighet, og vi finner ekstreme eksempler på hvordan selv ganske smale bånd kan være malmførende, som nedenstående på 1,2 m tykkelse:

	Mektig kalkmarmor
5 cm	glimmerskifer
1 »	magnetitt
5 »	kalkmarmor
6 »	magnetittmalm
100 »	kalkglimmerskifer
	Mektig kalkmarmor

Den endelige utkiling av et slikt bånd, på koordinat 670 N, 300 Ø, en fremstilt på fig. 18. Det fremgår at dette ikke er noen helt primær utkiling. Også i disse bånd finnes undertiden lag av typisk spessartin-manganokalsitt med sterk manganhud.

Et stykke i ligger av Jernhammerens malm finnes inne i kalkmarmoren et selvstendig bånd av kalkglimmerskifer, opptil 8 m mektig, som også fører jernmalmlag. Disse er temmelig smale og ubetydelige, men kan følges over en lang strekning i strøk. Fallet overalt temmelig flatt.

Videre mot den tilsynelatende ligg kommer vi snart inn i et belte av typisk dolomittmarmor, som kan følges kontinuerlig øst for Håfjellstuva og ned til dolomittmarmoren ved Hekkelstrand, hele veien temmelig langt i hengen for malmhorisontene.

Følger vi Jernhammerens malm nordover i strøkretningen smalner den plutselig av til under 1 m mektighet så snart vi kommer utenfor hovedfolden, ganske som tilfellet var ved Fjellgleberg. Den fortsetter videre meget regelmessig på grensen av kalkmarmor og kalkglimmerskifer, og samtidig avtar kalkmarmoren sterkt i mektighet. Denne malm kan følges meget langt, og på strekningen 850—1150 har den en noe større mektighet, opptil 2½ m. Forholdet mellom magnetitt og jernglans varierer påfallende.

På strekningen 1000—1500 m er fallet meget flatt og kalkmarmoren blir forholdsvis bred, men viser på grunn av folding oppstikkende rygger av den underliggende glimmerskifer.

Videre smalner kalkmarmoren meget sterkt av, og fortsetter som et bare 3 m mektig, rettlinjert belte, som ble fulgt til 2100 m.

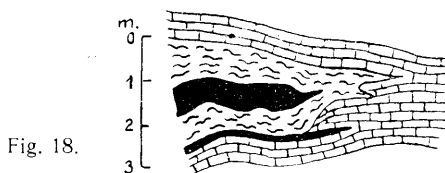


Fig. 18.

Siste avblotning av malmen i hengen er ved 1700 m, hvor der er 4 m mektig, forholdsvis fattig malm. Videre nordover sees den bare som noen ubetydelige striper. Det er mulig at kalk og malm fortsetter enda lenger nedover skråningen, men da terrenget her er temmelig overdekket ble de ikke fulgt videre.

Det fremgår av ovenstående, at Fjellglebergets og Jernhammerens malmhorisonter her praktisk talt løper sammen. Samtidig er den horisontale avstand til den laveste malmhorisont ved Storbjønnvann igjen redusert til ca. 400 m, altså praktisk talt den samme som mellom Jernhaugens og Fuglevanns malmer.

Tar vi tilslutt et overblikk over dette innviklete området, Pl. V, må vi slutte:

Det er overveiende sannsynlig at Fjellglebergets malm hører til samme horisont som Jernhaugens, til tross for at det for tiden ikke er mulig å avgjøre, hvordan forbindelsen i detalj skal trekkes. For dette taler for det første begge forhold til den andre, regelmessig forløpende malmhorisont Fuglevann—Holmvann, for det annet forekomsten av den typiske kalkglimmerskifer, som er så vel kjent fra Bøfeltet. For det tredje er det høyst usannsynlig, at disse to mektige malmer, som begge forsvinner i retning mot hverandre under intens folding, skulle høre til to forskjellige horisonter, uten mulighet for noen annen forbindelse.

Videre anser jeg det ikke usannsynlig, at også Jernhammeren hører til samme horisont. Det som taler for dette er, at den samme kalkglimmerskifer opptrer under Fjellglebergs og over Jernhammerens malmer og at de to horisonter løper praktisk talt sammen mot NØ, hvoretter både kalk og malm, senere også kalkglimmerskiferen synes å forsvinne i denne retning. Videre viser den mellomliggende kalkmarmor i nærheten av Jernhammeren en så plutselig og kolossal avsmalning i bredden,

at det bare kan skyldes tektoniske årsaker. Samtidig slutter den før omtalte dolomittbenk under sterke foldinger. Denne dolomitt må i alle fall høre til en høyere horisont enn malmene. Den mektige kalkmarmor synes så å si å være uttrukket i en lang stjert nordover (se geologiske kart), men på hvilken måte aksefoldinger, inversjoner og eventuelle skyvninger har medvirket til dette ville i beste fall kreve et meget inngående arbeide å utrede i dette temmelig sterkt overdekkete område.

### Håfjelltuvas malm.

Pl. V og geologisk kart.

Denne tilsynelatende høyeste malmhorisont følger en smal kalkbenk i Håfjelltuvas NV-skråning, fra ca. 600 m o. h. øst for Holmvann og ned lien til Skårnesdal, ca. 250 m NV for gården. Lagbygningen er hele veien meget regelmessig, med flatt (25°) fall mot sørøst, unntaken i feltets sørlige ende, hvor der opptrer en voldsom oppbøyning mot Håfjelltuva. Et profil over den regelmessige del viser:

Heng.	Mektig kalkmarmor.
	Glimmerskifer, 10 m mektig
	Kalkmarmor, 25 » »
	Glimmerskifer 50 » »
	Kalkmarmor 3—4 » »
	Hovedmalmsone
Ligg.	Mektig granatglimmerskifer.

I den øverste her nevnte glimmerskifer er også et par avrøskninger, men jeg har ikke sett noen malm i den.

Hovedmalmsonen er ytterst spredt avrøsket og dens laveste synlige blotning er NV for Skårnesdal gård og 265 m o. h. Den følger hele veien glimmerskiferen et par meter i liggen av den smale kalkbenk og har mektigheter fra under 1 m til maksimalt 2 m. I feltets øvre del sees undertiden også en smal malm i hengen av den smale kalkbenk. Likeså finner vi her et par soner av impregnasjonsmalm lengere nede i liggende glimmerskifer, i opptil 90 m horisontal avstand fra hovedmalmen. Mektigheten kan her være opptil 4 m, men mindre kontinuerlig og ytterst fattig. Malmtypen er overalt i dette felt overveiende en kvarts-

magnetittmalm med vekslende kornstørrelse, gjennomgående fattig og uten fremtredende manganhud. Feltet er helt uten interesse.

Enklest ville det være å tyde denne malmsone som en tilbakegående fortsettelse av Jernhammerens malmhorisont. I så fall skulle man imidlertid ha ventet kalkglimmerskifer i liggen av den, mens det i virkeligheten er granatglimmerskifer. Det er derfor mulig at den representerer en ny malmhorisont på et høyere nivå enn noen av de andre.

### **Malmleiene fra Skårnesdal til Aspmoen-Pundsvik.**

Se geologisk kart.

Malmsonen fra Holmvannet gjenfinnes nær broen over Skårneselven og fortsetter nordover Tømmeråsen. Den følger et 70 m mektig skiferbelte mellom to kalkmarmorleier, det liggende 10 m og det hengende 40 m mektig, med 40° østlig fall.

Det finnes her to parallelle malmleier, adskilt ved en 45 m mektig, lys granatglimmerskifer. Det undre av disse består av en typisk hård, forholdsvis god kvarts-magnetittmalm, noe båndet, manganfattig. Mektigheten er 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—3 m opp til fjellryggen, videre ned skråningen mot nord er den neppe over 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m og henimot fjorden enda smalere.

Det øvre av disse leier fører kalkrik, grovkornig, mer smuldrende malm og ledsages av noe kalkglimmerskifer, så det er mindre blottet. Bare i en røsk i sørskråningen, 200 m o. h., kan mektigheten måles. Den er her 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m, hvorav imidlertid 2 m er innleiret kalkglimmerskifer, resten er god malm. Også dette leie taper seg nordover og er ganske smalt på selve gården Aspmoen, hvor vi har siste blotning. Leiet fører tildels atskillig mangangranat.

Noen hundrede meter i hengen for disse treffes øverste malmleie, som går ned til fjorden ved Pundsvik. Det opptrer like i liggen av et ca. 12 m mektig lag av kalkmarmor, er enda mer overdekket enn de foregående og bare ubetydelig avrøsket.

Nede ved fjorden er så godt som alt overdekket, men spor av malmen sees på østre Pundsvik gård. Først 120 m o. h. er malmen avrøsket med 2 m mektig synlig kvarts-magnetitt-

malm. Over hele fjellryggen er den ikke blottet. De eneste blotninger finnes i skråningen ned mot Skårnesdal i form av to avrøskninger på henholdsvis 210 og 185 m o. h.

I den øverste av disse er malmen 2,6 m mektig, hvorav 0,8 m i hengen er smuldrende, kalkrik magnetittmalm, resten av den kvartsrike malmtypen.

I den laveste røsk opptrer den karakteristiske manganrike malm, som var gjenstand for spesialundersøkelse, s. 48. Den er så lite blottet, at dens dimensjoner ikke kan bestemmes.

Denne malmhorisont med dens overliggende kalkbank er sannsynligvis en fortsettelse av de tilsvarende i Håfjellstuvass malmsoner, skjønt den direkte sammenheng ikke kan påvises.

I den østlige fløy av mulden finner vi en tilsvarende smal kalksoner midt mellom Bøfeltet og Hekkelstrand, her riktignok uten malm. Hvis disse kalksoner representerer samme horisont, skulle altså Pundsvikmalmen komme i et atskillig høyere nivå enn Bømalmen.

En slik fjern-korrelasjon er imidlertid høyst usikker, og skulle det som før antydde vise seg at Håfjellstuvass malmsoner er den tilbakebøyete fortsettelse av Jernhammeren er det en mulighet for at det hele svarer til Bøfeltets malmhorisont.

Nord for Ofotfjorden fortsetter malmeleiene i de manganførende malmer Sommervik—Partlien—Osmarken. Fig. 1.

## Sjåfjells jernmalmbforekomst.

Pl. VI og geologisk kart.

### Geologi.

På en geologisk horisont, som er henimot 3000 m lavere enn den underste Håfjellsmalm, har vi igjen en jernmalmbførende soner, som kan benevnes etter hovedfeltet i Sjåfjell vest for Børsvatn. Dette felt befinner seg vel 400 m i hengen av Melkedalskalken og ca. 175 m i ligger av Bjørkåsens sulfidførende horisont.

Mens malmen i Håfjell, som vi har sett, vesentlig følger skiferbånd som er innleiret i en mektig serie av kalkmarmor, finnes ingen marmor i nærheten av Sjåfjellets horisont. Her

utgjøres såvel ligg som heng av mektige glimmerskifere. Det er imidlertid den analogi at skiferne i nærheten av malmene i stor utstrekning utgjøres av typiske kalkglimmerskifere i begge områder.

Lagfølgen i glimmerskiferne er i store trekk følgende:

- 1) Fra Melkedalskalken i liggen og opp henimot jernmalmskiferen står vanlige ensartede kvarts-glimmerskifere med lite utpregete granater.
- 2) Fra 12 m under jernmalmen og mellom jernmalmsonene opptrer rikelig kalk-glimmerskifer, til dels med hornblenderike bånd. Disse skifere kan over stor bredde føre tett av små, lyse linser og bånd av et kvarts-karbonat-aggregat.  
Det er påfallende hvordan disse kalkglimmerskifere kan forvitte ved smuldring helt ned til henimot 2 m dyp under overflaten, så de danner en løs sand med bibehold av bergartens tekstur.
- 3) De nærmeste 100 m over jernmalmene fører igjen kvartsrikere glimmerskifere, til dels båndet og for det meste uten granater.
- 4) Videre opp til Bjørkåsenhorisonten og litt forbi denne følger en meget heterogen serie, karakterisert ved bituminøse skifere, enkelte serisittiske soner, hornblendeskifere og vanlige glimmerskifere med lite fremtredende granater eller helt uten.
- 5) Videre mot hengen ned til Grunnvann står monotone, intenst krusete kvarts-granat-glimmerskifere med rikelig granater.

Det er enda en vesentlig forskjell mellom de jernmalmførende områder i Håfjell og Sjøfjell. I Håfjell fantes som vi så ingen antydning til granittisk materiale, i Sjøfjell opptrer massive granittiske pegmatittganger og -årer av trondhjemsittisk sammen-setning.

På det geologiske kart er disse bare avmerket der, hvor de opptrer meget rikelig, endog med overganger til regulær injeksjonsgneis. Imidlertid opptrer lignende ganger og årer mere spredt også videre oppover mot hengen, og først Elvenes-konglomeratet er den absolutte øvre grense for deres oppreden. Deres antall og størrelse varierer i de forskjellige horisonter.

Mellom Melkedalskalken og jernmalmsonen er det høyst ubetydelig av dem. Ganske store ganger kan derimot opptre omkring jernmalmsonen, hvor de også gjennomsetter jernmalmen,

og særlig omkring Bjørkåsen-horisonten, som dessuten er karakterisert ved eldre, forskifrete, til dels kisimpregnerte mikroklinaplitte. Tegn til disse finner vi også mellom jernmalmsone, nemlig i borhull I, 102—114 m dyp. Hengskiferne ned mot Grunnvann fører hele veien årer av pegmatitt og kvarts, men bare små og i underordnet mengde.

### **Bergartenes og malmenes petrografi.**

#### **Glimmer- og hornblendeskifere.**

For studiet av de lett-forvitrende skifere i dette felt ble særlig anvendt kjerneprøver fra borhull I, det eneste av borhullene som jeg har hatt anledning til å gjennomgå, og som gir friske prøver.

Fra skiferne helt i *hengen* for det malmførende belte ble undersøkt 2 prøver, en glimmerskifer og en glimmer-hornblendeskifer, begge karbonatførende og granatfrie.

#### Glimmerskifer. Borh. I, dyp 20 m.

Hovedbestanddeler er *kvarts*, *karbonater* og en lys brun *biotitt* med pleokroittiske ringer. Der er 2 slags karbonater. En del med  $\omega = 1,666$  er *kalkspat* mens det meste har  $\omega = 1,705$  og er en *ankeritt* med ca. 24 mol.<sup>0</sup>/<sub>100</sub> ferrodolomitt.

*Epidot* danner sparsomme, jevnt fordelte korn. *Plagioklas*,  $An_{27}$ , opptrer forholdsvis sparsomt i småkornige aggregater, svakt sonarbygd med randen ubetydelig mer basisk enn kjernen. Hvor tvillinglameller en sjelden gang opptrer, er det alltid periklinlameller. Sammen med den finnes spredte blader av muskovitt. Enkelte slike rundete aggregater kan muligens representere opprinnelige granater. *Apatitt* og *magnetitt* danner begge små idiomorfe korn. Hornblende og kloritt mangler.

#### Glimmer-hornblendeskifer. Borh. I, dyp 6 m.

Forskjellen fra foregående består i følgende: En poikilitisk hornblende opptrer rikeligere enn biotitten. Det er en alminnelig hornblende med den vanlige blåliggrønne absorpsjonsfarge i  $\gamma$ -retningen. Til gjengjeld forsvinner muskovitten. Mens kvarts fremdeles er rikelig finnes meget lite plagioklas,  $An_{20}$ , og ingen

epidot. Det kan ikke være tvil om, at det fremdeles dreier seg om metamorfe sedimenter.

Nærmest i *liggen* av hovedmalmsonen opptrer en båndet kalkglimmerskifer. Den viser en fin, diffus bånding med enkelte helt lyse, skarper utskilte bånd på et par mm bredde, som består av bare kvarts og karbonat i innbyrdes sterkt vekslende mengde. En prøve ble undersøkt.

Båndet kalkglimmerskifer. Borh. I, dyp 179—187 m.

De helt lyse bånd består av *kvarts* og *ankeritt* ( $\omega = 1,702$ ) samt en del *kalkspat*. Hovedmassen av skiferen fører foruten temmelig rikelig av de ovennevnte mineraler, også rikelig av brun *biotitt*, atskillige små korn og staver av *epidot* og en del *plagioklas*,  $An_{21}$ . En sjelden gang kan sistnevnte opptre som mm-store individer, som viser en grumset omvandling, inneslutninger av små kvartskorn, og bøyde tvillinglameller. *Muskovitt* finnes meget sparsomt, bortsett fra enkelte store individer på grensen av karbonatårene. Der er spor av en rømgrå *turmalin*. Hornblende og kloritt mangler helt.

*Ved og mellom malmsonene* opptrer flere forskjellige skifer typer. Kalkglimmerskifer er dominerende. I forbindelse med den finnes også hornblendeskifer, for en del granatførende, som en få meter bred sone direkte i hengen av hovedmalmen. Den synes temmelig kontinuerlig i strøk, idet den er observert fra borhull I (670 S) til koordinat 590 S, 35 V samt ved 290 S, 20 Ø. Nær malmsonene er skiferne ofte så sterkt magnetittimpregnert, at de får karakter av impregnasjonsmalmer.

Impregnert granat-hornblendeskifer. Borh. I, dyp 155 m.

Det dominerende mineral er en vanlig poikilittisk *hornblende*, oppfylt av kvarts- og magnetittkorn.  $\gamma = 1,695$  med blåliggrønn absorpsjonsfarge, altså samme som opptrådte i de hornblendeførende skifere i Håfjellet. Den viser pleokroittiske ringer.

*Granat* finnes flekkevis ganske rikelig, som uregelmessige, opptil 3 mm store poikiloblaster med tallrike inneslutninger av de samme mineraler. Det er sikkerlig en *almandin*. En lys brun *biotitt* opptrer ganske sparsomt, mest rundt granat og i

kvartsslirer. Videre finnes ubetydelig *kloritt*, meget svakt grønn, opt. +. Den er yngre enn biotitt og granat. *Plagioklas*,  $An_{20}$ , opptrer vesentlig nær granatene som forholdsvis store felter, mosaikkaktig oppdelt i et sløret aggregat av små individer, nesten uten ledsagende kvartskorn. De synes delvis å fortrenge granaten. Utenom disse begrensede flekker er kvarts omtrent enerådende blant de lyse mineraler, og finnes ialt i langt større mengde enn plagioklas.

*Magnetitt* er det rikelig av som mere eller mindre idiomorfe korn over det hele, men åpenbart i 2 generasjoner. I granat- og hornblendepoikilittene har de størrelsesorden 0,03 mm, i omgivelsene når de opp til 0,3 mm. De ledsages av atskillig *apatitt* og ubetydelig *svovelkis*.

*Karbonater* finnes meget sparsomt, muskovitt og epidot mangler helt.

En annen prøve fra koordinat 290 S på samme sone ligner foregående, med den forskjell at granat mangler helt, likeså de nevnte aggregater av plagioklas. Plagioklas, fremdeles  $An_{20}$ , opptrer derfor meget sparsomt, mens biotitten er blitt noe rikeligere, likeså sees et par korn av *turmalin*.

Skjønt særlig den førstnevnte av disse prøver kan ha en viss likhet med en metamorf, finkornig basisk eruptiv viser bl. a. forholdet plagioklas : kvarts at det må være et metamorft sediment.

#### Grüneritt-granat-skarn.

Inne i jernmalmene treffes stadig fattige ertsimpregnerte, strålstenslignende, ofte granatførende aggregater i form av linser og bånd. En prøve av disse ble underkastet en mer inngående undersøkelse. Koordinat 424 S, 24 V.

Hovedmineraler er granat, en fargeløs hornblende og kvarts. *Granaten* finnes i opptil 1 cm store uregelmessige individer, rikelig oppfylt av små kvartskorn i en viss lagformig anordning, som er ensrettet i alle granatene. Et optisk spektrogram av utplukket granat viste:

Ca, Al, Fe . . . . .	hovedbestanddeler
Mg . . . . .	vel 1 %
Mn . . . . .	< 1 »
Ti . . . . .	0, x %

Da oksydasjonsgraden av jernet ikke er bestemt, kan det ikke avgjøres om dette er en almandin-grossular eller en grossular-andraditt-granat. Det første er visstnok det sannsynligste.<sup>1</sup>

*Hornblenden* utgjør stengler, som makroskopisk er lyst gulligbrune. Et optisk spektrogram av rene, utplukkete stengler viste:

Mg, Fe . . . . .	hovedbestanddeler
Al . . . . .	~ 1 0/10
Ca . . . . .	litt < 1 »
Mn . . . . .	< 1 »
Ti . . . . .	~ 1 »
Cu . . . . .	spor

Det lave Ca- og Al-innhold viser, at den hører til cummingtonitt-grüneritt-rekken. De optiske bestemmelser viste:

Mikroskopisk fargeløst, rikelig tvillinglamellert etter 100, som regel uten inneslutninger.

$$\alpha^{\text{Na}} = 1,660$$

$$\gamma^{\text{Na}} = 1,691$$

$$\gamma : \alpha = 0,031$$

$$c : \gamma = 19^\circ$$

Aksevinkel meget stor.

Etter dette er hornblenden en *grüneritt* med 65—70 mol.-0/10 Fe-silikat. Grüneritten opptrer som forholdsvis grove stengler sammen med kvarts, og er distinkt yngre enn granaten, idet stenglene vokser inn gjennom denne. Undertiden kan man også iaktta vakre „soler“ av radialstrålige, fine grünerittfibre inne i granaten.

Den korresponderer med den dannemoritt, som jeg påviste i Håfjell (s. 55), og hører likesom den til en yngre skarn-generasjon. Når grüneritten er fattig på mangan henger det sammen med det lave manganinnhold i hele Sjøfjellsfeltet.

Av andre mineraler opptrer meget sparsomt en mørk brun *biotitt*,  $\beta = 1,665$ , sammen med kvarts og grüneritt, og videre temmelig sparsomt av *kloritt*. Denne har pleokroisme smaragdgrønn-grønnliggul, med  $\beta = 1,640$  og meget lav dobbeltbrytning,  $\gamma \div \alpha = 0,002$ . I motsetning til klorittene i bergartene er den

<sup>1</sup> Cfr. N. Magnusson: Ljusnarsbergs malmtrakt, S. G. U. Ca 30 (1940), p. 67.

optisk negativ og har anomale blåliggrå interferensfarger. Det er altså en *aphrosideritt*.

*Kvarts* er forholdsvis rikelig, dels som inneslutninger i granaten, dels som grovere årer. *Apatitt* finnes temmelig rikelig, *magnetitt* som grove, spredte korn. Plagioklas og muskovitt mangler helt, likeså karbonater, men i andre lignende prøver sees også *ankeritt* i kvartsårene.

#### **Malmtypene.**

De friskeste prøver av malmen finner vi i det utskutte fra stollen, som skjærer tvers igjennom hovedmalmen. Alle malmtyper viser synlig lagning. Vi kan skjelne mellom følgende 3 typer:

- Type 1. En uhyre finkornig malm uten synlige lyse mineraler, og følgelig uten noen synlig bånding.
- Type 2. Kvartsbåndet malm.
- Type 3. Karbonatbåndet malm, sparsomt.

Likesom omtalt fra Håfjell finner vi også her eiendommelige fine diaklaser i malmen tvers på skifriheten, så magnetitten speiler over store flater. Disse diaklaser er her undertiden belagt med en uhyre tynn hinne av svovelkis.

Polerslip viser i alle malmtypene et meget enkelt bilde av ertsmineralene. Det finnes her *bare magnetitt*, som selv ved sterkeste forstørrelse er helt homogen. Det har ikke kunnet påvises spor av jernglans, heller ikke av ilmenitt.

Imidlertid viser magnetitten en eiendommelig dobbeltkornighet, som det fremgår av Pl. X, fig. 2, fra malmtype 1. Denne fremtrer som en diffus bånding og skyldes åpenbart en senere samlekrystallisasjon av magnetitten i visse lag. De eldre finkornige magnetitter har en diameter av 0,04—0,01 mm, de senere grovkornige er i alminnelighet 0,2—0,4 mm. Derimot mangler helt de store magnetittporfyroblaster, som vi hadde i Håfjell.

#### **Tett kvarts-grüneritt-malm.**

Bergartsmineralene er overveiende *kvarts* og *grüneritt* av en grovstenglig type som i skarnet, videre atskillig *karbonat* og *apatitt*. Derimot mangler plagioklas, glimmer, kloritt og epidot.

Videre er vanlig i disse malmer noen meget spredte, men opptil 8 mm store porfyroblaster av *granat*, oppfylt av et fint støv av kvarts og delvis karbonater. Et optisk spektrogram av en slik granat viste:

Fe, Al, Ca . . . . .	hovedbestanddeler
Mg . . . . .	~ 1 0/0
Mn . . . . .	knapt 1 »
Ti . . . . .	spor

Granaten hører utvilsomt til samme type som den fra skarnet, skjønt Ca er noe lavere og Ti nesten mangler.

Sammenlignet med den grove granat fra Håfjellsmalmen (s. 55) er Mn langt lavere og Ca langt høyere.

Paragenesen grüneritt-almandin opptrer utelukkende i meget jernrike skarn og i malmene.

#### Kvartsbåndet malm.

Som vist på fotografiet, fig. 19, er kvartsbåndingen her regelmessigere enn vi er vant til i disse distrikter. Imidlertid er båndene mere diffuse enn i de klassiske kvartsrandmalmer, og meget langt fra å være monomineralske. De mørke bånd holder fremdeles svært meget kvarts, og i virkeligheten representerer båndingen bare en varierende konsentrasjon av magnetitten. Denne har kornstørrelse 0,02—0,2 mm.

Malmen fører rikelig *apatitt*, som også varierer sterkt mellom de forskjellige bånd, men ikke parallelt med magnetitten. Vi finner ofte høyt apatittinnhold i lyse bånd.

Videre opptrer atskillig *karbonat*, så vel i de mørke som i de lyse bånd, kanskje mest i de lyse. Det er uten tvillinglameller, bruser ikke for kald fortynnet syre og har konstant lysbrytning  $\omega = 1,713$ . Det må derfor være *ankeritt* med ca. 40 mol. 0/0 ferrodolomitt.

Endelig finnes atskillig *grüneritt*, men i en noe annen habitus enn i de før beskrevne typer. Her danner den tynne nåler, som oftest i radiært vifteformig orientering, helt uavhengig av båndingsretningen. Hvor den undertiden viser tendens til å samle seg i egne bånd er de enkelte individer fremdeles orientert helt uavhengig av dettes retning. Nålene setter igjennom de



Fig. 19. Kvartsbåndet magnetittmalm. Sjøfjell.  $\frac{4}{5}$  nat. st.  
*Quartz-banded magnetite ore.*

andre mineraler og er yngre enn disse. De representerer sikkerlig en begynnende reaksjonsskarn-dannelse mellom kvarts og ankeritt.

Plagioklas, glimmer, kloritt og epidot mangler.

#### Ankerittbåndet malm.

Også denne malm viser en utpreget bånding og med en større fargekontrast mellom sort og hvitt enn i foregående type. Fig. 20. De lyse karbonatrike bånd er imidlertid mindre regelmessige enn kvartsbåndene. De er mindre planparallele og synes i virkeligheten å danne lange linseformige, utkilende og gaflende årer, som kan skyldes sekundær omleiring.

De lyse bånd består av *ankeritt* og *kvarts* i innbyrdes sterkt vekslende mengde, og er oftest sparsomt impregnert med

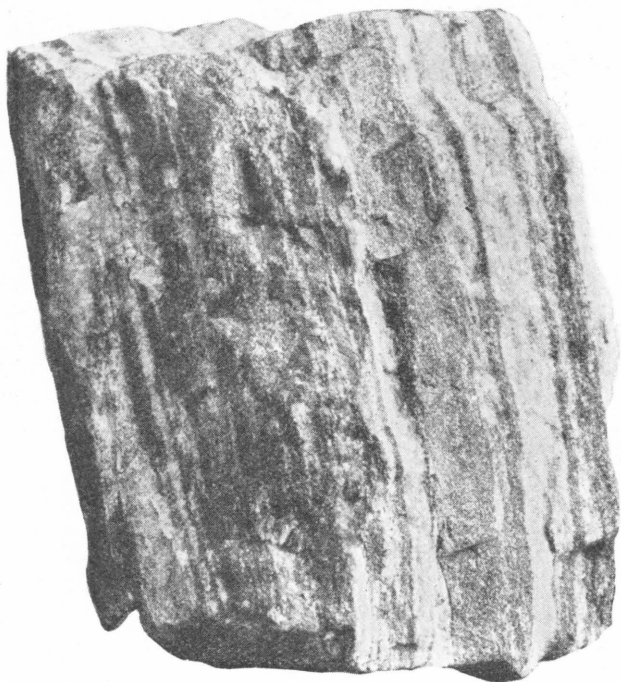


Fig. 20. Ankerittbåndet magnetittmalm. Sjøfjell.  $\frac{1}{1}$  nat. st.  
*Ankerite-banded magnetite ore*

et fint magnetittstøv. Ankeritten har lysbrytning  $\omega^{\text{Na}} = 1,730$ , altså ca. 60 mol. % ferrodolomitt. Den er i frisk tilstand fargeløs, men anløper gulbrunt.

De mørke magnetittrike bånd fører fremdeles rikelig av kvarts og av samme ankeritt, men ingen femiske silikater, bortsett fra noen spredte små skjell av *biotitt*, som her har en mere grønnlig tone enn ellers. Grüneritt kunne ikke iakttas, men *apatitt* finnes som vanlig i båndvis sterkt vekslende mengde.

Også i den mørke malmtypen 1 kan vi finne enkelte smale bånd eller årer av denne type, som her enda mer gir inntrykk av en sekundærdannelse.

For kontroll av bestemmelsen ble utført en kjemisk analyse av et typisk *ankeritt-kvartsbånd*, etteratt alle spor av magnetitt først var fjernet med en magnet. Analytiker *F. Dons*.

	0/0	Mol.tall	
Uopløst (kvarst) . . .	53,26		
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	24,62	0,246	0,212 + 0,034
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	6,26	0,075	
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	14,48	0,125	
	98,62		
Rest = MnCO <sub>3</sub> . . . . .	1,38	0,012	0,212
	100,00		

Mangan ble ikke bestemt kjemisk, men da et optisk spektrogram viste knapt 1<sup>0/0</sup> MnO, antas analyseresten 1,38<sup>0/0</sup> i det vesentlige å være MnCO<sub>3</sub> (svarende til 0,85<sup>0/0</sup> MnO). Sammensetningen av karbonatbåndet beregnes da til:

Kvarts . . . . .	53,26	vekt. <sup>0/0</sup>
Ankeritt . . . . .	43,34	»
Kalkspat . . . . .	3,40	»
	100,00	

Ankerittens molekylære sammensetning blir:

FeCO <sub>3</sub> . . . . .	29,5	mol.- <sup>0/0</sup>
MnCO <sub>3</sub> . . . . .	2,8	»
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	17,7	»
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	50,0	»
	100,00	

Dette betinger en lysbrytning av 1,732, mot målt 1,730, og et innhold av (Fe, Mn)-dolomitt på 64 mol.<sup>0/0</sup>. Det er naturligvis mulig at manganet inngår i den lille kalkspatrest, men forskjellen blir ubetydelig.

#### Karbonatbånd med albittporfyroblaster.

Fra stollen ble også iaktatt et smalt karbonatrikt bånd i skiferbelte i malmen. Det består overveiende av *ankeritt* ( $\omega = 1,725$ ) av kornstørrelse 0,25 mm, med sparsomme korn av kvarts foruten noen kryssende kvartsårer. Videre finnes atskillig *apatitt*, en sparsom impregnasjon av *magnetitt* og noen spredte små skjell av *biotitt*, som utgjør det eneste femiske silikat.

Det som har interesse er, at det i ankeritten opptrer tallrike porfyroblaster av en feldspat, som viser seg å være *albitt*,  $An_7$ . De er forholdsvis store, i middel 1 mm, helt friske, men med tallrike poikilitiske små innslutninger av kvarts og karbonat. De minner i sin karakter meget om de albittporfyroblaster som ble påvist i Bøfeltet i Håfjell (s. 33—35).

#### Sammenlikning med Håfjellet.

Skjønt de to jernmalmhorisonter utvilsomt er genetisk analoge og skjønt de i sin generelle opptreden likner hverandre meget, er det visse systematiske forskjelligheter mellom dem, som sammenstilles nedenfor:

<i>Håfjell</i>	<i>Sjåfjell</i>
Jernglans + magnetitt.	Bare magnetitt.
Delvis manganrik.	Overalt manganfattig.
Fosforinnhold ca. 0,3 0/0.	Fosforinnhold ca. 1 0/0.
Manganokalsitter utbredt.	Ankeritter utbredt.
Grüneritt sjelden.	Grüneritt utbredt.

Man skulle muligens ha ventet at Sjåfjelldistriktet, hvor der opptrer atskillige ganger av mer eller mindre pegmatittisk granitt (trondhemitt) og som befinner seg meget nærmere områder med betydelig granittisering, skulle vise en høyere metamorf facies enn Håfjelldistriktet. Det viser seg imidlertid ikke å være tilfelle. Som vi ovenfor har sett hører også dette distrikt til den øvre del av epidot-amfibolitt-facies. I skiferne er epidot i likevekt med *oligoklaser* med 20—27 mol.0/0 anortitt. I kalkglimmerskiferne er det i enkelte soner dannet alminnelig hornblende, i andre ikke, formodentlig som følge av variasjoner i den opprinnelige kjemiske sammensetning.

Likewise i Håfjell har man også her inntrykk av en lavere metamorf facies i malmsonene enn i omgivelsene. Feldspat mangler som regel i malmene som følge av alkalimangel, men hvor den opptrer er det også her alltid *albitt*.

Særlig påfallende er den rikelige opptreden av dolomitt-ankeritt-seriens mineraler. De opptrer både i malmen og i den nærliggende kalkglimmerskifer, men innholdet av ferrodolomitt varierer mellom 20 og 60 mol.0/0. De jernrikeste finnes i malmen, de jernfattigste i skiferen.

Fra Håfjell så vi at mangankarbonatene som regel hadde reagert med kiselsyre (kvarts) under dannelse av mangansilikater, og først når kiselsyren i det vesentlige var oppbrukt ble mangano-kalsitt tilbake.

I Sjøfjell har det foregått en tilsvarende reaksjon mellom ankeritt og kvarts under dannelse av Fe-Mg-silikatet grüneritt med noenlunde samme Fe/Mg-forhold som i ankeritten, mens kalken er opptatt i granaten og gjør denne forholdsvis kalkrik.

Langst er denne reaksjon gått i skarnet, hvor karbonatene er praktisk talt helt forsvunnet. I malmene viser typene 1—2 avtagende mengde grüneritt og tiltagende mengde ankeritt, mens type 3 ikke fører grüneritt og har all ankeritten i behold.

I alle tilfeller er det her et stort overskudd av kiselsyre i form av kvarts, så det er overraskende at denne reaksjon ikke er slutført. I epidot-amfibolittfacies skulle man ikke vente Fe-Mg-karbonater i stabil likevekt med kvarts.

Da malmtypen 3, likesom også den underliggende kalkglimmerskifer, viser de godt definerte lyse bånd og linser av ankeritt-kvarts som er omtalt tidligere, kunne det være en nærliggende tanke at disse var tilført utenfra på et senere tidspunkt enn hovedmetamorfosen. Denne forklaring kan imidlertid neppe godtas. For det første fører også de mørke bånd ankeritt av samme sammensetning. For det annet skulle i dette tilfelle ankeritten overalt ha en konstant sammensetning, mens vi har sett at den i malmene er meget jernrikere enn i skiferne. Er denne bånding sekundær, representerer den derfor bare en intern omleiring av de forhåndenværende mineraler.

Det kan heller ikke sees noe åpenbart tegn til diaforese, idet grüneritten i overgangsleddene er det yngste mineral, og helt uforandret.

Det kan neppe skyldes noen tilfældighet at Sjøfjells dyptliggende jernmalmhorisont har et så meget lavere oksydasjons-potensial enn Håfjellet, som det absolutte fravær av jernglans og den relativt rikelige mengde av jernkarbonat tyder på.

At de primære sedimentasjonsforhold skulle ha vært så forskjellige er lite sannsynlig, cfr. begges lave S og bitumen, men relativt høye P. En stigende metamorfose fører som regel

til et lavere oksydasjonspotensial, men som vi har sett har begge samme metamorfe facies.

Årsaken må enten søkes i den regionale opptreden av granittiske injeksjoner, som kunne tenkes å medføre en reduksjon, eller i surstoffets gradvise avtagen mot dypet etter en termodynamisk likevekt, så hematitt blir ustabil, som omtalt av Barth.<sup>1</sup>

## **Regional beskrivelse av Sjøfjell-forekomsten.**

### **Historikk, rapporter og kartlegging.**

De første mutinger i Sjøfjell ble uttatt i 1905, altså betydelig senere enn i Håfjell. Her har det heller ikke vært mere enn en interessant. O.r.sakf. R.M.B. og Ragnar Schølberg, Bodø, dannet nevnte år *Sjaaffjeld og Melkedalen Interessentskab*, som hadde 94 utmål.

I 1905 06 ble utført undersøkelsesarbeider for tysk regning. Senere ble intet gjort før A S Bjørkåsen gruber fikk opsjon på feltet og i 1912 bl. a. boret diamantborhullene I og II.

Senere hadde samme selskap igjen opsjon i 1918, boret hullene III og IV, gjorde en del prøvestrossinger og uttok nøyaktige prøver. De fant imidlertid jerngehalten for lav i forhold til de daværende høye anleggsomkostninger.

Senere har intet vært gjort, og feltet er forlenget falt i det fri.

#### Rapporter:

Bergingeniør Eivind Stoltz, nov. 1908, med magnetometermålinger.  
Bergassessor Paehr av <sup>18/7</sup> 1912.  
Direktør C. Hunger av <sup>31/1</sup> 1919, med karter. N.G.U.s arkiv.

De to førstnevnte har jeg ikke hatt adgang til.

Over den viktigste del av feltet, omfattende 1000 m av strøklengden, opptok forfatteren et topografisk kart i 1:2000, hvor alle røsker, strosser, borhull og stoll er avsatt (Pl. VI, sort). På alle arbeidspunkter ble malmens bredde avsatt så nøyaktig som mulig, så den kan avleses direkte av kartet. Da enkelte av de gamle røsker delvis var gjenrydd, kan bredden i noen

---

<sup>1</sup> Tom Barth: The distribution of oxygen in the lithosphere. Journ. of Geol. 56 (1948), p. 46.

tilfelle være blitt litt undervurdert, men noen nevneverdig rolle spiller det ikke.

På grunn av de lett forvitrende bergarter har malmen praktisk talt ingen naturlige blotninger. For å få sikre konneksjoner mellom de forskjellige arbeidspunkter opptok jeg derfor også et magnetometerkart over feltet ved hjelp av Dahlbloms spesialmagnetometer (Pl. VI, blått).

Tidligere erfaringer med disse malmtypen har vist, at selv temmelig fattige malmer gir forbausende gode magnetiske indikasjoner, forutsatt at fallet ikke er for flatt og at strøketretningen ikke går på tvers av den magnetiske meridian.

Kartet gir derfor et klart bilde av de to parallelle malmleier, hovedmalmleiet og vestre malmleie, som er atskilt ved 40—50 m mektig glimmerskifer. Fordelingen av indikasjonene viser også tydelig malmens vestlige fall, som i borhullene kan bestemmes til i middel 45—55°. Feltene for negativt drag er små og svake, hva som tyder på et forholdsvis regelmessig forløp av malmen, uten betydelige avbrytelser i form av forskyvninger eller skjærende ganger.

#### Malmleiene.

##### Vestre malmleie.

Dette er temmelig ubetydelig. Fra nord kommer det inn som to nærliggende malmstriper, hver ca. 1 m mektig, og tiltar ned mot tjernet til ca. 2 m. Fra sørsiden av tjernet og frem til koordinat 600 er nu ingen blotninger, idet røskene er gjenrydd, men magnetometerdraget viser sammenhengende og bedre malm. Videre sørover er den igjen blottet i røskene, men overstiger neppe et par meters mektighet.

Det er bare borhull I (fig. 21) som skjærer leiet, men på det sted hvor det har sin svakeste magnetiske indikasjon, og det viser derfor bare 3 m ganske fattig impregnasjon på 75 m dyp.

##### Hovedmalmleiet.

Fra nord kommer også dette inn som et temmelig smalt lag, neppe stort over 2 m mektig. Fra koordinat 200 får det en betydelig utvidelse, med bibehold av det regelmessige forløp, og frem til 400 er middelmektigheten kanskje 4 m, med maksimum på 6—7 m. De siste 50 m er nu overdekket.

Mellom koordinatene 400 og 800 har malmen sitt betydeligste parti. Dens horisontale bredde når her i den store lengdestrosse opp til 16 m og over stollen endog 25 m. Som vanlig ved store mektigheter viser malmen her betydelige krusninger og foldninger, og en mellomliggende skifer deler den i to separate lag. Den virkelige mektighet er derfor vanskelig å bestemme i dagen. Bedre opplysninger gir borhullene og stollen, fig. 21—23.

Heng	Borh. II	Borh. IV	Stoll	Borh. III	Borh. I
Malm ...	3 m	2 m	4 m	3 m	8 impregnasjon.
Skifer ...	6 »	4 »	2 »	4 »	
Malm ...	10 »	8 »	9 »	9 »	
Ligg	19	14	15	16	20

Stollen er 34 m lang fra takets begynnelse og skjærer tvers igjennom malmen.

Ved koordinat 410 sees i dagen en stor og markert folding av malmen over mot vest, med akse heldende nordover. En ganske tilsvarende folding sees i røsken ved 900, men på grunn av jorddekket kan dens videre forløp ikke følges. Mektigheten er her igjen blitt meget moderat.

Imidlertid synes den mellomliggende malmsone, som med 3—4 m mektighet er blottet fra koordinat 680 til 780, på en eller annen måte å ha noe å gjøre med denne folding. For det første er dens beliggenhet usymmetrisk i forhold til de to påviste malmhorisonter, for det annet viser den ingen magnetisk indikasjon, skjønt malmens kvalitet er normal. Jeg antok først at den representerte en grunn foldingsgrøft, men det ser ut som om den er skåret av borhull I på 86 m dyp med 4 m mektighet og 24,5% Fe.

Ved 620, 50 V sees en annen malm i mellompartiet, som indikasjonen viser er en fold.

Etter ovenstående kan malmarealet mellom koordinatene 200 og 800, tvers på fallretningen og etter fradrag av innleiret skifer, anslås til 6000 m<sup>2</sup>. De store malmarealer som Vogt (loc. cit. 1910, p. 84) gjengir etter Stoltz' rapport for dette felt og dets fortsettelse, har intet med virkeligheten å gjøre. Malmens bredde er nemlig for det meste anslått etter bredden av det magnetiske drag.

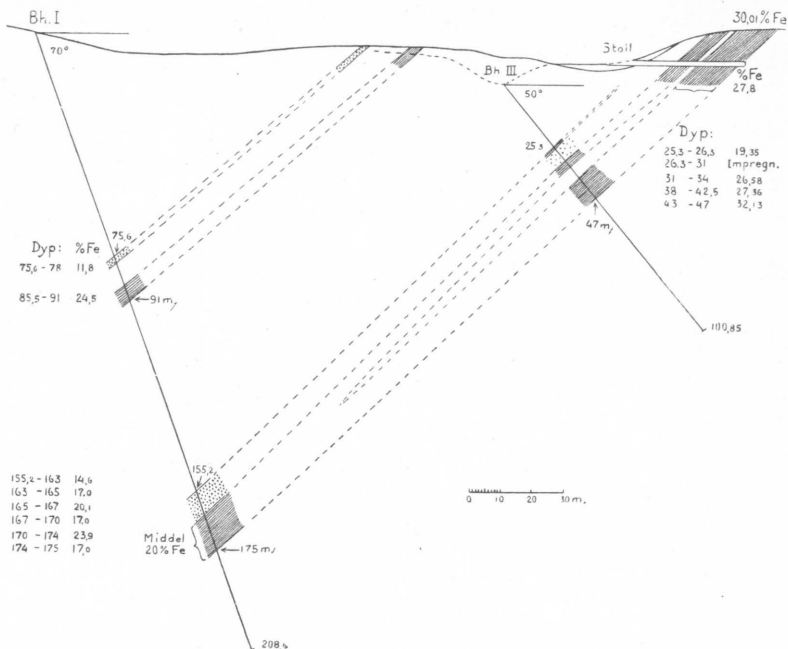


Fig. 21. Skjematisk profil over borhull I, III og stoll. Sjøfjell.

### Østre malmleie.

Ifølge Stoltz' rapport har han ved magnetometermålinger påvist et malmleie omtrent 700 m øst for hovedmalmen, altså kørt i heng av Melkedalskalken. Det er omtrent i sin helhet overdekket. Ved en kort befaring fant jeg her i Okshåla og i 307 m-høyden en rekke gamle røsker etter en svak rustsone. Rusten skriver seg fra magnetkisimpregnasjon. Da røskene var gjenrydd kunne jeg ikke se noen jernmalm her, og den må iallfall være ganske smal og ubetydelig. Heller ikke andre steder er det kjent noe jernmalm på denne horisont.

### Analyser.

Det foreligger bedre holdepunkter for bestemmelsen av den gjennomsnittlige jerngehalt i dette felt, enn tilfellet var i Håfjell. Prøvene er uttatt mere systematisk, vesentlig i 1918 av A/S Bjørkåsen gruber, som har erfaring i denslags prøvetaking. Dertil kommer de enda sikrere prøver fra spaltete borkjerner.

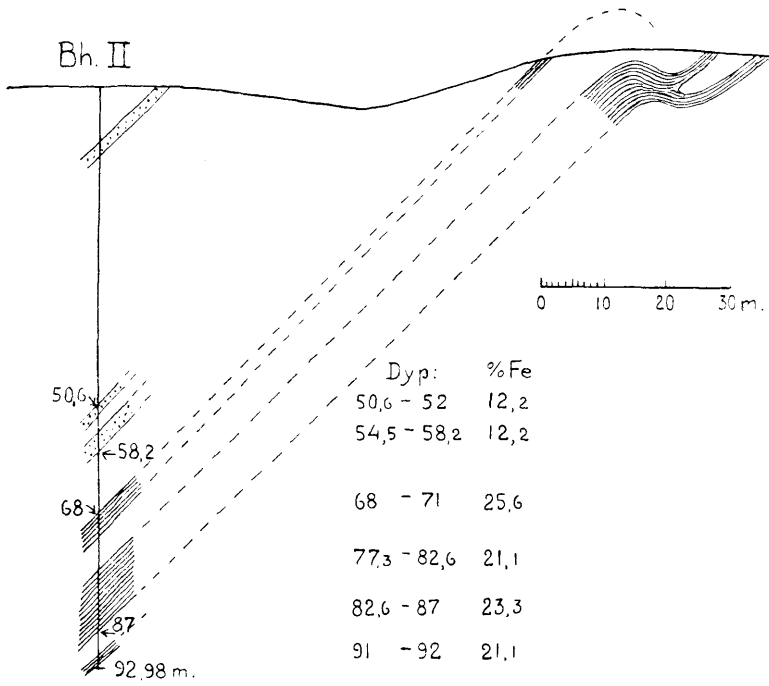


Fig. 22. Skjematisk profil over borhull II.

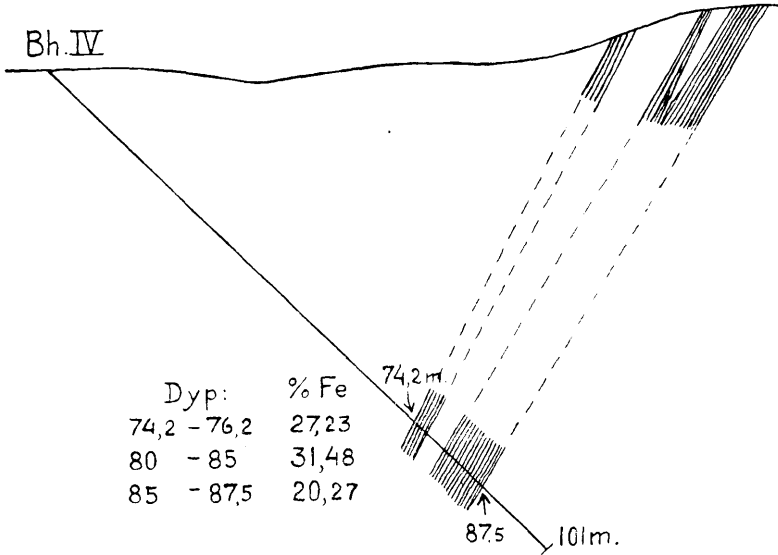


Fig. 23. Skjematisk profil over borhull IV.

For prøvetakingen i dagen ble røskene først opprenset, dernest ble det skutt friskt brudd. De er alle fra hoved-malmleiet, og giengis nedenfor, idet prøvestedene (røskene) betegnes etter sine koordinater. (Pl. VI) Analyse: Dipl.ing. R. Støre.

	% Fe
200 syd	20,61
275	25,98
290	26,06
390	11,97
420	27,99
440	25,86
455	26,29
455—525	29,05 (70 m lang lengdestrosse)
575	26,21
585	23,55
610	23,93
640	25,38
655	22,78
675	30,01 (rett over stollen)
720	20,65
740	26,25
765	23,84
790	15,92

Gir vi disse analyser vekt etter den relative malmmengde som de representerer, får vi en middelgehalt på omtrent 26% Fe.

Nu viser erfaringene fra de siste undersøkelser i Dunderlandsdalen, at prøver uttatt ved eller nær overflaten gjennomgående viser ca. 4% for høy jerngehalt som følge av sekundære utlutninger, vesentlig av karbonater. Da karbonatene i Sjøfjell er sterkt jernholdige blir denne differanse mindre her, men at den er tilstede fremgår av prøvene i og over stollen. I dagen rett over stollen var det 30,01% Fe, i stollen 12 m dypere var det 27,8% Fe. Gjennomsnittet for dagprøvene skulle etter dette reduseres til ca. 24% Fe.

Det bemerkes, at da alle analyser bare omfatter syreløselig jern, vil jerninnholdet i grüneritten, som er uangripelig for syre, ikke komme med.

De ca. 400 t. råmalm, som ble utbrutt fra strossene i 1918, viste 26—30% Fe.

Analysene fra borkjernene er anført direkte på borprofilene, fig. 21—23. Anal.: I og II berging. J. Helverschou, III og IV R. Støre. Ser vi bort fra impregnasjonene og ikke medtar den forholdsvis mektige innleirete glimmerskifer, får vi følgende gjennomsnitt:

	Malmmektighet	0/0 Fe (syreløselig)
Borhull II . . . . .	9 m	23
— IV . . . . .	10 »	27,6
— III . . . . .	12 »	27,6

Borhull I, som skjærer malmen på 150 m dyp, viser vesentlig lavere gehalt. I liggen har vi 12 m malm med 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe, derover 8 m impregnasjon med 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe. Den samlede mektighet av den ertsførende lagpakke er altså temmelig uforandret, men gehalten vesentlig lavere. Dette har naturligvis ikke noe å gjøre med en systematisk avtaket på dypet, men representerer de samme lokale variasjoner som vi også kan finne i horisontal retning.

Som vanlig kan de forskjellige lag i samme malmleie vise atskillig varierende jerninnhold som følge av primære variasjoner. Det synes også som om en viss metamorf differensiasjon (samlekrystallasjon) kan påvirke jerngehalten, som når dm-brede bånd av rik malm veksler med skarpe grenser med nesten uholdig glimmerskifer. Likeså synes de skarpe ombøyninger ved 410 og 900 m å ha forårsaket dannelsen av rike bånd med opptil 48<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe.

Etter Stoltz har Metalurgiska A B, Stockholm (før 1908) utført en rekke analyser av oppkastete og noe skeidete malmhauger ved forskjellige røsker. De viser fra 25,64—38,50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe. Analyser av impregnasjonsmalmer viste 17,6—18,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe. På en generalprøve fra den rikeste malmhaug ved den største strosse ble den eneste mere fullstendige analyse utført:

Fe . . . .	49,12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Mn . . . .	0,18 »
TiO <sub>2</sub> . . . .	0,11 »
P . . . . .	0,93 »
S . . . . .	0,08 »

Det må bemerkes, at ved en eventuell magnetisk separasjon av disse malmer vil en del av det analyserte jern gå tapt med ankeritten, som kan holde opptil 16<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe.

### Fortsettelsen av Sjøfjellets jernmalms horisont.<sup>1</sup>

#### A. Mot Melkedalen og Tjeldmarken.

Malmhorisonten kan følges sørover Sjøfjell og ned skråningen mot Melkedalen, her visstnok bare ett malmleie. Særlig på sistnevnte strekning er det tallrike gamle røsker i det sterkt overdekkete terreng. Med et par lokale unntakelser viser disse alle smal og temmelig fattig malm uten enhver interesse. Til dels mangler endog ethvert magnetometerdrag. I lagpakkens store ombøyning nede i dalen får de forskjellige horisonter en sterkt øket horisontal avstand.

Etter ombøyningen av strøket til nordvest sees malmen igjen i åsen nedenfor veien ved nedre ende av Lillevatn, hvor det er sprengt flere strosser. Her er den ertsførende sone 11 m bred, for det meste en fattig impregnasjon, med flere bånd helt ertsfrie og et par bånd ordinær malm. Herfra gjengis etter bergassessor Pæhr en analyse av den beste, utskeidete malm:

Fe . . . .	37,3
Mn . . . .	0,16
TiO <sub>2</sub> . . .	0,06
P . . . . .	1,15
S . . . . .	0,15

NV for Nerdal er malmen igjen blottet i flere strosser, her på ny som to parallelle lag i omtrent 30 m avstand, hvert med ca. 2 m mektig fattig malm. Over de lange myrer under Langåsen er den totalt overdekket på en strekning av over 3 km, blir igjen synlig henimot Skaforsnes, og kan siden følges som en ganske smal malmsone over Ivarjord, i ligg av kisforekomsten i Olalemmen og henimot det intense foldingsområde ved Musken, hvor den forsvinner. Den har ikke annen interesse enn som en sikker ledehorisont. På den sistnevnte strekning er mektig-

<sup>1</sup> Se også Steinar Foslie 1941, loc. cit. p. 172.

heten av lagpakken mellom Melkedalskalk og jernmalm avtatt til knapt 200 m, og mellom jernmalm og kisførende horisont til knapt 100 m, altså begge bare halvparten av hva de var i Sjøfjell.

Nord for det nevnte foldingsområde kommer jernmalmen igjen som før, og stryker regelmessig ned forbi Elvesletten til den forsvinner under de marine avleiringer i Tjelelvens dalgang. Den er ikke tilstrekkelig magnetisk til å kunne følges med magnetometer, men naturlige blotninger øst for Grønlien viser at den fortsetter. Malmen er fremdeles henimot 2 m mektig og avstanden til de to nevnte ledehorisonter har på denne strekning holdt seg forholdsvis konstant. Derimot er det nu blitt en betydelig reduksjon av mektigheten av de overliggende glimmer-skifere, opp til det såkalte Elveneskonglomerat ved basis av de mektige kalkmarmorier i Tjeldmarken.

Den siste kjente blotning av malmsonen er i Elvekroken i Tjeldelven 3 km ovenfor dens utløp i fjorden. En mikroskopisk undersøkelse av den (VI<sup>26</sup>) viser, at det fremdeles er en meget finkornig magnetittimpregnasjon. Foruten rikelig *kvarts* og *cumingtonitt-grüneritt* fører den en del *vanlig hornblende* samt noen spredte, meget store *granatporfyroblaster*. Disse viser en påfallende *biotittisering*, dels etter spalter, dels som ringer rundt grüneritt- og magnetittinneslutninger. En blekt grønn, optisk negativ og ytterst svakt dobbeltbrytende *kloritt* opptrer sparsomt i selvstendige individer. *Apatitt* er rikligere enn noen sinne. Plagioklas, epidot og karbonater mangler.

Når jernmalmen ikke har kunnet følges videre, skyldes det antakelig, at den forholdsvis sterke granitisering her rykker helt opp under konglomeratets horisont. Samtidig rykker bunngranitten stadig nærmere.

Flytter vi over på nordsiden av Ofotenfjorden i trakten ved Skar (fig. 1), er granitten rykket så nær opp under den mektige kalkmarmorserie, at bare forholdsvis smale skiferstriper er levnet, og ingen av de hittil fulgte karakteristiske horisonter kan gjenfinnes. Imidlertid er det 5 km lenger nord kjent noen jernskjerp inne i området for den forskifrete granitt. Jeg har dessverre ikke hatt anledning til å se dem. I forbindelse med diskusjonene om granittens alder vil det ha sin store interesse

å avgjøre, om de hører til den hittil fulgte sedimentære jernmalm, som kunne ventes omtrent der, eller om de hører til malmtypen Jernlien i Æfjord, som tidligere er beskrevet av meg (loc. cit. p. 216). Fosforinnholdet kan lett avgjøre spørsmålet.

#### B. Mot Ballangen og Narvik.

Nordover fra Sjøfjell er malmen godt opprøsket ned til Børsvann. De to malmleier synes her å rykke nær sammen, men er begge smale og uten enhver interesse. På nordsiden av Børsvann følges den som et enkelt leie av 1—2 m mektighet og forholdsvis god malm. Siste gang sees den i bekken 250 m syd for Bjørkåsens vaskeri, og dekkes siden av marine avleiringer.<sup>1</sup>

Jernmalmens horisont kan ventes å fortsette nær stranden kort sør for malmkaien, videre ut Ballangsfjorden, nord for Saltvikklubben, nær utenfor stranden ved Virek og kommer igjen på land på østsiden av Skjomenfjord. Fig. 1. Her står den i veiskjæringen med 1 m mektighet og bare 12° nordlig fall. Den er omtrent 400 m i hengen av Melkedalskalken. Omtrent 50 m i hengen av malmen er det kommet til en ny kalkbenk, 3 m mektig. Det er antakelig den samme som danner den lille mulde ved Røsåsen på vestsiden av fjorden, og det er derfor mulig at flattliggende malm kommer litt på land også på denne side av fjorden, men den er ikke påvist.

Fra landeveien følges den kontinuerlig og med atskillig større mektighet opp brattskrenten, passerer 25 m syd for varden på *Toppan*, 428 m o. h. og fortsetter ned mot ØNØ. Kort nedenfor, 385 m o. h. ble ca. 1910 gjort atskillig avdekningsarbeid, bl. a. en 14 m lang tversgående røsk, som viser bra magnetometerdrag i 7 m bredde. Malmens mektighet anslåes til 4 m, med 35° nordlig fall. Fig. 24. I 1935 ble drevet en 3 m synk på malmen, men den måtte stoppes på grunn av den løse, smuldrende kalkglimmerskifer på siden. Magnetometerdraget svekkes snart både oppover og nedover.

---

<sup>1</sup> Ved bunnen av Ballangsfjorden er på det geologiske kart avsatt to is-skuringspiler med bevegelsesretning sørvest. Senere blokkstudier har vist, at bevegelsen her har vært mot nordøst, hvilket bes rettet.

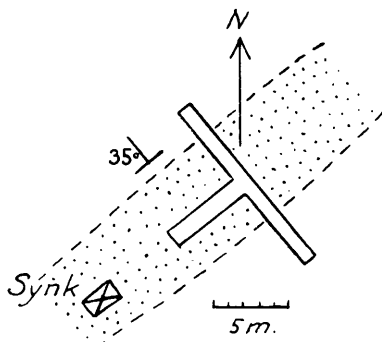


Fig. 24. Skjerp ved Toppan. Prikket felt er sterkt magnetometerdrag.

Et tynnslip av malmen (CV<sup>24</sup>) viser ganske det samme billede som ovenfor anført fra Elvekroken i Tjeldelven, med den forskjell at det også opptrer noe *albitt*, An<sub>8</sub>, mens granat mangler.

Jeg har ikke fulgt malmsonen videre østover, men etter opplysninger på stedet skal den være påvist på begge sider av Håkvikdalen og videre ned til Beisfjord kort utenfor Lyngnes.

På østsiden av Beisfjord følger så jernmalmfeltet i *Fagernesfjell* kloss ovenfor Narvik by, som synes å være det betydeligste på denne horisont. Malmen kommer på land ved ytre Kleiva, hvor den står i jernbaneskjæringen med 6 m mektighet. Opp fjellet utvider den seg overordentlig sterkt, delvis som følge av sterke foldinger, og avtar så igjen raskt til få m mektighet videre frem til Taraldsvik ved Rombakfjorden, i alt 3 km.

Undersøkelsen av feltet begynte kort før 1910. I 1911 foretok dipl.bergingeniør I. Keuthen en omfattende undersøkelse og prøvetaking av feltet (rapport <sup>23/12</sup> 1911). For den viktigste del av feltet, på Klevensiden, regner han: lengde 900 m, midlere mektighet 25 m, middelgehalt 27,76% Fe. Prøvene er i hovedsaken tatt nær dagen og utgjorde 15 tonn.

En totalanalyse av litt bedre malm viste:

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	28,70 <sup>0/0</sup>	} Fe 33,33 <sup>0/0</sup>
FeO . . . .	17,02 »	
MnO . . . .	0,40 »	
TiO <sub>2</sub> . . . .	0,20 »	
SiO <sub>2</sub> . . . .	35,74 »	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	8,26 »	
MgO . . . .	2,05 »	
CaO . . . .	4,53 »	
P . . . . .	1,14 »	
S . . . . .	0,07 »	
CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	0,40 »	
	<hr/>	
	100,00 <sup>0/0</sup>	

Malmen fører bare magnetitt, og dens karakter er åpenbart meget lik Sjøfjells. Senere vites intet arbeid å være gjort her.

Det bemerkes at i hele området øst for Skjomenfjord når den sterke granitisering opp til atskillig over jernmalms horisont. I disse distrikter er også *disthen* temmelig utbredt i glimmerskiferne.

Videre skulle jernmalmshorisonten antas å fortsette nordover Herjangsfjorden, nær østbredden. Det er sannsynlig at de jernskjerp som er kjent 1300 m vest for Hartvigvann og 7 km lenger nord, kort øst for Storvann, også hører til den. I så fall skulle lagpakken mellom Sjøfjells og Håfjells malmhorisonter her være redusert til henholdsvis ca. 2200 og 1500 m.

## Mulighetene for utnyttelse av malmene.

### 1. De rene jernmalmer.

Hva jernmalmene angår står de her beskrevne felter tilbake for mange av de andre kjente forekomster av denne type, både med hensyn til mektighet og jerngehalt. Tross deres gunstige beliggenhet vil derfor en utnyttelse av de rene jernmalmer ikke bli aktuell gjennom en meget lang fremtid.

Som følge av de utstrakte avrøskningsarbeider er malmleienes forløp meget godt kjent. Skjønt undersøkelsen av enkelte seksjoner ennå er forholdsvis sparsom, vil man ikke lenger kunne vente seg overraskelser med hensyn til malmtilgangene.

Hva det midlere jerninnhold angår, synes dette for Sjøfjellsfeltets vedkommende å være brakt noenlunde på det rene gjennom diamantboringer og systematiske prøvetakinger. Som vi har sett er jerninnholdet temmelig lavt, omtrent på høyde med malmene i Bogen og Salangen, som begge har vart opptatt til stordrift, men som ikke kunne holde det gående økonomisk. Ved magnetisk separasjon av Sjøfjellsmalmen må vi videre regne som ulemper at malmen gjennomgående er meget finkornig og at jernet i ankeritten vil gå tapt. Det samme er tilfelle med jernet i grüneritten, men det er heller ikke kommet med i analysene.

Det midlere jerninnhold i Håfjellsmalmene er ennå meget usikkert, da ingen diamantboringer har vært utført, og prøvetakingene neppe har vært systematiske. Jeg skulle imidlertid anta, at Siljeström har gitt analysetall av den riktige størrelsesorden.

Håfjellsmalmene viser, som vi har sett, store variasjoner av jerngehalten i de forskjellige lag av ett og samme malmleie, fra temmelig rik til meget fattig. Dette gir et stort spillerom for skjønn med hensyn til hvor meget som skal medtas under prøvetakingen. Likeså må man oftest regne med smalere eller bredere mellomliggende bånd av glimmerskifer, som er ertsfri eller bare svakt ertsimpregnert. Også her blir det spørsmål om skjønn.

I det hele tatt må man ved bedømmelsen av gjennomsnittsanalyser fra forekomster av denne art ha nøye rede på hvordan de er tatt, men for eldre analyser blir dette meget sjelden opplyst.

Anlegges prøvetakingen i det ene tilfelle med henblikk på en grubedrift som gir mulighet for en viss fraksjonering av brytningen og en grov utskaidning av det uholdige, i det annet tilfelle med en helt mekanisk stordrift for øye, vil det ofte gi temmelig forskjellige resultater. Erfaringer fra den senere tid viser hvor langt gjennomsnittsgelalten i sistnevnte tilfelle ofte blir trykket ned.

Den midlere jerngehalt for Håfjell er neppe høyere enn for Sjøfjell og anrikningen betydelig vanskeligere på grunn av de store jernglansmengder.

## 2. Manganholdige jernmalmer og mangansilikatskarn.

Når det gjelder mangangehaltene innen Håfjellsfeltene har vi enda mindre av sikre holdepunkter enn for jernets vedkommende. For det første ble undersøkelsesarbeidene anlagt med henblikk på jernmalmen, for det annet var man ikke tilstrekkelig oppmerksom på hvilken dominerende del av manganet inngår i silikater. Følgen er at de gamle analyser, som alle bare bestemmer det syreoppløselige, blir av liten verdi for manganets vedkommende. De manganbestemmelser som jeg har latt utføre på mineraler og standardtyper av malmstuffer hadde til formål å bestemme reglene for manganets fordeling, og representerer ikke noe gjennomsnitt av større malmmengder. Før det kan avgjøres om her foreligger muligheter for utnyttelse av de manganholdige malmer, vil det derfor kreves videre undersøkelses- og oppfaringsarbeider, først og fremst ved diamantboringer og gjennomsnittsanalyser. Imidlertid kan det allerede nå rent kvalitativt trekkes visse generelle slutninger på grunnlag av de foretatte undersøkelser.

### Anrikningsmuligheter for manganet.

Vi går ut fra den spesielt undersøkte råmalm fra Skårnesdalen, hvis mineralsammensetning er anført på s. 62. Hvis man av denne råmalm ønsker å anrike manganet, gir første trin seg som en selvfølge. Ved en enkel magnetisk separasjon kan man uttrekke 28% som en høyprosentlig, fosforfattig, magnetittlig, som vil inneholde 80% av malmens totale jern og bare 2,5% av det totale mangan. Den umagnetiske fraksjon med alle de andre mineraler vil da representere mangankonsentratet, som vil få omtrent følgende sammensetning:

	%
Mn . . . . .	22
Fe . . . . .	7
P . . . . .	0,23
SiO <sub>2</sub> . . . . .	40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	12
MgO . . . . .	3
CaO . . . . .	3,5
CO <sub>2</sub> . . . . .	2,5

Dette kan ikke oppnåes for alle malmer. For det første kan jernet i større eller mindre grad opptre som jernglans istedenfor magnetitt, hva som straks vanskeliggjør separasjonen, for det annet kan kiselsyregehalten være større enn hva som kan bindes som mangansilikat, så vi får en større mengde fri kvarts i malmen.

Det er videre klart, at det ovennevnte konsentrat ikke kan ytterligere anrikes ved noen som helst mekaniske midler, da praktisk talt alle bestanddeler er manganrike. For dette formål står da bare til disposisjon enten kjemiske ekstraksjonsprosesser eller metallurgiske prosesser.

På førstnevnte område har det vært nedlagt et stort arbeid, særlig i U. S. A., for utnyttelsen av deres fattige manganforekomster. Som oppløsningsmiddel har vært anvendt ammonium-sulfat (Bradley-prosessen) og andre sulfater, svovelsyring etc. med påfølgende elektrolyse av manganet av de vandige sulfat-oppløsninger, og teknisk sett er man kommet ganske langt. Imidlertid fører de amerikanske forekomster vesentlig oksydiske og karbonatiske manganmineraler, mens de nevnte oppløsningsmidler vil være uvirksomme overfor de her omtalte mangansilikater.

Større interesse for oss har de ekstaksjonsforsøk, som i de senere år har vært gjort i Sverige for en bedre utnyttelse av såkalte mangansilikatbåndete jernmalmer.<sup>1</sup>

I denne malmtypen, som finnes i betydelige mengder i Mellomsverige, inngår manganet som hos oss for den overveiende del i silikater, jernet for størstedelen i magnetitt. Jerninnholdet er betydelig større enn i våre forekomster, nemlig 36—47<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe, manganinnholdet derimot lavere. De malmer som var gjenstand for forsøkene holdt ca. 3,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Mn. Selv om andre lignende malmer holder opp til 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Mn, gjør det ingen prinsipiell forskjell for resultatene.

De ekstraksjonsforsøk som ble utført med Basttjärnsmalmen viste for det første som ventet, at de ovenfor nevnte amerikanske metoder her var helt virkningsløse.

---

<sup>1</sup> Helge Löfquist: Förekomstätt och kemisk-metallurgiska utlösningforsök för mangan i silikatmalm fra Basttjärn. Teknisk Tidskrift, 1946, p. 885—893.

En behandling med svak (5<sup>0</sup>/o) saltsyre ga en ekstraksjon av høyst 20<sup>0</sup>/o av manganet. Kokning med sterk (20<sup>0</sup>/o) saltsyre ga en ekstraksjon av høyst 70<sup>0</sup>/o av manganet og samtidig 85<sup>0</sup>/o av jernet. En forutgående oksyderende røstning opp til 1000° og delvis tilsats av kalk for å nedbryte silikatene førte til en fullstendig oppoksydasjon av jernet, men oppløseligheten ble ikke vesentlig forbedret.

Ser vi på den mineralogiske sammensetning av Basttjærnmalmen viser det seg, at den oppløste del av manganet svarer til det som inngår i *knebelitt* (Fe-Mn-olivin), og denne vet vi fra før er oppløselig i saltsyre. Den mangan som inngår i granat, hornblende og pyroksen forble derimot helt upåvirket.

Overfører vi nå disse resultater på malmen fra Skårnesdal må vi først konstatere, at det forholdsvis lett oppløselige silikat, knebelitten, her mangler helt. Mine undersøkelser viser da også, at svak ( $\frac{1}{1}$  normal) saltsyre overhodet ikke har noen innvirkning på silikatene.

Ved en meget hard behandling: lengere tids kokning med konsentrert saltsyre og etterfølgende avrykning med svovelsyre, var fremdeles hornblende og pyroksen upåvirket, mens den meget finkornige granat (spessartinen) ble dekomponert under dannelse av kolloidal kiselsyre. Derved ble henimot 90<sup>0</sup>/o av manganet brakt i oppløsning, men en slik behandling kan selvfølgelig ikke komme på tale i teknisk målestokk.

Det ser etter dette ikke ut til å være noen mulighet for en ytterligere anrikning av manganet ved ekstraksjon, iallfall ikke ved noen av de prosesser som hittil er brakt i forslag.

De metallurgiske anrikningsforsøk, som har vært foreslått i U. S. A. går i hovedsaken ut på å nedsmelte råmalmen til manganrikt råjern, avslagge manganet i etterfølgende basisk konverter eller flammeovn, og anvende manganslaggen i ferro-manganfremstillingen. Likeså har man forsøkt nedsmeltning med svovelkis eller magnetkis for å få manganet overført og utskilt som sulfid, som så behandles videre. Så vidt vites er disse forsøk bare på eksperimentstadiet, og deres økonomiske muligheter er vel høyst tvilsomme.

### Anvendelsesmuligheter for manganet.

Går vi etter ovenstående ut fra, at en ytterligere anrikning av manganet iallfall for tiden ikke lar seg gjennomføre, blir spørsmålet om råmalmen eller det ovennevnte umagnetiske anrikningsprodukt kan finne noen anvendelse.

Den anvendelse som hittil har vært gjort av de svenske mangansilikatførende malmer har vært for direkte smelting. På grunn av mangangehalten er det en meget etterspurt og forholdsvis godt betalt smeltemalm. Når nevnte ekstraksjonsforsøk ble gjort var det fordi man anså denne metode som en urasjonell anvendelse av manganet, idet bare en forholdsvis liten del av det kommer til virkelig nytte for det ferdige produkt.

Forutsetningen for denne anvendelse er naturligvis også at summen av jern og mangan i råmalmen er tilstrekkelig høy for direkte smelting, og på dette punkt står Håfjellsmalmene langt svakere på grunn av sin lavere jerngehalt. Det ligger jo i sakens natur, at noen forutgående anrikning ved hjelp av magnetisk separasjon eller andre mekaniske metoder i dette tilfelle ikke kan gjennomføres uten å tape det vesentligste av manganet. Man får derfor heller ikke fjernet det forholdsvis høye fosforinnhold. På den annen side har manganinnholdet ofte vært undervurdert, fordi de fleste tekniske analyser har vært utført bare på det syreopløselige.

Det lå etter dette nær å undersøke, om vårt mangan-konsentrat kunne tenkes anvendt som tilslagsmalm ved fremstillingen av ferromanganer, da det jo er lyktes å trykke jerngehalten forholdsvis lavt ned.

De krav som i alminnelighet stilles til en råmalm for *ferromangan*-fremstilling er: Minst 42% Mn, forholdet Fe : Mn ikke over 1:7, kiselsyre og fosfor helst ikke over 8%, resp. 0,25 %. Vårt optimale konsentrat kunne derfor bare tenkes anvendt som tilslagsmalm i forholdsvis små mengder, og helst hvor de anvendte rikmalmer hadde et underskudd av kiselsyre.

Ved fremstilling av *spiegeleisen*, som anvendes i langt mindre mengde enn ferromangan, anvendes råmalmer med 35—10% Mn. De må i middel holde minst 15% Mn og forholdet Fe : Mn må ikke overstige 2,7:1. Her skulle det altså

være større mulighet for å anvende vårt konsentrat som tilslagsmalm, idet det vesentlig blir den høye  $\text{SiO}_2$  og P, som setter en grense for tilblendingen.

I anledning av disse spørsmål har jeg satt meg i forbindelse med ingeniør *Harald Blegen*, sjef-metallurg ved Electric Furnace Products Co. i Sauda. Av hans svar fremgår: Som tilslagsmalm for silicomangan egner konsentratet seg ikke, da lerjordinnholdet er for høyt. For ferromangan er jern- og fosforinnholdet noe høyt til å betinge et større forbruk, liksom de importerte malmer i sin alminnelighet på forhånd holder for meget slaggballast. I forbindelse med fremstilling av speigeleisen kunne det være visse muligheter. Imidlertid uttaler han, at sett med et legeringsverks øyne vil verdien av malmen være meget lav. Den vil passe best for fremstilling av manganholdig råjern. Under ekstraordinære forhold, som en avsperring av landet, kunne saken imidlertid stille seg annerledes.

Ser vi bort fra det sistnevnte tilfelle, synes for tiden den eneste mulighet for anvendelse av malmen å være som tilslagsmalm ved råjernsmelting, enten for støperiråjern, hvor fosforinnholdet ikke vil skade, eller for vanlig råjern, hvor fosforinnholdet vil sette en grense for tilsatsmengden. Det blir i disse tilfelle den håndskeidete råmalm som må anvendes, enten de granatrikeste magnetittmalmer eller de forholdsvis rene mangangranatskarn, som imidlertid neppe kan vinnes med over 10% Mn.

Ved Norrbottens jernverk i Sverige anvendes for tiden som mangankilde en eulysitt med ca. 9% Mn, et jern-mangan-skarn hvor begge disse metaller så godt som utelukkende er i silikatform.

Til slutt vil jeg peke på, at man ved fremtidige prøvetakinger og forsøk med disse malmer må unngå oksydasjonssonen. Ofte fremtrer denne bare som den omtalte tynne manganhud, men i porøse bergarter kan den gå dypere under dannelse av sekundær pyrolusitt. Dette betinger både en anrikning av malmen på mangan og helt nye kjemisk-fysikalske egenskaper, men har ingen praktisk interesse, da den ikke når dypere enn høyst noen få meter.

## Summary.

### **The Håfjell syncline in Ofoten and its sedimentary iron-manganese ores.**

The sedimentary hematite-magnetite ores of marine origin, occurring within the crystalline mica schists of the caledonian mountain chain of Northern Norway, belong to a characteristic type of iron ore deposits, internationally known as the Dunderland ore type.

Such deposits are known from latitude  $65^{\circ} 20'$  to  $69^{\circ} 40'$  north, thus covering a distance along the mountain chain of about 550 km. Transversely to this direction, they are known for at most 90 km, but generally much less.

It is significant, that they do not occur farther southwards along the mountain chain, nor in its eastern part. The reason seems to be, that they are connected with the so-called western development of the mountain chain formations, which disappear below the ocean in the Trondheim district.

Compared with the eastern development, it is characterized by greater thickness of the sedimentary series, a far more considerable part of crystalline limestones and — so far as now known — absence of the basic lavas (greenstone formation), which are important in east and south. It belongs to a more central part of the geosyncline.

The southern and greater part of the ore-bearing district is so strongly folded, that it has been difficult to establish the stratigraphic relation between the different deposits or their proper place within the formations.

Farther north, in the Ofoten district, the whole structure is much more regular. The sedimentary series here forms a regular basin or synclinorium, about 100 km long in the direction of the mountain chain, and up to 40 km broad. It terminates towards the south in the beautiful syncline of Håfjell, shown on the accompanying map. Outcrops of iron ore horizons are found along most of the periphery of this synclinorium, and must be supposed to continue also in its interior parts, thus covering quite a respectable area for a marine iron ore sediment.

Here it has been possible, therefore, to determine more closely the position of the iron-bearing horizons within the sedimentary series. It appears that they belong to two widely different horizons, separated by about 3000 m thick sediments.

The upper one is named the *Håffjell iron ore horizon* and consists of at least two zones of iron ore near each other. It is moreover characterized by manganiferous zones, now mainly recrystallized to silicates.

The lower one is named the *Sjåffjell iron ore horizon*, and is practically free from manganese, like the great majority of these deposits in Northern Norway.

The present paper deals only with the district south of the Ofotfjord, but Fig. 1 shows also the continuation of the strata further northwards.

On p. 16 is given the stratigraphical sequence in the Håffjell syncline from the Melkedalen crystalline limestone upwards. It consists of calcite- and dolomite marbles, garnet-mica schists and -gneisses, calciferous mica schists, quartzites and some amphibolites. Their total thickness preserved on the south side of the Ofotfjord amounts to about 5000 m, but on the north side of the fjord the sequence continues further upwards. The strata below the Melkedal limestone have been treated in my earlier publication (loc. cit. 1941), and are not included here.

The sedimentation has been remarkably regular. So the Melkedal limestone has been followed along the strike for 70 km with a thickness only varying between 10 and 30 m. The Bø quartzite is known over still greater distances.

The syncline of Håffjell is also very regular, with axis dipping 10—30° towards northeast. Only in its uppermost horizons it seems to develop to a double fold. This is seen from the “window” of calcite marble, appearing in the bottom of Skårnesdal, with a thin cover of mica schists parallel to the folding axis up the hill southwards.

One intraformational conglomerate occurs within the series, the Elvenes conglomerate. Above this, granitic material is absolutely absent, not even a pegmatite vein is found. Below, such veins are present, mainly of trondhjemitic composition, but in extremely varying quantity. Only below the Melkedal

limestone they are really numerous, and in a broad zone the schists get the character of real injection gneisses.

It is significant that both of these subdivisions contain typical iron ore horizons, running parallel for long distances. The whole series is therefore supposed to belong to the same main formation, which is generally considered to be cambro-silurian. For the eastern development of the mountain chain formation, such an age is proved by several fossil discoveries. A direct correlation with the western development has, however, not yet been established.

The supply of iron-bearing solutions is not believed to have anything to do with the subaqueous spilitic lavas, because these iron deposits, as we have seen, are not known in the districts where such lavas abound. The solutions are supposed to originate from the disintegration of land masses, and must have been subject to a considerable transport before their deposition.

#### Petrology of the Håfjell rocks and ores (p. 18).

*The ordinary mica schists* are crystalline, medium grained coarsely schistose rocks with rugged schistosity, a silvery lustre on the schistosity planes from the muscovite content and small nodules of garnet porphyroblasts (almandite). The main minerals are quartz, muscovite, biotite and oligoclase, moreover almandite and epidote in amounts varying with the lime content. Accessories are tourmaline, rutile, apatite and iron oxides. Potash feldspars never occur.

It was of special interest to ascertain the metamorphic facies in this district, which has not been influenced by granitic injections or solutions. It belongs to the upper (high temperature) part of the *epidote-amphibolite facies*, epidote being in equilibrium with a plagioclase of composition  $An_{20-25}$ .

*The calcareous mica schists* (p. 20) occur mainly in the neighbourhood of the iron ore horizons. Almandite is here absent, the carbonate content may be considerable and consists partly of calcite-, partly of dolomite grains. Only in some regions a common hornblende has formed, with consumption of dolomite. The rock may ultimately get an amphibolitic appearance.

*Bituminous schists* (p. 27) sometimes occur as thin, rusty layers within the calcite marbles. They are extremely poor in lime and consist mainly of quartz and muscovite with some rutile, moreover abundant carbon and pyrite. They are formed under strongly reducing conditions and never contain oxydic iron minerals.

*The iron ores* (p. 29) on the contrary neither contain sulphur, nor free carbon. In comparison to the surrounding calcareous schists, the iron ores are characterized by a rise in silica and phosphorus, a decline in alkalies and lime. In the composition of the feldspars, there is a striking break. In the schists they are always oligoclases with  $An_{20}$ — $An_{27}$ , in the ores, when present, they are always albite below  $An_{10}$  (generally porphyroblasts). Biotite is scarce, but when present it has always a peculiar greenish tinge, instead of brownish. Common hornblende in the ores has a lower refraction and a paler greenish colour than in the schists, on account of lower alumina content. Amphiboles of the cummingtonite-grünerite series are scarce.

When manganese enters the composition, the mineral paragenesis is fundamentally changed, with formation of reaction skarn rocks. The main manganese minerals are spessartite, manganocalcite and sometimes manganeseiferous grünerite (danne-morite). The content of free silica is reduced. It is, however, sufficiently high to prevent the formation of manganeseiferous olivine (knebelite).

The manganocalcite, as a residual mineral, has a very varying composition, as seen from the numerous determinations of refractions. With sufficient alumina present, most of the manganese enters the spessartite, and the manganese content of the manganocalcite is lowered, and vice versa. The spessartite skarn often forms a continuous belt, generally in the foot-wall of the iron ore. It may be up to 4 m thick, with a content of 10—11 % Mn. Considerable quantities of spessartite may also occur within the iron ore itself, especially in magnetite ores. Pl. XII.

The oxydic ore minerals comprise only hematite and magnetite, rarely a little ilmenite. Their mutual quantity is extremely varying. Microphotos of polished sections from the main ore types are shown on plates VII—XI.

The hematite grains may be micaceous in connection with crystallization schistosity, generally accompanied by a more or less distinct quartz banding. They may also be granular after recrystallization, mainly in the folded regions.

The magnetite generally is much coarser. Very often it forms distinct crystalloblasts with more or less developed crystal boundaries, and is distinctly younger than the hematite.

In no case a replacement of magnetite by hematite (martitization) has been observed.

Optical spectrograms (p. 45) of hematite and magnetite from manganese-bearing deposits show, that both are poor in manganese (below 1%). A little vanadium is found only in the magnetite, the titanium, on the contrary, mainly enters the hematite.

Generally no ilmenite is observed in the ore. Only in cases when most of the hematite has been replaced by magnetite, the titanium content has been concentrated in the remaining grains of hematite to such an extent, that an exsolution of ilmenite has been possible. Pl. X fig. 1.

The manganese-bearing ores are easily recognized at their outcrop by a thin, black film of manganese oxides. Where the porosity is greater, the supergene alteration may proceed downwards a couple of meters. Pyrolusite and psilomelane, deriving from the oxidation of spessartite and manganocalcite, are deposited along all grain boundaries and fissures Pl. XI. Magnetite and hematite remain unaffected.

#### Chemical-mineralogical investigation of a manganese silicate ore (p. 48).

For this investigation, an ore type from Skårnesdal was selected, because the iron ore mineral (magnetite) occurred in coarse "drops", easily separable from the dominating, brownish red groundmass of manganese silicates. The average chemical and mineralogical composition is given on p. 61—62.

The manganese "skarn" has been formed in two generations, first an extremely finegrained aggregate of spessartites (0,02 mm) in a groundmass of manganocalcite, afterwards needles of

manganiferous grünerite (dannemorite) and grains of pyroxmangite (sobralite), apatite and a little quartz.

The components were investigated by chemical, spectrographical and optical means.

The magnetite (p. 49) has a moderate manganese content, entering its molecule. Independent manganese oxide minerals do not occur. The titanium content, on the contrary, occurs as independent, tabular individuals of ilmenite. On account of its red inner reflections, it is supposed to be a manganilmenite.

The chemical composition of the manganocalcite is given on p. 51, that of the pure spessartite on p. 54. The spectrographical and optical data of the dannemorite is given on p. 55, the optical data of the pyroxmangite on p. 56.

Thus the silicates are all characterized by extremely low Ca-contents. All the minerals and similar parageneses are known and described from manganese silicate ores in the archæan of Sweden.

#### Regional description of the Håfjell deposits.

The extent of the iron-bearing horizons is shown on the geological map, and details of several of the ore fields on the special maps, plate 1—5. The matter has mainly local interest, and only some special subjects will be pointed out here.

The huge masses of calcite marble within the ore regions never carry impregnations of ore minerals and practically never layers of iron ore, which are not accompanied by mica schist. On the other hand, narrow layers of schists in the marble may carry iron ore.

On both sides of the big syncline, the schistosity is straight and always parallel to the bedding planes. The iron ore zones are correspondingly regular. Their thickness varies only gradually and retains moderate figures, with an observed maximum of about 10 m, but generally considerably less. As seen especially from plate 1, they may form several parallel layers, some of them pinching out when others are starting.

In the central part of the syncline, the image of the iron ore bodies may be quite different, with rapid expansions from rather narrow layers to a horizontal width of about 50 m. Here

a considerable stretching has taken place, always parallel to the folding axes. The widening of the ores is partly due to a flatter dip, partly to interior foldings, but undoubtedly also to a certain degree of flowing, because the iron ores are the most incompetent parts of the strata. The ore expansions will probably continue in the direction of the pitch.

The average composition of the ores is difficult to establish. The iron content of the different layers varies from a maximum of about 45% Fe to very poor ores, and much depends on how much is included in the sampling. Moreover, a really systematic sampling has not taken place. According to the samples of Siljestrøm, the average may be about 23% Fe, a figure which may not be far from the truth. The content of phosphorus seems to be more constant, about 0,3% P. Sulphur is practically absent.

The content of manganese is still more uncertain, partly because it was of less interest at the time of prospecting, partly because the old analyses were made only on the part, soluble in acid, with the result that much of the manganese silicates were not included.

Only some of the ores are of interest from this point of view. In the ordinary, quartzbanded hematite ores f. i., manganese is nearly absent (0,3% Mn). In the present paper the composition of most of the individual minerals and the approximate composition of the manganese "skarn" is given.

#### The Sjøfjell iron ore horizon (p. 90).

Near this horizon, 3000 m deeper, no crystalline limestones occur. The mica schist near the ore, however, is calcareous as in Håfjell, and in some zones transformed to amphibolite-like rocks. Moreover the sediments are here partly injected by granitic (trondhjemitic) material.

Nevertheless the metamorphic facies still proves to be the same, namely the upper part of the *epidote-amphibolite facies*. The ore mineral is exclusively magnetite, generally double grained (pl. X, fig. 2). No traces of hematite have been found. Manganese is nearly absent.

Within the ore some lenses and bands of a skarn rocks occur. They consist mainly of a colourless amphibole, some big crystals of garnet and quartz, but no carbonate. The spectrographical and optical determination of the amphibole proves it to be a grünerite with 65—70 mol.0/0 Fe-silicate. The garnet is a grossular-bearing almandite.

There are 3 main types of ore:

- 1) Very finegrained, rich in grünerite, some big garnets, no banding.
- 2) Quartz banded ore.
- 3) Ankerite banded ore.

All types are rich in apatite and ankerite, occurring as well in the dark as in the light bands. Types 1 and 2 carry grünerite, which is obviously the youngest mineral. Porphyroblasts of albite are found in rare cases.

A comparison with the ores of Håfjell shows:

<i>Håfjell</i>	<i>Sjåfjell</i>
Hematite + magnetite.	Magnetite only.
Partly rich in manganese.	Always poor in manganese.
Phosphorus about 0,3 <sup>0/0</sup>	Posphorus about 1 <sup>0/0</sup>
Manganocalcite abundant.	Ankerite abundant.
Grünerite (dannemorite) scarce.	Grünerite abundant.

In Håfjell a metamorphic reaction has taken place between  $MnCO_3$  and quartz etc. with formation of manganese silicates. In Sjåfjell a similar reaction has taken place between ankerite and quartz with formation of grünerite, the lime partly entering the garnet molecule. In the skarn this reaction has proceeded to the full consumption of the carbonate, in ore type 3 it has not yet started.

We might suspect in this case, that the ankerite bands might have been introduced later. However, ankerite occurs also in the groundmass with the same composition. Moreover, in the different ores and rocks the composition of the ankerite differs in the same way, as was the case with manganocalcite. In the calcareous mica schists, narrow bands and lenses of ankerite contain only 20—25 mol.0/0 ferrodolomite, in the different ores this content gradually rises to 64 mol.0/0 (analysis, p. 100).

The main ore field is shown on plate 6, including a magnetometric map. Samples from the outcrops and the diamond boreholes show an average of about 26<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Fe. The ore thickness may in the main field rise to 15 m and more.

The continuation of this ore horizon is shown on Fig. 1. Generally the ore is much narrower than mentioned above, except for the ore field of Fagernesfjell near Narvik.

#### Economic possibilities (p. 114).

The non-manganiferous iron ores are presently without interest, because several other deposits of this type are known, which are bigger and better.

The manganiferous ore types of Håfjell have a much more limited distribution, and further work may eventually prove them to be of practical interest.

The ore type investigated (p. 125) may be concentrated by magnetic separation. The magnetite concentrate will then contain 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub> of the total iron and only 2,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> of the manganese. The non-magnetic rest, representing the manganese concentrate, will get an approximate composition as stated on p. 116. It is easily seen, that a further concentration by mechanical means is not possible. For a further chemical extraction of the manganese, no successful methods have been found, because the decomposition of the manganese silicates is so difficult.

Presently this concentrate has scarcely much interest for the ferromanganese industry, and the only possibility of the ore seems to be as a manganese source in the pig iron furnaces.

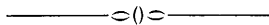
## Karter i lomme.

- A. Geologisk kart over Haafjellsmulden i Ofoten 1 : 50000
- B. Plansje 1. Bø jernmalmfelt . . . . . 1 : 3000
  - » 2. Barakkehaug-Fuglevanns jernfelt . . . . . 1 : 1500
  - » 3. Jernhaugens jernmalmfelt . . . . . 1 : 1500
  - » 4. Jernhammeren-Fjellgleberget felt . . . . . 1 : 1500
  - » 5. Oversiktskart. Jernmalmene i Håfjellsbuen 1 : 5000
  - » 6. Sjøfjell jernmalmfelt . . . . . 1 : 2000



Norges Geologiske  
Undersøkelse

FORTEGNELSE  
OVER  
PUBLIKASJONER  
OG KARTER



OSLO 1949

# Norges Geologiske Undersøkelse

har utgitt i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. i Oslo:

1. Årbok for 1891. Kr. 1.50.
2. *Homan*. Tekst til kartbladet Selbu. 1890. Kr. 1.00.
3. *J. H. L. Vogt*. Salten og Ranen. 1891. Utsolgt.
4. *Reusch* m. fl. Det nordlige Norges geologi. Utsolgt.
5. *Stangeland*. Torvmyrer, „Sarpsborg“. I kart. 1892. Kr. 1.00.
6. *J. H. L. Vogt*. Dannelsen av jernmalforekomster. 1892. Utsolgt.
7. *J. H. L. Vogt*. Nikkelforekomster og nikkelproduksjon. 1892. Utsolgt.
8. *Stangeland*. Torvmyrer, „Nannestad“. 1892. Kr. 1.50.
9. *Helland*. Jordbunden i Norge. 1893. Utsolgt.
10. *Helland*. Tagskiffer, heller og vekstene. 1893. Kr. 3.00.
11. *W. C. Brøgger*. Lagfølgen paa Hardangervidda. 1893. Kr. 2.50.
12. *Riiber*. Norges granitindustri. 1893. Kr. 1.00.
13. *Bjørlykke*. Tekst til kartbladet Gausdal. 1893. Kr. 1.00.
14. Årbok for 1892 og 93 1894. (Innhold: *Reusch*, Strandflaten; *Reusch*, Mellem Bygdin og Bang. *Reusch*, Isdæmmede innsjøer. *Bjørlykke*, Høifjeldskvarts. *Friis*, Feltpast og glimmer. *Helland*, Dybder i innsjøer; *Helland*, Lerfaldet i Værdalen. *Ryan*, Torvprøver.) Kr. 2.50.
15. *J. H. L. Vogt*. Dunderlandsdalens jernmalmfelt. 1894. Kr. 2.00.
16. *Helland*. Jordbunden i Jarlsberg og Larviks amt. 1894. Kr. 3.00.
17. *J. H. L. Vogt*. Nissedalens jernmalmforkomst. 1895. Kr. 1.25.
18. *Helland*. Jordbunden i Romsdals amt. I 1895. Utsolgt.
19. *Helland*. Jordbunden i Romsdals amt. II. 1895. Utsolgt.
20. *Stangeland*. Om Torvmyrer i Norge. I. 1896. Kr. 1.50.
21. Årbok for 1894 og 95. 1896. (*Reusch*, Referater av geologisk litteratur vedkommende Norge 1890—95.) Kr. 2.00.
22. *J. H. L. Vogt*. Norsk marmor. 1897. Kr. 5.00.
23. *Helland*. Lofoten og Vesteraalen. 1897. Kr. 2.50.
24. *Stangeland*. Torvmyrer i Norge. II. 1897. Kr. 2.50.
25. *Bjørlykke*. Kristiania by. 1898. Kr. 2.50.
26. Norges Geologiske Undersøkelsses utstilling i Bergen 1898. Utg. av *Bjørlykke*. Kr. 0.50.
27. *Friis*. Jordboringer i Værdalen o. s. v. 1898. Kr. 1.00.
28. Årbok for 1896 til 99. (Innhold: *Hansen*, Skandinavien's stigning. *Helland*, Strandlinjernes fald. *Rekstad*, Faldalen. *Rekstad*, Forandringer hos bræer. *Dal*, Varangerfjord.) Kr. 2.00.
29. *J. H. L. Vogt*. Søndre Helgeland. 1900. Kr. 2.50.
30. *Münster*. Tekst til kartbladet Lillehammer. 1901. Kr. 1.00.
31. *W. C. Brøgger*. Om de sen-glaciale og post-glaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet. 1900—1901. Kr. 10.00.
32. Årbok for 1900. (Innhold: 9 avhandlinger av *Reusch* om geologiske forhold i Værdalen, Stjørdalen, Valdres, Lister, ved Lysefjorden, Flekkefjord, Bergen og Trondhjem. Norges daler og fjeld. Kr. 3.00.
33. Årbok for 1901. (Innhold: *Reusch*, Referater 1896—1900.) Kr. 2.00.
34. Årbok for 1902. (Innhold: *Kiær*, Etage 5 i Asker. *Reusch*, *Rekstad* og *Bjørlykke*, Fra Hardangervidden. *Rekstad*, Bræer i Sogn og Nordfjord. *Rekstad*, Velfjorden.) Kr. 2.50.
35. *Schiøtz*, Den sydøstlige Del av Sparagmit-Kvartsfjeldet. 1902. Kr. 3.00.
36. Årbok for 1903. (Innhold: *Friis*, Andøen. *Reusch*, Det indre av Finmarken. *Kaldhol*, Suldalsfjeldene. *Rekstad*, Høifjeldsstrøket Haukeli—Hemsedal. *Rekstad*, Skoggrænsen.) Kr. 3.50.
37. Årbok for 1904. (Innhold: *Holmboe*, Skjælbanker. *Bjørlykke*, Brumunddalen. *Hansen*, Mjøsjøkelen. *Rekstad*, Kartbladet Donna. *Kiær*, Brumunddalen. *Rekstad*, Jotunfjeldene. *Reusch*, Eggedal.) Kr. 3.50.
38. *Stangeland*. Om Torvmyrer i Norge. III. 1904. Kr. 2.50.
39. *Bjørlykke*. Det centrale Norges fjeldbygning. 1905. Kr. 10.00.
40. *Reusch*. Kartbladet Voss. 1905. Kr. 2.00.
41. *W. C. Brøgger*. Strandlinjens beliggenhet under stenalderen. 1905. Kr. 4.00.
42. *A. W. Brøgger*. Øksker av Nøstvettypen. 1905. Kr. 2.00.
43. Årbok for 1905. (Innhold: *Bjørlykke*, Selsmyrene og Lesjevandene; *Bjørlykke*, Ra'erne. *J. H. L. Vogt*, Eruptivfelter. *J. H. L. Vogt*, Andøens jurafelt. *Rekstad*, Folgefonnen. Indre Sogn. *C. Bugge*, Kalksten i Romsdals amt.) Kr. 3.50.
44. Årbok for 1906. (*Reusch*, Referater 1901—1905.) Kr. 2.50.
45. Årbok for 1907. (Innhold: *Rekstad*, Folgefonnhalvøen. *C. Bugge*, Bergverksdriften 1901—1905. Stenindustri. *Reusch*, Skredet i Loen 1905. *Holtedah*, Alunskifferfeltet ved Øieren.) Kr. 3.00.
46. *J. H. L. Vogt*. De gamle norske jernværk. 1908. Kr. 1.50.
47. *Reusch*. Tekst med geol. kart Jostedalsbræen—Ringerike. 1908. Kr. 2.50.
48. *Bjørlykke*. Jæderens geologi. 1908. Kr. 2.50.
49. Årbok for 1908. (Innhold: *Reusch*, Den Geologiske Undersøkelsses opgaver. *Goldschmidt*, Profleret Ringsaker—Brøttum. *Holmsen*, Børgefjeld. *Rekstad*, Fra Søndhordland (Etne m. m.). *Kaldhol*, Den nordøstlige del av Ryfylke. *Rekstad*, Kvartær, Nordmør.) Kr. 4.50.
50. *Reusch*. Norges geologi. 1910. Utsolgt.
51. *J. H. L. Vogt*. Norges jernmalforekomster. 1910. Kr. 4.00.
52. *Grimnes*. Jæderens jordbund. 1910. Kr. 1.50. 52 b. *Grimnes*. Kart over Jæderen med angivelse av høideforholdene og jordbundens art. 1 : 50 000. Kr. 2.50.
53. Årbok for 1910. (Innhold: *Rekstad*, Strøket mellom Sognefjord, Eksingedal og Vossestranden; *Rekstad*, Bindalen og Leka. *Werenskiold*, Øst-Telemarken. *Goldschmidt*, Tonsaasen. *Oxaal*, Børgefjeld. *Th. Vogt*, Langøen.) Kr. 4.00.
54. *Hansen*. Fra istidene. Vest-raet. 1910. Kr. 3.50.
55. *Danielsen*. Bidrag til Sørlandets kvartærgeologi. 1910. Kr. 2.00.
56. *C. Bugge*. Kartbladet Rennebu. 1910. Kr. 2.50.
57. Årbok for 1910. (Innhold: *Werenskiold*, Fra Numedal. *Hoel*, Okstinderne. *Rekstad*, Ytre del av Saltenfjord. *Reusch*, De formodede strandlinjer i Øvre Gudbrandsdalen.) Kr. 3.50.
58. *Werenskiold*. Fornebolandet og Snarøen i Østre Bærum. 1911. Kr. 2.00.
59. Årbok for 1911. (Innhold: *Oxaal*, Indre Helgeland. *Rekstad*, Hardanger. *Carstens*, Mo prestegjæld, Marstrander. Svartisen.) Kr. 3.50.
60. *Werenskiold*. Kartbladet Søndre Fron. 1911. Kr. 3.00.
61. Årbok for 1912. (Innhold: *Holmsen*, Hatfjeldalen. *Bugge*, Trondhjemfeltet. *Rekstad*, Bielladalen; *Rekstad*, Øerne utenfor Saltenfjord; *Rekstad*, Mytilusfauna i Smaalenene. *Oxaal*, Eksport av sten 1870—1911.) Kr. 3.50.

62. *Rekstad*. Bidrag til Nordre Helgelands geologi. 1912. Kr. 3.00.
63. *Holtedahl*. Kalkstensforekomster i Kristianiafeltet. 1912. Kr. 2.50.
64. *Reusch*. Tekst med geol. oversigtskart over Søndhordland og Ryfylke. 1913. Kr. 2.50.
65. *Bjørlykke*. Norges kvartærgeologi. En oversigt. 1913. Utsolgt.
66. *Werenskiold*. Tekst med geol. oversigtskart Sætersdalen—Ringerike. 1912. Kr. 2.50.
67. *Rekstad*. Fjeldstrøket mellem Saltedalen og Dunderlandsdalen. 1913. Kr. 2.50.
68. Årbok for 1913. (Innhold: *Oxaal*, Hvit granit. *Schiøtz*, Isskillet, Fæmund. *Reusch*, Tryssil *Foslie*, Ra msøy titenalmfelt.) Kr. 3.00.
69. Årbok for 1914. (Innhold: *Rekstad*, Lyster og Boverdalen. *Oxaal*, Kalkstenshuler i Ranen *Rekstad*, Kalksten fra Nordland. *Reusch*, Hitterens og Smø lens geologi. *Holtedahl*, Fossiler fra Smø len.) Kr. 3.00.
70. Fem avhandlingar. (Innhold. *Reusch*, Norges Geologiske Undersøkelse. *Werenskiold*, Det sydlige Norge. *Th. Vogt*, Nordland. *J. H. L. Vogt*, Bergverksdrift. *Oxaal*, Stenindustri.) 1914. Kr. 1.00.
71. *Kolderup*. Kartbladet Egersund. 1914. Kr. 2.50.
72. *J. H. L. Vogt*. Gronggruberne og Nordlandsbanen. 1915. Kr. 2.00.
73. *Holmsen*. Brædæmte sjøer i Nordre Østerdalen. 1915. Kr. 4.00.
74. *Holmsen*. Tekst med geol. oversigtskart Østerdalen—Fæmundsstrøket. 1915. Kr. 2.50
75. Årbok for 1915. (Innhold: *Holtedahl*, Iagttagelser over fjeldbygningen omkring Randsfjordens nordende. *Holtedahl*, Nogen foreløbige meddelelser fra en reise i Alten i Finmarken. *Rekstad*, Kvartær tidsregning. *Reusch*, Den formodede littorinasenkning i Norge. *Rekstad*, Helgelands ytre kyststrand. *J. H. L. Vogt*, Om manganrik sjømalm i Storsjøen, Nordre Odalen.) Kr. 4.00.
76. *Oxaal*. Norsk granit. 1916. Kr. 4.00.
77. *Goldschmidt*. Konglomeraterne inden høifjeldskvartsen. 1916. Kr. 2.00.
78. *Holmgreen*, Natursten. 1916 Kr. 1.50.
79. Årbok for 1916. (Innhold: *Holmsen*, Rendalens bræsje; *Holmsen*, Sørfolden—Riksgrænsen. *Rekstad*, Kyststrøket mellem Bodø og Folden. *Reusch*, Litt om Jutulhugget.) Kr. 3.50.
80. *Rekstad*. Vega, Beskrivelse til det geologiske generalkart. 1917. Kr. 3.00.
81. Årbok for 1917. (Innhold. *Reusch*, Seterne i Østerdalen. *Holtedahl*, Kalkstensforekomster paa Sørlandet *Holmsen*, Sulitjelmatrakten. *Rekstad*, Fauske—Junkerdalen. Kr. 3.50.
82. *C. Bugge*. Kongsbergfeltets geologi. [Karter og plancher i konvolut.] 1917. Kr. 12.00.
83. Årbok for 1918 og 19. (Innhold: *Holmsen*, Gudbrandsdalens bræsje. *Carstensen*, Geologiske undersøkelser i Trondhjems omegn. *Reusch*, Nogen kvartærgeologiske iakttagelser fra det Romsdalske) *Rekstad*, Geologiske iakttagelser fra strekningen Folla—Tysfjord. *Holmsen*, Nordfollas omgivelser. Kr. 3.50.
84. *Holtedahl*. Bidrag til Finmarkens geologi. 1918. Kr. 4.00.
85. *J. H. L. Vogt*. Jernmalm og jernverk. 1918. Kr. 3.50.
86. *Oxaal*. Dunderlandsdalen. 1919. Kr. 3.00.
87. Årbok for 1920 og 21. (Innhold. *Holtedahl*, Kalksten og dolomit i de østlandske dalfører. *A. Bugge*, Nikkelgruber i Bamle. *Foslie*, Raana noritfelt. *Rekstad*, Et fund av skjellførende leir. *Lørenskog*, *Falck-Muus*, Brynesteinsindustrien i Telemarken. *Reusch*, Huler dannet ved forvitring. *Rosenlund*, Fjøsgruber.) Kr. 5.00.
88. *Rekstad*, Kartbladet Eidsberg. 1921. Kr. 2.00.
89. *Holtedahl*. Kartbladet Engerdalen. 1921. Kr. 2.50.
90. *Holmsen*. Torvmyrernes lagdeling i det sydlige Norges lavland. 1922. Kr. 6.00.
91. *Rekstad*. Kvartære avleiringer i Østfold. 1922. Kr. 1.00.
92. *Rekstad*. Grunnvatnet. 1922. Kr. 1.00.
93. *J. H. L. Vogt*. Tryktunneller og geologi. Med et avsnitt: *Fredrik Vogt*: Spændinger i feldet ved tryktunneller. 1922. Kr. 2.00.
94. *Grønlie*. Strandlinjer, moræner og skjælføremoster i den sydlige del av Troms fylke. 1922 Kr. 1.00.
95. *A. Bugge*. Et forsøk paa inndeling av det syd-norske grundfjeld. 1922. Kr. 0.75.
96. *Rekstad*. Norges heving efter istiden. 1922. Kr. 1.25.
97. *Holtedahl* og *Schetelig*. Kartbladet Gran. 1923. Kr. 2.50.
98. Årbok for 1922. Kr. 2.00.
99. *Holmsen*. Vore myrsers plantedække og torvarter. 1923. Kr. 5.00. Innbundet kr. 6.50
100. *Rekstad*. Hans Reusch. Nekrolog og bibliografi. 1923. Kr. 1.00.
101. *Andersen*: Ildfaste oksydens fysiske kemi. Statens Raastofkomite, publ. nr. 1. 1922. Kr. 1.50 Plancher og tabeller til nr. 101 kan kjøpes særskilt in plano. Kr. 1.00.
102. *Holtedahl* og *Andersen*: Om norske dolomiter. S. R. K. publ. nr. 2. Kr. 1.00.
103. *Andersen*: En forekomst av ren kvarts i Krødsherred. S. R. K. publ. nr. 3. Kr. 0.75.
104. *Bull*: Elektrisk metalsmeltning. S. R. K. publ. nr. 4. 1922. Kr. 0.75.
105. *Lindeman*: Torv. S. R. K. publ. nr. 5. 1922. Kr. 0.75.
106. *C. Bugge* og *Foslie*: Norsk arsenmalm og arsenikkfremstilling. S. R. K. publ. nr. 6. 1922. Kr. 1.00.
107. *Goldschmidt*: Om fremstilling av bariumlegeringer. S. R. K. publ. nr. 7. Kr. 1.00.
108. *Goldschmidt* og *Johnson*: Glimmermineraleens betydning som kalkkilde for planterne. S. R. K. publ. nr. 8. 1922. Kr. 2.00.
109. *Johnson*: Om tilgjengeligheten av kalifeltspatens kaliindhold. S. R. K. publ. nr. 9. 1922. Kr. 2.00.
110. *C. Bugge*: Statens apatitdrift i rationeringstiden. S. R. K. publ. nr. 10. 1922. Kr. 1.00.
111. *Gram*: Undersøkelser over bituminøse kul fra Spitsbergen. S. R. K. publ. nr. 11. 1922. Kr. 1.00.
112. *Gram*: Den kem. sammensetning av Spitsbergen—Bjørnøykul. S. R. K. publ. nr. 12. 1923. Kr. 1.00.
113. *Rødland*: Oljefremstilling av Kingsbay-kul og kul og skifer fra Andøen. S. R. K. publ. nr. 13. 1924. Kr. 1.00.
114. *Hansteen Cranner*: Om vegetationsforsøk med glimmermineralene biotit og sericit som kalkkilde. S. R. K. publ. nr. 14. 1922. Kr. 1.50.
115. *v. Krogh*: Undersøkelser over norske lerer. I. S. R. K. publ. nr. 15. 1923. Kr. 1.00.
116. *Diétrichson*: Undersøkelser over norske lerer. II. S. R. K. publ. nr. 16. 1923. Kr. 2.00.
117. *Guertler* og *Bull*. Kort oversigt over kobberets indflydelse paa jern og staa. S. R. K. Publ. nr. 17. 1923. Kr. 1.00.
118. *Bull*: Prøver med en hærdeovn for kulstofstaa. S. R. K. publ. nr. 18. 1923. Kr. 1.00.
119. *v. Krogh*: Undersøkelser over norske lerer. III. S. R. K. publ. nr. 19. 1923. Kr. 1.75.
120. *Diétrichson*: Undersøkelser over norske lerer. IV. S. R. K. publ. nr. 20. 1924. Kr. 2.00.
121. *Th. Vogt*. Sulitjelmfeltets geologi og petrografi. 1927. Kr. 14.00.
122. Årbok for 1923. Kr. 2.00.
123. *Holmsen*. Hvordan Norges jord blev til. 1924. Utsolgt.
124. *Rekstad*. Hatfjeldalen. Beskrivelse til det geologiske generalkart. 1924. Kr. 2.00.
125. *Rekstad*. Træna. Beskrivelse til det geologiske generalkart. 1925. Kr. 2.00
126. *Foslie*. Syd-Norges gruber og malmforekomster. 1925. Kr. 5.00.
127. *Foslie*. Norges svovelkisforekomster. 1926. Kr. 3.00.

- 128 a. *Andersen*: Feltspat. I. 1926. Kr. 3.00.  
 128 b. *Andersen og Barth*: Feltspat II og III, 1931. Kr. 3.00.  
 129. *Aasgaard*: Gruber og skjerp i kisdraget Øvre Guldal—Tydal. 1927. Kr. 4.00.  
 130. *Arne Bugge*: En forkastning i det syd-norske grunnfjell. 1928. Kr. 3.00.  
 131. *Torgersen*: Sink- og blyforekomster på Helgeland. 1928. Kr. 2.00.  
 132. *Holmsen*: Lerfaldene ved Kokstad, Gretnes og Braa. 1929. Kr. 1.50.  
 133. Årbok for femårsperioden 1924—1928. (Innhold: Direktørens og statsgeologens beretning om arbeidet. *Falck-Muus*: Femårsberetning fra bibliotekaren. *C. Bugge*: Meddelelser om geologiske undersøkelser i Hallingdal og Valdres. *Falck-Muus*: Norske bergverksarkivalia II. *A. Bugge*: Oversikt over inndelingen av det sydnorske grunnfjell samt om fahlbåndene i Kongsberg ertsdistrikt. 1929. Kr. 3.00.)  
 134. *Rekstaad*: Salta. Beskrivelse til det geologiske generalkart. 1929. Kr. 3.00.  
 135. *Holmsen*: Grundvandet i vore leravsetninger. 1930. Kr. 3.00.  
 136. *Holmsen*: Rana. Beskrivelse til det geologiske generalkart 1932. Kr. 4.00.  
 137. *Foslie og Johnson Høst*: Platina i sulfidisk nikkelmalm. 1932. Kr. 2.50.  
 138. *Brøgger*: Essexitrekkenes erupsjoner, den eldste vulkanske virksomhet i Oslofeltet. 1933. Kr. 3.00.  
 139. *Brøgger*: Om rombeporforyngangene og de dem ledsagende forkastninger i Oslofeltet. 1933. Kr. 1.50.  
 140. *Holmsen*: Lerfall i årene 1930—1932. 1934. Kr. 1.50.  
 141. *Olaf Anton Broch*: Feltspat. IV. 1934. Kr. 3.00.  
 142. *Torgersen*: Sink- og blyforekomster i det nordlige Norge. 1935. Kr. 2.00.  
 143. *Arne Bugge*: Flesberg og Eiker. Beskrivelse til de geologiske gradavdelingskarter F. 35 Ø og F. 35 V. De løse avleiringer ved *A. Samuelsen*. 1937. Kr. 4.00.  
 144. *Holmsen*: Nordre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. 1935. Kr. 2.50.  
 145. *Wolmer Marlow*: Foldal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. 1935. Kr. 4.00.  
 146. *Arne Bugge*: Kongsberg-Bambleformasjonen. 1936. Kr. 3.00.  
 147. *Falck-Muus*: Aursund (under utarbeidelse).  
 148. *Holmsen*: Søndre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. 1937. Kr. 2.50.  
 149. *Foslie*: Tysfjords geologi. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart Tysfjord. 1941. Kr. 12.00  
 150. *Foslie*: Hellebobotn og Linnajvrre. 1942. Kr. 6.00.  
 151. *Holmsen*: Våre leravsetninger som byggegrunn. 1938. Kr. 3.00  
 152. *Trygve Strand*: Nordre Etnedal. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. 1938. Kr. 3.00.  
 153. *Carl Bugge*: Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter E 32 V og E 32 Ø. 1939. Kr. 4.00.  
 154. *Harald Bjørlykke*: Feltspat V. De sjeldne mineraler på de norske granittiske pegmatittganger. 1939. Kr. 3.00.  
 155. *Olaf Anton Broch, Fridtjov Isachsen, Orvar Isberg, Trygve Strand*: Bidrag til Skudenes-sedimentenes geologi. 1940. Kr. 1.50.  
 156. *K. O. Bjørlykke*: Utsyn over Norges jord og jordsmonn. Med oversiktskarter av jordbunnsforholdene i Norge i to blader: Sør-Norge og Nord-Norge. 1:2000000. 1940. Kr. 8.00.  
 157. *Brit Hofseth*: Geologiske undersøkelser ved Kragerø, i Holleia og Troms. 1942. Kr. 3.00.  
 158. *Per Holmsen*: Geologiske og petrografiske undersøkelser i området Tynset—Femunden. 1943. Kr. 2.50.  
 159. *Trygve Strand*: Et gneis-amfibolittkompleks i grunnfjellet i Valdres. 1943. Kr. 3.00.  
 160. *Jens A. W. Bugge*: Geological and Petrographical Investigations in the Kongsberg—Bamble Formation. 1943. Kr. 5.00  
 161. *Christoffer Oftedal*: Om Sparagmiten og dens skyning innen kartbladet Øvre Rendal. 1943. Kr. 2.50.  
 162. *H. Neumann*: Silver Deposits at Kongsberg. 1944. Kr. 4,50.  
 163. *Brynjulf Dietrichson*: Geologiske undersøkelser i Espedalen. 1945. Kr. 3,00.  
 164. *Olaf Holtedahl*: Norges geologi. Under trykning.  
 165. *Gunnar Horn*: Karsthuler i Nordland. 1947. Kr. 7,00.  
 166. *Gunnar Holmsen*: Lerfall og ras i årene 1933—1939. 1946. Kr. 3,00.  
 167. *Gunnar Holmsen og Per Holmsen*: Leirfall i årene 1940—1945. 1946. Kr. 4,00.  
 168 a. *Tom F. W. Barth*: The nickeliferous lveland—Evje Amphibolite and its Relation. 1947. Kr. 5,00.  
 168 b. *Harald Bjørlykke*: Flåt Nickel Mine. 1947. Kr. 3,00.  
 169. *Steinar Foslie*: Melkedalen grube i Ofoten. 1946. Kr. 7,00.  
 170. *Ivar Oftedal*: Oversikt over Norges mineraler. 1948. Kr. 3,00.  
 171. *Jens A. W. Bugge*: Rana gruber. Geologisk beskrivelse av jernmalmfeltene i Dunderlandsdalen. 1948. Kr. 12,00.  
 172. *Harald Bjørlykke*: Hosanger nikkelgrube. 1949. Kr. 3,00.  
 173. *Trygve Strand*: On the Gneisses from a Part of the North-Western Gneiss Area of Southern Norway. 1949. Kr. 3,00.  
 174. *Steinar Foslie*: Håfjellsmulden i Ofoten og dens sedimentære jern-mangan-malmer. 1949. Kr. 8,00.

### Statens Råstoffkomité's publikasjoner.

Av Statens Råstoffkomité's publikasjoner er utkommet nr. 1—26, hvorav nr. 1—20 er utgitt i ovennevnte serie som N. G. U. nr. 101—120. Nr. 21, 22, 24 og 26 fåes i *Teknisk Ukeblads ekspedisjon*, Oslo.

### Smaaskrifter.

Av denne serie, er utkommet:

- Nr. 1. *Andersen*: Norges Geologiske Undersøkelse, dens oppgaver og virksomhet. 1922. Gratis.  
 \* 2. *Falck-Muus*: Avhandlinger og karter utgitt av N. G. U., systematisk ordnet. 1922. Gratis.  
 \* 3. *Holmsen*: Erfaringer om jordskaden ved innsjøreguleringer. 1927. Kr. 0.50.  
 \* 4. *Holmsen*: Grunnvannbrønner. 1940. Kr. 0.50.

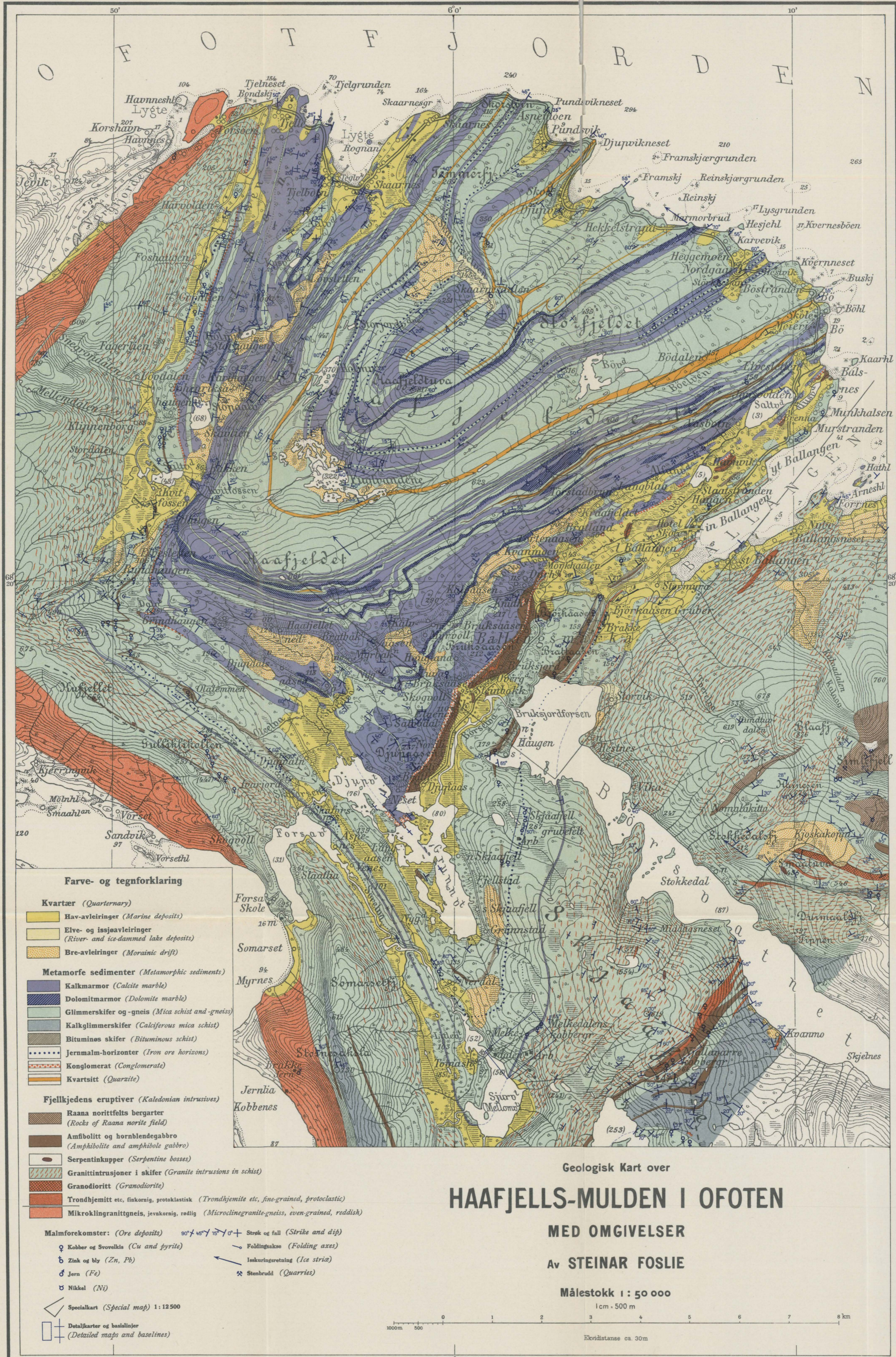
### Karter

Følgende fargetrykte geologiske karter er til salgs ved Norges Geografiske Oppmåling:

*Rektangel- og gradavdelingskarter, kr. 2,15*: Aursunden, Dunderlandsdalen, Eidsberg, Eiker, Flesberg, Foldal, Gol, Gran, Hellemobotn, Hemsedal, Hønefoss, Kongsberg, Linnajvrre, Moss, Nordre Etnedal, Nordre Femund, Rennebu, Søndre Femund, Søndre Fron, Terningen, Tysfjord. *Utsolgt*: Bergen, Eidsvoll, Gausdal, Gjøvik, Hamar, Haus, Kristiania, Levanger, Lillehammer, Melhus, Meraker, Nannestad, Rindal, Sarpsborg, Selbu, Skjønn, Stenkjær, Stjørdal, Trondheim. *Av Oslofeltets serie er utkommet*: Flesberg, Gran, Hønefoss, Kongsberg, Moss, Nannestad, Tønsberg med Larvik, samt oversiktskart over Oslofeltet (kr. 4.50).

*Utsolgt*: Fet, Kristiania.

*Forskjellige geologiske karter*: Generalkartene: Hattfjelldal, Rana, Salta, Træna, Vega (kr. 4.50). Oversiktskart over det sydlige og nordlige Norge utsolgt.



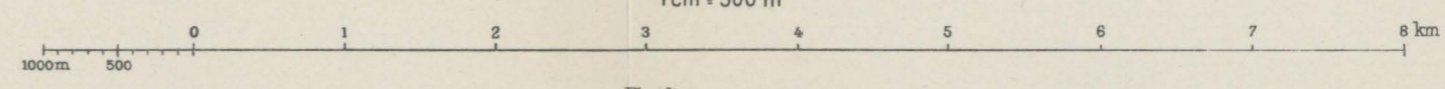
**Farve- og tegnforklaring**

- Kvartær (Quaternary)**
- Hav-avleiringer (Marine deposits)
  - Elve- og issjåvleiringer (River- and ice-dammed lake deposits)
  - Bre-avleiringer (Morainic drift)
- Metamorfe sedimenter (Metamorphic sediments)**
- Kalkmarmor (Calcite marble)
  - Dolomitmarmor (Dolomite marble)
  - Glimmerskifer og -gneiss (Mica schist and -gneiss)
  - Kalkglimmerskifer (Calciferous mica schist)
  - Bituminøs skifer (Bituminous schist)
  - Jernmalm-horisonter (Iron ore horizons)
  - Konglomerat (Conglomerate)
  - Kvartsitt (Quartzite)
- Fjellkjedens eruptiver (Kaledonian intrusives)**
- Raana norittfelts bergarter (Rocks of Raana norite field)
  - Amfibolitt og hornblendegabbro (Amphibolite and amphibole gabbro)
  - Serpentinukker (Serpentine bosses)
  - Granittintrusjoner i skifer (Granite intrusions in schist)
  - Granodioritt (Granodiorite)
  - Trondhjemit etc, finkornig, protoklastisk (Trondhjemite etc, fine-grained, protoclastic)
  - Mikroclinegranittgneiss, jevnkornig, rødlig (Microclinegranite-gneiss, even-grained, reddish)

- Malmforekomster: (Ore deposits)**
- 90° / 45° / 15° / 0° + Strøk og fall (Strike and dip)
  - Kobber og Svovelkis (Cu and pyrite)
  - Zink og bly (Zn, Pb)
  - Jern (Fe)
  - Nikkel (Ni)
  - Foldingsakse (Folding axes)
  - Iskeringsretning (Ice striæ)
  - Stenbrudd (Quarries)
- Specialkart (Special map) 1:12500**
- Detalkarter og baselinjer (Detailed maps and baselines)**

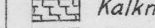


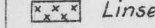

**Geologisk Kart over  
HAAFJELLS-MULDEN I OFOTEN  
MED OMGIVELSER  
Av STEINAR FOSLIE**

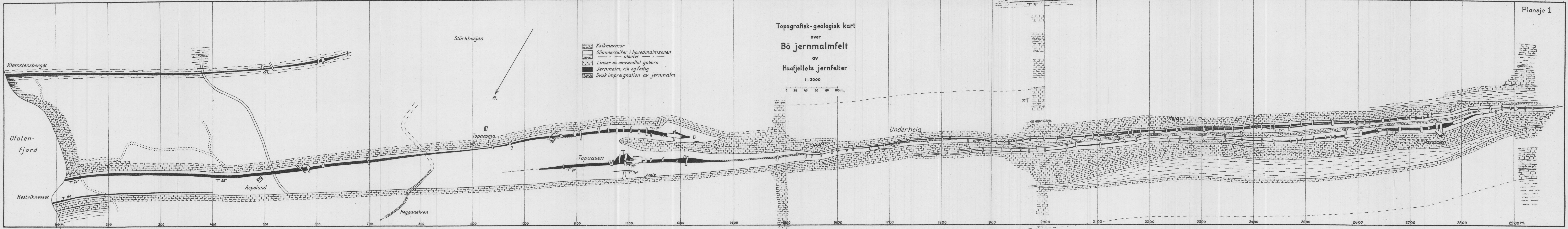
Målestokk 1 : 50 000



Topografisk-geologisk kart  
over  
Bö jernmalmfelt  
av  
Haafjellets jernfelter

1 : 3000  
0 20 40 60 80 100 m.

-  Kalkmarmor
-  Glimmerskifer i hovedmalazonen utenfor
-  Linser av omvandlet gabbro
-  Jernmalm, rik og fattig
-  Svak impregnation av jernmalm



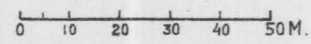
# Barakkehaug-Fuglevanns jernfelt

av

## Haafjellets jernfelter

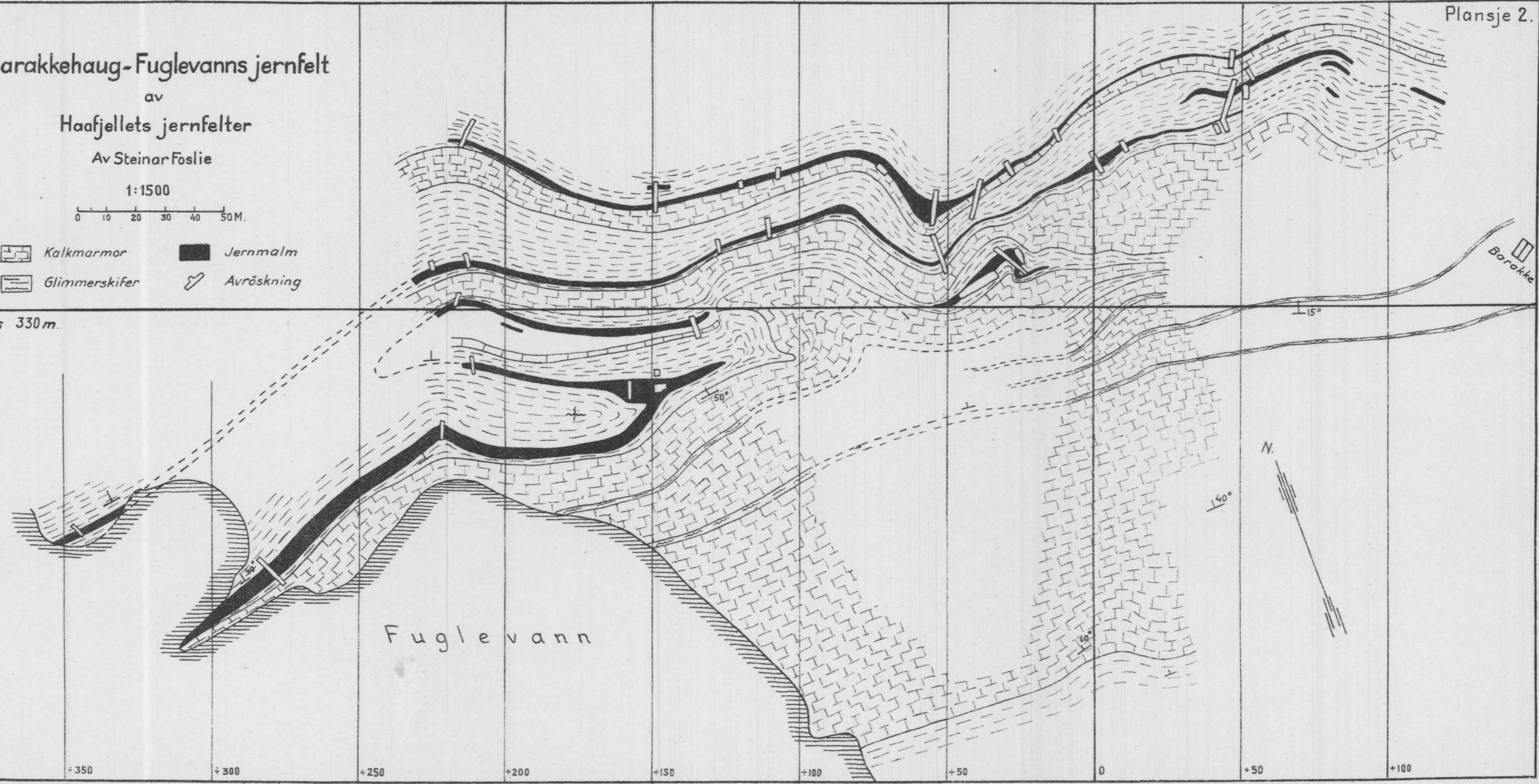
Av Steinar Foslie

1:1500



- Kalkmarmor
- Glimmerskifer
- Jernmalm
- Avrökning

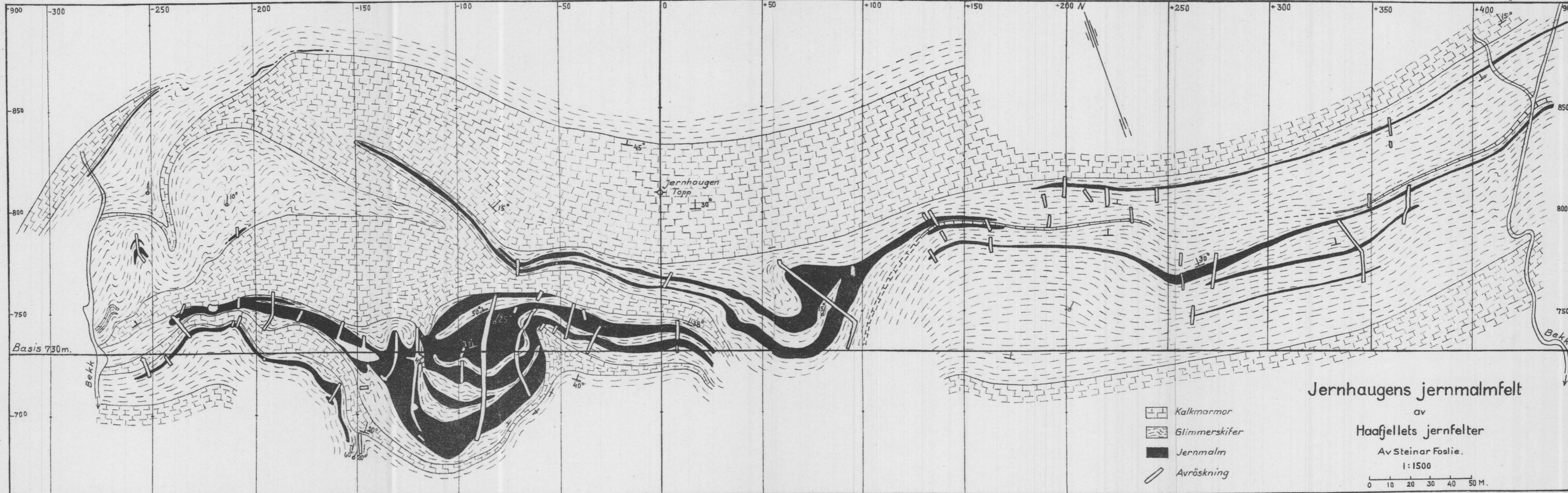
Basis 330 m.



Fuglevann

Barakke

+350    +300    +250    +200    +150    +100    +50    0    +50    +100







Basis 730m.

Jernhaugen  
Topp

Jernhaugens jernmalmfelt  
av  
Haafjellels jernfelter








Av Steinar Foslie.  
1:1500

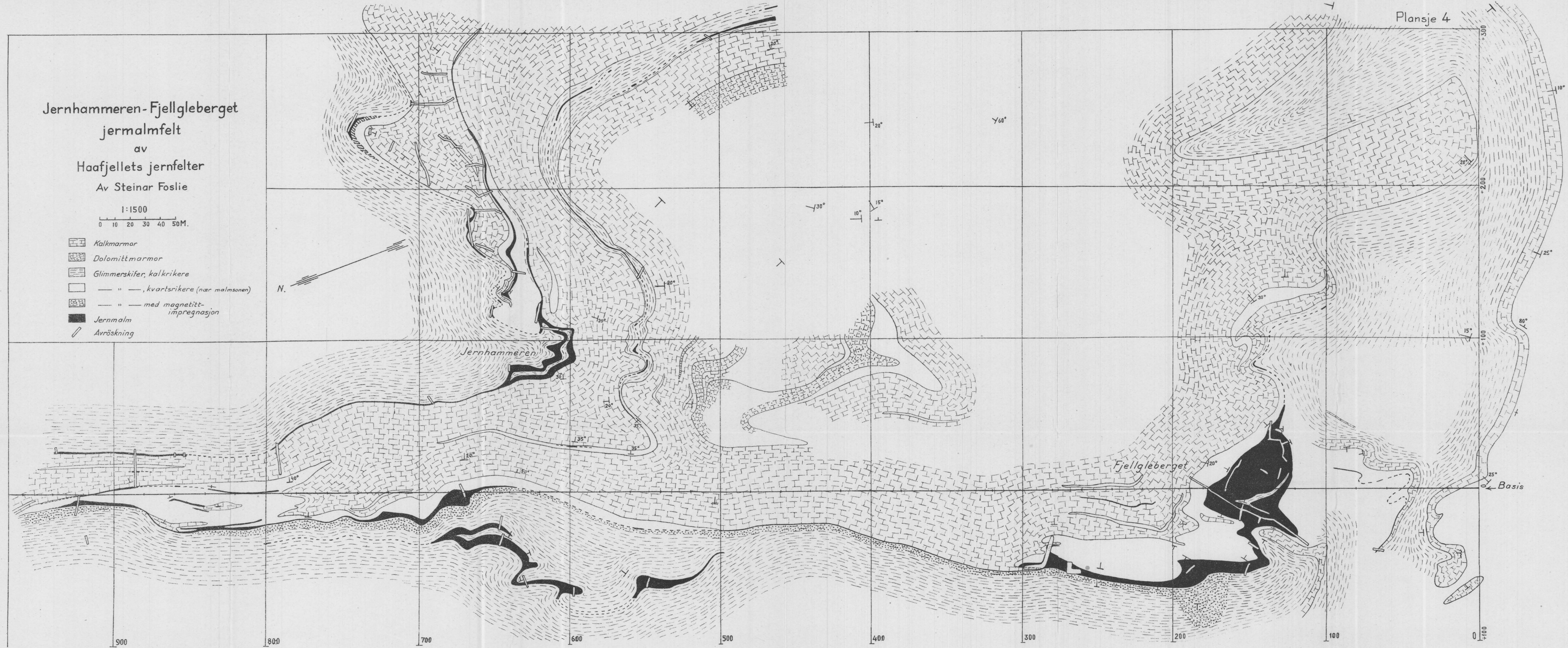
-  Kalkmarmor
-  Glimmerskifer
-  Jernmalm
-  Avrökning

0 10 20 30 40 50 M.

Jernhammeren-Fjellgleberget  
jermalmfelt  
av  
Haafjellets jernfelter  
Av Steinar Foslie

1:1500  
0 10 20 30 40 50M.

-  Kalkmarmor
-  Dolomitmarmor
-  Glimmerskifer, kalkrikere
-  " " kvartsrikere (nær malmsonen)
-  " " med magnetitt-impregnasjon
-  Jernmalm
-  Avrøskning



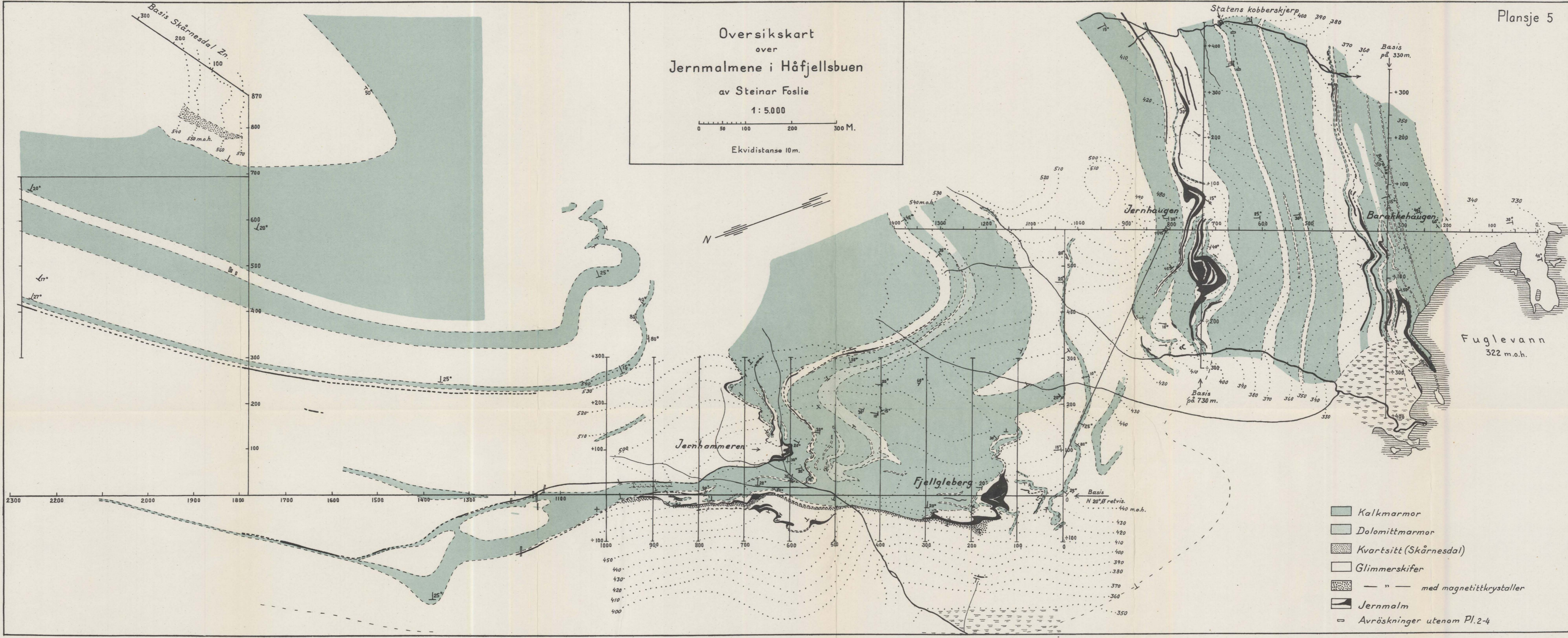
# Oversikskart over Jernmalene i Håfjellsbuen

av Steinar Foslie

1 : 5.000

0 50 100 200 300 M.

Ekvidistanse 10 m.

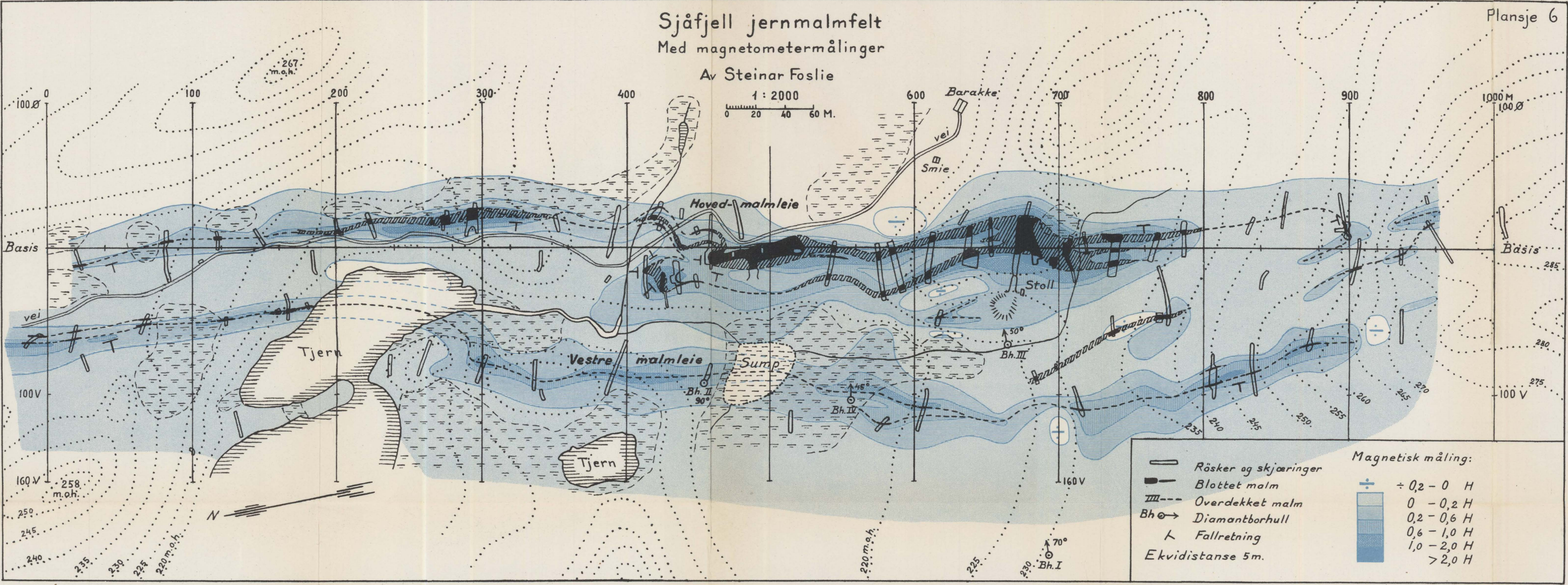


- Kalkmarmor
- Dolomittmarmor
- Kvartsitt (Skårnesdal)
- Glimmerskifer
- " — med magnetitkrystaller
- Jernmalm
- Avrøskninger utenom Pl. 2-4

# Sjåfjell jernmalmfelt

Med magnetometermålinger  
Av Steinar Foslie

1 : 2000  
0 20 40 60 M.



**Magnetisk måling:**

- Røsker og skjæringer
- Blottet malm
- Overdekket malm
- Diamantborhull
- Fallretning
- Ekvidistanse 5m.

Magnetic measurement scale:

- ÷ 0,2 - 0 H
- 0 - 0,2 H
- 0,2 - 0,6 H
- 0,6 - 1,0 H
- 1,0 - 2,0 H
- > 2,0 H

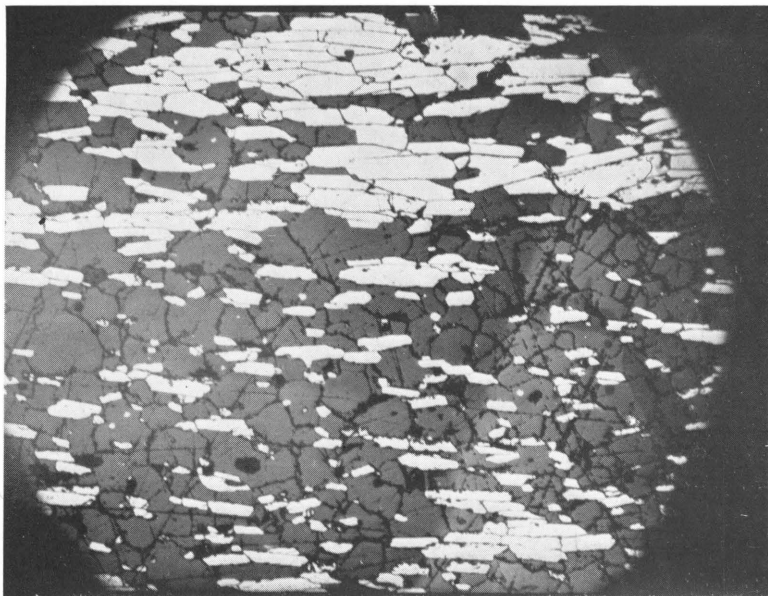


Fig. 1. Bladig jernglans (hvit) og kvarts. Hestvik, Bøfeltet. Polerslip, 23 ×  
*Micaceous hematite and quartz. Polished section.*

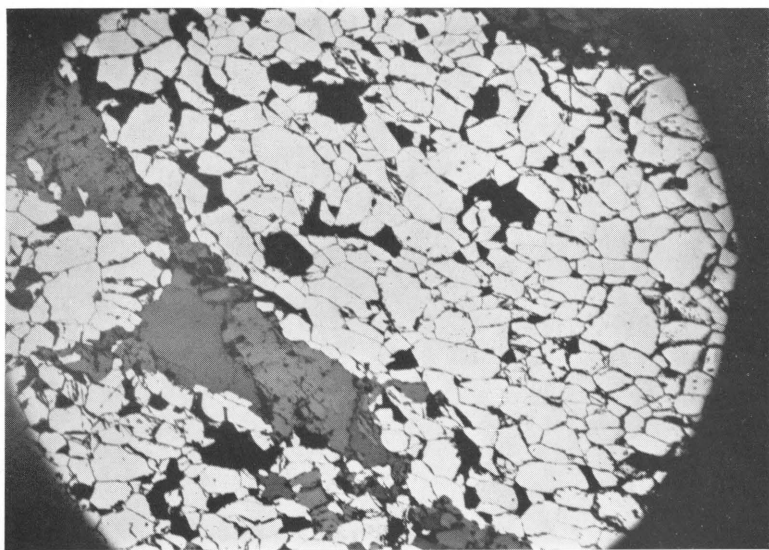


Fig. 2. Kornig jernglans. Toppåsen, Bøfeltet. Polerslip, 23 ×  
*Granular hematite.*

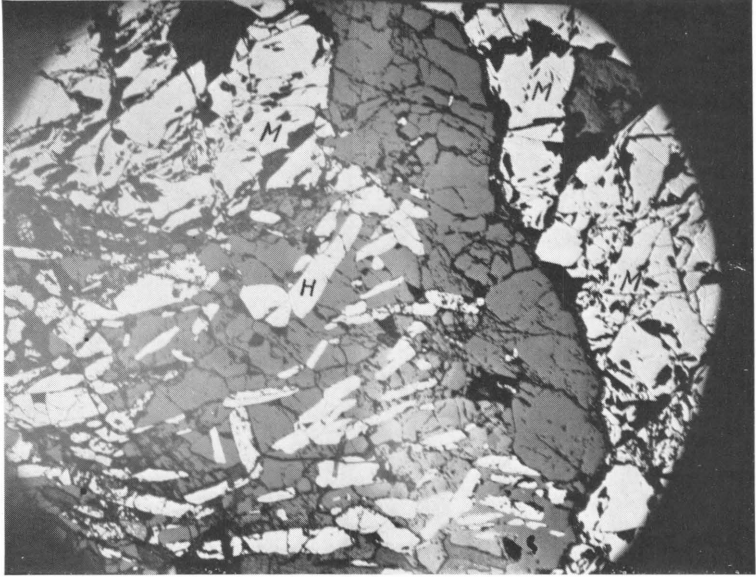


Fig. 1. Magnetittmalm, Vassåsen, Bøfeltet. Små blader av jernglans (H) i den foldete grunnmasse, og 2 store porfyroblaster av magnetitt (M). Polerslip, 23 ×  
*Small leaves of hematite, 2 big porphyroblasts of magnetite.*

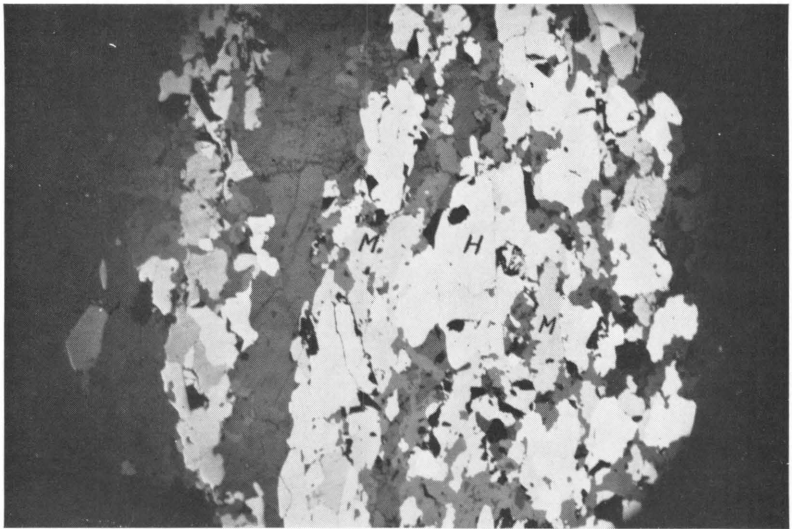


Fig. 2. Smalt bånd i spessartin-skarn av jernglans (hvit, H) og magnetitt (lyst grå, M), rekrystallisert under stress. Polerslip, 45 ×  
*Hematite and magnetite in spessartite, recrystallized under stress.*

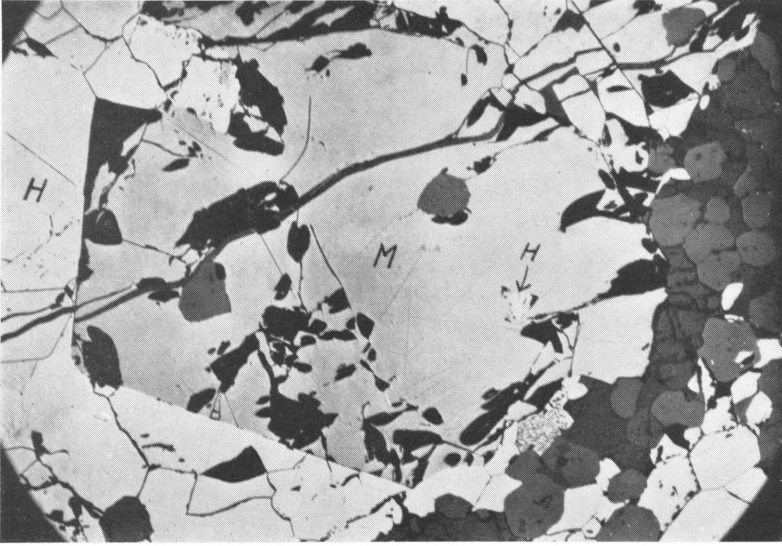


Fig. 1. Stor magnetittporfyroblast (M) med vakker krystallbegrensning mot kornig jernglans (H). Inneslutning av jernglans. Polerslip, 45  $\times$ .  
*Big magnetite porphyroblast with crystal boundaries against granular hematite. Inclusion of hematite.*

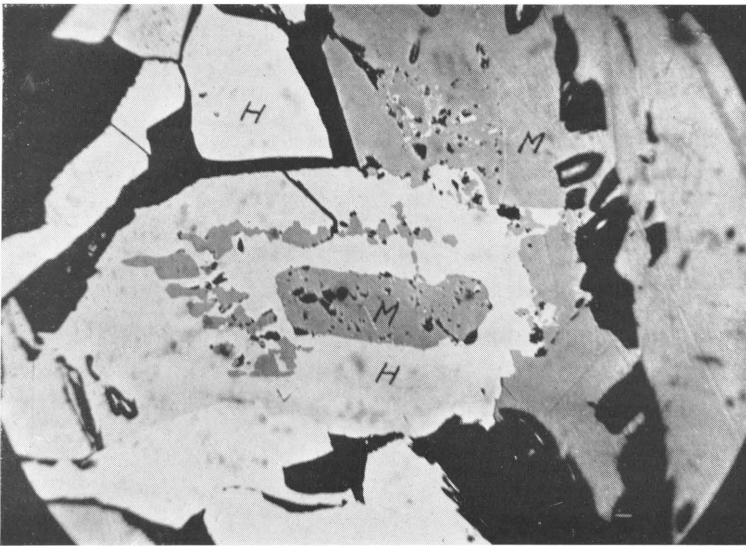


Fig. 2. Som foregående. Magnetitt fortrenger et enkelt jernglanskorn etter krystallografiske linjer. Polerslip, 180  $\times$ .  
*Magnetite replaces a single hematite grain along crystallographic lines.*

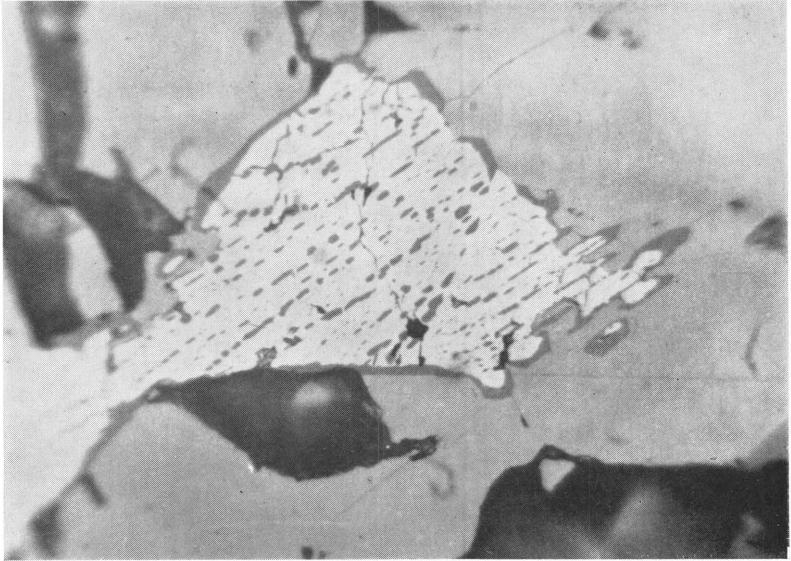


Fig. 1. I magnetitt ett jernglanskorn (hvitt) med avblandete dråper og randsone av ilmenitt. Fjellgleberg. Polerslip, 600  $\times$ .  
*Hematite grain with exsolutions of ilmenite, enclosed in magnetite.*

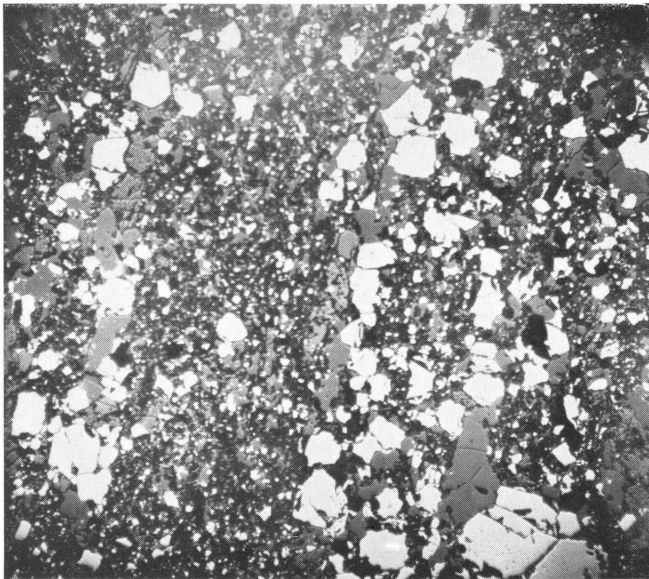
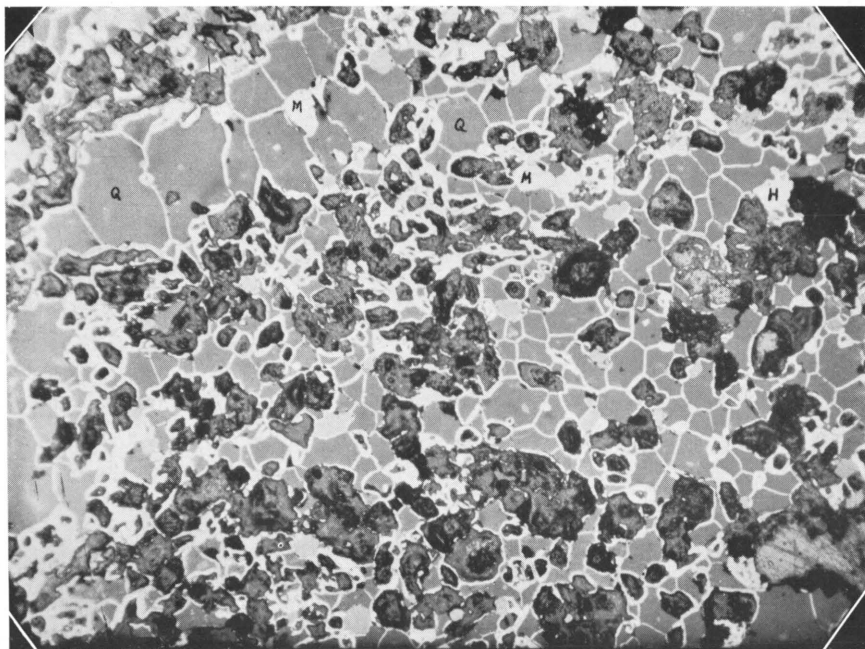
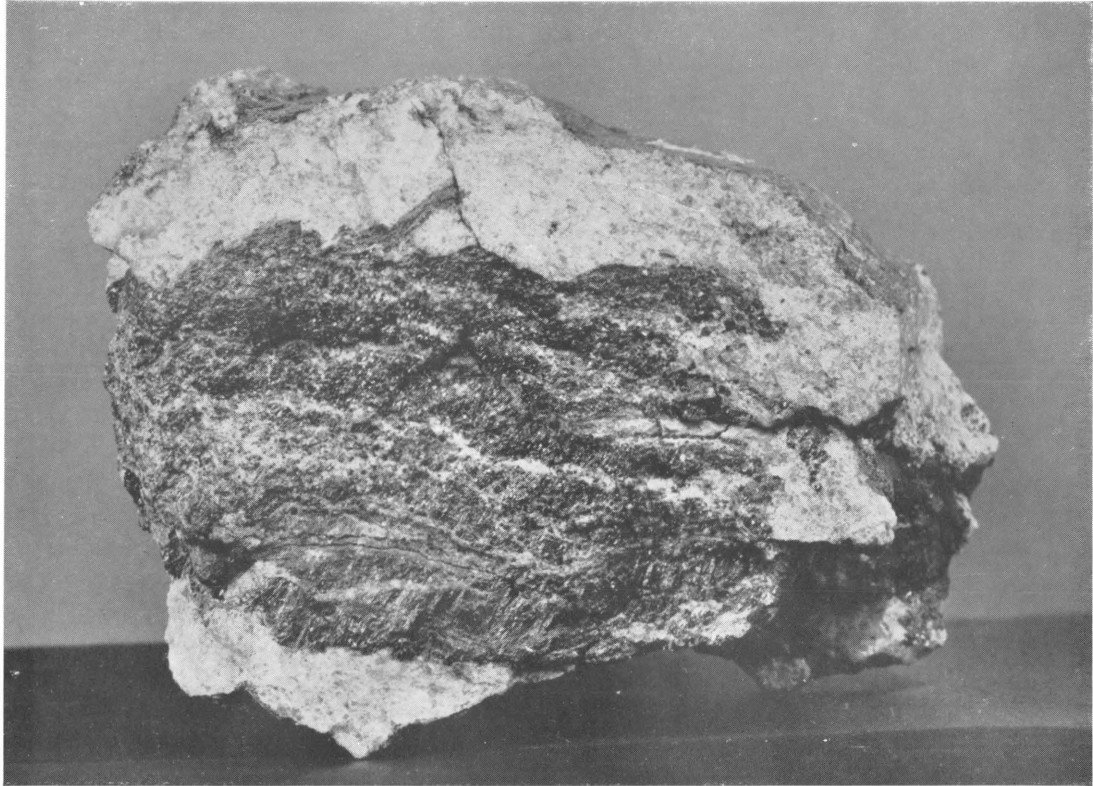


Fig. 2. Magnetittmalm, type I. Sjøfjell. Dobbeltkornig magnetitt. Polerslip, 25  $\times$ .  
*Magnetite ore. Double-grained magnetite*



Supergen pyrolusitt (hvit) langs alle korngrenser. Vassåsen, Bøfeltet. 2 korn av magnetitt (M) og ett av jernglans (H), alle friske. Lys grått (Q) er kvarts, mørkt, høyt relieff, vesentlig spessartin. Polerslip, 100  $\times$ .  
*Supergene pyrolusite along all grain boundaries. Q = quartz. Dark grey, high relief = mainly spessartite.*



Spessartinbåndet magnetittmalm, gjennomsett av yngre kvartsårer. Jernhammeren.  $\frac{1}{2}$  nat. st.  
*Magnetite ore, banded with spessartite, cut by younger quartz veins.*

A. W. BRØGGERS BOKTRYKKERI A/S