

PRIS KR. 1.00.

3.00



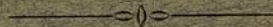
Norges Geologiske
Undersøkelse

Nr. 68

AARBOK FOR 1913

UTGIT AV

DR. HANS REUSCH
UNDERSØKELSENS BESTYRER



KRISTIANIA 1914

I KOMMISSION HOS H. ASCHEHOUG & CO.

NORLANDSBANEN
Parsel Sunnan - Grong

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE Nr. 68

AARBOK FOR 1913

UTGIT AV

DR. HANS REUSCH
UNDERSØKELSENS BESTYRER



KRISTIANIA 1914
I KOMMISSION HOS H. ASCHEHOUG & CO.

NORGES STATSBANER
HOVEDSIYRET

Indhold.

	Side
I. <i>J. Oxaal</i> . Den hvite granit i Sogn. Geologisk optræden og tekniske egenskaper.	
English Summary :	10
4 plancher.	
II. <i>O. E. Schiøtz</i> . Om isskillet i trakten omkring Fæmund.	
English Summary	12
III. <i>H. Reusch</i> . Fra Tryssil.	
English Summary	21
IV. <i>S. Foslie</i> . Ramsøy titanmalmfelt i Solør og dets differentiationsprocesser.	
English Summary	57
1 magnetometrisk kart.	
2 plancher.	

I.

DEN HVITE GRANIT I SOGN,

GEOLOGISK OPTRÆDEN OG TEKNISKE
EGENSKAPER

AV

JOHN OXAAL

CAND. REAL.

MED 4 PLANCHER OG ENGLISH SUMMARY

Som bekjendt har den hvite granit i Sogn i de sidste par aar tiltrukket sig adskillig opmerksomhet baade inden fagkredse og blandt det store publikum; særlig har opførelsen av Grand Hotel's nye bygning, hvor man til hele facaden og taarnet har benyttet den hvite Sognegranit i finhuggen stand, bidrat meget hertil og har vakt opmerksomheten for dette prægtige bygningsmateriale ogsaa utenfor vort lands grænser. Jeg kan saaledes henvise til en artikel i det tyske tidsskrift „Der deutsche Steinbildhauer“ for juni 1912 (no. 25), s. 226, hvor graniten faar en meget anerkjendende omtale.

Den hvite granit i Sogn har været kjendt av geologerne i længere tid, og opmerksomheten har flere ganger været henledet paa den, uten at der dog før i den sidste tid er gjort noget alvorlig forsøk paa at nyttiggjøre sig den i større maalestok.

Jeg har som praktisk geolog ved N. G. U. sidstleden sommer faat i opdrag at studere denne granits utbredelse og beskaffenhet, samt betingelserne for export. Resultatet av disse undersøkelser skal meddeles her.

Geologisk optræden.

Den hvite granit i Sogn er indskrænket til trakterne i indre Sogn, hvor den optrær inden et omraade, der strækker sig fra nordsiden av Lærdalsfjord over til Aardalsfjord;

den anstaar videre ved Aardalsvand, og omraadet strækker sig vestover til det ytre av Lysterfjord, hvor det gaar over

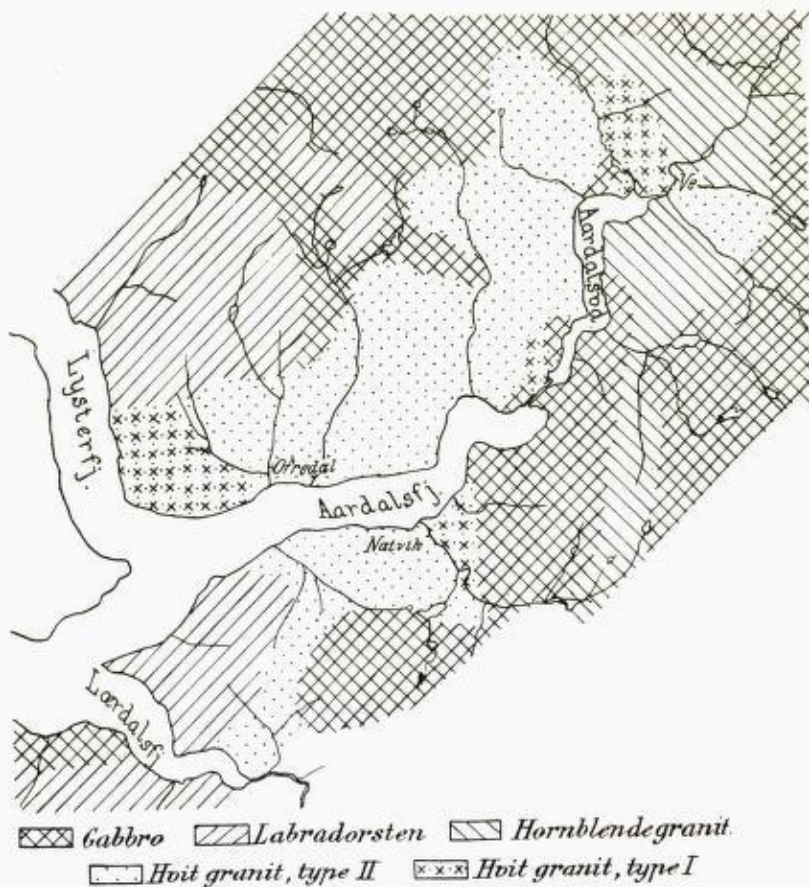


Fig. 1. Geologisk kartskisse fra Indre Sogn (væsentlig efter REKSTAD). Viser utbredelsen av de to typer av hvit granit. Maalestok 1:300 000.

paa vestsiden av fjorden; videre skal graniten træffes omkring Sogndalsfjord, ved Kaupanger og paa sydsiden av fjorden ved Frønningen.

J. REKSTAD har i N. G. U. aarbok for 1905, no. VII, beskrevet disse trakters geologi og har paa det geologiske kart, som ledsager avhandlingen, angit den hvite granits utbredelse. Paa nedenstaaende kartskisse, som er tegnet væsentlig paa grundlag av REKSTAD's kart, er forsøksvis søkt utskilt to forskjellige omraader inden den hvite granit, nemlig:

1. En grænsezone av den hvite granit mot de tilgrænsende bergarter. Denne zone har karakteren av en eruptivbreccie i stor stil; brudstykker av labradorsten, gabbro, hornblendeskifre og andre skifre ligger indleiret i den hvite granit, der er det sidste eruptionsled inden disse trakter. Ganger av den hvite granit gjennemsætter og de tilstøtende bergarter. Inden grænsezonen kan man finde mindre partier av den hvite granit for sig alene uten de vanlige brudstykker av andre bergarter, men disse partier har oftest en forholdsvis liten utstrækning. (Kartskissens type I).

2. Et stort sammenhengende og homogent felt av den hvite granit. (Kartets type II.)

Den hvite granit representerer det sidste eruptionsled inden en serie av eruptivbergarter, der efter REKSTAD (l. c. pag. 21) begynner med gabbro, fortsætter med labradorsten og tilslut hvit granit. Desuten optrær en hornblendegranit, hvis alder er uvis. Alle disse eruptiver er yngre eruptiver, yngre end fylliten, av post-silurisk, kaledonisk, alder.

De ovenfor nævnte to omraader av den hvite granit representerer to typer av forskjellig utseende og litt forskjell i alder, idet det sidstnævnte omraade omfatter den ældre type, mens det første representerer den yngre type, der saaledes blir den yngste av alle inden dette eruptionsomraade optrædende eruptiver.

Mineralogisk beskaffenhet.

Den hvite granit skylder sit hvite utseende først og fremst feldspatens hvite farve og den rikelige mængde av kvarts, som optrær som melkekvarter, men dernæst ogsaa den ringe gehalt av mørke mineraler.

Den mineralogiske sammensætning er temmelig overensstemmende hos de to typer, og de kan derfor forsaavidt omtales underett.

De væsentligste bestanddeler er kvarts og feldspat og i underordnet mængde biotit, muscovit, klorit, svovlkis, magnetit, apatit, titanit og epidot.

Kvarts er noksaa rikelig tilstede. Individerne viser undulerende utslukning og griper fingerformig ind i hinanden. Kvartsen ligger ikke som isolerede korn fordelt rundt om i bergarten, men danner paa en maate et sammenhængende skelet, der omgir de enkelte feldspatindivider (se planche III, fig. 1). Dette er et forhold, som er av stor betydning for bergartens fasthet (se ogsaa pag. 13).

Feldspaten som optrær er mikroklin, orthoklas og plagioklas; denne tilhører de sure led av plagioklasrækken. En nøiagtig maaling av feldspatens utslukning $\perp \alpha$ viser en utslukning av $9\frac{1}{2}^\circ +$. Anortitgehalten er saaledes 27 $\frac{0}{0}$, altsaa en normal oligoklas Ab 3 An 1.

Ogsaa perthit fins, men ikke i særlig rikelige mængder. Den er mikro-perthitisk utviklet.

Feldspaterne er meget almindelig zonart opbygget. Den indre kjerne er i næsten alle større individer underkastet en begyndende omdannelse, idet der dannes et aggregat av muscovit og kvarts, hvorimot i de fleste tilfælder det ydre hylle endnu er ganske friskt. Dette er dog ikke altid tilfældet;

undertiden, som paa fig. 1, planche III, er ogsaa den ydre zone omvandlet; men det er blot undtagelser. Nogen egentlig forvitring er denne omdannelse ikke, idet atmosfærilierne ikke har hat anledning til at indvirke.

Myrmekitisk sammenvoksning mellem kvarts og feldspat er noksaa almindelig. Et typisk eksempel skal nævnes:

Nederst i det mikroskopiske præparat (se pl. III, fig. 2) sees en større plagioklaskrystal med kun ganske svakt fremtrædende tvillingstripping, til højre perthit og til venstre mikroklin. Myrmekiten sees i midten af billedet. Plagioklasen i myrmekiten er ens orientert med det ene sæt lameller i den tilgrænsende plagioklaskrystal. Myrmekiten indeholder forholdsvis litet kvarts, hvilket stemmer med BECKES opfatning av myrmekitens dannelse ved en omvandling av mikroklin. En nøiagtig utmaaling av forholdet mellem kvarts og feldspat i et snit lodret paa kvartsstænglerne ga som resultat en værdi av $\text{index} = \frac{128,5}{41,5} = 3,01 : 1$ (Index = forholdet mellem kvartsstænglernes gjennemsnitlige afstand og deres diameter). Ifølge Becke svarer til denne indexværdi en anortitgehalt av 27⁰/₀¹.

Biotit er det væsentligste mørke mineral. Den er hyppig endel omvandlet, saaledes optrær *klorit* temmelig almindelig som omvandlingsprodukt,

Muscovit forekommer mest som smaa skjæl av sekundær oprindelse, dannet ved omdannelse av feldspat.

¹ Se F. BECKE: Über Myrmekit. Tshermacks Mitteilungen, Band XXVII, Hefte 4. Jeg vil i denne forbindelse gjøre opmerksom paa, at HÖGBOM (Geol. Fören. Förhandl. 1893, Bind 15, pag. 247), og NORDENSKJÖLD (Über postarchaischen Granit von Sulitjelma in Norwegen Bull. of the Geol. Inst. of Upsala no.3, Vol. II, 1894) fremhæver, at corrosionskvarts (myrmekit) maa være av sekundær oprindelse, og Nordenskjöld sætter dens dannelse i forbindelse med trykmetamorfosen (pag. 7).

Forøvrig fins som nævnt apatit, titanit, epidot, magnetit og svovlkis. Angaaende svovlkisen, der jo likeoverfor granitens praktiske anvendelse spiller en stor rolle, skal der bemerkes, at den er tilstede i en relativt liten kvantitet.

Det væsentligste skille i mineralogisk henseende mellem de to granittyper er mængden av biotit, der i den lyse varietet ved Ofredal er minimal.

Graniten har en jevn fint kornig struktur. De enkelte feldspatkorns størrelse gaar i almindelighet ikke over 2 mm.s længde. Den meste feldspat er dog tilstede som mindre korn av ca. 1 mm.s størrelse.

Den kemiske sammensætning fremgaar av følgende analyse, som KJERULF har publicert:

SiO ₂ . . .	=	74,80	pct.
Al ₂ O ₃ . . .	=	13,74	„
Fe ₂ O ₃ . . .	=	1,92	„
CaO . . .	=	1,06	„
Na ₂ O	}	=	8,24
K ₂ O			
Glødtap . .	=	0,24	„
		<hr/>	
		100,00	
		pct.	

Graniten er, som man ser, av nogenlunde normal kisel-syregehalt. CaO-gehalten gaar ikke over 1 procent, og hermed stemmer og den sure karakter av plagioklasen.

Betingelserne for anlæg av brud. Kløv.

De naturlige forhold byr i Sogn mangesteds store vanskeligheter for anlæg av granitbrud. Fjeldet gaar som bekjendt i de indre fjordarme nogen steder saa steilt ned i fjorden, at der formelig umuliggjøres anlæg av brud. Andre

steder kan der igjen være avsatser i fjeldet, hvor man vel kan faa plads til et begyndende arbeide; men da maa man igjen vogte sig vel for overhængende urer, saa man ikke resikerer, at de skrider ut i vaar- og høstflommens tid og dækker bruddene til. Men der er allikevel mange steder ved det inderste av fjorden, og hvor sidedaler kommer ned, gode betingelser for anlæg av brud.

Som allerede nævnt lar der sig adskille to typer av den hvite granit, der væsentlig skiller sig fra hinanden med hensyn til sin biotitgehalt og det derav betingede forskjellige utseende; men der er ogsaa en aldersforskjel hos disse, idet den lyseste type er den yngste; forskjellen er dog ikke stor. Undertiden fremtrær i den ældre type en antydning til parallel orientering av biotitskjællene, og dette kan da meddele bergarten et svakt stripet utseende. (Se planche II.)

Forskjellen i geologisk optræden er saavidt jeg har kunnet se mere fremtrædende og vil spille en ikke liten rolle ved den fremtidige praktiske utnyttelse av stenen.

Den lyse type, type I, er nemlig den, som er den herskende inden de nævnte grænsezoner av graniten, mens den mørkere type, type II, optrær inden de større sammenhængende felter av graniten, som f. eks. ved Natvik og ved Ve litt ovenfor den øvre ende av Aardalsvand.

Omraaderne av den lyse type er at opfatte som eruptiv-breccier i stor stil, og forholdene er saaledes, at man neppe kan gjøre regning paa at træffe nogen større sammenhængende partier av denne type. Enkelte steder vil man kanskje kunne finde saadanne; men man vil resikere at paatræffe inde i graniten partier av andre bergarter, og dette vil naturligvis besværliggjøre driften. Ved en omhyggelig feltbefaring paa forhaand vil man imidlertid kunne reducere denne risiko

betydelig. Nogen egentlig stordrift vil vel ikke saa let kunne sættes igang inden omraaderne av denne type.

Væsentlig anderledes er imidlertid forholdet inden omraaderne av granit av den anden type. Der er forholdene i det store og hele enkle og regelmæssige og byder neppe synderlig større vanskeligheter for anlæg av brud end tilfældet er inden de fleste granitomraader ellers, f. eks. paa Østlandet. Bergarten er over store strækninger ensartet utviklet; der optrær ikke, eller i det mindste sjelden, brudstykker av andre bergarter som indeslutninger, og tilgangen paa fjeld er meget betydelig. For denne types vedkommende er flere betingelser tilstede for en drift i stor maalestok.

Bundsletterne i graniten staar i det store og hele temmelig steilt, ofte omtrent parallelt med fjeldoverflatens heldning. De er oftest vel utviklet, og „blokkerne“ har en varierende mægtighet, ofte $1\frac{1}{2}$ à 2 m. og mere, saaledes som man f. eks. kan se paa de paa planche I reproducerte fotografier av bruddene ved Natvik og Ve i Aardal. Sletterne staar i dette tilfælde endel steilere end fjeldsidens heldning og taper sig derfor opad, idet de trær ut mot overflaten.

Kløvet er i den hvite Sognegranit i det store og hele vel utpræget; hvorvidt der er nogen synderlig forskjel hos de to typer har jeg ingen personlig erfaring om; men der meddeles, og det er vistnok ogsaa ganske rigtig, at kløvet i type II er endel bedre end i type I.

I bearbeidelsen falder Sognegraniten endel kostbarere end f. eks. graniten fra Iddefjorden, idet den akkordløn, som betales, er høiere end for almindelig granit. I almindelighet betales dog det utførte arbeide efter timeløn. I overens-

komst og pristarif for stor- og finsten av ²²/₈ 1912 bestemmes: For lys Sognegranit og likestillet betales timeløn eller akkord, om saadan kan opnaaes.

Transportforhold.

Granitbruddene vil i Sogn som følge av de naturlige forhold i det store og hele væsentlig bli beliggende i nærheten av sjøen. Transporten over land av den utbrutte sten vil derfor oftest bli rent ubetydelig og omkostningerne smaa, idet praktisk talt al transport vil foregaa utfor bakke ned til sjøen.

Mindre beleilig beliggende er for tiden granitforekomsterne i Øvre Aardal, idet der her maa finde omlastning sted ved øvre og nedre ende av Aardalsvand samt ved bunden av Aardalsfjord; men her vil transportforholdene antagelig om nogen faa aar være i væsentlig grad forbedret, idet Tyin-anlæggene da vil ha faat det projekterte transportanlæg fra Ve til Fardalstangen over Aardalsvand og til Aardalstangen færdig.

Skibningsforholdene er overalt langs Aardalsfjorden de bedste. Fjorden er i almindelighet hele vinteren isfri, og fjeldet gaar overalt steilt ned i fjorden, saa bryggeplads kan skaffes hvor som helst.

Sognegranitens kvalitet og anvendbarhet.

Hvad angaar de rent tekniske egenskaper hos Sognefjordens hvite granit, saa er der saavidt vites tidligere ingen undersøkelser foretat derover, og den praktiske erfaring man har strækker sig endnu ikke over et tilstrækkelig langt tidsrum til derav at trække nogen sikre slutninger.

Jeg har foretat nogen undersøkelser angaaende denne bergart efter de av Geh. Reg. Rat. Prof. Dr. HIRSCHWALD utarbeidede nye metoder for teknisk bergartsprøvning og skal gi et kort resumé av undersøkelsernes resultat.

Efter disse metoder lægges den mikroskopiske undersøkelse til grund for kvalitetsbestemmelsen, og spesielt gjælder det ved eruptive bergarter at bestemme graden av feldspatens omvandling med



Fig. 2. Mikroskopisk præparat av Sognegraniten. Det store individ i midten og øverst tilvenstre er feldspat, tildels omvandlet (de prikkede partier). Det øvrige er kvarts. Feldspaten viser zonar opbygning. Se ogsaa planche III, fig. 1.

størst mulig nøiagtighet. Som før nævnt er de større feldspatindivider gjennomgaaende zonart opbygget, og den indre kjerne er i større eller mindre grad omdannet, hvorved er opstaat et aggregat av muscovit og kvarts, oftest som smaa isolerte partier adskilt ved frisk feldspatmasse. Den ydre zone er oftest ganske frisk eller tilnærmet ganske frisk uten

spaltdannelser i feldspaten. Det samme er gjennomgaaende tilfældet med de mindre feldspatindivider. Det er denne karakter av feldspaten, som maa føres i regning ved kvalitetsbestemmelsen; dog maa der indføres en mindre reduktion som følge av den indre fasthetsforringelse i de større delvis omvandlede feldspatindivider. Feldspaten maa saaledes regnes at kunne tilsvare type I_2^1 . Kvarts optrær i rikelig

¹ Se J. HIRSCHWALD, Handbuch der technischen Gesteinsprüfung p. 660.

mængde; individerne er inderlig sammenvokset med hinanden og danner et fast skelet, som omslutter de enkelte større feldspatindivider. Strukturen er hvad man kalder en symplex struktur (l. c. p. 650)¹. Feldspat og kvarts er tilstede i et omtrent likelig forhold. Signaturen for kvarts blir da IaQ_4 , og ut av disse værdier for feldspat og kvarts finder man saa et kvalitetsziffer 0,36 (l. c. pag. 673).

Bergartens glimmergehalt er ringe og tilsvareer signaturen gl_1 ; med hensyn til granitens struktur forøvrig er at merke, at kornbindingen er meget kompakt uten nogen større hulrum, kun med fine kappilærer, som altid er tilstede i eruptive bergarter; den tilsvareer signaturen c_1 .

Disse to faktorer øver under de forhaandenværende forhold ingen indvirkning paa kvalitetsberegningen.

Graniten er en meget jevn fint kornig granit, hvis kornighetsgrad tilsvareer type k_2 . Der er i den hvite granit som nævnt pag. 8 tilstede en mindre gehalt av svovlkis, og den spiller alltid ved kvalitetsberegninger en betydelig rolle; svovlkis gir ved sin dekomposition oprindelse til svovlsyre, der igjen kan angripe feldspaten og saaledes efterhvert løsne litt paa bergartens sammenheng og gjøre den mindre motstandsdygtig imot forvitringen. Nu spiller kisgehalten hos denne granit ingen betydelig rolle, idet feldspaten gjennomgaaende er ganske frisk, og gehalten desuten er saa ringe, tilsvarende betegnelsen ks_1 , at den ikke formaar at nedsætte kvalitetszifferet mere end med 0,2. Vi faar saaledes et kvalitetsziffer 0,56.

For at danne sig et begrep om bergartens frostbestandighet har man tidligere utført frostprøvninger, idet man lot prøver av bergarten utsættes for en 25 ganger gjen-

¹ Se ogsaa J. OXAAL, Nyere metoder for teknisk bergartsprøvning. Teknisk Ukeblad nr. 24, 1913.

tagen frysning og optøing efter forutgaaende længere henliggen i vand. Denne metode anvendes fremdeles ved de fleste materialprøvningsanstalter; men det har i praksis vist sig, at metoden ikke gir noget tilforladelig resultat. En ny metode, som nu søkes indført, gaar ut paa at bestemme bergartens evne til at opsuge vand under normale forhold, og den absolute vandoptagning bestemt ved indpresning av vand under meget stort tryk. Forholdet mellem disse 2 tal betegner man som mætningskoefficienten, og det har vist sig som en almindelig regel, at naar denne ikke overstiger 0,8 saa maa bergarten betegnes som frostbestandig. At mætningskoefficienten er 0,8 betyr nemlig, at $\frac{8}{10}$ av de i bergarten forhaandenværende porer ved fullstændig gjennemfugtning under normale forhold fyldes med vand. Ved vandets frysning er der da i alle kapillærer tilstrækkelig plads til en utvidelse, uten at nogen sprængning vil finde sted. Hos bergarter med en meget liten vandoptagning maa man reducere den direkte fundne værdi med en faktor, som retter sig efter vandoptagningens størrelse.

Sognegraniten er en meget fast og tæt bergart med en selv for graniter meget liten vandoptagning. Under normale forhold optar graniten efter ca. 4 timers vandlagring en vandmængde svarende til 0,39 pct. Efter 2 timers evakuering og 24 timers henliggen i kompressor under et tryk av 150 atmosfærer var vandoptagningen 0,49 pct. Herav beregner man en mætningsfaktor = 0,81. Da imidlertid vandoptagningen er saa liten, reducerer man mætningsfaktoren med $\frac{13}{16}$ ¹ og faar da en værdi = 0,65. Bergarten maa som følge herav betegnes som frostbestandig.

¹ Se J. HIRSCHWALD, l. c. pag. 678.

Det allerede tidligere fundne foreløbige kvalitetsziffer 0,56 udergaar ikke nogen forandring og blir saaledes bergartens endelige kvalitetsziffer.

Sognegraniten blir saaledes at henføre til kvalitetsklasse I B, hvilket vil si, at den hører til de mest veirbestandige og frostbestandige bergarter man har. Saavidt vort kjendskap strækker vil bergarter tilhørende denne klasse først efter et tidsrum av ca. 1100 aar vise en betragtelig overflateforvitring, samtidig med en mindre fasthetsforringelse indtil ca. 1 cm.s dyp i stenens indre, og først efter ca. 2000 aar har man en meget sterk overflateforvitring, forbunden med en mindre fasthetsforringelse i de yderste lag. Dette er erfaringsmæssig fundne værdier, fastsat ved undersøkelse paa gamle bygverker.

Det fremgaar av ovenstaaende, at bergartens kisgehalt ikke har nogen væsentlig forringende indvirkning paa bergartens kvalitet. Med hensyn til spørsmålet om den muligens kan ha nogen indflydelse paa bergartens utseende, ved at fremkalde rustflekker og lign., skal jeg her anføre hvilke erfaringer man foreløbig har herom.

Erfaringer fra bygverker har man endnu ikke i tilstrækkelig grad, saa man derav kan utlede noget sikkert; man maa derfor søke at trække nogen slutninger av, hvorledes løse blokker har holdt sig i fri luft. Det viser sig da, at større blokker, som ligger løs i bruddene i Sogn, altid har en skinnende hvit overflate paa den mot solen vendende side. Slaar man istykker en saadan blok ser man, at den i almindelighet har en tynd ydre forvittringshud, undertiden optil 1 og 1½ mm., men oftest langt tyndere. Indenfor denne forvittringshud er der en zone av en forholdsvis sterk gulbrun

farve („bark“), fremkaldt ved en avsætning av jernoxyd ved svovlkisens forvitring. Denne farvning taper sig i styrke ind mot blokkens indre.

Den avblekede forvittringshud er antagelig opstaat som følge av en utlutning av det yderste lag, samtidig med at feldspaten er blit kaolinisert. Denne ganske hvite hud optrær paa blokker, som blot har ligget ca. 2 aar i fri luft.

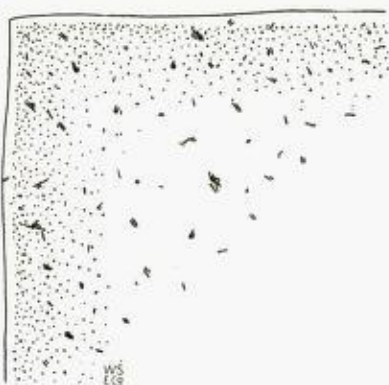


Fig. 3. Hvit granit fra Sogn med „bark“ og kaolinisert forvittringshud.

Det synes som om de umiddelbart indenfor liggende lag er blit relativt sterkere farvet.

Man kan antagelig gaa ut fra, at den hvite Sognegranit ogsaa i finhuggen stand, anvendt som bygningssten, vil forholde sig paa samme maate, og at en eventuel gulfarvning hos enkelte sten, naar

materialet ikke er særlig godt sortert, efter en tid vil forsvinde.

Hvilken bearbeidning der passer bedst for den hvite granit, er der endel avvikende opfatning om. Det har været fremhævet og muligens med rette, at støvpartikler og sot lettere fæstner sig paa en finhuggen flate, hvor der som følge av bearbeidelsen er opstaat en stor mængde fine rids og sprækker, end paa en raahuggen sten, hvor overflaten er ganske hel og fri for spalter. Det er derfor ikke umulig, at den hvite granit i byer helst bør finde anvendelse i raahuggen form.

Til slutning skal her hitsættes, hvad det før nævnte tyske fagtidsskrift uttaler om denne bergart, efterat den for første gang var blit anvendt i større maalestok:

Es bestand eine allgemeine Spannung, wie dieses neue Material sich bei seiner ersten Verwendung an einem grossen Gebäude ausnehmen würde. Die Erwartungen sind übertroffen worden. Der Granit von Sogn ist nicht weiss wie Marmor, sondern bekommt durch darin enthaltene dunkle Mineralien eine leichte Schattierung ins Graue, was bei polierten Arbeiten natürlich deutlich zutage tritt. In unpoliertem Zustande aber, überall wo er auf eine grössere Entfernung wirken soll, macht er einen schimmernd weissen Eindruck.

English Summary.

The white granite of Sogn in Western Norway, although for many years known and repeatedly called attention to by geologists, has only recently come into use as a building material to any extent.

In the rebuilding of Grand Hotel in Christiania, this stone is used throughout the great building and thus public attention is drawn upon this excellent material.

In this paper is given an account of the geology and the chief technical qualities of the granite. The small sketch map p. 4 shows the granite areas in the district of Inner Sogn, and especially the great mass at Aardalsfjord. We can distinguish between two granites somewhat differing as to geological age and appearance, and also varying in mineralogical composition, due to a varying amount of mica (biotite). The less micaceous type is the younger type (Type I), and appears mainly at the borders of the great granite area, and forms there a kind of eruptive breccia of great dimensions with numerous fragments from the surrounding rocks. Great continuous masses of the younger white granite thus occur only rarely but still they do occur in some places.

The other type (Type II) with a somewhat greater amount of mica, is the elder and appears in great continuous areas in several places.

The eruption of the white granite of Sogn marks the conclusion of the great epoch of eruption in the central part of the Norwegian—Caledonian folding zone.

The other eruptive rocks in this district are gabbros, and anorthosit, the latter the younger according to REKSTAD, and also an amphibole granite, the age of which is not precisely fixed, and then as the last the white granite as above mentioned.

P. p. 6—8 contain a mineralogical description of the granite. The main constituents are quartz, feldspar, microcline, orthoclase, perthite, plagioclase, biotite, muscovite, apatite, and others, (see p. 6). Quartz shows undulating extinction in a high degree. Intergrowths of quartz and feldspar as "myrmekite" appear often (see fig. 2, pl. III).

For the chemical composition of the rock see the analysis p. 8.

On p. p. 8—11 the natural conditions for quarrying are discussed. In most places the mountain slopes dip precipitously to the fjord, but in several places the slopes are less steep and the general conditions more favourable for quarrying.

It is the authors opinion that of the two granite types the younger type is not adapted to quarrying to a very large extent; on the other hand the quantities of the older granite, with a somewhat larger amount of mica, are very great and permit of extensive and profitable working (p. 10).

Some examination of the technical qualities of the granite shows that this granite must be regarded as a material of superior quality.

It was my good fortune to make this study at the laboratory of the technical High School at Charlottenburg and the

new methods of Geh. Reg. Rat. J. HIRSCHWALD were used. The final result of the examinations of the rocks is that this granite of Sogn must be placed in class I B and, according to observations made upon a great number of old buildings, it may be stated, that similar rock will show appreciable effects of the weathering forces only after a period of 1000—2000 years, when the stone is used as ordinary building material. Used for ornamental purposes the weathering process proceed more rapidly.

The Granite of Sogn is a noble rock of a splendid white appearance, although not quite so white as marble. I refer to the declarations of the german professional paper "Der Deutsche Steinbildhauer" on this subject quoted on page 17.



Fig. 1. Brud i hvit granit. Aardalsalmenningen, Aardal, Sogn.



Fig. 2. Brud i hvit granit. Ca. 2 km. utenfor Natvik, Aardal, Sogn.



Fig. 1. Hvit granit, type I. Ytre Ofredal, Aardal i Sogn.



Fig. 2. Hvit granit, type II. Natvik, Aardal i Sogn.



Fig. 1. Mikroskopisk præparat av hvit granit.

× Nicols, forstørret 24 ×.



Fig. 2. Myrmekit i hvit granit.

× Nicols, forstørret 56 ×.

mi = mikroklin, *perth* = mikroperthit, *pl* = plagioklas.



Grand Hotel i Kristiania. Facade og taarn bygget i huggen hvit granit fra Sogn. Facaden og endel av taarnet fra Ofredal i Aardal, det øvrige fra Natvik, Aardal.

II.

OM ISSKILLET I TRAKTEN
OMKRING FÆMUND

AV

O. E. SCHIØTZ

MED „ENGLISH SUMMARY“

I en opsats¹, der utkom i 1891, har jeg søkt nærmere at bestemme indlandsisens bevægelse og isskilletts beliggenhet i egnen omkring Fæmund. Ved hjælp av de løse blokker, som findes strødd omkring i disse trakter, og de enkelte skuringsstriper, man iagttar der, kom jeg til det resultat, at isens bevægelse paa østsiden av Fæmund omtrent saa langt syd som indtil Sorken har foregaat mot nord, et resultat hvortil HØRBYE² allerede tidligere var naadd for det av ham antagne „erratiske Phænomen“. Paa vestsiden av Fæmund antar HØRBYE, at den nordover gaaende strøm har gaat over Tufsingdalen³. Vestenfor en linje omtrent fra Sorkvola til Tufsingdalen antar vi derimot begge, at blokkerne har bevæget sig sydover.

Aaret efter kom jeg med endel supplerende oplysninger om flytblokkenes transport længere mot V østenfor Storsjøen i Rendalen⁴; av disse fulgte, at isskillet maa ha ligget langt mot N i disse egne. Noget senere, i 1899, gjorde

¹ „Om Merker efter Istiden og om Isskillet i den østlige Del af Hamar Stift, samt om Indlandsisens Bevægelse“, O. E. SCHIØTZ, *Nyt Mag. for Naturv.*, Bd. 32.

² „Det erratiske Phænomen paa Rigsgrænsen“, J. C. HØRBYE, *Nyt Mag. f. Naturv.*, Bd. 8. Side 349.

³ „Les Phénomènes d'Erosion en Norvège“, J. C. HØRBYE, Side 20.

⁴ „Nogle iagttagelser om Isens Bevægelse i Fjeldstrækningen østenfor Storsjøen i Rendalen“, O. E. SCHIØTZ, *Nyt Mag. f. Naturv.*, Bd. 34.

jeg en ny iagttagelse, som tydelig viser, at isen søndenfor Fæmund har bevæget sig sydover. Fjeldmarken østenfor sjøen lille Engeren dannes øverst av lyse kvartsbergarter; i det nordligste fremspring, Knappen, optræder en styg øiegneis. I skraaningen nedenfor denne top mot N træffer man i en høide av ca. 850 m. o. h, blaalig kalkskifer med lerskiferlameller, fuldstændig lik ortokerkalken, saaledes som den optræder her øst i sparagmitfjeldet. Blokker og stene av denne kalkskifer finder man strødd omkring i stor mængde i det lille dalføre mellem Knappen og den vestenfor liggende top, Røskedalsknappen, indtil en høide av ca. 900 m.o.h.; disse blokker er saaledes ført ca. 50 m. opad bakke mot S til tegn paa, at ismasserne her har bevæget sig sydover. En lignende iagttagelse omtaler HØRBYE fra samme fjeldmark; litt sydligere N. for Blaksjøen optræder en kalksandsten mellem kvartsbergarterne. Blokker av denne sandsten findes nu spredt omkring i stor mængde søndenfor dens leiested, men ingen nordenfor samme. „Det erraticke Phænomen“, s. 340.

For at forklare disse fænomener antok jeg, at isskillet her nærmest Rikskrænsen ikke kan ha dannet en sammenhengende linje; men at det inde i Sverige har ligget søndenfor Fæmund og derfra strukket sig indover mot NO, mens det i Norge har befundet sig vestenfor Fæmund nordenfor Rendalsølen op imot Hummelfjeldet og derfra gaat i sydvestlig retning. At isskillet virkelig ialfald i slutningen av istiden har befundet sig saa langt mot N vestenfor Fæmund, antar jeg uten videre maa følge av følgende iagttagelse, som jeg gjorde under en tur nedover Hodalen fra Tolgen til Fæmund. Imellem gaardene Stor Kaasen og Holøia finder man dalen sperret av en mægtig og ganske høi morænebanke, som elven gjennembryter langs den østlige dalside. Moræne-

banken, der er dannet av sand og smaasten, er omtrent horisontal oventil og falder svakt av mot S i 3 à 4 terrasseformede trin. Mot N er banken dypt indskaaret nærmest midten, og i bunden av indsænkningen ligger et par tjern uten avløp eller med avløp nordover, idet en mot N frempringende vinge i morænebanken avskjærer tjernene fra elveleiet. Banken gaar i en bue tversover dalen vendende den konvekse side mot S. Av den dype indsænkning paa nord-siden av banken og dens svakere avfald mot S synes mig maa følge, at banken har været endemoræne for en mægtig isbræ, som er kommet nordenfra. Bræen maa i længere tid ha ligget foran banken, da denne er horisontalt avglattet av vand, og der søndenfor optræder 3 à 4 lavere liggende terrasseflater.

Forholdene her i Hodalen svarer saaledes ganske til, hvad man kan iagttå længere mot S i Slemdalen nordenfor Osensjøen¹. Paa sidstnævnte sted er alt kun betydelig mere storslagent til tegn paa, at man befinder sig længere fra isskillet. Istedetfor de smaa tjern i fordypningen bak banken har man i Slemdalen den store sjø søndre Slemsjøen, og morænebanken hæver sig brat indtil 60 à 70 m. over sjøens overflate. Selve morænebanken, som bestaar av sand og grus, danner en utstrakt flat mo, Heia, der sænker sig svakt sydover i en længde av ca. 2,5 km. og med en bredde av mindst 1 km.

For at forklare blokketransporten i egnen omkring Fæmund antok jeg i det ovennævnte arbeide², at ismasserne maatte ha bevæget sig omtrent parallel grænselinjen, Sork-

¹ *Norges Geologiske Undersøgelse*, No. 35, O. E. SCHIØTZ, „Den sydøstlige Del af Sparagmit—Kvarts-Fjeldet i Norge“. 1903. Side 110.

² Om Merker efter Istiden og om Isskillet o. s. v. Side 257.

vola—Tufsingdalen, men i modsatte retninger paa hver side av samme. Disse strømme tænkte jeg mig adskilt ved et mellemliggende belte, i hvilken bevægelsen sukcessivt gik over fra den ene retning til den modsatte. Lignende anskuelser fremsatte ogsaa HØRBYE for det „erratiske Phænomen“¹. En saadan bevægelse i modsatte retninger av to nærliggende ismasser er imidlertid mindre sandsynlig. Det lykkedes mig ogsaa noget senere at finde en mere tilfredsstillende antagelse for ismassernes bevægelse under den samme forudsætning med hensyn til isskillets beliggenhet østenfor og vestenfor Fæmund. Jeg skal i det følgende søke at vise, hvorledes man kan naa et saadant resultat.

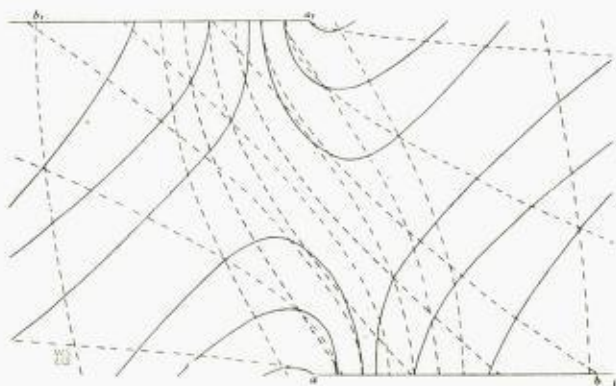
I et tidligere arbeide² har jeg gjort opmærksom paa, at bevægelsen av sne- og ismasserne nærmest isskillet i det store og hele maa være rettet nedad; først underst nærmest bunden vil isen bli drevet utover til begge sider av isskillet under trykket av de overliggende masser. Da bevægelsen under nedisningen væsentlig har avhængt av ismassernes tryk og ikke av de orografiske forhold, kan vi for enkelthets skyld anta, at overflaten av fjeldmarken, hvorpaa isen nærmest isskillet hvilte, var horisontal. Isens bevægelse nær bunden under trykket av de overliggende masser kan vi da ganske sammenligne med bevægelsen av en væske, der strømmer avsted langs det plan, hvorpaa ismasserne hviler, utover til begge sider fra isskillets projektiøn paa planet. Refereres bevægelsen til et retlinjet koordinatsystem, og betegnes hastighetskomponenterne langs akserne med u og v , saa maa disse

¹ I. c. side 349.

² „Om Isskillets Bevægelse under Afsmeltningen af en Indlandsis“, O. E. SCHIØTZ. Nyt Mag. for Naturv. Bd. 34.

tilfredsstillende ligningen $\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} = 0$; indføres hastighetspotentialet φ , gaar denne over i ligningen $\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} = 0$.

Antages isskillet's projektion paa grundflaten at danne en begrænset ret linje, vil strømlinjerne bli konfokale hyperbler med denne linje som akse og dens endepunkter som brændpunkter. Som ovenfor utviklet fører iagttagelserne langs Riksgrænsen til det resultat, at isskillet ikke har fortsat fortløpende



fra Sverige ind gennem Norge; men at det i Sverige har endt nær Riksgrænsen søndenfor Fæmund, og at det i Norge har begyndt et steds vestenfor Fæmunds nordende nær Hummelfjeldet og strøket derfra videre mot SV. Man skulde saaledes ha to adskilte linjer for isskillet. Fra hver av dem maatte isen langs bunden drives utover til begge sider langs konfokale hyperbler, saaledes som ovenfor nævnt. I rummet mellem begge isskille vil da massernes hastighet for hvert enkelt sted bli resultatanten av de to hastigheter, ismasserne under hvert enkelt isskille vilde meddele isen langs bunden.

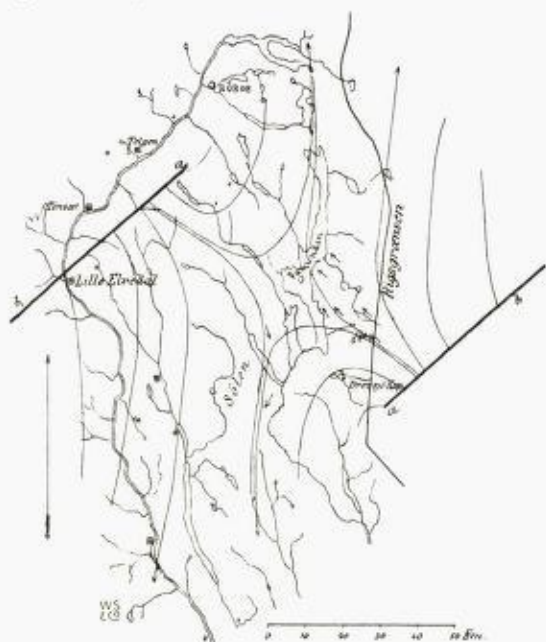
Hosstaaende tegning viser, hvorledes bevægelsen vil være, om en væske drives utad til begge sider fra to parallele lin-

jer ab og a_1b_1 ; disse antages at strække sig langt til den ene side, mens endepunkterne a og a_1 befinder sig ret overfor hinanden, saaledes at deres forbindelseslinje er lodret paa de to linjer. Bevægelsen antages desuten like kraftig fra begge linjer. De strekede linjer, som utgaar fra ab og a_1b_1 , angir de konfokale hyperbler, langs hvilke masserne strømmer utover fra hver av dem. De optrukne linjer angir de resulterende strømlinjer for masserne mellem de to linjer ab og a_1b_1 . Som man ser, blir masserne, der utgaar fra hver av linjerne, splittet i to dele, som drives til hver sin kant, idet masserne nærmest endepunkterne a og a_1 blir tvungne til at bøie rundt om disse. Masserne mellem begge de nærmeste-endepunkter a og a_1 blir saaledes delt i to dele, som bevæger sig utover til hver sin side omtrent i stik motsatte retninger paa skraa i forhold til linjerne ab og a_1b_1 . Eftersom man fjerner sig fra endepunkterne a og a_1 , vil strømlinjerne mere og mere rettes op og komme til at gaa lodret paa linjerne ab og a_1b_1 .

For at gi en idé om, hvorledes strømlinjerne i isen nærmest bunden vilde forløpe i egnen omkring Fæmund, om isskillet tænkes delt som ovenfor angit, har jeg paa medfølgende kartskisse indtegnet endel strømlinjer, saaledes som de vil bli ifølge omstaaende tegning.

De to isskille er tænkt liggende i en avstand fra hinanden av omtrent 80 km. Isskillet, ab , i Sverige ender ved a noget søndenfor Vurrusjøen; i Norge tænkes isskillet, a_1b_1 , begyndende ved Hummelfjeldet ved a_1 . Som man ser, vil ismasserne bli drevne utover til begge sider gjennom gapet aa_1 mellem begge isskillers endepunkter. Østenfor Fæmund vil masserne først bevæge sig ut mot NV; ved sydenden av sjøen blir de imidlertid drevne tilbake, saa at de kommer til at gaa sydover over fjeldmarken østenfor lille Engeren, saa-

ledes som ortokerkalkblokkene nordlig ved Hovdknappen og kalksandstenene litt sydligere ved Blaksjøen viser, at isen virkelig har bevæget sig paa disse steder; længere V henimot Sølen gaar linjerne nogenlunde i retning av skuringsstriperne paa Aursjøvola.



Kartskisse over Fæmund og omgivelser.

De smaa piler angir skuringsstriper; de lange, optrukne linjer med de store pilespidser de ovenfor utledede strømningretninger for isen.

Langs den nordlige del av Fæmund er bevægelsen saavel vestenfor som østenfor sjøen nordover, og som man ser, kommer egnen østenfor Tufsingdalen til at ligge indenfor omraadet av den nordover gaende strøm. Retningen av strømlinjerne stemmer ogsaa ganske godt overens med retningen av de skuringsstriper, man har iagttaaet paa østsiden av sjøen.

Fra isskillet paa norsk side vil masserne bevæge sig utad paa samme maate som fra isskillet i Sverige. Nær endepunktet a_1 vil masserne altsaa drives rundt om dette, mens de fra den øvrige del bøies sydover, og det kan merkes, at de østenfor Sølen vil bevæge sig over Børfjeldet i den retning, skuringsstriperne der viser.

Ifølge kartskissen skulde altsaa ismasserne under hele nedisningen ha bevæget sig sydover over Glommens dalføre, fra Lilleelvedalen omtrent, og likesaa over hele Rendalen. Med hensyn til Fæmund saa sees, at den nordlige halvdel under nedisningen skulde være fyldt med nordover gaacnde ismasser, mens isen ved sydenden skulde drives tversover sjøen mot V; over størsteparten av den sydlige halvdel av denne vil bevægelsen imidlertid være liten, da ismasserne, som det sees av kartskissen, over denne del av Fæmund og noget vestenfor samme maa være i forholdsvis ro. Tryssildalen og Engerdalen overskjæres derimot av sydover gaacnde ismasser.

Som det sees, tilfredsstillter de paa ovenfor nævnte maate bestemte strømlinjer i det store og hele iagttagelserne. Nogen fuldstændig overensstemmelse kan man naturligvis ikke vente, naar man betænker, under hvilke forudsætninger dette resultat er opnaadd. Vi har saaledes stiltiende antat, at det kun er de nærmest under isskillet værende ismasser, som kommer i bevægelse. Jo længere man kommer fra isskillet, jo tykkere blir imidlertid det islag, som kommer til at delta i bevægelsen; denne vil dog i væsentlig grad avhænge av bevægelsen av den underst værende is, som skriver sig fra isskillet; bevægelsen bør derfor i det store og hele foregaa saaledes, som vi har fundet ovenfor. Rigtignok vil ogsaa noget av isen nærmest bunden smelte. Denne sidste del er dog

yderst ringe, kun nogen millimeter om aaret, som jeg tidligere har paavist¹; denne smeltning vil derfor ikke spille nogen rolle. Derimot er at merke, at isen ifølge kartskissen over den midtre del av Fæmund kun skal ha en ringe bevægelse. Isaafald synes imidlertid sneen her at maatte vokse uavbrutt i høide paa grund av den aarlige nedbør; men herved økes trykket paa bunden, og dette maa tilsidst bli saa stort, at isen vil drives ut til siderne langs bunden. I foreliggende tilfælde viser kartskissen, at denne bevægelse maa foregaa nordover og sydover.

Herved vil dog ikke de ovenfor utledede strømretninger ændres i nogen merkbar grad, da de ismasser, som sættes i bevægelse paa denne maate, kun vil være ringe, ikke større end den, der vil svare til den aarlige nedbør paa dette forholdsvis lille omraade, hvor vi fandt at bevægelsen skulde være ringe. Endelig kan merkes, at strømlinjerne vil afhænge noget av den indbyrdes avstand av de to isskiller og deres beliggenhet i forhold til hinanden samt av hvor kraftig den bevægelse er, som de hver for sig vil frembringe; ovenfor har vi gjort den enkleste antagelse, at begge bevægelser er like sterke.

¹ „Das Schmelzen des Binneneises“, O. E. SCHIØTZ, Kristiania Vid.-Selsk. Forh. 1891. No. 6.

English Summary.

As HØRBYE first pointed out, the erratic blocks in the region round Fæmund show that the ice east of a line from Sorkvola to Tufsingdal has moved northwards, while the movement west of that line has been southward. From this the author previously concluded that the iceshed in Norway cannot have formed a direct continuation of that in Sweden. The direction of the latter has been towards the south-west, and has ended a little south of Fæmund, whereas the iceshed in Norway must have begun a little to the north of Fæmund up about Hummelfjeld, and thence moved towards the south-west. In order to explain the transportation of blocks in the region under discussion, the author starts with the assumption that the ice in the neighbourhood of the iceshed sinks vertically, and only when near the bottom moves out to both sides along the underlying ground. If, for the sake of simplicity, we assume the surface of the ground to be flat and horizontal, the movement of the ice will on the whole resemble that of a fluid flowing along the ground to both sides from the projection of the iceshed on the base. If this projection be a limited right line, the stream-lines will be confocal hyperbolæ, with the right line as the real axis, and its extremities as foci. If there are two separate icesheds, the movement of the interjacent masses of ice

along the bottom will be the resultant of two such motions, each issuing from its iceshed. In the drawing on page 7, the continuous lines show the stream-lines in the resulting motion, while the dotted lines give the stream-lines corresponding with each of the two motions separately. The result obtained is applied directly to the district in question round Fæmund, as shown in the sketch-map. Here the thick straight lines ab and a_1b_1 indicate the assumed situation of the two icesheds. The long, fine lines give the resulting stream-lines for the ice. It will be seen that these on the whole accord well with the directions which the glacial striæ (the small arrows on the map) show the ice to have had.



Trykt 23. august 1913.

III.
FRA TRYSSIL

AV
HANS REUSCH

MED „ENGLISH SUMMARY“

Indledning.

Det sydlige Norges grænselinje har paa midten en stor utbugtning. Engang var den her mere østlig, idet den omfattet de nuværende svenske prestegjeld Særna og Idre; men disse strøk tapte vi sammen med Herjedalen og Jemtland. Indbugtningen omslutter et stykke land, som vi fik beholde og som i karakter nærmer sig de svenske indlandsbygder. Elvene frembyr her den merkelighet, at de bare paa endel av sit løp er norske. Hovedelven, som i vore lærebøker gjerne kaldes Tryssilelv, men som beboerne langs den benævner Klara, rinder som bekjendt til Vermland og fortsætter som Gøtaelv til Kattegat. Elven østenfor, Ljøra, begynder i Sverige, rinder saa gjennom et stykke Norge og derpaa atter ind i Sverige. Vandet fra den kommer gennem Dalelven ut i den Botniske Bugt. Det omhandlede landstykke er i det store set et bølgende plataaland. I sine former ligner det adskillig Finmarksvidderne, idet der over plataaet hæver sig høiere, isolerede fjeldgrupper med temmelig langsomt skraanende sider, svarende til de finmarkske „Gaiser“. Et av disse fjeld er Tryssilfjeld, som er vel kjendt av alle der har besøkt Tryssil hovedbygd. Klaras og Ljøras dale, som er nedsænket i plataaet, er traugformede, vide og rummelige. Tryssil kirke ligger omtrent 370 m. o. h., Ljør-

dalens 455 m. o. h. Dalbundene er altsaa temmelig høit beliggende; korndyrkning finder derfor næsten ikke sted. Disse egne rigdomme er barskogen; den vokser tæt i dalene, tyndt paa plataaet og fattes paa dettes høiere dele.

Geologen har i Tryssil den samme ulempe at kjæmpe med som i Finmarken, at et stenet morænegrus ligger saa jevnt utbredt, at det bare er paa faa steder man faar se, hvad den faste undergrund bestaar av. Dertil kommer, at man under vandringerne formedelst skogen kun sjelden har utsigt længer end til træerne paa begge sider av den sti man følger.

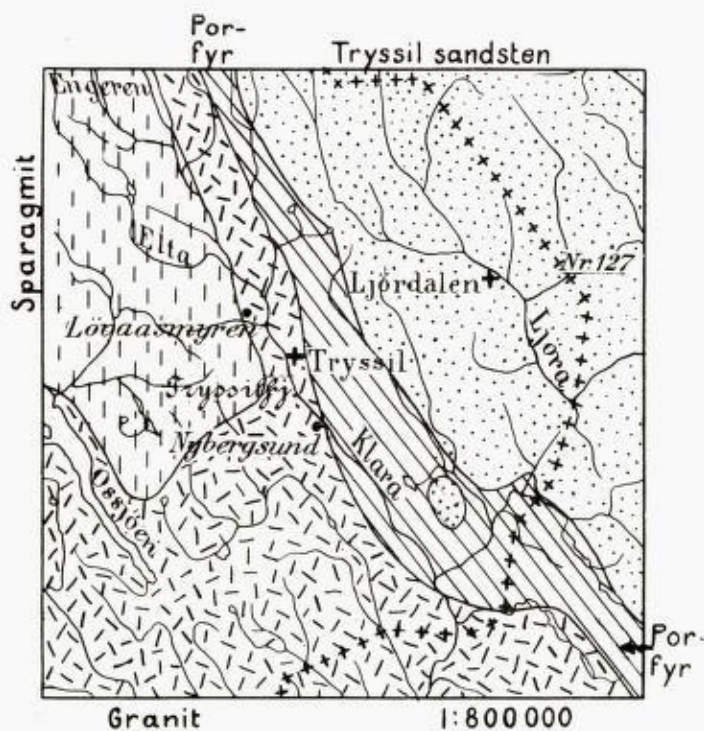
Den geologiske bygning er til en viss grad grei og oversigtlig, idet man har for sig 4 vel adskilte omraader av forskjellig fjeld. I nordvest har man sparagmit, saa kommer en stripe granit, som utvider sig sydover, derpaa følger en stripe porfyr, og endelig østligst er der sandsten.

Omstaaende kart fremstiller omraadet skissemæssig. Inden granit er ikke adskilt „Tryssilgranit“ fra anden granit med gneis.

Forf. gjorde i sommer en tur i disse egne, ikke i det haap at kunne utrede den geologiske bygning, dertil var der ikke anledning paa en kortere reise, men væsentlig for at faa nogen oversigt, og derved danne sig en mening om hvilke spørsmaal der nærmest foreligger for et nærmere studium. Fornemlig var det mit ønske at komme til strøket omkring Ljøra, da det var svært litet undersøkt i geologisk henseende; nogen geolog hadde ikke været der paa mange aar.

I følgende skrifter finder man opplysninger om traktens geologi:

B. M. KEILHAU: Geognostiske bemærkninger over den sydlige del av Østerdalen. Nyt Mag. f. Naturvid. 2. Bind. Chr. 1840. Se især s. 8—12, 17—18, 171—181. (Hovedarbeidet for strøket i øst for Tryssildalen).



Kartskisse.

B. M. KEILHAU: Gæa Norvegica. 1850. S. 462.

TH. KJERULF: Om sparagmitkvarts-fjeldet i det søndenfjeldske Norge. 24 s. 1 kart. Forhandl. ved naturforsker-møtet i Kristiania 1868.

TH. KJERULF: Om skuringsmerker o. s. v. II. Sparagmitfjeldet. Universitetsprogram 1872. Kr. 1873. 4°. 59—69.

TH. KJERULF: Utsigt over det sydlige Norges geologi. Kr. 1879. 4°. 123—126, 139. (Tryssilgranitens forhold).

L. MEINICH: Dagbog fra en reise i Tryssil sommeren 1879 o. s. v. Nyt Mag. f. Naturvid. 26. b. 12—32.

O. E. SCHIØTZ: Den sydøstlige del av sparagmitkvartsfjeldet i Norge. N. G. U. nr. 35. Kr. 1903. 137 s. 1 pl. og 1 kart. Dette skrift er hovedarbeidet for strøket i vest for Tryssildalen. Forf. anfører der sine ældre arbeider.

A. E. TÖRNEBOHM: Grunddragen af det Centrala Skandnaviens bergbyggnad (Kgl. Sv. Vet. Akad. Handlingar. B. 28. No. 5). Stockh. 1896. 4°. Dalasandstenen behandles s. 10—17, trakten mellem Rendalen og Klara s. 32—38, forholdet mellem dalasandsten og sparagmit s. 45—46, 51—53, Tryssilgranit og porfyr s. 120.

Sparagmit.

Professor SCHIØTZ har store fortjenester av, med meget og besværlig arbeide, at ha utforsket sparagmitformationen i denne overdækkede egn. I nord ved Høgberget og et par andre steder findes der inden omraadet en del kalksten med siluriske forsteninger. Hvorledes disse fossilførende lag forholder sig til sparagmiten, er endnu ikke bragt paa det klare.

Granit.

Den saakaldte Tryssilgranit er en smuk, mest rødagtig bergart. KJERULF holdt den for at være yngre end sparagmiten. Det vakre Tryssilfjeld har et fotstykke av granit, derpaa ligger sparagmit. Naar KJERULF mente, at denne sidste var den ældste, uagtet den laa ovenpaa, støttet han sig væsentlig til, at MEINICH hadde iagttat aarer av graniten indtrængende i graniten ensteds i nord for Tryssilfjeldet

(Løvaassæter). En av mine opgaver var at komme til dette allerede av TÖRNEBOHM besøkte punkt (Grunddragen o. s. v. s. 120). Mit resultat blev, at her foreligger en feiltagelse fra Meinichs side. Han mente, at granit forekom gangformig i en rød kvartsit tilhørende sparagmitformationen. Jeg fandt derimot gangformige partier av middelskornet granit i en finkornet varietet av samme bergart, altsaa bare en varietet av granit inde i en anden. Tryssilgraniten holder jeg efter dette for at være ældre granit tilhørende grundfjeldet.

Porfyr.

KJERULF har ikke villet avlægge denne bergart særskilt paa sine karter, men har slaat den sammen med Tryssilgraniten. TÖRNEBOHM derimot har utsondret den som en særskilt avdeling og paa sit kart git den samme farve som Dalaporfyren. Jeg var adskillig spændt paa, hvorledes det kunde forholde sig med denne bergart. Ved veien fra Tryssildalen til Ljørdalen var der anledning at se den. Det er en virkelig porfyr, mest med finkornig rødagtig grundmasse og med deri fremblinkende smaa strøkorn; tildels ser man, at den er blit skifrig ved pres. Mit indtryk av dens hele karakter er, at den er en facies, nærmest en grænsefacies av Tryssilgraniten, og forsaavidt kan KJERULF siges at ha ret i sin opfatning av den. Som man ser av TÖRNEBOHMs kart, hænger den ikke umiddelbart sammen med Dalaporfyren; men allikevel kan ogsaa Törnebohm ha ret i, at der er en sammenhæng. Tryssilgraniten med sin porfyriske randfacies kan være en prækambrisk, i jordens indre størknet eruptivmasse, hvis tilsvarende overflatedannelser er de porfyrstrømmer og porfyr-tuffer, som har saa stor utbredelse længer østover, i Dalarne.

Tryssilsandstenen eller Dalasandstenen.

Det er ikke meget av den jeg har faat iagtta i fast fjeld. Ved veien mellem Tryssil og Ljørdalen over det flate fjeld ser man porfyr ved et sted kaldt Nesbakken, og saa er det 10 km. i ret linje derfra til man næste gang, paa nedstigningen i Ljørdalen, finder fast fjeld i dagen; et eller andet sted paa denne strækning er sandstensens vestgrænse. Det første fjeld man træffer, og man maa se nøie til for at finde stedet, er lave svaberg av „grønsten“ (diabas?) av den slags som forekommer i Tryssilsandstenen; det er i vest for Svartaasen; videre frem faar man se litt sandsten med svakt østlig fald.

Fjeldene langs svenskegrænsen i øst for Ljørdalen er plataaformede med svakt hvælvede oversider. Høidepunkterne ligger mellem 850 og 1000 m. o. h. Skal man fra dalen op til et av dem, er der først en langvarig og langsom stigning gjennem skog. Saa svinder skogen, og man har for sig en stigning med tiltagende og derpaa avtagende skraaning, til man er oppe paa den øverste høide, som er flat. Jeg gik op til røs nr. 127 paa Brynflaaen. Først i den øvre bratte skraaning, omtrent 1 km. fra landegrænsen, var fast fjeld at se, vandret laget, finkornig rød sandsten. Om det saaledes er litet av Tryssilsandstenen, jeg har hat anledning til at se i fast fjeld, har jeg dog kunnet danne mig en god forestilling om dens petrografiske beskaffenhet av de tusenvis stener man ser i morænematerialet. Den varierer meget i farve, fra mørk rødligviolet til kraftig blodrød; endvidere er der lyse, hvitagtige varieteter. Endel av den er broget, idet den fremviser forskjelligfarvede flekker, hvis optræden oftest er uafhængig av lagningen. Det ser ut til, at de lyse hvitagtige

flekker er fremkommet ved at jernforbindelserne er utlutet av de røde varieteter. Denne utlutning synes dels at ha fundet sted langs visse flater (fine spalter), dels optræder den i hvad man nærmest maa betegne som klumpformede eller svampformede partier. I sidstnævnte tilfælde tegner omgrænsningen av de lyse flekker sig med utadrettede konveksiteter.

Tryssilsandstenen ser ut til efter sin habitus at maatte være noget andet end det av metamorfiske kræfter betydelig paavirkede sparagmitfjeld man har i vest for Tryssildalen; den gir indtryk av at være en yngre formation, og efterat ved GOLDSCHMIDTS vakre fund devonisk sandsten er paavist i nord for Fæmunden, ligger det nær at ville undersøke muligheten av, om ikke Tryssilsandstenen kunde høre sammen dermed. KEILHAU holdt i sin tid Tryssilsandstenen for at være devon (se avsnittet: Der „alte rothe Sandstein“ an einigen Orten östlich im Lande i Gæa, s. 461, hvor han ogsaa omtaler Røragen-sandstenen). KJERULF hadde ogsaa til at begynde med den tanke, at Tryssilsandstenen var devon, men opgav den, idet han henførte Tryssilsandstenen til sparagmiten. Mens jeg endnu var i Ljørdalen og ikke hadde hørt om Goldschmidts fund, var denne forestilling om sandstenens unge alder oppe hos mig. Skulde den her nævnte mulighet prøves, maatte man foruten at søke efter fossiler ogsaa paany granske forholdene ved Idre i Sverige. Det er om dette strøk at TÖRNEBOHM for vel 20 aar siden skrev (Geol. Fören. Forh. 6. 1882 og 83 s. 277): „Att (Dalasandstenen) underlagrar Vremdalsquartziten (som regnes til sparagmitformationen) er sedan gammalt känt och synligt flerstädes i trakten kring Städjan“. Man maa undersøke, om der ikke skulde være forrykninger tilstede.

Notiser.

Meinichs granitganger i sparagmit. I Nyt Mag. for Naturvid. 24 B., s. 18, har MEINICH en liten kartskisse med profil fra stedet, hvor han har gjort sin iagttagelse. Det er Løvaasmyren, en liten gaard eller plads nordvestlig for Tryssil kirke. Jeg gik dertil fra Mora gjennom granskogen, idet jeg fulgte en tarvelig kjørevei, som gaar der. Flere steder stikker granit frem ved veien. Den man ser i elveleiet nær Mora er, som det i regelen er tilfældet med Tryssilgraniten, gjennemsat av uregelmæssige sprækker, og den har ikke noget rent og ensartet utseende. Fra Løvaasmyren fører en sti mot syd ned til Hundsilbækken; avstanden er omtrent 100 m. Her er stedet. Elven har gravet sig ut en kløftformet, omkring 10 m. dyp forsænkning og bugter sig i bunden av denne. Elvekløftens sider er adskillig dækket av nedramlet løsmateriale; men nogen steder er der vægger, som viser snit i fjeldet. Bergarten i den omtrent 50 m. lange væg, man har umiddelbart i NV for stien, maa være den Meinich betegner som bestaaende av rød kvartsit længst tilvenstre paa sin kartskisse. Jeg kunde ikke se andet der end smaa kornig rød granit. Fra stien gik jeg i elvekløften 3—400 m. mot SO og passerte tre ganger middelskornet rød granit; ellers saa jeg bare rødagtig og graaagtig finkornet granit. Denne er tildels meget kvartsrik, hvad der til en viss grad gjør det forstaaelig, at den kan være blit holdt for kvartsit. Et mikroskopisk præparat viste aldeles typisk granit med mikroklin, noget plagioklas, kvarts, brunlig-grøn biotit og muskovit. Fjeldet er i høi grad opsprukket (denne omstændighet har hjulpet elven meget til at utgrave elvekløften), og det er vanskelig at faa haandstykker. Vil man faa rede

paa grænsen mellem de forskjellige bergartvarieteter, er der intet ved fjeldets utseende som antyder hvor den gaar, og man maa finde frem til den ved at slaa en række prøver nær hverandre. Det viser sig, at den middelskornige varietet av graniten gaar over i den finkornige. Et sted var forholdet det, at den middelskornige først blev porfyrisk, idet den opløste sig i feldspatkrystaller liggende i en finkornig grundmasse, og saa blev denne sidste eneraadende. Det porfyriske overgangsbelte var ganske smalt, nogen faa cm.

MEINICH angir strøk og fald for sin kvartsit. Jeg saa intetsomhelst, jeg kunde tyde som lagning, og den antagelse ligger nær, at han er blit vildledet ved opsprækningen av den finkornige granit; den kan nemlig undertiden vise en viss grad av parallelitet.

Porfyr. Paa Nesbakken ved broen over elven Grøna har man som sagt porfyr. Betragter man fjeldet der, kan man, før man har brukt hammer paa det, tro at man har for sig en rødlig granit. Paa frisk tverbrud ser man dog, at bergarten bestaar av en rødlig, haard, finkornig grundmasse, hvori der blinker frem porfyrisk indsprængte, temmelig smaa individer av kvarts og feldspat. Bortset fra disse indeslutninger ligner bergarten adskillig den finkornige granit fra Løvaasmyren. Porfyren faar man ogsaa iagttat godt i veisvingen fra Knetten vestover ned i Tryssildalen ved Nybergsund. Den bergart man ser her, er feldspatporfyr, bestaaende av en finkornig grundmasse og strøkorn, hvis størrelse kan være paa omkring $\frac{1}{2}$ cm. Undertiden er bergarten paavirket av pres, og porfyrstrukturen kan da tildels være litet fremtrædende. En av de pressede varieteter saa nærmest ut som en graalig-rød, finkornig, glimmerfattig gneis

(fald 70° mot SV; der var paa samme sted en mot VSV rettet strækingsstruktur); en anden var saa tæt, at den hadde utseende av en skifrig granulit eller helleflint. Foruten den sure bergart forekom der paa dette sted ogsaa en del gabbroagtig (eller diabasagtig) bergart. I den gneisagtige varietet av porfyren var der linseformede partier, der kanske kunde betegnes som kloritførende, skifrig diabasisk bergart. I denne forbindelse kan nævnes, at der ved skysstationen Heggeriset ved nordenden av Engersjøen forekommer basiske hornblenderike massive bergarter som brudstykker (tildels av svære dimensioner) i graniten. Ensteds (det var omtr. 1 km. nord for Heggeriset) saaes desuten en mørk biotitrik skifrig bergart, som antagelig er den ellers hornblendeførende bergart i presset tilstand. Nær denne var der presset feldspatporfyr. Her som ogsaa ved Løvaasmyren har man altsaa porfyr nær forbundet med Tryssilgraniten.

Tryssilbryner. Disse bryner, som i Trondhjem kaldes „Rødbryner“, er ljaabryner av temmelig løs skifrig, rødagtig Tryssilsandsten. Saaledes som de bringes i handelen, er de temmelig ru, og før de benyttes maa de glattes ved at skures mot en eller anden sten eller ogsaa mot en slipesten. Man bryter dem paa et sted i fjeldmarken i østlig retning fra Ljørdalens kapel, omtrent 3 km. bortenfor riksgrænsen. Stedet eies av norske. Sandstenen skal være for haard (idetmindste nær overflaten) paa den norske side av grænsen; grunden hertil er maaske, efter hvad folk har tænkt sig, at den norske side er solsiden, mens den svenske hører til baklien; man har søkt en støtte for denne antagelse i den erfaring man har gjort, at brynerne blir haarde av at ligge i solen.

Brynerne har forskjellig marked efter kvaliteten; i Tryssil og Østerdalen vil man kun ha de løseste, i Trondhjem foretrækker man de middelshaarde og i Solør de haardeste varieteter. Materialet til disse sidste kan ogsaa skaffes paa norsk side. Brynesteinstrafiken var igang i 50—60-aarene og er rimeligvis noget ældre. For omtrent 10 aar siden blev tolden paa bryner forhøiet fra 2 til 5 øre pr. kilo (1 sten veier henimot 1 kilo), og dermed saa det ut til, at brynesteenshandelen skulde aldeles ødelægges. Dette er dog ikke ganske blit tilfældet; men for tiden er den hele bedrift særdeles beskeden, idet der bare er to mand, som driver paa med at hugge bryner. De arbejder ved vintertid; om sommeren staar der vand i bruddene. De leverer 3—4000 sten om aaret til en handelsmand i Ljørdalen; desuten gaar 6—700 sten til Sverige uten at passere toldgrænsen. Tilvirkerne leverer brynerne i Ljørdalen og blir betalt med 21 øre pr stykke. I Ljørdalen pakkes brynerne i kasser og sendes ti Elverum (fragten kommer paa 2½ til 3 øre stykket). Firmaet O. A. Hall & Co. i Kristiania overtar dem der, efter en pris av 30 kr. pr. 100 stykker. Forbrukerne betaler dem i detaljhandelen med 40 til 45 øre.

Styggeskaret. Paa kartbladet Ljørdalen ser man avmerket Styggeskaret nær grænsesøs nr. 127. Dette skar forekommer i Tryssilsandsten og minder om Jutulhugget i Østerdalen; men det er langt fra saa imponerende. Det gaar i retning NV—SO. Sydvestsiden er dækket av sandstensur helt op. Paa nordøstsiden er der nederst ur, men derover sees fast fjeld av vandret laget rød sandsten. Skarets sider er omtrent 200 m. høie, og tværsnittet av det er paa grund av de store urer V-formig. I bunden er der morænemasser

(ophopninger av blokker uten finmaterial), som delvis er dækket av nedramlet ur. Midt i skaret er der en utpræget tvermoræne, som danner en 10—12 m. høi ryg; i SO for denne er der to andre tvermoræner. I skarets nordvestlige del er der nogen dammer, og vandet fra dem har et noksaa langt løp underjordisk mot SO under blokmasserne. Paa kartet er i SSO for Styggeskaret avmerket Stordalsbækken, og man har, naar man er paa stedet, indtrykket av, at Stordalen ligger i fortsættelse av Styggeskaret; den har dog et andet utseende, idet den er en aapen U-formet dal, som er noget hængende i forhold til den mellemliggende vide Tungadal. Omtrent ved den nordvestlige ende av Styggeskaret begynder en lang 10—15 m. dyp i løsterrænget nedskaret dalformig indsænkning, som gaar nedover mot SV til Foss Ny-Sæter. Først naar man er kommet omtrent halvveis i den, begynder der at komme vand i den. Dette strømmer frem av grunden; det er i det hele karakteristisk for fjeldstrøket her, at vandrerer neppe nogensteds kan finde vand i høiere strøk. Regnvandet synker straks ned i det jevnt utbredte morænedække og kommer ikke i dagen før et godt stykke nede i skoglien.

Løsmaterialet. Veien til Tryssil tok jeg fra Rena til skyssskiftet Jordet nord for Tryssil kirke. Turen er lang, nemlig henimot 70 km., og gaar i høider paa 400 til 550 m. gjennom et ensformig terræng. Den store Ossjø, 439 m. o. h., utfylder en svak sækning i terrænget. Først i noksaa lang avstand fra veien sees noget høiere fjeld. Efterat man har forlatt Osfaldet ved Rena, er det man kommer op paa vidden. Man omgives av skog, men denne er temmelig daarlig, saasom jordbunden paa sparagmitformationen er meget mager;

skogbunden er fuld av lav. Særdeles paafaldende er det, hvor ganske anderledes frodig skogen blir, naar man henimot Jordet kommer ind paa Eltaaens kalk- og skiferomraade. Det vil i forbigaaende bemerket sikkerlig være et lønnende emne at studere vore skoges jordbund i forhold til undergrundens geologiske bygning; rimeligvis maa man begynde med at gjøre temmelig vidtstrakte reiser for at finde ut hovedforholdene. Fra Osfaldet til man er kommet forbi Ossjøen ved Saga ser man intet fast fjeld. Man færdes over hauget morænegrus. Haugene er lave i forhold til utstrækningen i vidden, og der er ofte myr imellem dem. Tildels er der, som det synes, en tilnærmelse til drumlinagtige former. Grundmassen i morænegruset er rik paa sand; stenene deri er kantrundede og tilrundede; bergarterne er graalige, hvitagtige og rødligde haarde sandstener, tildels ogsaa konglomerat med kvartsitiske rullestener. (Specielt for den østlige del av omhandlede strækning blev noteret, at der ikke saaes stener av grundfjeldsbergarter). I grustak var morænegruset lyst rustfarvet, men i overflaten var, som saa gjennemgaaende tilfældet er, jernet utvasket til en dybde av 5—10 cm. („bly-sand“). Den tilblending av humus, som skogtrærne hadde til sin raadighet i jordskorpen, var yderst ubetydelig. Naar løsmasserne omtaltes som morænegrus, saa bør for en nøiere karakterisering tilføies, at der foruten ulaget grus ogsaa forekommer deri indleirede sandlag; disse har dog ikke nogen synderlig utstrækning og er dertil litet regelmæssige; de er dannelser, som nærmest maa betegnes som fluvioglaciale. Et grustak $\frac{1}{2}$ km. i øst for Osfaldet viste saaledes det som fig. 1 avbildede snit.

Fluvioglacial var vel ogsaa en litt særegen haug kort i syd for Bakken ved Osensjøen; den saa nærmest ut til at

være en 10—15 m. høi aas. Meddeleren har hat opmærkheten henvendt paa, om der nogensteds skulde forekomme sandavleiringer, der kunde tydes som flyvesand og være merke efter et tidligere tørrere klima, men intet av den slags blev fundet. I myrene var der kun ganske undtagelsesvis



1. Et 3 m. høit snit i morænegrus og sand nær Osfaldet.
2. Rutemark ved varden paa Bryneflaen. Bredden 11 m.

stubber at se (det samme var ogsaa tilfældet længer nord i egnen syd for Fæmund). Mellem det nævnte sted Saga og Stormyra er der nu og da blottet fast fjeld, mørk graa finkornig til smaa-kornig kvart-sitisk sandsten indeholdende nogen faa feldspat-korn; lagning kunde ikke sees; der er ogsaa endel smaa-stenet konglomerat sammensat av kvartsit-rullestener. Østover fra det sted, som har det eiendommelige navn Kalemanken, begynder der at forekomme adskillige sorte skiferfliser i gruset. I nord herfor ved Tømmeraasen skal der,

efter hvad det er blit meddelt professor SCHIØTZ, være fast fjeld av skifer og antagelig ogsaa kalk (fossiler?). I denne trakt, hvor det faste fjeld stak frem, hadde morænehaugene steilere sider end før. Nævnes maa ogsaa, at der i strøket ved veiens høieste del (559 m.) forekom en del stenflyer.

En lignende karakter som den beskrevne hadde vidden mellem Tryssil og Ljørdalen; men da meddeleren reiste der med automobil, var der ikke synderlig anledning til iagt-

tagelser. Ved Østby blev bemærket de første blokker av Tryssilsandsten i løsmaterialet.

Et noget anden utseende har det stenede morænegrus, som dækker den flate eller rettere sagt svakt hvælvede over-side av sandstenfjeldet Bryneflaen ved grænsen. Man er der oppe i betydelig større høide; grænsen nr. 127 ligger 930 m. o. h.

Terrænget var jevnt og flatt, og der var ingen hauger. Morænedækket her er sammensat av stenblokker, de fleste mellem næve- og hodestore; de er ikke tilrundede, bare kantstøtte og bestaar av sandsten; en og anden blok av „grønsten“ av den slags, som optrær i sandstenen, bemerkes ogsaa. Man kunde betegne morænegruset som stenfly, hvis det ikke, med den undtagelse som straks skal omtales, var overklædt av et nogen faa cm. tykt vegetationsdække med lav og mos og med lyngplanter indimellem. Terrænget viste sig ved nøiere betragtning at være en slags rutemark, idet planteteppet var opløst i uregelmæssige, dog vel i det hele rundagtige felter, som kunde maale 1 til 10 m., eller endog noget mere, tversover, og som adskiltes ved striper, hvor stebunden laa blottet (se fig. 2). Striperne hadde rendeform og kunde efter midtlinjen være 10 til 30 cm. dypere end vegetationsdækkets overflate.

Hvor terrænget hadde en noget raskere heldning (i syd for røsen), saa man antydning til en anordning av løsmaterialet i langstrakte smaa hauger eller rygger, som gik omtrent vandret bortover skraaningen. Ryggene, som kunde være op til et par meter høie, var antagelig opstaat ved en glidning i massen, skulde altsaa være et fluktuationsfænomen.

Med det samme kan bemerkes, at naar man betragter grænsefjeldene nede fra Ljørdalen, viser de, navnlig omkring

skoggrænsen, paa adskillige steder en vandret stripning i vegetationsdækket. Denne stripning er av større maal end de nævnte smaafoldninger i terrænget. Rimeligvis er stripningen betinget av sandstenens lagning, kanske saaledes at der i visse lag holder sig mere fugtighet end i andre.

Nede i Tryssildalen og Ljørdalen har jeg fornemlig fæstet mig ved de der forekommende smukke aaser. En saadan har man paa elvens vestside fra et punkt i vest for Trysil kirke og 1 km. nordover til et litet nes som stikker ut i elven ved Melvold. Aasen, som er bevokset med gran-skog, danner for det meste en skarp ryg som kan hæve sig 10—15 m. over det omgivende terræng. Et sted er aasen avbrutt, og umiddelbart i nord derfor er den bredere end ellers og har et par grunde aasgroper. Materialet i aasen er rullestensgrus. Mellem aasen og elven er der en sandflate, som der rager nogen mindre aashauger op av. Fra aasen har jeg gaat 1 km. eller saa mot vest opad Tryssilfjeldets fot for at se om aaslandskapet hadde nogen utstrækning til den kant. Jeg fandt hauget rullestensgrus, men ikke nogen tydelig ryg. Paa de 7 km. fra Trysil kirke sydover til Nybergsund er der intet fast fjeld at se. Fortsættelsen av aasdraget saa jeg paa ved Nybergsund og $\frac{1}{2}$ km. eller saa sydover. Fra en sandterrasse, som strækker sig langs elven, stikker op aasrygger av rullesten; deres største høide er saa omtrentlig 8 m. En som jeg gik langsmed, var meget typisk. I vest for den herværende bro er der ikke rullestensgrus, men morænegrus tildels med svære sten.

Ogsaa i Ljørdalen er der rygger, som nærmest maa holdes for at være aaser. Naar man gaar fra kirken til Foss Nysæter og har vandret over flaterne ved elven, træffer man en 5—8 m. høi ryg, som efter hvad hr. skogforvalter

MAGNUS PAULSEN har meddelt, lar sig forfølge, om end med uregelmæssigheter og forgreninger, i SSO-lig retning en mils vei til Aarkaassæter. Hvor jeg saa den, var materialet temmelig storstenet med blokker paa henimot 1 m.; nogen var kantstøtte, andre rullede. Et sted hvor man hadde gravet, var materialet i de lavere dele velvasket; op imot overflaten hadde det et mere moræneagtig utseende, idet der var adskillig stenstøv i det. Paa den videre vandring mot NO gik man dels over hauget morænegrus, dels over rullestensflater.

Efter kjøreveien paa Ljöras vestside har man fra Drevjas munding saa langt sydover som meddeleren kom, 3 km. i syd for kirken, sand- og grusflater, hvis høide over elven er en 4—5 m. Op igjennem dem stikker morænehauger. Omtrent $\frac{1}{2}$ km. i syd for kirken synes disse at være anordnet saaledes, at man kan tænke sig dem tilhørende en tvermoræne.

Da jeg forlot Tryssil, reiste jeg til Fæmund, og tillægsvis kan meddeles et par bemerkninger om løsmaterialet ved sydenden av denne sjø. Den ligner Øieren deri, at den ikke har noget utløp der hvor sjøen slutter, men at utløpet er litt nordligere paa vestsiden. Foran sjøen utbreder sig svaktbølgende vidder av morænegrus og fluvioglacialt grus. Der er ogsaa vidtstrakte myrstrøk, som hovedveien gaar utenom i en stor østlig bue. Sidste gang man ser fast fjeld, er nær veiens høieste punkt, 755 m. o. h., 9 km. i ret linje fra sjøen (dennes høide er 603 m. o. h.). Det fjeld man ser, er en klippe av blaakvarts. Terrænget nærmest sjøen (med sidearmen Gløten) er en mot syd jevnt opstigende moræneemark med en heldning paa omtrent 5° . Sikkerlig har en isrand holdt sig her konstant i længere tid som ved andre av vore større sjøer (Tyrifjord f. eks.). Naar isen har trukket sig

tilbake, har det ældre vasdrag, som gik sydover fra sjøens ende, været sperret av de avleirede masser, saa vandet kom at ta en ny vei. Elven ved utløpet, den kaldes Gløta, løper gjennom storstenet morænegrus; den har deri gravet sig et leie, hvis sider for det meste er meget steile og 5—10 m. høie. Ved gaarden Fæmundsenden har sandsynligvis den gamle isrand hat en utskytende tunge; ti man har der et stykke lavt og myret terræng sydover fra sjøens bred. Paa en strækning av omtrent 1 km. i øst for Fæmund Hotel og paa en mindre strækning i vest derfor er der flyvesand langs sjøkanten, og der er ogsaa miniaturdyner paa 1 m. eller noget mere. Nordenvind skal blåse hyppig over Fæmunden.

I forbindelse med disse iagttagelser ved Fæmundenden vil jeg bemerke, at da jeg gjorde dem, var endnu ikke SCHIØTZ' avhandling: „Om isskillet i trakten omkring Fæmund“ blit trykt. N. G. U. Aarbok 1913. II. Han fremholder der s. 12 den antagelse, at isbevægelsen over den sydlige del av Fæmunden skulde gaat mot vest. Man bør dog erindre, at HØRBYE i *Nyt Mag.* 8, 1855, s. 348, uttrykkelig fremhæver, at paa Sorkvola i øst for den sydlige del av Fæmunden er støtsiderne tydelige mot den nordlige himmel-egn; der er ogsaa skuringsmerker; ogsaa paa Vaaleberg er støtsiderne beliggende til samme kant. Paafaldende er det dog, at HØRBYE senere, 1857, paa kartet, der ledsager „*Les phénomènes d'érosion*“, samtidig med at han henviser til sine ældre iagttagelser, kun har mot NV rettede skuringsmerker i den omhandlede egn. Forholdene burde undersøkes paany, idet man hadde i tanke muligheten av at isens bevægelsesretning kunde ha været forskjellig til forskjellige tider.

English Summary.

The Tryssil District.

It is a peculiarity of the border line of Southern Norway, that it makes a bend into Sweden North of the 60th parallel. The region within this bend in the district of Tryssil. The geology here is not very intricate, as one meets with 4 zones, not difficult to distinguish. Note the little sketch map on p. 5. The Sparagmite Formation forms the western part consisting chiefly of felspar-bearing sandstone. The age is early Cambrian. The stratification is disturbed.

Then follows a stripe of granitic rock of Archæan age. It widens southwards. Most of it is a typical granite, the Tryssil Granite. Mr. MEINICH made the statement that this Tryssil Granite was younger than the Sparagmite formation. The present author has revisited his chief locality, (The Hundsil rivulet), where he thought to have observed granite-dykes penetrating a red quartzite; but it was found that his quartzite was nothing else than a finegrained granite sometimes rich in quartz. One observes here two varieties of granite, one middlegrained occurring in dykelike parts within denser kind of the same rock.

The porphyry of our little map is sometimes a quartz-porphyry containing visible grains of quartz besides felspar; in other cases one sees only felspar-crystals. The rock often

shows press-structure having been made schistose and at the same time having acquired the appearance of a fine grained gneissic rock or a schistose granulite.

KJERULF united the porphyry with the granite on his maps, giving them both the same colour; TÖRNEBOHM on the other hand placed the porphyry in Tryssil with the Swedish Dala porphyry, which covers a great area, and, to a great extent, has been formed by subaereal volcanic outflows. According to the present author both of these authorities may to a certain extent be in the right. The Tryssil porphyry may be a border facies of the granite, and the Dala porphyry in Sweden, is probably to a great extent the surface outflows of the same magma.

The fourth zone is formed by the Tryssil sandstone. KJERULF has coloured it on his later maps as belonging to the sparagmite. TÖRNEBOHM has placed it as Huronian, older than the Sparagmite („Dalasandstone“). Earlier, KJERULF had thought of it as probably Devonian.

By the very interesting discovery of Devonian plant-remains in sandstone north of our region, made this summer (1913) by Dr. V. M. GOLDSCHMIDT, this last opinion has gained in probability. This Tryssil sandstone is in fact rather different from the Sparagmite as one observes this formation in our Western zone. The eastern strata are undisturbed, or at least only slightly inclined, and the rock is a regular not metamorphic sandstone of reddish or whitish (spotted) colour. If it is Devonian it is probably separated from the Archæan porphyry to the West by a fault line.

The later part of the paper treats of the glacial deposits. The principal deposit is a sandy groundmoraine which is uniformly spread out over the area, and grown over with

pine and spruce forests in the lower parts of the area. The moraine sometimes contains sandlayers (fig. 1, p. 16). Eskers are found in the valleys. The high sandstone plateau at the international border has a thin covering of lichens, moss and heather over their stony moraine. In the plant cover are stripes where the underlying moraine is seen as represented in fig. 2, p. 16. The distance across the figure is 10 metres. This phenomenon may be placed with the solifluctuation, of late so often described from the arctic regions.

Trykt 17. decbr. 1913.

IV.

RAMSØY TITANJERNMALMFELT I
SOLØR OG DETS DIFFERENTIA-
TIONSPROCESSER

AV

STEINAR FOSLIE

MED 1 MAGNETOMETRISK KART, 3 PLANCHER,
2 TEKSTFIGURER OG ENGLISH SUMMARY

REGISTER.

	Side
I. Generel oversigt	5
II. Feltets historie	8
III. Feltets geologi	13
a. Granit	14
b. Kvarts-hornblende-gabbro	15
c. Malmens petrografi	21
IV. Differentiationsprocessen	26
V. Det ternære gabroide eutektikum	37
VI. Malmens utbredelse og magnetisering	44
VII. Malmens kemiske sammensætning og separationsbetingelser	51
English summary	57

I. Generel oversigt.

I de senere aar er opmerksomheten i forøket grad henvendt paa en række forekomster av titanholdig magnetitmalm, hvorav der findes et betydeligt antal i vort land. Disses eksistens har allerede længe været kjendt, tildels har de ogsaa før i tiden været gjenstand for grubedrift, men stadig med et mere eller mindre uheldigt resultat; for den vanlige masovnssmelting har de nemlig vist sig høist uøkonomiske, paa grund av det erfaringsmæssig store brændselsforbruk, de kræver, hvad der av mange tilskrives tungsmeltelighet hos slaggen. Masovnene tar derfor høist nødig malm med over 2% TiO_2 , ialfald ikke uten betydelig prisreduktion. Saa stor har frygten i denne retning tidligere været, at en i alle andre henseender førsteklasses jernmalm har været omtrent usælgelig naar den førte endel procent titansyre. Brytningen av disse malme, der forøvrig aldrig har været betydelig, var derfor for endel aar siden saavel i Norge som i Sverige kommet omtrent fuldstændig til stilstand, og hvor der endnu undtagelsesvis blev eksportert endel, blev malmen avsat til en latterlig lav pris.

Fra Rødsandfeltet paa Søndmør blev der saaledes i denne periode gjennom flere aar opretholdt en liten eksport til England, men malmen opnaade med 50% Fe og 8% TiO_2 , kun en pris av 5 sh. pr. t. f. o. b.

Det ændrede syn paa disse forekomster skyldes en række tekniske fremskridt fra de senere aar. Det er metoderne for magnetisk separation, for elektrisk jernmalmsmelting, hvorhos eventuelt ogsaa de nye metoder for jernsvamp-tilvirkning kan bli av betydning.

Hvad den magnetiske separation angaar, har en række forsøk i forskjellige lande nu med sikkerhet paavist, at de titanholdige magnetitmalmer ialfald for en væsentlig del bestaar av en mekanisk blanding av magnetit og ilmenit, der følgelig ogsaa maa være mekanisk skilbare. Den praktiske gjennomførbarhet av denne adskillelse, avhænger i høi grad av blandingens større eller mindre finkornighet, og disse malmer kan i den retning deles i 3 klasser.

De malmer der ved den praktisk brukbare finknudsgrad ned til $\frac{1}{10}$ mm. opnaar:

1. En tilstrækkelig separasjon ($< 2\%$ TiO_2).
2. En delvis separation.
3. Ingen separation.

De fleste hittil undersøkte malmer hører til første klasse. Forøvrig er denne blandings natur endnu litet kjendt.

Den elektriske jernmalmsmeltnings fordele likeoverfor disse malmer, grunder sig paa den høie temperatur hvortil man gaar i disse ovne, og hvorved ulemperne ved den tungsmeltelige slag betydelig formindskes. Ved elektrisk smeltning kan man derfor taale en betydelig høiere titangehalt i malmen end ved koksmasovner, forutsat at jerngehalten er tilstrækkelig høi.

Hvad anvendelsen til jernsvamptilvirkning angaar, paa-gaar der for tiden forsøk i Sverige, der synes noksaa lovende.

Alt i alt kan man vistnok gaa ut fra, at titangehalten for fremtiden ikke vil være nogen væsentlig hindring for utnyttelsen av disse forekomster efter den ene eller anden metode, naar de forøvrig hvad jerngehalt og andre betingelser angaar tilfredsstiller fordringerne til en brukbar jernmalmforekomst.

I overensstemmelse hermed er interessen for disse i de senere aar øket betydelig og ved de fortsatte undersøkelser av felter av denne type, er vort kjendskap til disse nu betydelig større end for en del aar siden.

Som bekjendt paabegyndte professor VOGT allerede i 90-aarene sine undersøkelser av disse felter for studiet av differentiationsprocesser i basiske eruptiver, og har i tidens løp undersøkt de fleste av disse langs vor vestlige kyst, hvor der er kjendt et stort antal helt fra *Baugstø* i Hardanger til *Stjernø* i Finmarken. Disse er alle knyttet til gabbroide bergarter, dels sandsynligvis av archæisk, dels av sikker silurisk alder.

Dernæst kjendes en flerhet av lignende forekomster langs vor SO kyststrækning, Bamlekysten, Risør, Tvedestrand-distriktet etc., men disse er saavel geologisk som teknisk langt mindre kjendt, og de fleste venter endnu paa nøiere undersøkelse.

Den forekomst der her nærmere skal omtales er beliggende i Solør og ligger forsaavidt helt isolert. Den er i virkeligheten vort lands eneste kjendte titanjernmalmsforekomst østenfor Kristianiafeltet og slutter sig saavel geologisk som geografisk nærmere til en række analoge felter paa svensk side.

Man har som bekjendt en zone av basiske eruptivkupper, gabbroer, hyperiter og dioriter, der strækker sig langs østgrænsen av det SV svenske gneisomraade og over

Vänern i Sverige i NV retning mot den norske grænse, til dels med mindre titanomagnetitutsondringer. Paa norsk side av grænsen har man antagelig en fortsættelse av denne zone i et betydeligt antal kupper av forskjellige basiske eruptiver der er kjendt gjennom hele Solør, men er forholdsvis litet undersøkte. Av malmforekomster inden disse er hittil kun kjendt *Ramsøyfeltet*, som her nærmere skal omtales. Foruten i bergmæssig henseende har dette en betydelig geologisk interesse, idet det i flere punkter skiller sig ut fra den normale type for disse forekomster, og derfor er av betydning for forstaaelsen av differentiationsprocesserne.

II. Feltets historie.

Ramsøyfeltet er beliggende i nærheten av gaarden Fjeld, paa vestsiden av Glommen og 3 $\frac{1}{2}$ km. luftlinje VNV for Nor jernbanestation i Solør. Det ligger her paa en fladt skraanende, skogbevokset aas, og et stort antal av gamle, nu vandfylde grubeaapninger og skjærp, der i en stor bue omslutter den lille høide, vidner om den fordums virksomhet. Forekomsten har været kjendt i lang tid og været gjenstand for en del drift — vel nærmest forsøksdrift — der i hovedsaken kan henføres til to driftsperioder.

Naar den egentlig blev fundet er vanskelig at bringe paa det rene, men den første driftsperiode kan henføres til 1840-aarene, og fundet ligger da vistnok umiddelbart foran denne.

Om denne første periode findes der saagodtsom ingen opplysninger. Driften har nærmest hat karakteren av en

forsøksdrift med et meget stort antal angrepspunkter, men bevæget sig ganske nær dagen, saa der har været liten foranledning for bergmesteren til nærmere kontrol med og indberetning om driften.

Virksomheten i denne periode kan vi derfor kun bedømme ved de efterladte grubeaapninger og skjærp. Det viser sig da at driften har været overordentlig spredt over det hele felt, og der kan paavises mindst 25 forskjellige angrepspunkter, et større antal end nogen gang senere. De aller fleste av disse er ganske grunde og ubetydelige, og den dypeste og vigtigste av gruberne, Storgruben, naadde neppe mere end ca. 12 meters dybde.

Malmen blev for størstedelen sendt til forsmeltning ved *Oudals verk*, og blev kjørt paa vinterføre den 2 $\frac{1}{2}$ mil lange vei over fjeldet.

Efter nedlæggelsen av denne drift hvilte feltet i næsten 30 aar. Fra denne tid har vi i bergmesterarkivets protokoller en befaringsrapport fra bergmester SELL. dateret 21/9 1864, hvori han bl. a. siger, at der forefandtes 20—30 mindre skjærp samt at „malmen forekommer og er bergsprængt som nyrer i en kvartsholdig feldspatbildning. Da den foruten at være bergsprængt fører mindre partikler av kobber og svovlkis, vil den neppe bli tjenlig til andet jern end støpejern“.

Dette var datidens syn paa saken. Definitionen av moderbergarten og av malmens optræden er meget misvisende, og paa malmens titanføring var man endnu ikke blitt opmerksom.

Feltet er i sin anden driftsperiode nøie knyttet til Oudals jernverk.

Dette var nu indkjøpt av et svensk bolag under ledelse av JOH. SUNDSTRÖM i Charlottenburg. I 1870 bygget dette en ny masovn og driften begyndte med malm fra *Spetalen*-gruberne. Ramsøygruberne var ogsaa indkjøpt av samme bolag, der for at regulere malmtilførselen ogsaa begyndte driften her i februar 1872.

Der opgives da at der forefandtes forholdsvis litet berg-
halder og efterladt malm efter første driftsperiode.

Man hadde nu ogsaa fundet en bekvemmere transportvei for malmen, idet den kun blev kjørt nedenfor Norsfossen i Glommen (2 km.), og derfra paa flaate fragtet ned elven til jernverket.

Driften blev optat med stor kraft, idet arbeidsbelægget det første halve aar var 30 mand i gjennemsnit, en kort tid helt oppe i 50.

Det var væsentlig de gamle gruber som blev gjenoptat og dertil 3 à 4 nye, der simpelthen blev anlagt paa stederne for sterkeste magnetisme, fundet ved undersøkelser med bergkompass.

Efter en befaringsrapport av ^{23/7} 72 fra bergmester MEIDELL og geschwornen HANSTEEN opføres de i drift værende gruber og deres produktion i løpet av de første 5 maaneder:

Morfars grube	5 000 sv. centner.
Larsgruben I og II	52 600 —»—
—»— III	15 200 —»—
Storgruben	65 000 —»—
Smiugruben X	5 000 —»—

Sum 142 800 sv. centner

eller ca. 7 000 t., efter datidens forhold en betydelig produktion.

Efterat imidlertid malmens tungsmeltelighet var bragt paa det rene, stagnerede malmtransporten ganske, driften blev betydelig indskrænket og malmen lagret ved gruben.

I sin rapport av ^{25/7} 1873 siger saaledes bergmester MEIDELL, at siden forrige befarung har der kun været drift i de to gruber Smiugruben X og XI. Av disse var den første i drift et par maaneder vinteren 1873 og har senere været midlertidig indstillet, men indeholder efter bestyrerens opgivende fremdeles malm. Nr. XI hadde været i kontinuerlig drift med 16 mand siden februar maaned og dreves endnu. Den bestod av en skakt eller rettere sagt vertikal drift av dimensioner 8×11 m., og førte mest malm i østvæggen.

Efter ialt $2\frac{1}{2}$ aars arbeide med meget varierende arbeidsstyrke blev det helt nedlagt i 1874 og har senere ikke været bearbeidet.

Det var i virkeligheten kun en meget liten del av den utbrudte malm der blev ført til Oudals jernverk og forsmeltet. Det meste blev lagret ved gruben, hvor der den dag i dag ligger halder med endel tusen tons malm.

Saadan som feltet ligger der nu, er der ialt 13 navngivne gruber og ca. 16 mere og mindre ubetydelige skjærp.

Alle gruber er vandfyldte og tildels sterkt overgroede av mose og smaaskog, saa der som regel er forholdsvis litet at se.

De navngivne gruber er følgende:

	Areal av dagaapning ca.	Dybde ca.	Utbrudt volum ca.
1. Larsgruben I	45 m ²	25 m.	750 m ³
2. ——— II	25 ”	8 ”	130 ”
3. ——— III	15 ”	15 ”	150 ”
4. Rævgruben	25 ”	7 ”	120 ”
5. Smiugruben I.	45 ”	6 ”	180 ”
6. ——— II (XI)	70 ”	13 ”	600 ”
7. ——— III (X)	35 ”	13 ”	300 ”
8. Storgruben	85 ”	30 ”	1 700 ”
9. Heimgruben	60 ”	7 ”	280 ”
10. Morfarsgruben	20 ”	8 ”	110 ”
11. Oksegruben	45 ”	7 ”	210 ”
12. Kathrinaberg	15 ”	6 ”	60 ”
13. Minaberg	20 ”	6 ”	80 ”

4 670 m³

Gj.snit.

Alle ubenævnte skjærp 385 m² ca. 2½ m. ca. 960 ”

Ialt brutt malm og berg i feltet ca. 5 630 m³

Av dette totalkvantum er den overveiende del brutt i sidste driftsperiode. Ifølge de efterladte opgaver, som forøvrig er meget ufuldstændige, kan det antages at der i denne periode er utvundet ialt 12 à 13 000 ton malm med nogle og firti procent jern.

Det meste herav er brutt i hovedgruberne *Storgruben*, *Smiugruberne* og *Larsgruberne*.

Nyoptagne i sidste driftsperiode blev gruberne nr. 2, 10, 12 og 13 (se tabellen).

Vistnok den eneste gjenlevende av folk der har arbeidet i længere tid i gruben, en gammel arbeider der bor paa stedet, har git mig en del om opplysninger om malmføringen

i gruberne, der muligens kan være av interesse, og som jeg gjengir med forbehold.

Som malmførende tilbunds oppgir han alle de navngivne gruber undtagen Smiugruben III og Larsgruben III og I. I de to første har der i det heletat været daarlig med malm, den sidste derimot har ført utmerket malm, indtil man i bunden kom ned paa graaberg, skilt fra malmen ved en skraa slette. Der blev derfor drevet en ort fra grubens bund i retning av Larsgruben II og denne ort førte malm i sin hele længde.

III. Feltets geologi.

Naar dette malmfelt fortjener en forholdsvis indgaende omtale i geologisk henseende, er det fordi det i flere henseender skiller sig fra den vanlige type av titanholdig jernmalm i gabbrobergarter.

1. Disse forekomster optrær oftest i normale gabbroer, olivingabbroer, hyperiter o. s. v., altsaa gjennemgaende bergarter av en temmelig basisk karakter. Ramsøfeltets moderbergart har en noget surere karakter og kommer nær op mot dioriterne, hvad der vil fremgaa av den petrografiske beskrivelse.
2. Av professor VOGT er opstillet den generelle regel, at de titanholdige jernmalmer i motsætning til nikkelmagnetkisforekomsterne, optrær mere eller mindre uafhængig av gabbrofeltets grænser. Dette holder utvilsomt ogsaa i de fleste tilfælder stik, men som det fremgaa

av kartet staar jernmalmens forløp i Ramsøyfeltet i et utvilsomt og meget markeret forhold til grænsen.

3. De foretagne separationsforsøk med malmen viser, at selv ved betydelig finknusning forblir forholdet mellem jern og titangehalt saagodtsom helt uforandret. Ogsaa i denne henseende hører altsaa malmen til de mindre vanlige typer.

Naar hertil kommer at malmen viser en karakteristisk struktur og en noksaa markert krystallisationsfølge vil det fremgaa, at forekomsten er av adskillig interesse i teoretisk henseende.

Hele Solørdistriktet hører som bekjendt til grundfjeldet, og danner som tidligere nævnt en fortsættelse av det grundfjeldsdistrikt der fra Vänern i Sverige i NV retning stryker over grænsen og ind i Norge. Strøket er overalt her forholdsvis konstant, og med større eller mindre avvikelser NV—SØ.

Da Solørdistriktet ikke er systematisk geologisk kartlagt, og i det hele litet kjendt i denne henseende, maa jeg indskrænke mig til at omtale malmfeltets aller nærmeste omgivelser som jeg selv har besøkt.

a. **Granit.**

Hovedbergarten er her en litet presset grundfjeldsgranit, der indtar betydelige arealer syd og vest for *Nor station*.

I de distrikter der slutter sig nærmest om malmfeltet, altsaa paa vestsiden av Glommen fra *Fosseid* og op mot *Neskjølen*, har den et meget karakteristisk utseende. Strukturen er som regel halvporfyrisk, med indsprængninger av

kvarts og kalifeldspat i en mere finkrystallin grundmasse. Kvartsen er omtrent overalt en melkekvarts, oftest med et meget karakteristisk blaaviolet skjær. Særlig den parallelstruerede granit ved Fosseid faar næsten karakteren av en kvartsporfyrr med store blaaviolette kvartsindivider.

b. **Kvarts-hornblende-gabbro.**

Interessen knytter sig særlig til denne bergart, der er malmens moderbergart. Den optræder i et enkelt felt inden graniten, parallel dennes strøkretning og med en længde av ca. 1500 m. Bredden synes maksimalt at gaa op til mindst 500 m.

Jeg har hittil betegnet denne bergart med det neutrale navn „en basisk eruptiv“, da det viser sig at den tilhører den meget svævende grænsegruppe mellem de petrografiske betegnelser „gabbro“ og „diorit“. Først i forbindelse med omtalen av den mikroskopiske undersøkelses resultater har jeg derfor villet betegne den nærmere.

Der findes flere forskjellige facies av den inden massivets forskjellige dele, foraarsaget ved begyndende differentiationsprocesser. Som følge herav faar bergarten i haandstykker noget varierende utseende. Men naar undtages malmutsondringerne, der holder sig langs gabbrofeltets ene grænse, er disse variationer av liten betydning. Mineralsammensætningen er kvalitativt overalt den samme, og forskjellen bestaar i en mindre forskyvning i forholdet mellem de lyse og de mørke mineraler, tildels ogsaa i kornstørrelsen.

Vælger vi bergartens hovedtype viser den følgende mineralsammensætning:

Primært: *Plagioklas, hornblende, biotit, kvarts, magnetit, apatit.*

Sekundært: *Hornblende, klorit, serpentin, epidot, magnetit* (samt i enkelte facies *granat, kalkspat og svovlkis*).

Helt mangler pyroxen og olivingruppens mineraler samt sandsynligvis ortoklas.

I enkelte partier er bergarten temmelig frisk og gir god anledning til nærmere bestemmelse av mineralerne.

Plagioklasen er oftest det overveiende mineral.

Den opptrer enten distinkt bredt listeformig utviklet, eller ogsaa i bredere partier der oppløser sig i en bundt av lister.

Som regel er den meget ensartet. Zonarbygning kan vistnok iagttages, men meget underordnet og med liten zoneforskjel.

Sammensætningen er bestemt i en række præparater. Gode α -snit viser utslukning fra $+ 21$ til $+ 23^\circ$, svarende til i gjennemsnit 37% An, γ -snittene i de forskjellige præparater fra $\div 4^\circ$ til $\div 8^\circ$.

Plagioklasen er altsaa en *sur Andesin*, en for felter av denne art paafaldende sur sammensætning, og varierer meget lidet i de forskjellige facies av bergarten.

De fleste individer viser spor av begyndende omvandling, i enkelte facies er denne temmelig vidt fremskredet, væsentlig under dannelsen av epidot og hvit glimmer.

Hornblende er det overveiende mørke mineral.

Den viser som regel en langt mere fremskreden omvandlingsgrad end feldspaten.

Omkring den ældste hornblende har der dannet sig en række zoner av sekundær hornblende av forskjellig sammensætning.

Efter alderen er dette følgende:

1. Kraftig gulbrun farve, sterk pleochroisme.
2. Ganske svak gulagtig farve, svak pleochroisme.
3. Næsten farveløs, ingen pleochroisme.
4. Blaaligrønne farver, bordformig utviklet.
5. Sterk sortblaa farve, overordentlig kraftig pleochroisme.

Den første hornblende, der i den friske bergart er den overveiende, er ofte fullstendig frisk uten spor av omvandling, undertiden med skarpe tvillinglameller efter {1.0.0}. Den sees av og til i paralel-sammenvoksning med biotit. Der er intet tegn til uralisering, og alt tyder paa at dette virkelig er primær hornblende. Særlig dens optræden i den rike malm, der senere skal omtales, taler sterkt for dette.

De følgende led, 2 og 3, representerer den begyndende omvandling ved avblekning av hornblenden, ofte under dannelse av sekundær kalkspat og magnetit. Det 4de led, der oftest findes som en skarp bord omkring de øvrige er helt sekundært. Det sidste led optrær yderst sparsomt som en ganske smal rand paa grænsen mellem hornblende og kalkspat, børsteformig indvokset i den sidste. Eventuelt er den oprindelig dannet i hulrum, senere fylt med kalkspat.

I de mest omvandlede led er hornblenden gaat helt over til et aggregat av kloritnaale, undertiden til serpentin, under utskillelse av sekundær magnetit.

Biotit optrær noksaa konstant, men i underordnet mængde sammen med hornblenden.

Kvarts findes primær saavel i de sure som i de basiske led. Den findes altid som „zwischenklemmungsmasse“ mellem feldspatlisterne, i smaa mængder, men jevnt utbredt over det hele.

Apatit og *magnetit* findes omtrent i de for basiske bergarter vanlige mængder.

Da bergarten er forholdsvis uberørt av mekanisk paa-virkning, og ikke viser opknusningsfænomener, fremtrær den oprindelige struktur nok saa klart.

Plagioklasen er overalt det først utkrystalliserte mineral. De tildels temmelig store individer viser sig fuldstændig fri for indeslutninger i sine centrale dele. Selv apatiten, der forøvrig altid viser krystallografisk begrænsning, optrær rent overveiende blandt de mørke mineraler, og kun delvis indesluttet i feldspaternes periferiske dele. Den er ældre end alle de andre mineraler, feldspaterne undtat, og er ofte indesluttet i magnetit.

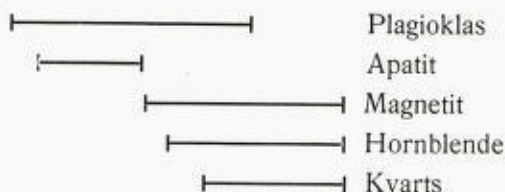
Som det tredje i rækken kommer magnetit.

I den vanlige, ertsfattige bergart er dette krystalliseret i det væsentlige helt efter feldspaten og findes ikke indesluttet i denne, selv i dens periferiske dele. Det optrær derimot i nøie forbindelse med Fe-Mg-silikaterne, der er krystalliseret om magnetiten i hjørnerne mellem feldspaterne. Tildels findes endog magnetiten som direkte „zwischenklemmungs-masse“ mellem feldspatlisterne (Pl. I fig. 1).

De mørke mineraler, hornblende og biotit, synes at ha begyndt sin krystallisation paa et meget sent stadium. De indeslutter alle de andre mineraler undtagen kvarts, og krystalliserer mest i grupper hvis form væsentlig bestemmes av feldspatindividerne.

Kvartsen er sidst begyndt at utkrystallisere, optrær kun som „zwischenklemmungs-masse“ mellem feldspaterne og er dannet efter eller samtidig med sidste rest av disse.

Krystallisationsfølgen kan derfor skematisk fremstilles saaledes:



Et par detaljer, særlig endepunktet for plagioklasens krystallisation, er dog endel usikre, men rækkefølgen mellem de 3 hovedbestanddele er sikker nok. Den er:

1) *Plagioklas*, 2) *Magnetit*, 3) *Hornblende*.

Inden de mere basiske facies av bergarten finder vi i det store og hele samme mikroskopiske billede som ovenfor. Kvarts og plagioklasmængden avtar, hornblende og magnetitmængden tiltar, men krystallisationsfølgen av de 3 hovedbestanddele bibeholdes, naar vi foreløbig ser bort fra de egentlige malmutsondringer.

Selv i særlig hornblenderike partier, hvor plagioklasmængden blir mindre end hornblendemængden, krystalliserer denne sidst. Men hvor magnetitmængden i saadanne tilfælder blir noget større, iagttar vi en forandring, idet endel magnetit da findes indesluttet i plagioklasindividene, dog væsentlig kun i disses periferiske del. Magnetitens krystallisation er altsaa skudt noget frem, kommet nærmere eutektikum med feldspat, hvad der vil fremgaa av den senere omtale (s. 25).

For at faa et begrep om sammensætningen av den normale, forholdsvis plagioklasrike bergart har jeg foretat en nøiagtig mikroskopisk arealberegning, og paa basis av de enkelte mineralers sandsynlige kemiske sammensætning har jeg beregnet bergartens sammensætning. En saadan bereg-

ning er naturligvis beheftet med mange feilkilder, og gir kun en raa tilnærmelse, men har dog en vis interesse. Mineralsammensætningen er:

Mineralsammensætning i volumprocent.	Kemisk sammensætning i vegtsprocent.
Plagioklas 58 0/0	SiO ₂ 51 0/0
Hornblende 31 "	Al ₂ O ₃ 19 ¹ / ₂ "
Biotit 6 ¹ / ₂ "	Fe ₂ O ₃ + FeO 9 ¹ / ₂ "
Magnetit 2 ¹ / ₂ "	CaO 7 ¹ / ₂ "
Kvarts 2 "	MgO 5 ¹ / ₂ "
100 0/0	Na ₂ O 4 ¹ / ₂ "
	K ₂ O 1 "
	TiO ₂ , H ₂ O, P ₂ O ₅ etc. 1 ¹ / ₂ "
	100 0/0

Denne sammensætning er beregnet under den forutsætning at feldspaterne fremdeles har sin oprindelige karakter og ikke har undergået nogen utlutning av anortitmolekyl, som det ofte er tilfældet i forbindelse med uralitiseringsprocesser. Feldspatens meget ensartede sammensætning inden bergartens og malmens forskjellige facies synes imidlertid at berettigg denne antagelse.

Naar vi nu paa basis av ovennævnte resultater vil bedømme bergartens petrografiske karakter, vil det sees at mineralsammensætningen er dioritens. Særlig er plagioklasens sure karakter av vigtighet, hvormed ogsaa kvartsens optræden staar i overensstemmelse. Den kemiske sammensætning staar paa overgangen mellem de to bergarter, mens den halvveis ofitiske struktur og krystallisationsfølgen ikke hører hjemme blandt dioriterne.

Efter dette skulde begge betegnelser kunne forsvares, men efter dens generelle utseende henregner jeg den her til gabbroerne og kalder den *kvarts-hornblende-gabbro*.

c. Malmens petrografi.

De viktigste differentiationsprosesser inden bergarten har gaaet i retning av koncentration av magnetiten.

Denne differentiation staar i et bestemt forhold til grænsen, idet ansamlingen av den titanførende jernmalm holder sig i en zone langs gabbroens sydlige grænse. Anrikningen har i sin helhet, eller næsten i sin helhet foregaaet *in situ*, saa der omtrent overalt er en jevn overgang mellem den normale gabbro og den bedste malm. Adskilligt av malmen i feltet utgjøres derfor av disse mellemstadier, og selv yderpunktet av differentiationen har ikke naadd saa langt som til utsondring av ren erts. De rikeste differentiationsprodukter naar op til 85 % erts (magnetit + ilmenit), resten silikatmineraler, tiltrods for at de i haandstykker omtrent ser ut som massiv malm. Den mikroskopiske undersøkelse kan derfor med held anvendes, selv paa den rikeste malm, og strukturen trær meget skarpt frem.

Malmen viser kvalitativt den samme mineralsammensætning som bergarten, med den forskjel at kvarts er traadt helt tilbake og som nyt sekundærprodukt er tilkommet granat. Derimot er mineralernes mængdeforhold, strukturen, krystallisationsfølgen etc. blevet en ganske anden, og viser en overordentlig karakteristisk overgang. *Magnetiten*, der her optrær i rent overveiende mængde, er det først utkrystalliserte mineral. Individene ligger enten tæt sammenhobede og viser krystallografisk begrænsning mot hinanden. De er da oftest skarpt 4—6-kantet begrænset, indbyrdes adskilt ved en ganske smal rand av silikat indeklemt mellem individene, der derfor under mikroskopet sees adskilt ved fine lyse linjer.

Ofte ligger ogsaa magnetitindividerne mere spredt, isolert i silikatmassen. De viser da aldrig skarpkantet begrænsning, men mere eller mindre avrundede former, der maa skyldes en resorption efter krystallisationen (Pl. III fig. 2).

Ertsindividerne viser ofte en fremtrædende opdeling, der kan fremtræde som skarpe spalterids, ofte i 2 retninger med indbyrdes vinkel oftest $70-90^\circ$.

Hvordan titangehalten i malmen indgaar, kan ikke avgjøres ved den vanlige mikroskopiske undersøkelse. Ertsmineralerne synes helt ensartede, og specielt den gennemgaaende skarpt utprægede opdeling synes at tyde paa at dette er tilfældet ogsaa i mineralogisk henseende. Saavel krystalbegrænsningen som delbarheten synes overalt at kunne henføres til magnetitens krystalform. Vistnok har ilmeniten ogsaa en utpræget opdeling, men kun i én retning (efter basis).

Hvordan end titangehalten i dette tilfælde indgaar i magnetiten, synes denne ialfald at ha været den ledende krystallisor.

Som det andet utkrystalliserete mineral kommer her *hornblenden*, og den har en meget karakteristisk optræden, idet den overveiende er krystalliseret som en koncentrisk ring omkring magnetitindividerne. Denne hornblendering er som regel temmelig smal, men forbausende regelmæssig og kontinuerlig, idet den sammenhengende omslutter alle magnetitindivider næsten uten undtagelse.

Hornblenden er ofte meget frisk, brunliggrøn, pleochroitisk, oftest ens orientert rundt hele ringen, tildels endog med tvillinglameller.

Den hele struktur faar en vis likhet med de saakaldte „reaktions- eller korrosionsrænder“, der hyppig iagttages i

basiske eruptiver, men i dette tilfælde synes fænomenet med sikkerhet at kunne tilskrives en primær utkrystallisation av hornblendene omkring magnetiten, sandsynligvis efter en forutgaaende magmatisk resorption av denne.

Som sidst utkrystalliserede mineral finder vi *plagioklasen* i de gjenstaaende rum mellem hornblendingene. Den er tildels paafaldende frisk. I α -snit er utslukningen + 23°, svarende til 39% An, det vil si at plagioklasen praktisk talt er den samme som i den normale bergart.

Plagioklasen kommer overhovedet intetsteds i direkte kontakt med magnetiten, da hornblendingene altid ligger imellem.

Biotiten optrær mere lokalt, i store individer der fylder mellemrummet mellom magnetiten, og er av omtrent samme alder som hornblendene.

Apatit sees næsten ikke i den rike malm, og det er et paafaldende træk, at den er vandret i motsat retning av magnetiten.

Svovlkis optrær nok saa rikelig, men kun i liten grad indesluttet i magnetiten. Mest findes den i hjørnerne mellom dennes individer, og synes ikke først utkrystalliseret, hvis den i det hele er primær.

Silikatmineralerne i den rike malm er i de fleste tilfælder sterkt omvandlede. Feldspaten danner granat og hornblendene klorit og serpentin, og denne omvandling kan gaa saa vidt at magnetitkornene ligger i et tæt aggregat av disse mineraler, saa den oprindelige struktur ikke kan sees.

Som av det foregaaende fremgaar er krystallisationsfølgen i malmen:

1) *Magnetit*, 2) *Hornblende*, 3) *Plagioklas*,
altsaa en ganske anden end i bergarten. (Pl. II.)

Man befinder sig her paa den anden side av eutektikum Magnetit : Plagioklas.

For at faa et begrep om hvor overgangspunkterne er beliggende har jeg foretat en mikroskopisk arealberegning av en række overgangsled med stigende magnetitgehalt, i forbindelse med undersøkelse av krystallisationsfølgen:

Mineralfordelingen i vegtsprocent.

	Kvarts	Plag.	Hbl.	Biotit	Magnetit
1. Normal gabbro . . .	2 0/0	54 0/0	32 1/2 0/0	7 0/0	4 1/2 0/0
2. Basisk do. . . .	1/2 "	38 "	42 1/2 "	5 "	14 "
3. Malmkoncentration.	0 "	21 "	25 "	3 "	51 "
4. Rik malm	0 "	5 1/2 "	7 "	1 1/2 "	86 "

Silikaternes relative fordeling i vegtsprocent.

	Kvarts	Hbl.	Biotit	Plag.	Hbl. + Biotit
1. Normal gabbro . . .	2 0/0	34 0/0	7 1/2 0/0	56 1/2 0/0	41 1/2 0/0
2. Basisk do. . . .	1/2 "	49 1/2 "	6 "	44 "	55 1/2 "
3. Malmkoncentration.	0 "	51 "	6 "	43 "	57 "
4. Rik malm	0 "	50 "	11 "	39 "	61 "

Den regelmæssige overgang fremgaar av disse tabeller.

Kvartsgehalten avtar raskt til nul. Næsten likedan gaar det med apatitgehalten (her ikke anført). Silikatmængden avtar naturligvis i samme grad som magnetiten koncentrerer. Men derunder er det paafaldende at Fe-Mg-silikaterne ikke samtidig koncentrerer saa væsentlig i forhold til plagioklasen, som det er det vanlige ved mange andre differentiationer av jernmalm i basiske eruptiver.

I virkeligheten blir forholdet mellom hornblende og plagioklas meget lidet forskjøvet under differentiationen fra basisk bergart til rik malm.

Betragter vi nu krystallisationsfølgen finder vi:

1. Normal bergart med 4,5 0/0 magnetit. Plagioklasen er krystallisert først, dernæst magnetiten, og den sidste findes intetsteds som indeslutning i den første, er altsaa krystallisert betydelig senere.
- 1 a. Et andet præparat av samme men med 9,5 0/0 magnetit (ikke opført i tabellen) viser fremdeles nøiagtig samme forhold.
2. Basisk bergart med 14 0/0 magnetit.

Krystallisationsfølgen er fremdeles den samme, men her sees magnetitindivider indesluttet i de periferiske dele av plagioklaserne, tildels noksaa langt ind i de smaa individer. Magnetitens krystallisation er altsaa skudt adskillig frem og vi nærmer os eutektikum, plagioklasen dog vistnok endnu det ældste mineral.

4. I den rike malm med 86 0/0 magnetit er denne krystallisert først og vi er langt paa den anden side av eutektikum.

Desværre har jeg ikke tilstrækkelig mange mellemed til at kunne følge overgangen kontinuerligt.

Eutektikum mellem plagioklas og magnetit er heller ikke bestemt, men derimot har professor VOGT i et arbeide¹⁾ bestemt et punkt paa krystallisationskurven plagioklas-magnetit ved samtidig tilstedeværelse av hypersten, saa man derav kan anta at magnetitgehalten i det ternære gabbroide

¹⁾ I. H. L. VOGT: Labradorite-Norite with porphyritic-crystals. Quart.-Journ. Geol. Soc. 1909, pp. 88—103.

eutektikum vil ligge relativt lavt og ialfald ikke meget høiere end ved nævnte bergart nr. 2.

Imidlertid viser nu malmkoncentrationen (nr. 3 i tabellen) med 51 0/0 magnetit et ganske besynderligt forhold.

Efter eutektikums beliggenhet skulde man her vente magnetit som det først utkrystalliserte mineral, mens dette i præparatet viser sig at være plagioklas. Denne ligger her som meget store, næsten halvporfyriske individer uten spor av indeslutninger, men flere steder med tilsyneladende avrundning av kanterne, der kunde tydes som korrosion.

Imellem plagioklasindividerne er der en mellemmasse bestaaende av hornblende, der atter omslutter magnetitindividerne, som er krystallisert tidligere, men er skilt fra plagioklasen ved hornblendens. Plagioklasindividerne paa den ene side og det øvrige paa den anden side synes at danne to skarpe kontraster. (Pl. III, fig. 1.)

Det besynderlige forhold kan jeg kun forklare mig saaledes, at der har fundet en stofforskyvning sted efter begyndelsen av krystallisationen, som senere nærmere omtalt.

IV. Differentiationsprocessen.

Som allerede tidligere fremhævet er malmen i dette felt for den overveiende del dannet *in situ*. Den kan som regel ikke henføres til et eget frembrud.

Som av magnetometerkartet fremgaar optrær ogsaa den hele malmforekomst langs gabbrofeltets sydlige grænse, og inden en zone av indtil 100 m. horizontal bredde langs

granitgrænsen. Regner vi kun med den lodrette afstand fra grænsen, blir den endnu betydelig mindre.

At zonen langs grænsen ikke er tilfeldig, men staar i avhengighetsforhold til denne, sees tydelig paa flere steder paa magnetometerkartet. Saaledes er den lange gren av gabbroen, der stikker ind i graniten ledsaget av malm, og det trappetrinformede forløp av grænsen længst i syd er ledsaget av et fuldstændig likedannet magnetometrisk drag (se kartet).

Forholdet til grænsen er imidlertid her et ganske andet end for flere andre differentiationsforeteelsers vedkommende. F. eks. ved de sammensatte gange og ved Ni-magnetkisforekomsterne, staar anrikningen mot grænsen i bestemt forhold til grænseplanet, (i det tilfælde avkjølingsplanet), saaledes at anrikningen som regel er størst langs selve dette plan, og gradvis avtagende bort fra grænsen. Ved Ramsøyfeltet staar anrikningen ikke i et saadant forhold til denne grænseflate. Tvertimot kan selve grænsen ofte være ganske fri for malm, eller ialfald med forholdsvis ubetydelige anrikninger.

Regelen er kun at malmanrikningerne holder sig inden den nævnte zone, og inden denne med noksaa mange uregelmæssigheter, og ofte et betydelig antal koncentrationscentre med mellemliggende fattigere partier.

Det synes allerede derfor liten grund til at anta, at forholdet skulde skyldes de vanlige differentiationsprosesser mot grænsen (avkjølingsplanet), saa meget mere som denne optræden er noget for titanjernmalforekomsterne ganske ekstraordinært, og følgelig ialfald ikke tilhører den normale differentiationsproces for disse.

Ved nærmere at diskutere de før utviklede resultater av

den mikroskopiske undersøkelse, vil vi imidlertid finde forhold, som er endnu mere overbevisende.

Som bekjendt har professor BRØGGER opstillet den for differentiationslæren meget vigtige sats, at der hersker en *paralellitet mellem krystallisationsfølgen og differentiationsfølgen*.

Professor VOGT¹ utvikler i sit nedenfor nævnte arbeide, hvordan differentiationsprocesserne i eruptivbergarter kan tydes med denne sats som grundlag, og opstiller som hovedregel at differentiationen vil virke henimot dannelsen av tilnærmet eutektiske og tilnærmet monomineralske differentiationsprodukter, de sidste naturligvis først og fremst av det først utkrystalliserende mineral.

Betrakter vi nu Ramsøyfeltets gabbro, har den krystallisationsfølgen:

1) *Plagioklas*, 2) *Apatit*, 3) *Magnetit*, 4) *Mg-Fe-silikat*.

Efter dette skulde man altsaa først og fremst vente en koncentration av plagioklasen, som i andre magmaer hvor denne er i overskud, men nogen mer end almindelig plagioklasrik bergart (labradorsten) forekommer ikke i feltet.

Det som nr. 2 utkrystalliserte mineral, apatiten, viser heller ingen koncentrationer. Tvertimot viser den normale gabbro en betydelig større apatitgehalt end malmen.

Først det 3die mineral i gabbroens krystallisationsrække, magnetiten, viser en meget markert koncentration i forhold til alle de andre mineraler, som allerede tidligere omtalt.

Mg-Fe-silikaterne endelig er temmelig ensartet utbredt over det hele, kun med forholdsvis uvæsentlige anrikninger.

¹ J. H. L. VOGT: Über Anchi-monomineralische und anchi-eutektische Eruptivgesteine. Vidensk. Selsk. Skr., Kristiania 1908.

Magnetitens anrikning synes imidlertid som man ser her ikke at staa i nogetsomhelst forhold til krystallisationsfølgen i den oprindelige bergart.

Den hele differentiationsproces synes i det hele at være meget forskjellig fra den for disse forekomster vanlige, idet vi i virkeligheden kun har en anrikning av magnetit i forhold til alle andre mineraler, og kun en relativt liten indbyrdes forskyvning av disse, og processen kan sikkerlig antages ikke at ha hat noget med magmaens avkjølingsflater at gjøre.

Man faar indtryk av, at det er en magnetiten selv liggende egenskap, som har gjort at netop denne er i høi grad koncentrert, uten at dette staar i forbindelse med gabbroens krystallisationsfølge, og man maa da først og fremst tænke paa tyngdens virkning.

Hvad der særlig skulde tale for en saadan antagelse er:

1. Anrikningernes optræden inden en zone langs gabbroens undre grænse (se profil s. 48).
2. Den specielle anrikning av magnetit tilrods for at dette ikke betinges av krystallisationsfølgen, og apatitens vandring i motsat retning.
3. De korrosionsfænomener, som karakteriserer en stor del av magnetitkornene i anrikningerne, i motsætning til de i den normale bergart.
4. Den krystallisationsfølge som iagttages inden flere av de midlere koncentrationsstadier, og som tilsyneladende kun kan forklares ved en anrikning av magnetit efter plagioklasens krystallisation.

Alt dette er punkter som vanskelig lar sig forklare uten hensyn til tyngdens indvirkning.

Gaar vi nu over til nærmere at betrakte forholdene under og betingelserne for denne differentiation, maa det erindres, at processerne i en magma er altfor komplicerte til, at man uten videre kan trække vidtgaende slutninger av iagttagelserne. Den rigtige vei er først ved hjælp av syntetiske metoder at bestemme de enkelte komponenters indbyrdes forhold, og først litt efter litt at komme ind paa de mere komplicerte.

Tiltrods for at meget arbeide for tiden utføres paa dette omraade, staar man endnu langt tilbake. Selv de enkelte komponentere smeltepunkter er delvis ukjendt.

Svovlkisen er det overhovedet ikke lykkedes at smelte som saadan, magnetitens smeltepunkt er ukjendt, og for flere av Fe—Mg-silikaterne er det kun unøiagtig bestemt. Av 2-komponentsystemerne er plagioklas-magnetit, magnetit-Fg-Mg-silikat og magnetit-ilmenit endnu fuldstændig ukjendt, og før man ad syntetisk vei kan komme ind paa disses 3-komponentsystemer, vil der endnu gaa lang tid.

Det er derfor endnu fuldt berettiget at følge den av professor VOGT paabegyndte vei, ved iagttagelser fra forhaandenværende bergarter at trække tilnærmede slutninger angaaende de mere komplicerte av disse forhold.

Blandt de differentiationsprocesser, som kan foregaa *in situ* i basiske bergarter, og saaledes er lettest tilgjengelig for nærmere studium, er de, som resulterer i utskillelsen av de rike sulfidmasser, væsentlig magnetkis, og de som har magnetit-ilmenit-malmer som endeprodukt. Tiltrods for moderbergarternes nære slegtsskap er der, som saa ofte av professor VOGT fremhævet, en væsensforskjel mellem disse differentiationsprocesser, og følgelig ogsaa, som jeg tidligere her har nævnt, mellem disse malmes optræden inden sin moderbergart.

Magnetkisens differentiationsproces bestemmes av de to faktorer, at den har det laveste smeltepunkt (1183°) av de i magmaen optrædende enkle mineraler, og at sulfiderne nær magmaens krystallisationstemperatur har en langt mindre opløselighet i silikaterne end ved høiere temperaturer. Har vi nu en sulfidførende magma med fuld gjensidig opløselighet ved høiere temperatur, kan der ved avkjølingen indtræ tre tilfælder.

Enten naaes opløsningsgrænsen før krystallisationen begynder. De overskytende sulfider utskilles da som en egen magma, der efter samme regler som for en vanlig smelteovn med basisk slagg vil synke nedad paa grund av tyngden og holde sig flytende, til hovedmagmaen for en væsentlig del er krystallisert, mens resten av sulfiderne forblir opløst. Derav den hyppig iagttagne foreteelse, at inden forekomster med hovedsagelig koncentration av sulfiderne *in situ* optrær ofte „Nachschübe“ av renere sulfidmasser.

I det andet tilfælde naaes opløsningsgrænsen først efterat mere eller mindre av silikaterne allerede er utkrystallisert, og sulfiderne vil først utskilles (i flytende tilstand) litt efter litt under krystallisationen, og følgelig ha mere eller mindre vanskelig for en adskillelse efter tyngden.

Det tredje tænkelige tilfælde er det, at opløsningsgrænsen overhovedet ikke naaes, saa magnetkisen utkrystalliserer normalt som sidste mineral. Hvis dette i det hele kan indtræ, er det ialfald kun ved meget lav sulfidgehalt.

Som ogsaa alle iagttagelser viser, er ved disse processer plagioklasen og Fe-Mg-silikaterne ikke gjenstand for indbyrdes differentiation.

Ved koncentrationerne av magnetit-ilmenit hersker ganske andre forhold.

Efter hvad man for tiden maa anta, har magnetiten et høiere smeltepunkt end de i magmaen optrædende silikater¹, og man maa ogsaa anta, at der hersker fuld gjensidig opløselighet.

Rigtignok er dette sidste ikke definitivt bevist for alle kombinationer; men under enhver omstændighet er det tilfældet for den magnetitgehalt, som oprindeligt forefandtes i den her omtalte gabbro og i alle normale basiske eruptivbergarter.

Som allerede tidligere paavist, kan det efter dette i overensstemmelse med forholdene inden feltet ansees sikkert, at differentiationen ikke skyldes processer, som har virket før krystallisationsperioden, hverken ved en separation i to magmaer eller i overensstemmelse med „Sorets principle“.

Paa s. 28 ff. har jeg forsøkt at vise, at de iagttagne fænomener skulde skyldes en differentiation som følge av *kombinert indvirkning av krystallisationsfølgen og tyngdevirkningen*, og det gjenstaaende spørsmaal er, paa hvilket tidspunkt adskillelsen har fundet sted, og hvordan den har foregaat.

Den efterfølgende forklaring herav anser jeg nærmest som et forslag til en løsning, der kan stemme overens med alle de iagttagne fænomener, idet forholdene ikke tillater noget egentlig bevis for detaljerne.

I henhold til foran opførte beregninger kan sammensætningen av den oprindelige magma tilnærmet sættes til:

45 à 50 pct. Plagioklas.

40 à 45 „ Fe-Mg-silikater.

Vel 10 „ Magnetit.

¹ Mundtlig meddelelse fra Geophysical Laboratory, Washington D. C.

Først utkrystalliserer plagioklasen, som det synes nogenlunde samtidig gjennom den hele magma. Krystallisations-temperaturen for en plagioklas av vor sammensætning skulde dreie sig om 1400° , men vil paa grund av tilstedeværelsen av de andre mineraler være nedsat meget betydelig, hvor meget vites ikke.

Plagioklasen viser ikke tydelig zonarstruktur, hvad der antagelig skyldes den omstændighet, at magmaens oprindelige sammensætning ikke ligger saa synderlig langt fra eutektikum, samt den formodede meget langsomme avkjøling, med likevegt mellem fast og flytende form.

Før plagioklas-magnetit eutektikum naaes, vil kun endel av plagioklasen være utkrystallisert, vi kan skjønsmæssig si ialfald ikke over $\frac{1}{5}$ av magmaens masse. Dernæst begynder ogsaa magnetitens krystallisation, som det synes for en stor del om egne centrer, mens plagioklasen fremdeles utfældes om de før dannede individer.

En liten del av magnetitindividerne blir nu indesluttet i plagioklasen; men de fleste er frit utviklet.

Da forholdet mellem plagioklas og Fe-Mg-silikat i de fleste facies av bergarten er forholdsvis litet forskjellig, behøver vi ikke at forutsætte nogen væsentlig gjensidig forskyvning under feldspatens første krystallisationsperiode. Som det let vil sees var ogsaa forskjellen i specifik vekt forholdsvis ubetydelig, feldspaten med sp. v. ca. 2.7, den resterende smelte med ikke over 3.3, selv om vi ikke forutsætter en lavere sp. v. i den flytende end i den faste aggregattilstand. Desuten maa smeltens viscositet ved den betydelige albitgehalt forutsættes temmelig stor.

Betragter vi dernæst forholdene under magnetitens krystallisation, finder vi:

Den resterende smelte anrikes raskt paa Fe-Mg-silikater og vil følgelig være mindre viscos. Den gjensidige forskjel i specifik vegt vil under magnetitens utkrystallisation tilta meget raskt, idet magnetitindividerne har sp. v. ca. 5, den resterende smeltes derimot avtar under 3.3.

Under disse forhold, og hvor endnu kun f. eks. $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ av magmaens volum er utskilt i fast tilstand, skulde vi derfor kunne forutsætte en gjensidig forskyvning i henhold til tyngden, her væsentlig bestaaende i en synkning av de magnetitindivider, som ikke er blit indesluttet i feldspaten. Da alle tegn tyder paa, at avkjølingen av denne magma har været meget langsom, skulde denne tilstand kunne ha be-
staat i forholdsvis lang tid.

Nogen forskyvning i likevegtsforholdet skulde denne anrikning av magnetit i bunden ikke kunne beyirke, da krystallisationen i den hele magma i den periode foregaar efter plagioklas-magnetit eutektikum, enten den ene eller den anden av disse er i overskud i fast tilstand.

Naar denne koncentration i bunden er langt fremskreden, vil den specifikke vegt her bli meget betydelig og ikke tillate de primært utkrystalliserte plagioklasindivider at forbli her. Som de letteste vil de bevæge sig opad, saaledes at man i de rikeste malmpartier ikke vil ha noget av den tilbake. Der finder man kun den sidst utkrystalliserende plagioklas, tilhørende eutektikum.

Apatiten spiller under hele processen samme rolle som feldspaten.

I de øvre partier av gabbroen er krystallisationen imidlertid foregaat fuldstændig uforstyrret, tiltrods for at endel av magnetiten er forsvundet. De mineraler, man nu kan iagttå i præparaterne derfra, har ikke undergaat nogen gjensidig

forskyvning eller bevægelse, og den halvt optiske struktur er her klart utviklet.

Som man maa forutsætte, maa der imidlertid findes mellemed i zoner omkring de rikeste malmpartier, hvor den gjensidige forflytning mellem magnetit og plagioklas endnu ikke er fuldført, hvor man altsaa endnu finder de primære plagioklasindivider liggende i en grundmasse av Fe-Mg-silikat med utskilte magnetitindivider. Dette er ogsaa netop hvad man finder, og hvad jeg har beskrevet i et typisk præparat fra denne zone (s. 26). Sammensætningen fremgaar av nr. 3 (tabellen s. 24). Der sees store, næsten halvporfyriske individer av plagioklas, uten den listeformige begrænsning og ofte mere eller mindre avrundede, liggende i en grundmasse av hyppig avrundede magnetitindivider, omgit av hornblende, som det sidste krystalliserende mineral, delvis i eutektisk sammenvoksning med magnetit. (Pl. III, fig. 1.)

Betragter vi tilslut den sidste fase av krystallisationen, finder vi i den rike malm hornblendens krystalliseret som nr. 2 i form av regelmæssige ringer omkring korroderte magnetitindivider. Dette kan jeg kun forklare mig ved en underkjøling efter plagioklas-magnetit-eutektikum. Ved dennes avslutning undergaar magnetitindividerne en kort resorption, snart avbrutt av den raske avsætning av hornblende omkring den.

Da den primære plagioklas her er borte, faar vi den resterende plagioklas som sidst utkrystalliseret mineral i mellemrummene. (Pl. II.)

I overgangsleddene er som nævnt primære plagioklasindivider endnu tilstede. Efter den samme underkjøling faar vi derfor en resorption saavel av plagioklas som av magnetit, dernæst en avsætning av hornblende mellem disse individer

samt delvis utvikling av en hornblende-magnetit-eutektikumstruktur (Pl. I, fig. 2), den eneste som er iagttatt i præparaterne fra dette felt. Denne struktur synes altsaa her kun at være kommet til utvikling ved den raske krystallisation av hornblende + magnetit efter underkjølingen.

Ved den ovenfor utviklede forklaring av krystallisationsprocessen faar vi forklaring paa alle de iagttagne fænomener, som avviker fra forholdene under normal krystallisation. Foruten tydingen av de besynderlige overgangsled under malmkoncentrationen forklares de paafaldende korroderte magnetitindivider i den rike malm som en følge dels av mekanisk transport, dels av resorption. Man faar en forklaring paa apatitmængdens paafaldende avtagen med tiltagende magnetitgehalt, og av malmens karakteristiske optræden i en anrikningszone langs gabbroens undre grænse, uten at denne anrikning støtter sig til selve grænseplanet. Som ved enhver magma maa vi nemlig forutsætte, at avkjølingen langs selve grænsen har gaat *noget* forut for den i de indre dele. Det er derfor let forklarlig, at krystallisationen ved grænsen har været saavidt langt fremskredet under hovedperioden for koncentrationsprocessen, at magnetitindividernes nedadgaende bevægelse som regel ikke har kunnet naa selve grænseplanet, men er stanset ved en puteformig undergrænse, bestemt ved avkjølingsgraden.

Med hensyn til betingelserne for en differentiation som denne er den meget avhengig av bergartens oprindelige sammensætning. Hvis vi saaledes i et tilfælde som dette havde hat en længere krystallisationsperiode for plagioklasen alene (længere fra eutektikum), vilde koncentrationen været vanskeliggjort.

I det store og hele har man flere iagttagelser angaaende tyngdens indvirkning blandt basiske bergarter end blandt sure.

I det hele bør man gaa ut fra, at tyngden er en faktor, som ogsaa bør regnes med, specielt ved differentiationen av malmer, saaledes som særlig fremhævet av professor DALY (Harvard), selv om man ikke gaar saa langt i sine slutninger som ham.

Den væsentligste indvending mot den her antydede forklaring maatte vistnok være mot antagelsen om, at i en eutektisk blanding (f. eks. plagioklas-magnetit) skulde plagioklasen kunne krystallisere om de allerede eksisterende plagioklasindivider, samtidig som magnetiten danner helt selvstændige individer i den resterende smelte. Under enhver omstændighed kan dette kun indtræ ved meget langsom avkjøling, og antagelig ogsaa lettest ved kemisk hinanden fjerntstaaende mineraler, og det stemmer forsaavidt med, at vi i vore vanlige bergarter paa langt nær saa hyppig finder eutektstrukturer, som man skulde vente efter eutektikums betydning ved de fleste krystallisationsprocesser.

V. Det ternære gabbroide eutektikum.

Det er klart, at ved alle betragtninger av denne art er kjendskapet til de enkelte konstituerende bestanddeler og deres indbyrdes krystallisationsforhold av væsentlig betydning

Tydningen av processer som de her omtalte blir derfor meget vanskeliggjort ved vort mangelfulde kjendskap til disse forhold, et kjendskap som er endnu mere mangelfuldt for de basiske end for de sure bergarters vedkommende.

Professor VOGT har i sit foran omtalte arbeide indført begrepet: „det ternære gabbroide eutektikum“, idet han ved forenkling til et 3-komponentsystem søker at fremstille krySTALLISATIONSPROCESSERNE i en basisk magma i et triangeldiagram.

Metoden skaffer selvfølgelig kun rent tilnærmede resultater, idet de forskjellige komponenter maa slaas sammen i grupper.

Plagioklasernes gruppe omfatter i disse bergarter leddene fra andesin til bytownit, med smeltepunkter varierende fra ca. 1430° til ca. 1530°.

Fe-Mg-silikaternes gruppe omfatter de rhombiske og monokline pyroxener samt hornblende.

Naar man undtar yderleddene enstatit-bronzit og anthofyllit, der ikke spiller nogen særlig fremtrædende rolle i de fleste av disse bergarter, er smeltepunktets variation ogsaa inden denne gruppe forholdsvis moderat.

Magnetit-ilmenitgruppen omfatter blandingsleddene mellem disse mineraler, for hvem ikke alene de absolute smeltepunkter, men ogsaa deres relative forhold er næsten ganske ukjent.

Naar vi imidlertid erindrer, at i de basiske bergarter er den ilmenitfri magnetit forholdsvis underordnet, og naar vi foreløbig utelukker felterne med rent overveiende ilmenit fra betraktningen, faar vi inden gruppen kun leddene med en lav og midlere titangehalt, for hvem vi foreløbig faar anse en sammenstilling i én gruppe for berettiget.

Med disse 3 grupper som hovedkomponenter, bestemte professor VOGT et punkt paa den binære eutektikumslinje

plagioklas-magnetit, efter iagttagelser og analyser av en labradorit-norit fra Lofoten¹.

Desværre er ved en tegnefeil hans diagram (s. 96) blit feilagtig, idet magnetit- og hyperstenpolen er forbyttet, men efter talopgaverne finder man let det bestemte punkts rigtige beliggenhet inden diagrammet.

For nu ad iagttagelsens vei nærmere at bestemme det ternære eutektikums beliggenhet, vilde det rigtige være at ta for sig et stort antal bergarter med de 3 komponenter tilstede i forskjellige forhold og med bestembar krystallisationsfølge, og ved analyser eller arealberegning av præparaterne at bestemme diagrammet.

Naar jeg allikevel her vil forsøke at lokalisere det eutektiske punkt noget nærmere, uten et saadant stort materiale forhaanden, er grunden væsentlig den, at jeg inden det her behandlede Ramsøyfelt finder endel kombinationer, der ellers er forholdsvis sjeldne, nemlig med samtidig tilstedeværelse av betydelige mængder magnetit-ilmenit og en forholdsvis sur plagioklas. Derved faaes iagttagelser for et par av de mest interessante punkter inden diagrammet. Et par mere tilfældige iagttagelser fra andre felter er samtidig medtat for fuldstændighets skyld.

Som det vil indsees er feilkilderne mange:

Komponentgruppernes størrelse med derav følgende variation av smeltepunktet, der for hvert enkelt tilfælde kræver en modifikation av diagrammet.

Det ringe antal iagttagelser, der væsentlig holder sig til enkelte dele av diagrammet.

¹ J. H. L. VOGT: Labradorite-norit with porphyritic labradorite crystals. Quart. Journ. Geol., 1909, s. 81—103.

Plag.

Magn.

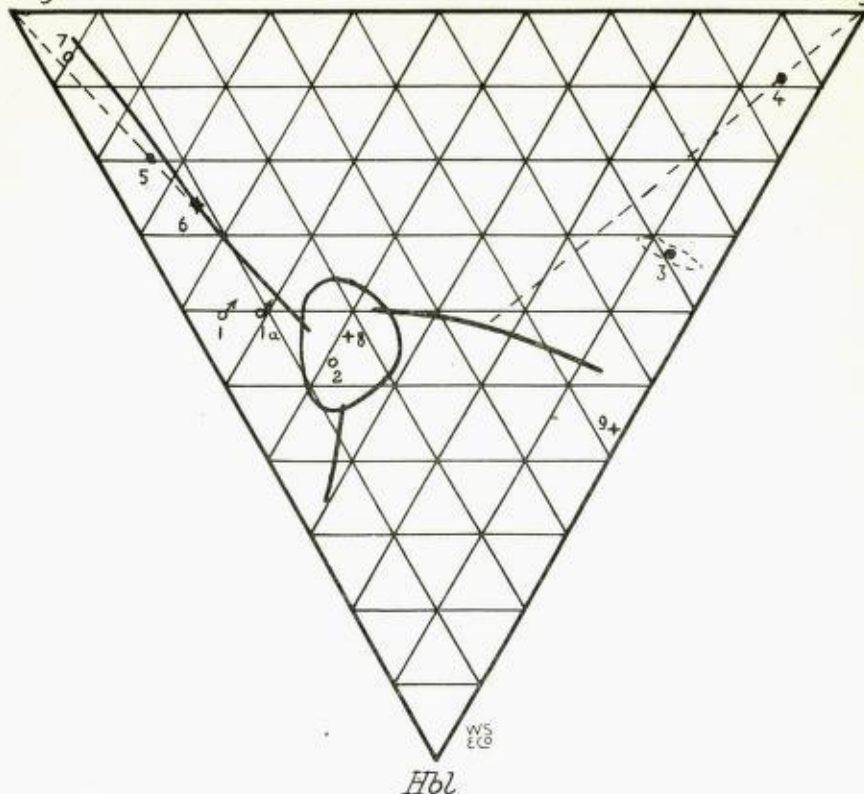


Fig. 1.

Det ternære gabbroide eutektikums omtrentlige beliggenhet og de 3 binære eutektikumslinjers omtrentlige forløp.

Diagrammet representerer kun et første forsøk paa en bestemmelse.

(Hornblende indført istedenfor hypersten. Se teksten).

Først utkrystallisert: Plagioklas i nr. 1, 2, 5 og 7 (ring), magnetit i nr. 3 og 4 (punkt), Fe-Mg-silikat i nr. 8 og 9 (kors).

- Nr. 1—2. *Kvarts-hornblende-gabbro*, Ramsøy.
- „ 3—4. *Magnetit-ilmenitmalm*, —
- „ 5. *Labradorit-norit*, Lofoten, (efter VOGT).
- „ 6. Det av VOGT bestemte punkt paa eutektikumslinjen plagioklas-magnetit.
- „ 7. *Labradorsten*, Andopen, Lofoten.
- „ 8. *Gabbro*, Storgangen, Selvaag i Vesteraalen.
- „ 9. *Titanomagnetitdiallaggit*, „ - —

Den mikroskopiske arealberegningens begrænsede nøiagtighed.

Endelig vort begrænsede kjendskap til de processer, der kan spille ind under krystallisationen av en magma, som underkjølingens betydning, en eventuel optræden av en begrænset elektrolytisk dissociation o. s. v.

Formaalet er væsentlig at faa et generelt billede av diagrammets vordende utseende, retningen av de binære eutektikumlinjers omtrentlige forløp, og en ytre environ for det ternære eutektikums beliggenhet.

Resultatet fremgaar av diagrammet (fig. 1) med angivne lokaliteter for de 9 bergarts- og malmprøver, der ligger til grund for bestemmelsen.

Nr. 1 og 1 a har krystallisationsfølgen:

1) Plagioklas, 2) Magnetit, 3) Hornblende.

Hvad angaar rækkefølgen mellem de to sidste maa der tages hensyn til den tidligere omtalte synkning av magnetitindividerne, saa den oprindelige magnetitgehalt vistnok har været større. (Betegnet ved en pil paa tegningen).

Nr. 2 (Beskr. s. 25) ligger nærmere eutektikum, med for en stor del samtidig krystallisation av plagioklas og magnetit. Dog er sandsynligvis plagioklas det ældste mineral, hornblenden det sidste.

Nr. 3 gir sammensætningen av grundmassen i malmkoncentrationens overgangsled (den porfyriske plagioklas bortelimineret) og med krystallisation: 1) Magnetit, 2) Hornblende.

Nr. 4 viser rækkefølgen: 1) Magnetit, 2) Hornblende 3) Plagioklas, meget distinkt.

Nr. 7. Plagioklasen, der er først utkrystallisert viser sammensætningen labrador (ca. 50% An).

Malmutsondringer fra dette felt fører 10% TiO_2 til 60% Fe, d: omtrent samme forhold som Ramsøfeltet.

Nr. 8. Krystallisationsfølgen synes at være: 1) Diallag, 2) Magnetit, 3) Plagioklas, dog litet utpræget. Da diallag har høiere smeltepunkt end hornblenden, kommer eutektikum her noget nærmere plagioklasen.

Nr. 9. Meget markert krystallisationsfølge: 1) Diallag, 2) Magnetit. Malmen fører 4% TiO_2 til 35 à 40% Fe, altsaa noget lavere titangehalt.

Av diagrammet fremgaar, at beliggenheten av det ternære eutektikum endnu er temmelig ubestemt.

Det ligger mellem:

30—45 % Plagioklas.

35—55 % Fe-Mg-silikater.

10—20 % Magnetit.

Det interessanteste ved diagrammet er det formodede forløp av plagioklas-magnetiteutektikumslinjen, det eneste der skiller sig væsentlig fra de av VOGT antagne forløp. Mens VOGT vil ha dette eutektikum nærmere magnetiten, jo lavere gehalten av Fe-Mg-silikater er, tyder mine resultater i dette punkt paa det motsatte, og synes deri at stemme med en række forhold blandt bergarterne. Av diagrammet fremgaar det, at det binære plagioklas-magnetit eutektikum kommer meget nær det første mineral, naar Fe-Mg-silikater ikke er tilstede. Da dette gjælder for middelsure plagioklaser, vil det i endnu høiere grad være tilfældet for de sure plagioklaser og vistnok ogsaa ortoklas med de lavere smeltepunkter. Heri kunde man eventuelt finde forklaringen til, at magnetit (ilmenitfri) i de av alkalirækkens og delvis ogsaa mellemrækkens bergarter som fører rikelig feldspat f. eks. granit og syenit næsten altid krystalliserer før silikaterne, selv ved meget smaa mængder, mens dette ikke er saa gjennemgaaende naar bergarten fører mere Fe-Mg-silikater. Desuten finder vi et træk hos labrodorstone og deres jernmalmutsondringer, der meget sterkt peker i samme retning.

Det er mangfoldige gange iagttat, at naar man har jernmalmutsondringer i normale gabbroer, noriter, hyperiter o. s. v., i det hele i bergarter med rikelig Fe-Mg-silikater, finder man ofte alle overgangsled mellem den normale bergart og dens differentiationsprodukter. Man finder differentiationerne fra

den normale gabbro henimot den rene magnetit-ilmenit, fra den normale gabbro henimot de rene Fe-Mg-silikater, og likeledes rikelig repræsentert leddene Fe-Mg-silikat til magnetit uten plagioklas, i form av titano-magnetit-dialaggiter, — enstatititer og — oliviniter. Anderledes hos labradorstenene. Disse er mindst like ofte som gabbroerne moderbergarten for utdifferensert jernmalm, men processen forløper noget anderledes. Enten finder man næsten rene magnetit-ilmenit malme som skarpt begrænsede „Nachschübe“ i den rene labradorsten, eller man har overgange fra labradorstenen til malmen, men da altid med samtidig koncentration av Fe-Mg-silikaterne. De rene titanomagnetitplagioklasiter med underordnet Fe-Mg-silikat er ikke kjendt.

Ifølge den av VOGT opstillede regel, vil nu en differentiation som regel forløpe saaledes, at produkterne mere og mere nærmer sig de tilnærmet monomineralske og de tilnærmet eutektiske produkter.

Som vi ser av diagrammet, skulde nu eutektikum plagioklas-magnetit være meget litet utpræget, med liten smeltepunktsnedsættelse, og selv den eutektiske blanding fører meget litet magnetit, særlig volumetrisk maalt.

Differentiationerne inden denne del av diagrammet skulde derfor i overensstemmelse med iagttagelserne, utelukkende gi praktisk talt monomineralske produkter.

Eftersom nu Fe-Mg-silikaterne tiltar i mængde, vil eutektikum plagioklas-magnetit bli stadig mere utpræget, med stadig større smeltepunktsnedsættelse, og dermed betingelserne for en differentiation med en række mellemprodukter tilta, likesaa mængden av materiale for dannelsen av det ternære eutektikum.

Inden denne gruppe kommer alle de overgangsled, der optrær mellem labradorsten og jernmalm. Eutektikum ind-

gaar som regel i disse overgangsled, idet det ikke utdifferenteres for sig, men undertiden finder man gange, yngre end det øvrige, hvis sammensætning tenderer mot eutektikum.

Disse ting stemmer derfor med den efter diagrammet antagne plads for eutektikum plagioklas-magnetit.

VI. Malmens utbredelse og magnetisering.

(Se magnetometerkartet.)

Paa grund av den sterke overdækning i malmdistriktet og den fuldstændige mangel paa nyere røsknings og avdækningsarbeider har man i det væsentlige kun to momenter at holde sig til ved bedømmelsen av malmforekomstens utstrækning og form:

1. De gamle grubeaapninger.
2. Det magnetometriske kart.

Da grubeaapningerne omtrent alle staar fulde av vand og er halvveis overgrodde, gir de temmelig litet indblik i malmens optræden, og da de i sin tid alle er anlagt efter bergkompassets anvisning, er det i virkeligheten næsten utelukkende magnetiske maalinger, der danner grundlaget for vort nuværende kjendskap til malmens utbredelse.

Her, som ved saa mange andre jernfelter, hører derfor det magnetometriske kart til de viktigste foreløbige undersøkellesarbeider.

Dette er ikke, som mange undertiden gaar ut fra, beregnet paa at skaffe endelige resultater, det være sig med

hensyn til arealberegning og kubisering av malmen, eller overslag over malmens relative gealter.

Paalidelige bidrag til arealberegningen kan det i høiden kun gi i forbindelse med systematiske avrøskningsarbeider. Med et magnetometrisk kart for haanden kan man med større sikkerhet „interpolere“ mellem og til en vis grad ogsaa „ekstrapolere“ fra de foreliggende iagttagelser paa avdækkede steder. Kartet kan derfor til en vis grad bidra til at formindske utstrækningen av de nødvendige avdækningsarbeider.

Dets hovedopgave er imidlertid som nævnt at være forløperen for alle andre undersøkelsesarbeider.

Det danner et grundlag, der ikke alene er nyttigt, men som regel ogsaa nødvendigt for et fuldt korrekt anlæg av forsøksarbeiderne.

Ved enhver magnetisert malmforekomst, kan man av et magnetometrisk kart med sikkerhet vente at faa oplyst:

1. Forekomstens utstrækning og begrænsning.
2. Forekomstens hovedretning og hoveddimensioner.
3. Sammenhængen mellem feltets enkelte dele og den relative betydning av disse.

Som regel ogsaa:

4. Feltets faldretning.
5. Ertsføringens større eller mindre regelmæssighet.

I forbindelse med en del avrøskninger:

6. Et tilnærmet maal for mægtigheten.

I gunstige tilfælder og jevn magnetisering desuten:

7. Et tilnærmet maal for dypgaaende.

Hvad Ramsøfeltet angaar har malmen der sterke magnetiske egenskaper, saa man faar et utmerket billede av feltets magnetisering.

Som man av forekomstens genesis kunde vente, tyder kartet paa en i detaljer meget uregelmæssig malmforekomst med overgangsled fra den rikere malm til den malmførende bergart. Der er derfor udviklet et stort antal sterke primære og sekundære magnetiske poler, hvad der umuliggjør en tilnærmet bestemmelse av mægtighet eller dypgaaende paa basis av kartet.

Derimot gir det en utmerket oversigt over forekomstens optræden i sin store almindelighet, og viser for det første med al ønskelig tydelighet, at malmen staar i et markeret forhold til gabbrofeltets grænse.

Tar vi magnetometerkartet for os, finder vi, at i det store og hele forløper malmzonen i en stor bue rundt graniten, men ved nærmere eftersyn opløser denne sig i 3 markerte og tilnærmet parallelle zoner med sterkt positivt drag og længderetning N—S, likesom denne retning ogsaa i detaljen er ganske markert gjennom hele feltet.

Disse malmførende zoner viser sig at repræsentere mere eller mindre utprægede tunger av gabbroen ind i graniten.

De er derfor adskilte ved markerte indbugtninger av granitgrænsen, der videre fortsættes av magnetisk neutrale eller negative zoner langt ind i gabbrofeltet.

De magnetiske kurver antyder her ogsaa malmens faldretning, og dermed det sandsynlige forløp mot dypet av gabbrogrænsen.

Av disse forhold slutter jeg, at gabbroens grænse mot graniten ikke kan antages at forløpe vertikalt mot dypet.

Gabbroen synes derimot med sin undre grænse at være plogfureformig injicert i graniten, i længderetning N—S, og med akseretning faldende mot N.

Ved erosionen er saa de underliggende granitrygge delvis kommet frem i overflaten og danner de synlige lange tunger ind i gabbroen, der videre maa antages at fortsætte under gabbroen, og der repræsenterer de magnetisk neutrale og negative zoner i denne.

Paa basis herav kan nu de sandsynlige profiler optegnes (s. 48).

Disse er altsaa konstruerte utelukkende efter magnetometerkartet, og kan derfor ikke ansees helt sikre, men i hovedsaken kan de dog med stor sandsynlighet antages at repræsentere det virkelige forhold.

Hermed synes ogsaa at stemme den mundtlige oplysning, jeg anførte (s. 13) angaaende Larsgruben I, hvor man i ca. 25 m. dyp var kommet ned paa en mot NO skraaende slette med underliggende graaberg. Dette har antagelig været granitgrænsen, om jeg end ingen sikkerhet har for denne antagelse.

Malmen, der følger grænsen, synes derfor at maatte forløpe temmelig skraat mot dypet, og den midtre malmzone skulde efter dette antages, ikke at være særlig dyp-gaaende, især i sin sydlige del.

I et par foregaaende kapitler, har jeg gjennom en læn-gere teoretisk utredning forsøkt at skaffe en tilfredsstillende forklaring av malmens differentiationsproces. Selv om denne utredning i og for sig ingen praktisk betydning har, vil det let indsees, at konklusjonen er av væsentlig betydning for forstaaelsen av malmens optræden og utbredelse mot dypet.

Som konklusjon er jeg kommet til, at differentiationen antagelig skyldes en kombinert indvirkning av krystallisations-følgen og tyngden. Hvis denne antagelse i fremtiden skulde

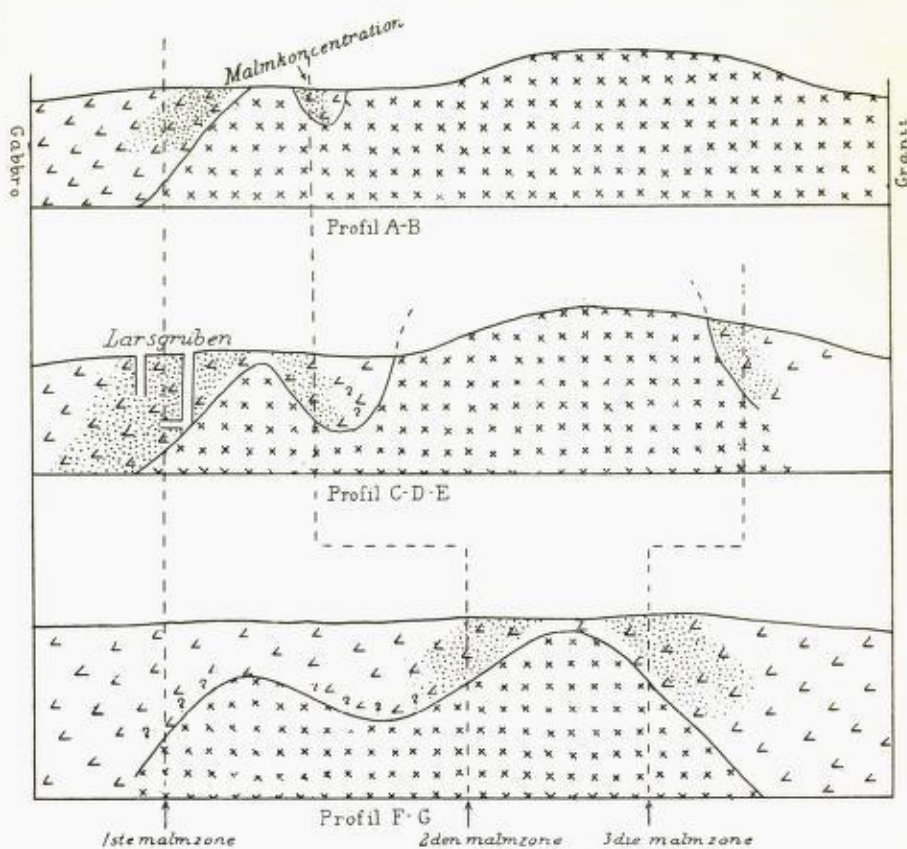


Fig. 2.

Forekomstens formodede forløb mot dyppet. Profilsnit, konstrueret efter magnetometermaalinger, samt enkelte blotninger. (Se kartet).

vise sig at være rigtig, vil den i forbindelse med den av magnetometerkartet fremgaaende antagelse om gabbrogrænsens forløp mot dypet, gi den forønskede oversigt over malmens generelle forløp mot dypet, og den nødvendige veiledning ved videre eftersøkning av malmen.

De utprægede N—S gaaende zoner uten magnetometrisk drag, som jeg altsaa antar repræsenterer rygge i den underliggende granit, skulde da likeledes repræsentere malmfrie eller malmfattede zoner. For den øvre (sydlige) dels vedkommende kunde dette forklares ved, at den overliggende gabbro kun har en liten mægtighet før man kommer ned paa graniten.

For den generelle forklaring kan vi imidlertid atter ty til antagelsen om malmfeltets dannelsesmaate. Ved synkningen av magnetitindividerne har nemlig disse naturligen hovedsakelig samlet sig i de utpræget rendeformige fordypninger av gabbroen, og kun i mindre utstrækning over de opstaaende granitrygge. Forsaavidt faar man en analogi med *Sudburyfeltet* i Canada, hvor der er en utpræget ansamling av sulfider i fordypningerne i noritfeltets undre grænse¹; dog med den forskjel, at denne regel dér er langt mere utpræget, som følge av at sulfiderne er utskilt allerede i flytende tilstand, og følgelig har hat langt lettere for en saadan ansamling.

Ser vi nu nærmere paa malmfeltet ved Ramsøy, falder det naturlig i 3 adskilte zoner, den vestre, midtre og østre.

Den midtre zone, der efter dette danner en grøft mellem 2 opstikkende granitrygge, skulde man derfor ikke vente sig saa meget av, da den opstikkende granit i kartets nordlige

¹ A. P. COLEMAN: The nickel Industry. Bureau of Mines. Ottawa, 1913.

hjørne enten danner en grænse for denne grøfts utbredelse mot dypet (hvis det er graniten i det liggende), eller hvis det er gabbroens hængende grænse, gir temmelig liten mægtighet av denne, og følgelig liten koncentration.

I den vestlige og den østlige zone falder malmen mot dypet henholdsvis mot vest og mot øst, den første temmelig steilt, den sidste svakere, idet magnetometerdraget overalt avtar bort fra granitgrænsen.

Det spørsmål som nu blir av størst betydning for bestemmelsen av feltets størrelse er følgende:

Skyldes magnetometerdragets avtagen bort fra granitgrænsen en avtagen av malmmængden nedover, eller skyldes det malmens stadig dypere stilling eftersom grænsen synker henholdsvis mot vest og øst? Efter min tidligere utredning skulde det sidste være det sandsynligste, og man skulde eventuelt kunne vente en malmanrikning av større eller mindre betydning over hele gabbrofeltets bundflate.

Herfor taler ogsaa forholdet ved de 3 grunde skjærp mellem + 40 og + 60 m.-linjerne (se kartet). I disse staar der, tiltrods for det sterke magnetometerdrag, kun forholdsvis fattige malmimpregnationer, saa man eventuelt skulde vente den rikere malm nedenunder.

Hvis det første av ovennævnte alternativer var det rigtige, vilde den forhaandenværende malmmængde antagelig være for liten til at paakalde nogen opmerksomhet, i sidste tilfælde skulde mulighetene være tilstede, og en nærmere undersøkelse være berettiget. En saadan kunde da enten foregaa ved en lænsning av de gamle grubehul, og fortsat drift nedover, eller ogsaa ved en række diamantboringer inden feltet, for hvis anordning magnetometerkartet gir tilstrækkelig veiledning.

Den første metode vilde skaffe betydelige øieblikkelige utgifter og følgelig en stor risiko at bære, den sidste vilde foruten at være den billigste, tillike være den absolut rationelleste.

Den midtre malmzone skulde da, tiltrods for at den efter kartet tilsyneladende er en av de betydeligste, allikevel være den man mindst skulde fæste sig ved.

Betingelserne for en eventuel drivværdighet av feltet, vil desuten naturligvis avhænge av den mægtighet man i gjennemsnit kunde paaregne, av malmens jerngehalt og av separationsbetingelserne. Den første maa antages at være adskillig uregelmæssig, men vil neppe paa det nuværende stadium nærmere kunne fastsættes. Med hensyn til de to sidste spørsmål vil jeg komme nærmere ind paa dem i næste kapitel.

Med hensyn til en eventuel grubedrift kan det her omtales, at terrænet ikke gir adgang til stolanlæg. Hvis man ikke vil drive feltet efter de gamles primitive metode, ved at gaa ned med en synk inden hvert malmparti, maa principet for grubedriften bli at arbeide med en eller to centralskakter.

VII. Malmens kemiske sammensætning og separationsbetingelser.

Som tidligere fremhævet optrær der inden feltet alle overgange fra moderbergarten til den rike malm. De til enhver tid herskende faktorer vil da bestemme, til hvor lav gehalt man med fordel kan medta malmen, og derigjennem

hvilke malmkvantiteter der kan regnes med. Av denne grund vil det fremgaa, at der for tiden ikke kan tales om nogen gjennomsnittsgehalt for det hele felt. Den vil avhænge av hvor denne minimumsgrænse fastsættes. Tidligere har jeg omtalt, at differentiationen ikke har gaat saa vidt som til utsondring av ganske ren malm. Foruten den med magnetiten forbundne gehalt av ilmenit, vil der altid være mere eller mindre silikatmineraler tilstede.

Jeg anfører her et par analyser, utført paa den utbrudte malm, og som repræsenterer den bedste kvalitetsgruppe. I mindre partier vil man muligens kunne finde endnu noget høiere gehalter, men de kommer ikke til at spille nogen rolle.

Paa den anden side finder man muligens de betydeligste mængder av malm med lavere gehalter, jevnt avtagende nedover til den malmfri bergart.

Analyser av den bedste malm.

	I.	II.
Fe	49,52 0/0	54,8 0/0
TiO ₂	7,78 "	3,95 "
Mn	0,62 "	
S	0,34 "	0,851 "
P	0,071 "	0,011 "

I. Analysen utført av dr. O. N. HEIDENREICH, Kristiania. Gjennemsnit av en 45 kg.s prøve.

II. Efter en ældre svensk driftsanalyse.

Analyserne viser en sammensætning, som er fuldt normal for forekomster av denne type. Karakteristisk er saaledes den tidligere omtalte lave fosforgehalt, som dog vistnok vil være noget høiere i de fattigere dele av malmen.

Likeledes er den relativt høie svovlgehalt typisk. Jerngehalten vil neppe nogetsteds gaa over 55 0/0 Fe, inklusive det i ilmeniten indgaaende jern, der som det senere vil fremgaa, i dette tilfælde maa regnes med.

Beregnet efter ovennævnte analyse nr. 1 skulde malmens sammensætning bli:

- 61 0/0 Magnetit,
- 15 0/0 Ilmenit,
- 24 0/0 Silikater,

hvorefter forholdet magnetit : ilmenit = 4 : 1. Hvordan denne ilmenit indgaar har jeg ikke kunnet undersøke uten refleksionsmikroskop, som jeg ikke hadde til disposition. Hvor meget av den, der kan indgaa som fast opløsning i magnetiten er endnu ikke avgjort, men en betydelig del maa eventuelt indgaa som en meget fin mekanisk blanding.

Med hensyn til separationsmulighetene blev der for nogle aar siden foretat et par forsøk derover ved universitetets metallurgiske laboratorium av dr. P. FARUP, publicert sammen med en række andre separationsforsøk i indberetningen fra den elektrometallurgiske kommission.

Utgaende fra malm som analyse nr. 1, viste resultaterne:

Sammensætning av raamalmen	Knusning til 1 mm.		Knusning til 1/10 mm.	
	Tons raamalm pr. ton slig	Sligens sammensætning	Tons raamalm pr. ton slig	Sligens sammensætning
49,52 0/0 Fe 7,78 „ TiO ₂	1,30	53,72 0/0 Fe 8,02 „ TiO ₂	1,52	57,2 0/0 Fe 7,9 „ TiO ₂

Det fremgaar herav med al ønskelig tydelighet, at titan-gehalten *ikke* lar sig bortseparere ved de teknisk anvendelige finknusningsgrader. Man opnaar kun en bortseparation av silikaterne, og som det sees i dette tilfælde ned til en resterende gehalt av ca. 7 0/0 silikat.

Med en malm av ovennævnte sammensætning er derfor de fordele man opnaar ved en separation smaa i forhold til omkostningerne, og den vilde med den nævnte gehalt som gjennemsnit for malmfeltet, ikke ha været berettiget. Som nævnt kan imidlertid kun en del av malmen leveres med denne gehalt, mens betydelige malmmasser vil ha lavere gehalter og uten separation være værdiløse.

Jeg gaar derfor ut fra, at som tingene nu staar, kan man under ingen omstændighet tænke paa en utnyttelse av feltet, uten i forbindelse med et separationsanlæg, hvorved lavgrænsen for den brytværdige malm kunde nedsættes til 35 0/0 Fe for dagbruddenes vedkommende, og til ca. 40 0/0 Fe for grubedriften, forutsat at de øvrige betingelser var opfyltde.

Det maa nemlig erindres, at for dette felt vil salgsvaren under enhver omstændighet holde 5—8 0/0 TiO_2 , og ved alle de anvendelser for titanholdig malm, man for tiden har i sigte, det være sig elektrisk smeltning eller jernsvamp-tilvirkning, forlanges der for økonomiens skyld et raamateriale med forholdsvis høi jerngehalt.

For at bestemme, hvilken finknusningsgrad maatte ansees nødvendig ved en eventuel separation, har jeg foretat endel mikroskopiske maalinger av kornstørrelsen i den forholdsvis rike malm.

	Diameter i	
	1ste præparat	2det præparat
Magnetitaggater, max.	0,8 mm.	0,7 mm.
Do. vanlig	0,5 "	0,4—0,5 "
Isolerte magnetitkorn, max.	0,5 "	0,5 "
Do. vanlig	0,2 "	0,2 "
Yderst ubetydeligt gaar ned til	0,05 "	0,05 "

Det fremgaar herav, at en separation overhovedet ingen berettigelse vil ha ved en mindre finknudsingsgrad end 0,2 mm. Paa den anden side vil man ved at knuse ned til max. 0,1 mm. opnaa alt hvad der praktisk talt kan opnaas. Svovlgehalten vil kunne nedsættes betydeligt, og for de fattigere malmpartier, hvor endnu nævneværdigt fosfor forefindes, vil man ogsaa faa en rensning for dette.

Det salgsprodukt man vilde kunne paaregne efter en separation ved 0,1 mm. kornstørrelse, vilde holde:

Fe	55—58 %
TiO ₂	5—8 "
S	max. 0,1 "
P	max. 0,07 "
Silikater	ca. 10 "

altsaa en vare, der for øieblikket har temmelig liten værdi paa grund av titangehalten.

Resumerer vi nu tilslut resultatene, for at bedømme feltets eventuelle drivværdighet og værdi vil det indsees, at feltet hører til de vanskelige, og dets værdi endnu maa siges at være adskillig tvilsom.

For at det skulde kunne ansees drivværdigt, maa der opfyldes ialfald 3 betingelser:

1. *Kommercielt*: Der maa findes en saadan anvendelse for titanholdig malm, at titangehalten ikke (ialfald ikke væsentlig) nedsætter malmens værdi.
2. *Geologisk*: Ved boringer eller paa anden maate maa det konstateres, om den av mig antydede formodning om malmkoncentration over en større del av gabbrofeltets undre grænse virkelig holder stik, før malmkvantiteten kan ansees at berettige et anlæg.
3. *Teknisk*: Ved forsøk maa det konstateres, at separationen av malmen lar sig gennemføre med samme resultater i stor stil, som ved laboratorieforsøkene.

Saalænge én av disse forutsætninger svigter, er der intet at gjøre med feltet.

English Summary.

The present paper deals with a deposit of titaniferous iron ore in the province of *Solor*, in Southeastern Norway, and its formation through differentiation processes.

The treatise may be naturally divided into two parts. The first deals with the general features, history of mining, economical and technical conditions etc., and is supposed to be mostly of local interest. In the second part is given a description of the geology of the field, and a more general discussion of the differentiation processes in basic eruptives, and at last tried to determine approximatively the „ternary gabbroidal eutectic“, as introduced by I. H. L. VOGT.

As this part is supposed to be of more general interest a more thorough account of it is given in this summary, while the matters of the first part are only lightly touched upon.

I. General Features.

In this chapter the author mentions briefly the new advances towards utilizing the titaniferous iron ores through the methods of magnetic separation, electric smelting, and the production of „fuzzy iron“ by reducing the ore without smelting.

These processes have revived the interest taken in such deposits throughout Scandinavia, where there is a great num-

ber of them, partly mined in older times, but nearly up to the present time not in operation. After a general summary of the distribution of these deposits in Norway, it is stated that the present deposit naturally belongs to a zone of small bosses of basic eruptives, that from SV Sweden enters Norway, in a northwesterly direction.

II. History of the field.

The Ramsøy deposit has been known for about 80 years, and been subject to two different periods of mining.

The first one shortly after the discovery, was mainly one of prospecting, the surface being broken in at least 25 different places, but not one of them to a depth of more than 40 feet.

The second period was one of real mining, but only for a short period of two years (1872—1873) for which time I have calculated the total output of ore at 12—13 000 t. It was, however, too heavily fusible for the high furnaces at that time, and the ore was refused.

On page 12 I have given a table of all the small mines in the district, the area of their opening, their probable depth and volume. Most of them are reported to have ore at the bottom.

III. Geology of the field.

The geology and petrography of the present field are treated so detailed, because several features are different from the ordinary magnetic segregations of iron ore in gabbroidal rocks.

In the first place the mother rock is more acid and comes much nearer up to the composition of the diorites, than is usual in this sort of deposits.

In the second place, the ore here occurs near the contact against older rocks (see map), while the ordinary mode of occurrence of titaniferous iron ores in basic eruptives, is quite independent of the contact, as stated by I. H. L. VOGT.

In the third place the titanite (in the ilmenite) cannot be separated magnetically from the magnetite, even when crushed down to $1/10$ m/m, although it is now proved in this country, that the mixture for the greater part is a mechanical one, and that the minerals as a rule can be easily separated.

The rocks in the district of Solør are altogether of Archæan age, consisting mainly of different kinds of granite and granite porphyries.

A small field of a basic eruptive, however, claims the main interest, being the mother rock for the ore. The field is only about an English mile long, and shows only small variations as to the distribution of the ferrous minerals, apart from the magnetite.

The minerals, observed in the rock, are:

Primary: Plagioclase, Amphibole, Biotite, Quartz, Magnetite, Apatite.

Secondary: Amphibole, Chlorite, Serpentine, Epidote, Magnetite (in some parts also: Garnet, Limespar and Pyrite).

The minerals of the pyroxene and olivine groups, probably also orthoclase, are wanting.

The plagioclase is determined as an acid andesine (37% An), only very faint zonal structure, in part slightly metamorphosed into epidote and white mica.

The amphibole is mainly primary, partly changed, however, into not less than 4 different types of secondary amphibole, and at last to chlorite and serpentine.

The order of the beginning of crystallisation of the minerals in the rock, is the following (as seen in diagram, page 19):

1) *Plagioclase*, 2) *Apatite*, 3) *Magnetite*, 4) *Femic silicates*, 5) *Quarz*.

The plagioclase in large crystals without inclusions, partly ophitic structure. The quartz, and often also the magnetite, as typical mesostasis between the feldspar lists (Pl. I, fig. 1).

In some parts of the rock, containing a little more femic silicates and magnetite, we find the last mineral partly included in the feldspar, but mainly in the periferic parts, the amphibole also in this case crystallizing last. The composition is here nearer to the eutectic.

In order to get an idea of the chemical composition of the normal rock, I have made a microscopic calculation of the volume of the different minerals, and from this calculated the chemical composition. The results are given on page 20

From these different features it appears, that the rock does not fit completely in any of our groups of classification. The mineral composition, especially the acid plagioclase, is that of the diorites, the structure and order of crystallization resemble more nearly certain gabbroidal rocks, and the chemical composition is intermediate. I will call it here a *quarz-amphibole-gabbro*.

As to the iron ore, it is altogether, or for the larger part, concentrated *in situ*, and we find all transitions from the rock to the ore. The maximum concentration reaches about 85 % ore (magnetite + ilmenite).

The mineral composition of the ore, qualitative, is the same, as that of the rock, except that quartz is wanting.

The order of crystallization, however, is completely changed.

The magnetite, which here predominates, has crystallized first. The crystals are in part close together, and then limited by sharp crystallographic lines, distinguished by small traces of silicates between them. In part they lie isolated in the silicates, then showing distinct corrosion. (Pl. III, fig. 2.)

As the second mineral, the amphibole has crystallized as narrow rims around all the magnetite individuals, the whole rim being uniformly orientated and partly showing twinning. The phenomena resembles a little the „corrosion or reaction rims“, commonly seen in basic eruptives, but in the present case is undoubtedly primary and due to the crystallization. As the last mineral we here find the plagioclase as mesostasis in the interstices between the amphibole rims. (Pl. II.)

The apatite has nearly disappeared. The pyrite is pretty common.

It appears, that the order of crystallization is quite different from that in the rock and is:

1) *Magnetite*, 2) *Amphibole*, 3) *Plagioclase*.

To get an idea of the transition points, I have examined different stages in the concentration process, and found their composition through microscopic measurements.

The results are given page 24, showing the absolute quantities of the different minerals, and the relative quantity of the silicates. These tables give a good idea of the regularity of the differentiation. It is noteworthy, that the proportion of plagioclase to feric silicate changes very little from the basic gabbro to the richest ore.

As mentioned before, the eutectic composition must lie between those of the basic gabbro (nr. 2) and the rich ore (nr. 4) and was supposed to lie only little above the first one, according to the facts, known from former works on those eutectics (J. H. L. VOGT, l. c.).

Therefore the intermediate stage (nr. 3 in table) should be supposed to lie on the magnetite side of the eutectic and have magnetite first crystallized.

This is not the case, the plagioclase having crystallized first, but the rock shows a very curious structure.

The plagioclase forms large, partly rounded, half porphyritic crystals without inclusions. Between them is a crystalline mass, consisting of partly rounded magnetite crystals, completely inclosed in an amphibole mass, that separates them completely from the plagioclase. This on one side, and the amphibole-magnetite on the other, seem to form two sharp contrasts. These features, I can only explain, by supposing a displacement of material, after the beginning of crystallization (see below).

IV. The process of differentiation.

A look at the magnetometric map, shows the ore in a zone along the contact against the older granite, and several irregularities of this contact, followed uniformly by the ore, proves this to be a rule and not a mere accident. (Look at the steps in the southernmost part of the map and the narrow tongue in the middle.)

On the other hand the ore is not concentrated against the *plane of contact* (the cooling plane) in the same way as the magmatic nicceliferous pyrrhotite ores and the „mixed

dikes" with the concentration continuously decreasing away from the contact.

We find it within a *zone along the contact*, having a horizontal width of up to 300 feet, and in normal direction considerably less. The contact line itself is often free from ore.

Therefore the phenomena can *not* be considered a concentration in the melted magma against the cooling plane (Soret's principle) so much more as this would have demanded also a concentration of the phosphoric acid, and would have been a completely new feature for this sort of ore depositst, which are generally found quite independent of the contact.

Another feature is still more convincing.

BRØGGER has stated the rule, that there is always a paralellism between the order of crystallization and the order of differentiation.

J. H. L. VOGT in his treatise (cited page 28) has further proved, that the differentiation processes as a rule will act against the formation of nearly eutectic or nearly monomineralic components, among these of course, mainly of the first crystallized minerals.

In the present rock however the order of crystallization was:

1) *Plagioclase*, 2) *Apatite*, 3) *Magnetite*, 4) *Femic silicates*.

The plagioclase has crystallized first, but shows no concentrations (anorthosites are not found in the field).

The apatite is the second mineral, but also not concentrated.

The third mineral, on the contrary, the magnetite, is the only mineral in the rock, that shows a very marked and

very considerable concentration, apparently without any connection at all with the order of crystallization, and without any marked displacement in the relative proportion of the other minerals (table page 24).

It seems to me, therefore, that this must be due to some quality of the magnetite itself, and then we naturally first think of its specific gravity.

For this supposition the following facts speak:

- 1) The appearance of the enrichment in a zone along the lower border of the gabbro.
- 2) The special enrichment of magnetite, although it is not induced by the order of crystallization, — and the non-concentration of apatite.
- 3) The corrosion phenomena of a great many of the magnetite individuals in the ore, but not in the rock.
- 4) The abnormal order of crystallization in certain intermediate steps, apparently due to an enrichment of magnetite after the crystallization of the plagioclase.

Before entering nearer upon this problem, we will consider a little more generally some of those differentiation processes in basic rocks, which may proceed *in situ*, and therefore are the easiest to study; especially those of nickeliferous pyrrhotite and of titaniferous magnetite.

It must however be remembered, that the processes in ordinary magmas are very complicated, so that it will take a long time before they can be cleared up by the way of experiments. Even the smelting points of some of the single components are unknown. So the pyrite has not been melted at all without decomposition, the real melting point of the magnetite is unknown, that of some of the ferric silicates not known with sufficient exactness. Of the 2-component-

systems, those of plagioclase-magnetite, magnetite-femic silicate and magnetite-ilmenite are still completely unknown, and before entering upon the 3-component systems of these minerals, a long time will elapse.

Therefore it is proper, as done by I. H. L. VOGT, from the observations in natural rocks to draw preliminary conclusions, concerning these complex relations, and that is what the present author has done in this paper.

The differentiation of pyrrhotite in basic eruptives, is determined by the two facts, that the sulphides are much more soluble in a silicate magma at high temperatures, than at low ones, and that the smelting point of pyrrhotite (1183°) is the lowest of those of the single mineral components in the magma.

On the cooling of such a sulphide-bearing magma, three cases are possible.

In the first case the limit of solubility is reached already before the crystallization of the first silicates. Then the surplus of sulphides will be separated out as another magma, and according to the same rules as those of a smelting furnace, will sink down and remain melted till the main magma for a greater part has crystallized, while the rest of the sulphides are still dissolved. Therefore the commonly observed feature, that in deposits with concentration of the sulphides mainly *in situ*, there is often found later eruptions of purer sulphide masses.

In the second case the limit of solubility is not reached till more or less of the silicates have already crystallized, and the sulphides will be gradually separated out (also in liquid condition) and accordingly have more or less difficulty in separating, according to the specific gravity.

The third case is, that the limit of solubility is not reached at all. If this be possible, it is in all cases by a very low content of sulphides.

By the concentration of titaniferous magnetite, the conditions are quite different. The magnetite has a higher smelting point than the silicates in the magma, and there is supposed to exist complete mutual solubility.

In the present case I have, as suggested before, tried to prove, that the differentiation is due to the *combined effect of the order of crystallization, and the gravity*, and I will go a little nearer into this problem.

The supposed composition of the original magma may have been as in table page 32.

The plagioclase crystallizes first, nearly simultaneously through the whole magma, and it may be supposed, that not more than $\frac{1}{5}$ of the whole magma was crystallized, when the eutectic line plagioclase—magnetite was reached. Henceforth the plagioclase and magnetite both crystallize, the first on the already existing individuals, the magnetite apparently in quite separate individuals, of which only a small part is enclosed in the plagioclase.

As mentioned before, the proportion of plagioclase to the femic silicates is about the same in all the stages of differentiation. It is therefore unnecessary to suppose any relative displacement during the first crystallization period of the feldspar.

It will also be noted, that the difference in specific gravity is insignificant, that of the feldspar being about 2,7, that of the liquid rest not over 3,3, (even when no lower specific gravity is supposed in the liquid than in the solid phase).

When now the magnetite crystallizes out, together with a considerable quantity of plagioclase, the rest is rapidly enriched in feric silicates, and accordingly the solution grows less viscose. At the same time the difference in specific gravity will increase very rapidly, that of the magnetite being about 5, that of the rest of the solution sinking below 3,3.

Under these conditions, and when only $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ of the whole magma is solidified, we should be able to presume a relative displacement of the components according to gravity, ∞ : a sinking of the magnetite, a condition, that according to the slow cooling, may be supposed to have existed for a long time.

The accumulation of magnetite lower down has not disturbed the equilibrium of crystallization, which proceeds along the plagioclase-magnetite eutecticum, no matter if one or the other is in excess in the solid phase.

As the concentration of the magnetite proceeded, the sp. gravity was very much raised in the lower part, and the already formed plagioclase individuals were forced to move upward from these concentration centers, leaving only the amount for the eutectic.

In the whole process, the apatite plays the same part as the plagioclase.

Meanwhile the crystallization in the main part of the gabbro proceeded completely undisturbed, producing a well-developed, half ophitic structure.

Certain zones must however be presumed to exist around the richest parts of the ore, where the relative displacement of magnetite and plagioclase has not been completed.

This is also what we find, and what I have described on page 62.

In the last phase of crystallization of the rich ore, we find as mentioned before the amphibole in regular rims around the magnetite individuals. This fact must be explained by a supersaturation of amphibole during crystallization along the plagioclase-magnetite eutectic line.

After this had ceased, there followed a short resorption of magnetite, soon interrupted by the rapid precipitation of amphibole.

In the intermediate zones, the same process has taken place, only here the remaining plagioclase crystals as well as the magnetite are subject to the resorption. Afterwards amphibole and magnetite have partly crystallized with eutectic structure (PI I, fig. 2), that seems only to be formed by the rapid crystallization after the supersaturation.

As to the absence of rich ore along the contact plane itself, it is easily explained by the fact, that in every magma the cooling must be a little in advance at the contact. Therefore the sinking of the magnetite individuals has been stopped before reaching the real bottom.

As seen, we have with this theory got an explanation of all the facts observed.

We may also draw the general conclusion, that gravity is a factor, which must also be taken into consideration, especially in the case of the differentiation of ores, as has been very much emphasized especially by professor DALY (Harvard).

In the very much drift-covered district, a future development of the deposit may contribute to prove the correctness of this theory.

V. The „ternary gabbroidal eutectic“.

When J. H. L. VOGT in his paper, before cited, introduced this term, which should cover the general crystallization processes in gabroidal magmas, he was obliged to combine all the numerous components in such a magma, into three main groups of components: 1) Plagioclases, 2) Femic silicates (such components as olivine, enstatite and antophyllite with a considerably higher smelting point excepted) and 3) Magnetite-ilmenite.

As far as yet known, these groups include not only the minerals, chemically nearly related, but also those with smelting points of the same order of highness, although of course they differ considerably, also within the groups. Accordingly this method can only by expected to give approximate results. In this way VOGT used the observations and analyses from a labradorite-norite from Lofoten in Northern Norway to determine a point on the plagioclase-magnetite eutectic line, with a certain amount of femic silicates present. There is an error in the drawing of the diagram in his paper, but the correct point may easily be found from the figures given (se diagram fig. 1, points 5 and 6).

The best method for a nearer determination of the ternary gabbroidal eutectic, would be to examine a great number of this sort of rocks, with various composition and a distinguishable order of crystallization.

When I have tried here to locate this point (or area, according to the differing components) a little nearer, without such a large amount of material, it is because the present field has afforded a number of types, elsewhere seldom found, viz: relatively large amounts of magnetite and acid plagi-

clase together, and accordingly belonging to an important part of the diagram. The results are given in the diagram fig. 1, the points 1—4 being the types described from the present field, the points 7—9 titaniferous magnetite-bearing rocks and ores from other Norwegian fields.

A small ring indicates first crystallization of plagioclase, a dot that of magnetite, a cross that of femic silicates.

In this summary a more detailed description of the different points cannot be given.

According to the many causes of errors, the diagram is only intended to give an idea of the position of the eutectic point, lying within the area indicated and with 30 to 45 % plagioclase, 35 to 55 % femic silicates, and 10 to 20 % magnetite.

The most interesting point in the diagram is, I suppose, the position of the eutectic line plagioclase-magnetite.

While VOGT places this eutectic nearer to the magnetite, the lower the percentage of femic silicates is, I believe, that in this respect, it must be the opposite. According to this, the eutectic between those minerals, when femic silicates are not present at all, should be very near to the plagioclase. This should then be expected to be still more the case with the acid plagioclases and the orthoclase, both having a lower smelting point. In this way, we might possibly find the explanation of the fact, that in all the rocks very rich in alkali feldspar, as granite, syenite etc., we almost invariably find the magnetite (non-titaniferous) crystallized before the silicates, even when present in very small amounts. This however is not so generally the case in rocks rich in femic silicates and basic plagioclases.

Also certain observations from fields of anorthosites point in the same direction.

It is very often observed, that when iron ore differentiations are found in gabbros, norites, hyperites etc., σ : in all rocks rich in femic silicates, we often find all the transitions from rock to rich ore.

So we find the differentiations from gabbro towards pure titaniferous magnetite, from gabbro towards pure femic silicates, and often also the intermediate stages between magnetite and femic silicates.

The different types of ore are called by VOGT titanomagnetite-diallagites, — enstatites, — olivinities etc.

The anorthosite rocks on the other hand show other features. They are as often as the gabbros found as mother rocks for titaniferous magnetite, but the process goes on otherwise.

Either we find bodies of nearly pure ore as sharp-cut after-eruptions in the pure anorthosite, or we find transitions from the anorthosite to the ore, but in the latter case invariably with a concentration of the femic silicates at the same time.

Pure titanomagnetite-plagioclasites are unknown.

According to VOGTS rule, a differentiation should now proceed towards the formation of either nearly monomineralic or nearly eutectic products.

According to my diagram the eutectic of pure magnetite-plagioclase should be very little marked, and with only a slight depression of the smelting point, even the eutectic mixture carrying very little magnetite. The differentiation in this part of the diagram therefore, should give only practically monomineralic products.

As the amount of femic silicates increases, the eutectic plagioclase-magnetite should be constantly more well-marked, with a greater depression of the smelting point, the quantity of eutectic mixture also increasing, and we get a more prominent formation of nearly eutectic products. Within this group therefore, we find the transitions between anorthosite and iron ore, and the observations agree with the theory.

VI. Distribution and magnetization of the ore.

In the drift-covered area only small parts of the rock are visible, and in the old mines now filled with water, there is but little to be seen. Therefore the magnetometric map has been the main source for a general knowledge of the ore field.

After a general discussion of the importance of such maps for a great many of the iron-ore fields, and of the limits for their use, the author proceeds to discuss the conclusions, to be drawn from the present map.

It is first seen, that the deposit in the details is quite irregular, with many primary and secondary magnetic poles, making it impossible from the map alone to get approximate measures of the width and depth of the ore.

On the other hand it gives a fine general view of the deposit, shows the distinct relation to the contact, and how the ore, viewed as a whole, forms a great semi-circle around the granite field.

Looking closer however, it may be easily seen, that this semi-circle, is really composed of a series of nearly parallel zones of ore in the direction N—S (3 of them very marked), separated by narrow tongues of granite extending

into the gabbro field, which are continued inward by neutral or negative magnetic zones.

The isoclinal curves indicate the direction of the dip of the ore.

From these facts I conclude, that the contact granite-gabbro does not continue vertically, or nearly vertically, downwards.

The gabbro seems to be injected like a plough furrow in the granite, the furrows dipping slightly towards the north. Erosion has later exposed the upper parts of the ridges of granite, which also continue downwards underneath the gabbro.

From this I have constructed the supposed profiles (fig. 2), referring to the profile lines on the map.

The conclusions of the theoretical considerations in the foregoing chapters, are easily seen to be of great practical importance. If the supposition of the importance of gravity for the differentiation processes of the ore be correct, ore concentrations might be expected over a greater part of the lower contact of the gabbro. The neutral fields over the granite ridges might be explained by the natural accumulation of the magnetite in the deeper parts of this contact.

The ore field is divided naturally in the eastern, middle and western zones.

The middle zone, according to this, should not be expected to proceed very deep.

The western and eastern zones of ore, dip respectively towards the west and east. A main question is now, whether the gradual decrease of the magnetic field in these zones away from the granite, is really due to a disappearance of the ore downwards, or to the greater depth in these

parts of the field. I suppose the last case to be true, but only future borings can really determine it. This is the essential question for every calculation of the quantities of ore present.

[On the map, blue is the positive, orange the negative magnetic field. The neutral line is black. The crossed line is the contact line granite-gabbro. The hatched fields are mines.]

VII. The chemical composition and the possibilities for a separation of the ore.

As mentioned before, there are in this field all intermediate stages between rich ore and rock. Neither an average analysis for the whole field, nor the quantity of ore can therefore be fixed, before the lower limit for the iron content, that can still be successfully mined, has been fixed.

On page 52 is given average analyses of the richer parts of the ore. Only small quantities can be supposed to have a higher average than this, and on the other hand a great deal of ore is available with a lower one.

The composition, as regards the other components, is that, common to this type of ore deposits. The mineral composition of the same ore is given page 53, showing the proportion magnetite-ilmenite to be as 4 : 1.

As to the separation possibilities, some experiments were made some time ago at the metallurgical laboratory of Kristiania by dr. P. FARUP.

The results are given in the table, page 53, the first column giving the composition of the raw ore, the third and fifth that of the concentrates, the ore being crushed respectively to 1 mm. and $\frac{1}{10}$ mm. It is seen, that the content of titanitic acid cannot be reduced in this case.

Notwithstanding this fact, I suppose that a utilizing of the ore deposit could only be practicable with a concentration plant, on account of the great quantities of poorer ores.

To find the necessary degree of crushing for such a separation, I have measured the dimensions of the single mineral individuals of the ore, as shown in table page 55.

The result is, that the least degree of crushing in order to obtain a concentration (removing the silicates) is about 0,2 mm.

The average composition of the final concentration products (crushed to $\frac{1}{10}$ mm.) may be supposed to be as stated page 55.

The conditions for utilizing the deposit are therefore:

1. A technically satisfactory method for treatment of titanium-ferous iron ores.
 2. A concentration of ore over a greater part of the lower contact of the gabbro field.
 3. A technical separation giving results, not inferior to those obtained by the laboratory experiments.
-
-

Til plancherne.

- Pl. I, fig 1. *Kvarts-hornblende-gabbro.*
Magnetit og kvarts (kv.) som „zwischenklemmungs-masse“ mellem feldspatlisterne.
— nic, × 36.
- „ fig. 2. *Eutektisk sammenvoksning magnetit-hornblende*, fremkommet ved rask krystallisation efter underkøling.
‡ nie, × 70.
- Pl. II. *Malm med 86 0/0 magnetit ilmenit.*
Hornblenden som ens orienterede ringe omkring magnetit-individerne, plagioklasen sidst utkrystalliseret i mellemrummene.
+ nic, × 36.
- Pl. III, fig. I. *Malmkoncentration med 51 0/0 magnetit.*
I midten et noget rundet plagioklasindivid, omgitt av senere utkrystalliseret hornblende-magnetit. I periferien andre plagioklaser.
+ nic, × 14.
- „ fig. 2. *Forholdvis rik malm*
Magnetitindividerne dels tæt sammenhobet, krystalbegrænset, dels isolert i silikaterne og korroderet.
‡ nic, × 16.
-



Fig. 1.

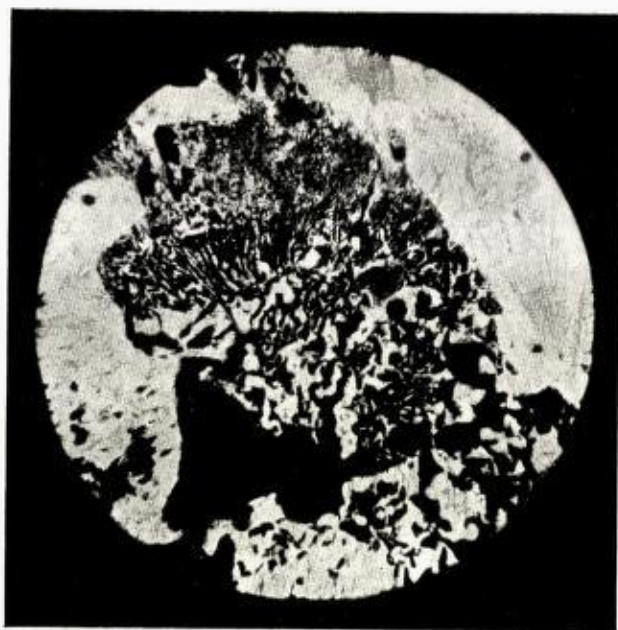


Fig. 2.





Fig. 1.

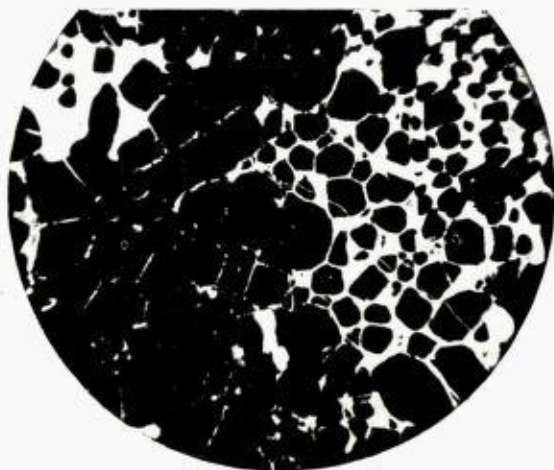


Fig. 2.

Magnetometrisk kart over RAMSÖY jernmalmsfelt i Solør

Optat og utarbeidet av
Steinar Foslie
Bergingeniør
1:200

Optat med Tibergs inclinator
Magnetisk konstant $k=075 H$

- Grube-åpning
- Skjærning
- Grænse: Granit-Gabbro
- ▲▲▲ Vigtigste malmhalder
- Isoklinale kurver for hver 10°
- Positivt drag blaåt, negativt gult.
- Neutrallinjen sort.
- Kristiania 1/4 1913
- Steinar Foslie

