

Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1574	Intern Journal nr 116/1982 VB	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering Åpen
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr NGU 1717/5	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Rutil i eklogittiske bergarter i Sunnfjord Askvoll, Naustdal, Førde og Fjaler, Sogn og Fjordane 1980				
Forfatter Korneliussen, Are		Dato 22.10 1981	Bedrift NGU	
Kommune Askvoll Førde Nausdal Fjaler	Fylke Sogn og Fjordane	Bergdistrikt Vestlandske	1: 50 000 kartblad 11171 11174 11182 12174 12183	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geologi	Dokument type	Forekomster Kvammen Fureviknipa Engebøfjellet Solvik		
Råstofftype Malm/metall	Emneord Ti Rutil			
Sammendrag				

NGU-rapport nr. 1717/5

RUTIL I EKLOGITTISKE

BERGARTER I SUNNFJORD

Askvoll, Naustdal, Førde og Fjaler,

Sogn og Fjordane

1980



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39 Postboks 3006
Tlf. (075) 15 860 7001 Trondheim

Postgironr. 5 16 82 32
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr. 1717/5		Åpen/ Fortrolig til	
Tittel: Rutil i eklogittiske bergarter i Sunnfjord			
Oppdragsgiver: NGU		Forfatter: Statsgeolog Are Korneliussen	
Forekomstens navn og koordinater: Kvammen, Fureviknipa, Engerbøfjellet, Solvik m.fl.		Kommune: Askvoll, Førde, Nausdal, Fjaler	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kartbladnr. og -navn (1:50000): 1117 I, IV 1118 II 1217 IV 1218 III	
Utført: 1980 - 1981		Sidetall: 27 Tekstbilag: 5 Kartbilag: 7	
Prosjektnummer og -navn: 1717 Rutilundersøkelser i Sunnfjord			
Prosjektleder: Statsgeolog Are Korneliussen			
Sammendrag: Sommeren 1980 ble det foretatt detaljprøvetaking av rutil-førende eklogitter ved Kvammen, Fureviknipa, Engerbøfjellet og Solvik. Økonomisk interessante rutilgehalter på 5-6% er kun påvist i dm - m store partier. Rutilanrikende partier i 100 m-størrelse inneholder i Fureviknipa og Engerbøfjellet gjennomsnittsgehalter på inntil 3-3,5% rutil, mens Kvammen og Solvik er noe fattigere. Det er utført orienterende oppredningsforsøk på prøvemateriale fra Engerbøfjellet uten at det har lyktes å framstille et rutilkonsentrat. Sunnfjords eklogitter representerer betydelige rutilreserver men er i dagens situasjon for lavgehaltige til at videre prospekterings- og oppredningsundersøkelser bør utføres.			
Nøkkelord	berggrunnsgeologi		
	malm		
	Ti, rutil		

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

INNHold

Side

1. INNLEDNING	3
2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	3
3. GEOLOGISK OVERSIKT	4
3.1. Generell geologi	4
3.2. Rutilførende eklogitter	4
4. FOREKOMSTBESKRIVELSER	6
4.1. Kvammen	6
4.2. Fureviknipa	11
4.3. Engebøfjellet	14
4.4. Andre forekomster	18
5. PRØVETAKING OG ANALYSEMETODER	20
6. OPPREDNINGSFORSØK	21
7. SUNNFJORDS RUTILFOREKOMSTER I GLOBAL SAMMENHENG	24
8. VURDERING OG KONKLUSJON	25
9. LITTERATURLISTE	27

Bilag

1. XRF feltanalyser på titan, Kvammen
2. XRF feltanalyser på titan, Fureviknipa
3. XRF feltanalyser på titan, Engebøfjellet
4. XRF feltanalyser på titan, Solvik
5. Analyser på rutil- og ilmenittbundet titan
6. Analyser og metallurgisk balanse for oppredningsforsøk 1-4
7. Mineralbeskrivelse av forsøkmateriale for oppredningsforsøk

Tegninger

- 1717/5 -01: Geologisk kart over Sunnfjord. M 1:250 000.
- 02: Geologisk kart over Førdefjordområdet. M 1:50 000.
- 03: Geologisk kart over området Folkestad-Gjøllanger-Flekk. M 1:50 000.
- 04: Geologisk kart og prøvetakingskart, Kvammen. M 1:5 000.
- 05: Geologisk kart og prøvetakingskart, Fureviknipa. M 1:5 000.
- 06: Geologisk kart og prøvetakingskart, Engebøfjellet. M 1:5 000.
- 07: Geologisk kart og prøvetakingskart, Solvik. M 1:5 000.

1. INNLEDNING

I 1980 ble det fra Kommunaldepartementets kap. 571 post 71 "Til vekstfremmende tiltak på Vestlandet og i Trøndelag" etter søknad fra Sogn og Fjordane fylke i samråd med NGU, bevilget kr 125 000,- til undersøkelse av rutilforekomstene Kvammen i Askvoll kommune og Fureviknipa i Førde kommune.

Denne rapportet er basert på de undersøkelser som er utført på bakgrunn av denne bevilgningen (feltarbeid sommeren 1980 og bearbeiding høsten 1980/vinteren 1981), resultatene fra tidligere rapporterte undersøkelser og en hovedoppgave ved NTH. Undersøkelsene er foretatt i samarbeid med Elkem A/S som har bergrettigheter på rutil i området.

2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Rutil i eklogittiske bergarter i Sunnfjord har tidligere vært gjenstand for undersøkelser av Elkem A/S (1969-72), NGU (1978-79) og Foslie (1980). Elkem's undersøkelser har bestått i detaljprøvetaking av en stor eklogittforekomst ved Naustdal (kalt Naustdal eklogitt) med orienterende oppredningsforsøk, og en prøvetaking av Engebøfjellet eklogitt ved Vevring. Ved NGU's undersøkelser i 1978 og 1979 ble det foretatt regional kartlegging og prøvetaking av rutilførende eklogitter i områdene rundt Førdefjorden og syd for Dalsfjorden med henblikk på å oppnå en generell oversikt over rutilens opptreden og gehalter i eklogittene og finne fram til de mest attraktive forekomstene for eventuelle videre undersøkelser (Korneliussen 1979, 1980 a). Disse undersøkelser som ble foretatt i samråd med Elkem, var foranledningen til 1980-undersøkelsen av forekomstene Kvammen, Fureviknipa, Engebøfjellet og Solvik. Fureviknipa ble i dette året detaljert undersøkt av G. Foslie som ledd i en hovedoppgave i NTH (Foslie 1980).

Eklogitter i Sunnfjord er tidligere beskrevet av Eskola (1921), Kolderup (1928), Kolderup & Rosenguist (1950), Kolderup (1960), Binns (1967) og Krogh (1980).

Generelle geologiske trekk ved Sunnfjords geologi blir beskrevet av Skjerlie (1974), Furnes et al. (1976), Kolderup (1928), Skjerlie (1969), Skjerlie & Pringle (1978). De geologiske hovedtrekk framgår av tegn. 1 og det geologiske kartblad Måløy (1:250 000, Sigmond Kildal 1970).

3. GEOLOGISK OVERSIKT

3.1. Generell geologi

Berggrunnen i Sunnfjord er variert med innslag av devonske, kambro-siluriske og prekambriske bergarter. Devonavsetningene består av sandsteiner og konglomerater som opptrer i flere felter. Kambro-silur bergartsserien inneholder grønnsteiner, putelavaer, gabbroer, serpentinitter, tuffer, gråvakker og kalksteiner (Skjerlie 1974, Furnes et al. 1976). De prekambriske bergarter består av et kaledonsk skyvedekke av mangerittsyenittiske bergarter (Furnes et al. 1976) og grunnfjellsgneiser. De sistnevnte er inndelt i to hovedenheter: Jostedalskomplekset som består av granittiske og granodiorittiske gneiser og Fjordanekomplekset som h.sakelig består av biotitt-rike gneiser av sedimentær opprinnelse, med innslag av eklogitter, gabbroer, anorthositter og ultramafiske bergarter (Skjerlie & Pringle 1978). Eklogitter forekommer også innen gneisbergarter som blir ansett å tilhøre Jostedalskomplekset i Førde-Naustdalområdet (Krogh 1980). Skjerlie & Pringle (1978) har inndelt Fjordanekomplekset i en øvre enhet "Vevringkomplekset" som inneholder eklogitter, gabbroer, anorthositter og ultramafiske bergarter, og en nedre enhet "Holsen gneis", og har foreslått at disse enheter er deler av et skyvedekke som i prekambrisk tid ble skjøvet utover Jostedalskompleksets bergarter.

3.2. Rutilførende eklogitter

De rutilførende eklogittiske bergarter opptrer som linser og deformerte soner i gneis, med størrelser som varierer fra 2-3

dm til 3-4 km. Eklogittene består av amfibol (30-60%, vanligvis en mellomting mellom hornblende og glaukofan), granat (20-50%, en mellomting mellom almandin, pyrop og grossular), klinopyroksen (omfasitt, 0-20%), kvarts (0-10%), lys glimmer (0-10%), zoisitt (0-10%), rutil (vanligvis 1-3%), og apatitt, kyanitt (i Sellevoll-området), ilmenitt, pyritt og magnetkis i aksessoriske mengder.

Eklogittene er vanligvis massive uten tegn til båndinger og med varierende innhold av hovedmineraliene amfibol, granat og pyroksen. Båndinger med anrikninger av ett eller to av hovedmineralene forekommer. Båndingene viser en tendens til å være sammenfallende med foliasjonen i de omkringliggende gneiser, og foldninger innen eklogittkropper ser ut til å gjenspeile tilsvarende foldninger i gneisene.

Eklogittene har basaltisk kjemi med en alkaline tendens. Den kjemiske sammensetningen er sterkt varierende, også innen samme eklogittkropp. Det er ikke påvist karakteristiske forskjeller i kjemi mellom enkelte eklogittkropper eller delområder (Korneliussen 1980).

Rutil forekommer som mere eller mindre uregelmessige impregnsjoner med gehalter som varierer fra 0.5 til 10%, med vanlige verdier på 1.5-3%. Høye verdier på over 5% rutil ser ut til å forekomme i partier med inntil 1 m utstrekning mens gehalter på 4-5% rutil kan forekomme i 10-20 m lange partier (omtrentlig bedømmelse). Disse anrikende partier er uregelmessige i form og gehalter. Det er ikke påvist noen sammenheng mellom bergartens mineralogiske og kjemiske sammensetning, båndinger og rutilens opptreden.

Det framgår av fig. 6 at forekomstene Nausdal, Engebøfjellet og Fureviknipa har gjennomgående et noe høyere TiO_2 -innhold enn det som ellers er vanlig.

Ved retrogradering av eklogitt omvandles de primære silikat hovedmineraler til en sekundær hornblende samtidig som rutil omvandles til ilmenitt. Slike retrograderinger forekommer i randsoner og i uregelmessige partier i eklogittkroppene.

4. FOREKOMSTBESKRIVELSER

4.1. Kvammen

Tidligere undersøkelser

Forekomsten ble prøvetatt i forbindelse med rekognoserende rutilundersøkelser i 1978. Gjennomsnittlig TiO_2 -innhold for 23 knakkprøver fra tilfeldige steder i forekomsten var 1.87% TiO_2 , med høyeste verdi 4.78% og laveste verdi 0.71% TiO_2 (Korneliussen 1979).

Fordi Askvoll kommune planla et boligfelt over de sydøstlige deler av forekomsten var det ønskelig å oppnå en mere detaljert forståelse for rutilinnholdet og forekomsten ble derfor detaljert prøvetatt sommeren 1980.

Geologi

Det sentrale åsryggpartiet mellom Høgda og Brandåsen (tegn. 3) er fra et rutilsynspunkt den mest attraktive del av Kvammenområdet, og består hovedsakelig av massiv ikke-omvandlet eklogitt. Rutilinnholdet i dette området anslås til 80-90% av det totale TiO_2 -innholdet i bergarten. For det øvrige eklogittområdet forekommer vekslinger mellom eklogitt og gneis og eklogitten viser ofte en tendens til å være omvandlet (amfibolittisk).

Gneisene som tilhører Vevringkomplekset er finkornige til middelskornige, biotitttholdige, og er av sedimentær opprinnelse (inneholder kvartsitter i nærliggende områder). Like vest for Bjørndal forekommer en liten ultramafittlinse (dunit). På sydsiden av Kvammen eklogitt/gneis-område ligger et kaledonsk skyvedekke med prekambriske mangerittsyenittiske bergarter.

Prøvetaking, forekomststørrelse og gehalter

Ved feltarbeidet ble det foretatt knakkprøvetaking, støvprøvetaking og feltanalyser på titan. Analysene ble foretatt direkte på fast fjell og på støvprøver.

På grunn av overdekkingen i området lot det seg ikke gjøre å foreta systematisk prøvetaking i et stikningsnett, og prøvetakingen ble derfor foretatt der hvor dette lot seg gjøre i de eksisterende blotninger. På grunn av blotningenes uregelmessige opptreden (knauser med myrdrag innimellom) ble det oppnådd en ganske tett prøvetaking i enkelte partier mens andre deler er mere glissent prøvetatt. En anser likevel prøvetakingen for å ha vært tilstrekkelig for en vurdering av forekomsten.

Prøvelokalitetene med analyseresultater framgår av tegning 3. Fig. 1 og 2 gir en histogram framstilling av analyseresultater for henholdsvis relativt tilferdige prøver og for prøver fra et utvalgt titanrikt parti i forekomsten (lok. R 51).

Som det framgår av bilag 1 og tegning 3 er gehaltene stort sett i størrelsesorden 1-3% TiO_2 . Enkelte partier inneholder gehalter på over 3% TiO_2 .

Utgående til det sentrale eklogittpartiet mellom Høgda og Brandåsen er ca. 80 000 m^2 . Pr. m avsenkning gir dette en bergartsmengde på 2.7 mill. tonn (sp.v. 3.4 g/cm^3). I de nordvestlige deler av feltet ligger eklogittbergarten (båndet) på grunn av faldninger forholdsvis slakt, og forekomsten er her neppe særlig dyptgående. I de midtre og sydøstlige deler hvor bergarten er massiv og ikke utpreget foldet, er de omkringliggende gneiser steiltstående, og det er sannsynlig at eklogitten i disse områder rekker ned til flere hundre meters dyp.

Gjennomsnittsgehalten for 66 XRF-feltanalyser direkte på fjell (relativt tilfeldig prøvetaking) er 1.81% TiO_2 og 1.84% TiO_2 for 11 knakkprøver som ble knust med feltnuser og XRF-feltanalysert (bilag 1).

I mindre partier forekommer gehalter på 4-5% TiO_2 . Fig. 3 gir en framstilling av gehaltsvariasjonen langs 2 prøvetakingsprofiler i et relativt titanrikt parti (ved lok. R 51). Gjennomsnittlig TiO_2 -innhold over disse profiler fordelt på 38 analyser, er 3.03%, med høyeste verdi 6.02% og laveste verdi 0.58% TiO_2 .

Ut fra disse analyseresultater og fra det visuelle inntrykk rutil-mineraliseringene gir, synes det som om de mineraliserte partier med 5-6% TiO_2 er i dm- $\frac{1}{2}$ m størrelse, mens partier med 3-4% TiO_2 kan ha utstrekning på flere meter.

Vurdering

Sett i sammenheng med at en anser gehalter på 6-7% TiO_2 hvorav 80-90% som rutil, som økonomisk interessant såframt forekomststørrelsen er på flere millioner tonn, så virker Kvammenforekomsten for fattig og de rike partier for små til å kunne gi grunnlag for økonomisk utnyttelse. Til sammenlikning gir en forekomststørrelse på 100 x 100 x 100 m 3.4 mill. tonn. Det er høyst usannsynlig at Kvammenforekomsten inneholder partier i denne størrelsesorden med 6-7% TiO_2 .

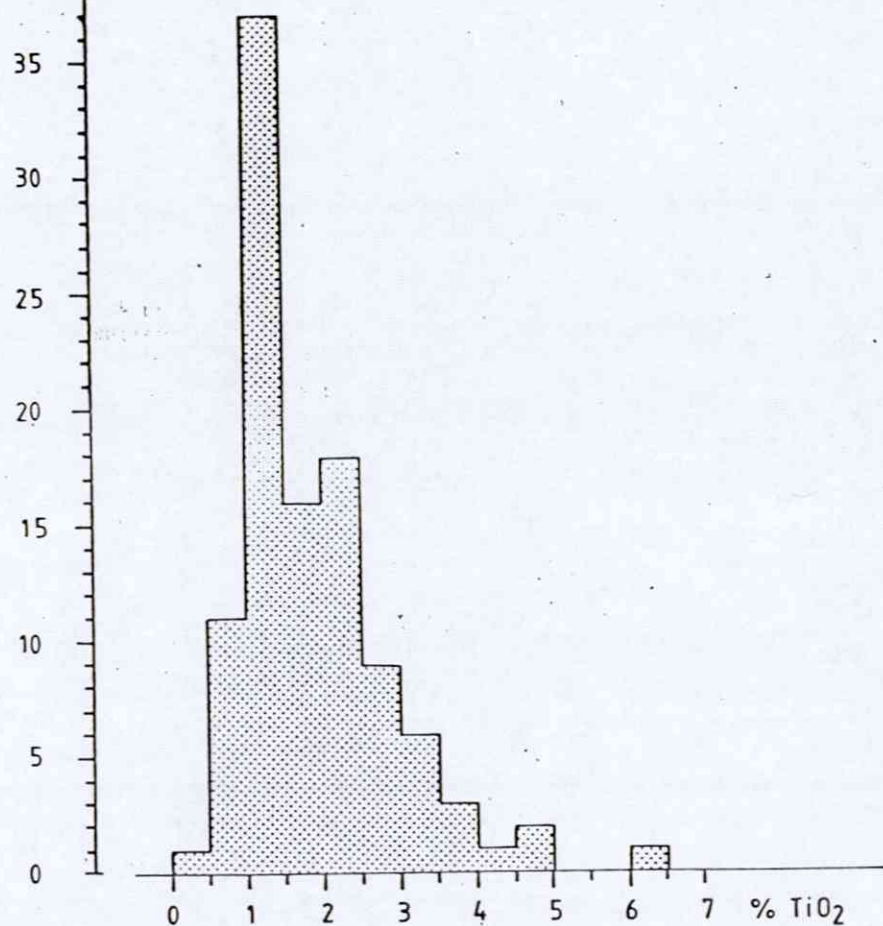
Forekomstene Engebøfjellet, Naustdal og Fureviknipa er rikete på rutil enn Kvammen, og vil i en eventuell framtidig situasjon med vesentlig høyere rutilpriser være mere attraktive.

Forekomsten vurderes med dette å være uten økonomisk interesse for rutil.

1.1.

ANTALL
ANALYSER

KVAMMEN



1.2.

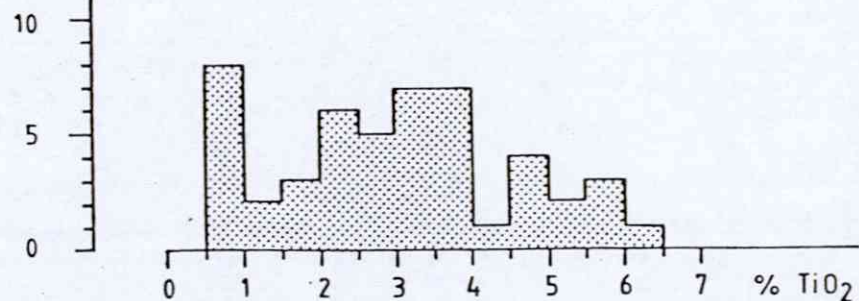
ANTALL
ANALYSER

Fig. 1. Kvammen. Histogramframstilling av XRF TiO₂-felt-analyser på støvprøver og direkte på fjell. Fig. 1 a er basert på en forholdsvis tilfeldig prøvetaking mens fig. 1 b er basert på prøver fra et utvalgt TiO₂-rikt parti ved lokalitet R 51. De fullstendige analyse-resultater framgår av bilag 1 og prøvepunktene plassering av tegning 4.

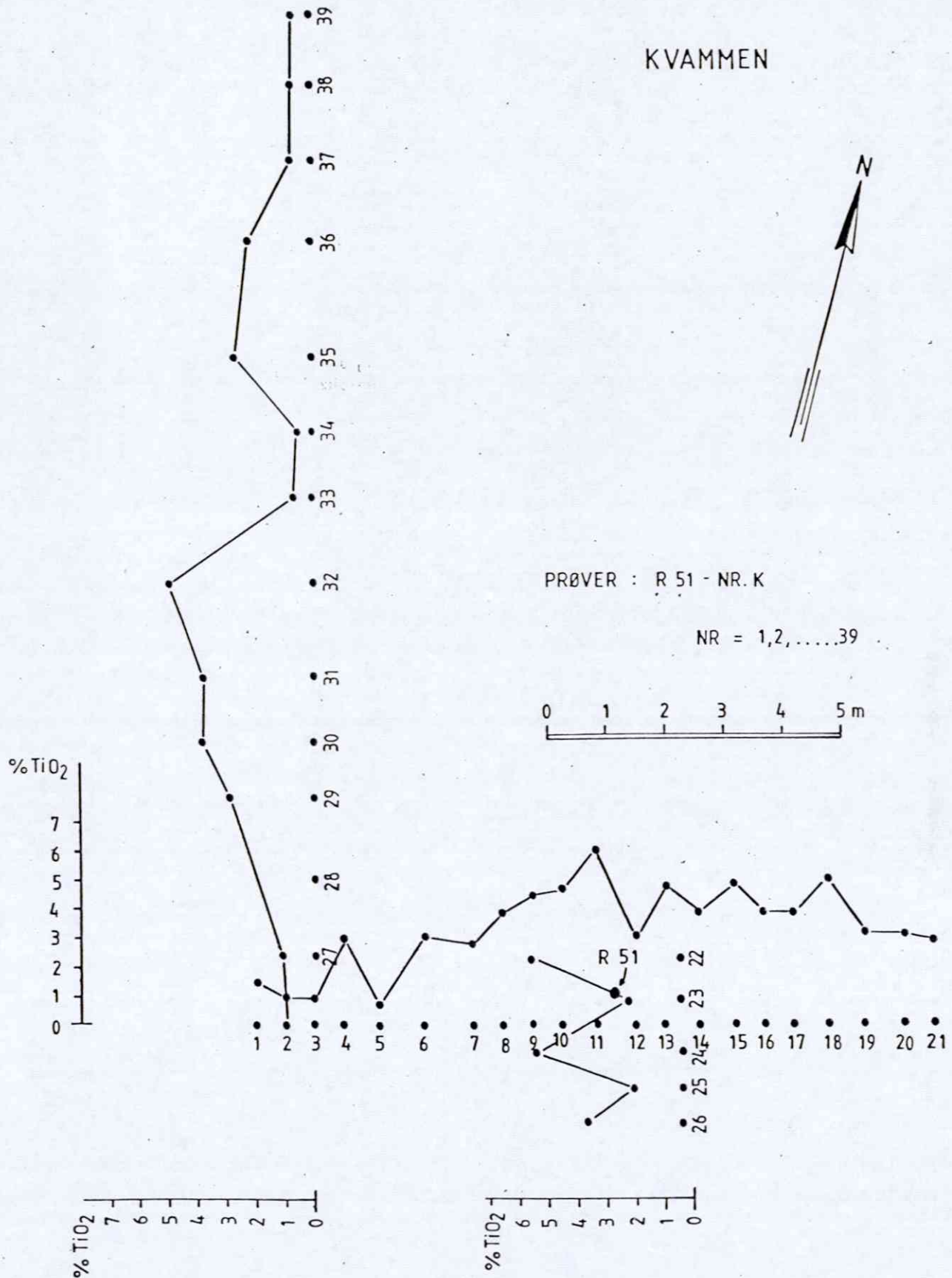


Fig. 2. Kvammen. TiO₂-fordelingen langs prøvetakingsprofiler ved lok. R 51. Det er for hvert prøvepunkt boret et ca. 20 cm dypt hull. Borstøvet er XRF-analysert på TiO₂ i feltet. De fullstendige analysedata framgår av bilag 1.

4.2. Fureviknipa

Tidligere undersøkelser

Forekomsten ble første gang prøvetatt i 1978 (Korneliussen 1979). 16 prøver fra forekomsten viste et gjennomsnittlig TiO_2 -innhold på 1.93%, med høyeste og laveste verdi henholdsvis 5.61% og 0.36%.

I 1979 ble det foretatt videre leting etter rutilmineraliseringer i forekomsten og det ble på visuelt grunnlag påvist et rutilanriket parti i fjellryggen like øst for toppen av Fureviknipa. 9 prøver fra dette området hadde et gjennomsnittlig oksydbundet TiO_2 -innhold på 4.61% (samlet TiO_2 -innhold i ilmenitt og rutil), med laveste og høyeste verdi henholdsvis 5,47% og 2.78%. Rutilinnholdet i disse prøver var gjennomsnittlig 3.52% (Korneliussen 1980).

Forekomsten ble i 1980 undersøkt av G. Foslie, i samarbeide med Elkem og NGU, i en hovedoppgave i malmgeologi ved Geologisk institutt NTH (Foslie 1980).

Geologi

Furevika eklogitt ligger innenfor tildels glimmerrike gneiser av sedimentær opprinnelse som blir ansett å tilhøre Vevring-komplekset. Foldemønsteret i eklogitten ser ut til å tilsvare foldningen av de omkringliggende gneiser. Foldetektonikken er ikke nærmere utredet. Eklogittbergarten varierer fra en mørk, finkornig og homogen bergart som er mest vanlig, til varianter med en tydelig mineralogisk bånding i cm til $\frac{1}{2}$ m-skala med anrikninger av granat, klinopyroksen eller amfibol. Foleasjon med parallellorientering av flakige og listeformede mineraler (glimmer, epidot og klinopyroksen) og den mineralogiske båndingen, er i store trekk sammenfallende med foliasjonen i de omkringliggende gneiser. Langstrakte opptil 1-2 cm store aggregater av rutil og apatitt er ofte orientert langs foliasjonen. Overgangen mellom gneis og eklogitt er gradvis via en amfibolittisk overgangssone. Rutilmineraliseringene består av sterkt vekslende impregnasjoner og langstrakte opptil noen få centimeter store rutilaggregater (Foslie 1980).

Prøvetaking, forekomststørrelse og gehalter

Den østligste og fra et rutilsynspunkt mest attraktive delen av feltet ble prøvetatt i 1980. Prøvetakingen ble foretatt usystematisk i de eksisterende blotninger ved at det ble boret 15-20 cm sange hull hvorfra borstøvet ble innsamlet og XRF-feltanalysert. I tillegg ble det utført XRF-analyser direkte på fjell i andre deler av feltet. Prøvetakingen blir detaljert beskrevet av Foslie (1980). Prøvelokaliteter og analyseresultater framgår av tegning 4 og bilag 2.

I det østlige og nordøstlige eklogittområdet er gjennomsnittlig TiO_2 -gehalt 3.64 % basert på 75 prøver (borstøv, bilag 1), med høyeste og laveste verdi henholdsvis 5.90 og 1.32 % TiO_2 .

Titaninnholdet i de øvrige deler av feltet er gjennomgående lavere. XRF-feltanalyser direkte på fjell i disse områder gir et gjennomsnittlig TiO_2 -innhold på 2.92% (45 analyser bilag 2), med høyeste og laveste verdi henholdsvis 5.4% og 0.6% TiO_2 . Forekomsten virker mere ilmenittholdig i forhold til rutil enn det som er vanlig ved for eksempel Kvammen og Engebøfjellet. Spesielt et mindre parti i det østlige titananrikede området (tegn. 4) er ilmenittholdig.

På bakgrunn av modalanalyser og kjemiske analyser som skiller rutil og ilmenittbundet titan, er ca 60% av TiO_2 -innholdet i det østlige området bundet som rutil. Hvis det spesielt ilmenittrike delområdet holdes utenfor, er ca 80 % av TiO_2 -innholdet bundet som rutil (Foslie 1980). Dette er sannsynligvis forholdsvis representativt for forekomsten som helhet, og er i samsvar med det som er vanlig i de øvrige eklogittforekomster i området.

Det titanrike området som strekker seg fra toppen av Fureviknipa og ca. 1.5 km mot SØ med 150 m bredde, har et gjennomsnittlig TiO_2 -innhold på 3.7%.

Store deler av dette området har omtrent 80 % av titanet bundet som rutil. Titaninnholdet i silikatmineraler er relativt ubetydelig. Til et dyp på 100 m blir forekomststørrelsen 77 mill. tonn (sp.v. 3.4) med omkring 3% rutil i gjennomsnitt (Foslie 1980).

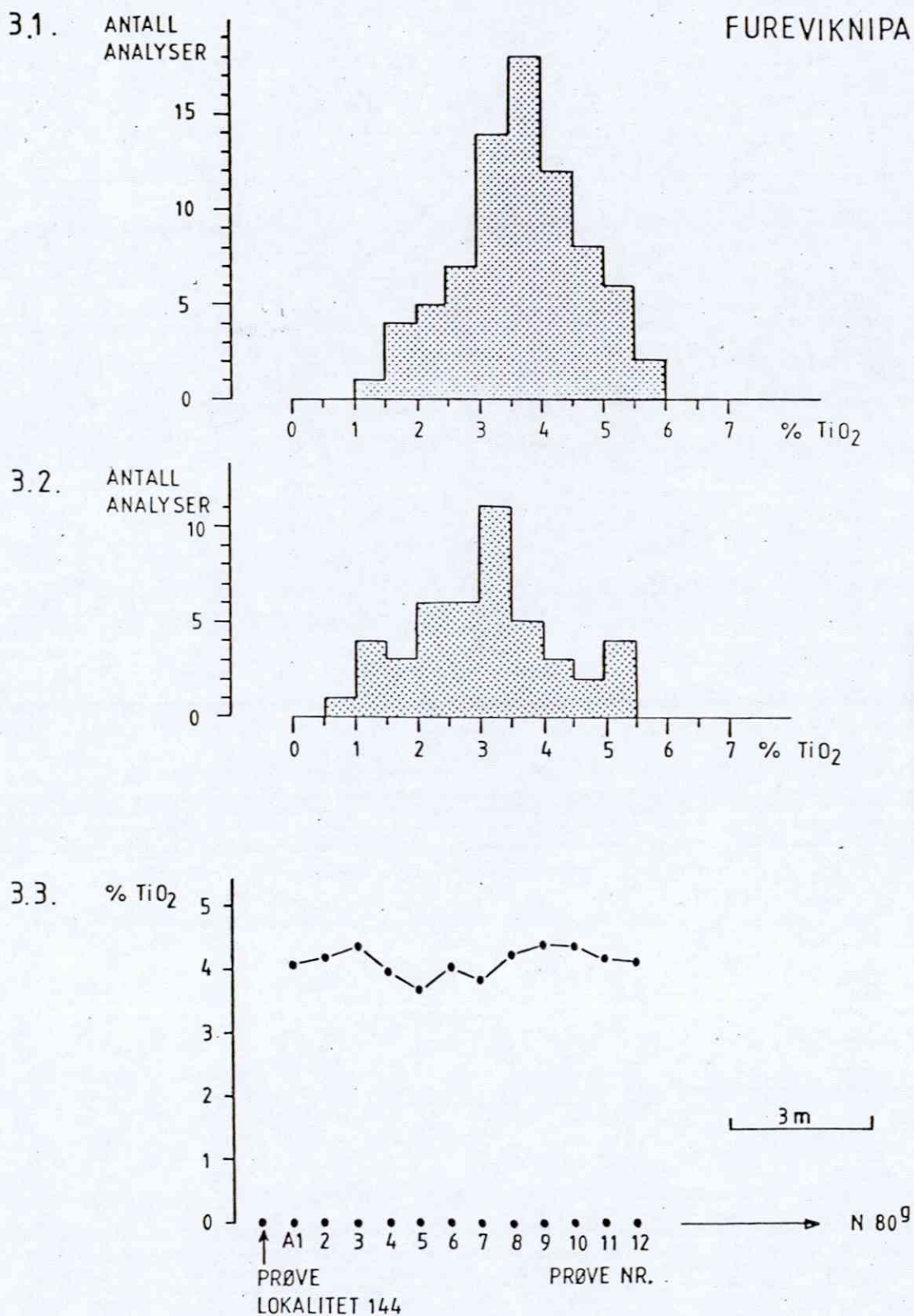


Fig. 3. Fureviknipa. Histogram-framstilling av XRF TiO_2 -feltanalyser på støvprøver (3.1) og direkte på fjell (3.2) og TiO_2 -variasjonen langs et prøvetakingsprofil ved prøvelokalitet 144 (3.3). De fullstendige analyse-resultater og prøvelokalitetens plassering framgår av henholdsvis bilag 2 og tegn. 5.

Vurdering

Rutilinnholdet i den attraktive delen av forekomsten er anslagsvis 50-60 % av det som er nødvendig for å kunne gi grunnlag for økonomisk utnyttelse ved 60 % utvinningsgrad.

På grunn av lave rutilgehalter og oppredningsvanskeligheter som kan forventes ved en eventuell produksjon, kan forekomsten betraktes å være uten økonomisk interesse i dagens situasjon.

4.3. Engebøfjellet

Tidligere undersøkelser

Engebøfjellet eklogittforekomst (også kalt Kyrkjehøgda) ligger på nordsiden av Førdefjorden ved Vevring i Naustdal kommune. Forekomsten ble første gang prøvetatt av Elkem i 1971 (Geis 1973). Det ble den gang tatt 12 prøver med 40 m mellomrom i en veitunnel som skjærer forekomsten. Prøvene inneholdt gjennomsnittlig 2.69% TiO_2 , med høyeste og laveste verdi henholdsvis 4.90 og 0.30% TiO_2 .

Forekomsten ble dernest prøvetatt av NGU i 1978 (Korneliussen 1979), hvor 13 forholdsvis tilfeldige prøver inneholdt gjennomsnittlig 3.16% TiO_2 , med høyeste og laveste verdi henholdsvis 9.25 og 0.52% TiO_2 .

I 1979 ble det på visuelt grunnlag lokalisert et område med utpregede rutilanrikninger hvor det ble tatt 6 prøver som inneholdt gjennomsnittlig 4.96% TiO_2 , med høyeste og laveste verdi henholdsvis 6.15 og 3.76% TiO_2 (Korneliussen 1980).

I 1980 ble det foretatt en mere detaljert prøvetaking (se nedenfor).

Geologi

Forekomsten som er linseformet, består av en ca. 2 km lang og opptil 500 m bred fjellrygg som løper i ØV-lig retning. Høyeste punkt er 339 m.o.h. og forekomsten grenser i V mot Førdefjorden (tegn. 6). De omkringliggende bergarter er gneiser som tilhører Vevringkomplekset, og som overveiende stryker i ØV-lig retning. Eklogittkroppen ligger konkordant skifricheten i gneisene. Eklogittbergarten er stort sett massiv uten noen utpreget skifrichet eller foliasjon. I enkelte deler av forekomsten forekommer en svak bånding med lagvise anrikninger av amfibol, granat eller klinopyroksen.

Prøvetaking, forekomststørrelse og gehalter

For å oppnå en bedre forståelse for gehaltfordelingen i det sentrale fjellryggpartiet av Engebøfjellet, hvor det tidligere (Korneliussen 1980) var påvist rutilanrikninger, ble det sommeren 1980 i dette området foretatt XRF-analyser direkte på fjell.

55 XRF-feltanalyser gav et gjennomsnittlig TiO_2 -innhold på 2.98 %, med høyeste og laveste verdi henholdsvis 4.95 og 0.80% TiO_2 . I et parti på ca. 100 x 100 m utstrekning (merket A i tegning 6) var det gjennomsnittlig TiO_2 -innholdet for 15 analyser 3.88%.

Forekomsten som i utgående har form av en linseformet eklogittkropp (fjellrygg) med lengde ca. 2 km og bredde opptil 500 m, er av betydelig størrelse; 150-200 mill. tonn eller mere. Gjennomsnittlig TiO_2 -innhold for forekomsten ser på bakgrunn av det prøvematerialet som foreligger ut til å være omtrent 3%. 80-90% av titanet i bergarten opptrer som rutil (Korneliussen 1980). Område A er noe rikere med gjennomsnittlig 3.88% TiO_2 over et areal på 100 x 100 m² (15 analyser).

Rutilinnholdet i bergarten er i dm-m skala ujevnt fordelt med vanlige gehaltvariasjoner fra 1-2% til 4-5% rutil og med enkelte spredte partier med over 6% rutil (under 1 m i utstrekning). I 50-100 m skala er gjennomsnittsgehalten forholdsvis stabil på 2.5-3.5% rutil.

ENGEBOFJELLET

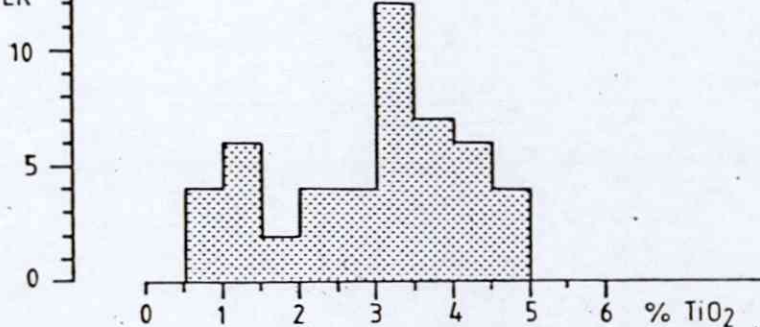
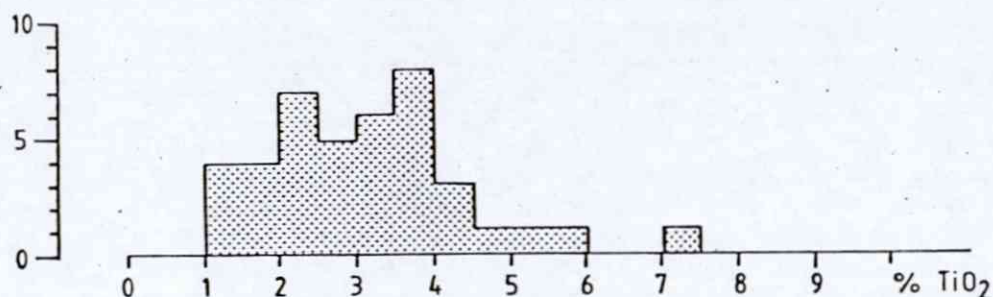
ANTALL
ANALYSER

FIG. 4. Histogramframstilling av XRF TiO₂-feltanalyser på stov-prøver og direkte på fjell. De fullstendige analyse-resultater framgår av bilag 3. og prøvelokalitetenes plassering av tegning 6.

5.1.

NAUSTDAL

ANTALL
ANALYSER

5.2.

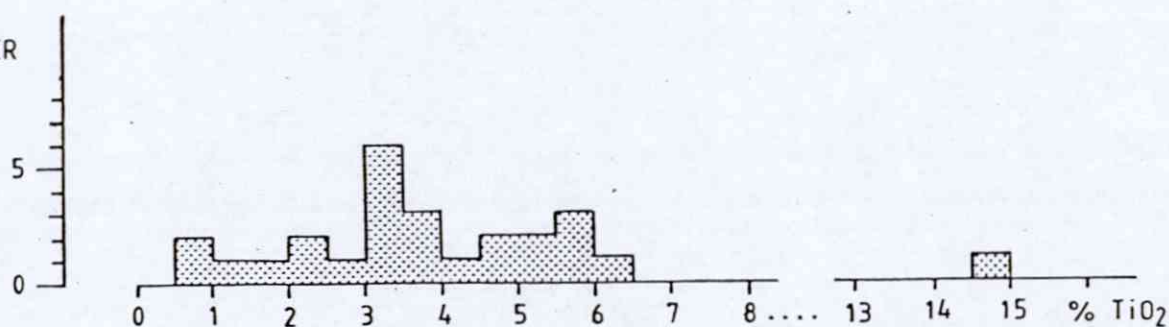
ANTALL
ANALYSER

Fig. 5. Histogramframstilling av TiO₂-analyser på knakk-prøver fra Naustdal eklogitt. Fig. 5.1. representerer forholdsvis tilfeldige prøver (Geis 1973, jfr. tegn. 5 i Korneliussen 1979). Fig. 5.2. representerer knakk-prøver tatt med 5 m mellomrom i ei veiskjæring ved broen over Nausta (jfr. Korneliussen 1979 fig. 6).

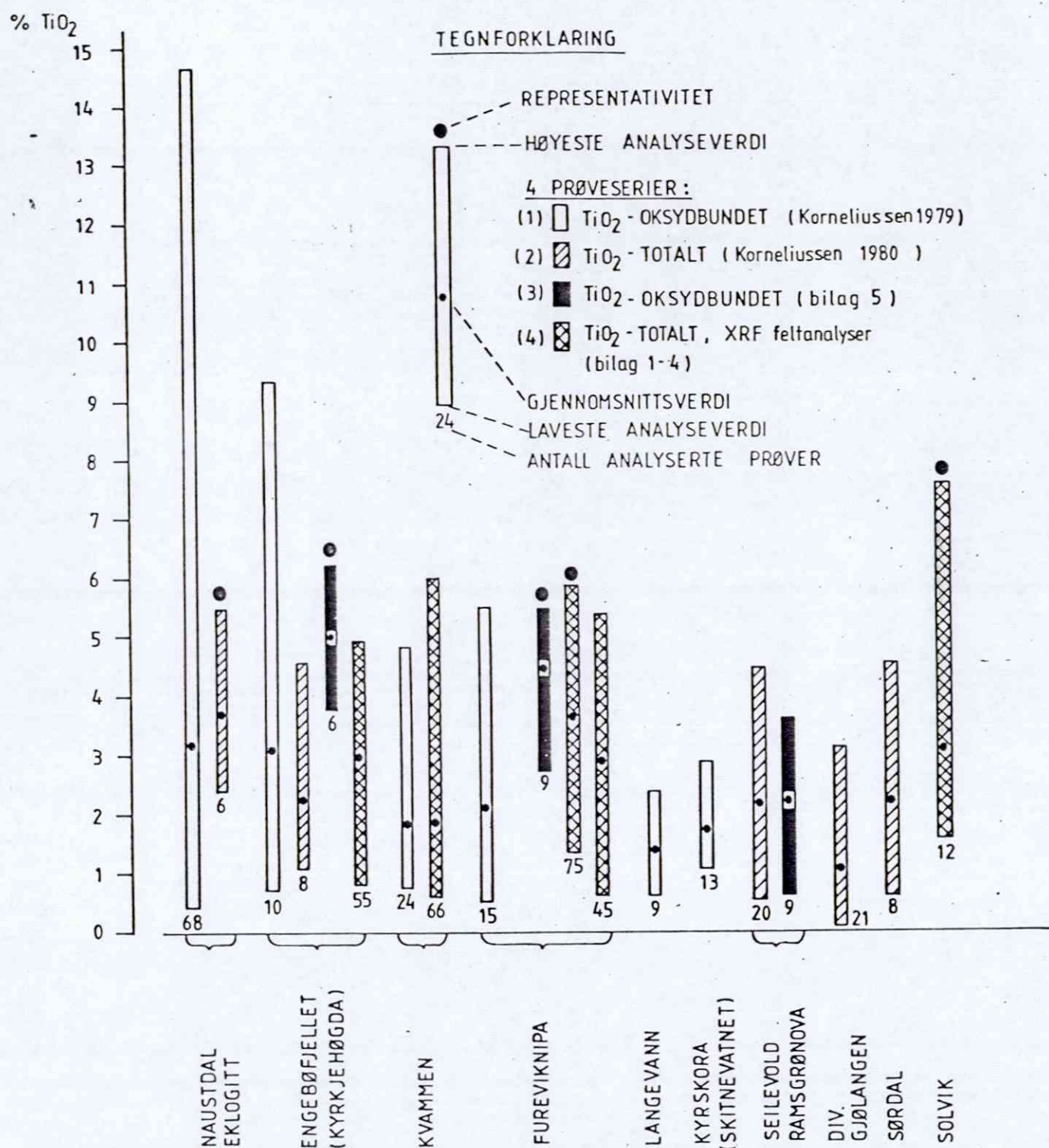


Fig. 6. Sammenlikning av TiO_2 -innhold i eklogitter. Prøveserier fra små utvalgte titananrikede partier eller som på annen måte kan ansees å være lite representative for større tonnasje, er merket •.

4.5. Andre forekomster

NAUSTDALOMRÅDET (Tegn. 2).

Naustdal eklogitt. Like ved Naustdal sentrum ligger en 2 km lang og opptil 300 m bred eklogittkropp. Denne forekomsten som er blant de titanrike i Sunnfjord ble detaljprøvetatt av Elkem i 1969-72 (Geis 1973). I tillegg ble det foretatt orienterende oppredningsforsøk (Havik 1972, Digre 1972). Forekomsten inneholder gjennomgående 3-4% TiO_2 med rikere partier i dm-m størrelse (Geis 1972, Korneliussen 1979). Et boligfelt berører forekomsten i de sydlige og østlige deler og gjør den lite attraktiv som prospekteringsobjekt.

Langevann. Denne eklogitt som ligger 700 m.o.h. 6 km V for Naustdal sentrum har en lengdeutstrekning på 1.2 km og bredde opptil 300 m. Titaninnholdet er lavt, med 1,3% TiO_2 i gjennomsnitt for 9 analyserte prøver (Korneliussen 1979).

Kyrskora (Skitnevatnet). Eklogitten ligger 6-700 m.o.h. 2 km SV for Langevannforekomsten. Lengste utstrekning er 1,9 km og bredden opptil 400 m. Forekomsten er fattig på titan, med 1,7% TiO_2 i gjennomsnitt fra 13 prøver (Korneliussen 1979).

GJØLANGENOMRÅDET (Tegn. 3).

I dette området forekommer en rekke forekomster av eklogitt og granat-amfibolitt (tildels eklogittisk). Alle disse forekomster er rutilførende. Sammen med rutil forekommer ilmenitt som i enkelte tilfeller dominerer i forhold til rutil, for eksempel i de sydlige deler av eklogitt/granat-amfibolitt-massivet ved Sjørdalen Fe-Ti gruve (Korneliussen 1980 a). TiO_2 -gehaltene er gjennomgående lave. Den mest rutilholdige av forekomstene er Solvik (se nedenfor).

Solvik (Tegn. 7). Forekomsten som ligger ved gården Solvik består av et 500 m langt og opptil 200 m bredt eklogittparti i gneis. Rutilmineraliseringene opptrer som uregelmessige impregnasjoner og anrikninger i bånd med gehalter på tildels over 5% over cm-dm mektigheter. Enkelte rutilanrikede benker forekommer med mektighet opptil 2 m og med sterkt varierende TiO_2 -gehalter.

XRF feltanalyser ble foretatt i enkelte partier både med og uten synlige rutilanrikninger (Bilag 5). De fleste av analysene er tatt i rutilrike partier (dm-m størrelse).

Helhetsinntrykket fra forekomsten er at anrikningene er av ubetydelig størrelse, og at det gjennomsnittlige TiO_2 -innholdet over større mektigheter (flere 10-metre) neppe vil overstige 3%.

SELLEVOLL-RAMSGRØHEIA (Tegn. 3).

Området inneholder flere eklogittkropper med lengdeutstrekning fra 1 til 4 km. Totalt 29 analyser foreligger og viser et gjennomsnittlig TiO_2 -innhold på 2,2% (Korneliussen 1979, 1980).

5. PRØVETAKING OG ANALYSEMETODER

Ved prøvetakingen i 1969-72 (Geis 1973), 1978 (Korneliussen 1979) og 1979 (Korneliussen 1980) ble det tatt knakkprøver. Prøvetakingen var tildels tilfeldig, tildels systematisk langs profiler, slik dette framgår av de respektive rapporter.

Ved 1980-undersøkelsene ble det benyttet et bærbart XRF-feltanalyseinstrument for TiO_2 -analyser med en radioaktiv isotop som strålingskilde. I tillegg ble det tatt endel prøver for laboratorieanalyser for bedre å kunne vurdere rutil- og ilmenittinnholdet i bergarten samt oppnå en viss kontroll på XRF-instrumentets nøyaktighet. XRF-instrumentet ble i feltet benyttet på borstøvprøver, nedknuste knakkprøver (knust med håndknuser) og direkte på fjell. Sammenlignende målinger på borstøv og direkte på fjell gav resultater som stemte godt overens og var absolutt tilfredstillende for denne undersøkelsen.

Ved støvprøvetakingen ble det boret et 15-20 cm dypt hull for hvert prøvepunkt. For å oppnå et minimalt tap av finstøv ble boringen foretatt gjennom et hull i bunnen av en plastbøtte som var snudd opp ned. Laboratorieanalyser som har gitt rutil-, ilmenitt- og totalt oksydbundet TiO_2 er foretatt av Elkem. Ved denne metoden er silikatene (inkl. silikatbundet titan) fjernet ved avryking med H_2SO_4 og HF . TiO_2 -innholdet i det HCL-løselige av restmaterialet er betraktet som ilmenittbundet og analysert med atomabsorpsjon, mens det HCL-uløselige er betraktet som rutil. Metoden gir unøyaktige resultater spesielt for de sterkt ilmenittholdige prøver, men gir likevel en god pekepinn på rutil/ilmenittinnholdet i bergarten.

6. OPPREDNINGSFORSØK

På prøvemateriale fra Naustdal eklogitt ble det i 1971-72 for Elkem utført orienterende oppredningsforsøk ved Oppredningslaboratoriet, NTH. Det ble forsøkt magnetsparasjon (våt sterk felt, Havik 1971) og flotasjon (Digre 1972), uten at det lot seg gjøre å oppnå et noenlunde rent rutilkonsentrat.

Sommeren 1980 ble det innsamlet prøvemateriale fra forekomstene Kvammen, Fureviknipa og Engebøfjellet for videre oppredningsforsøk. Prøvematerialet fra Fureviknipa viste seg å være forholdsvis ilmenittholdig, og da Kvammenmaterialet var rutilfattig (ca 2 % rutil) ble kun prøvematerialet fra Engebøfjellet (ca 25 kg med 5-6 % rutil) benyttet i det videre oppredningsarbeidet.

Deler av Eidsmo's rapport som beskriver oppredningsforsøkene og som gir den samlede vurdering blir gjengitt nedenfor med enkelte mindre forandringer ved tilretteleggelse for denne rapporten.

Oppredningsforsøk 1980-1981 (etter Eidsmo 1981)

Det er bare kjørt forsøk på Vevring V 23-10 (Engerbøfjellet) hvor rågodsprøven etter avslamming er analysert til 5.97 % TiO_2 og Foslie angir gehalten til 6-7 % rutil i sitt preparat fra samme prøve.

Det er kjørt forsøk på elektrostatisk og tørrveis høyintensitet separatorer, begge typer Carpc. Det er kjørt fire forsøk under forskjellige spenninger og strømstyrker.

Analyseresultater fra forsøkene er vist i bilag 6 og viser at ingen av disse to separasjonsmetodene kan opprede malmen tilfredstillende.

Høyintensitetseparasjon gir avgjort høyere utvinning men noe lavere konsentratgehalt.

Produktene fra forsøk 1 til 4 viser meget dårlig overenstemmelse for beregnet og analysert pågang (se bilag 6).

På Elkems analyserapport (bilag 1 i Eidsmo 1981) fremgår det av fotnotat at i analysemetoden med HCl-løselige etter avrykning med $\text{HF} + \text{H}_2\text{SO}_4$ bestemmes TiO_2 i ilmenitt, men det vil også løses noe rutil.

Da det ikke er rapportert ilmenitt i denne prøven, er syre-løselig og sodaløselig titansyre slått sammen så sum TiO_2 tilsvare her praktisk talt rutil.

Vurdering av andre oppredningsmetoder (etter Eidsmo 1981)

Praktisk talt all rutilutvinning skjer i dag fra strandsand med først granimetrisk separasjon og rensing av konsentrat med elektrostatisk separasjon hvor det oppnås tilfredstillete konsentratgehalt med brukbar utvinning.

Ved utvinning av rutil fra bergarten eklogitt får en først og fremst problemer med gravimetrisk separasjon da eklogitt fører store mengder granat med høy sp.vekt ($3.6-3.7 \text{ g/cm}^3$).

Å skille rutil med sp.vekt 4.2 g/cm^3 fra mineraler med sp.vekt 3.7 g/cm^3 er praktisk talt umulig med konvensjonelle gravimetrisk separasjonsmetoder.

Den eneste aktuelle metoden for utvinning av rutil fra eklogitt er flotasjon. På 10th World Mining Congress i Istanbul, sept. 1979, ble det presentert et foredrag om en undersøkelse av en eklogittforekomst i Italia som holder 4.8 % rutilbundet TiO_2 (Mancini et al. 1979).

Oppredningsprosessen for denne italienske forekomsten er som følger:

Ved flotasjon er det funnet en brukbar selektivitet mellom rutil og silikatene under kontinuerlig kjøring i et anlegg i liten skala. Rutil-pyroksen skilles lettere enn rutil-granat. Men det er også oppnådd tilfredstillende trykking av granater. For å kunne levere et salgbart produkt må konsentratet renses

med elektrostatisk separasjon. Utvinningen av rutil oppgis å være 62 % av TiO_2 i rågodset. Oppredningsomkostningene er oppført med US \$ 4.073 pr tonn (1979-priser?) som tilsvarer kr 20,80 (januar 1981). Av dette utgjør maskinpassere 5.7 % og vedlikehold inklusive arbeidslønn 14 %. Anslagsvis vil det si at maksimum 15 % av utgiftene har fordel av eventuell billig arbeidskraft. Å gjøre denne oppredningsjobben i Norge for kr 20.80 er ikke mulig. Det er ikke kjørt flotasjonsforsøk på prøvematerialet fra Sunnfjord.

Et viktig punkt for at flotasjon skal lykkes beror på hvorvidt det er mulig å oppnå stabil pH i pulpen med et rimelig syreforbruk. Forsøk på Sunnfjord eklogitt med avslamming og tilsats av svovelsyre har vist at en forholdsvis stabil pH på ca 4.5 er oppnåelig.

Med 85 % granat og omfasitt i malmen vil utarbeidelse av en tilfredstillende flotasjonsprosess bli et meget omfattende arbeide. Det er her forutsatt et konsentrat med over 90 % TiO_2 og utvinning ca 70 %.

7. SUNNFJORDS RUTILFOREKOMSTER I GLOBAL SAMMENHENG

Flere av Sunnfjords rutilførende eklogitter er i 100 mill. tonn-størrelse med gjennomsnittsgehalter av rutil på 1.5-3%, med lokalt rikere partier. For eksempel vil en slik forekomst på 100 mill. tonn med 2.5% rutil samlet inneholde 2.5 mill. tonn rutil, som tilsvarer omtrent 7 ganger verdens totale årsproduksjon av naturlig rutil (365 000 tonn i 1979, Fuller 1980). Over partier (utgående) som kan gi forekomststørrelser av betydning (flere mill. tonn) er rutilgehaltene maksimalt 3-3.5%. Det er liten mulighet for at det forekommer betydelige malmtonnasjer med økonomisk interessante gehalter på 5-6 % rutil (se nedenfor).

Det er relevant å foreta en sammenlikning med en italiensk rutilførende eklogittforekomst som har liknende mineralogiske trekk og som sannsynligvis også er oppredningsteknisk sammenliknbar med Sunnfjords eklogitter. Det er for denne forekomsten påvist 150 mill. tonn malm med gjennomsnittlig 4.8% rutil (totalt 6% TiO_2). I tillegg inneholder forekomsten 300 mill. tonn sannsynlig malm (Mancini et al. 1979). Denne forekomsten som såvidt vites enda ikke er satt i drift, inneholder (inkl. sanns. malm) 30-40 ganger verdens årsforbruk av naturlig rutil.

I Sunnfjord inneholder større rutilrike eklogittpartier (utgående i 100 m - skala) 3-3.5% rutil. Dette tilsvarer omtrent 60% av gehalten i den italienske forekomsten. Malmverdien for en malm med 3.5% rutil blir ved 60% utvinning ca 40 kr/tonn.

En tendens idag er at rutil blir mere attraktivt som titanråstoff på bekostning av ilmenitt. Produksjon av TiO_2 ved en kloridprosess som benytter titanrike råstoffer som rutil, anatas og titanslagg (titanrikt smelteprodukt fra ilmenitt med 85-90% TiO_2) som råstoff, er miljømessig fordelaktig sammenliknet med sulfatprosess TiO_2 -produksjon fra ilmenitt. Det er ventet at flere sulfatprosess titanprodusenter i USA vil nedlegges eller ombygges for å kunne benytte de titanrike råstoffene (Lynd 1980). En tilsvarende utvikling er sannsynlig også utenfor USA.

Australia som er verdens største produsent av naturlig rutil har reserver på omtrent 10 mill. tonn (Fuller 1980) som forventes å bli uttømt omkring år 2000 (Lynd 1978). Verdens reserver forøvrig er betydelige med Brasil, Sør-Afrika, Sierre Leone, USA, Italia, Mexico, India og USSR som de viktigste forekomstland. Spesielt anatasforekomster i Brasil kan få stor betydning da det dreier seg om reserver på 220 mill. tonn (Fuller 1980).

I dette perspektiv er det lite trolig at en vesentlig økning i rutilprisen vil finne sted innen rimelig tid. Det er sannsynlig at diverse betydelige utenlandske forekomster vil kunne dekke verdens rutilbehov og også verdens totale titanbehov hvis dette var aktuelt, i atskillige år.

8. VURDERING OG KONKLUSJON

Det er i Sunnfjord påvist omtrent 10 større eklogittkropper med utstrekning på 1 km eller mer, samt et stort antall mindre eklogitter. Rutilinnholder er for disse kroppene gjennomgående 1.5-2.5% med anrikninger i 10 m-skala på opptil 4-5% og i cm-dm skala på 6% og høyere.

For å kunne utnyttes kreves en forekomststørrelse på flere mill. tonn med 5-6% rutil i gjennomsnitt (60% utvinning). De mest attraktive partier som er påvist, med utgående i 100 m skala innenfor forekomstene Engebøfjellet og Fureviknipa, inneholder rutilgehalter på 3-3.5%. Dette er omtrent 60% av marginalgehalten. Muligheten for funn av vesentlig rikere forekomster er liten.

Forekomsttypen er oppredningsteknisk vanskelig på grunn av inneslutninger av ilmenitt i rutil og ved at rutil vanskelig lar seg skille fra silikatmineralene. Det har ved orienterende oppredningsforsøk (magnetisk og elektrostatisk separasjon) ikke latt seg gjøre å komme fram til noe rutilkonsentrat, men på bakgrunn av utenlandske erfaringer (italienske eklogitter, Mancini et al. 1979) er det rimelig å forvente at dette kan la seg gjøre ved en kombinasjon av flere oppredningsmetoder, blant annet flotasjon. På grunn av den lave malmverdien for de aktuelle Sunnfjord forekomster er den nødvendige serie med flotasjonsforsøk ikke utført.

Tatt i betraktning at verdens rutilresserver synes å være betydelige, er det lite trolig at det innen rimelig tid vil oppstå såpass stor mangel på rutil at prisnivået øker vesentlig.

Sunnfjords rutilforekomster har derfor liten økonomisk interesse.

Trondheim, 22. oktober 1981

Are Korneliussen

Are Korneliussen
statsgeolog

9. LITTERATURLISTE

- Bartle, W.W. 1978: Mineral sands markets - The impact of Richards Bay. Third Industrial Minerals International Congress, Paris 1978.
- Binns, R.A. 1967: Barrosite-bearing eclogite from Naustdal, Sogn og Fjordane, Norway. *J. Petrol.* 8, 349-71.
- Blake, M.C. & Morgan, B.A. 1976: Rutile and sphene in blueschist and related high pressure facies rocks. Geology and resources of titanium. US Geol. Survey Prof. Paper 959-C.
- Brueckner, H.K. 1972: Interpretation of Rb-Sr ages from the precambrium and paleozoic rocks of southern Norway. *Am. J. Sci.* 272, 334-358.
- Bryhni, I. 1966: Reconnaissance study of gneisses, ultramafites, eclogites and anorthosites in outer Nordfjord, western Norway. *Norges geol. Unders.* 241, 1-67.
- Bryhni, I., Bollingberg, H.J. & Graff, P-R. 1969: Eclogites in quartzofeldspathic gneisses of Nordfjord, west Norway. *Contr. Mineral. Petrol.* 26, 12-19.
- Bryhni, I., Krogh, E. & Griffin, W.L. 1977: Crustal derivation of norwegian eclogites: a review. *N.Jb. Miner. Abh.* 130, 49-68.
- Coleman, R.G., Lee, D.E., Beatty, L.B. & Brannock, W.W. 1965: Eclogites and eclogites: Their differences and similarities. *Bull. Geol. Soc. Am.* 76, 483-508.
- Coope, B. 1978: TiO_2 -pigment. Signs of a marked improvement? *Ind. Min.* 132, 39-53.
- Digre, M. 1972: Flotasjon av rutil fra eklogitt. Brev til H.-P. Geis, 1 s.
- Dobertsov, N.L. og Sobolev, N.V. 1970: Eclogites from the metamorphic complexes of the USSR. *Phys. Earth Planet. Interiors* 3, 462-470.
- Eidsmo, O. 1981: Oppredning av rutil i eklogitt fra Sunnfjord. Intern Elkem-rapport, 3 s. + bilag.
- Eskola, P. 1921: On the eclogites of Norway. *Skr. Norske Vidensk.-Akad. Oslo*, Kl 1, 8, 1-113.
- Foslie, G. 1980: En anvendt mineralogisk undersøkelse av rutilførende eklogitt ved Fureviknipa ved Førde i Sunnfjord. Hovedoppgave i malmgeologi, Geol.inst. NTH.
- Fuller, R.F. 1980: Titanium. *Mining Annual Review*, juni 1980, 69-72.

- Furnes, H., Skjerlie, F.J. & Tysseland, M. 1976: Plate tectonic model based on greenstone geochemistry in the late Precambrian - lower paleozoic sequence in the Solund - Stavfjord areas, west Norway. Norsk Geol. Tidsskr. 56, 161-186.
- Geis, H.-P. 1973: Rutilundersøkelser i Sunnfjord. Sammendrag og konklusjon. Internt Elkem notat, 3 s.
- Griffin, W.L. & Brueckner, H.K. 1980: Caledonian Sm-Nd ages and a crustal origin for norwegian eclogites. Nature 285, 319-321.
- Havik, E. 1971: Resultater fra orienterende forsøk med våt sterkfelts magnetseparasjon av eklogitt fra Naustdal. Notat, Oppredn. lab. NTH, 3 s.
- Johns, D.R. 1976: The changing marked for rutile, ilmenite and zirkon. Second Industrial Minerals' International Congress, Munich, 149-155.
- Kolderup, N.H. 1928: Fjellbygningen i kyststrøket mellom Nordfjord og Sognefjord. Bergens Mus. Årb. 1928, Nat.vit.r.7, 1-222.
- Kolderup, N.H. & Rosenquist, I.Th. 1952: Gigant garnet crystals from Gjøllanger, western Norway. Univ. Bergen Årb. 1950, Nat.vit. r. 6, 1-10.
- Korneliussen, A. 1979: Rutil i eklogitter, Sunnfjord. NGU-rapp. nr. 1717/1, 24 s.+ bilag.
- Korneliussen, A. 1980a: Jern og titanforekomster tilknyttet gabbroide, amfibolittiske og eklogittiske bergarter i Sunnfjord. NGU-rapp. nr. 1717/3, 40 s. + bilag.
- Korneliussen, A. 1980b: Foreløpige resultater fra rutilundersøkelser ved Kvammen, Askvoll. NGU-rapp. nr. 1717/4, 10 s. + bilag.
- Krogh, E.J. 1980a: Geochemistry and petrology of glaucophane-bearing eclogites and associated rocks from Sunnfjord, western Norway. Lithos 13, 354-380.
- Krogh, E.J. 1980b: Compatible P-T conditions for eclogites and surrounding gneisses in the Kristiansund area, western Norway. Contr. Miner. Petrol. 75, 387-393.

- Lappin, M.A. & Smith, D.C. 1978: Mantle-equilibrated orthopyroxene eclogite pods from the basal gneisses in the Selje district, west Norway. *J. Petrol.* 19, 530-584.
- Lynd, L.E. & Lefond, S.J. 1975: Titanium minerals. *Industrial minerals and rocks*, 4. utg. 1149-1208.
- Mancini, A., Mancini, R. & Martinotti, E. 1979: Valorisation of new titanium resource: titaniferous eclogites. 10th World Mining Congress. Istanbul, IV 15, 1-19.
- Rumble, D. 1976: Oxide minerals. *Oxide minerals in metamorphic rocks*, R1-R20. Mineral Soc. Am. Short Course Note 3.
- Sigmond Kildal, E.S. 1970: Geologisk kart over Norge, berggrunns-kart. Måløy 1:250 000. *Norges geol. Unders.*
- Skjerlie, F.J. 1969: The pre-devonian rocks in the Askvoll-Gaular area and adjacent districts, western Norway. *Norges geol. Unders.* 258, 325-359.
- Skjerlie, F. 1974: The lower paleozoic sequence of the Stavfjord district, Sunnfjord. *Norges geol. Unders.* 302, 1-32.
- Skjerlie, F.J. & Pringle, I.R. 1978: A Rb/Sr whole-rock isochrone date from the lowermost gneiss complex of the Gaular area, west Norway and its regional implications. *Norsk Geol. Tidsskr.* 58, 259-265.
- SOU, 1977:75: Industrimineral. Delbetenkande av mineralpolitiska utredningen. *Titanmineral*, 455-468.
- Wessel, F.W. 1975: Mineral facts and problems. *Titanium*. US Bureau of Mines Bull. 667, 1143-1160.

Bilag 1XRF feltanalyser på titan, Kvammen

Støvprøvetakingen er utført av A. Gjelsvig og A. Korneliussen.
 Analysene er utført av J. Røste og J.E. Wanvik.

Analyser direkte på fjell

For de prøvelokaliteter hvor flere analyser forekommer er
 analysepunktene innenfor 0,5 m avstand.

*: Gjennomsnitt

Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *	Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *
1	1,60		21	0,98	
2	2,62	} 2,64	22	2,30	
	3,00		23	0,80	
	2,30		24	1,00	
3	3,00	} 2,43	25	0,85	
	1,85		26	1,70	
4	1,40		27	1,45	
5	1,70		28	2,15	
6	1,40		29	1,05	
7	2,40	} 2,40	30	1,10	
	2,40		31	1,90	
8	1,12		32	2,30	
9	0,75		33	3,45	
10	1,30		34	2,90	
11	1,40	} 1,40	35	1,65	
	1,40		36	3,70	
12	1,40		37	3,30	
13	1,10		38	2,20	
14	1,45		39	2,32	
15	0,50		40	2,00	
16	1,40		41	2,60	} 4,47
17	1,20			4,52	
18	1,55			6,28	
19	2,12		42	2,12	
20	1,80		43	3,65	

Prøve-lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *	Prøve-lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *
44	2,60		66	0,80	
45	2,27		67	1,20	
46	2,32		68	0,55	(gneis)
47	2,60		69	1,05	"
48	4,15		70	0,65	"
49	1,70		71	0,65	
50	2,50		72	1,40	
51	4,50		73	2,15	
52			74	1,35	
53	1,45		75	1,80	
54	0,65		76	2,30	
55	1,50		77	0,80	} 1,03
56	1,15			1,25	
57	1,30		78	1,35	
58	2,12		79	1,15	
59	1,10		80	1,40	
60	1,80		81	1,75	
61	1,12		82	0,40	
62	1,35		83	1,45	
63	1,10		84	1,50	
64	3,92	} 2,69	85	2,40	
	1,45		86	1,10	
65	1,37				

Analyser på prøver som er knust med feltnuser:

*: gjennomsnitt

Prøvelok.	% TiO ₂	% TiO ₂ *
K 1	2,15	
K 2	1,21	
K 3	1,50	
K 4	1,25	
K 5	3,25	
K 6 A	2,93	} 3,02
K 6 B	3,10	
K 7	1,82	
K 9	1,93	
K10	1,54	
K11	1,47	
K12	1,05	

Analyser på borstøv:

Prøvelok.	% TiO ₂	Prøvelok.	% TiO ₂
51- 1K	1,45	51-26K	3,65
51- 2K	0,95	51-27K	1,18
51- 3K	0,90	51-28K	anal. mangler
51- 4K	3,00	51-29K	2,85
51- 5K	0,77	51-30K	3,80
51- 6K	3,12	51-31K	3,82
51- 7K	2,80	51-32K	5,00
51- 8K	3,97	51-33K	0,72
51- 9K	4,50	51-34K	0,58
51-10K	4,70	51-35K	2,68
51-11K	6,02	51-36K	2,20
51-12K	3,10	51-37K	0,70
51-13K	4,80	51-38K	0,72
51-14K	3,98	51-39K	0,70
51-15K	4,85		
51-16K	3,95		
51-17K	3,92		
51-18K	5,03		
51-19K	3,18		
51-20K	3,10		
51-21K	2,88		
51-22K	5,62		
51-23K	2,28		
51-24K	5,50		
51-25K	2,08		

Bilag 2XRF feltanalyser på titan, Fureviknipa

Støvprøvetakingen er utført av A. Gjelsvig og A. Korneliussen.

Analysene er utført av J. Røste og G. Foslie .

Analyseresultatene er etter Foslie (1980).

Analyser på borstøv:

Prøve nr.	% TiO ₂	Prøve nr.	% TiO ₂
1	4.20	136	4.45
53	5.90	137	5.15
55	3.02	138	4.50
101	4.53	139	3.97
102	4.60	140	4.35
103	4.53	141	4.40
104	4.54	142	mangler
105	2.35	143	3.90
106	2.34	144	3.95
107	3.85	145	3.93
108	3.25	146	3.55
109	3.55	147	3.65
110	3.35	148	2.35
111	3.45	149	3.20
112	3.37	150	5.00
113	2.60	151	3.60
114	2.77	152	3.35
115	2.25	153	3.50
116	2.65	154	4.00
117	2.65	155	2.85
118	4.30	156	3.15
119	3.92	157	3.70
120	5.07	158	3.05
121	4.40	159	4.65
122	3.42	160	4.70
123	3.12	161	4.25
124	3.25	162	3.80
125	4.10	163	2.70
126	3.82	164	1.70
127	4.20	165	1.70
128	3.90	166	3.45
129	5.40	167	3.70
130	4.95	168	5.60
131	4.20	169	4.00
132	3.60	170	3.35
133	1.55	171	1.60
134	1.32	172	5.20
135	2.45	173	5.40

Prøve nr.	% TiO ₂
A1	4.06
A2	4.18
A3	4.33
A4	3.97
A5	3.70
A6	4.01
A7	3.82
A8	4.26
A9	4.40
A10	4.39
A11	4.18
A12	4.11

A1-A12: Profil med prøvestand

50-80 cm ved lok. 144.

Profilretning: N 80^g

Analyser direkte på fjell

For prøvelokaliteter hvor flere analyser forekommer er analysepunktene innenfor 20 cm avstand.

*: gjennomsnitt

Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *	Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *
183 b	2.1		324	5.1	4.9
186	3.1			4.7	
300	3.5		325	6.8	
301	5.4			4.6	5.4
302	2.7	3.0		5.3	
	3.2			5.0	
303	4.5		326	4.0	
304	3.0			3.7	4.3
305	3.1			5.1	
306	3.5		327	3.5	
307	3.4	3.5	328	3.3	
	3.6		329	2.5	
308	3.0		330	1.3	
309	2.2		332	1.4	
310	3.2		333	1.4	
311	3.7		334	1.6	1.5
312	3.1			1.3	
313	1.7	2.3	335	2.0	2.4
	2.8			2.7	
314	0.6		336	2.8	2.8
315	1.9	1.8		2.7	
	1.7		337	4.5	4.3
316	2.2			4.1	
317	2.9	2.7	338	4.1	
	2.5		339	1.6	
318	3.0		340	2.7	
319	2.9	3.3		2.5	
	3.7			2.2	2.6
320	2.9			1.6	
321	1.0			3.8	
	1.8	1.4	341	3.8	
	1.5			3.2	3.3
322	4.7	5.0		2.9	
	5.3		342	2.0	
323	4.8	5.4	343	2.5	
	6.0				

BILAG 3XRF feltanalyser på titan, Engebøfjellet

Støvprøvetakingen er utført av A. Gjelsvig og J.E. Wanvik.

Analysene er utført av J. Røste og J.E. Wanvik.

Analyser direkte på fjell

I de prøvelokaliteter hvor flere analyser forekommer ligger analysepunktene innenfor 0.5 m avstand.

*: gjennomsnitt

Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *	Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *
1	2.90	2.98	23	4.48	3.83
	3.05		24	3.62	
2	3.00	2.88	25	1.92	
	2.75		26	3.75	
3	3.62	3.29		3.90	1.30
	2.95		27	3.00	
4	4.55	4.95	28	1.25	
	5.35		29	3.15	
6	3.80	4.13	30	3.65	2.90
	4.45		31	2.25	
7	4.80	4.88	32	1.00	
	4.95		33	1.30	
8	2.65	2.65	34	1.38	1.30
	2.65		35	1.15	
9	4.55	4.38		1.45	
	4.20		36	1.55	
10	3.60	3.35	37	1.20	2.90
	3.10		38	3.15	
11	2.80	3.10	39	3.32	
	3.40		40	3.85	
12	1.87		41	0.80	
13	3.15		42	2.20	
14	3.15		43	2.32	
15	0.70		44	0.90	
16	0.95		45	2.20	
17	3.80		46	4.62	
18	3.12		47	4.50	
19	3.00		48	4.45	
20	4.82	4.69	49	3.30	2.90
	4.75			2.50	
	4.50		50	3.80	
21	4.45				
22	3.70				

Analyser på borstøv

*: Gjennomsnitt for borstøvanalyse og analyse direkte på fjell

Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *
1	2.80	2.87
2	3.22	3.05
3	3.05	3.17
4	3,08	4.01
6	4,75	4.44
7	5.00	4.94
8	2.50	2.58

BILAG 4XRF feltanalyser på titan, Solvik

Analysene er utført av G. Foslie og J.E. Wanvik

Analyser direkte på fjell

Analysepunktene for samme prøvelokalitet er innenfor en avstand på 5 m.

*: gjennomsnitt

Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *	Prøve- lokalitet	% TiO ₂	% TiO ₂ *
1,2	ubet			3.6	
3	7.4			3.4	
	5.4			1.4	
	8.3			1.8	
	5.2			1.7	
	3.2		6	3.8	
	6.1			3.7	
4	4.0			1.5	
	3.4			1.5	
	2.6		7	ubet.	
	2.0		8	2.8	
	1.2			0.4	
	0.4		9	2.9	
	6.4			0.2	
	7.2		10	4.2	
	4.4			2.2	
	5.1		11	2.8	
	7.0			0.9	
	3.9		12	7.3	
	4.8			11.0	
	5.0			7.8	
	1.8			5.1	
	2.8			8.9	
5	5.6			5.6	
	3.6				
	3.8				

BILAG 5Analyser på rutil-og ilmenittbundet titan

Prøvene er innsamlet av A. Korneliussen, G. Foslie og J.E. Wanvik.
 Analysene er utført av Elkem.

Analyseresultatene for Fureviknipa 1980-prøver er etter Foslie (1980).

1980-prøver

Prøve	Lokalitet	% TiO ₂ (I) Ilmenitt	%TiO ₂ (II) Rutil	% TiO ₂ (I)+(II)
R51-11/80	Kvammen	.39	4.68	5.07
R51-22/80	"	.50	4.54	5.04
R51-24/80	"	.57	3.97	4.54
R41/80	"	.33	2.80	3.13
R51/80	"	.33	4.18	4.51
K5/80	"	.37	2.03	2.40
V23-1/80	Engbøfjellet	.56	3.51	4.07
V23-2/80	"	.43	4.94	5.37
V23-3/80	"	.48	2.27	2.75
V23-4/80	"	.49	2.60	3.09
V23-5/80	"	.59	3.81	4.40
V23-6/80	"	.40	2.14	2.54
V23-7/80	"	.33	1.00	1.33
V6/80	"	.33	3.44	3.77
V7/80	"	.46	3.47	3.93
111/80	Fureviknipa	.20	2.30	2.50
105/80	"	.21	1.84	2.05
102/80	"	.24	3.10	3.34
181/80	"	.66	1.60	2.26
01/80	"	2.50	.93	3.43
129 A/80	"	3.09	.84	3.93
129 B/80	"	.35	.07	.42
134/80	"	.29	.84	1.13
FS1/80	"	.35	.07	.42
FS2 B/80	"	3.21	.12	3.33
FS3/80	"	.16	2.17	2.33
FS4/80	"	.21	2.97	3.18

Prøve	Lokalitet	% TiO ₂ (I) Ilmenitt	% TiO ₂ (II) Rutil	% TiO ₂ (I)+(II)
FA6/80	Fureviknipa	.61	3.17	3.78
142/80	"	.52	2.34	2.86
139 B/80	"	.57	2.07	2.64
273/80	"	4.81	.08	4.89
182/80	"	.67	2.97	3.64
146 A/80	"	.46	.94	1.40
146 B/80	"	.81	1.94	2.75
154/80	"	.81	2.67	3.48

(I) Ilmenittbundet TiO₂. HCL-løselig etter avrykning med H₂SO₄ + HF.

(II) Rutilbundet TiO₂. HCL-uløselig etter avrykning med H₂SO₄ + HF, men løselig etter oppslutting med soda.

1979-prøver (etter Korneliussen 1980a, bilag 6)

Prøver	Lokalitet	% TiO ₂ (I) Ilmenitt	% TiO (II) Rutil	% TiO ₂ (I)+(II)
373/79	Sellevoll	.20	2.81	3.01
374/79	"	.20	2.03	2.23
375/79	"	.19	2.54	2.73
376/79	"	.27	2.24	2.51
377/79	"	.20	1.87	2.07
379/79	"	.15	2.04	2.19
381/79	"	.57	3.14	3.71
387/79	"	.28	.57	.85
388/79	"	.20	.43	.63
462/79	Fureviknipa	.58	4.41	4.99
463/79	"	.63	4.84	5.47
465/79	"	2.67	2.00	4.67
466/79	"	1.07	3.71	4.78
467/79	"	1.48	3.97	5.45
469/79	"	.63	3.18	3.81
470/79	"	1.75	3.44	5.19
475/79	"	.54	2.24	2.78
476/79	"	.47	3.87	4.34
524/79	Engebøfjellet	.30	4.38	4.68
526/79	"	.17	4.04	4.21
529/79	"	.15	3.61	3.76
539/79	"	.37	5.78	6.15
533/79	"	.72	4.68	5.40
534/79	"	.27	5.34	5.61
747/79	"	.27	4.24	4.51
710/79	Solvik	.17	1.94	2.11

Analyser og metallurgisk balanse for oppredningsforsøk 1-4 (etter Eidsmo 1981).

Engerbøfjellet (Vevring). Prøve V23-10 (5.97 % TiO_2).

Forsøk 1

	Produkt	Vekt%	% TiO_2	Utv.
På el. statisk sep. m/lav spenning	Kons.	15.6	5.64	21.88
	Mp.	21.9	4.32	23.08
	Avg.	62.5	3.61	55.04
	Beregn.pg.	100.0	4.10	100.00
	Analysert "		5.97	

Forsøk 2

På el. statisk sep. m/normal spenning	Kons.	2.5	11.20	9.56
	Mp.	8.2	4.43	12.40
	Avg.	89.3	2.56	78.04
	Beregn.pg.	100.0	2.93	100.00
	Analysert "		5.97	

Forsøk 3

Mp. fra F2 på høy- intensitet tørrsep. m/lav amp.	Kons.	44.1	5.58	70.19
	Avg.	55.9	1.87	29.81
	Beregn.pg.	100.0	3.51	100.00
	Analysert "		4.43	

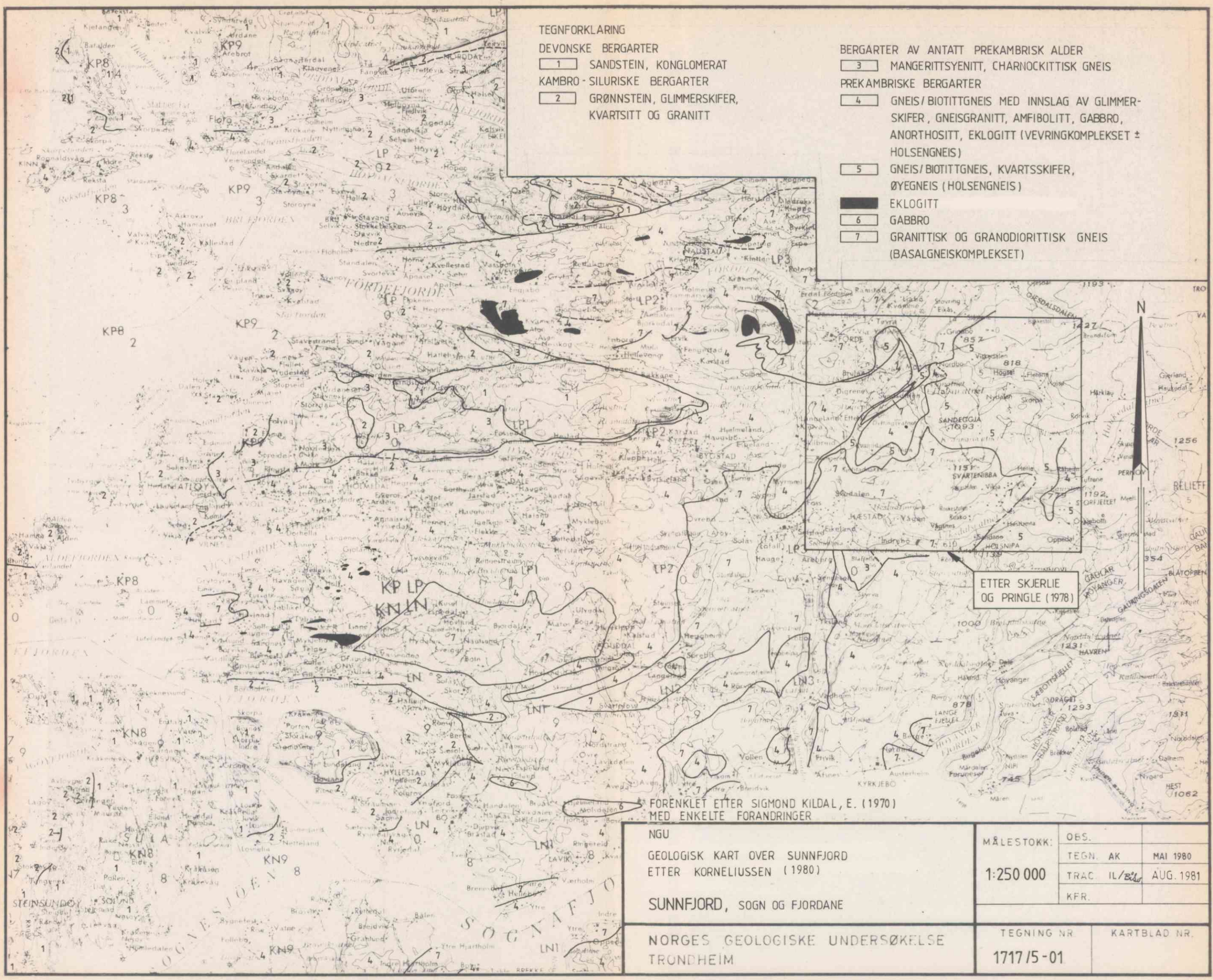
Forsøk 4

På høyintensitet tørrsep. m/normal amp.	Kons.	12.9	9.05	37.65
	Mp.	31.4	2.84	28.76
	Avg.	55.7	1.87	33.59
	Beregn.pg.	100.0	3.10	100.00
	Analysert "		5.97	

Minaeralbeskrivelse av forsøksmateriale for oppredningsforsøk
(etter Eidsmo 1981)

Mineralbeskrivelsen er utført av G. Foslie.

Håndstykke:	Kvarts, granat, pyroksen, amfibol. Noe uregelmessig fordeling.		
Slip:	Homogent, rutil jevnt fordelt.		
Mineralinnhold:	45 % Granat	6-7 % Rutil	
		< 1 % opake mineraler	
	40 % Pyroksen		
	5 % Kvarts		
	1-2 % Amfibol		
Granat:	0,1-0,5 mm kornstørrelse, gjennomsnitt 0,2 mm. Litt inneslutninger i sentrum av krystallene.		
Rutil:	0,05-0,4 mm kornstørrelse, gjennomsnitt 0,3 mm, ofte med svært uregelmessig begren- ning. Sterke interne reflekser, avlange korn 0,05 x 0,1 mm - 0,4 x 0,5 mm. Et par korn med små ilmenittlameller, et korn med py (?) inneslutning (0,1 mm).		
Kvarts:	0,1-0,2 mm kornstørrelse. Ofte i aggregater, som mellommasse mellom granatkorn.		
Pyroksen:	0,2-0,8 mm kornstørrelse. Pyroksen og amfibol opptrer sammen i grunnmassen.		
Amfibol:	0,2-0,4 mm kornstørrelse.		



TEGNFORKLARING

DEVONSKJE BERGARTER

1 SANDSTEIN, KONGLOMERAT

KAMBRO-SILURISKE BERGARTER

2 GRØNNSTEIN, GLIMMERSKIFER, KVARTSITT OG GRANITT

BERGARTER AV ANTATT PREKAMBRISK ALDER

3 MANGERITTSYENITT, CHARNOCKITTISK GNEIS

PREKAMBRISKE BERGARTER

4 GNEIS/BIOTITTGNEIS MED INNSLAG AV GLIMMER-SKIFER, GNEISGRANITT, AMFIBOLITT, GABBRO, ANORTHOSITT, EKLOGITT (VEVRINGKOMPLEKSET ± HOLSENGNEIS)

5 GNEIS/BIOTITTGNEIS, KVARTSSKIFER, ØYEGNEIS (HOLSENGNEIS)

6 EKLOGITT

7 GABBRO

8 GRANITISK OG GRANODIORITISK GNEIS (BASALGNEISKOMPLEKSET)

ETTER SKJERLIE OG PRINGLE (1978)

FORENKLET ETTER SIGMOND KILDAL, E. (1970) MED ENKELTE FORANDRINGER

NGU

GEOLOGISK KART OVER SUNNFJORD ETTER KORNELIUSSEN (1980)

SUNNFJORD, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM

MÅLESTOKK:

1:250 000

OES.	
TEGN. AK	MAI 1980
TRAC. IL/EL	AUG. 1981
KFR.	

TEGNING NR

1717/5-01

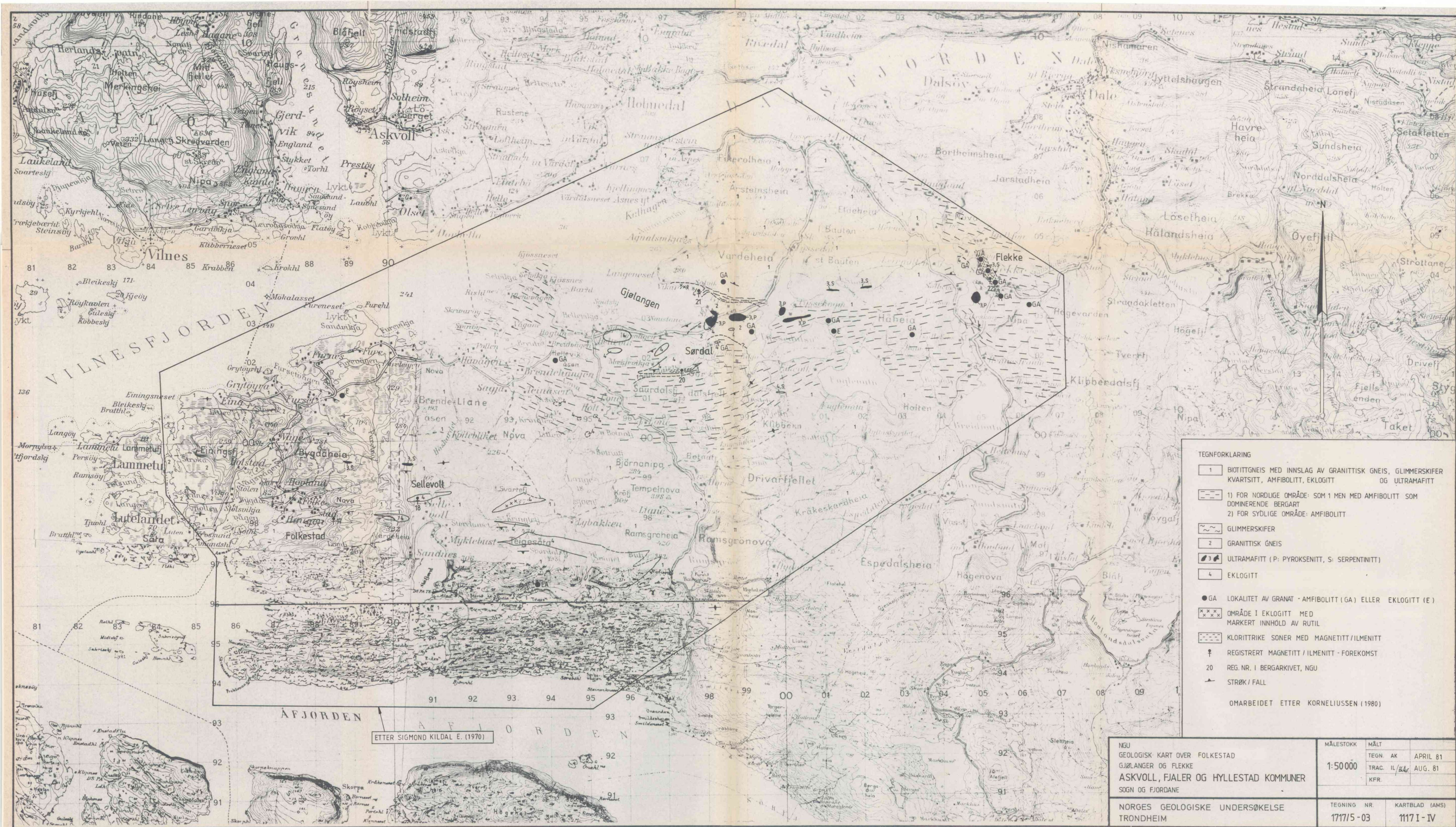
KARTBLAD NR.



- TEGNFORKLARING
- 1 DIV. PALEOZOISKE OG PREKAMBRISKE BERGARTER (JFR. TEGN. 1)
 - 2 GNEIS/BIOTITTGNEIS MED INNSLAG AV GLIMMERSKIFER, KVARTSITT, GABBRO, ANORTHOSITT, AMFIBOLITT, EKLOGITT OG ULTRAMAFITT
 - ULTRAMAFITT (SERPENTINITT, DUNITT)
 - 3 EKLOGITT (A: HOVEDSAKLIG AMFIBOLITTISK)
 - G GABBRO
 - E LOKALITET AV EKLOGITT (E) ELLER GRANAT-AMFIBOLITT (GA)
 - OMRÅDE INNEN EKLOGITT MED MARKERT RUTILANRIKNING
 - 4 HOVEDSAKLIG GRANITTISK OG GRANODIORITTISK GNEIS MED INNSLAG MED BIOTITTGNEIS, AMFIBOLITT OG EKLOGITT
 - STRØK / FALL

OMARBEIDET ETTER KORNELIUSSEN (1980)

NGU GEOLOGISK KART OVER FØRDEFJORDOMRÅDET FØRDE, NAUSTDAL OG ASKVOLL KOMMUNER SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT
	1:50 000	TEGN. AK APRIL 81 TRAC.I.L. <i>ab</i> AUG. 81 KFR.
	TEGNING NR. 1717/5 - 02	KARTBLAD (AMS) 1117 I, 1217 III 1118 II, 1218 III





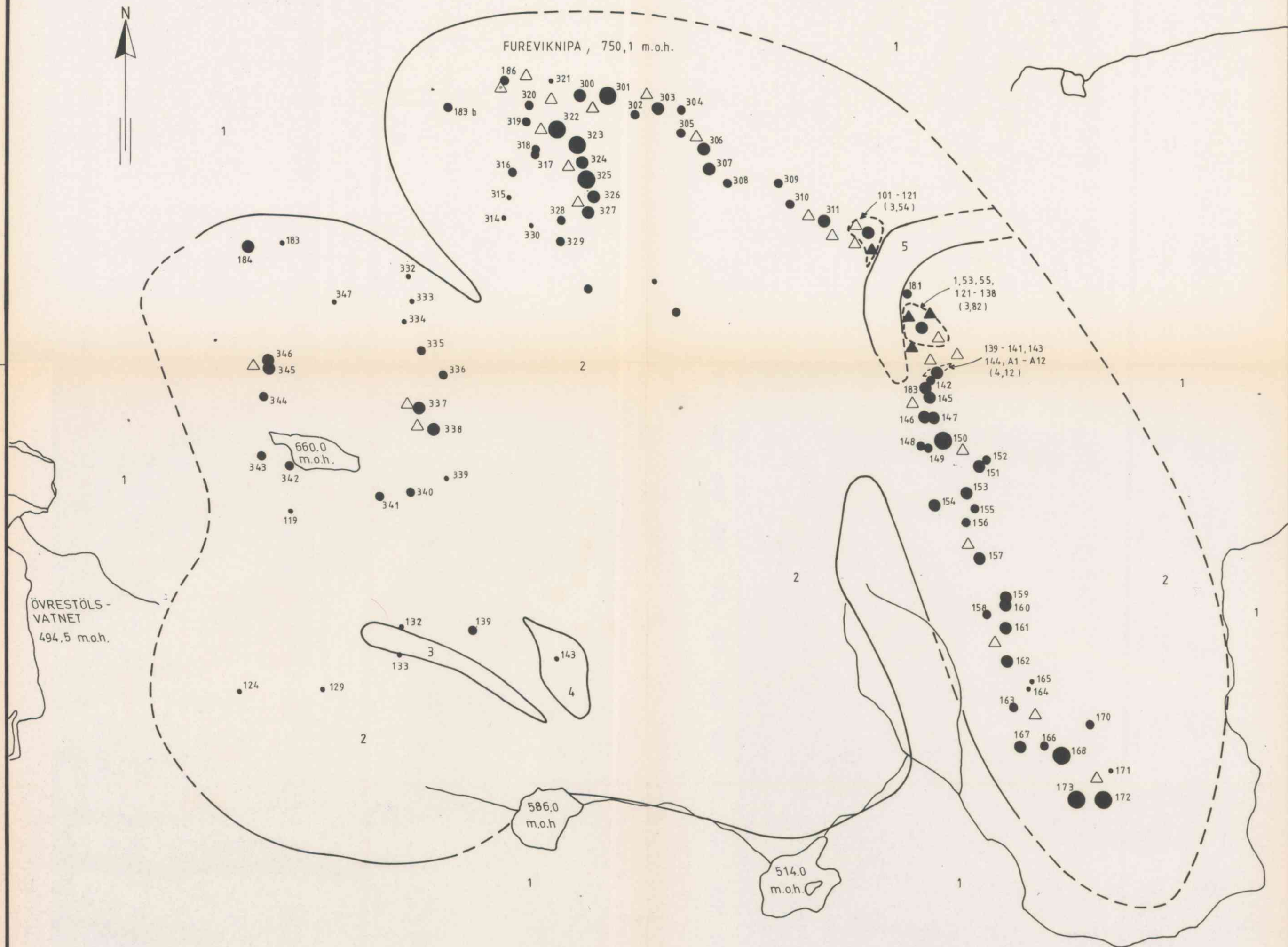
TEGNFORKLARING :

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

EKLOGITT
EKLOGITT OG AMFIBOLITT
MED INNSLAG AV GNEIS
ULTRAMAFITT
GNEIS
MANGERITTSYENITT

- / — SIKKER / USIKKER BERGARTSGRENSE
- PRØVELOKALITET M / LOKALITETSNR.
 - < 2% TiO₂
 - 2 - 35% TiO₂
 - 35 - 5% TiO₂

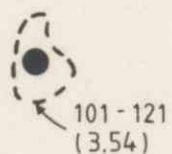
NGU GEOLOGISK KART OG PRØVETAKINGSKART KVAMMEN ASKVOLD, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	OBS. J.W. JR.	JULI 1980
	1:5000	TEGN. A.K.	APRIL 1981
		TRAC. TRAC.	AUG. 1981
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1717/5-04	KARTBLAD NR. 1117 1	



TEGNFORKLARING

- 1 GNEIS
- 2 EKLOGITT
- 3 APLITT
- 4 OMRÅDE MED FINKORNIGE EKLOGITTGANGER
- 5 LEUCOGABBRO

- PRØVELOKALITET M/ LOK.NR.
- < 2% TiO_2
 - 2-3,5% TiO_2
 - 3,5-5% TiO_2
 - > 5% TiO_2



OMRÅDE MED FLERE ANALYSERTE PRØVER

- 101-121 : PRØVE 101 TIL 121
(3.54) : GJENNOMSNITTLIG TiO_2 -GEHALT
- : INDIKERER GJENNOMSNITTSGEHALTEN

TiO_2 - FORDELING :

- ▲ OMRÅDE MED ILMENITTDOMINANS
- △ OMRÅDE MED RUTILDOMINANS

— / --- SIKKER / USIKKER BERGARTSGRENSE

KART OG ANALYSEDATA
ETTER FOSLIE (1980)

NGU 1980 GEOLOGISK KART OG PRØVETAKINGSKART FUREVIKNIPA FØRDE , SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT	
		TEGN G.F.	JULI 1980
		TRAC <i>Bla</i>	AUG. 1981
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR. 1717/5 - 05	KARTBLAD (AMS) 1217 IV



TEGNFORKLARING :

1 EKLOGITT

2 GNEIS

--- SIKKER / USIKKER BERGARTSGRENSE

● PRØVELOKALITET M/ LOKALITETSNR.
(1980 - PRØVETAKING)

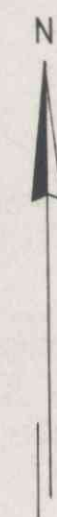
• : < 2% TiO_2

• : 2 - 3,5% TiO_2

• : 3,5 - 5% TiO_2

○ TiO_2 - ANRIKET OMRÅDE

— STRØK / FALL



NGU GEOLOGISK KART OG PRØVETAKINGSKART ENGEBØFJELLET, VEVRING NAUSTDAL, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT W.R.K.	JULI 80
	1:5000	TEGN. A.K.	MARS 81
		TRAC. <i>Edo</i>	AUG. 81
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
		1717/5-06	

TEGNFORKLARING:

1 EKLØGITT

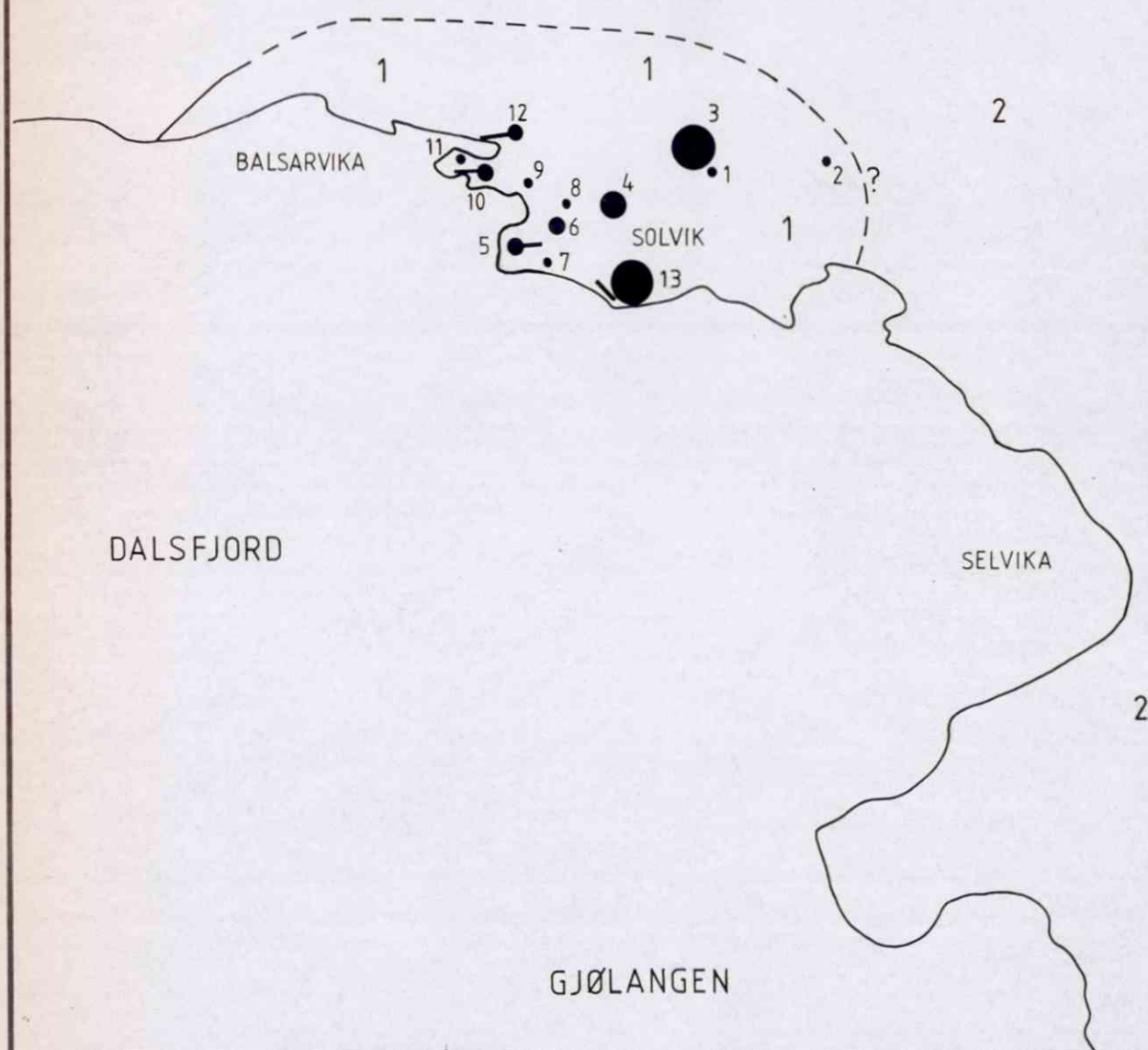
2 GNEIS

—/--- SIKKER / USIKKER BERGARTSGRENSE

— BENK/BÅND M/RUTILANRIKNINGER

PRØVELOKALITET M/LOKALITETSNR.

• < 2% TiO_2
 • 2 - 3,5% TiO_2
 • 3,5 - 5% TiO_2
 • > 5% TiO_2



NGU

GEOLOGISK KART OG PRØVETAKINGSKART
 SOLVIK

FJALER, SOGN OG FJORDANE

MÅLESTOKK

1:5000

OBS. G.F., J.W.

TEGN. A.K.

TRAC. *B. A.*

KFR.

JULI 1980

APRIL 1981

AUG. 1981

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.

1717/5-07

KARTBLAD NR.

1117 - I