



# Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

## Rapportarkivet

|                        |                    |                  |                      |                    |
|------------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| Bergvesenet rapport nr | Intern Journal nr  | Internt arkiv nr | Rapport lokalisering | Gradering          |
| 6231                   |                    |                  |                      |                    |
| Kommer fra arkiv       | Ekstern rapport nr | Oversendt fra    | Fortrolig pga        | Fortrolig fra dato |
| Elkem as               | 84 - 88            | Elkem as         |                      |                    |

Tittel

Bråstadfeltets geologi. Diplomoppgave for stud. techn. Birger Kolsrud.

Forfatter

Kolsrud, Birger

Dato

År

21.12 1955

Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)

NTH/Elkem as

Kommune

Arendal

Fylke

Aust-Agder

Bergdistrikt

1: 50 000 kartblad

16114

1: 250 000 kartblad

Arendal

Fagområde

Geologi

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkesfelt)

Bråstad

Råstoffgruppe

Malm/metall

Råstofftype

Sammen drag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Diplomoppgaven gir en geologisk og petrografisk beskrivelse av Bråstad Gruber.

Kolsrud, B.

BRÄSTADFELTET'S GEOLOGI.



pr. 7/8 Rødsand Gruber

GEOLOGISK INSTITUTT  
Norges Tekniske Högskole.

Diplomoppgave for stud. techn. Birger Kolsrud.

Gi en geologisk og petrografisk beskrivelse av Bråstad Gruber i Froland.

Det bør legges vekt på at resultatene kan være til praktisk nytte for den videre grubedrift ved forekomsten.

Trondheim høsten 1955

Jens A. W. Bugge (sign.)

ERKLÆRING.

Jeg erklærer på ære og samvittighet at jeg ikke har brukt  
ulovlige hjelpemidler i det store eksamensarbeid i geologi.

H. T. H., den 21. desember 1955

*Birger Kotsrud*

INNHALDSFORTEGNELSE.

|                                                       |      |    |
|-------------------------------------------------------|------|----|
| OPPGAVETEKST .....                                    | side | 1  |
| BEKLÆNING .....                                       | "    | 2  |
| INNHALDSFORTEGNELSE .....                             | "    | 3  |
| FORORD .....                                          | "    | 4  |
| KARTVERKET .....                                      | "    | 5  |
| KARTAREBEIDET .....                                   | "    | 5  |
| STASJONSPUNKTENE'S KOORDINATER, HØGDE O.S.V. ....     | "    | 9  |
| TVERPROFILER .....                                    | "    | 12 |
| KORT OVERSIKT OVER ARETALSFELET .....                 | "    | 13 |
| ELDERE ARBEIDER OM BRÅSTADFELTET .....                | "    | 14 |
| OVERSIKT OVER BRÅSTADFELTETS OPPBYGGING .....         | "    | 15 |
|                                                       |      |    |
| PETROGRAFI .....                                      | "    | 24 |
| Fegatitene .....                                      | "    | 24 |
| Graniten .....                                        | "    | 28 |
| 1. Kokkolit-kolofonit-skarn .....                     | "    | 28 |
| 2. Hornblende-epidot-monoklin-pyroxen-skarn .....     | "    | 29 |
| Hornblendegneisene .....                              | "    | 32 |
| Jernmalmen .....                                      | "    | 34 |
| KORT OVERSIKT OVER DE FØRSTJELLIGE MINERALER INNEN    |      |    |
| BRÅSTADFELTET ++ .....                                | "    | 39 |
| LITTERATUR .....                                      | "    | 44 |
|                                                       |      |    |
| NIVELLERING, UTJAMNING AV POLYGONDRAGENE OG BEREKNING |      |    |
| av stasjonspunktene's koordinater og høgde            |      |    |

F O R O R D.

Arbeidet med oppgaven tok til i juli 1955 og har fordelt seg med vel 3 måneder på feltarbeidet og snaue 2 måneder til bearbeiding av resultatene.

Av tiden i feltet ble ca. 6 uker benyttet til kartarbeidet. Feltarbeidet måtte avsluttes noe tidligere enn beregnet på grunn av snö og dårlig vær.

Det område jeg har kartlagt i detalj, er etter ønske av direktör Överlie, Röd'sand Gruber.

Jeg er direktör Överlie meget takknemlig for at jeg fikk lov til å utföre mitt diplomarbeid ved Bråstad Gruber og for all den hjelp hans selskap har ydet meg gjennom driftsbestyrer Stokvik.

Jeg vil også på det varmeste få lov til å takke professor J.A.W. Bugge for god hjelp og hans aldri sviktende interesse for mitt arbeid.

Likeens vil jeg takke geologene Selmer-Olsen og Skordal for verdifulle diskusjoner over emnet, og preparant Iversen som har lavet tynnslipene og fotografiene av disse.

### KARTVERKET

En betingelse for å kunne gi en fremstilling av et malmfelts geologi, tektonikk, petrografi og malmlegemenes form m.m., er at man har et dag- og gruve-kartverk i passende målestokk. Gruve-kartene må kunne refereres til dag-kartene.

De kart som tidligere fantes over Bråstad-feltet var lite skikket til å bruke i dette diplomarbeid.

Over en del av området fantes et dag-kart i målestokk 1:500. Det var et delvis forstørret og gjentatte ganger tracet kart etter et oppmålingsarbeid i 1889. Stasjonspunkter kunne ikke finnes igjen, hverken på kartet eller i terrenget. Ekvidistansen var så stor som 2 m, og ellers viste kartet seg å være en svært unøyaktig gjengivelse av terrenget.

Gruve-kartene kunne ikke refereres til dag-kartet. Stasjonens dybde i forhold til dagoverflaten var ikke nøyaktig kjent, og også disse kartet viste seg å være unøyaktige.

Til et såpass omfattende arbeid som en malmgeologisk undersøkelse av feltet er, ville det da ikke være hverken lønnsomt eller riktig å bruke det forhåndenværende kartmaterieil.

Malmlegemene er små og de geologiske forstyrrelser mange. En nøyaktig gjengivelse av alle detaljer er derfor ønskelig, og dette lot seg vanskelig gjøre med det gamle kartverk. Min oppgave kom derfor til å omfatte også et større kart- og innmålingsarbeid.

#### Kartarbeidet.

Dag-kartet (kartblad 1) dekker området mellom gruvefeltets grensegjerder i nord, øst og syd, og Arendal-Treungen-banen i vest. Det hele ca. 40 mål.

Terrenget er sterkt kupert og svært lite oversiktlig på grunn av vegetasjon.

Målestokken er valgt så stor som 1:500, da malmlegemene som sagt ofte er små og fordi de viktige, smale pegmatitranger derved kan kartlegges nøyaktigere. Ellers er kartet tegnet etter forskriftene i NS 741, med unntagelse av ekvidistansen, som her er valgt 1 m i stedet for 0,5 m.

Så å si alle stasjonspunktene til dag-kartet er merket med bolter i fast fjell. Til boltene er det festet aluminiums-skilter som angir punktets nummer. Tre stasjoner er merket med rør som er slått dypt ned i grunnen (P9, P12 og P13).

Før innmålingen tok til, ble det tegnet en kroki over området i målestokk ca. 1:500.

Til innmålingsarbeidet ble det benyttet en Wild T1 med tvangsentreringsutstyr, optisk lodd og to signaler.

Sidelengdene i polygondragene er målt med 50 m stålmålebånd (nytt) og siden kontrollert optisk.

Koordinatsystemet er valgt lokalt, da NGO opplyste at for dem hadde det ikke noen spesiell interesse å få knyttet et så lite område til landsnettets koordinater.

Retningen for magnetisk nord er bestemt med et Silva oljekompass, og misvisningen på stedet ble oppgitt av Arendal Sjømannskole.

Et av stasjonspunktene (P11) er nivellert inn etter å ha gått ut fra et av MSP's fastmerker for linjenivellement ca. 50 m borte.

Stasjonspunktene er målt inn i et lukket polygondrag. Vinklene er satsmålt i to halvsatser.

Ca. 500 terrengpunkter er tachymetrert inn ved siden av at det er tegnet skisser.

Kartblad 1 omfatter bare den syd-vestlige delen av feltet, og meningen var at det bare var denne del av feltet som skulle undersøkes malmgeologisk. Den nord-østlige del var overhode ikke tidligere kartlagt. Men etter hvert som undersøkelsene skred frem, viste det seg at også dette område må betegnes som lovende med hensyn til malmforekomster, og da gruvedriften trolig vil utvide seg i NO retning, var det presserende å få et geologisk kart over dette området også.

Et nytt lukket polygondrag ble knyttet til det første draget, og målarbeidet her ble foretatt på samme måte som for området på kartblad 1.

Kartblad II omfatter ca. 30 mål, og det ble gjort observasjoner av ca. 400 terrengpunkter. Kartblad I var allerede ferdigtegnet for tanken om nok et kartblad fremkom. Dette er grunnen til den litt uheldige plassering av det innmålte område på de to kartblad.

Kartbladene, som er tegnet på Schönlhansens kartpapir (format A1), er kontaktfotografert, og negativene (kodagraph-filmen) er nyttet til videre mangfoldiggjøring ved lyskopiering.

Gruve-kartene omfatter også to kartblad, etasje 1 og 2.

Å måle opp hele systemet av stoller og drifter ville bli et for stort og tidskrevende arbeid til å bare være en del av diplomoppgaven. Derfor ble bare ca. 50 stasjonspunkter målt inn på de to etasjene. Disse er lagt slik at en videre oppmåling av gruben lett kan knyttes til de innmålte punkter.

Gruben er løst ved to skråsjakter til etasje 1. Av disse går det foreløpig bare en videre til etasje 2. På den måten ble det mulig å lukke det ene polygondraget ved å gå ned den ene sjakten til nivå 1, gjennom etasjen, og opp den andre sjakten (i hoveddrag etasje 1).

Draget er knyttet til polygondraget for kartblad 1.

Ut fra disse underjordiske stasjoner er det så målt inn en rekke både åpne og lukkede drag. En svakhet er det lange, åpne drag fra etasje 1 og ned på etasje 2. Dette kan først utjammes når sjakt nr. 2 når ned til dypetasjen.

En del av de drifter som ikke ble målt inn for denne oppgaven, er overført fra eldre kart. Omrisset av disse er stiplet. Snittet av etasjene er lagt i siktelinjens plan.

Fra stasjonspunktene er detaljpunkter målt inn med målebind. Stasjonspunktene er merket med bolter i fast fjell, aluminiumskiver med stasjonsnummer og omgitt av kvitmalte ringer. Alle boltene sitter i firsten (merket f) med unntagelse av to stykker som er festet til silen (merket s). Nivelllementet, utjammingen av polygondragene og beregningene av stasjonspunktene koordinater og høyde er gjengitt sist i oppgaven.

Ved de polygondrag hvor den optiske sentrering kunne nyttes, er vinkelfeilen ubetydelig. Her var også sidelengde relativt lange, slik at sentreringsfeilen ikke spilte så stor rolle. Men for de korte siktene som oppsto under jord fikk sentreringsfeilen større innflydelse. Her var også boltene i stasjonspunktene noe klosset utformet. Sentreringsfeilen kunne bli så stor som  $\pm 4$  mm, både på teodoliten og de optiske signalene. Ved å bryte av et drag to ganger under vinkelmålingen kan en få en vinkelfeil bare på grunn av feilsentrering,

( ved 10 m. sidelengde)

$$= \frac{\pm 4 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{10.000} \cdot 8 = \pm 5.609''$$

Korreksjonene ved utjamningen av vinkelfeilen vil derfor bli store, og dette vil ha innflydelse på størrelsen av gapet.

2 tachymeter-bøker, observasjonsboken samt 4 originalkarter følger vedlagt. En skisse i isometrisk projeksjon er tegnet for å lette oversikten over graven.

Videre gjengies en samlet liste over stasjonspunktene koordinater, høyde og retningen mellom stasjonspunktene.

Polygonpunktene koordinater, højde over havet og retningsvinkelen  
mellom påfølgende polygonpunkter.

| Polygon-<br>punkt | Retning<br>fra - til |          | Y m.    | X m.     | Højde over<br>havet i m. |
|-------------------|----------------------|----------|---------|----------|--------------------------|
| 1                 | 18 - 1               | 49.2580  | 0.000   | 0.000    | 51.405                   |
| 2                 | 1 - 2                | 12.8453  | 7.229   | 35.340   | 53.951                   |
| 3                 | 2 - 3                | 59.7135  | 42.318  | 53.420   | 50.525                   |
| 4                 | 3 - 4                | 51.2119  | 88.219  | 85.457   | 55.515                   |
| 5                 | 4 - 5                | 35.5152  | 119.298 | 135.270  | 53.422                   |
| 6                 | 5 - 6                | 333.1034 | 107.508 | 178.275  | 54.444                   |
| 7                 | 6 - 7                | 210.6237 | 102.593 | 148.507  | 55.538                   |
| 8                 | 7 - 8                | 254.5530 | 52.972  | 114.187  | 59.996                   |
| 9                 | 8 - 9                | 259.8713 | 20.475  | 92.429   | 54.224                   |
| 10                | 9 - 10               | 253.9255 | -27.295 | 52.059   | 50.184                   |
| 11                | 10 - 11              | 270.1038 | -91.303 | 29.502   | 45.775                   |
| 12                | 11 - 12              | 184.5921 | -75.827 | -29.475  | 45.264                   |
| 13                | 12 - 13              | 211.9854 | -85.749 | -75.298  | 45.941                   |
| 14                | 13 - 14              | 192.3357 | -79.815 | -125.347 | 54.157                   |
| 15                | 14 - 15              | 57.5599  | -54.531 | -105.593 | 58.809                   |
| 16                | 15 - 16              | 43.7802  | -38.578 | -85.049  | 52.229                   |
| 17                | 16 - 17              | 391.5095 | -43.030 | -52.852  | 53.949                   |
| 18                | 17 - 18              | 39.4448  | -19.750 | -20.222  | 52.509                   |
| 19                | 3 - 19               | 22.4445  | 50.954  | 76.954   | 55.208                   |
| 20                | 19 - 20              | 192.5524 | 54.553  | 45.675   | 27.502                   |
| 23                | -                    | -        | 40.785  | 22.515   | -2.952                   |
| 24                | 23 - 24              | 248.9251 | 28.175  | 9.454    | -5.094                   |
| 25                | 24 - 25              | 221.1430 | 24.252  | -1.858   | -2.293                   |
| 26                | 25 - 26              | 280.1559 | 14.230  | -5.112   | -1.104                   |
| 28                | -                    | -        | 5.955   | -25.451  | 1.507                    |
| 29                | 28 - 29              | 219.7415 | 0.042   | -43.909  | 1.110                    |
| 30                | 29 - 30              | 208.5045 | -1.157  | -52.793  | 0.552                    |

| Polygon-<br>-punkt | Retning<br>fra - til |          | Y m.     | X m.     | Højde over<br>havet i m. |
|--------------------|----------------------|----------|----------|----------|--------------------------|
| 31                 | 30 - 31              | 258.5355 | -15.517  | -50.599  | 1.158                    |
| 32                 | 31 - 32              | 289.3209 | - 25.425 | -52.258  | 1.452                    |
| 33                 | 32 - 33              | 253.0193 | -34.711  | -70.701  | 1.374                    |
| 34                 | 33 - 34              | 213.591  | -41.572  | -101.423 | 1.811                    |
| 35                 | 34 - 35              | 185.730  | -39.353  | -110.242 | 2.051                    |
| 38                 | -                    | -        | -39.754  | - 54.093 | 1.758                    |
| 40                 | -                    | -        | -30.543  | -50.544  | 2.417                    |
| 43                 | -                    | -        | -35.123  | -12.271  | 51.580                   |
| 44                 | 43 - 44              | 367.3451 | -39.113  | -5.211   | 55.597                   |
| -                  | 44 - 18              | 141.8831 | -        | -        | -                        |
| 45                 | 40 - 45              | 52.8784  | -20.581  | -40.941  | 2.742                    |
| 46                 | 45 - 46              | 49.9598  | -13.111  | -33.370  | 1.853                    |
| -                  | 46 - 29              | 143.0312 | -        | -        | -                        |
| 47                 | 23 - 47              | 49.198   | 58.251   | 40.437   | -3.558                   |
| 48                 | 47 - 48              | 134.045  | 54.050   | 37.008   | -9.508                   |
| 49                 | 48 - 49              | 175.004  | 73.461   | 14.285   | -44.728                  |
| 50                 | 49 - 50              | 84.057   | 98.385   | 20.557   | -44.085                  |
| 51                 | 50 - 51              | 91.005   | 108.144  | 22.045   | -44.156                  |
| 52                 | 51 - 52              | 393.108  | 107.125  | 31.551   | -43.391                  |
| 53                 | 52 - 53              | 45.089   | 121.571  | 48.420   | -43.205                  |
| 54                 | 53 - 54              | 51.292   | 134.259  | 50.503   | -42.375                  |
| 55                 | 54 - 55              | 9.707    | 135.894  | 71.240   | -42.318                  |
| 56                 | 55 - 56              | 554.345  | 129.304  | 81.749   | -42.482                  |
| 58                 | 49 - 58              | 293.288  | 57.012   | 13.505   | -44.518                  |
| 59                 | 58 - 59              | 315.130  | 57.153   | 15.989   | -44.218                  |
| 60                 | 59 - 60              | 274.558  | 43.335   | 10.177   | -43.958                  |
| 61                 | 60 - 61              | 284.350  | 55.042   | 8.098    | -44.052                  |

| Polygon-<br>-punkt | Retning<br>fra - til |         | Y m.    | Km.     | Højde over<br>havet i m. |
|--------------------|----------------------|---------|---------|---------|--------------------------|
| 64                 | -                    | -       | 0.988   | -24.480 | -42.969                  |
| 65                 | 64 - 65              | 230.256 | -5.918  | -37.894 | -42.711                  |
| 80                 | 7 - 80               | 52.425  | 151.239 | 193.579 | 51.725                   |
| 81                 | 80 - 81              | 53.100  | 205.186 | 243.418 | 53.668                   |
| 82                 | 81 - 82              | 36.294  | 232.158 | 283.923 | 51.972                   |
| 83                 | 82 - 83              | 59.847  | 252.171 | 311.606 | 53.557                   |
| 84                 | 83 - 84              | 76.477  | 284.510 | 324.132 | 54.299                   |
| 85                 | 84 - 85              | 75.041  | 340.597 | 347.328 | 55.843                   |
| 86                 | 85 - 86              | 77.385  | 385.961 | 364.528 | 52.765                   |
| 87                 | 86 - 87              | 327.755 | 343.499 | 384.783 | 49.554                   |
| 88                 | 87 - 88              | 275.068 | 300.036 | 357.631 | 48.961                   |
| 89                 | 88 - 89              | 259.242 | 260.923 | 338.496 | 47.156                   |
| 90                 | 89 - 90              | 255.813 | 231.947 | 314.381 | 48.353                   |
| 91                 | 90 - 91              | 235.895 | 209.257 | 276.510 | 49.040                   |
| 92                 | 91 - 92              | 269.915 | 157.605 | 257.213 | 52.750                   |
| 93                 | 92 - 93              | 243.252 | 144.583 | 228.707 | 52.762                   |
| -                  | 93 - 5               | 240.285 |         |         |                          |

# TVERRPROFILLER.

Et system av tverrprofiler over forekomsten er tegnet. De 10 profilene ligger med 30 m's avstand og danner 100<sup>f</sup> med en basislinje. Basislinjen er lagt gjennom stasjonspunktene 13 og 5, altså mest mulig parallelt med strøkretingen i den syd-vestlige delen av feltet.

Basislinjens retning fra 13 - 5 (SV - NO)

$$= \underline{49.004^g}$$

Tverrprofilenes retning ( fra NV - SO)

$$= \underline{149.004^g}$$

Koordinatene for tverrprofilenes skjæringspunkt med basislinjen gjengies:

|        |    |   |           |   |           |
|--------|----|---|-----------|---|-----------|
| Profil | 1  | ÷ | 85.749 m  | ÷ | 76.298 m  |
| "      | 2  | ÷ | 64.870 "  | ÷ | 54.755 "  |
| "      | 3  | ÷ | 43.991 "  | ÷ | 33.212 "  |
| "      | 4  | ÷ | 23.112 "  | ÷ | 11.669 "  |
| "      | 5  | ÷ | 2.233 "   | ÷ | 9.874 "   |
| "      | 6  | ÷ | 18.646 "  | ÷ | 31.417 "  |
| "      | 7  | ÷ | 39.525 "  | ÷ | 52.960 "  |
| "      | 8  | ÷ | 60.404 "  | ÷ | 74.503 "  |
| "      | 9  | ÷ | 81.283 "  | ÷ | 96.046 "  |
| "      | 10 | ÷ | 102.162 " | ÷ | 117.589 " |

### KORT OVERSIKT OVER ARENDALSFELTET.

Arendalsfeltet danner en central del av Kongsherg-Bamle-formasjonen, som regnes for å være et av våre eldste grunnfjellsområder.

Feltet er oppbygget av kvartsiter, konglomerater, bånd-gneiser, amfiboliter, kalkstein, skarn, dioritiske gneiser, hyperiter med dens differensiater, arendaliter (norit-charnokit) og graniter. Fig. /.

Både kvartsitene, kalksteinen og båndgneisene, som man antar er suprakrustale, henregnes til et eldre bergartskompleks. Dette har etter dannelsen blitt utsatt for sterk foldning med etterfølgende intrusjon av basiske eruptiver (Hyperiter). Under denne jordskorpebevegelsen med nedfoldning av jordskorpen til et stort dyp, ble de ulike bergartene sterkt omdannet, bl.a. fordi de ble gjennomtrennet av oppløsninger. Båndgneisene ble f.eks. ofte omdannet til migmatiter (granitisering). Hvor metamorfosen nådde opp til granulitfacis og det var tilførsel av H<sub>2</sub>O, kunne det skje en homogenisering av eldre bergarter med nydannelse av arendaliter (arendalitisering). Dannelsen av granitene og pegmatitene i feltet må sees i forbindelse med den granitisering av bergartene som oppstod under den jordskorpebevegelsen.

Det eldste skarnet, kokkolit-kolofonit-skarnet, er et reaksjonsprodukt fra denne periode mellom kalk og den omgivende Si-holdige bergart.

Forskjellen i betegnelsen migmatit og grense-migmatit ligger i at det første må en se på som et regionalt granitiseringsprodukt, mens en grense-migmatit kan betraktes som en overgangssone fra arendaliten til de omgivende bergarter (ofte gneiser).

Arendalsfeltet strykes stort sett NO - SV og faller 50-80° mot SO.

### ELDRE ARBEIDER OM BRÅSTADFELTET.

Bråstad Gruver ligger i Øyestad kommune i Aust-Agder, tett ved Arendal-Treungen-banen og bare 4 km vest for Arendal.

Man regner at gruvedriften på forekomstene her tok til i ca. 1575.

Selv om det ikke er levert så store kvanta malm fra gruen i dens ca. 200 års lange driftsperiode, er det likevel påfallende at det til i dag ikke eksisterer noe større geologisk arbeid derfra. Forekomstene er nemlig på grunn av sin høge Fe-gehalt i malmen ganske egenartet som skarn-forekomst innen Arendalsfeltet.

I J.F.L. Hausmann's "Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807", J.E. Kieft's "Topographisk-Statistiske Beskrivelser over Kongeriget Norge 1820-1835" og i prof. A. Helland's "Antsbeskrivelser" omtales forekomstene ved Bråstad. Men først med Th. Kjerulf og T. Dahl's arbeid i "Nyt Magazin for Naturvidenskabene, bd. 11, 1861" ble området kartlagt og beskrevet geologisk. Originalkartet, som skulle "bero paa Universitetet" har jeg ikke klart å oppdrive. En geologisk skisse i målestokk ca. 1:5000 er alt som i dag eksisterer av dette kartarbeid. J.H.L. Vogt refererer til dette kart i sin oversikt over Bråstadforekomstene i NGU nr. 51, Norges Jernmalforekomster. Foruten at han fremlegger en del produksjonstall, omtaler han bergartene og malmens dannelsesprosess. Grunnfjellsbergartene, som er en presset granit og en hornblende- og plagioklasrik gneis, regner han som eruptive bergarter.

Jernmalmen oppfatter Vogt som epigenetiske malmer.

Da alle forekomstene i Arendalsfeltet opptrer i forbindelse med en rød, presset granit, antar han at maldannelsen er skjedd som en kontaktmetamorf prosess i forbindelse med graniterupsjon.

J.A.W. Lugge skriver i sin avhandling om Arendalsfeltet i NGU nr. 20 - 1940, at skarnet er fremkommet ved metasomatiske prosesser i kalkstein i forbindelse med dannelsen av arendalitene.

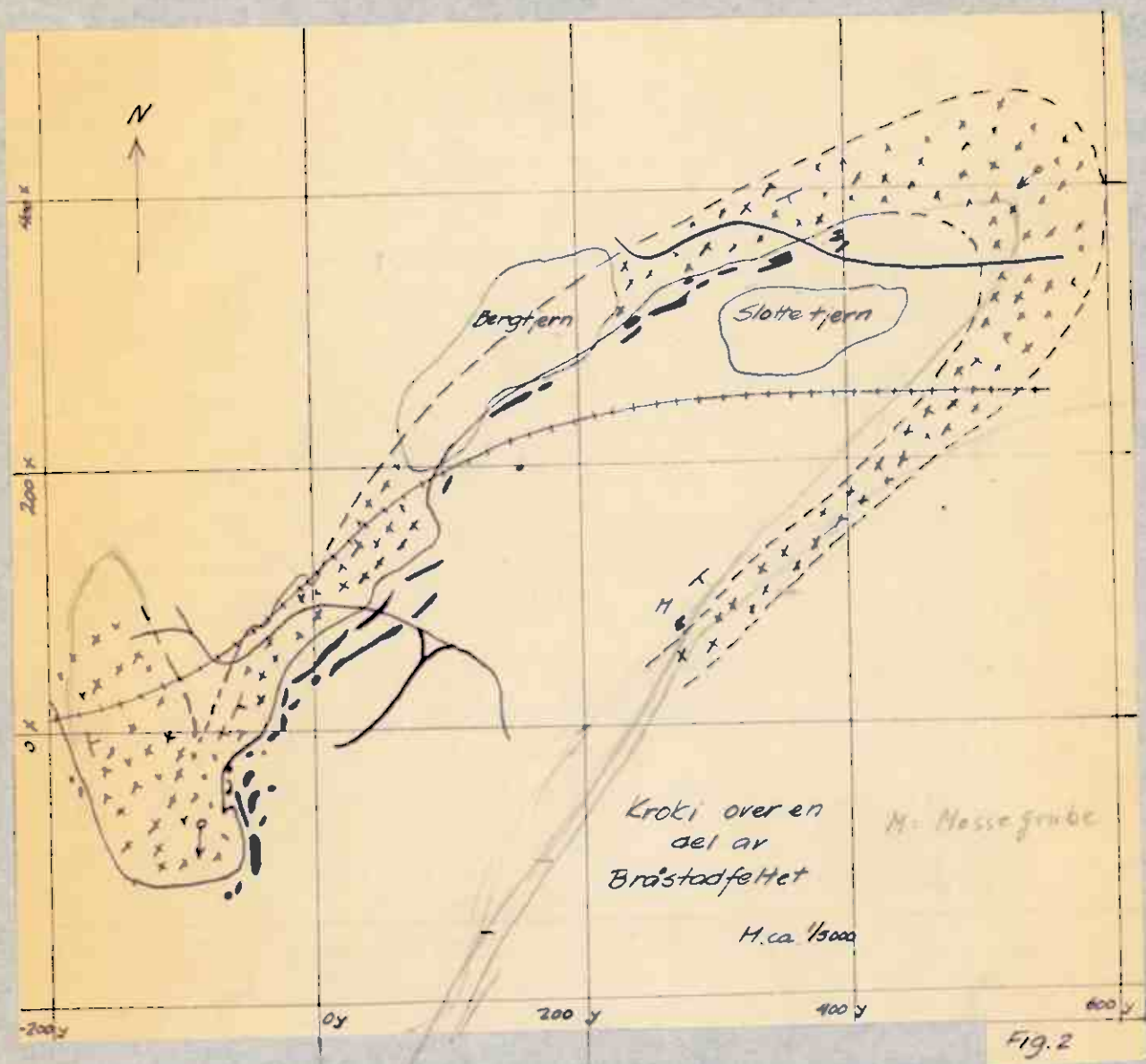
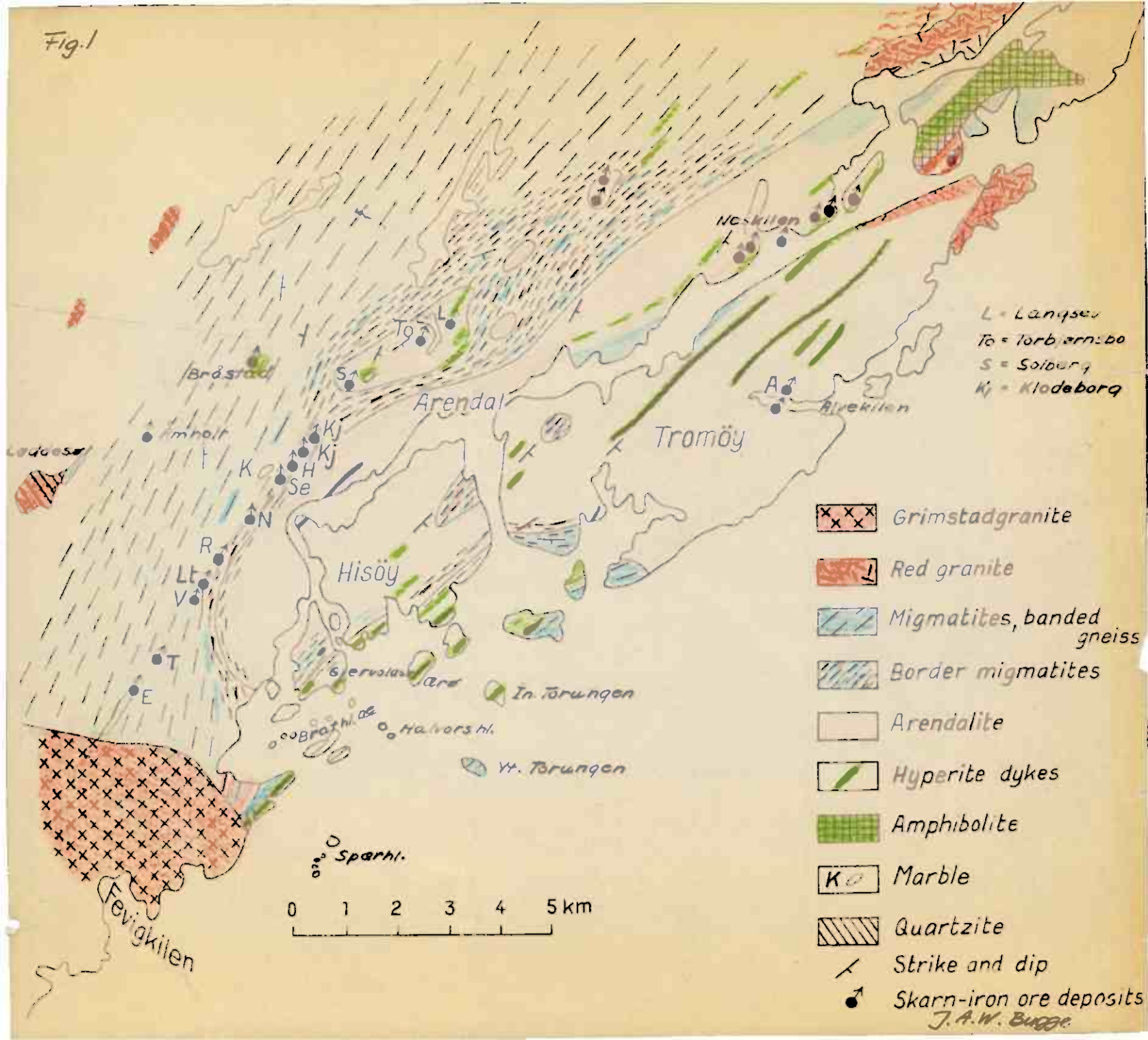


Fig. 1



## OVERSIKT OVER BRÅSTADFELTETS OPPLYGGING.

Oversiktskartet over geologien i Arendalsfeltet viser at området rundt Bråstad Gruber vesentlig består av amfiboliter. Amfibolittfeltet, som er på ca.  $1 \text{ km}^2$  og som jeg har kalt Bråstadfeltet, er omgitt av gneismatiter.

Strukturen innen dette område skiller seg ikke ut fra den man finner ellers i Arendalsfeltet. Bergartene stryker NO - SV og har et fall på ca.  $55 - 75^\circ$  mot SO. Foldesksestupningen i feltet er ca.  $70^\circ$  mot SV.

Fig. 2 er en kroki i målestokk ca. 1:5000 over den centrale del av Bråstadfeltet. Her er de forskjellige gruveåpninger og graniten skissert inn. Man ser at det tydelig er en sammenheng mellom malmenes og granitens opptreden.

Dette var delvis kjent før undersøkelsene i år tok til, og etter overenskomst med direktør Overlie ved Rødstrand Gruber, var vi blitt enige om å begrense undersøkelsene til området rundt graniten. Videre skulle jeg bare detaljundersøke det område som var aktuelt for den nåværende gruvedrift.

Etter noen orienterende feltundersøkelser viste det seg at malmenes opptrer bare på den ene siden av graniten. Dette begrenset undersøkelsesområdet ytterligere, slik at kartblad I dekker det aktuelle område. Av hensyn til den fremtidige gruvedrift og for å gi et mere fullstendig bilde av graniten og malmenes forhold til denne, fremkom kartblad II.

På grunn av smådekket mark og kort tid, rakk jeg dessverre ikke mere geologisk kartarbeid her enn å legge inn granitens hengrense.

Bergartene som opptrer innen feltet er som tidligere omtalt. En hornblende- og plagioklasrik, skifrig bergart, hornblende-gneis.

Skarn, som man kan skille i en granat-pyroxen type, korkolit-kolofonit-skarn og en hornblende-epidot-pyroxen type.

Jernmalmer som er rike på  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  og med liten innhalt av S og P.

Rød, presset mikroklinrik granit og granit-porphyrit.

Pegmatitene som representerer den <sup>ynge</sup> bergarten i feltet, har som regel lite overskudd av  $\text{SiO}_2$  og består i hovedsaken av mikroklin og pertit.

Store områder er gjennomsett av pegmatitisk materiale som følge av pegmatitenes fremtreden. Dette har jeg kalt granitiserte bergarter.

50-60 % av området mellom steingjerdet mot øst og jernbanelinjen i vest på kartblad I er overdekket mark. Flere steder lot det seg gjøre å røske, og det ble til en viss grad gjort for å fastslå viktige bergartsgrenser. Disse områder, og der hvor jeg antok at røsking var nødvendig, er ikke markert som overdekket område på kartet. Bergartsgrensene er derimot stiplet for det siste tilfelles vedkommende. Derved kan jeg ha unngått viktige detaljer, særlig med hensyn til pegmatiter og inneslutninger av andre bergarter i graniten.

Overdekkete partier hvor der finnes få geologiske holdepunkter, og det ikke lot seg gjøre å røske, er merket som overdekket mark.

Strukturen i feltet får en best oversikt over ved å studere graniten. Som det fremgår av kroken, har den samme strøkretning som hele feltet. Utstrekningen fra Charlotta gruve i SV og til Slottet gård i NO, er ca. 850 m. Mektigheten er ca. 50 m i middel. Både i NO og SV er graniten foldet tilbake. I folden i SV kan heng-grensen, som etter foldingen blir en ligg-grense, følges såvidt, mens det sentrale parti av graniten og dens andre begrensning ser en lite av på grunn av stor overdekning.

I SV kan graniten forfølges ca. 30 m på den andre siden av jernbanelinjen, men derpå forsvinner den i en myr. På den andre siden av myren opptrer migmatiske bergarter. Enkelte granitrike partier kan skilles ut, men om de representerer noen forlengelse av Iråstad-graniten, har jeg intet bevis på. I folden har graniten mere en dobbelt mektighet. Foldeaksess oppningen er her målt til  $75^\circ$ . Dette er noe steilere enn mine observasjoner på malmene (feltstupningen). På grunn av tilbakefoldningen har graniten her også fått et steilere fall enn hva man finner lenger mot NO ( $55^\circ - 65^\circ$ ).

Ved tilbakefoldningen ved Slottet gård får graniten også en betydelig mektighet. Herfra er det sparsomt med observasjoner, men det fremgår klart at granitens fall og strøk stort sett er de samme som for de øvrige deler av feltet.

Også i forlengelsen mot SV av denne tilbakefoldede del opptrer migmatiske bergarter.

Granitens grenser mot de omgivende bergarter er som regel skarpe unntatt der hvor den grenser til pegmatiter. Her er skillet noe mere utvisket. Ingen steder grenser graniten direkte til malm.

Spørsmålet om graniten opptrer konkordant med de omgivende bergarter, er vanskelig å bekrefte med sikkerhet. Skarn og malm opptrer sammen bare på den ene siden av graniten, og graniten har sannsynligvis den samme strekningsstruktur som feltet forøvrig. Fallet avviker noe, men ikke meget. Under dagen har en derimot ingen holdepunkter for graniten.

De gruvenes orter og drifter bare beveger seg i samme plan som malmene, får en ikke trengt inn på tvers av strøket for å undersøke sidebergartene. Bergartsprøve (72) kan tyde på at en er i nærheten av graniten. Likeledes kan de sterkt granitiserte bergarter en har i orten lengst mot nord på etasje 2 tyde på at de representerer de granitiserte bergarter en finner i dagen nord om Hesterumpen ved +100Y, +150X.

Her som så mange andre steder er bergarten injisert med granitisk materiale etter at den er sprukket opp på grunn av foldningen av graniten. Granitene er nemlig eldre enn de eldste pegmatiter. Utenfor det kartlagte område (Ca. +130Y, +70X) er det observert en pegmatit som skjærer inn i graniten fra hornblendegneisene. På den annen side er graniten yngre enn hornblendegneisene. I en tunnel som går på nivå ca. 50 m o.h. fra Skoggruven og ut i dagen til anrikingsverket, treffer en på store skarpkantede bruddstykker av hornblendegneis inne i graniten, ca. 4 m fra dens henggrense. Dette er det eneste sted hvor jeg har funnet fragmenter av andre bergarter inne i graniten.

De steder hvor skarn grenser, eller har grenset til graniten, er enten skilt av pegmatiter eller så er graniten straks innenfor grensen uheldigvis sterkt overdekket.

Hornblendegneisene dekker mesteparten av området innenfor Bråstadvfeltet. De er på ingen måte så homogene i sin sammensetning som graniten. Jo lenger en fjerner seg mot øst fra de malmførende soner, jo mere migmatiske blir bergartene. Det samme gjentar seg med gneisene på liggssiden av graniten.

Overgangen fra hornblendegneis og til -migmatit er meget diffus. Overgangen kan ofte være hundre meter eller mere (35). Likeledes varierer sammensetningen av bergarten atskillig også innen området rundt malmdroppene, d.v.s. det område som er kartlagt.

På kontakten mot malmen er bergarten gjerne utpreget hornblenderik, nærmest hornblendeskarn.

Videre opptrer partier hvor den er plagioklasrik og ofte skifrig, og endelig kan en skille ut områder med kalkrike hornblendergneiser.

På grensen mot skarn har en tydelig fått en reaksjonssone med dannelse av flere typiske skarnmineraler, slike som granat og epidot. Denne sone er ofte bred, slik at en under karteringen kan være i tvil om det er en omvandlet hornblendegneis eller et epidot-rikt skarn en har for seg. Disse overganger forekommer særdeles hyppig i nærheten av pegmatiter og granitiserte partier. Under karteringen har det dessverre ikke latt seg gjøre å skille alle disse variantene av den hornblendeførende bergart. De er alle slått sammen under det ofte misvisende sekkenavnet "hornblendergneis".

Områder som er utpreget granitisert, er spesielt merket på kartet. Variasjonene i sammensetningen kan en se i forbindelse med arendalitiseringen og de fenomener som forekommer i forbindelse med den. Metamorfose, kalkmetasomatose, lokal stoff-tilførsel og sterke deformasjoner.

Dag-geologien er derfor vanskelig å finne igjen under jord. Noen sikker sammenheng kan jeg ikke påvise. Dette gjelder hovedsaklig hornblendergneiser og skarn. Graniten ser man jo ikke i det hele tatt under jord.

Observasjoner av skarn er også mangelfulle under jord. Kokkolit-kolofonit-skarnet er bare gjenfunnet to steder på etasje 2 og overhode ikke på etasje 1.

Av det hornblende-pyroxen-epidot-skarn som er funnet under jord, er mesteparten antagelig av den typen som er et reaksjonsprodukt på grensen mellom malm og sidebergart og som bare opptrer i liten mektighet. De andre observasjonene under jord er for få til å gi faste holdepunkter for hvorledes de masseformede skarnlegemene opptrer under jord.

Som omtalt under oversikten over hornblendegneisenes opptreden, er skarnets grenser mot gneisene diffuse. Det samme gjelder skillet mellom de to skarntyper, kokkolit-kolofonit-skarn og hornblende-pyroxen-epidot-skarn. Disse bergartsgrenser er ikke helt korrekt gjengitt på kartet. De utskilte områder med kokkolit-kolofonit-skarn antyder bare at det eksisterer en anriking på granat og monoklin pyroxen innen visse partier av skarnmassene.

Under en sterk deformasjon av feltet, vil kalken (som skarnet bl.a. er dannet av) og malmen være de mest plastiske bergarter i denne bergartssammensetning. Resultatet blir en flytning av det plastiske materiale til trykkløst. På den måten kan det ha skjedd mektighetsforskyvninger som har gitt fortynninger og fortykninger av en engang jevntykk bergart. De masseformede skarnlegemer en har i dag, kan ha fremkommet på den måte. Med god fantasi kan en tenke seg at det engang har eksistert to kalkhorisonter som siden er blitt deformert på den måte som nettopp ble omtalt. Skarnets tilsynelatende vilkårlige forhold til hornblendegneisene oppfatter jeg som et resultat av kalkens plastiske egenskaper under en deformasjon d.v.s. at den lett kan ha latt seg presse inn i sidebergarten. Malmforekomstene, som jeg senere skal omtale, grenser alle mere eller mindre til skarn.

De yngste bergartene innen Bråstad-feltet er pegmatitene og granitiseringen av de omgivende bergarter.

Av kartet fremgår det at det er særlig i de områder hvor foldningen kan ha virket sterkest at pegmatitene opptrer. Likeledes på kontakten mot graniten. Stort sett ser de ut til å følge strøkretningen i feltet. Ballet er noe steilere enn for de omgivende bergarter. Dette er vanskelig å observere i dagen, men undersøkelserne under jord viser dette.

Pegmatitene er ofte vanskelig å finne i marken. De har en grålig farge p.g.a. forvitring. Derved skiller de seg dårlig ut fra skarnet og gneisene. Dertil opptrer de i smale ganger (0.2 - 2.0 m) og bukker seg hit og dit. Særlig i de nordøstlige partier av feltet kan jeg ha oversett enkelte p.g.a. overdekkingen.

Terrengformasjonen, opptreden av granitiserte bergarter og observasjoner under jord tyder på at det bl.a. kan eksistere en pegmatit på hengsiden av Gyldenlöwe, nærmere bestemt på østsiden av vegen, fra vegkrysset og mot kontoret.

Geologien i dagen viser ikke at pegmatitene har noe særlig innflytelse på malmforekomstene. Riktignok kan en i syd se hvorledes en malmkropp er delt i to p.g.a. en pegmatit, og man aner at Charlotta har vært delt på langs også av en pegmatit.

Først under jord viser det seg hvorledes de opptrer. Her kan man skille ut to generasjoner pegmatiter. Den eldste typen er den som en også ser i dagen. De står som store, steile flak nedover i dypet.

Den yngste generasjonen stryker på tvers av feltets strøkretning (altså NV - SÖ) faller mot NØ ( $15 - 30^\circ$ ) og har en feltstripping på ca.  $20^\circ$  mot NV. Disse gjennomskjærer skarpt alle andre bergarter. Mektigheten er ca. 1.0 m.

Det kan ikke ha skjedd store tektoniske forstyrrelser etter at disse var kommet på plass, da de opptrer i store, jevne flak. Observasjonene tyder på at disse pegmatitene har trengt inn normalt på bergartenes linje- og planstruktur, altså i soner hvor en presset bergart er svakest. En av disse flakene kan en følge fra der den går ut i dagen i sør-enden av Charlotta, gjennom en mengde gruverum og til den forsvinner i liggen i orten mot nord på etasje 2. En utstrekning på ca. 250 m.

Det er observert 4 (muligens 5) stykker av denne typen. På tverrprofilene er disse nummerert for å skille dem fra hverandre.

Nr. 1 og 2 ligger for dypt til å kunne nå opp i dagen innen det kartlagte område. Nr. 3 (ved sydenden av Charlotta) kommer opp antagelig i overdekket område, og nr. 4 er muligens den vi ser bak kontorbygningen (utstrekning (NV-V) - (SÖ-O)).

Et enkelt sted, i østveggen på Charlotta, ca. 45 m.o.h., er det observert en glidning på ca. 0,5 m langs denne pegmatitttype. Glidningen må stort sett ha skjedd i N-S-retningen. Den øvre del ligger nå lengst mot nord. Intrusjonen av disse pegmatiter har ikke hatt noen merkbar innflytelse på de omgivende bergarter. Granitisering skriver seg fra den eldste types inntrenging.

I tette bergarter danner også disse pegmatiter skarpe grenser, men i mindre kompakte partier og der hvor bergartene er sprukket opp, eser pegmatitene ut til ofte mange meters mektighet, og trenger langt inn i sidebergarten.

Dannelsen av ~~pyg~~matiter viser at det har skjedd en livlig folding i denne periode.

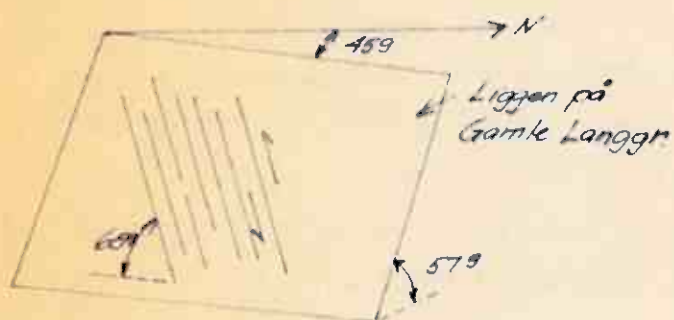
Inne i de store pegmatitområdene finner en skarpkantede bruddstykker av alle eldre bergarter (unntatt granit).

Ofte er det helt umulig å bestemme hvorledes den opprinnelige pegmatit står i forhold til den "pegmatit-klyse" den har dannet.

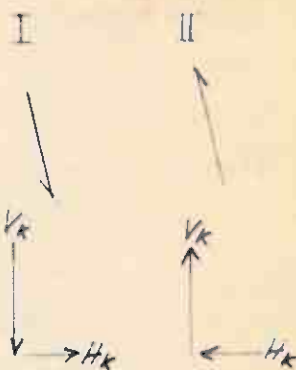
Særlig merkbar (og kjedelig) er dette fenomen der hvor pegmatitene skjærer over malmene. Da pegmatitene har nesten samme strøkretningsom malmene, og fallet er bare litt steilere, får pegmatitene en stor overskjaringsflate mot malmene. Her har de "spist opp" malmene i stor omkrets, samtidig som de har injisert kontakten mellom malm og sidebergart med pegmatiske oppløsninger. Særlig hyppig skjer dette på malmens kontakt mot skarn.

De fleste hengvegger til malmen vil derfor se ut som de består av pegmatit. Og på grunn av driftsmåten ved gruva, langsående magasinbrytning og med ortdriften mest mulig i malm, lar det seg ofte ikke avgjøre om det en ser er en virkelig pegmatit eller bare et tynt flak på en bergartsgrense.

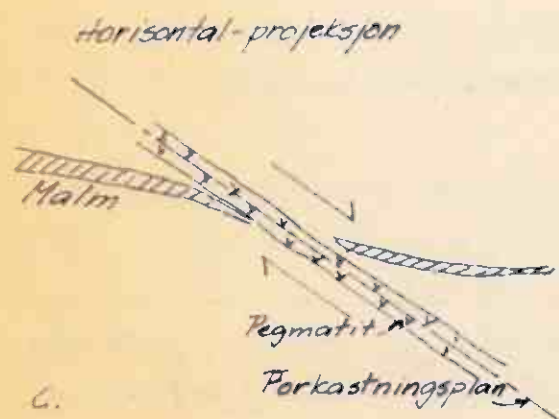
Kartleggingen av disse pegmatiter er meget viktig for gruvedriften. I et profil på tvers av strøket ved f.eks. Gammelsjakten, skjærer en pegmatit hengmalmen (Gyldenløwe) av på nivå ca. 5 m o.h. 20 m dypere skjærer den samme pegmatit liggmalmen (Antoinette) av. På etasje 2 eksisterer det bare en malm. Det er liggmalmen, som kommer igjen på undersiden av pegmatiten, hengmalmen forsvunnet.



A. Glidespill med striper



B. Mulige alternativ for krefter som har påvirket liggpartiet



C.

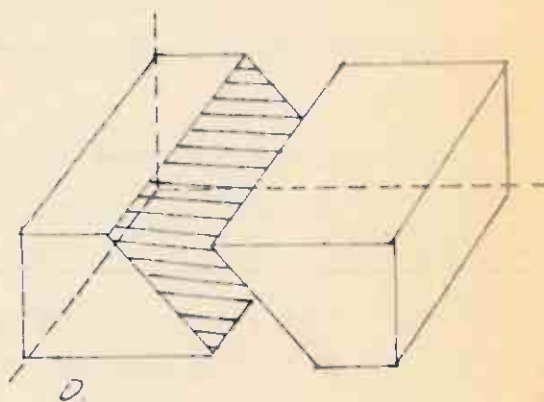


Fig. 3

Det samme gjentar seg med en annen hengmalm også. Skoggruven forsvinner mot en en pegmatit på nivå ca. 5 m.o.h.

Liggmalmene fortsetter relativt uforstyrret til etasje 2.

Her opptrer det bare et malmdrag i motsetning til de to en har både i dagen og på etasje 1.

På etasje 2 er det foretatt langhullsboring etter hengmalmene, men de er ikke funnet igjen.

At pegmatitene har fjernet hele malmen, er usannsynlig, men det synes som om pegmatitene <sup>er</sup> fremtvunget en større forkastning av malmene. Hele "liggen" av Gyldenlöwe og Gamle Langer. er et eneste stort glidespeil. Likens finnes noen steiltstående, nydelige glidespeil ved polygonpkt. 62 på etasje 2.

Da det var begrenset hva jeg kunne nå å få med meg i denne oppgave, er forkastningsmekanikken lite studert.

Fig. 3 er en skissemessig gjengivelse av noen observasjoner.

A. viser omtrentlig hvorledes man aner "striping" på glidespeil ved Gyldenlöwe. Pilene angir retningen for glidningen.

B. viser de to mulige retninger i glideplanet for de krefter som kan ha fått liggpartiet til å bevege seg. For hengpartiet blir det motsatt.

Følgelig ser man at det bare er nødvendig å bestemme retningen på den ene kraftkomponenten, f.eks. i horisontal-projeksjonen, for å kunne si hvorledes glidningen har foregått.

C. gjengir skissemessig hvorledes malmen fiere steder i horisontalplanet opptrer etter at den er gjennomskåret av en pegmatitgang.

Kraften som kan tenkes å ha utformet "malmleppene" er påsatt. Dette gir alternativ I, d.v.s. glidningen må ha foregått slik D. viser.

Av to engang sammenfallende punkter befinner nå liggpunktet seg lavere enn hengpunktet. Antar man at forkastningene har skjedd i forbindelse med opprekking av feltet p.g.a. foldningen, kan pegmatitene ha trengt inn på sprekke, altså etter foldningen. Samtidig har pegmatitiske oppløsninger trengt inn i oppsprukke bergarter omkring hovedsprekkesonene ): granitisering.

I de partier hvor pegmatitene har vokst ut til flere meters mæktighet, hender det at en treffer på en utpreget sonerbygget struktur. Ytterst har pegmatiten en skriftgranitisk struktur og innerst en ofte meget ren kvartskjerne (78).

Observasjonene under jord ble i sterk grad hemmet av dårlig oversikt. Gruverommene har stått under vann i en årrekke med den følge at alle stuffer var dekket av et tykt lag med slam. På hver m<sup>2</sup> flate måtte jeg slå ut flere prøvestykker dersom en ville være sikker på hvilke bergarter en hadde for seg. Mange viktige detaljer er derfor sikkert blitt oversett. Som følge av dette er kartene over gruvegeologien mindre pålitelige, men hovedtrekkene er nok tilnærmet korrekte.

Efter at jeg hadde dannet meg et bilde av et større pegmatit- og forkæstningssystem, ble det drevet en kort ort for bl.a. å fastslå riktigheten av dette. Pegmatiten ble funnet og det viste seg at bildet var korrekt.

På dagkartet er de viktigste bergartsgrenser målt inn med teodolit. Dette gjelder spesielt granit og pegmatitgrensene. Der hvor grensene var mere diffuse, nyttet jeg enklere innmålingsmetoder, slike som skritting og målebåndsmålinger ut fra faste punkter.

Alle målinger av strøk, fall og linjestruktur er gjort med et instrument med ny deling (R - 100<sup>B</sup>).



Slip nr. 15 +N, x20

Pegmatit med bertit som går over  
til mikroklin på grensen til kvarts.

## PETROGRAFI.

De petrografiske studiene av bergartene er det område av denne oppgaven som lider mest under den mangelen på tid jeg hadde til å bearbeide observasjoner og innsamlet materiale.

Av de 8 ulike bergartstyper som opptrer, har jeg i alt fått lavet 15 tynslip. .

### Pegmatitene.

Slip nr. 3, 15, 72 og 80.

Bergartsprøve nr. 16, 22, 43, 49, 59, 71, 73, 78 og 84

Alle slipene er av den typen pegmatiter som står steilt. Nr. 80 er fra en kontaktsone mot malm og nr. 3 fra en pegmatit som grenser til graniten.

De yngre flatt-liggende pegmatiter, bergartsprøve nr. 43, 49 og 84, har jeg ikke tatt slip av.

Bare innen denne ene typen pegmatiter veksler mineralsammensetningen en del. Et felles trekk er at de alle fører mikroclin, plagioklas og kvarts. Men den prosentvise fordeling av disse mineralene innen de ulike slipene varierer meget.

I et av slipene, nr. 15, er pertit det mest fremtredende mineral, i de andre slipene er plagioklas den viktigste bestanddel. Denne variasjonen i mineralsammensetning kan tenkes fremkommet ved at pegmatitene er differensister fra forskjellige magma. Men den forskjell slipene viser, kan også skyldes at pegmatitene er sonarbygget slik at de håndstykker slipene er lavet av, representerer forskjellige soner fra en og samme pegmatit-type.

Mineralsammensetningen i pegmatitene vil også være sterkt avhengig av hvilke bergarter de ulike pegmatiter opptrer i. En tredje årsak kan være at pegmatitene på et senere tidspunkt har vært utsatt for lokal stofftilførsel. Slip nr. 15 viser tydelig hvorledes en gammel pertit-mikroclinrik pegmatit har sprukket opp og det har skjedd nytilførsel av bl.a. kvarts. Slipet er ganske interessant, da det viser en mengde overgangsfenomener. Det opptrer rene pertitter og pertitter med diffus overgang til mikroclin. Likelledes sees ren plagioklas og plagioklas med sericit. Kvarts med sericit er også observert.

I det heletatt viser alle slipene at det under metamorfosen har foregått en utpreget sericitisering. I noen av slipene opptrer muskovit inne i plagioklasen. Dette kan skyldes en videre reaksjon mellom kaliumsilikat og plagioklas etter at sericittdannelsen har skjedd etter følgende reaksjon:



Ny-dannelse av epidot er observert.

Et karakteristisk trekk ved pegmatitene er at titanit opptrer i større mengder. Følgende mineraler er observert:

Plagioklas, mikroklin, pertit, kvarts, erts (magnetit) kalkspat, titanit, muskovit, biotit, sericit, epidot, hornblende, klinozoisit, apatit og klorit. Dertil kommer enkelte mineraler som ikke har klart å bestemmes.

Plagioklasen er bestemt til oligoklas-andesin. Som regel er den uten tvillingstriper etter 010. Titanit er ofte uren. Inne i titanit-krySTALLene finnes større opake partier. De opake partier har svart egenfarge. Magnetit? I magnetiten finnes også soner med et mineral som kan være titanit. En del av den magnetiten som opptrer i pegmatitene må altså ha vært en av komponentene i de oppløsninger pegmatitene er dannet av.

Enkelte av pegmatitene har et skriftgranitisk utseende. I pegmatitene er radioaktive mineraler påvist med en Geiger-teller, Professional, Mode 10. En teller av Philips-typen ga ikke utslag på de samme håndstykkene.

Aldersbestemmelse av granit-pegmatiter fra Arendalsfeltet er utført på grunnlag av pegmatitenes radioaktive mineraler. Professor E. Gleditsch oppgir pegmatitene til å være 1047 mill. år. Dannelsen av pegmatitene må ha skjedd i forbindelse med den regionale granitisering av Arendalsfeltet.

## Graniten.

Slip nr. 5 og 31.

Bergartsprøve nr. 18, 19 og 27.

Alle håndstykkene av graniten viser at den er sterkt presset. De mørke mineralene er samlet i tynne lag. Observasjoner i feltet viser at disse tynne lagene har samme retning som strukturen ellers i feltet.

De viktigste mineraler i graniten er kvarts, mikroklin og plagioklas (oligoklas). Ellers opptrer erts (magnetit) apatit, titanit, hornblende, klorit, epidot, pertit, biotit og muskovit. De siste nærmest aksessorisk.

Granitens sammensetning varierer noe, særlig forholdet mikroklin/oligoklas. Oligoklasen er svært ofte uten tvillingstriper etter 010. Den skilles likevel lett fra kvarts i tynnslip p. g. a. sin karakteristiske langsomme utslukning og gode spalteriss.

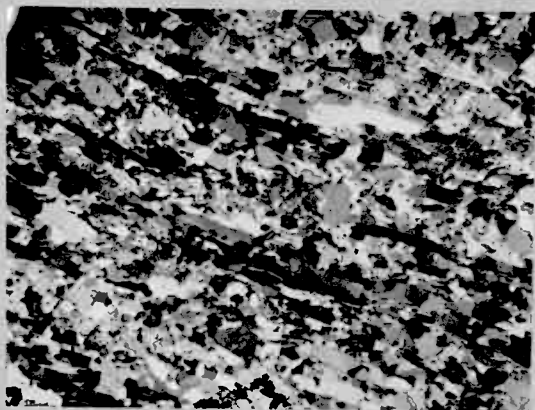
Kvarts forekommer i små korn, oftest uten ytre krystallform. Den har ikke undulerende utslukning og kornene er ofte samlet til lange kvartsband.

Apatit forekommer jevnt spredd over hele bergarten i velutviklede krystaller. Titaniten er her ofte like uren som den man fant i pegmatitene.

Magnetit finnes aksessorisk, og av og til i pent utviklede krystaller. Sammen med hornblende opptrer titanit og magnetit i de mørke stripene i graniten. Hornblendene er ofte omgitt med en randzone av epidot, kvarts og muskovit. Epidotdannelsen synes å være resultat av en diafotese. Slik graniten opptrer og ser ut i dag, er det tydelig at det ikke er dens originale struktur vi ser. Eksempelvis har jeg jo nevnt at den er både sterkt foldet og presset

Graniten kan ha vært dannet på følgende måter:

1. Enten ved en granitisering av en eldre kvartsit,
2. eller som et differensiasjonsprodukt som er krystallisert, enten som en intrusiv eller suprakrustal-bergart.



Slip nr. 5 +N, x 20

Sterkt presset granit med kvarts-  
kornene samlet i bånd.

Kjarulf og Dahll omtaler graniten som en kvartsit, men Vogt oppgir at dens innhold av  $\text{SiO}_2$  er høyere enn 74%, altså en normal granit.

I Arendalsdistriktet opptrer flere kvartsiter, men iflg. Bugge er dens mineralisering endel avvikende fra det jeg har funnet i graniten. Bl.a. opptrer turmalin ofte i kvartsitene.

Bergartene i Bråstadfeltet er tydelig granitisert med mikroklin-rike oppløsninger. Dette ser en i skarnet og hornblendebergartene.

Variasjonen i mikroklingehalten i graniten kan kanskje spores tilbake til granitiseringen, men at en så tett og mektig bergart som en "kvartsit" vil gjennomtrenges så og si helt av oppløsninger, er lite trolig.

Sonene med de mørke mineraler behøver ikke være en primær stratifikasjon. En bergart som er utsatt for stress over lengere tid, vil få en båndet struktur gjennom lamellar glidning eller "rotational strain" på grunn av forskjellige fysiske egenskaper hos de ulike mineraler. I enkelte soner vil f.eks. kvarts, feltspat, kalkspat og granat samles, mens epidot, hornblende, ertser og grafit anrikes i andre soner.

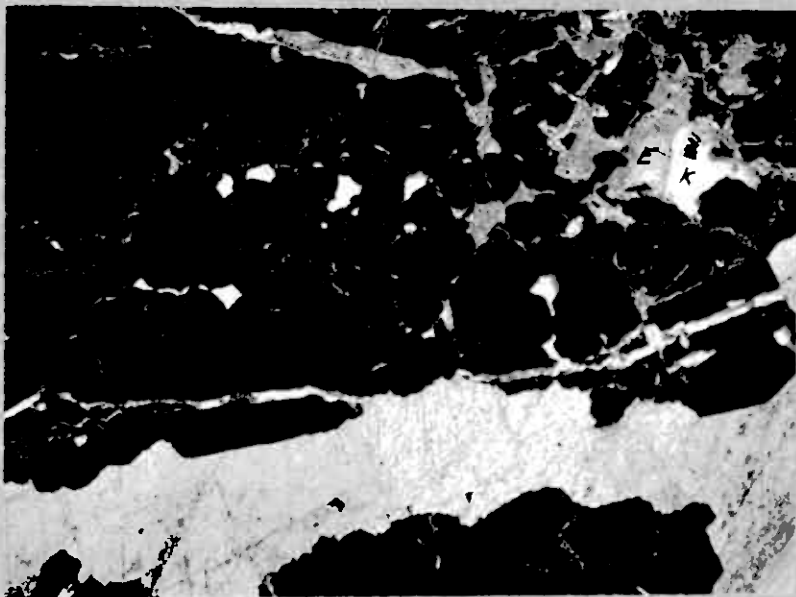
Mer naturlig er det å tenke seg at graniten har en eruptiv opprinnelse. Grensene mot sidebergartene er skarpe. Velutviklede krystaller av de tidlige differensiasjonsproduktene spatit og magnetit finnes. Skarpkantede bruddstykker av eldre bergarter opptrer inne i graniten.

Innen Arendalsfeltet finnes en mengde ulike graniter, og i alle fall for en del av disse kan man med stor sikkerhet anta en eruptiv opprinnelse. De store områder med regional- og grense-migmatitter viser at det engang har eksistert et granitisk magma.

Spørsmålet om graniten er effusiv eller intrusiv, er vanskelig å ha noen sikker mening om.

Som effusiv kan den ved foldning lett gis den form en finner hos den i dag. Men en intrusiv som er trengt opp i sprekker parallelt med strøket, og siden blitt foldet vil også kunne få en slik form.

Kvartsen i graniten er ikke undulierende på tross av de krefter graniten har vært påvirket av bl.a. under foldningen. Derimot finner en ofte kvartskornene særlig i lange striper som en må anta er nydannelse av granitens egen kvarts. Dette tyder jeg slik at bergarten etter dannelsen kan ha vært neddykket til et dyp hvor trykk og temperaturforholdene var tilstrekkelig til å gi en delvis oppsmelting av kvartsen.



Slip nr. 12 +N, x20

Gjennomsettende kalkspatgang i kokkolit-  
kolofonit-skarn. Epidot (E) og kvarts (K)  
mellom granatkornene.

## SKARN.

Skarn er betegnelsen på silikater som opptrer sammen med jern- og sulfidmalmer og som er dannet ved reaksjon enten mellom foreliggende material eller ved hjelp av nytilført material. Dannelsen av skarn skjer gjerne ved fortrenning av kalksten.

I Bristadfeltet er det skilt ut to skarntyper, et kokkolit-kolofonit skarn og et hornblende-epidot-monoklin-pyroxen-skarn.

### 1. Kokkolit-kolofonit-skarn.

Slip nr. 12 og 68.

Granat (kolofonit) og monoklin-pyroxen (kokkolit) er anriket innen visse partier av skarnsonen. Bergarten er lett å skille ut på grunn av den karakteristiske rødbrune kolofonit. Mot sideherrarten avtar gehalten av kolofonit langsomt. Foruten kolofonit og kokkolit har jeg funnet kvarts, epidot, magnetit og kalkspat.

Kolofonitens farger er rødbrun. Den opptrer i holoedriske krystaller fra under 1 mm til 7-8 mm i diameter.

Bestemmelse av brytningsindeksen er ikke gjort, men granaten ser ut til å være en andradit. Dersom det har eksistert et overskudd på Al, kan almandin og grossular også ha blitt dannet.

Monoklin-pyroxen er sterkt pleokroitisk, fra lyse-grønn til gressgrønn. Utslukningsvinkelen er målt til  $44^{\circ}$ . God spaltbarhet etter 110. Dobbeltbrytningen og brytningsindeksen tyder på at mineralet enten er en diopsid eller en hedenbergit. Begynnende hornblende-dannelse inne i pyroxenen er observert.

Epidot opptrer tildels i lange, prismatiske kryptaller. Fe-innholdet kan gjøre den meget mørk slik at den er vanskelig å gjenkjenne. Opptrer den i finkornede masser, er den gjerne lysegrønn. I tynnslip er den pleokroitisk fra fargeløs til gul (Slip nr. 12). Enkelte snitt gir sterke gule interferensfarger med dårlig utslukking. Epidoten opptrer ofte på grensen mellom kalk og granat, og enkelte steder erstatter den granat.

I samme slip sees en kalkspatgang som gjennomsetter hele slipet. Ellers opptrer kalkspat som substans mellom de større granatkorn. Kalkspaten er muligens tilført senere. I graven ser en hvorledes tynne kalkspatganger skjærer gjennom eldre bergarter.

Kokkolit-kolofonit-skarnet er meget sprøtt slik at det lett kan sprekke opp dersom det blir utsatt for ytre krefter. En kalkrik oppløsning vil derfor kunne trenge inn i skarnet og krystallisere som kalkspat.

Men kalken behøver ikke representere en senere stofftilførsel. Det er ikke nødvendig at all kalk omdannes til kokkolit og kolofonit ved de metasomatiske prosesser som har foregått i kalken. Ved Klodeborg gruve f.eks. finnes uomvandlet krystallin kalkstein like ved kalkforekomstene. Noe kvarts finnes som sprekkefyllingsmateriale. Magnetit forekommer i et par pct.. Ofte i velutviklede krystaller.

## 2. Hornblende-epidot-monoklin-pyroxen-skarn.

Slip nr. 14 og 52.

Det mest utbredte skarn i Bråstadfeltet er den typen som hører hjemme i denne gruppen.

Foruten at det også holder litt granat og endel monoklin pyroxen ved siden av hornblende og epidot, opptre bl.a. kvarts, magnetit, placioklas, kalkspat, titanit, molybdenglans, klorit, apatit og klinozoisit.

Granaten og pyroxenen er av samme type som omtalt under kokkolit-kolofonit-skarnet. Pyroxen kan være omdannet til hornblende innenfra.

Også epidoten vidner om at den er omdannet (eller omdannes).

Titanit opptre i begge slipene, i opptil flere %. Velutviklede krystaller med rombisk tverrsnitt. Hög lysbrytning. Fargeløs til grå. Hornblenden omtales senere.

Skarn er en karakteristisk bergart i Arendalsfeltet. En sone, fra nordenden av Trombysa og til syd for Grimstad, består vesentlig av skarn og grovkrystallin kalkstein.

Innenfor denne sonen opptre på linje flere små områder med omdannet kalkstein.

Bråstadfeltet er ett av disse.

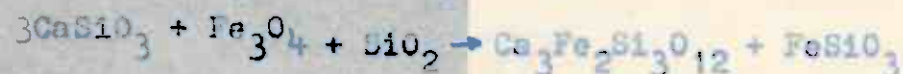
Kalken, som skarnet er dannet av, kan vanskelig ha annet enn sedimentær opprinnelse. Utstrekningen av den ytre sone i forhold til dens mektighet er så stor at en annen dannelsesmåte er lite sannsynlig. Tre analyser på Mg i krystallin kalkstein fra den ytre sonen viser:

Fyrholmen ( syd for Grinstad) 0.53% MgO

Kongsholmen (nord for Lillesand) 0.79% "

Rivingen ( " " " ) 0.52% "

Under dannelsen av Arendalite ble kokkolit-kolofonit-skarnet dannet ved metasomatiske prosesser i kalksteinen. Andradit- og monoklin-pyroxen-dannelsen kan forklares iflg. reaksjonene:



Her frigjøres et jernmetasilikat som sammen med et molekyl  $\text{CaSiO}_3$  (wollastonit) kan danne monoklin pyroxen.

Epidot-dannelsen i kokkolit-kolofonit-skarnet kan forklares slikt:



I begge reaksjonene inngår magnetit. Man kan da vanskelig tenke seg kokkolit-kolofonit-skarnet eldre enn malmen, selv om det flere steder i litteraturen omtales hvorledes skarnet ved Torbjørnsbu gruver er brecciert av årer med magnetit.

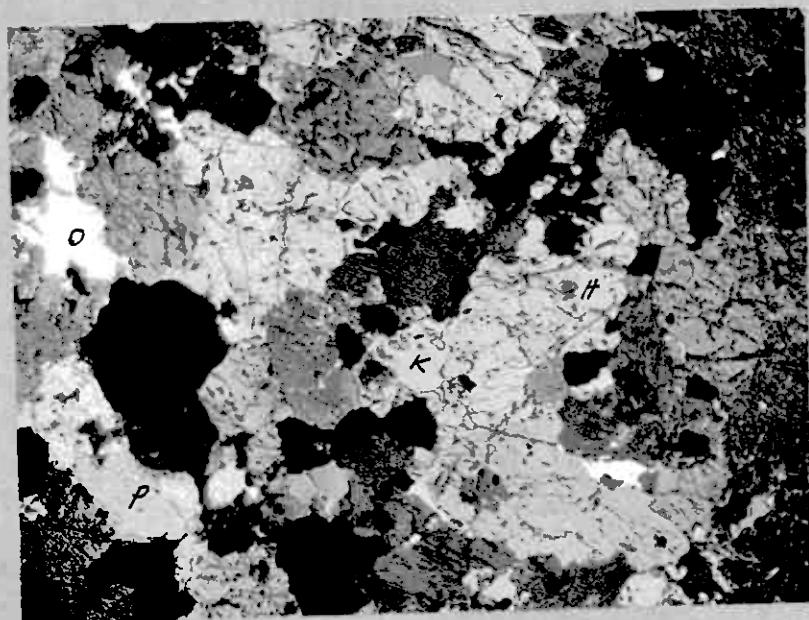
Pegmatitene, og muligens også graniten, som jeg betrakter som yngre enn kokkolit-kolofonit-skarnet, inneholder noen %  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Magnetit-årene ved Torbjørnsbu kan kanskje skyldes fremtrænging av magnetit-rike, granitiske oppløsninger. Eller en senere deformasjon hvor malmen ble så plastisk at den kunne trengte inn i sidecergarten.

Flere av forekomstene ved Arendal opptrer i forbindelse med en rød granit, f.eks. Heskilen, Langsev, Bråstad o.s.v. Men ikke alle. Derfor behøver ikke tilførselen av Fe skyldes intrusjonen av graniten og pegmatitene.

Faller det naturlig å betrakte kalken som sedimentar, bl.a. på grunn av utstrekningen, kan det samme gjelde for jernmalmene. Det ytre skarndrag kan ha fremkommet gjennom sedimentering av kalk og jernmalm i en større synklinal eller "renne", mens det indre drag med Bråstadforekomstene kan ha vært mere lokale fordypninger.

N. Magnussen påstår "att huvudparten av våra skarnmalmer från början varit sediment"

Granatdannelsen i kokkolit-kolofonit-skarnet har skjedd under de høyeste P.T.-forhold i Arendalsfeltet, altså granulitfacies, og da som tidligere nevnt, under arendalitiseringen.



Slip nr. 14 +N, x 20

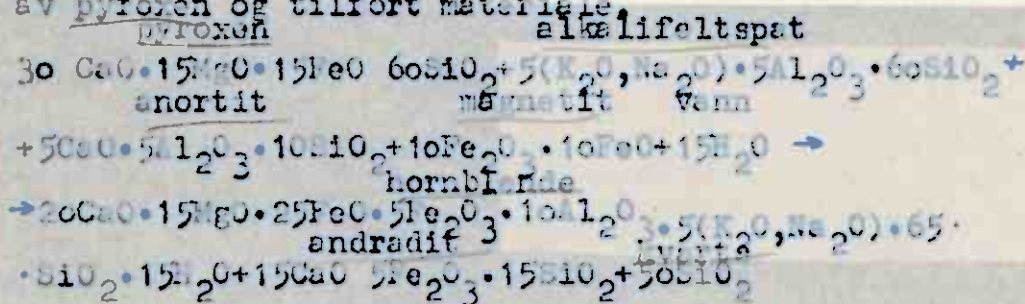
Hornblende-epidot-monoklin pyroxen-  
skarn. Vesentlig monoklin pyroxen (P),  
magnetit, kalkspat (K) og oligoklas (O).  
Begynnende hornblendedannelse (H) inne  
i pyroxenen.

Hele kalksonen behøver ikke å ha vært omvandlet til skarn. J. Bugge omtaler hvorledes en skarnsone vil beskytte de mere centrale partier av kalken mot videre omvandling.

Det er nærliggende å tro at hornblende-epidot-monoklin-pyroxen-skarnet er dannet senere under fallende P.T.-forhold og med lokal tilførsel av granitiske oppløsninger. Kartet viser at områdene med denne skarntype opptrer i nærheten av pegmatiter og granitiserte partier.

Hornblenden i skarnet er nydannet og muligens også endel av granaten.

Følgende reaksjon anskueliggjør hornblendedannelsen på bekostning av pyroxen og tilført materiale.



Ved større tilførsel av anortit kan man få dannet grossular i stedet for andradit, og gjennom ytterlig anortit-tilførsel kan epidot dannes.

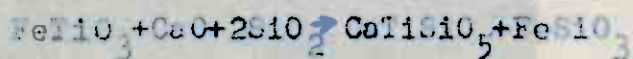
Nydannelse av epidot (klinozoisit) skjer ved reaksjon mellom anortit og overskudd av vann:

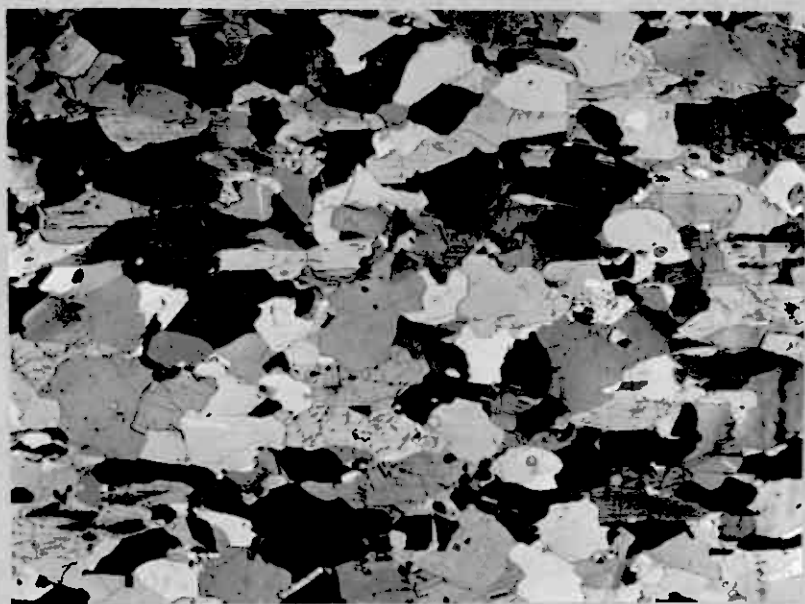


Overskudd av Fe i pegmatitene vil kunne gå inn i stedet for Al og danne en mere jernrik epidot, pixtosit.

Oppkomsten av titanit i skarnet kan skyldes at titanit er tilført kalken sammen med det granitiske materialet. Har de granitiske oppløsninger vært mindre varme, er Ti sannsynligvis tilført som titanit, men har tilførselen skjedd ved høy temperatur, er Ti tilført som ilmenit.

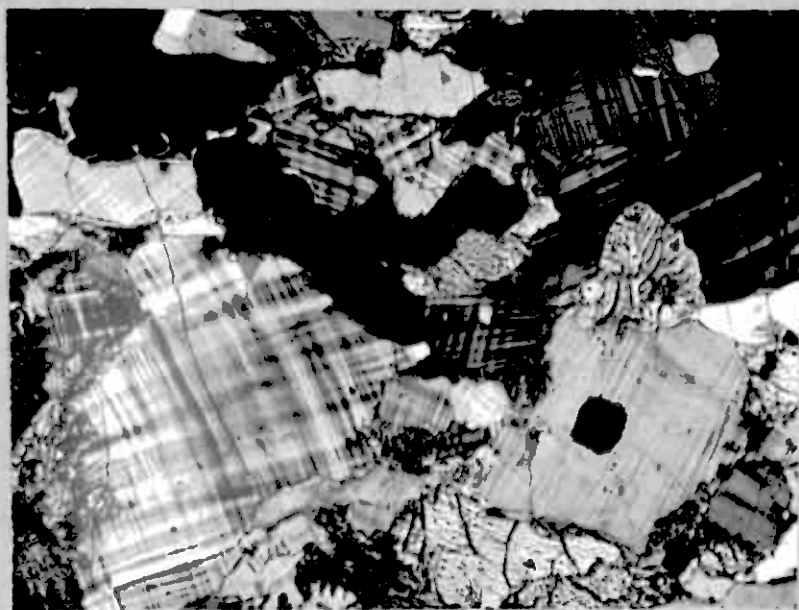
Den videre dannelselse av titanit fra ilmenit har skjedd slik:





Slip nr. 1. 4N, x 12

Presset hornblendegneis. Vesentlig  
hornblende, plagioklas og magnetit.



Slip nr. 35 4N, x85

Myrmekitdannelse i mikroklin-  
rik hornblendegneis.

## Hornblendegneisene.

Slip nr. 1, 35, 36, 62 og 74.

Den bergart jeg har kalt hornblendegneis, varierer meget i sammen-  
setning og struktur. Mikroskopiske studier viser at en kan dele  
bergarten inn i flere typer. Opprinnelig har det vært en bergart  
som lokalt har blitt utsatt for forskjellige omdannelsesprosesser.  
Slipene 1 og 36 karakteriserer den opprinnelige hornblendeførende  
bergart. Håndstykker viser en grovkornet, sterkt presset, hornblende-  
rik bergart. De mineraler som forekommer foruten hornblende er plagio-  
klas, biotit, kvarts, magnetit, apatit, epidot, kalkspat, titanit og  
et fargeløst mineral med høg lysbrytning. Hornblenden er pleokro-  
itisk fra brun-grønn til sterk gress-grønn. Maksimal utsluknings-  
vinkel  $23^{\circ}$ . Som regel god spaltbarhet. Hornblende er det mineral  
som det forekommer mest av. Sammen med plagioklas (oligoklas) ut-  
gjør de over 90% av mineralene i bergarten.

Kvartsen har undulerende utslukning. Biotit opptrer i et par pct.  
i slip nr. 1. Gehalten av kvarts og biotit varierer meget i de to  
slipene.

Det undersøkte materiale er alt for lite for meg til å kunne ha en  
mening om hvorledes en slik bergart kan være dannet. Det kan være  
en omdannet basisk lava, rester av en gabbro eller et metamorfit  
sediment (amfibolitfacies).

Man har påvist at det har foregått metasomatiske prosesser i Arendals-  
feltet hvor både K, Na, Ca, Fe, Si og Mg har vært viktige komponenter.  
Hornblendegneisens overgang til diagenet karakteriseres  
ved at mikroclin og monoklin pyroxen kommer inn i større mengder.  
I slip nr. 35 er f.eks. mikroclin det mineral som det forekommer  
mest av. Myrmekit-dannelse på grensen mellom plagioklas og kali-  
feltspat er observert.

Den monokline pyroxen er dannet på bekostning av hornblenden. Det er  
mulig at også rombisk-pyroxen finnes i slipet.

Dannelsen av disse mineraler viser at det må ha skjedd en tilførsel  
av bl.a. Mg og Ca. J. Bugge har stilt opp to reaksjonsserier som  
karakteriserer arendalitiseringen.

For de mørke mineraler:

Biotit → mon. hornblende

↓ klorit ↓

romb. pyroxen ← mon. pyroxen

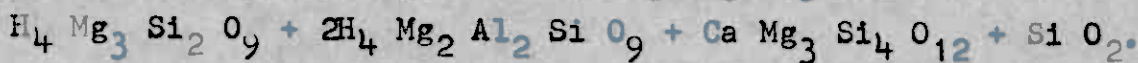
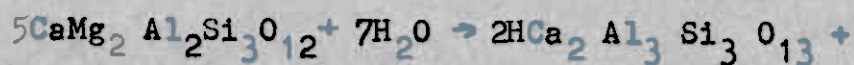
For feltspaten:

Basisk plagioklas  $\rightarrow$  sur plagioklas  $\pm$  (myrmevit)  $\rightarrow$

$\rightarrow$  antipertit  $\rightarrow$  pertit  $\rightarrow$  mikroklin  $\pm$  (myrmevit)

Det er ting som tyder på at en finner igjen deler av de samme reaksjonene her.

Under lavere metamorfe forhold har det også skjedd en kraftig omdanning av hornblendegneisene der de grenser til kalksonen. Epidot (klinozoisit) er blitt dannet (slip 74) på bekostning av anortitgehalten i hornblendegneisens plagioklas. Kalken i reaksjonen er kommet fra kalksonen. Slipet viser også hvorledes hornblenden er blitt omdannet til klinozoisit, klorit (og aktinolit?). Følgende reaksjon belyser dannelsen:



Plagioklasen i slipet er meget uren. Inneslutningene er så små at jeg har ikke klart å bestemme hva det er. Det er muligens en sericitisering som har foregått.

Til alle de reaksjoner jeg har nevnt her, kreves det vann. Har reaksjonene skjedd på samme tid som dannelsen av hornblende-epidot-monoklin-pyroxen-skarnet, kan vannet ha kommet fra de granitiske oppløsninger som kalksonen da ble tilført. Titanit er bl.a. funnet i denne overgangstypen av hornblendegneisene.

## JERNMALMENE.

Prosenten av jern i malmen er relativt lav for de fleste forekomstene ved Arendal, med unntagelse av Bråstadforekomstene. Herfra kan det leveres en stykkmalm med over 60% oksydbundet Fe. Magnetit, som er det eneste påviste jernmineral, opptrer i forholdsvis grove krystaller, opptil et par millimeter i diameter.

Selv har jeg ikke foretatt mikroskopiske undersøkelser av malmen, men i håndstykker har jeg påvist følgende mineraler utenom magnetit:

Kokkolit (diopsid) kolofonit (andradit) epidot, kalkspat, hornblende, klorit, kvarts, serpentin, apatit, glimmer, svovelkis, titanit, kobberkis og molybdenglans.

J. Bugge angir at han har påvist over 50 mineraler i jernmalmen. Sammensetningen av skarnmalmen belyses best ved noen kjemiske analyser. Nr. 1 - 5 er alle fra Gyldenløve-Antoinette. Herav er de to første gjennomsnittsanalyser av to skibslaster 1905 - 1907.

Nr. 3 - 5 er eldre analyser utført av dr. A. Tamm 1875.

Nr. 6 - 12 er fra de aller siste år, men videre opplysninger finnes ikke.

Analysene er antagelig utført ved Christiania Spigerverk.

| Nr.  | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | CaO  | MgO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | S     | Gilde-<br>tapp-<br>vann | TiO <sub>2</sub> | SUM    | Fe    | P     |
|------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|-------------------------------|-------|-------------------------|------------------|--------|-------|-------|
| 1    | 87.8                           | 5.32             | 1.2                            | 0.46 | 4.08 | 1.56 | 0.028                         | 0.017 |                         |                  | 100.47 | 63.6  | 0.012 |
| 2    | 83.7                           | 7.54             | 1.3                            | 0.50 | 5.80 | 1.25 | 0.112                         | 0.010 |                         |                  | 100.21 | 60.6  | 0.049 |
| 3    | 83.98                          | 7.10             | 2.63                           | 0.20 | 5.00 | 1.15 | 0.066                         | 0.016 |                         | 0.05             | 107.46 | 60.80 | 0.029 |
| 4    | 71.18                          | 12.80            | 2.74                           | 0.46 | 8.00 | 2.45 | 0.029                         | 0.006 | 1.4                     |                  | 99.07  | 51.56 | 0.013 |
| 5    | 64.36                          | 15.70            | 2.40                           | 0.77 | 10.8 | 4.39 | 0.045                         | 0.007 | 1.4                     |                  | 99.87  | 46.60 | 0.020 |
| 6 X) |                                | 3.7              | 1.7                            | 0.3  | 3.6  | 1.0  |                               |       |                         | 0.1              |        | 66.5  |       |
| 7    |                                | 3.4              |                                |      | 2.0  |      |                               | 0.010 |                         |                  |        | 65.0  | 0.016 |
| 8    |                                | 3.06             |                                |      | 1.4  |      |                               | 0.010 |                         |                  |        | 65.1  | 0.023 |
| 9    |                                | 4.16             |                                |      | 2.1  |      |                               | 0.010 |                         |                  |        | 64.5  | 0.023 |
| 10   |                                | 19.0             |                                |      |      |      |                               | 0.025 |                         |                  |        | 49.1  | 0.030 |
| 11   |                                | 17.0             |                                |      |      |      |                               | 0.023 |                         |                  |        | 46.7  | 0.022 |
| 12   |                                | 8.5              |                                |      |      |      |                               | 0.025 |                         |                  |        | 58.9  | 0.020 |

Dessuten påvist Zn, Mo, Pb, Cu, Na.

Analyse nr. 6 holder dessuten ca. 0.001 V, 0.001 V, 0.001 Ni, 0.01 Cr.  
og ca. 0.01 Co.

Som en ser, er jerninnholdet ganske høgt. Noe av jernet er bundet i silikater, slike som andradit, epidot, og den jernrike monokline pyroxen, hedenbergit. Selv om det er noen jernrike skarnmineraller vi har, vil neppe mere enn 3 - 6% av jernet i en middels rik malm være bundet som silikatjern.

Fosforgehalten i Bråstadmalmen er litt høyere en vanlig for skarnmalmer i Arendalsfeltet. Ifølge 58 gamle analyser (1905 - 1907) er den gjennomsnittlige fosforgehalt 0.051 - 0.055 % P. Fosforet er bundet som apatit.

Dannelsen av granat og monoklin pyroxen kan ha skjedd etter følgende reaksjon:



Freundeles er det overskudd på kalk og kiselsyre i malmen, og reaksjonen burde da ha gått videre inntil en av komponentene var brukt opp dersom skarndannelsen har skjedd på denne måte. Dette forutsetter at kalk og kiselsyre opptrer side om side. Det siste spørsmålet er ikke undersøkt.

Th. Vogt har inndelt Arendalsforekomstene i forskjellige typer etter opptredende silikatmineraller i malmene. Bråstadforekomstene omtaler han bl.a. som eksponent for den serpentinholdige typen. Jeg har ikke observert noen større mengder av serpentin i malmen derfra. Hverken Mn- eller P-gehalten er så karakteristisk at de kan gi noen idé om malmens dannelses måte. Men som omtalt under diskusjonen av skarnets dannelses måte, antok jeg en sedimentær opprinnelse for malmen. En primer båndet struktur i en malm, slik som mange i dag tar som et bevis for sedimentær opprinnelse, har jeg ikke funnet, og det er vel også lite trolig at en vil finne noe slikt på grunn av de senere omvandlinger malmen har vært utsatt for.

En magmatisk eller hydrotermal tilførsel av Fe finner jeg lite sannsynlig. Man vet at kalkdannelsen er en ting og malmdannelsen en annen. Kalken er sedimentær. Malmen, som er av ikke-magmatisk opprinnelse, opptrer alltid i forbindelse med kalk. Det ville derfor være noe usedvanlig om en erupsjon av et Fe-rikt magma eller Fe-rike hydrotermale oppløsninger alltid skulle stå i forbindelse med et spesielt sediment som samtidig opptrer svært spredt.



Fig 4

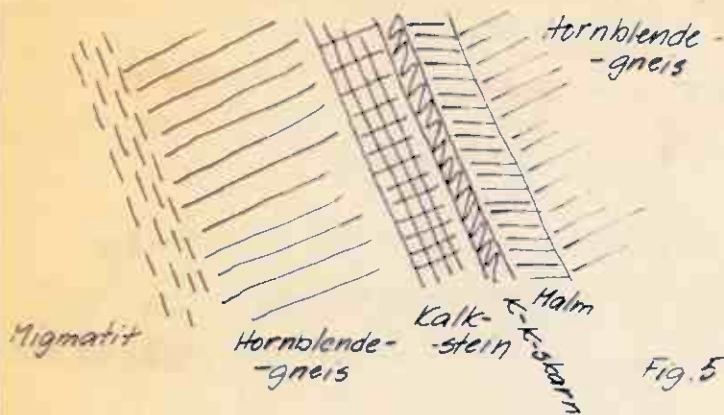


Fig. 5

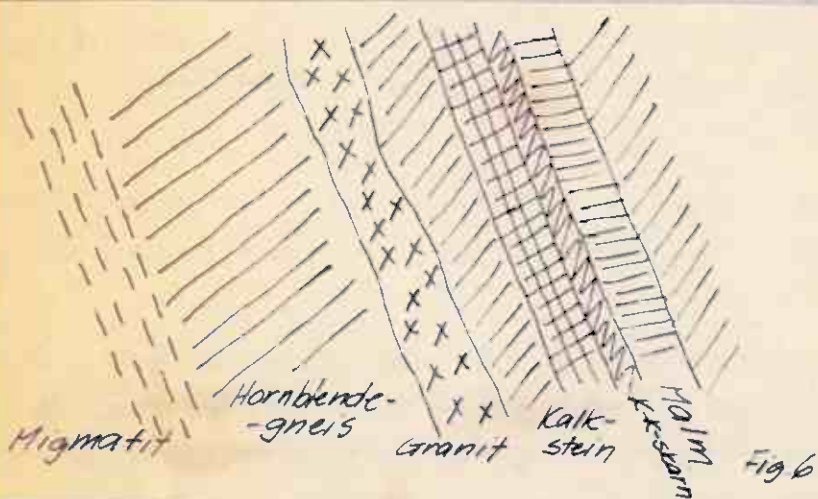
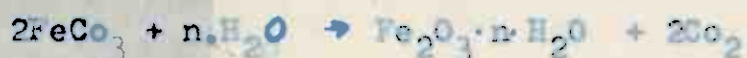


Fig. 6

I et basisk miljø over en kalkhorisont vil derimot oppløst Fe kunne felles som karbonat. Fig. 7 viser hvorledes jeg har tenkt meg de to lag sedimentert på den eldre hornblendeførende bergart. Malm, som har vært utfelt enten som jernspat eller greenalit, oksyderte etter hvert til limonit.



Derpå ble kvartsen delvis fjernet, muligens ved utlutning.

Under arendalitiseringen med en neddykking av jordskorpen til stort dyp, ble kokkolit-kolefonit-skarnet dannet på grensen mellom kalk og malm.

Metamorfosen omvandlet limoniten til magnetit. Ved hornblendegneisens grenser mot de omgivende bergarter foregikk det assimilasjonprosesser. Fig. 5

I forbindelse med den regionale granitisering av Arendalsfeltet, trenste graniten frem i hornblendegneisene, parallelt med skifrigheten i feltet Fig. 6

Det er sannsynlig at allerede på den tid hadde malmlegemene fått den form de stort sett har i dag. Stokk- eller linseformene kan være et resultat av at malmen har oppført seg plastisk under en deformasjon. Foldningen av graniten (og med den hele feltet) kan ha skjedd slik fig. 7 viser. Man har flere eksempler i Kongsberg-Bamble-formasjonen på breccier med samme utstrekning som retningene på de krefter som kan ha fremkalt en slik foldning. Bl.a. den store rivningsbreccie som går fra Kristiansand og nordøst-over til Oslo-feltet.

Bråstadfeltet må samtidig med foldningen, eller noe senere, ha dreiet litt på seg for å få den foldeaksestupning vi i dag har.

Etter oppsprekningen og forkastningene på grunn av foldningen trenste eldste generasjon av pegmatiter inn. Med disse kan dannelsen av det yngste skarn ha skjedd. Som siste fase, etter at feltet var falt til ro, fikk man så de flattliggende pegmatiter.

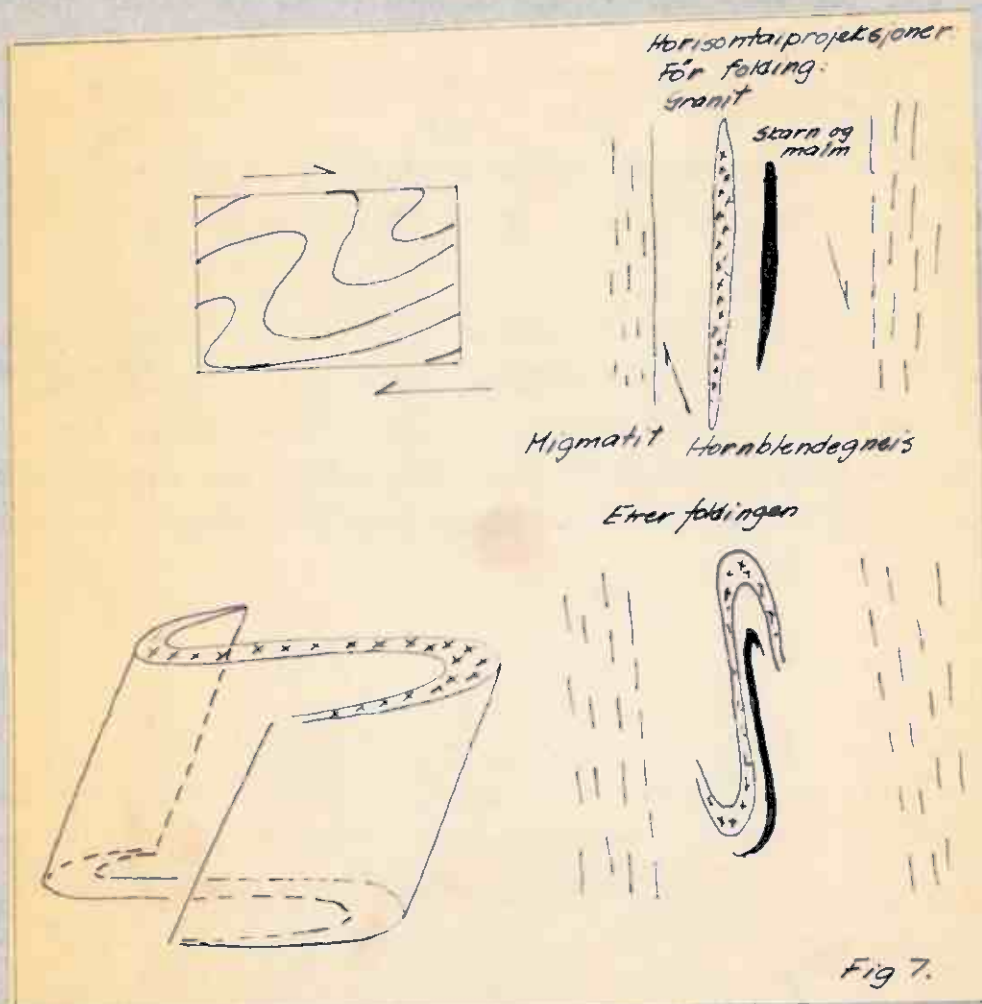


Fig 7.

Som kartet viser, opptrer malmene i to drag i det syd-vestlige område. Dette kan skyldes enten

1. en primær stratifikasjon i to malmhorisonter
2. en foldeprosess som ved overfolding gir det samme lag om igjen, isoklinalfolding.
3. et resultat av forkastninger.
4. en tilbakefolding og derpå sammenstuing av lagpakken slik at alle lagene gjentar seg i det syd-vestlige parti av kartområdet.

Det er en mengde ting som taler for hver av disse dannelsesmåter, men jeg mangler tilstrekkelige opplysninger fra hele feltet for å kunne ta et sikkert standpunkt. Imidlertid kan mange av de fenomener man observerer forklares ut fra den siste hypotese. Spørsmålet lar jeg stå åpent til videre bearbeiding.

## KORT OVERSIKT OVER DE FORSKJELLIGE MALMLEGEMER INNEN BRÅSTADFELTET

Tidligere har jeg omtalt hvorledes malmene opptrer i flere drag. Dette har man lenge vært oppmerksom på, og både Dahll og Kjerulf, A. Helland og J.H.L.Vogt navngir de forskjellige gruver og ordner disse i malmdrag. En nøyaktig samarbeiding av eldre materiale ligger til grunn for de navn jeg har satt på de ulike malmlegemene. Dette har en viss interesse, spesielt for de nord-østlige gruver. Her, hvor det nå ikke drives gruvedrift, kan man i dag ikke få noen idé om hvor dypt de forskjellige gruver er drevet, da de alle er fylt med vann eller rast igjen. Men eldre publikasjoner omtaler hvor dypt de forskjellige gruver ble drevet før de ble innstilt. Og jeg har i dag grunn til å tro at de fleste ble stoppet mens de ennå hadde malm i sålen.

Den prøvedrift som Christiania Spigerverk startet her i 1950, viser nemlig dette. Noen av gruvene ble nedlagt på grunn av at man i ca. 1850 gikk over til mere konsentrert drift ved anskaffelsen av en dampmaskin ved Gyldenløve-Antoinette. En annen årsak til stopp i driften var de leveringsvanskeligheter en fikk på grunn av at flere norske jernverk med gamle trekullsovner etter hvert ble utkonkurert av de nye utenlandske koksasovner.

Overskjående, flattliggende pegmatitter som dekker hele sålen, har også vært årsak til at flere forekomster ble innstilt. Og endelig bør vasslensingsproblemet nevnes. På det 17'de og 18'de århundre var gruvevannet et av de største problem de gamle bergmenn hadde å kjempe med. En vannfylt gruve var som regel tapt for videre drift. Derfor er det trolig at en ved de fleste forekomstene i dag vil finne malm i fortsettelsen på dypet. Magnetometermålinger fra 1940 gir ofte sterke anomalier både på malmenes heng- og liggside.

Det kan synes som om malmektigheten er noe større nær dagen enn det man finner på dypet. I middel kan den kanskje settes til 1 - 2 m. Dagåpningene etter gruvedriften viser seg meret bredere, men det skyldes i de fleste tilfeller at hengen er rast inn etter hvert.

Gruvene nord for "Lille Langgruve" er ikke undersøkt i detalj. Men observasjonene mine tyder på at de stort sett har samme strøk, fall og dragning i felt som de øvrige malmer. De er alle fylt med vann.

Fra eldre publikasjoner gjengir jeg følgende tall fra hvor dypt de forskjellige gruver er drevet:

|                 |                    |        |   |   |
|-----------------|--------------------|--------|---|---|
| Kattegruven     | ca. 25 meter etter | fallet |   |   |
| Vestre Sugge    | " 25-30 "          | "      | " | " |
| Tre Brødre      | " 26 "             | "      | " | " |
| Hvalfisker      | " 20-22 "          | "      | " | " |
| Lille Langgruve | " 70 "             | "      | " | " |
| Jenses gruve    | " 30 "             | "      | " | " |

Dertil kommer Mosseberg gruve (merket M på krokien over Bråstadfeltet) ca. 20-24 meter.

Ingen av disse har vært i drift siden 1840. Å ta driften opp på disse forekomstene igjen, vil by på visse vanskeligheter, da de alle ligger i nærheten av Arendal-Treungen-banen og de to vannene, Slottetjern og Bergtjern.

Den isometriske projeksjonen over en del av Bråstadforekomstene viser hvorledes jeg tenker meg malene går på dypet. Man har ikke kunnet følge alle malene fra dagoverflaten (ca. 50 m. o.h.) og ned på etasje 2 (ca. 45 m. u.h.) Endel av de sammenhørende linjene jeg har trukket, er basert på gjetninger, men som regel er disse gjetninger konklusjoner av en mengde observasjoner.

De geologiske kart- og tverrprofiler under jord er ikke blitt det jeg hadde håpet de skulle bli. På grunn av for kort tid til å bearbeide mine observasjoner på, er disse nærmest bare blitt skisser over forholdene i gruva. Både med hensyn til nøyaktighet, mangel på detaljer og koordinering mellom bl.a. de forskjellige profiler, er de ufullkomne.

Av dagkartet fremgår det tydelig hvorledes en har to malmdrag, og hvorledes disse er oppstykket i flere malmer. Fra NO til SV er rekkefølgen for liggmalene Hesterumpen, Antoinette I og II, Schjelderups gruve og Lowsows gruve. I dagen er disse skilt fra hverandre av hordblendegneiser. Mot dypet forsvinner gneiskilene langsomt. På etasje 2 er kilene nesten helt forsvunnet, slik at man får et så og si 200 m langt sammenhengende malmdrag.

Lengst i SV på etasje 2 har malmene et meget steilt fall (90 - 100"). Antoinette I og II er gjennomskåret av en steiltstående pegmatit, men finnes igjen på undersiden av pegmatiten. Likeledes gjennomskjæres Schjelderups gruve av en steil pegmatit. Lowsow's gruve, som man ser på etasje 1, når ikke opp i dagen. Et par meter under dagoverflaten stopper den mot en steil pegmatit. Det er sannsynligvis den pegmatit som opptrer på grensen mot graniten like ved anrikingsverket.

Det andre malmdraget, hengmalmene, dannes av Gamle Langgruve, Gyldenløve, Pumpegruven, Skoggruven og Ormsgruven. Hengmalmene har samme strøk, fall og dragning i felt som liggmalmene. Gamle Langgruve og Gyldenløve er skilt fra Antoinette I og II med en 8 - 10 m mektig hornblendegneis.

I motsetning til liggmalmene finner vi ikke hengmalmene igjen på undersiden av de steiltstående, gjennomskjærende pegmatiter. På etasje 2 er det bare en liten snipp igjen av Gamle Langgruve og Gyldenløve. Profilene og den isometriske projeksjon viser hvorledes dette kan ha fremkommet.

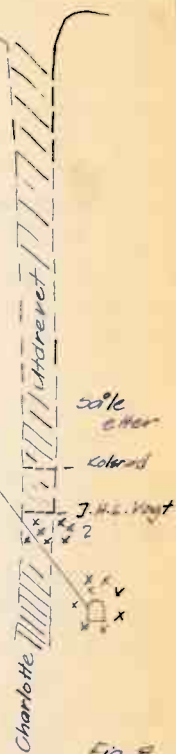
Pumpe- og Skoggruven forsvinner like under sålen på etasje 1. Grunnen til at de forsvinner var det ikke mulig å få studert, da strossen var fylt igjen med gråberg. Det kan ha vært en pegmatit. Litt lenger syd-vest forsvinner nemlig Ormsgruven mot en pegmatit, men på et nivå noe over etasje 1. Man må huske på at pegmatiten har trengt inn på et system av sprekker (etter gamle forcastninger?). Det ser for meg ut til at hengmalmene forsvinner etter steiltstående plan som skjærer malmene på økende dyp jo lenger en kommer i nord-østlig retning.

Syd-vest for Ormsgruven er forholdene mindre kjent under jord. Her er det også i dagen vanskelig å skille ut de to malmdrag. Gruve 6 hører utvilsomt til liggmalmene. Det store spørsmål er om Charlotta og Maria også kan henrernes til dette malmdrag. Da kan en kanskje regne med å finne disse igjen på større dyp. Kartet viser hvorledes strøket har forandret seg på dette parti av malmfeltet. Den buede båndstruktur i bergartene mellom Fjellgruven og badet viser hvorledes feltet kan ha vært utsatt for krofter fra SO.

Etage 1.



Diamantbor-hull.



sole  
etage  
kollekt

J. H. E. West  
2

Fig. 8

Disse påkjennningene kan ha deformert en engang nesten rettlinjert malmhorisont bestående av Charlotta, Maria, Gruve Nr. 6, Lowsow's gruve, Schjelderup's gruve o.s.v., slik at de nå henger sammen i en bue.

Mellom polygonpunktene 37 og 39 på etasje 1 opptrer en malm. Den er ikke drevet på, slik at det er vanskelig å si hvilken malm den svarer til i dagen. Det er muligens Maria. Om så er tilfelle, må malmene på dette parti av feltet ha fått et steilere fall enn det som er vanlig. Det viser seg også å være tilfelle. Som følge av foldningen står malmene og bergartene her med et fall på 85-95°. Dette kan forklare hvorfor Charlotta ikke er funnet igjen under jord tross intensiv leting i form av langhullsboring, diamantboring og ortdrift.

Fig. 3 viser hvorledes letingen etter Charlotta er utført. Antar man at malmen ligger slik jeg har skissert den inn på etasje 1, ser en at sønlige borchull er galt plassert. Tverrprofilen i diamantborhullets plan viser at det burde ha gått gjennom malmen. Men ifølge gamle dybdeangivelser og min lodding av forekomstens dybde, skjærer diamantborhullet umiddelbart under der hvor driften engang sluttet. Det er mulig at driften for lenge siden ble innstilt fordi man traff på en flatt liggende pegmatit. Feltet er nemlig her sterkt oppsprukket og gjennomtrengt av pegmatiter.

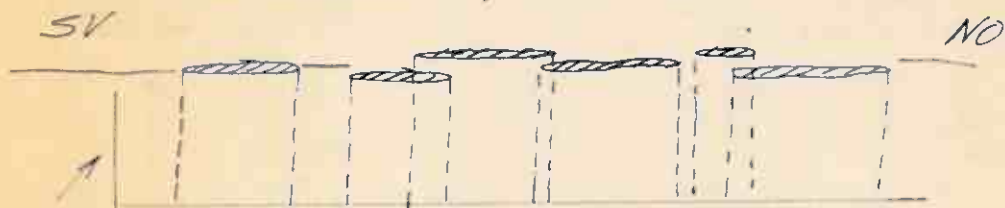
På grunnlag av disse observasjoner begynte man å bore på nytt nå i høst, umiddelbart etter at jeg hadde reist derfra.

Det meldes at i et av borchullene fikk man 4 m malm. Hvorledes hullene er påsatt, vet jeg ikke.

Treschow's gruve, Fjellgraven og gruvene nr. 3, 4, 7 og 8 kan en regne til hengmalmdraget. Disse er ikke funnet igjen under jord. De er alle fylt med vann. Treschow's gruve ble lenset for vann da Christiania Spigerverk tok opp driften etter krigen. Ca. 35 m (?) etter fallet forsvant malmen. Det bekrefter til en viss grad den hypotese at hengmalmene forsvinner etter steiltstående plan. Jo lenger mot syd en kommer i feltet, jo tidligere vil malmene forsvinne.

Malmdragene fortsetter fra Charlotta gjennom gruve nr. 1 og 2, rundt graniten og videre nordover til jernbanelinjen (se kroni).

Malmstokkene for dreiningen.



Etter dreiningen

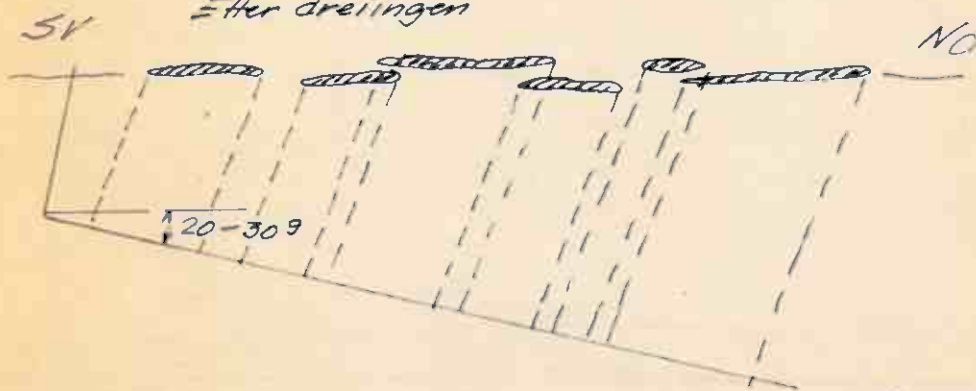


Fig. 9

Utsiktene til å finne nye malmer er vanskelig å uttale seg om. Tilhører Charlotta og Maria liggmalmdraget, er det grunn til å tro at de vil gå like dypt som de andre malmene i samme drag. Hvor dypt malmene stikker er også uvisst. Til sammenligning kan nevnes at en av forekomstene ved Neshilen, Mörefjär, står med malm over hele sålen på et dyp av ca. 220 m etter fallet. Gruvene ved Klodeborg når også adskillig dypere enn etasje 2 ved Eråstaå. Men er min hypotese om foldningen av feltet riktig, og man derpå har hatt en liten dreining i vertikalplanet for å få en aksestupning på  $70-80^\circ$  i stedet for vertikal foldeakse, vil malmene stikke dypere jo lenger en kommer mot NO. Fig. 9 Etter muntlig utsagn skal magnetometermålinger ved Slottetjern ha gitt anomalier svært langt fra malmenes utgående, både på heng- og liggsiden.

# L I T T E R A T U R.

- Andersen, Olaf: The Genesis of some Types of Feldspar from Granite Pegmatites.  
NOT 10. 1928. side 116 - 207.
- Barth, Corens, Eskola: Die Entstehung der Gesteine.
- Brekke, Otter: Diplomoppgave i geologi, 1952.
- Egge, Arne: Kongsberg-Bambleformasjonen NGU 146
- Egge, Jens A.W.: Geological and Petrographical Investigations in the Arendal District NGU bd. 20 1940.
- " - Geological and Petrographical Investigations in the Kongsberg-Bamble Formation NGU 160
- " - Löödesöl Skarnforekomst NGU bd. 25.
- " - Trekk av Arendalsfeltets geologi NGU bd. 20 1940
- " - Sedimentære jernmalmer og deres deformasjon. Tidsskr. for kemi, bergvesen og metallurgi 6 1950.
- Helland A.: Norges Land og Folk IX, Nedenes Amt.
- Holte Dahl, Olef: Kalkstensforekomster på Sørlandet NGU nr. 81
- " " Norges Geologi NGU nr. 164
- Kjerulf, Th. og Dahl Th.: Om jernertsenes forekomst ved Arendal, Næs og Kragerø.  
Nyt Mag. f. Naturv. Bd. 11 1861.
- Lahen, F.H.: Field Geology 1941
- Magnusson, Nils: Malmgeologi.
- " " Herrängsfeltet och dess järnmalmer SGU ser. C nr. 431
- Oftedahl, Ivar: Oversikt over Norges mineraler. NGU nr. 170
- Rogers and Kerr: Optical Mineralogy 1942
- Vogt, J.H.L.: Norges Jernmalmbeforekomster NGU 51
- " " Jernmalm og Jernverk NGU 85.

Vogt, Th.: Sulitjelmafeltets geologi og petrografi  
NCU 121.

" " Leptitformasjonens jernforekomster i Norge  
NGT 17, 1938.

Economic Geology: Bd. 45, 1950.

Speakern: Nr. 20 1954

-46-

Nivellement.

NSB fastmerke.

5.2 m. til høgre for 4.40 km. pel.

Like ved planovergangen. På høgre side av jernbanelinjen  
fra Arendal.

Fm. NSB = 45.835 m.

| Avstand | Stasjon nr. | Avlesning. |          | Signering Fall | Højde av punkt | Punkt  |
|---------|-------------|------------|----------|----------------|----------------|--------|
|         |             | Baksikt    | Fremsikt |                |                |        |
| 25 m.   |             | 0.729      |          |                | 45.835         | Fm NSB |
| 25 m.   | 1.          |            | 0.790    | 0.051          | 45.774         | P 11   |
| <hr/>   |             |            |          |                |                |        |
| 30 m.   |             | 0.511      |          |                | 45.835         | Fm NSB |
| 30 m.   | 2.          |            | 0.570    | 0.059          | 45.776         | P 11   |
| <hr/>   |             |            |          |                |                |        |

Middel: P 11 = 45.775 m. o. h.