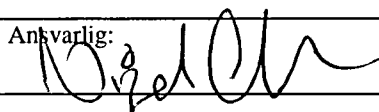


NGU Rapport 99.056
Undersøkelse av mineralressurser
i Sokndals-området, Rogaland

Rapport nr.: 99.056		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Undersøkelse av mineralressurser i Sokndals-området, Rogaland			
Forfatter: Karlsen, T.A., Gautneb, H., Korneliussen, A., Lund, B., Marker, M. & Nilsson, L.P.		Oppdragsgiver: Nærings sjefen i Dalane/NGU	
Fylke: Rogaland		Kommune: Sokndal, Lund, Eigersund	
Kartblad (M=1:250.000) Mandal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1311 IV Sokndal	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 68 Kartbilag: 0	Pris: kr. 410,-
Feltarbeid utført: høst 1998	Rapportdato: 15.05.1999	Prosjektnr.: 276000	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Nærings sjefen i Dalane har NGU utført Fase 2 av et prosjekt som har til hensikt å skaffe til veie informasjon om mineralsressurser i Sokndal og Lund kommune. Fase 2 bygger på informasjon opparbeidet og tilrettelagt under Fase 1, hvor blant annet et berggrunnsgeologisk kart over Åna-Sira-massivet ble sammestilt.</p> <p>Det kartlagte området utgjør deler av det som er benevnt «Sør-Rogaland magmatiske kompleks», også kalt «Egersundfeltet», som hovedsakelig består av bergartene anortositt, noritt, jotunit og mangeritt. Bergartene har en alder på ca. 920 - 931 millioner år. Rundt det magmatiske komplekset opptrer forskjellige typer gneiser med en alder på ca. 1500 - 1050 millioner år.</p> <p>Sør-Rogaland magmatiske kompleks er i flere henseende spesielt og danner grunnlaget for spesielle mineralressurser. Kompleksets innhold av ilmenittforekomster er stort, ikke bare i norsk målestokk, men også i verdensmålestokk. I denne rapporten er det sett nærmere på forekomster som inneholder en kombinasjon av mineralene ilmenitt, apatitt og magnetitt. Forekomster av denne typen er lavgehaltige, men meget store.</p> <p>Forkastningsaktivitet har gitt opphav til forekomster av omdannet anortositt, blant annet en av forkomstene det drives på i Rekefjord.</p> <p>Under kartleggingen i Fase 1 ble en kvarts-forekomst i Lund kommune påvist. Denne er, som tidligere indikert, av dårlig kvalitet. Når det gjelder naturstein er det fattet interesse i områdets mangeritt, anortositt uten fargespill som blokk, samt anortositt til andre formål slik som murstein, stein til belegging, bygningsstein og diverse uteanlegg.</p>			
Emneord: berggrunnsgeologi	naturstein	anortositt	
industrimineraler	ilmenitt	kvarts	
pukk	apatitt	fagrapport	

INNHold

1. Innledning.....	4
2. Berggrunnen i det undersøkte området.....	6
3. Geologien i gneisområdet nordøst for Rogalandsmassivet.....	9
3.1. Mål for arbeidet.....	9
3.2. Utført arbeid.....	9
3.3. Gneisområdets geologiske oppbygning.....	9
3.4. Bergartsenheter.....	10
3.5. Gneisområdets geologiske og strukturelle utvikling.....	11
3.6. Mineralske ressurser i gneisområdet.....	11
4. Oversikt over mineralske ressurser i det undersøkte området.....	13
5. Kvartsforkomsten i Lund	14
5.1. Beliggenhet og tidligere undersøkelser.....	14
5.2. Geologisk beskrivelse.....	14
5.3. Mineralogi.....	14
5.4. Geokjemiske analyser.....	14
5.5. Del-konklusjon, kvarts.	15
6. Apatitt-ilmenitt-magnetitt-mineraliseringer – en framtidig ressurs ?.....	19
6.1. Formål.....	19
6.2. Bakgrunnsinformasjon.....	19
6.3. Utførelse.....	20
6.4. Resultater.....	20
6.5. Delkonklusjon Apatitt – ilmenitt – magnetitt.....	30
7. Åna-Sira-anortositten som industrimineral	35
7.1. Generelt om anortositt som mineralressurs.....	35
7.2. Sammensetning av Åna-Sira-massivet	36
7.3. Anvendelsespotensialet som industrimineral.....	37
8. Natursteinsundersøkelser.....	41
8.1. Generelt om forekomststyper av naturstein.....	41
8.2. Undersøkte områder.....	43
8.2.1. Hellingen massivet.....	43
8.2.2. Åna-Sira-massivet.....	43
8.2.3. Garsaknatt-intrusjonen.....	44
8.2.4. Mangeritt, kvartsmangeritt.....	44
9. Andre mineralressurser.....	47
10. Oppsummering.....	49
11. Anbefalinger.....	49
12. Referanser og oversikt over relevant litteratur.....	50

VEDLEGG

Vedlegg 1: Bilder av polerte prøver av naturstein (Kapittel 8).

Vedlegg 2.1, 2.2, 2.3: Prøvelokaliteter for apatitt-ilmenitt-magnetitt-undersøkelser (Kapittel 6).

Vedlegg 3: Kjemiske analyser av utvalgte berggrunnsprøver fra gneis-området (Kapittel 3).

Vedlegg 4: Prøvelokaliteter for naturstein (Kapittel 8) og anortositt (Kapittel 7).

1. INNLEDNING

Prosjektet som nå rapporteres har bestått av to faser. I Fase 1, som ble delfinansiert av Rogaland fylkeskommune, ble det lagt vekt på å få fram nødvendig bakgrunnsmateriale for ressurs-kartlegging. Dette omfattet sammenstilling av tidligere materiale, feltarbeid og prøveinnsamling. I tillegg ble det gjort initielle ressursundersøkelser. I fase 2, som er delfinansiert av kommunene i området representert ved Næringssjefen i Dalane, har man fulgt opp arbeidet med mer objektrettede undersøkelser, i tillegg til en rekartlegging av berggrunnen i områder som var dårlig kartlagt fra før. Rent konkret har man jobbet med følgende objekter:

1. Undersøkelse av kvartsforekomst i Lund kommune
2. Undersøkelse av apatitt/ilmenitt/magnetitt-forekomster i Sokndal og Lund kommuner
3. Undersøkelse av naturstein i hele det undersøkte området
4. Berggrunnskartlegging i de nordlige og østlige områder innenfor kartblad Sokndal

Berggrunnskartleggingen vil forøvrig fortsette i 1999, da vi ønsker å ferdigstille et berggrunnsgeologisk kart "Sokndal" i skalaen 1:50000 (området vil være identisk med området på topografisk kartblad Sokndal 1311 IV).

Prosjektet har hatt som overordnet mål å påvise potensielle mineralske ressurser. Undersøkelsene har ikke ført til direkte påvisning av nye drivverdige ressurser, men de har brakt mer klarhet i mulighetene som vi mener eksisterer. Følgende typer mineralressurser er vurdert i dette prosjektet:

Anortositt som pukk
Anortositt som industrimineral
Apatitt/ilmenitt/magnetitt
Naturstein (flere muligheter)
Kvarts
Kaolin
Molybdenglans
Sulfider

De sørlige deler av Rogaland er p.g.a. sin beliggenhet i forhold til et voksende marked for byggeråstoff ute i Europa, av stor interesse for eksport. Nye ressursområder vil være avhengig av en gunstig beliggenhet i nærheten av fjorder med gode havnemuligheter. Områdets pukk-muligheter har vært påpekt i tidligere rapporter, og er ikke behandlet videre i dette prosjektet.

Når det gjelder industrimineraler er området interessant på mange vis. Rogaland er landets viktigste ilmenitt-provins, og er viktig også i en global sammenheng ved at Tellnes-forekomsten står for 6-7 % av verdensproduksjon av titanråstoff. Et høyt apatitt-innhold har tidligere vært påvist sammen med ilmenitt og magnetitt, spesielt i områdets norittiske bergarter. Ved en slik opptreden vil apatitten kunne utgjøre et viktig bimineral ved drift. I dette prosjektet har vi sett nærmere på opptreden av apatitt-ilmenitt-magnetitt.

Når det gjelder naturstein var det i utgangspunktet anortositt som syntest mest interessant. I visse tilfeller har denne bergarten et flott fargespill. Dette gjelder blant annet anortositt i nærheten av Ognå, hvor det i 1996 ble åpnet et brudd av A/S Granit. I Åna-Sira massivet har det vist seg at denne effekten er mer sjelden og større partier er ikke påvist. Det finnes likevel andre muligheter for naturstein i området. Disse er beskrevet nærmere i rapporten.

2. BERGGRUNNEN I DET UNDERSØKTE OMRÅDET

Åna-Sira-Lund-Sokndalsområdet er dominert av bergarter som tilhører det som er kalt «Sør-Rogaland magmatiske kompleks» eller «Egersundsfeltet» som det også blir kalt (Figur 2.1). Dette komplekset består av anortosittiske, norittiske, og mangerittiske intrusjoner¹ som har trengt inn i omliggende bergarter for 932 - 920 millioner år siden. Bergartene dekker et areal på ca. 1200 km² (Krause m.fl. 1985). Vertsbergartene som omgir de magmatiske bergartene er gneiser, tildels migmatittiske², og tildels charnockittiske³, med en alder av 1500 - 1050 millioner år. Tre store massiver av anortositt og relaterte bergarter opptrer, hvorav Åna-Sira-massivet og omliggende bergarter er undersøkt i dette prosjektet (Figur 2.1). Anortositt-massivene og norittene er kuttet av mange tildels yngre intrusjoner av mangeritt, ilmenitt-noritt, noritt, samt diabaser.

Åna-Sira anortositt-massivet er det dominerende elementet i området Sokndal-Åna-Sira. Massivet har en alder på 932 +/- 3 millioner år (Schärer m.fl. 1996). Dette er også alderen på Hellen anortositt-massiv lengst vest på kartet. De to anortositt-massivene gjennomsettes av den lagdelte Bjerkreim-Sokndal intrusjonen som har en lang utløper mot sydøst, benevnt «apofysen» i den geologiske litteraturen. "Sokndalloben" som er Bjerkreim-Sokndal-intrusjonens utstikker mot Sokndal, har en norittisk undre del og en mangerittisk til kvartsmangerittisk øvre del på. Apofysen har et mindre, nesten sirkulert innesluttet norittfelt (Mydland-loben). Sammensetningen for øvrig er kvarts-mangerittisk.

Mydlandloben og Sokndalloben henger på det nærmeste sammen gjennom et smalt norittlegeme rett nord for Åna-Sira anortositten. En rekke mindre enheter innenfor norittfeltene, både i Sokndalsområdet og på Mydland, er mer lagdelt enn ellers og avviker noe i sammensetning fra den ellers mindre lagdelte noritten. De lagdelte enhetene er ofte anrikt på jern-titan oksyder (magnetitt og ilmenitt). Disse magnetitt- og ilmenitt-anrikede sonene/områdene er potensielt økonomisk interessante som jern, titan og fosfor-råstoffkilder. Selve Åna-Sira anortositt-komplekset er gjennomvevet av ulike ganger med forskjellige hovedretninger samt av uregelmessige norittiske legemer med litt forskjellig sammensetning og oppbygning/struktur. Både Tellnesforekomsten og Storgangen hører med blant disse. Tellnesforekomsten som geologisk sett er en homogen, ilmenitt-norittisk bergart har en alder på 920 +/- 3 millioner år. Tellnes-gangen, som er Tellnes-forekomstens fortsettelse mot sydøst, har en alder på 931 +/- 5 millioner år, dvs. bare ubetydelig yngre enn Åna-Sira anortositten som den skjærer igjennom. På nordsiden av Mydlandsvatnet, litt ute i gneisene, ligger et separat felt av anortositt - lys noritt benevnt Garsaknatt-intrusjonen.

Alle de bergartene som er nevnt så langt tilhører «anortositt-stammen» og har et nært innbyrdes slektskap både rent *dannelsesmessig* med et felles opphav dypt nede i jordskorpen, *romlig* ved at de opptrer samlet i en felles magmatisk provins (dvs. et stort, og geologisk veldefinert / vel avgrenset område) samt rent *tidsmessig* ved at de samlet er dannet innenfor et tidsrom på bare ca. 10 millioner år hvilket er et meget kort tidsrom i geologisk sammenheng.

¹ Intrusjon = smelte som kommer fra et underliggende magmakammer og som trenger inn andre bergarter for så å størkne.

² Migmatitt = blandingsbergart som er dannet ved delvis oppsmelting av opprinnelig bergart.

³ Charnockitt = granitt som inneholder mineralet pyroksen.

De ovennevnte bergartene kuttet av en grovt sett ØSØ -VNV gående sverm av diabasganger, med en alder på bare 630 - 650 millioner år (Sundvoll 1987). På grunn av den store aldersforskjellen løper disse gangene etter betydelig mer rettlinjede bruddlinjer enn Tellnesgangen. Diabasgangene har ikke noe slektskap med anortositt-stammens bergarter.

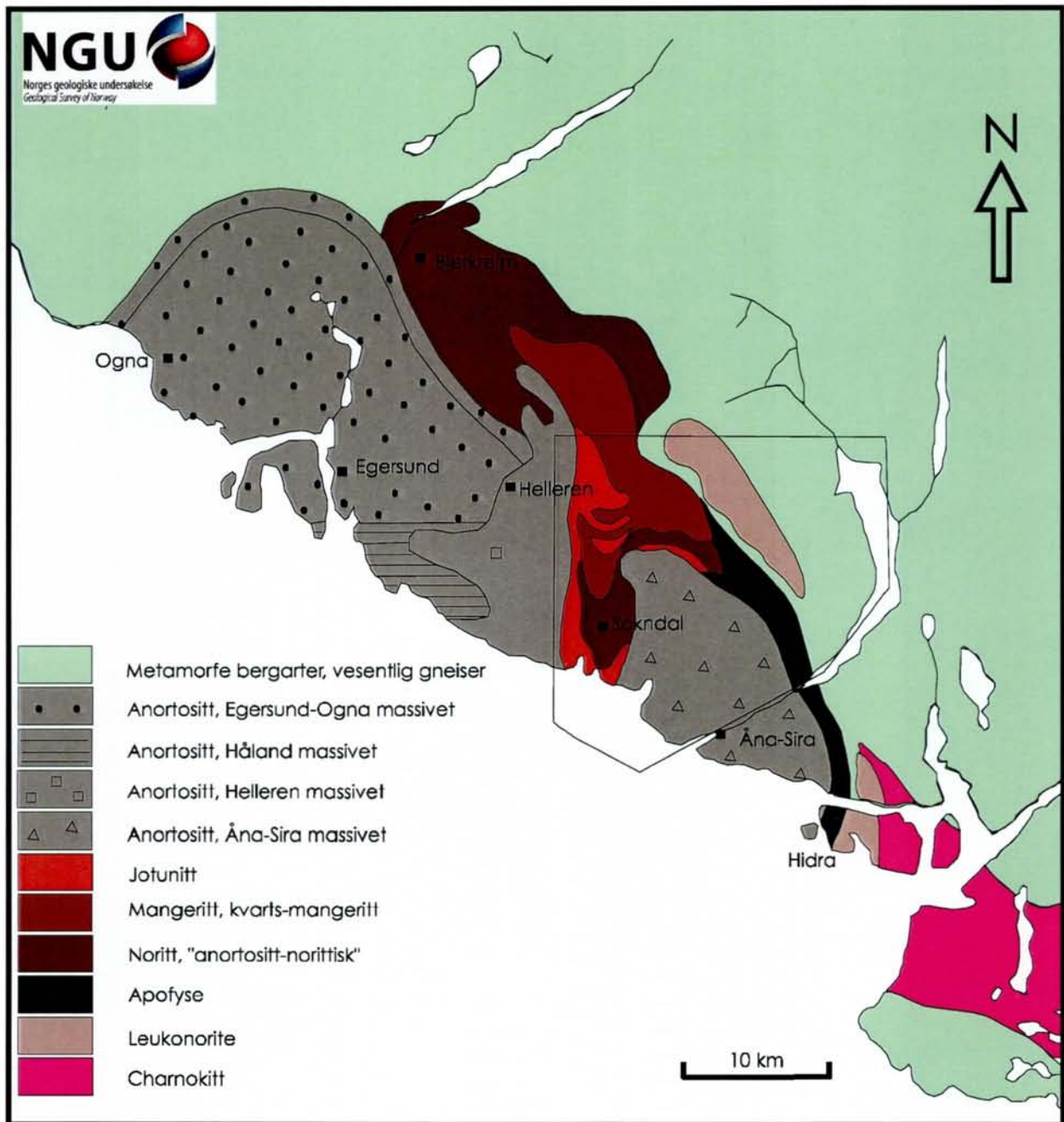
Det er heller ikke noe slektskap mellom anortosittstammens bergarter og gneisene i den nordøstlige delen av det undersøkte området. Dette er gneiser som tilhører den såkalte Svekonorvegiske Provins i sydvest Norge. Deres deformasjon og metamorfe omdannelse skjedde under dannelsen av den Svekonorvegiske fjellkjede for ca. 1050-950 (?) millioner år siden, som samtidig resulterte i intrusjon av flere typer magmatiske bergarter i en eldre jordskorpe. Alderen av de eldste gneiser som opptrer i provinsen kjennes ikke med sikkerhet, men antas å være yngre enn ca. 1600 millioner år. Porfyriske granitter tilhørende den såkalte Fedasuiten er knyttet til den aktive fjellkjededannelse og intruderte disse gneisene for 1050 millioner år siden. Sammen ble de metamorfosert («granulitt-facies») og deformert for 1025-990 millioner år siden (Bingen & van Breemen, 1998).

På grunn av deformasjonen framstår disse granittene idag som øyegneiser. I slutfasen av fjellkjededannelsen, for 930 millioner år siden, ble store mengder smelter tilhørende Sør-Rogaland magmatiske kompleks intrudert på et dypt nivå i jordskorpen. Varmemengden i disse resulterte i en fornyet oppvarming av den svekonorvegiske jordskorpe i en aureole omkring komplekset.

Etter (og under?) avkjølingen ble området gjennomslått av sprekker og mindre forkastninger av til nå ukjente årsaker og aldre. En nærmere beskrivelse av bergartene i det undersøkte området er gitt i prosjekts første rapport (Karlsen m.fl. 1998).

Sprekke- og forkastningssystemer er særdeles markerte i det undersøkte området, ikke minst fordi anortositten har en sparsom vegetasjon. Befaring og kartlegging av slike i felt viser at de fleste lineamenter representerer systemer av sprekker, hvor noen retninger er mer dominerende enn andre, eller forkastninger hvor en kan observere mindre bevegelser. Store dalsøkk slik som Åna-Sira og «Guddalen» framtrer som svært markante NØ-orienterte lineamenter på flyfoto.

Utviklingen av sprekker og forkastninger er i mange tilfeller ledsaget av omdanning av bergartene. Typiske omdanningsmineraler er albitt, saussuritt, kloritt, epidot, karbonat og i noen tilfeller leirmineraler. Omdanningssonene er i utgangspunktet av økonomisk interesse både som puk og industrimineral.



Figur 2.1: Geologisk oversiktskart over Egersundsfeltet (modifisert etter Duchesne & Michot 1987). Utsnittet angir vårt undersøkelsesområde.

3. GEOLOGIEN I GNEISOMRÅDET NORDØST FOR ROGALAND-MASSIVET

3.1 MÅL FOR ARBEIDET

Målet med det utførte arbeidet er å skaffe et bedre grunnlag for framtidig arealplanlegging og eventuell utnyttelse av mineralske ressurser i det undersøkte området. Som middel for å nå dette målet er det foretatt geologisk kartlegging, sammenstilling av tidligere data, og prøveinnsamling. Dette skaffer det grunnlaget som er nødvendig for den mineralressurs-evalueringen som foreligger i denne rapporten.

3.2 UTFØRT ARBEID

Høsten 1998 ble det utført 2 ukers feltarbeid i området nord for Åna-Sira-massivet. Kartleggingen ble utført ved å gå forskjellige profiler over gneis-massivet og langs veier. Arbeidet gikk noe senere enn planlagt på grunn av dårlig vær. Det vil kreves ytterligere 3 ukers feltarbeid for å fullføre arbeidet med kartblad Sokndal 1:50000.

3.3 GNEISOMRÅDETS GEOLOGISKE OPPBYGNING

Området nordøst for Rogaland-massivet domineres av båndete gneiser med diverse typer av intruderte granitter (Figur 3.1). Alle bergarter er kraftig deformert under høye trykk- og temperaturbetingelser (såkalt "granulittfacies"), og bergartene har vanligvis en velutviklet plan-struktur, som i den sydvestlige delen av gneisområdet er steiltstående og som har et strøk NNV-SSØ parallell kontakten til Rogaland-massivet ("Åna-Sira anortositten"). Granittene opptrer som massive, deformerte langstrakte legemer parallelt med strukturen i de båndete gneisene. Overgangen mellom de to er for det meste gradvis, i form av økende antall intruderte granittlag inn mot de rene granitter. Et legeme av massiv foliert granitt med en mektighet på minst tre kilometer forekommer NØ for Kvanvik i den sydøstlige del av området. En spesiell, deformert porfyrisk granitttype (Feda-granitt) opptrer i et ½-1 km bredt NNV-SSØ-gående belte gjennom gneisområdet. Den foldes rundt mot øst i en tett stor-skala fold i syd. Et N-S-gående belte av oppsmeltede gneiser med inneslutninger av amfibolitt opptrer ved Lundevatnet syd for Moi. Nordover har disse en gradvis overgang til båndete gneiser ved økende deformasjon.

Grensen mellom Rogaland-massivet og gneisene i nordøst er konkordant i Sokndal-området, hvor en ½-1 km sekvens av båndete gneiser med en velutviklet plan-struktur grenser opp til massivet. Mangeritten langs massivets kontakt er svakt eller moderat foliert med langstrakte inneslutninger av båndet gneis (Bolle 1998). Sene ganger som tilhører massivet intruderer stedvis de båndete gneisene langs kontakten (Bolle 1998), og begge deler viser at dannelsen av de bandede gneisenes planstrukturer må være dannet før intrusjonen av Rogaland-massivets bergarter. Et legeme av udeformert anortositt (Garsaknatten) av antatt samme alder som Rogaland-massivet intruderer tydelig de bandede gneisene i den nordlige del av gneisområdet på Sokndal-kartet.

3.4 BERGARTSENHETER

Den båndete gneissekvensen er sammen med tykke lag av homogene granitter de mest utbredte bergartsenheter i gneisområdet. Båndingen, som skyldes høy deformasjonsgrad ("strain"), ses alminneligvis som en alternasjon av plane lag av forskjellige bergarter av cm- til m-tykkelse, hvorav også granitter inngår. De granittiske bånd er ofte svakt gjennomkuttende og det yngste element, knyttet til dannelsen av de homogene granittlage. De eldre elementer består først og fremst av en mørkere grå, homogen granodiorittisk ortogneis, som opptil Rogaland-massivet utgjør den dominerende fase. I tillegg opptrer bånd av amfibolitter og biotitt-hornblende bergarter med en nesten ultrabasisk sammensetning. Sedimentære bånd forekommer også, men er sjeldne i det undersøkte området. Opptil kontakten til Rogaland-massivet ved Gjersdal i syd finnes en underenhet med sterkt deformerte kvartsbånd (Karlsen m.fl. 1998; Gautneb m.fl., 1998), som også kan være av sedimentær opprinnelse.

Anatektisk oppsmeltede gneiser (migmattiter) opptrer i et N-S-gående belte med mindre deformerte bergarter ved Lundevatnet mellom Eige og Solbjørg. Gneisene representerer magmatiske bergarter som ble delvis oppsmeltet under deformasjonen. En ensartet grå type dominerer. Den inneholder spredte inneslutninger av amfibolitt og er selv intrudert av uregelmessige legemer og årer av granitt. Deformasjonen øker mot NØ og migmatittene går gradvis over i en kraftig deformert båndet gneisenhet, som den beskrevet ovenfor.

Homogene granitter forekommer som mektigere lag overalt i den båndete gneisenhet med gradvise grenser til denne. Granittene er oftest grå med underordnete mørke mineraler av ortopyroksen, amfibol eller biotitt. De er deformerte med en svakt til moderat utviklet foliasjon. I de minst deformerte områder kan kantede inneslutninger av amfibolitt forekomme. I felt ble det forsøkt å skille ut forskjellige typer granitter, men geokjemiske analyser (Vedlegg 3) viser at de kan tilhøre én og samme magmatiske hendelse. Ulikheter i utseende kan skyldes varierende vanninnhold og metamorfosegrad.

Porfyrisk granitt (Feda-granitt) er en deformert brunlig- til blåliggrå granitt med opptil flere centimeter store fenokrystaller av kalifeltspat. Mengden av disse varierer, og varianter nesten uten fenokrystaller forekommer. Den porfyriske granitt er intrudert av årer og lag av granitt av samme type som de homogene granitter. Den er datert til 1051 Ma (Bingen & van Breemen, 1998a).

3.5 GNEISOMRÅDETS GEOLOGISKE OG STRUKTURELLE UTVIKLING

De eldste elementer i den båndete gneisenhet er de tidligste bergarter i gneisområdet. Disse granodiorittiske ortogneiser, som for øvrig ikke er daterte, inneholder inneslutninger av amfibolitt og stedvis bånd av metasedimenter. Noen av amfibolittene kan representere basiske ganger som er brutt opp under senere deformasjon. Det er mulig at de granodiorittiske gneiser gjennomgikk deformasjon og delvis oppsmelting før intrusjon av granitter etterpå, og at det er en vesentlig aldersforskjell mellom de to enhetene.

Fremtrentingen av granitter i gneisområdet begynte med intrusjonen av den porfyriske Feda granitten for 1051 Ma siden. Deretter fulgte hyppige intrusjoner av homogene granitter, kanskje i flere pulser. De homogene granittene intruderer alle tidligere enheter, inklusiv den porfyriske Feda granitten, som årer og lag. Det er ingenting som tyder på at den vesentlige deformasjon som preger området i dag, skjedde før de homogene granittene var på plass.

Undersøkelsene til nå viser at områdets bergarter deretter ble utsatt for deformasjon i to hovedfaser ledsaget av høy metamorfosegrad (såkalt "granulittfacies"). Ifølge Bingen & van Breemen (1998b) skjedde dette i Vest-Agder i perioden 1025-995 Ma, lenge før intrusjonen av Rogaland-komplekset for omkring 930 Ma siden (Schärer m.fl. 1996).

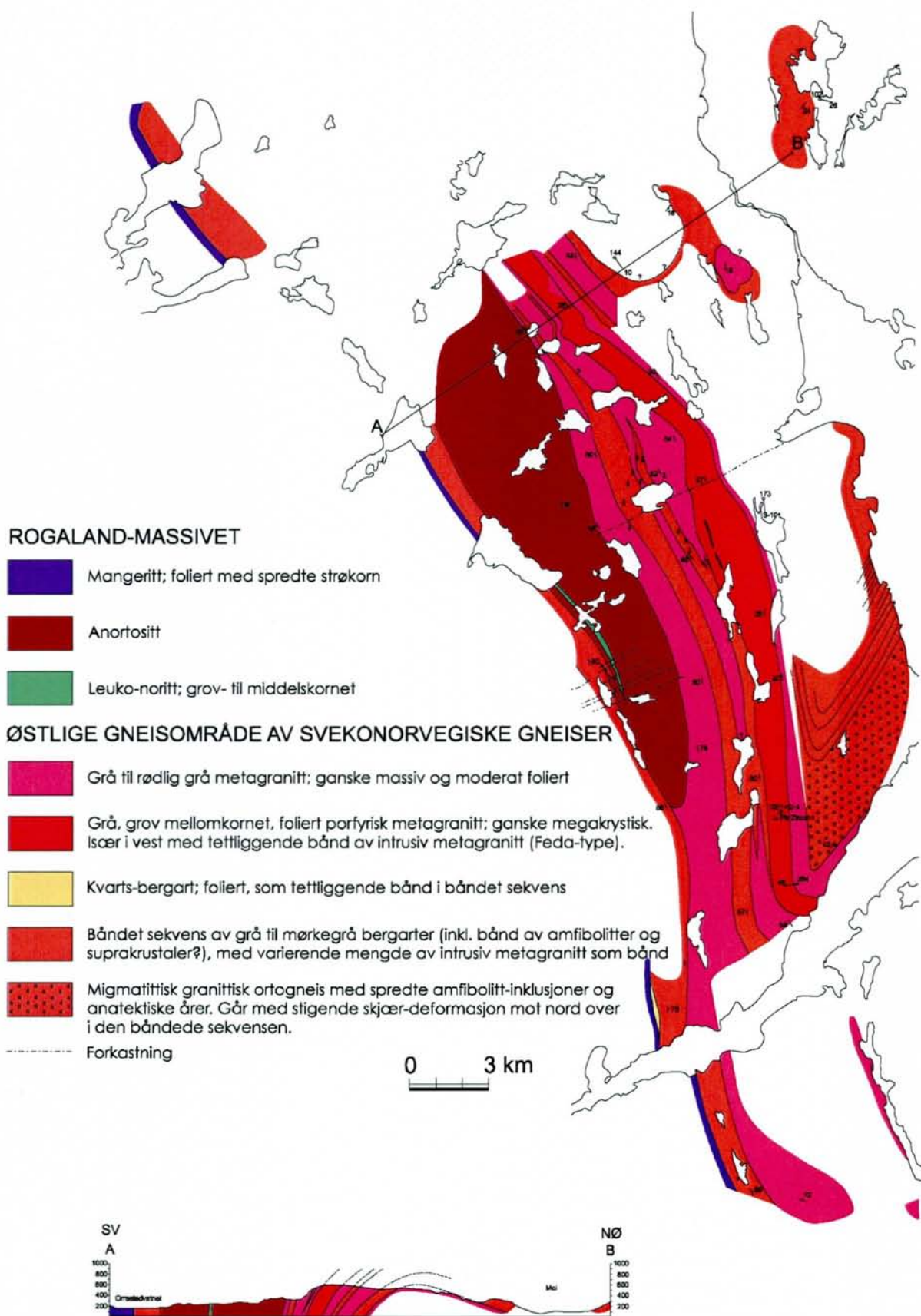
Under den første hoveddeformasjonsfasen ble bergartene utsatt for høy deformasjon, som resulterte i dannelsen av den båndete strukturen i gneisene. Det er sannsynlig at den båndete struktur ble dannet under overskyvninger, som førte til tektonisk fortykkelse av jordskorpen. De båndete gneisene inneholder stedvis rotløse isoklinale folder, som kan være oppstått under denne skjærbevegelsen. Under den andre hoveddeformasjonsfasen ble den båndete gneisstrukturen foldet i forholdsvis enkle stor-skala folder, med en foldeakse som stuper svakt mot SSØ (se geologisk kart og profil). Foldestrukturen resulterte i at områdets gneiser i SV har en nesten vertikal stilling mens de i NØ er flatt SØ-hellende.

Den steiltstående orientering av de båndete gneisene mot grensen til Rogaland-massivet kan ha blitt forsterket under massivets opptrengning for ca. 930 Ma siden. Det anses dog for mest sannsynlig, at gneisenes båndete struktur ble dannet før massivet, idet mangeritten i randen av massivet inneholder inneslutninger av disse.

3.6 MINERALSKE RESSURSER I GNEISOMRÅDET

Molybden-forekomster i Liland-Gullvatnet området opptrer som tynne mineraliserte ganger og sprekkeavsetninger assosiert med granittintrusjoner. Mineraliseringene kan sees både innenfor selve granitten og i den båndede gneisenheten, som granitten intruderer. Men det er ingen tegn på større utnyttbare forekomster.

Under feltarbeidet i 1997 ble en forekomst av kvarts funnet i de båndete gneiser ved Gjersdal like utenfor Rogaland-massivet. Denne forekomsten har imidlertid vist seg å ha dårlig kvalitet (se kapittel 5). Små kvartsforekomster av tilsvarende kvalitet ble observert i samme posisjon lenger sydover i 1998. Feltarbeidet i 1998 frembrakte ikke nye funn av økonomisk interesse.



Figur 3.1: Bergartsenheter kartlagt sommeren 1998. Nederst: tolket tverrsnitt langs linjen A-B på hovedkartet.

4. MINERALRESSURSER

Mineralressurser og byggeråstoffer som er beskrevet eller kommentert i dette prosjektet er som følger:

*Ilmenitt/magnetitt/apatitt
Anortositt
Kvarts
Kaolin
Molybdenglans
Sulfider
Pukk
Naturstein*

I denne rapporten er det gjort en nærmere undersøkelse av følgende:

- 1) ilmenitt/magnetitt/apatitt
- 2) naturstein
- 3) kvarts i Gjersdal
- 4) anortositt som industrimineral

Utvikling av mineralforekomster kan ta lang tid, og kun i unntakstilfeller vil nye ”funn” føre til direkte drift. Som regel er det nødvendig å opparbeide en betydelig kjennskap både til geologien og til markedsmulighetene. Når det gjelder de undersøkte ressurstypene er det kun kvartsen i Gjersdal som har fått en noenlunde endelig avklaring med hensyn til økonomisk potensiale. For de resterende er det nødvendig både å opparbeide økt kunnskap og få interesse fra industrien. Med de undersøkelsene som er gjort har vi brakt klarhet i hva som kan tilbys industrien.

5. GJERSDAL KVARTS FOREKOMST

5.1 BELIGGENHET OG TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Forekomsten ligger ca. 500 m rett øst for gården Gjersdal i Lund kommune. Høsten 1997 ble forekomsten kartlagt av Mogens Marker som en del av kartlegging i skala 1:50000, og to prøver ble da analysert (Gautneb m.fl. 1998). Høsten 1998 ble forekomsten detaljkartlagt (Figur 5.1) og systematisk prøvetatt for å kunne fastslå det økonomiske potensialet. Totalt ble det innsamlet 30 prøver, analyser av disse er vist i Tabell 5.1.

5.2 GEOLOGISK BESKRIVELSE

Kvartsforekomsten ved Gjersdal har linseform og er ca. 1 km lang og har en største bredde på 70m. Et forenklet geologisk kart over forekomsten er vist i Figur. 5.1. Mot øst grenser kvartsbergarten mot heterogene sliregneiser. Disse viser en veksling mellom kvartsrike og amfibolittiske lag. Mot vest grenser forekomsten mot mangerittiske bergarter (mangeritt = ortopyroksenførende monzonitt). Dette er en middelskornet og forholdsvis homogen bergart. Forekomstens grenser mot sidebergarten er skarpe og den danner en fordypning i landskapet i forhold til de omliggende bergarter.

Kvartsen er grovkornet og hvit til grålig i farge. I store deler av forekomsten er kvartsbergarten svært oppblandet med gneisbergarter som opptrer som tallrike slirer i kvarts (Figur 5.2). Slirene har en tykkelse fra 10-20 cm opp til ca. 1 m, adskilt av kvartslag med varierende tykkelse. I området nord for Stordalsmyra er mengden av gneisinnblanding opptil 50% av bergarten. De mest homogene partier av kvartsen finnes rundt den sentrale delen av forekomsten. Således er det kun et begrenset område på ca. 50x50 m der kvartsen er noenlunde homogen.

5.3 MINERALOGI

Kvartskrystallene i bergarten har en kornstørrelse som varierer fra 0.2 mm til 1.5 cm. Korn-grensene er meget uregelmessige. Forurensende mineraler, som opptrer i en mengde av 6-7%, er som følger (listet i avtagende mengde): sericitt (lys glimmer), mikroklin (k-feltspat), erts (uspesifisert), zirkon og epidot (Gautneb m.fl. 1998).

Feltspat er vanskelig og kostbart fjerne fra kvarts, og det er tvilsomt som det er økonomisk lønnsomt å rense bergarten for forurensinger.

5.4 GEOKJEMISKE ANALYSER

En foreløpig geokjemisk undersøkelse av bergarten ble utført av Gautneb m. fl. (1998). Høsten 1998 ble det samlet inn ytterligere 30 prøver. Tabell 5.1 viser et sammendrag av disse analysene, mens detaljer er gitt i Tabell 5.4.

For å kunne illustrere mulige anvendelsesområder for kvartsen, er det i Tabell 5.2 vist de kvalitetskrav som stilles til ulike bruksområder. Gjersdal kvartsforekomst har et gjennomsnittlig Al_2O_3 og Fe_2O_3 innhold på henholdsvis 1.01 og 0.59%. Den reneste analyserte prøven har Al_2O_3 og Fe_2O_3 innhold på henholdsvis 0.09 og 0.12 %. De sistnevnte resultatene er fra prøver fra den mest homogene del av forekomsten.

På grunn av oppståtte rykter om gull i forekomsten, ble 6 prøver analysert for gull ved Acme i Canada. Gullinnholdet i prøvene varierer fra 2 til 4 ppb (parts per billion) som tilsvarer 0.002 til 0.004 gram gull per tonn bergart. Dette er meget lavt og langt under (ca. en 1000 del) økonomisk interessante verdier. Gullanalysene er listet i Tabell 5.3.

5.5 DEL-KONKLUSJON, KVARTS I GJERSDAL

Det er klart at Gjersdal kvartsforekomst har en sammensetning som kun er brukbar til laveste kvalitet av flaskeglass. Bergarten er sterkt oppblandet med gneis, og kun en begrenset del av forekomsten er noenlunde homogen. Det konkluderes derfor med at forekomsten har liten økonomisk verdi med dagens markedsforhold.

Tabell 5.1: Oversikt over kjemisk sammensetning av Gjersdal kvarts.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	P_2O_5	Gl.tap	Sum
Gjennomsnitt	96.78	1.01	0.59	0.11	0.14	0.07	0.00	0.19	-0.01		0.36	99.29
Minste verdi	90.87	0.09	0.12	0.05	-0.01	-0.01	-0.10	-0.01	-0.01	-0.01	0.12	98.01
Største verdi	98.97	3.82	1.48	0.29	0.88	0.47	0.37	0.70	0.01	-0.01	1.08	100.36

Tabell 5.2: Spesifikasjoner for kvartsråstoff til en del relevante bruksområder (maksimumsverdier).

Produkt	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{Fe}_2\text{O}_3\%$	$\text{TiO}_2\%$	$\text{CaO}\%$	fraksjon
Farget flaskeglass	3,0	1,5			sandfraksjon
Fiberisolasjon	2,2	0,3			sandfraksjon
Flatglass (vindusglass)	0,2-1,6	0,04			sandfraksjon
Ferrosilisium	0,5	0,2	0,05	0,2	stykkstørrelse
Fiberglass	0,3	0,3			sandfraksjon
Silisium-metall	0,1-0,3	0,05-0,1	0,005	0,01	stykkstørrelse
Silisiumkarbid (svart)	0,25	0,07		lav	sandfraksjon
Silisiumkarbid (grønn)	0,05	0,02		0,01	sandfraksjon
Optisk glass	<0,1	<0,01	<0,03		sandfraksjon

Tabell 5.3: Gullinnhold i utvalgte prøver fra Gjersdal kvartsforekomst.

Prøve	Au ppb
HG98-46	2
HG98-47	4
HG98-52	2
HG98-55	<2
HG98-56	<2
HG98-60	2

Geologisk kart over Gjersdal kvartsforekomst

Tegnforklaring



Mangeritt



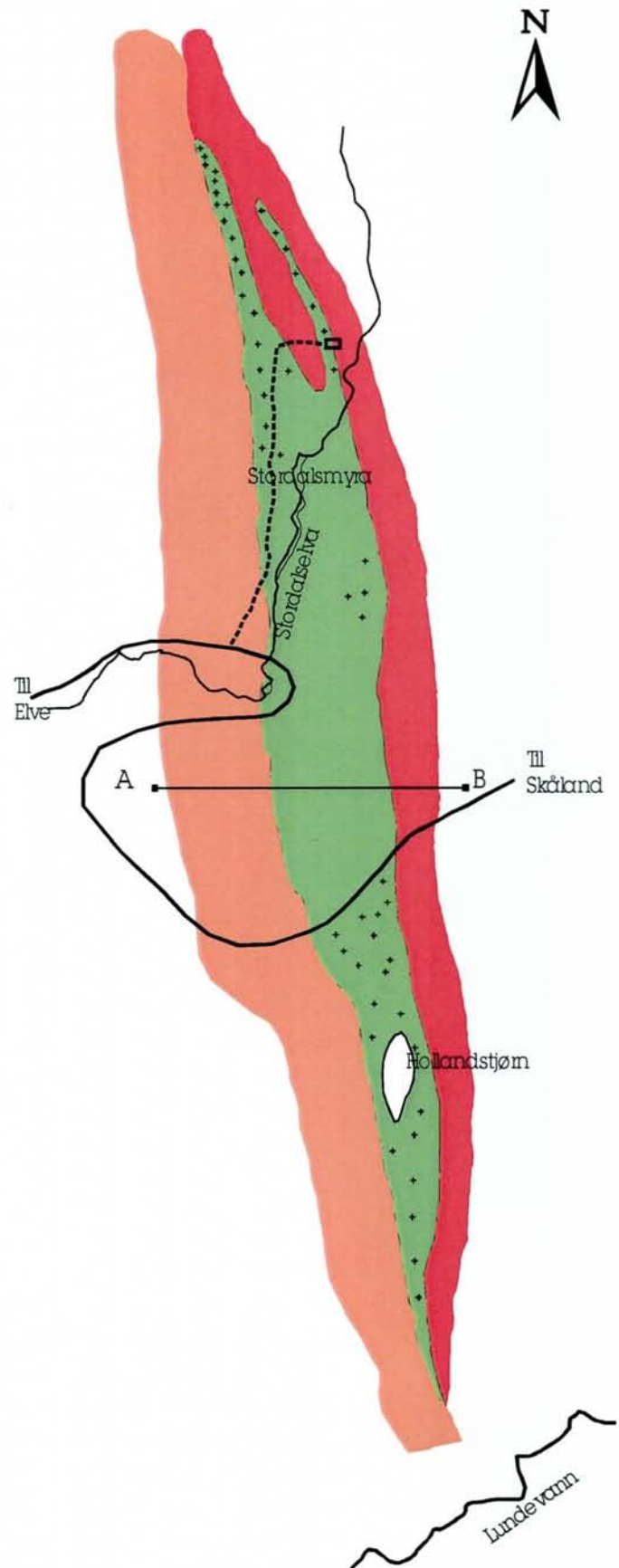
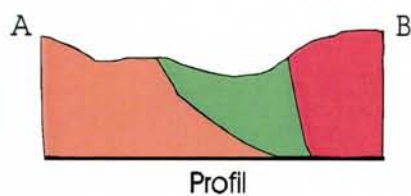
Kwarts med
slirer av gneis



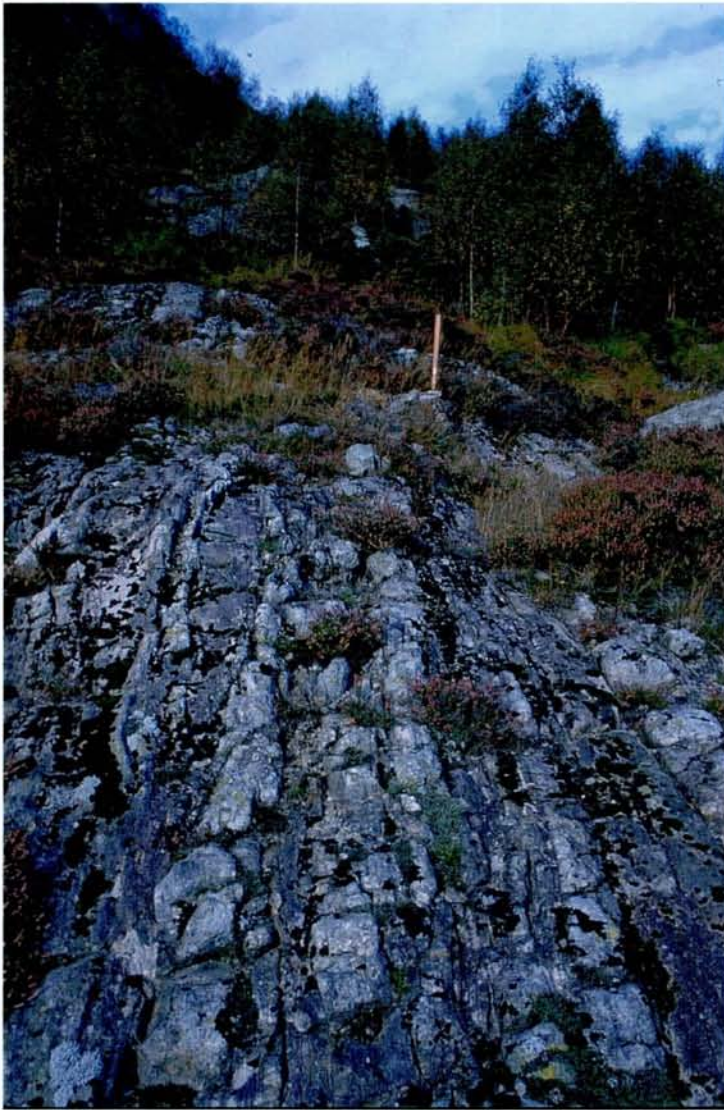
Gneis



Parti med svært mye
gneis slirer



Figur 5.1: Geologisk kart over Gjersdal kvartsforekomst, Lund.



Figur 5.2: Gneisslirer i kvarts.

Tabell 5.4: Kjemiske analyser (XRF) av Gjersdal kvarts.

PR.NAVN	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	P ₂ O ₅ %	Gl.tap %	Sum %
HG-98-31	96.33	0.84	0.52	0.05	0.09	0.02	0.35	0.04	-0.01	-0.01	0.24	98.45
HG-98-32	96.24	0.70	0.46	0.05	0.05	0.09	0.10	0.04	-0.01	-0.01	0.34	98.06
HG-98-33	97.99	0.32	0.86	0.06	0.10	-0.01	-0.10	0.04	-0.01	-0.01	0.44	99.69
HG-98-34	94.10	1.57	0.94	0.12	0.39	0.47	0.18	0.19	-0.01	-0.01	0.29	98.23
HG-98-35	96.54	0.17	0.59	0.08	0.20	-0.01	-0.10	-0.01	-0.01	-0.01	0.47	98.01
HG-98-36	98.44	0.09	0.16	0.07	0.05	-0.01	-0.10	-0.01	-0.01	-0.01	0.22	98.89
HG-98-37	95.79	1.40	1.31	0.18	0.32	0.26	-0.10	0.17	-0.01	-0.01	0.44	99.93
HG-98-38	97.85	0.35	0.60	0.07	0.10	0.04	-0.10	0.03	-0.01	-0.01	0.22	99.18
HG-98-39	96.58	0.63	0.33	0.10	0.05	0.03	0.24	0.09	-0.01	-0.01	0.21	98.22
HG-98-40	95.50	1.26	0.97	0.14	0.16	0.06	-0.10	0.61	0.01	-0.01	0.50	99.23
HG-98-41	98.85	0.46	0.14	0.06	0.02	-0.01	-0.10	0.14	-0.01	-0.01	0.17	99.70
HG-98-42	98.76	0.59	0.25	0.06	0.05	-0.01	-0.10	0.10	-0.01	-0.01	0.28	100.00
HG-98-43	98.23	0.85	0.39	0.10	0.11	0.11	-0.10	0.07	-0.01	-0.01	0.35	100.27
HG-98-44	98.34	0.24	0.24	0.06	0.01	-0.01	-0.10	0.10	-0.01	-0.01	0.43	99.31
HG-98-45	98.59	0.61	0.19	0.05	0.02	-0.01	-0.10	0.24	-0.01	-0.01	0.40	100.05
HG-98-46	98.97	0.31	0.12	0.05	-0.01	-0.01	-0.10	0.07	-0.01	-0.01	0.13	99.54
HG-98-47	90.87	3.82	1.48	0.29	0.88	0.07	-0.10	0.25	0.01	-0.01	1.08	98.80
HG-98-48	96.34	0.79	0.80	0.09	0.12	0.03	-0.10	0.21	-0.01	-0.01	0.44	98.88
HG-98-49	96.88	0.80	0.81	0.07	0.12	0.03	-0.10	0.21	-0.01	-0.01	0.17	99.08
HG-98-50	97.71	0.26	0.21	0.16	-0.01	-0.01	-0.10	0.05	-0.01	-0.01	0.12	98.42
HG-98-51	98.35	0.76	0.30	0.06	0.08	-0.01	0.14	0.24	-0.01	-0.01	0.26	100.14
HG-98-52	95.49	2.39	0.79	0.16	0.58	0.11	-0.10	0.07	-0.01	-0.01	0.49	100.10
HG-98-53	97.32	1.16	0.31	0.11	-0.01	-0.01	-0.10	0.66	-0.01	-0.01	0.37	99.88
HG-98-54	97.79	0.58	0.51	0.06	0.09	-0.01	-0.10	0.08	-0.01	-0.01	0.29	99.34
HG-98-55	98.48	0.43	0.19	0.08	0.02	-0.01	-0.10	0.11	-0.01	-0.01	0.12	99.40
HG-98-56	94.07	2.43	0.85	0.18	0.15	0.35	0.37	0.48	-0.01	-0.01	0.34	99.20
HG-98-57	95.98	1.55	0.44	0.14	0.12	0.17	0.11	0.47	-0.01	-0.01	0.50	99.46
HG-98-58	94.67	2.06	0.98	0.14	0.16	0.21	0.37	0.22	-0.01	-0.01	0.42	99.22
HG-98-59	96.52	1.29	0.42	0.10	0.05	-0.01	-0.10	0.70	-0.01	-0.01	0.51	99.60
HG-98-60	97.31	0.51	0.85	0.17	0.13	-0.01	-0.10	0.23	-0.01	-0.01	0.33	99.41
HG-98-61	95.18	1.97	1.16	0.19	0.28	0.41	0.37	0.10	0.01	-0.01	0.71	100.36
Gjennom snitt	96.78	1.01	0.59	0.11	0.14	0.07	0.00	0.19	-0.01		0.36	99.29
	90.87	0.09	0.12	0.05	-0.01	-0.01	-0.10	-0.01	-0.01	-0.01	0.12	98.01
Maksi mum	98.97	3.82	1.48	0.29	0.88	0.47	0.37	0.70	0.01	-0.01	1.08	100.36

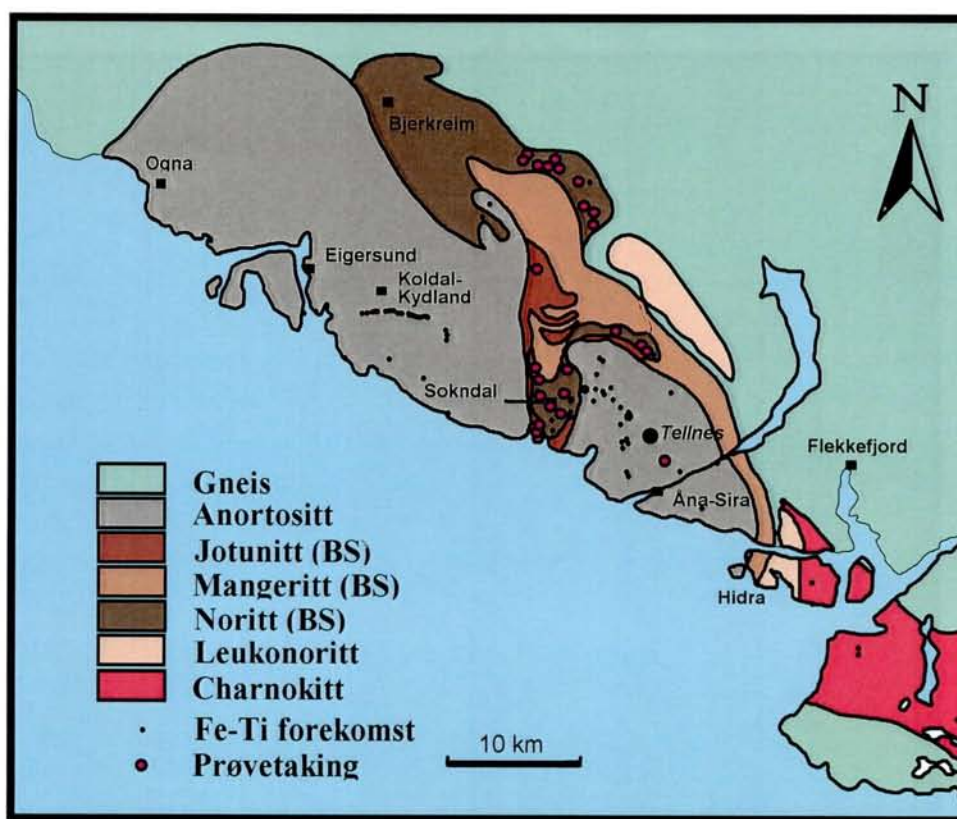
6. APATITT-ILMENITT-MAGNETITT - MINERALISERINGER – EN FRAMTIDIG RESSURS ?

6.1. FORMÅL

Oppdraget består i å avgjøre om apatitt i kombinasjon med andre mineraler, i første rekke ilmenitt, representerer en mineralressurs som kan tenkes å få økonomisk betydning i framtiden.

6.2. BAKGRUNNSINFORMASJON

Egersundfeltets utstrekning og geologiske hovedtrekk framgår av Figur 6. 1. Hovedtrekkene i Egersundfeltets geologiske oppbygging er godt forstått takket være geologiske forskningsarbeider utført i årenes løp. Se for eksempel Duchesne (1999), Duchesne m.fl. (1987), Duchesne m.fl. (1996), Wilson m.fl. (1996). Anrikninger av apatitt forekommer i de jotunittiske og norittiske bergartsenheter innenfor det såkalte Bjerkreim – Sokndal intrusjonskomplekset. Apatitt opptrer sammen med ilmenitt og vanadiumholdig magnetitt. Apatittgehalten er gjennomgående for lav til å kunne gi grunnlag for drift alene, og økonomiske vurderinger av apatitt-mulighetene må derfor sees i sammenheng med ilmenitt og eventuelt også magnetitt. I tillegg forekommer små mengder av kopper- og nikkelholdige sulfidmineraler som i prinsippet kan tenkes å utgjøre en liten verdikomponent, men som ikke blir nærmere vurdert i denne rapporten.



Figur 6.1: Forenklet geologisk kart over Egersundfeltet med registrerte titanforekomster og prøvetatte områder (1998) avmerket. BS : Bergartsenheter som tilhører Bjerkreim – Sokndal intrusjonen.

6.3. UTFØRELSE

Undersøkelsene er lagt opp m.h.p.:

- Å oppnå en generell oversikt over økonomisk interessante mineraler som forekommer i de aktuelle bergartsenheter, d.v.s. apatitt, ilmenitt og magnetitt.
- Å antyde hvilke gehalter av ilmenitt og apatitt som forekommer i rike deler av bergartsmassivene, og gi en grov vurdering av størrelsen av de respektive forekomster.
- Å beskrive viktige mineralogiske karakteristika for forekomstene i form av optisk mikroskopering og elektronmikroskopi.
- At det på basis av denne informasjonen skal kunne gis en vurdering av de økonomiske muligheter og foreslå hvilke videre undersøkelser som eventuelt bør utføres.

Feltarbeidet, i form av prøvetaking av aktuelle bergartsenheter i Sokndal og Lund kommuner, ble utført i oktober 1998. Det ble prøvetatt 45 samleprøver (de fleste med 5-20 underprøver) som er analysert på hovedelementer, og av noen av prøvene er det laget tynnslip som er undersøkt i mikroskop/elektronmikroskop.

6.4. RESULTATER

Resultatene presenteres i stor grad i form av tabeller og figurer. En oversikt over prøvetatte lokaliteter og utført bearbeiding er gitt i Tabell 6.1. Ytterligere detaljer om prøvematerialet og berggrunnen der prøvene er innsamlet er tilgjengelig fra forfatterne av denne rapporten på forespørsel. Tabell 6.2a og b gir hovedelement analysedata (XRF- røntgenfluorescens) for prøvene innsamlet i 1998, mens Tabell 6.3 viser innholdet av henholdsvis apatitt, ilmenitt og magnetitt, samt informasjon om kornstørrelsen i utvalgte tynnslip.

Det er viktig å være oppmerksom på at de fleste XRF-analysene er gjort på prøver som hver representerer en rekke underprøver innsamlet over et område som kan variere fra en 5-10m stor enkeltblotning til en serie veiskjæringer over til sammen flere hundre meters lengde-utstrekning. Det ble for prøvene innsamlet i 1998 lagt vekt på å oppnå en representativ prøvetaking, og analyseverdiene gir en indikasjon på gehalter over store bergartsvolum.

De økonomisk interessante mineraler i de aktuelle områder er i første rekke ilmenitt og apatitt, dernest vanadiumholdig magnetitt (titanomagnetitt).

APATITT ($Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$) opptrer relativt jevnt fordelt i de undersøkte bergartene. Kornstørrelsen er gjennomgående i størrelsesorden 0.1 – 1.0 mm. Analysene viser at vanlige jotunittiske, norittiske og mangerittiske bergarter i de aktuelle områder inneholder 1-2.5% P_2O_5 , tilsvarende 2.5-6 % apatitt. Apatittanrikninger tilsvarende fosforinnhold i bergarten på 3-4% P_2O_5 forekommer.

ILMENITT ($TiFeO_3$) opptrer disseminert i bergarten og i markante bånd i form av en magmatisk (= modal) lagdeling. Titanet i bergarten inngår for det meste i ilmenitt, men kan også inngå i magnetitt (titanomagnetitt) og i enkelte silikatmineraler. De nærmere detaljer i denne sammenheng er ikke utredet. Med utgangspunkt i arbeider av i første rekke Duchesne (1970, 1992, 1999), Wilson m.fl. (1996) og McEnroe (under forberedelse), er det kjent at magnesiuminnholdet i ilmenitt kan variere fra under 1 % til over 2 % i de aktuelle

bergarter, mens krominnholdet i ilmenitt gjennomgående er lavt ($< 0.05 \% \text{Cr}_2\text{O}_3$).

Med utgangspunkt i dagens markedssituasjon for ilmenitt, vil i praksis nye forekomster kun bli attraktive for den internasjonale titanindustrien hvis magnesiuminnholdet i ilmenitt ikke overstiger $1 \% \text{MgO}$. Dette fordi ilmenitt med såpass lavt MgO -innhold kan anvendes som råstoff i produksjon av såkalt klorerbart Ti -slag. Slik ilmenitt er mangelvare i verden i dag, mens det er overskudd på MgO -rik ilmenitt. Til opplysning har den ilmenitt som Titania produserer fra Tellnes-forekomsten et MgO -innhold på $3-4 \%$.

MAGNETITT (Fe_3O_4) opptrer disseminert i bergarten og er til dels sammenvokset med ilmenitt (Figur 6.6), selv om de relative mengdeforhold varierer en god del. Det er sannsynlig at magnetittens vanadiuminnhold varierer i området $0.3 - 1.2 \% \text{V}_2\text{O}_5$, men uten at nærmere detaljer er kjent for de respektive lokaliteter. Vanadiumrik magnetitt ($> 0.7 \% \text{V}_2\text{O}_5$) kan ansees som en framtidig ressurs kombinert med ilmenitt og apatitt.

SULFIDMINERALER av kopper og nikkell forekommer i små mengder, men det er usikkert i hvilken grad disse kan tenkes å representere en biprodukt-ressurs.

Figur 6.2a-c viser relasjoner mellom innholdet av TiO_2 , P_2O_5 og Fe_2O_3 i de analyserte prøver, henholdsvis $\text{TiO}_2 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ og $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{TiO}_2$, mens Figur 6.2d viser forholdet mellom anslått malmverdi og TiO_2 . Fe_2O_3 og TiO_2 er gjennomgående positivt korrelert (Figur 6.2a), med noen enkeltprøver som for eksempel Tellnes, som skiller seg ut ved et særskilt høyt TiO_2 -innhold. Et karakteristisk trekk er at prøver med over $9 \% \text{TiO}_2$ (Figur 6.2c) praktisk talt ikke inneholder apatitt. Dette betyr at de titanrike bergarter, d.v.s. de forekomster som tradisjonelt er ansett som titanforekomster, ikke er av interesse m.h.p. apatitt.

Malmverdiestimatet pr. tonn bergart (Figur 6.2d og Figur 6.3) er et forsøk på å komme fram til et anslagstall for salgsverdien av de utvinnbare mineraler i de aktuelle forekomster. I forutsetningen for dette estimatet ligger at salgsprisen pr tonn av apatitt, ilmenitt og magnetitt er henholdsvis kr 350,-, kr 400,- og kr 100,- og utvinningsgraden henholdsvis 90% , 75% og 75% . Selv om disse tallene i praksis ikke vil være helt riktige, vil de likevel gi en grov antydning av hvilken størrelsesorden mineralenes verdikomponenter representerer. For eksempel vil salgsprisen for ilmenitt kunne variere fra 350 kr/ tonn til 450 kr/ tonn avhengig av ilmenitt-konsentratets kvalitet. Et lavt magnesiuminnhold i ilmenitt ($< 1 \% \text{MgO}$) vil gjøre den attraktiv i markedet mens et høyt magnesiuminnhold ($> 1\%$) vil gjøre den mindre attraktiv og salgsverdien blir da lavere. Videre vil den virkelige utvinningsgraden kunne avvike en god del fra de anslåtte prosentverdier. Følgelig vil den reelle netto malmverdi i ugunstige tilfeller kunne bli vesentlig lavere enn det som er anslått, mens den i andre tilfeller kan bli høyere.

En regner normalt med at en forekomst av denne type under gunstige omstendigheter kan tenkes å kunne bli drivbar med en netto malmverdi, d.v.s. salgsverdien av de utvinnbare mineraler, på i størrelsesorden $80-100 \text{ kr/tonn bergart}$. Gjennomsnittlig netto malmverdi (Figur 6.3) viser en samlet malmverdi (apatitt + ilmenitt + magnetitt) på i størrelsesorden $60-80 \text{ kr/ tonn}$ for noritt-mineraliseringer ved Mydland, Sokndal og Teksevatn - Heskestad, mens noritt i Åmdal og jotunitter i Sokndal ligger lavere i verdi. Til sammenligning er malmverdien for Tellnes anslått å være i størrelsesorden $90-100 \text{ kr/tonn}$ (Den eksakte malmverdien for Tellnesmalm er ikke oppgitt av Titania av prinsipielle grunner). Det er grunn til å forvente at en ved eventuelle videre undersøkelser vil kunne lokalisere forekomster med høyere malmverdi enn det som er oppgitt i Figur 6.3.

Tabell 6.1: Oversikt over prøvetatte lokaliteter og utført bearbeiding.
Tilleggsopplysninger om prøvelokalitetene er tilgjengelig fra forfatterne av denne rapporten på forespørsel.

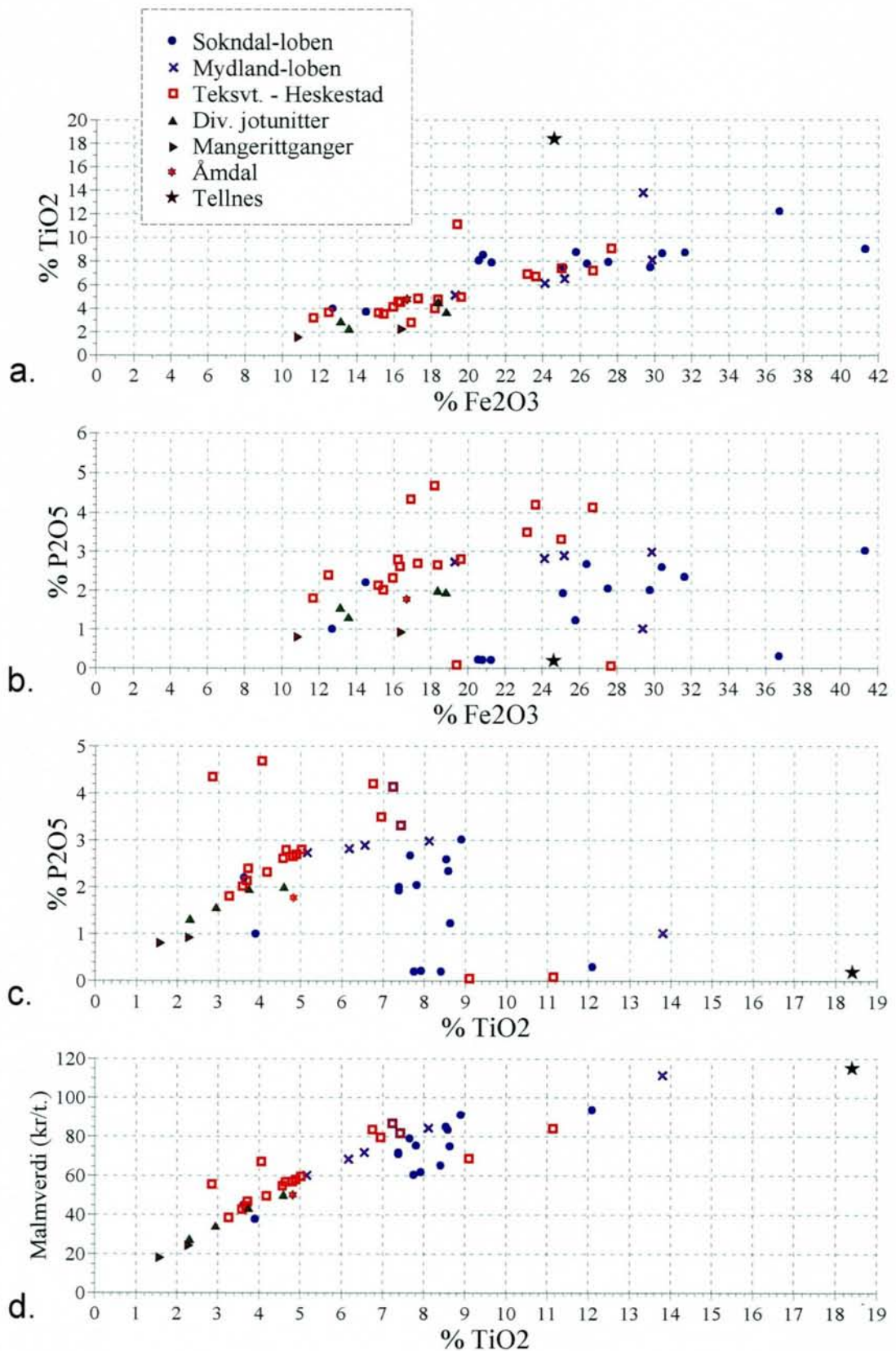
Område (bergart)	Lokalitet	Prøve XRF-analyse	UTM-koord. Øst	UTM-koord. Nord	Prøve tynnslip	Prøve SEM-data	Kartvedlegg
Sokndals-området	Rosland	220 ^{xrf} 221 ^{xrf}	34095 34090	647250 647325			2.1
	Bakka	228 ^{xrf}	34335	647390			2.1
		259 ^{xrf}	34339	647382			2.1
		260 ^{xrf}	34245	647215	260	260	2.1
		261 ^{xrf}	34239	647201			2.1
		85	34339	647379	85	85	2.1
		88A	34335	647389	88A	88A	2.1
	Ørsland	187	34239	647201	187	187	2.1
		229 ^{xrf}	34293	647454			2.1
	Krune	233 ^{xrf}	34313	647266		192-23	2.1
		192-23	34313	647266	192-23		2.1
	Brandsberg-Bakken	234 ^{xrf}	34307	647288			2.1
	Steinberg-Slåttenbakken	235 ^{xrf}	34278	647301			2.1
	Dragland	250 ^{xrf}	34028	647088			2.1
		251 ^{xrf}	34041	647073			2.1
		252 ^{xrf}	34020	647190	252	252	2.1
	Hauge gruve	144	34109	647001	144	144	2.1
262 ^{xrf}		34109	647001	262	262	2.1	
Årstad gruve	148	34271	646902	148	148	2.1	
Årstadøya skjerp	167	34127	646903	167	167	2.1	
Barstad	184	34105	647554	184	184	2.1	
Åmot (Prestbro skjerp)	258 ^{xrf}	34276	647010			2.1	
	Skarås	166	34048	646963	166	166	2.1
Mydlands-området (noritt)	Mydland	14A	35006	647588	14A	14A	2.2
		90	34961	647580	90	90	2.2
		222 ^{xrf}	34984	647566			2.2
		223 ^{xrf}	35042	647548	223	223	2.2
		224 ^{xrf}	34921	647550			2.2
		225 ^{xrf}	34932	647560			2.2
		226 ^{xrf}	34915	647542			2.2
Området Teksevatnet - Bilstadvatnet - Heskestad (noritt)	Teksevatnet	238 ^{xrf}	33983	649364	238	238	2.3
		239A ^{xrf}	33981	649372			2.3
		239B ^{xrf}	33985	649384			2.3
		240 ^{xrf}	34270	649285			2.3
		241 ^{xrf}	34275	649275			2.3
		242A ^{xrf}	34295	649260			2.3
		243B ^{xrf}	34280	649265			2.3
		243C ^{xrf}	34280	649265			2.3
		244 ^{xrf}	34160	649250			2.3
		245 ^{xrf}	34127	649240			2.3
	246 ^{xrf}	34105	649225			2.3	
	Bilstadvt	255 ^{xrf}	34425	649120	255	255	2.3
		256 ^{xrf}	34545	649190	256	256	2.3
		257 ^{xrf}	34540	649180			2.3
	Ualand	254 ^{xrf}	34560	648930			2.3
	Heskestad	237 ^{xrf}	34580	648685			2.3
		247 ^{xrf}	34625	648655			2.3
253 ^{xrf}		34605	648855			2.3	
Rekefjord-området (jotunitt)	Tothammer-Tjørna	230 ^{xrf}	34050	646905			2.1
		231 ^{xrf}	34000	646895	231	231	2.1
	Rekefjord	232 ^{xrf}	33965	647000			2.1
Eia (jotunitt)	Eia	236 ^{xrf}	34150	648175	236	236	2.1
Eigeland (mangeritt)	Eigeland	248 ^{xrf}	35070	646670	248	248	2.2
		249 ^{xrf}	35073	646672			2.2
Åmdal (noritt)		227 ^{xrf}	34620	647705	227	227	2.2

Tabell 6.2a: Informasjon om prøver som er analysert på hovedelementer. Denne tabellen oppgir TiO_2 og P_2O_5 , mens Tabell 6.2b gir de fullstendige analysedata.

Prøvenr.	Bergart	Område	Lokalitet	Anal. nr.	Samlet prøvevekt (kg)	Kart-vedlegg	TiO_2	P_2O_5
LPN98-222	noritt	Mydland	Mydland	3	6.74	2.2	6.17	2.83
LPN98-223	noritt	Mydland	Mydland	4	2.90	2.2	13.80	1.02
LPN98-224	noritt	Mydland	Mydland	5	4.80	2.2	6.55	2.90
LPN98-225	noritt	Mydland	Mydland	6	4.50	2.2	5.16	2.74
LPN98-226	noritt	Mydland	Mydland	7	4.82	2.2	8.12	2.99
LPN98-258	noritt	Sokndal	Åmot	42	6.92	2.1	8.62	2.32
LPN98-220	noritt	Sokndal	Rosslund	1	4.26	2.1	3.65	2.18
LPN98-221	noritt	Sokndal	Rosslund	2	2.60	2.1	3.93	0.98
LPN98-228	noritt	Sokndal	Bakka	9	6.06	2.1	7.69	2.65
LPN98-229	noritt	Sokndal	Ørslund	10	2.10	2.1	8.93	2.99
LPN98-233	noritt	Sokndal	Krunc	14	4.42	2.1	8.67	1.20
LPN98-234	noritt	Sokndal	Brandsbergbakken	15	16.34	2.1	7.41	1.90
LPN98-235	noritt	Sokndal	Steinbergslåttenbakken	16	3.92	2.1	7.85	2.02
LPN98-250	noritt	Sokndal	Dragland	34	4.34	2.1	7.79	0.18
LPN98-251	noritt	Sokndal	Dragland	35	1.96	2.1	7.96	0.19
LPN98-252	noritt	Sokndal	Dragland	36	4.48	2.1	8.44	0.18
LPN98-259	noritt	Sokndal	Bakka	43	10.90	2.1	7.41	1.98
LPN98-260	noritt	Sokndal	Bakka	44	4.28	2.1	8.57	2.57
LPN98-261	noritt	Sokndal	Bakka	45	10.70	2.1	12.12	0.28
LPN98-262	noritt	Sokndal	Hauge gruve	46	0.82	2.1	26.22	0.09
LPN98-230	jotunitt	Rekefjord	Tothammertjørna	11	2.34	2.1	2.94	1.57
LPN98-231	jotunitt	Rekefjord	Rekefjord	12	3.32	2.1	3.74	1.96
LPN98-232	jotunitt	Rekefjord	Rekefjord	13	3.64	2.1	4.59	2.01
LPN98-236	jotunitt	Rekefjord	Eia	17	0.62	2.1	2.31	1.32
LPN98-238	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	19	2.64	2.3	7.42	3.33
LPN98-239A	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	20	2.10	2.3	7.23	4.14
LPN98-239B	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	21	1.54	2.3	11.14	0.09
LPN98-240	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	22	3.18	2.3	6.74	4.21
LPN98-241	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	23	1.46	2.3	4.63	2.80
LPN98-242A	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	24	1.30	2.3	3.25	1.81
LPN98-243B	norittpegmatitt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	26	2.42	2.3	2.85	4.35
LPN98-243C	norittpegmatitt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	27	1.66	2.3	4.04	4.69
LPN98-244	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	28	1.48	2.3	3.71	2.40
LPN98-245	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	29	2.12	2.3	4.56	2.62
LPN98-246	noritt	Teksevt.-Heskestad	Teksevatn	30	2.48	2.3	4.17	2.33
LPN98-237	noritt	Teksevt.-Heskestad	Heskestad	18	4.58	2.3	4.81	2.66
LPN98-247	noritt	Teksevt.-Heskestad	Heskestad	31	2.58	2.3	4.89	2.70
LPN98-253	noritt	Teksevt.-Heskestad	Heskestad	37	3.38	2.3	5.01	2.81
LPN98-254	noritt	Teksevt.-Heskestad	Ualand	38	0.90	2.3	3.68	2.14
LPN98-255	noritt	Teksevt.-Heskestad	Bilstadvatnet	39	2.00	2.3	3.58	2.02
LPN98-256	noritt	Teksevt.-Heskestad	Bilstadvatnet	40	4.08	2.3	6.94	3.51
LPN98-257	noritt	Teksevt.-Heskestad	Bilstadvatnet	41	0.40	2.3	9.10	0.06
LPN98-227	noritt	Åmdal	Åmdal	8	5.48	2.2	4.82	1.78
LPN98-248	mangeritt	Eigeland	Eigeland	32	3.00	2.2	2.29	0.93
LPN98-249	mangeritt	Eigeland	Eigeland	33	2.50	2.2	1.58	0.81

Tabell 6.2b: Hovedelementanalyser (XRF) av prøver innsamlet høsten 1998.

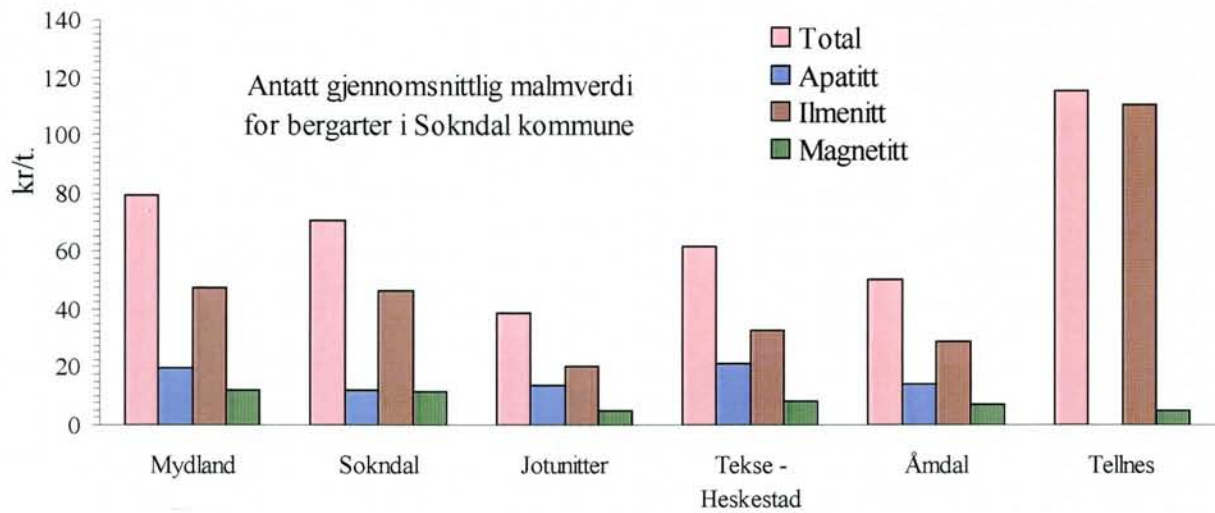
Provenr.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	Gl.tap	Sum
LPN98-222	37.67	9.26	24.11	6.17	7.18	9.17	1.84	0.45	2.83	0.24	-0.49	98.42
LPN98-223	32.14	6.01	29.37	13.80	10.08	4.12	0.95	0.24	1.02	0.23	-0.82	97.15
LPN98-224	37.07	8.82	25.17	6.55	7.40	8.74	1.71	0.39	2.90	0.25	-0.54	98.46
LPN98-225	39.90	11.65	19.29	5.16	5.31	9.15	2.73	0.65	2.74	0.19	0.26	97.02
LPN98-226	33.12	6.20	29.86	8.12	8.69	8.90	1.09	0.25	2.99	0.28	-0.70	98.79
LPN98-258	31.83	4.49	31.70	8.62	11.35	7.87	0.50	0.11	2.32	0.24	-1.09	97.93
LPN98-220	46.26	14.81	14.57	3.65	4.83	8.65	3.45	0.74	2.18	0.17	-0.15	99.17
LPN98-221	48.44	16.79	12.78	3.93	4.38	7.56	3.75	0.84	0.98	0.10	0.10	99.65
LPN98-228	35.33	5.70	26.45	7.69	11.19	8.30	0.96	0.25	2.65	0.23	-0.58	98.17
LPN98-229	25.43	2.39	41.37	8.93	10.79	8.12	0.29	0.11	2.99	0.36	-1.76	99.01
LPN98-233	37.18	9.97	25.86	8.67	8.64	5.14	1.87	0.44	1.20	0.18	-0.82	98.32
LPN98-234	37.99	9.10	25.19	7.41	9.64	6.17	1.65	0.40	1.90	0.18	-0.59	99.05
LPN98-235	35.35	6.98	27.59	7.85	10.05	7.77	1.14	0.24	2.02	0.23	-0.61	98.61
LPN98-250	41.69	11.60	21.32	7.79	8.79	4.50	2.27	0.51	0.18	0.16	-0.38	98.42
LPN98-251	42.08	12.20	20.63	7.96	8.39	4.67	2.69	0.55	0.19	0.15	-0.25	99.26
LPN98-252	41.80	12.33	20.85	8.44	8.27	4.65	2.40	0.54	0.18	0.16	-0.33	99.28
LPN98-259	35.90	3.29	29.83	7.41	14.99	4.68	0.35	0.12	1.98	0.27	-1.00	97.83
LPN98-260	33.17	3.87	30.49	8.57	12.42	6.84	0.41	0.10	2.57	0.25	-0.84	97.86
LPN98-261	28.26	11.85	36.80	12.12	3.91	3.90	1.94	0.45	0.28	0.13	-0.80	98.84
LPN98-262	4.90	2.52	54.90	26.22	6.06	0.63	<0.30	0.03	0.24	0.09	-1.18	94.41
LPN98-230	50.80	12.12	13.15	2.94	2.29	6.72	2.77	2.20	1.57	0.20	3.04	97.78
LPN98-231	45.66	11.75	18.83	3.74	4.01	7.94	2.93	1.22	1.96	0.24	-0.30	97.97
LPN98-232	43.47	12.44	18.38	4.59	3.64	7.90	2.83	0.97	2.01	0.23	1.35	97.81
LPN98-236	54.55	13.49	13.58	2.31	1.82	4.95	3.31	3.68	1.32	0.18	-0.03	99.16
LPN98-238	35.52	5.34	25.01	7.42	12.26	9.45	0.83	0.15	3.33	0.20	-0.67	98.84
LPN98-239A	34.83	4.94	26.69	7.23	12.85	8.27	0.64	0.15	4.14	0.22	-0.85	99.12
LPN98-239B	39.62	12.18	19.38	11.14	8.61	4.51	2.12	0.38	0.09	0.13	-0.28	97.87
LPN98-240	36.02	7.07	23.62	6.74	10.26	9.82	1.31	0.27	4.21	0.20	-0.38	99.14
LPN98-241	41.56	13.49	16.21	4.63	5.59	9.63	2.74	0.61	2.80	0.13	0.37	97.76
LPN98-242A	46.69	17.01	11.68	3.25	3.84	9.19	3.92	0.82	1.81	0.10	0.07	98.35
LPN98-243B	42.73	6.82	16.91	2.85	10.19	9.59	1.51	0.49	4.35	0.24	2.96	98.64
LPN98-243C	40.49	5.03	18.19	4.04	10.43	13.16	1.05	0.28	4.69	0.23	0.19	97.77
LPN98-244	46.80	15.75	12.49	3.71	4.46	8.94	3.44	0.86	2.40	0.12	0.82	99.79
LPN98-245	43.39	13.48	16.32	4.56	5.29	8.88	3.06	0.67	2.62	0.20	0.12	98.57
LPN98-246	45.77	13.87	15.93	4.17	4.69	8.41	3.38	0.80	2.33	0.18	-0.31	99.22
LPN98-237	44.91	12.32	18.36	4.81	5.22	8.40	2.95	1.08	2.66	0.21	-0.30	100.63
LPN98-247	41.91	11.98	17.28	4.89	6.94	8.75	2.58	0.79	2.70	0.16	-0.15	97.82
LPN98-253	41.46	11.35	19.59	5.01	6.40	8.76	2.49	0.68	2.81	0.20	-0.43	98.33
LPN98-254	46.98	13.38	15.17	3.68	4.70	7.82	3.36	1.12	2.14	0.18	0.03	98.57
LPN98-255	46.32	14.36	15.43	3.58	4.92	8.37	3.47	0.80	2.02	0.19	-0.24	99.21
LPN98-256	35.33	7.20	23.16	6.94	9.63	9.73	1.23	0.24	3.51	0.18	0.88	98.03
LPN98-257	39.80	2.98	27.67	9.10	18.45	1.77	0.19	0.07	0.06	0.24	-1.26	99.07
LPN98-227	46.38	13.56	16.69	4.82	4.80	7.19	3.26	1.35	1.78	0.18	-0.37	99.64
LPN98-248	48.53	16.32	16.42	2.29	1.98	7.89	3.75	1.30	0.93	0.21	-0.09	99.53
LPN98-249	59.00	13.81	10.87	1.58	0.96	3.63	3.08	4.17	0.81	0.14	0.23	98.27



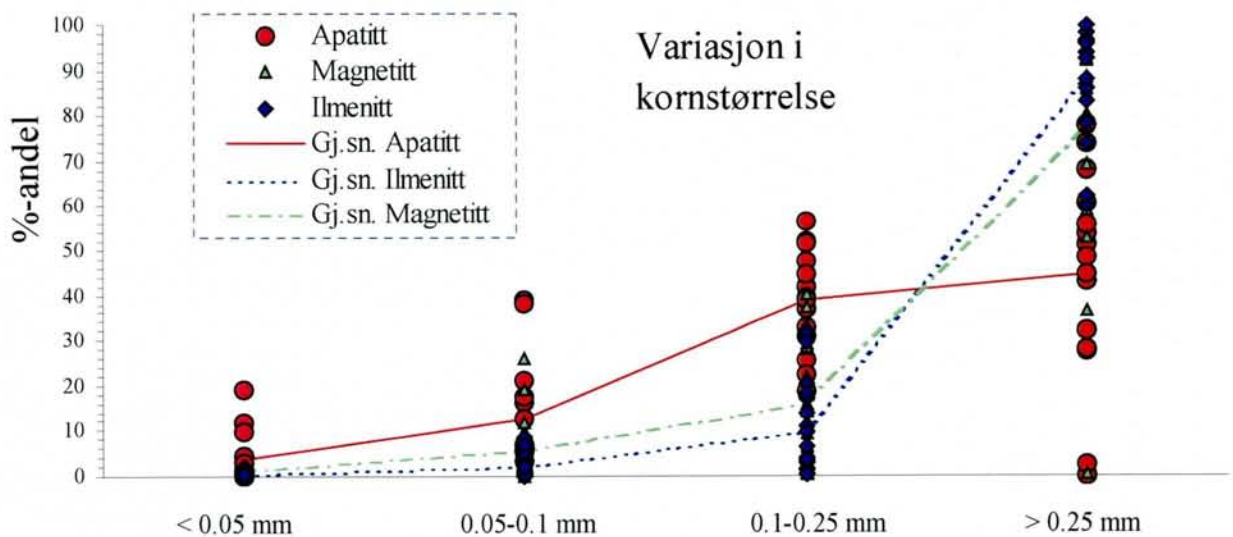
Figur 6.2: Relasjoner mellom Fe_2O_3 , P_2O_5 og TiO_2 i 1998-prøvene, samt meget omtrentlig anslåtte malmverdier plottet i forhold til TiO_2 . De fullstendige analysedata framgår av Tabell 6.2b. Se teksten for nærmere forklaring. Punktet for Tellnes er satt på bakgrunn av data gitt av Krause m.fl. (1985).

Tabell 6.3: Volum-% apatitt, ilmenitt og magnetitt beregnet ved billedbehandling av elektronmikroskop (SEM) elementbilder av tynnslip.

Pr./kornstr.	Vol. % jfr. kornstørrelse (mm)					%andel jfr. kornstørrelse (mm)				
	<0.05	0.05-0.1	0.1-0.25	>0.25	Sum	<0.05	0.05-0.1	0.1-0.25	>0.25	Sum
Apatitt										
227	0.03	0.55	2.87	5.29	8.74	0.3	6.3	32.8	60.5	100.0
238	0.10	0.45	3.49	4.26	8.30	1.2	5.4	42.0	51.3	100.0
90	0.03	0.22	1.27	5.33	6.85	0.4	3.2	18.5	77.8	100.0
88	0.05	0.55	2.41	6.40	9.41	0.5	5.8	25.6	68.0	100.0
85	0.07	0.71	4.31	5.88	10.97	0.6	6.5	39.3	53.6	100.0
192-23	0.10	0.38	1.23	0.65	2.36	4.2	16.1	52.1	27.5	100.0
184	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
187	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
167	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
166	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
148	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
144	0.01	0.09	0.13	0.00	0.23	4.3	39.1	56.5	0.0	100.0
248	0.28	0.90	1.12	0.06	2.36	11.9	38.1	47.5	2.5	100.0
231	0.04	0.35	1.95	2.95	5.29	0.8	6.6	36.9	55.8	100.0
236	0.07	0.46	1.35	0.73	2.61	2.7	17.6	51.7	28.0	100.0
223	0.51	0.19	0.83	1.16	2.69	19.0	7.1	30.9	43.1	100.0
262					0.00					
252	0.00	0.02	0.13	0.14	0.29	0.0	6.9	44.8	48.3	100.0
260	0.00	0.02	0.13	0.14	0.29	0.0	6.9	44.8	48.3	100.0
255	0.06	0.13	0.23	0.20	0.62	9.7	21.0	37.1	32.3	100.0
Ilmenitt										
227	0.00	0.06	0.36	11.50	11.92	0.0	0.5	3.0	96.5	100.0
238	0.07	0.28	1.43	6.64	8.42	0.8	3.3	17.0	78.9	100.0
90	0.01	0.02	0.31	7.06	7.40	0.1	0.3	4.2	95.4	100.0
88	0.17	0.87	3.42	12.40	16.86	1.0	5.2	20.3	73.5	100.0
85	0.21	0.51	3.58	15.24	19.54	1.1	2.6	18.3	78.0	100.0
192-23	0.01	0.09	0.38	25.23	25.71	0.0	0.4	1.5	98.1	100.0
184	0.01	0.08	0.27	8.19	8.55	0.1	0.9	3.2	95.8	100.0
187	0.03	0.11	0.25	20.47	20.86	0.1	0.5	1.2	98.1	100.0
167	0.01	0.11	0.60	17.37	18.09	0.1	0.6	3.3	96.0	100.0
166	0.00	0.02	0.15	60.08	60.25	0.0	0.0	0.2	99.7	100.0
148	0.58	0.28	0.88	25.75	27.49	2.1	1.0	3.2	93.7	100.0
144	0.01	0.05	0.20	55.70	55.96	0.0	0.1	0.4	99.5	100.0
248	0.01	0.20	0.74	1.44	2.39	0.4	8.4	31.0	60.3	100.0
231	0.01	0.11	0.55	3.26	3.93	0.3	2.8	14.0	83.0	100.0
236	0.02	0.09	0.57	1.12	1.80	1.1	5.0	31.7	62.2	100.0
223	0.03	0.16	1.01	14.59	15.79	0.2	1.0	6.4	92.4	100.0
262	0.01	0.07	0.21	49.78	50.07	0.0	0.1	0.4	99.4	100.0
252	0.03	0.11	0.87	22.27	23.28	0.1	0.5	3.7	95.7	100.0
260	0.03	0.11	0.87	22.27	23.28	0.1	0.5	3.7	95.7	100.0
255	0.05	0.26	1.14	2.40	3.85	1.3	6.8	29.6	62.3	100.0
256	0.05	0.23	1.01	7.84	9.13	0.5	2.5	11.1	85.9	100.0
Magnetitt										
227	0.01	0.09	0.76	3.42	4.28	0.2	2.1	17.8	79.9	100.0
238	0.08	0.25	0.72	1.51	2.56	3.1	9.8	28.1	59.0	100.0
90	0.05	0.16	0.50	8.37	9.08	0.6	1.8	5.5	92.2	100.0
88	0.07	0.18	0.90	13.07	14.22	0.5	1.3	6.3	91.9	100.0
85	0.74	1.37	5.03	15.86	23.00	3.2	6.0	21.9	69.0	100.0
192-23	0.07	0.25	0.50	23.06	23.89	..30	1.00	2.10	96.60	100.0
184	0.05	0.09	0.64	4.68	5.46	0.9	1.6	11.7	85.7	100.0
187	0.01	0.06	0.13	53.89	54.09	0.0	0.1	0.2	99.6	100.0
167	0.43	1.00	0.69	8.34	10.46	4.1	9.6	6.6	79.7	100.0
166	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
148	0.00	0.74	0.52	64.83	66.09	0.0	1.1	0.8	98.1	100.0
144	0.01	0.06	0.21	31.61	31.89	0.0	0.2	0.7	99.1	100.0
248	0.05	0.62	2.19	4.65	7.51	0.7	8.3	29.2	61.9	100.0
231	0.00	0.05	0.23	2.13	2.41	0.0	2.1	9.5	88.4	100.0
236	0.07	0.22	0.79	1.71	2.79	2.5	7.9	28.3	61.3	100.0
223	0.04	0.22	0.62	0.98	1.86	2.2	11.8	33.3	52.7	100.0
262	0.01	0.02	0.13	23.76	23.92	0.0	0.1	0.5	99.3	100.0
252	0.01	0.04	0.50	2.97	3.52	0.3	1.1	14.2	84.4	100.0
260	0.01	0.04	0.50	2.97	3.52	0.3	1.1	14.2	84.4	100.0
255	0.09	0.39	0.83	0.75	2.06	4.4	18.9	40.3	36.4	100.0
256	0.19	0.46	1.41	11.18	13.24	1.4	3.5	10.6	84.4	100.0



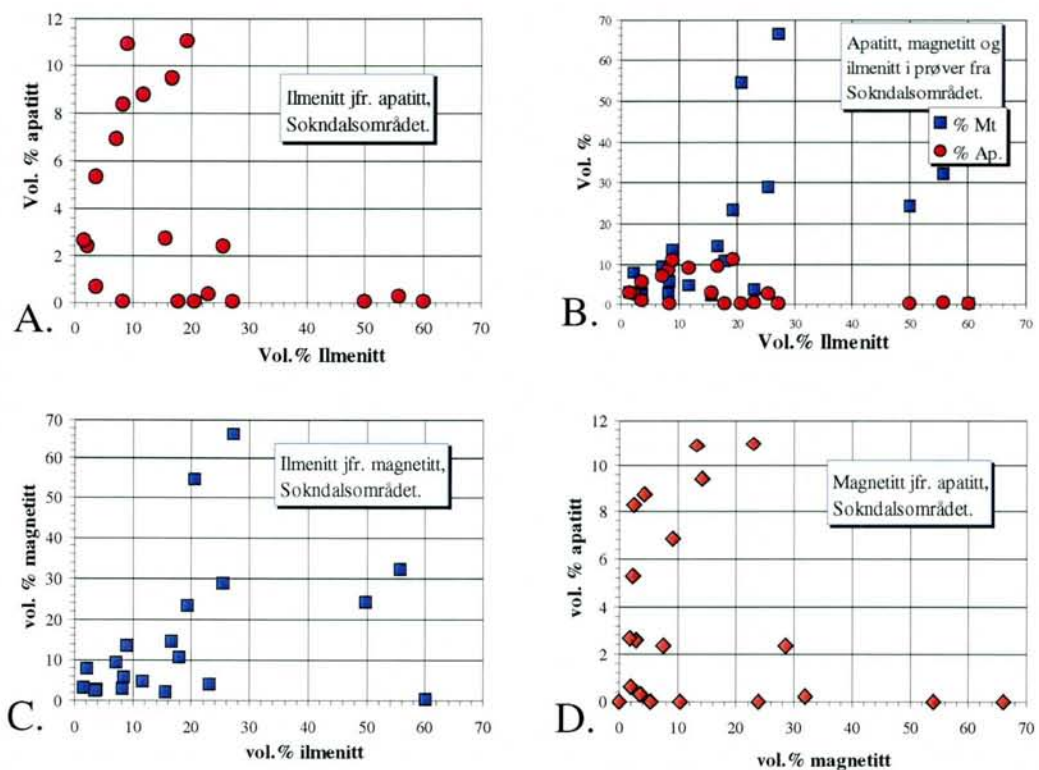
Figur 6.3: Antatt gjennomsnittlig malmverdi for bergarter i Sokndalsområdet. Se teksten for nærmere forklaring.



Figur 6.4: Prosentandel apatitt, ilmenitt og magnetitt i forskjellige kornstørrelse intervaller basert på data i tabell 6.3.

Prosentberegningen i Tabell 6.3 er gjort ved hjelp av billedbehandling av elektronmikroskop (SEM) elementbilder, som viser fordelingen av elementene P, Ti og Fe, og dermed indirekte, fordelingen av mineralene apatitt (P), ilmenitt (Ti) og magnetitt (Fe). Bildene gir eksakte prosentverdier for de respektive deler av tynnslipene som er undersøkt med denne metoden. Imidlertid er prøvematerialet inhomogent, slik at verdiene som oppgis ikke nødvendigvis er representative for de aktuelle forekomster. Likevel er det grunn til å mene at SEM-dataene som er oppgitt i Tabell 6.3 gir en rimelig god pekepinn på innholdet i de respektive lokaliteter og, ikke minst, gir verdifull informasjon om kornstørrelsen. Prosentandel apatitt, ilmenitt og magnetitt i forskjellige kornstørrelse intervaller er også framstilt i Figur 6.4.

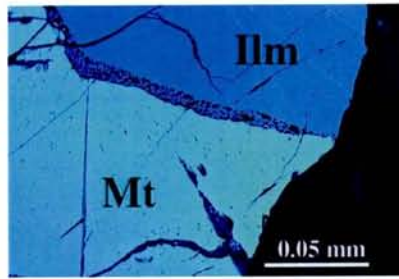
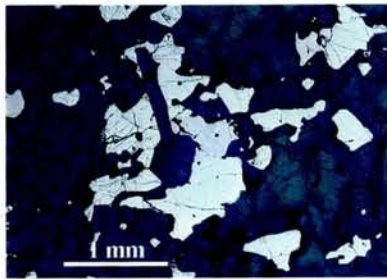
Figur 6.7 viser hvordan apatitt, ilmenitt og magnetitt opptrer i en gjennomsnittlig norittisk bergart fra Mydland (bilde A, prøve 90) og i en massiv ilmenitt-magnetitt-malm fra Hauge (bilde B, prøve 144). Apatittinnholdet er henholdsvis 6.85 og 0.23 vol.% (Tabell 6.3), mens ilmenittinnholdet er 7.40 og 55.96 vol.% og magnetittinnholdet 9.08 og 31.89 vol.%.



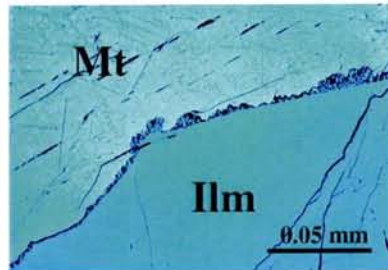
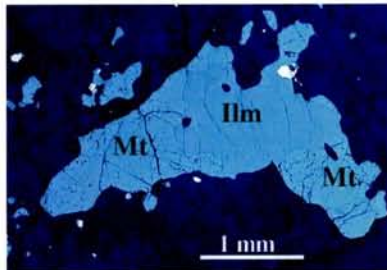
Figur 6.5: X-Y plott av apatitt-ilmenitt-magnetitt relasjoner basert på SEM-data oppgitt i Tabell 6.3.

OVERSIKTSBILDER

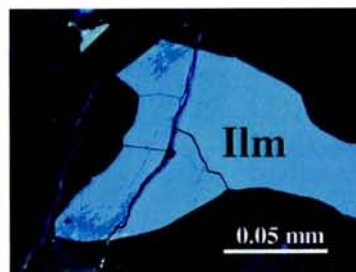
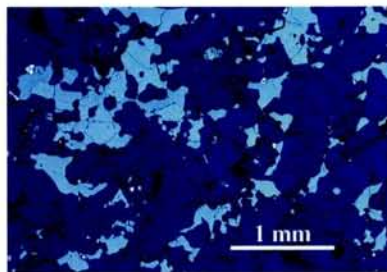
BILDER AV DETALJER



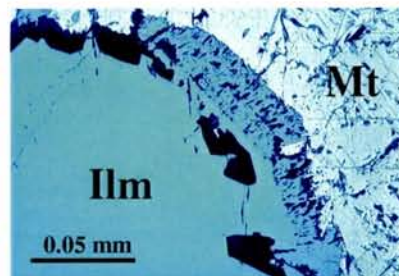
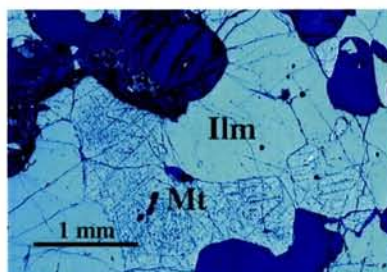
ÅMDAL
noritt
prøve 227
(LPN98)



Rekefjord
jotunitt
prøve 231
(LPN98)



Teksevatnet
noritt
prøve 238
(LPN98)

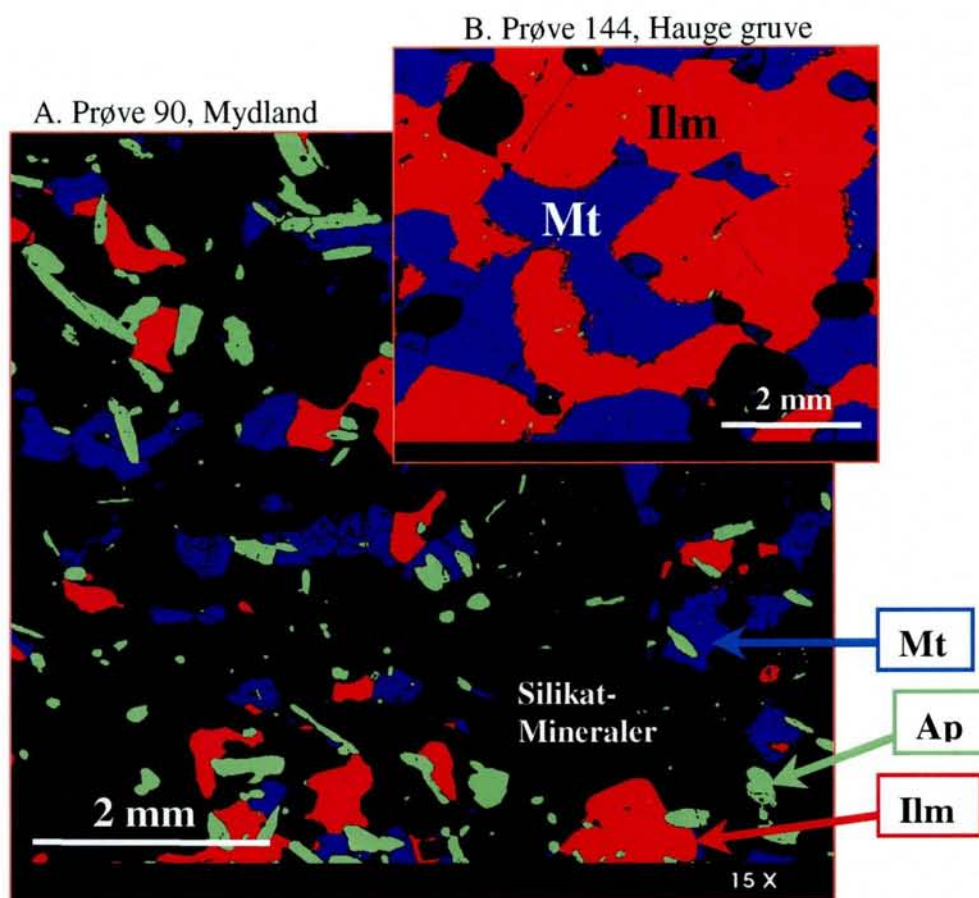


Hauge gruve
Fe-Ti malm
prøve 262
(LPN98)



Mydland
noritt
prøve 223
(LPN98)

Figur 6.6: Mikrofotografier (reflektert lys) som viser typisk opptreden av ilmenitt (Ilm) og magnetitt (Mt) i polerte bergartsprøver (tynnslip) fra utvalgte lokaliteter. Venstre kolonne er oversiktsbilder (jfr. skalaen), mens høyre kolonne viser detaljer av oksydmineralene (ilmenitt og magnetitt). Silikatmineraler blir i disse bildene mørke grå til sort fordi de ikke reflekterer lyset i same grad som oksydmineralene. Små mengder sulfidmineraler, hovedsakelig magnetkis, forekommer i prøvene, men lar seg ikke i disse bildene skille fra magnetitt i særlig grad. Prøven fra Hauge gruve er av en relativt massiv ilmenitt-malm med store sammenvokste korn av ilmenitt og magnetitt. De øvrige eksemplene er fra disseminerte mineraliseringer i jotunitt (Rekefjord) og noritt (Åmdal, Teksevatnet og Mydland).



Figur 6.7: Bearbejdede elektronmikroskop (SEM) elementbilder som viser typisk opptreden av apatitt, ilmenitt og magnetitt i to forskjellige forekomstvarianter. (A) Prøve 90 er representativt for apatittførende disseminasjons-mineralisering i norittisk bergart fra Mydland. (B) Prøve 144 er av massiv ilmenitt (/magnetitt) malm fra Hauge gruve. Prøven er fra gjenstående malm ved gjenmurt gruveåpning i Hauge sentrum. Forholdet ilmenitt/magnetitt er ca. 2/1 (jfr. Tabell 6.3). Et karakteristisk trekk er at flere rike ilmenittmalmer, som i eksempelet fra Hauge gruve, er fattige på apatitt, mens lavgehaltige ilmenittførende norittiske bergarter, slik som prøven fra Mydland, ofte er markant apatittholdige (jfr. Figur 6.2).

6.5. DELKONKLUSJON APATITT – ILMENITT - MAGNETITT

De aktuelle områder inneholder store arealer med norittiske og beslektede bergarter som er markant anriket på apatitt, ilmenitt og magnetitt. For at de respektive forekomster skal ha noen økonomisk interesse, må en kunne tenke seg muligheten av en kombinert utnyttelse av minst to av mineralkomponentene, d.v.s. apatitt og ilmenitt, med eventuelt vanadiumholdig magnetitt og sulfidmineraler som biprodukter. Dette forutsetter for det første at det kan produseres mineralkonsentrater som er interessante i dagens markedssituasjon, dernest at den samlede malmverdien blir tilstrekkelig høy og at uønskede areal/miljømessige konsekvenser ved en eventuell gruvedrift ikke blir for store. Dette siste punktet blir ikke behandlet i denne rapporten. En økonomisk interessant netto

malmverdi vil være anslagsvis 80-100 kr/tonn bergart og høyere. Flere av de prøvetatte områder har malmverdier i størrelsesorden 60-80 kr/tonn (Figur 6.3), noe som tilsier at situasjonen er av økonomisk interesse og at undersøkelsene bør videreføres.

På basis av de foreliggende data kan en foreta følgende oppsummering og anbefalinger:

- (1) Presentasjonen av de prøvetatte områder i forhold til geologisk kartmateriale bør forbedres.
- (2) Flere delområder med markante anrikninger av apatitt, ilmenitt og magnetitt i norittiske bergarter i Bjerkreim - Sokndal intrusjonskomplekset, inkludert Mydlandsområdet, er store og muligens rike nok til å være av økonomiske interesse. Videre undersøkelser bør utføres for å komme fram til en nærmere presisering av de aktuelle forekomststørrelser og gehalter.
- (3) I de fleste prøver har minst 80% av det totale mineralinnholdet en kornstørrelse over 0.1 mm. Det er dermed grunn til å anta at det kan la seg gjøre å produsere tilstrekkelig rene mineralkonsentrater med tilfredsstillende utvinning. Dette bør undersøkes videre ved mineralseparasjonsforsøk.
- (4) Apatitt, som antas å være en såkalt fluorapatitt, vil sannsynligvis være av god kvalitet m.h.p. anvendelse til gjødnings-formål. Apatittens kvalitet bør imidlertid vurderes inngående, bl.a. om det forekommer kvalitetsvariasjoner fra sted til sted.
- (5) Ilmenittens magnesium-innhold antas å variere fra under 1 % MgO til i størrelsesorden 2 % MgO, uten at nærmere detaljert informasjon foreligger for de prøvetatte lokaliteter. Ilmenittens MgO-innhold bør ikke overskride 1 %. Det er viktig å få bestemt gjennomsnittlig MgO-innhold i ilmenitt fra de forskjellige forekomstområdene, og eventuelt tallfeste variasjonen innenfor de enkelte områder.
- (6) Ilmenittens innhold av Cr_2O_3 antas å være relativt lavt (< 0.05 % Cr_2O_3) og uproblematisk for de aktuelle forekomster. Dette bør imidlertid for sikkerhets skyld undersøkes i detalj fordi Cr_2O_3 generelt er uønsket i ilmenitt, spesielt hvis det tas sikte på anvendelse av ilmenitt i såkalt sulfatprosess titanpigment produksjon.
- (7) Markedsmulighetene for magnetitt er sannsynligvis svært begrensede. Et ubesvart spørsmål i denne sammenheng er om vanadiuminnholdet i magnetitt er høyt nok til å gjøre magnetitten økonomisk attraktiv som vanadiumråstoff. Dette må undersøkes parallelt med undersøkelsen av ilmenittens MgO-innhold.

Det viktigste er å skape interesse hos titan-industrien for de aktuelle forekomster. For titan-industrien vil hovedspørsmålet mest sannsynlig være om områdene inneholder ilmenitt av god kvalitet, d.v.s. med MgO-innhold 1% eller lavere, og om denne ilmenitten i så fall opptrer i tilstrekkelig store mengder til å kunne gi grunnlag for drift.

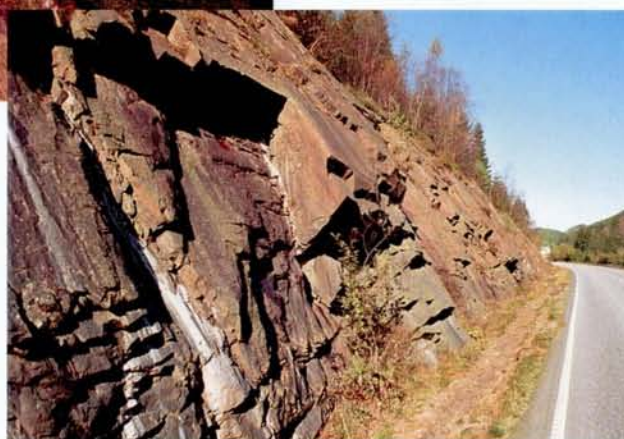
I første omgang bør en lage ilmenittkonsentrater av eksisterende prøvemateriale, d.v.s. av noen av de prøver som ble innsamlet høsten 1998 og som er analysert på P_2O_5 , etc. Innholdet av MgO, CaO m.m. i disse konsentrater bestemmes så ved XRF-analyse. I tillegg bør en foreta en relativt detaljert prøvetaking langs profiler på tvers av den magmatiske lagdelingen i områdene Sokndal-Bakka, Mydland, Bilstadvatn, Teksevatn og Bjerkreim for å undersøke variasjonen i malmkvalitet langs disse profilene. En vil dermed bli i stand til å gi en vesentlig mer detaljert vurdering av de økonomiske muligheter enn det som foreligger i øyeblikket.

SOKNDALSOMRÅDET



Bildet til venstre er fra Eikelandsplatået i Bakkaområdet. Til venstre på bildet er skogbevokste koller på mangerittisk berggrunn, til høyre er Eikeland gård med innmarksområder på noritt.

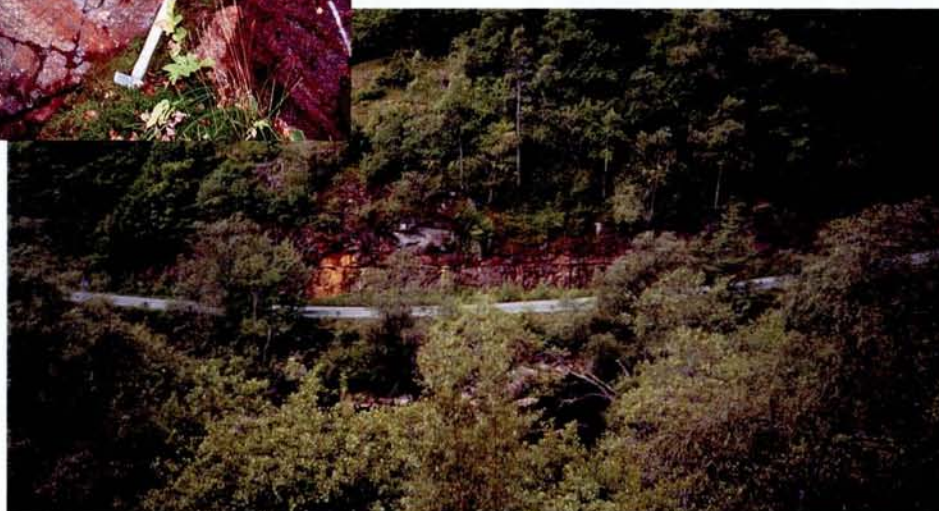
Bildet til høyre er fra en veiskjæring med lagdelt (planlaminert, modal) noritt ca. 2 km nord for Hauge.



Bildet nedenfor viser finskala (modal) lagning i noritt i en veiskjæring ved Bakka-gårdene.



Bildet nedenfor viser en veiskjæring (lok. 85) ved Bakka-gårdene. Veiskjæringen inneholder en markant anrikning av apatitt, ilmenitt og magnetitt i lagdelt noritt. Utpreget rustne partier skyldes delvis at bergarten inneholder sulfidmineraler, hovedsakelig magnetkis, men også at noritten generelt sett vitrer sterkt.



Figur 6.8: Feltbilder fra Sokndalsområdet.

MYDLAND



Bildet til venstre: Sterkt jordforvitret, lagdelt (apatittrik) norittisk bergart, Mydland. Bildet ovenfor er av den samme blotningen, men sett fra motsatt side.



Bildet til venstre viser en finbåndet (modal lagning) norittisk bergart, mens bildet nedenfor er av en løsblokk av rusten noritt. Rustfarven skyldes forvitring av sulfidmineraler.

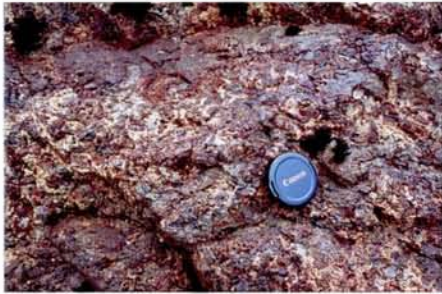


Bildet til venstre er fra en blotning (lokalitet 223) av en norittisk bergart (ca. 25 % ilmenitt i komposittprøven fra denne lokaliteten), mens bildet nedenfor er av en anorthosittblotning. Begge bildene er fra den sydøstlige delen av norittområdet på Mydland.



Figur 6.9: Feltbilder fra Mydlandsområdet.

TEKSEVATN - BILSTADVATNET



Bildet til venstre er av en rusten (sulfidholdig) norittpegmatittisk bergart (lok. 243), Teksevatnet

Bildet nedenfor er av en norittisk bergart med uregelmessige flekker av ilmenitt (sort)



Bildet til venstre viser en båndet (modalt lagdelt og gradert) noritt hvor de mørke båndene er rike på pyroksen, ilmenitt og magnetitt, mens de lyse båndene er rike på plagioklas.

Bildet nedenfor er av en finbåndet (modalt lagdelt) noritt på vestsiden av Teksevatnet.



Figur 6.10: Feltbilder fra Teksevatn – Bilstadvatnområdet.

7. ANORTOSITT SOM INDUSTRIMINERAL

7.1 GENERELT OM ANORTOSITT SOM MINERALRESSURS

Anortositt er en bergart som består av mer enn 90% av mineralet plagioklas som er en kalsium-natrium-feltspat. Plagioklas er også et mineral som kan inneholde mye aluminium. Dette er hovedgrunnen til at bergarten har vært betraktet med økonomisk interesse helt siden før 1. verdenskrig. I tillegg til anvendelse som råstoff for aluminium, finnes det en rekke andre anvendelsesmuligheter for denne bergarten.

Sydlig Rogaland er ett av to steder i Norge hvor anortositt opptrer i store mengder. Det andre stedet er Indre Sogn-Voss-området. Som det går fram av beskrivelsen nedenfor så er anortositten i disse områdene noe ulik kjemisk sett og vi kan skille mellom følgende typer:

Frisk (uomdannet) anortositt med høyt Ca-Al-innhold ("Sogntypen")

Frisk anortositt med lavt Ca-Al-innhold ("Rogalandstypen")

Omdannet hvit til grå anortositt (opptrer både i Rogaland og i Sogn)

Forsøk har vist at "Sogntypen" er løselig i syre, mens "Rogalandstypen" ikke er syreløselig. Dette har konsekvenser for anvendelsesområdet for bergarten.

Mye forskning på utnyttelse av anortositt har foregått gjennom store deler av dette århundret, og bergartens egnethet som alternativt råstoff til aluminiumsproduksjon har vært mest i fokus (Wanvik 1999). Det er i hovedsak Sogntypen av anortositt som har vært vurdert, på grunn av dens høyere innhold av aluminium. Pioneren på området var professor Goldschmidt. Av senere virksomhet kan nevnes "Anortal-prosjektet" i årene 1976-1987 hvor målet var å finne et alternativt norsk råstoff til importert bauxitt. I dag er bedriftene A/S Polymer, Borgestad Fabrikker, Gudvangen Stein A/S og Institutt for energiteknikk (IFE) involvert i forskning omkring utnyttelse av anortositt som industrimineral.

A/S Polymer har siden 1989 arbeidet med utvikling og utprøving av en prosess for fremstilling av et poly-aluminiumklorid med anortositt fra Sogn-Voss – området (Wanvik 1999). IFE lanserte i 1995 et nytt konsept for anortosittbasert Al-produksjon der CO₂ fra gasskraftverk integreres i en kombinasjonsprosess med 5 ulike sluttprodukter, blant annet Al(OH)₃ for aluminiumsproduksjon, silika og kalsiumkarbonat. Konseptene fra A/S Polymer, Anortal og IFE er alle basert på at anortositten er syreløselig, og er derfor ikke aktuelle for Rogalandstypen. Et annet alternativ for aluminiumsproduksjon, reduksjon ved elektrolyse, er tidligere vurdert av det kanadiske selskapet Alcan på 60- og 70-tallet og senere av Høgskolen i Oslo (Stubergh 1994). Andre bruksområder som har vært vurdert som aktuelle er filler, abrasiver, samt bestanddel i Rockwool. En nærmere redegjørelse er gitt av Olerud (1995) og Wanvik (1999).

Pr. i dag er det i hovedsak den omdannede, lyse anortositten som utnyttes industrielt i Norge: selskapene Rieber og Søn ASA i Rekefjord, K.S. Norwegian Edelsplit og A/S Veidekke i Hellvik og Gudvangen Stein A/S i Gudvangen, Sogn, tar alle ut hvit anortositt til pukk. Hellviksplitt tar i tillegg ut en del som industrimineral til produksjon av keramikk. Tidligere har hvit anortositt fra Sogn vært benyttet som abrasiv i tannpasta og vaskepulver. Frisk anortositt fra Sogn benyttes som industrimineral av Borgestad Fabrikker for produksjon av ildfast-materiale. Ellers benyttes den friske anortositten som naturstein, av bedriften A/S Granit. Bedriften åpnet i 1996 et brudd i Ognå-området for blokkproduksjon. Bergarten har et fargespill (refleksjon) som gjør den attraktiv på markedet.

I tillegg til den kjemiske sammensetningen, er den mineralogiske sammensetningen viktig ved vurdering av anortosittens potensiale. Det er et generelt ønske ved alle typer bergverksdrift at det mineralet som skal utnyttes opptrer i størst mulig mengde. Anortositten inneholder pr. definisjon $\geq 90\%$ plagioklas. Dette medfører at utnyttelsesgraden i utgangspunktet er meget høy ved produksjon som industrimineral. Imidlertid er det slik at de resterende mineraler kan være uønsket, fordi 1) de kan være tungt oppredbare, eller 2) umulig å fjerne, og således redusere verdien av det ferdige produkt.

7.2 SAMMENSETNING AV ÅNA-SIRA-MASSIVET

Åna-Sira-massivet er i detaljskala ganske komplekst sammensatt, men består i vesentlig grad av bergartsvariantene anortositt og leukonoritt. (Figur 7.1). Skillet mellom disse to er satt ved 10 vol.% mørke mineraler hvor anortositt inneholder mindre enn 10 %. Bergartene danner et komplekst mønster og skillet mellom dem er gradvis. Rent dannelsesmessig er det ikke riktig å skille mellom de to variantene da de representerer en og samme smeltemasse. Men i vår sammenheng har dette interesse fordi kartet (Figur 7.1) indikerer hvor en kan forvente å finne partier med minst innhold av mørke mineraler.

Anortositten og leukonoritten er gjennomvannet av gangsvermer av diabas, noritt og mangeritt, samt større kroppar av noritt (Bøstølen med flere) og ilmenonoritt (Tellnes og Storgangen) mens hvit-grå, omdannet anortositt opptrer langs de mange forkastninger som gjennomsetter massivet.

Bergartene varierer fra å være homogene til å være noe båndet. De båndete partiene er ofte de som inneholder mest mørke mineraler.

De mørke mineralene i anortositten er først og fremst biotitt, amfibol og pyroksen. Disse mineralene ville i en oppredningsprosess med stor sannsynlighet kunne fjernes. Men i tillegg kan det opptre mikroskopiske inneslutninger av Fe-Ti-oksider i plagioklas-kornene (beskrevet blant andre av Zeino-Mahmalat & Krause 1976). Slike inneslutninger vil være vanskelig å fjerne på grunn av den fine kornstørrelsen. I en eventuell oppfølgende undersøkelse bør den mineralogiske delen prioriteres. Det vil være viktig å få med industrien i et slikt arbeid.

Når det gjelder omdannet anortositt ble det i forrige rapport (Karlsen m.fl. 1998) beskrevet en sammenheng mellom denne bergarten og forkastningsstrukturer. Langs Åna-Sira-forkastningen og Blåfjell-forkastningen opptrer brede soner av omdannet anortositt. Som

tidligere beskrevet driver Rieber og Søn ASA på et stykke av omdanningssonen langs Blåfjellforkastningen. Den forståelse av den omdannede anortosittens oppreden som er opparbeidet i dette prosjektet er senere (Ulvik m.fl.1998) blitt benyttet ved detaljkartlegging for selskapet. Den omdannede anortositten i Åna-Sira-forkastningen inneholder hovedsakelig epidot i tillegg til feltspat, mens kloritt, leirmineraler og karbonater kan opptre lokalt langs knusningssoner.

I Tabell 7.1 er gitt den kjemiske sammensetning for prøver av anortositt/leukonoritt fra Åna-Sira-massivet og omdannet anortositt fra Åna –Sira-forkastningen. Lokaliteter for prøvene er gitt i Vedlegg 4. I tillegg er det tatt med analyser av Hellvik-anortositten, samt representative analyser av Sogn anortositten. De generelle kjemiske forskjeller mellom anortosittene fra Rogaland og anortosittene fra Sogn er tydelige, både i de friske utgavene og i de omdannede utgavene; Sogn-analysene har et høyere aluminium og kalsium-innhold.

Den omdannede anortositten fra Åna-Sira-forkastningen er tilsynelatende nokså lik den fra Hellvik, hvor bergarten tas ut til keramiske formål. Mulige unntak er innholdet av Fe_2O_3 og TiO_2 som kan være så vidt høyere i Åna-Sira-bergarten.

7.3 ANVENDELSESPOTENSIALET SOM INDUSTRIMINERAL

I Tabell 7.2 er noen anvendelseskriterier for anortositt vist.

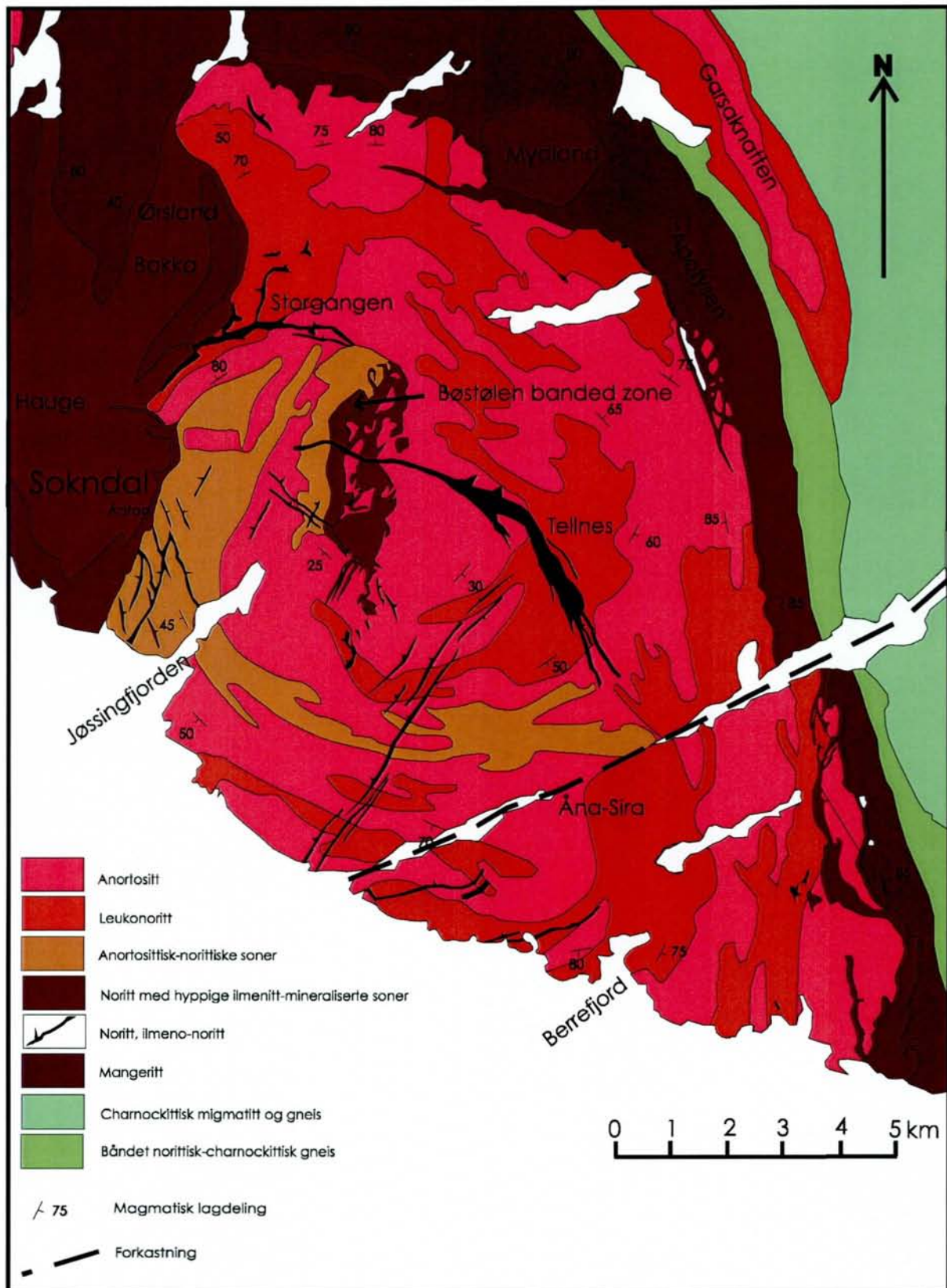
Anvendelsespotensiale for hvit anortositt

De omdannede hvite-grå anortosittene som opptrer langs forkastningene, blant annet Åna-Sira-forkastningen og Blåfjell-forkastningen, er mulige ressurser som pukk. Når det gjelder råstoff til keramikk-produksjon har bergarten en tilsvarende kjemi som den ved Hellvik. Langs Åna-Sira forkastningen er imidlertid bergarten gjennomgående mørkere, hvilket er uheldig da bergartens farge/hvithet er av stor betydning. Bergartens filler-potensiale er ikke vurdert, men også her vil fargen være av vesentlig betydning.

Anvendelsespotensiale for vanlig anortositt

Den friske anortositten i Rogaland er, som tidligere nevnt, utelukket ved de prosesseringsmetoder som gjør bruk av bergartens syreløselighet. En står da igjen med muligheter slik som for eksempel filler og keramikk. Av vesentlig betydning kan det her være hvorvidt mørke mineraler lar seg fjerne ved oppredning og hvilken hvithet produktet får etter en slik prosess.

I et eventuelt videre arbeid med anortositt bør de ulike typer undersøkes mer detaljert mineralogisk. Et slikt arbeid bør skje i samarbeid med bedrifter som kjenner markedet og kjenner detaljerte spesifikasjoner av eventuelle mineralprodukter. I følge Dolan m.fl. (1991) er det ingen ting i veien for å bruke anortositt som filler til en rekke formål, forutsatt at jern-innholdet er lavt og at hvitheten er høy.



Figur 7.1: Forenklet geologisk kart som illustrerer variasjoner av Åna-Sira-anortosittens sammensetning. Modifisert og forenklet etter Krause & Pedall (1980). Mer detaljer er gitt av Krause m.fl. (1985).

Tabell 7.1: Hovedelementanalyse (XRF) av omdannet anortositt fra Åna-Sira-forkastningen og frisk anortositt fra Åna-Sira-massivet. For sammenligning er det tatt med gjennomsnittsanalyser fra Sogn, samt fra Hellvik ved Egersund, hvor det i dag tas ut hvit, omdannet anortositt som industrimineral.

PR.NAVN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	Gl.tap	Sum
Omdannet anortositt, Åna-Sira-forkastningen												
TAK09	55.24	26.05	1.02	0.30	0.40	9.30	5.71	0.52	0.01	0.12	1.23	99.90
TAK10	55.62	26.31	1.01	0.26	0.23	8.81	6.01	0.85	0.01	0.09	0.79	99.98
TAK11	53.68	25.27	1.39	0.35	0.42	9.75	5.39	1.02	0.02	0.15	2.09	99.53
TAK23 A	52.99	23.53	0.93	0.20	0.23	12.63	4.46	0.73	0.01	0.12	3.31	99.16
TAK23 B	54.02	25.27	0.72	0.13	0.13	9.24	5.65	0.94	<0.01	0.10	2.26	98.46
TAK23 C	49.48	21.60	1.23	0.16	0.70	10.85	3.91	0.77	0.01	0.09	9.52	98.32
HG97-68	54.10	25.40	0.72	0.21	0.19	8.87	5.82	1.30	<0.01	0.09	1.98	98.68
Frisk anortositt og leuko-noritt, Åna-Sira-massivet												
HG97-56	54.77	25.52	1.32	0.27	0.72	9.17	5.46	0.72	0.01	0.09	0.25	98.31
HG97-57	55.49	26.39	0.88	0.27	0.23	9.40	5.60	0.73	<0.01	0.08	0.38	99.45
HG97-58	55.15	26.14	1.18	0.46	0.27	9.17	5.63	0.77	<0.01	0.08	0.35	99.23
HG97-59	54.45	25.54	1.94	0.81	0.72	9.04	5.63	0.77	0.01	0.09	0.22	99.12
HG97-60	54.95	24.86	2.52	0.48	1.81	8.85	5.16	0.67	0.03	0.08	0.20	99.62
HG97-61	54.77	26.31	0.70	0.19	0.11	9.29	5.70	0.73	<0.01	0.09	0.32	98.21
HG97-62	54.22	25.54	2.71	1.68	0.46	8.72	5.46	0.77	0.02	0.12	0.23	99.94
HG97-63	55.30	26.16	0.55	0.12	0.13	9.11	5.67	0.77	<0.01	0.09	0.21	98.12
HG97-64	54.86	25.80	1.58	0.61	0.60	9.10	5.58	0.65	0.01	0.10	0.66	99.55
HG97-65	54.54	25.43	1.86	1.02	0.54	8.75	5.66	0.63	0.02	0.09	0.59	99.12
HG97-66	55.14	24.47	1.87	0.18	1.78	8.49	5.37	0.67	0.02	0.08	0.39	98.48
HG97-67	55.47	22.80	3.62	0.22	3.88	7.83	4.93	0.64	0.05	0.08	0.22	99.74
LPN95-74	55.15	26.35	0.83	0.21	0.25	9.35	5.87	0.71	<0.01	0.09	0.44	99.26
LPN95-81	54.94	26.44	0.56	0.15	0.18	9.45	5.67	0.70	<0.01	0.08	0.47	98.64
Omdannet anortositt, Hellvik, Egersund-Ogna anortosittmassiv												
NGU-rapport 93.008	56.25	26.20	0.31	0.11	0.16	8.32	6.00	0.84	<0.01	0.05	2.12	98.90
NGU-rapport 93.008	54.19	25.88	0.79	0.11	0.59	9.08	5.56	0.70	0.01	0.06	1.67	97.2
Frisk anortositt, Sogn												
Nærøydal	48.99	30.70	0.68	0.10	0.42	14.22	3.00	0.16	0.01	0.08	0.77	99.12
Brandsetdal	49.75	31.02	0.43	0.07	0.08	14.18	2.94	0.14	<0.01	0.08	0.55	99.24
Omdannet anortositt, Sogn												
Jordalsnut	48.15	29.43	0.41	0.08	0.02	15.65	2.21	0.19	<0.01	0.06	2.24	98.44
Fyrde	48.69	29.77	0.60	0.10	0.12	13.83	3.25	0.31	0.01	0.06	1.69	98.43

Tabell 7.2: Anvendelseskriterier for anortositt. Modifisert etter Wanvik (1999). I siste kolonne er det indikert hvilken produkter de to anortositt-typene "Sogn-typen" og "Rogalandtypen" passer best til.

Anvendelse	Syre-løselig-het	Al	Fe	Ca	Gløde-tap	Annet	Råstoff-behov/ brytnings- volum	Anvendbarhet R = Rogaland S = Sogn
Al-produksjon	Høy	Høy	Lav				Stort	S
Al + CO ₂ -fri gasskraft	Høy	Høy	Lav				Stort	S
Vannrensing	Høy	Høy	Lav			Ikke kvarts	Middels	S
Si + Al – produksjon		Høy	Lav			Høy Si, lav P, B og K	Stort	S, R
Ildfast		Høy	Lav	Høy	Lavt	Ikke kvarts	Lite	S, R?
Keramikk			Lav		Lavt		Middels	S, R
Filler			Lav			Hvithet	Middels/lite	S, R
Pukk						Hvithet, mekaniske egenskaper	Middels/ stort	S, R
Naturstein						Oppspreknings-grad, blokkstørrelse	Lite	S, R

8. NATURSTEINSUNDERSØKELSER

8.1. GENERELT OM FOREKOMSTTYPER AV NATURSTEIN

Naturstein kan være så mangt, og det kan være på sin plass med en avklaring av hva man snakker om. I Figur 8.1 er gitt en definisjon av naturstein definert etter bruksegenskaper; vi skiller mellom skifer og blokkstein, og innen blokkstein skiller vi f.eks. mellom «harde» og «myke» bergarter.

I tillegg til en slik definisjon kan vi vurdere natursteinsforekomster i lys av hvilke produkter forekomstene er egnet til, hvilket markedspotensiale de har og hvordan beliggenheten er i forhold til markedet. I Tabell 8.1 er gitt noen eksempler.

Tabell 8.1.

VERDI	FOREKOMST	BRUKSOMRÅDER
Lav	Små forekomster av blokkstein og skifer, høy grad av oppsprekking, gjerne inhomogene. Lett å ta ut med små virkemidler.	Grov murstein, grov belegging. Lokale markeder.
Middels	Større forekomster, gunstig beliggenhet. God kvalitet stein, lite oppsprukket. Kvalitet viktigere enn farge/struktur	Murstein, stein til belegging, bygningsstein. Mye til uteanlegg. Fortrinnsvis innenlandske markeder.
Stor	Store forekomster, gunstig beliggenhet, unike steintyper også i eksportsammenheng. Mulighet for meget stor blokk (gjelder blokkstein).	Eksport av råblokk, salg til innenlandske bearbeidingsfabrikker, større skala skiferproduksjon.

Det ligger i sakens natur at mulighetene for å finne drivbare forekomster minker nedover i tabellen. Forekomster med lav verdi finnes nær sagt hvor som helst i landet, og ofte er de menneskelige ressursene og markedet viktigere enn råstoffet. Forekomster med høy verdi finnes det atskillig færre av, og larvikitt og Ottaskifer kan brukes som eksempler. Gruppen midt mellom er noe hyppigere, men man er her tildels henvist til norske markeder som tross alt er begrenset.

KLASSIFISERING AV NATURSTEIN

NATURSTEIN			
Skifer		Blokkstein	
Tynnskifer	Plateskifer	"Hardstein"	"Mykstein"
Leirskifer	Kvartsittskifer	Granitt	Marmor
	Fylittskifer	Gneis	Kalkstein
	Glimmerskifer	Gabbro	Serpentinitt
		Syenitt	Kleberstein
		Kvartsitt	

Figur 8.1: Klassifisering av naturstein.

Det finnes ikke mange bergartstyper med labradoriserende/schilleriserende feltspat på markedet. Langt viktigst er larvikitt foruten brunlig anortositt fra Kanada og fra Hellvik i Rogaland. Prisnivået på blokk fra Hellvik ligger tilsvarende god kvalitet av larvikitt.

I anortosittmassivene i Rogaland er fargespillet relatert til refleksjon og refraksjon fra feltspatkrystaller med spesiell tvillingdannelse (Bøggild sammenvoksninger). Denne type fargespill finnes i plagioklas feltspat hvor andelen kalsium og natrium er omtrent lik.

For de typer av anortositt som ikke er labradoriserende vil trolig antall konkurrerende steintyper være høyt med tilsvarende press på prisnivået. Prisnivået vil sannsynligvis ligge noe høyere sammenlignet med granitt på ca. 5000 kroner pr. kbm. Dette medfører en høy terskel for å få i gang drift, og kun partier hvor driftsforholdene er svært gunstige kan komme på tale.

Utgangspunktet for natursteinsundersøkelsene i området var først og fremst å lokalisere og prøveta homogene og massive anortositter med schillerefekt. Dette begrunnes i gjennomgående høyt prisnivå for slike bergarter i markedet og få konkurrerende steintyper.

8.2 UNDERSØKTE OMRÅDER

Rogaland anortosittkompleks består hovedsakelig av anortositt og lignende bergarter, dvs. bergarter som i stor grad består av plagioklas feltspat.

Rogaland anortosittkompleks kan deles inn i tre større, homogene anortosittmassiver (Egersund-Ogna, Håland-Helleren og Åna-Sira), en større lagdelt intrusjon (Bjerkreim-Sokndal) og to mindre intrusjoner av anortosittisk til leuconorittisk sammensetning /Garsaknatten og Hidra).

Våre natursteinsundersøkelser av anortosittkomplekset i 1993 var av regional karakter, med hovedvekt på anortositt med fargespill. Mye av disse undersøkelsene ble konsentrert til slike anortositter i Egersund-Ogna-massivet.

Feltundersøkelsene i 1998 (denne rapporten) omfatter mer detaljerte undersøkelser i østlige deler av Helleren massivet, Åna-Sira massivet og sørlige deler av Garsaknatt intrusjonen (se Vedlegg 4).

Hovedvekten ble lagt til Åna-Sira massivet da nyere forskning, blant annet fra tyske studenter, har rapportert bergarter med forskjellig fargespill. Undersøkelsene har imidlertid ikke påvist nye økonomiske forekomster med fargespill.

8.2.1 Helleren massivet

De østlige deler av Helleren massivet er preget av mye oppsprekking.

Den store oppsprekingsgraden, samt lite fargespill, gjør trolig disse bergartene lite attraktive som naturstein.

8.2.2 Åna-Sira massivet

Prøvene N 1 og N 2 er tatt fra områder med rapportert fargespill. Bergartene er forholdsvis finkornet og viser ikke noe fargespill på polert flate og i felt ble det kun unntaksvis observert enkeltkorn med labradorisering.

Som naturstein er denne typen uten interesse da noenlunde tilsvarende bergarter med samme farge og tekstur men med labradorisering finnes i Egersund – Ogna massivet.

Prøvene fra lokalitetene N 3 (se Vedlegg 1 og 4), N 8 og N 9 er tatt i massive partier av anortositt/leconoritt.

Kornstørrelsen er medium- til grovkornet. Prøvene er valgt slik at en fanger opp de ulike fargevarianter som dominerer innenfor massivet. Disse spenner fra mørk brunfiolett via medium- til lys brunfiolett.

Slike bergarter er lite kjent og brukt som naturstein, men fagfolk innenfor bransjen som vi har snakket med, antyder en pris på stor blokk opp mot kr. 8000,- pr. m³. Dette betingern massive

forekomster med muligheter for uttak av stor blokk med lav skrotprosent, hvilket synes å være mulig ut fra vurdering av forekomstene. En må imidlertid regne med betydelig innsats og positiv respons fra marked før det er naturlig å gå videre i undersøkelsene av disse områdene.

En annen anvendelse av disse massive bergartene kan være til murstein, stein til belegging, bygningsstein og div. uteanlegg. Bildene nedenfor (Figur 8.2 og 8.3) viser hvordan denne typen stein har blitt brukt i tidligere byggverk.

Som Figur 8.3 viser ble utformingen utført med kortkiling. En slik arbeidsmetode vil bli for kostnadskreven i våre dager, men det kan tenkes at maskinell bearbeiding med meiselhammer er brukbart. I så fall vil en oppnå en pris på rundt 400 – 500 kroner pr. m³ opplastet masse. I kombinasjon sammen med blokksteinuttak, vil en kunne redusere skrotprosenten noe.

8.2.3 Garsaknatt-intrusjonen

Intrusjonen har en avlang form med NV – SØ orientering. I randsonen er bergarten leuconorittisk mens sentrale deler består av anortositt. Det er tatt to små blokk fra området merket henholdsvis N 4 (leuconoritt) og N 5 (anortositt). Bergarten er mørk gråblå og noe mer grønnlig i randsonen. Den er grovkornet med en svak retningsorientering. I nordlige deler ved E 18 opptrer uregelmessige pegmatittiske ganger. Generelt viser bergarten lite og til dels uregelmessig fargespill. Erts som ilmenitt og magnetitt finnes jevnt fordelt med opptil 10%.

Utseendemessig ligner prøvene på enkelte typer larvikitt, men uten tilsvarende kraftig fargespill. I markedet vil trolig bergarten bli oppfattet som en dårlig variant av larvikitt.

8.2.4 Mangeritt, kvartsmangeritt

Mangeritt eller hyperstenmonzonitt ligger som en ringstruktur rundt Åna-Sira massivet. Bergarten består av mesopertitt (like mye kalifeltspat som plagioklas), erts (hovedsakelig ilmenitt), apatitt og to typer pyroksen. En liten blokk er tatt ut ved sørenden av Orrestadvatnet for saging og polering (lok. N 6). Korngrensene er noe diffus slik at polert overflate virker litt ”grumsete”. Bergarten er svakt grønnlig og enkelte små korn viser blått fargespill. Uten at bergarten er undersøkt i detalj virker den meget homogen i partier med muligheter for uttak av stor blokk (Figur 8.4).

Bergartens grønnlige farge er markedsmessig interessant og dette sammen med store massive partier tilsier en videre geologisk undersøkelse av disse bergartene sammen med en markedsundersøkelse.

Pris- og utseendemessig kan bergarten sammenliknes med ”Ubatuba” fra Brasil. En kan derfor forvente et prisleie på ca. kr. 6000 – 7000 pr. m³.



Figur 8.2: Gammel kraftstasjon ved Jøssingfjorden bygd av brunfiolett anortositt.



Figur 8.3: Detalj av formatert stein ved kortkiling brukt i bygningen vist ovenfor.



Figur 8.4: Massiv mangeritt ved sydsiden av Myssavatnet.

9. ANDRE MINERALRESSURSER

Andre mineralressurser er ikke behandlet utover hva som er beskrevet i den første rapporten (Karlsen m.fl. 1998). En kort oppsummering eller korte kommentarer av disse følger nedenfor;

Kaolin

I Sokndal kommune er det kjent 4 gamle kaolinforekomster. Disse er lokalisert ved gården Dydland sørøst for Jøssingfjord. Forekomstene er dannet ved nedbrytning av den lokale anortositt bergart for mange millioner år siden. Kaolinet ligger bevart i lommer i fjellgrunnen der materialet ikke ble fjernet under den siste istid.

Forekomstene ved Dydland var i drift en kort periode på begynnelsen av dette århundret og leverte råstoff til Egersunds fajanse industri. Ingen av forekomstene ved Dydland har noen økonomisk interesse i dag.

Molybdenglans

Rett vest for Gursli ligger molybdengruvene i det såkalte Gursli-feltet. Det er 4 områder med skjerp og nedlagte gruver:

Moi gruver

Gursli gruver

Skånlandforekomstene

Mysseskjerpene

Den mest omfattende gruvedriften foregikk i Gursli gruver hvor det i perioden 1915 - 1919 ble tatt ut 27000 tonn med malm som etter oppredning ga ca. 36000 kg med molybdenglans. Den malmførende sonen er 150 m lang og 8 meter bred og er drevet til en dybde av 340 m (Dahl 1980, Bugge 1963).

Forekomstene har brukbare gehalter, men er for små til å kunne ha noen økonomisk interesse idag.

Nikkelholdig magnetkis

Innenfor kartområdet finnes to små skjerp like ved hverandre (Urdal-forekomsten) drevet på nikkelholdig magnetkis med underordnet kobberkis. Skjerpingen ble foretatt under en høykonjunktur på nikkel i forrige århundre, og mineraliseringen har ingen økonomisk betydning i dag.

Pukk

Rieber og Søn ASA, Fjordstein avd. Rekefjord, driver på to forskjellige bergarter på hver side av Rekefjord, anortositt og jotunit (av selskapet betegnet noritt). Anortositten som tas ut

ligger i tilknytting til en forkastningssone som tilhører Blåfjell-forkastningen og er til dels omdannet. En nærmere undersøkelse av dette området er gjort av Ulvik m.fl. (1998). Andre områder som har vært vurdert er Jøssingfjord, hvor det engelske selskapet Tarmac drev omfattende undersøkelser.

Ressurser av vanlig anortositt er store i.o.m. at denne bergarten er den dominerende i hele Egersund-provinsen, dvs. området fra og med Berrefjord i øst til vest for Ognå i vest. Imidlertid er det den omdannede anortositten som er mest ettertrakt på grunn av bedre mekaniske egenskaper og lysere farge. Forekomster av denne finnes langs Åna-Sira-forkastningen og langs Blåfjellforkastningen, samt i mindre soner spredt rundt i Åna-Sira-massivet. Omdannet, lys anortositt er imidlertid mer utbredt lenger vest i Egersund-provinsen, og sannsynligheten for å finne områder som egner seg for uttak vil antakeligvis være større lenger vest. Når det gjelder jotunitten som Rieber og Søn ASA driver på, er ressursene tilsynelatende meget store (se berggrunnskartet i rapport nr. 98.068).

10. OPPSUMMERING

Et samarbeidsprosjekt mellom NGU og kommuner i Dalene, representert gjennom Nærings sjefen i Dalane, er gjennomført. Hovedmålet ved prosjektet har vært å undersøke potensialet for mineralressurser i området Sokndal-Åna-Sira og tilgrensede områder. Grunnlaget for arbeidet ble lagt i en tidligere rapport (Karlsen m.fl. 1998), i et samarbeid mellom NGU og Rogaland fylkeskommune, hvor det ble sammenstilt et nytt berggrunnsgeologisk kart Sogndalsområdet samt utført innledende mineralressursundersøkelser.

I den foreliggende rapporten er det gjort følgende konklusjoner:

- 1) Områdets ilmenitt-apatitt-ressurser er meget store, og har et betydelig økonomisk potensiale.
- 2) Når det gjelder naturstein er det fattet interesse i områdets mangeritt, anortositt uten fargespill som blokk, samt anortositt til andre formål slik som murstein, stein til belegging, bygningsstein og diverse uteanlegg. I de deler av Åna-Sira-anortositt hvor det er beskrevet fargespill er intensiteten av fargespillet for lavt til at bergarten skal kunne konkurrere med tilsvarende bergarter lenger vest.
- 3) Frisk anortositt fra det undersøkte området har en sammensetning som gjør at den er syreuløselig. Dette utelukker visse typer anvendelser slik som fremstilling av Al basert på syreløsning. Som filler eller som råstoff til kjeramikk kan en anvendelse ikke utelukkes på det nåverende stadium.
- 4) Omdannet anortositt opptrer langs sprekker og forkastninger. Brede soner er observert langs Åna-Sira- og Blåfjell-forkastningene. Langs begge forkastningene er bergarten muligens brukbar som pukk. Som råstoff til kjeramikk og som filler er bergarten langs Åna-Sira-forkastningen antakelig for mørk.
- 5) Kvarts-forekomsten ved Gjersdal tilfredstiller kun de krav som stilles til de dårligste glassprodukter, og er således av liten økonomisk interesse.

11. ANBEFALINGER

Følgende undersøkelser anbefales videreført innenfor det undersøkte området:

1. Karakterisering av ilmenitt-magnetitt-apatitt-forekomster i norittiske bergarter i Sokndalsområdet og i Mydlandsområdet, samt i området Heskestad-Teksvatn og videre vestover mot Bjerkreim.
2. Videreføre arbeidet med naturstein i samarbeid med industrien.
3. Fortsette berggrunnskartleggingen slik at en får dekt hele kartblad Sokndal i skalaen 1:50000.

Områdets potensiale for kombinert uttak av ilmenitt-magnetitt-apatitt er stort. Dersom det i første omgang ikke lar seg gjøre å få bedrifter med på videre undersøkelser, bør de involverte kommuner vurdere om mer innsats bør legges inn fra deres hold for å få fram potensialet og tilrettelegge informasjon slik at bedrifter fatter interesse.

12. REFERANSER OG OVERSIKT OVER RELEVANT LITTERATUR

- Bingen, B. & van Breemen, O., 1998a: Tectonic regimes and terrane boundaries in the high-grade Sveconorwegian belt of SW Norway, inferred from U–Pb zircon geochronology and geochemical signature of augen gneiss suites. *Journal of the Geological Society London*, 155, 143–154.
- Bingen, B. & van Breemen, O., 1998b: U-Pb monazite ages in amphibolite- to granulite-facies orthogneiss reflect hydrous mineral breakdown reactions: Sveconorwegian Province of SW Norway. *Contrib. Mineral. Petrol.*
- Bingen, B., Demaiffe, D. & van Breemen, O., 1997: Age, geochemistry and Sr, Nd isotopic data of the Egersund dyke swarm, SW Norway; time of opening of Iapetus along the Baltica Margin. *Terra Nova 9 Abstract Supplement 1*, 166.
- Bingen, B., Demaiffe, D. & van Breemen, O., in press.: The 616 Ma old Egersund basaltic dike swarm, SW Norway, and late Neoproterozoic opening of Iapetus ocean. In: Demaiffe, D., 1996: *Petrology and Geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts. A volume dedicated to Professor Jean Michot*. Université Libre de Bruxelles. Royal Museum for Central Africa (Tervuren).
- Bingen, B., 1989: Geochemistry of Sveconorwegian augen-gneisses from SW Norway at the amphibolite-granulite facies transition. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 69, 177 - 189.
- Bolle, O., 1998. Mélanges magmatiques et tectonique gravitaire dans l'Apophyse de l'intrusion de Bjerkreim-Sokndal (Rogaland, Norvège): pétrologie, géochimie et fabrique magnétique. *Unpublished Ph. D. thesis, University of Liège*.
- Buer, K.Y., 1982: *Bruddtektoniske studier omkring gruvefeltene Dalen-Kjørholt (Brevik) og Titania (Tellnes). I: Sammenheng sprekker/spenning i berg*. Hovedfagsoppgave, Universitet i Oslo.
- Buer, K.Y., 1985: *Bruddtektoniske studier omkring gruvefeltene Dalen-Kjørholt (Brevik) og Titania (Tellnes). I: Sammenheng sprekker/spenning i berg*. *Bergverkenes Landssammenslutnings Industrigruppe, Teknisk Rapport nr. 60*, 67-185.
- Bugge, A., 1963: Norges molybdenforekomster. *NGU nr. 217*.
- Carlson, A., 1945: Malmforekomster og Geologi i Sokndal-Egersundområdet. Upublisert rapport, 78 pp. Titania A/S.
- Dahl, J.M., 1980: Gruver og skjerp i Rogaland. *Stavanger turistforening, årbok 1980*.
- Demaiffe, D. & Michot, J., 1985: Isotope geochronology of the Proterozoic crustal segment of Southern Norway: A review. in: *The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces. AC Tobi and JLR. Touret (eds.). D. Reidel, NATO ASI series*, 158: 411-433.
- Demaiffe, D., Weis, D., Michot, J. and Duchesne, J.C., 1986: Isotopic constraints on the genesis of the Rogaland anorthositic suite (Southwest Norway). *Chem. Geol.*, 57: 167-179.
- Demaiffe, D., 1996: *Petrology and Geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts. A volume dedicated to Professor Jean Michot*. Université Libre de Bruxelles. Royal Museum for Central Africa (Tervuren).
- Doan, P.H., 1996: Upgraded slag (UGS): implications for TiO₂ feedstock supply. I: *12th Industrial Minerals International Congress. Chicago 1996. Industrial Minerals*.
- Dolan, M.L., Hains, D.H. & Ash, D.R., 1991: High-Alumina Rocks in Ontario: Resources and Process Technology. *Industrial Mineral Background Paper #10, Ministry of Northern Development and Mines, Ontario*.
- Dormann, P., 1993: Titanium minerals, Market research of Norwegian deposits. *Dr.Ing.-thesis, the Norwegian Institute of Technology, Department of Geology and Mineral Resources Engineering, Trondheim*.
- Duchesne, J.-C., 1970: Microtextures of Fe-Ti oxide minerals in the South-Rogaland anorthositic complex (Norway). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 93: 527-544.

- Duchesne, J.-C., 1972: Iron-titanium oxide minerals in the Bjerkreim-Sokndal Massif, south-western Norway. *J. Petrol.*, 13: 57-81.
- Duchesne, J.-C., 1999: Fe-Ti deposits in Rogaland anorthosites (South Norway): geochemical characteristics and problems of interpretation. *in: Agricola Volume, John Wiley.*
- Duchesne, J.-C., 1999: Fe-Ti deposits in Rogaland anorthosites (South Norway): geochemical characteristics and problems of interpretation. *in: Mineralium Deposita* 34:182-198.
- Duchesne, J.-C., 1996: Liquid ilmenite or liquidus ilmenite: a comment on the nature of ilmenite vein deposits. I: Demaiffe, D. (red.): *Petrology and geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crusts. A volume dedicated to professor Jean Michot. Universite Libre de Bruxelles. Roal Museum for Central Africa (Tervuren).* 73-82.
- Duchesne, J.-C., Maquil, R. & Demaiffe, D., 1985: The Rogaland anorthosites: Facts and speculations. *in: The deep Proterozoic crust in the North Atlantic Provinces. A.C. Tobi and J.L.R. Touret (eds.), D. Reidel, NATO ASI series 158: 449-476.*
- Duchesne, J.-C. & Michot, J., 1987: The Rogaland intrusive masses: Introduction. *in: The geology of southernmost Norway. C. Maijer and P. Padget (eds.). Norges geologiske undersøkelse Spec. Pub. 1: 48.*
- Duchesne, J.-C., Denoiseux, B. & Hertogen J., 1987: The norite-mangerite relationships in the Bjerkreim-Sokndal layered lopolith (Southwest Norway). *Lithos*, 20: 1-17.
- Duchesne, J. C., 1987: The Bjerkreim-Sokndal massiv. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway – an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1.*
- Duchesne, J. C. & Maquil, R., 1987: The Egersund-Ogna massif. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway – an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1.*
- Duchesne, J. C. & Maquil, R., 1987: The Rogaland Intrusive massif: western part. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway – an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1.*
- Duchesne, J. C. & Michot, J., 1987: The Rogaland Intrusive massif: eastern part. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway – an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1.*
- Duchesne, J. C. & Tobi, A. C., 1987: : The Rogaland Intrusive massif: eastern part. I: Maijer, C. & Padget, P., (red) The geology of southernmost Norway – an excursion guide. *NGU, Special Publication No. 1.*
- Falkum, T., 1982: Geologisk kart over Norge - Berggrunnskart Mandal 1:250 000. NGU.
- Force, E.R., 1991: Geology of Titanium-Mineral Deposits. *The Geological Society of America Special Paper 259.*
- Gautneb, H., Wanvik, J.E. & Marker, M., 1998: Undersøkelse av to kvartsprøver fra Gjersdal, Lund kommune, Rogaland. *NGU Rapport 98.109. Norges geologiske undersøkelse.*
- Gierth, E. & Krause, H., 1973: Die ilmenitlagerstätte Tellnes (Süd-Norwegen). *Norsk geologisk tidsskrift*, 53: 359-402.
- Hagen, R., 1992: Titania - 90 år med ilmenitt. *Geonytt* 4, s. 12-14.
- Heldal, T. & Lund, B., 1994: Natursteinspotensialet i Rogaland anortositkompleks. *NGU-rapport 94.029.* 73 sider.
- Heldal, T. & Lund, B., 1995: A regional study of the dimension-stone potential in labradorite-bearing anorthositic rocks in the Rogaland Igneous Complex. *NGU bull.* 427.
- Heldal, T., 1995: Undersøkelse av anortositforekomster ved Hellevik, Rogaland, *NGU Rapport nr. 95.055.*
- Hubaux, A., 1960: Les gisements de fer titané de la région d'Egersund, Norvège. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 94: 926-992.
- Hubaux, A., 1956: Different types of minerais noirs de la région d'Egersund, Norvège. *Ann. Soc. Géol Belg* 79: 203-215.
- Jensen, J.C., Nielsen, F.M., Duschesne, J.C., Demaiffe, D. & Wilson, J.R., 1993: Magma influx and mixing in the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, South Norway: evidence from the boundary between two megacyclic units at Storeknuten. *Lithos* 29: 311-325.
- Jonsson, S., 1982: Bergverksdrift i Sokndal. I: *Ilmenitten*, julenummer. Titania A/S.

- Jonsson, S., Feyling, C.E. & Jacobsen, A., 1987: *Sokndal gjennom 150 år - med tilbakeblikk på tidligere tider*. Sokndal kommune.
- Karlsen, T.A., Schiellerup, H., McEnroe, S., Nilsson, L.P. & Korneliussen, A., 1996: Current research on ilmenite in the Egersund Province. *NGU-rapport nr. 96.059*. 40 s. (NGU/Titania A/S).
- Karlsen, T.A., 1997: Geometry of fracture zones and their influence on the ore quality at the Tellnes ilmenite mine, Rogaland. *NGU rapport no. 97.031*. (NGU/Titania A/S).
- Karlsen, T.A., Nilsson, L.P., Marker, M., Gautneb, H. & Erichsen, E., 1998: Berggrunns-geologi og mineralske ressurser i Sokndals-området, Rogaland. Statusrapport. *NGU-rapport 98.068*.
- Karpuz, M.R., 1993: *Use of spot-XM satellite data for environmental and structural geological applications: Tellnes Mining Area, Rogaland District, Southwestern Norway*. Collaborate Research Project Report (Structural Research Group Report No. 9). University of Bergen, Geological Institute, Geological Survey of Norway, Titania A/S.
- Knorn, H., 1975: *Die Verbandsverhältnisse und ihre Beziehungen zu den Ilmenit-vererzungen im südlichen Zentralteil des Åna-Sira Massivs*. Unpubl. PhD-thesis, T.U. Clausthal.
- Knorn, H. & Krause, H., 1977: Die Verbandsverhältnisse südlich von Tellnes im Zentralteil des Åna-Sira-Massivs (Süd-Norwegen). *Norsk geologisk tidsskrift*, 57: 85-95.
- Kolderup, C. F., 1897: Ekersund-Soggendalsfeltets bergarter og deres betingelser for anvendelse i steinindustrien. *Bergens Museums Aarbog nr. 11*.
- Kolderup, C.F., 1896: Die labradorfelse des westlichen Norwegens I: Das labradorfelsesgebiet bei Ekersund und Soggendal. *Bergen Mus. Årbok 1896, part V: 224 pp.*
- Korneliussen, A. & Robins, B., 1985: Titaniferous magnetite, ilmenite & rutile deposits in Norway. *NGU bulletin 402*.
- Krause, H. & Zeino-Mahmalat, R., 1970: Untersuchungen an erz und nebegestein der grube Blåfjell in SW-Norwegen. *Norsk geologisk tidsskrift*, 50: 45-88.
- Krause, H. & Pape, H., 1975: Mikroskopische undersøkelser der mineralvergesellschaftung in erz und nebegestein der ilmenitlagerstätte Storgangen (Süd-Norwegen). *Norsk geologisk tidsskrift*, 55: 387-422.
- Krause, H. & Pedall, G., 1980: Fe-Ti-mineralizations in the Åna-Sira anorthosite, southern Norway. *Geol. Surv. Finland Bull.*, 307: 56-83.
- Krause, H., Gierth, E. & Schott, W., 1985: Ti-Fe deposits in the South Rogaland Igneous Complex, with special reference to the Åna-Sira anorthosite massif. *In*: Korneliussen, A. & Robins, B. (eds.): Titaniferous magnetite, ilmenite and rutile deposits in Norway. *Norges geologiske undersøkelser Bull.*, 402: 25-37.
- Kullerud, K., 1996: MgO-innhold i ilmenitt fra Tellnesforekomsten - oppfølging av tidligere arbeider - avsluttende rapport. Institutt for Biologi og Geologi, Universitet i Tromsø, N-9037 Tromsø. Upublisert rapport til Titania A/S.
- Kullerud, K. & Bjørlykke, A., 1993: MgO-innhold i ilmenitt fra Tellnesforekomsten. Upublisert rapport til Titania A/S.
- Larsen, R., 1996: Distribution of Fe-Ti oxide minerals in the Ørslund, Bakka-Krone and Einebakka area of the Bjerkreim-Sokndal layered norite, Rogaland. *NGU-rapport nr. 96.130*. 9 s. (NGU/Titania A/S).
- Lindberg, 1985: Fe-Ti-P mineralizations in the Larvikite-Lardalite Complex, Oslo Rift. *In*: Korneliussen, A. & Robins, B. (red.): Titaniferous magnetite, ilmenite and rutile deposits in Norway. *Norges geologiske undersøkelser Bulletin 402*, 93-98.
- Maijer, C. & Padget, P., 1987: The geology of southernmost Norway - an excursion guide. *NGU Special publication nr. 1*.
- Mauring, E. & Gellein, J., 1995: Gravimetrisk måling over Tellnes ilmenitt-forekomst, Sokndal kommune, Rogaland. *NGU-rapport nr. 95.144*.
- McEnroe, S., 1996: Rock-magnetic properties, oxide mineralogy, and mineral chemistry in relation to interpretation of the aeromagnetic map and the search for ilmenite reserves. *NGU-rapport nr. 96.060*. (NGU/Titania A/S).
- Menuge, J.F., 1988: The petrogenesis of massif anorthosites: a Nd and Sr isotopic investigation of the Proterozoic of Rogaland/Vest Agder, SW Norway. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 98: 363-373.

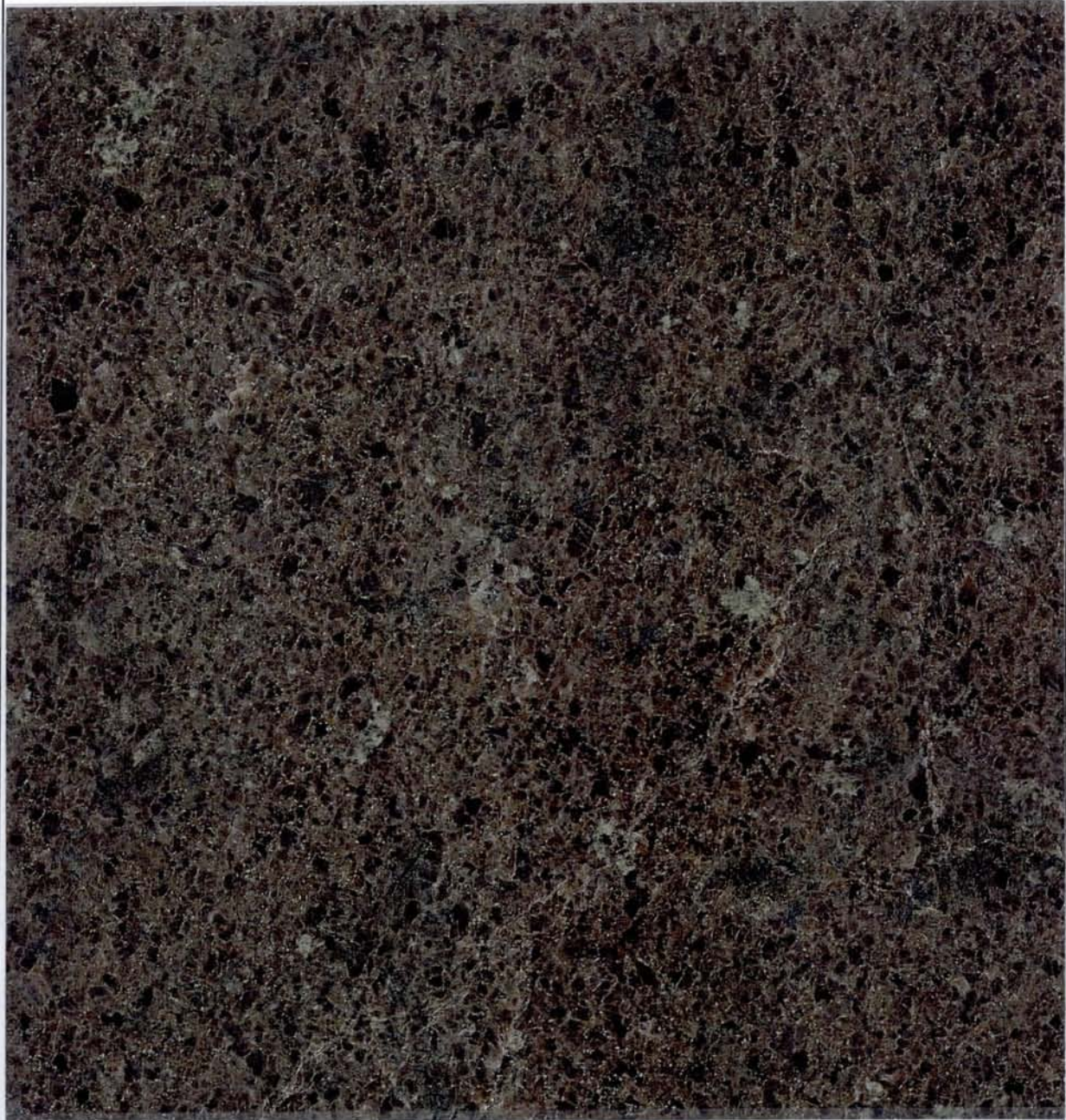
- Michot, J. & Michot, P., 1969: The problem of anorthosites: the South-Rogaland Igneous Complex, southern Norway. *I: Isachsen, YW (red.): Origin of anorthosite and related rocks. New York State Mus Sci Serv Mem. 18: 399-410.*
- Michot, J., 1961: The anorthositic complex of Håland-Helleren. *Norsk geologisk tidsskrift, 41: 157-170.*
- Michot, P., 1939: Les gisement d'ilmènite dans la région d'Egersund et Bjerkreim. *Ann. Soc. Géol. Belgique, 63: 80-83.*
- Michot, P., 1956: Les gisement des mineraies noir de la région d'Egersund. *Ann. Soc. Géol. Belgique, 79: 183-202.*
- Michot, P., 1960: La geologie de la catazone: Le probleme des anorthosites, la palingenese basique et la tectonique catazonale dans le Rogaland meridional (Norvege meridionale). *Norges geologiske undersøkelse, 212 g: 54 pp.*
- Mylius, H.G., 1977: *Lagerstattenkundliche Untersuchungen in der Sudliche Vortsetzung der der - Ilmenittlagerstatts Tellnes (Sudnorwegen)*. Upublisert Diplom-oppgave, Tekniske universitet, Clausthal, 106 sider.
- Nielsen, F.M. & Wilson, J.R., 1991: Crystallization processes in the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, south Norway: evidence from the boundary between two macrocyclic units. *Contrib. Mineral. Petrol. 107: 403 - 414.*
- Nielsen, F.M., 1992: *Magmakammerprocesser belyst med udgangspunkt i Bjerkreim-Sokndal intrusionen, Rogaland, Sydnorge*. Ph.D. thesis, Aarhus University.
- Nielsen, F.M., Campbell, I.H., McCulloch, M. & Wilson, J.R., 1996: A strontium isotopic investigation of the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, Southwest Norway. *J. Petrol., 37: 171-193.*
- Nilsson, L.P. & Staw, J., 1996: XRF-feltmålinger (TiO₂-Fe_{total}) og magnetisk susceptibilitets-målinger på Fe-Ti-oksyd-mineraliseringer i den sydlige delen av Bjerkreim-Sokndal - intrusjonen, Sokndal kommune, Rogaland. *NGU-rapport 96.048*. (NGU/Titania A/S).
- Nilsson, L.P. & Staw, J., 1997: Magnetiske bakkemålinger, petrofysiske lab. målinger samt X-Met (XRF) målinger på Mydland og i Bakkaområdet, Bjerkreim-Sokndal intrusjonen, Sokndal kommune, Rogaland. *NGU-rapport nr. 96.160*. (NGU/Titania A/S).
- Olerud, S., 1995: Norges mineralressurser - produksjon og potensiale. NGU rapport nr. 95.164.
- Oxaal, J., 1916: Norsk Granit. *NGU Publikasjon nr. 76*.
- Paludan, J., 1995: *Structural evolution of the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, SW Norway: Micro to macro scale studies*. Ph.D. thesis, Aarhus University.
- Paludan, J., Hansen, U.B. & Olesen, NØ., 1994: Structural evolution of the Precambrian Bjerkreim-Sokndal intrusion, South Norway. *Norsk geologisk tidsskrift, 74: 185-198.*
- Pasteels, P. & Michot, J., 1975: Geochronologic investigation of the metamorphic terrain of southwestern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift, Volume 55, No. 2.*
- Robins, B., Tumyr, O., Tysseland, M. & Garmann, L.B., 1997: The Bjerkreim-Sokndal Layered Intrusion, Rogaland, SW Norway: Evidence from marginal rocks for a jotunite parent magma. *Lithos 39: 121-133.*
- Robins, B. & Wilson, J.R., 1992: Excursion guide to the Bjerkreim-Sokndal Intrusion, S.W. Norway. *I: Duchesne, J.-C. (red.): The Rogaland intrusive massifs – an excursion guide. IGCP 290, Anorthosite conference, June 1992. s. 40-51.*
- Roelandts, I. & Duchesne, J.C., 1979: Rare-earth elements in apatite from layered norites and iron-titanium oxide ore-bodies related to anorthosites (Rogaland, S.W. Norway). *in: Origin and distribution of the elements (L.H. Ahrens ed.), Pergamon Press: 199-212.*
- Rolfesen, R., 1994: Hovedelementanalyse av mineralene i Tellnes-malmen. Upublisert rapport, Titania A/S.
- Rønning, S., 1995: Helikoptermålinger over kartblad 1311-IV Sokndal. *NGU-rapport nr. 95.120*. (NGU/Titania A/S).
- Schiellerup, H., 1996: Fe-Ti mines and prospects in the Egersund area of the South Rogaland Igneous Province. Field report 1995. *NGU rapport 96.051*. (NGU/Titania A/S).
- Schiellerup, H., 1996: Further observations on Fe-Ti mines and prospects in the South Rogaland igneous province. Field report, 1996. *NGU rapport nr. 96.159*. (NGU/Titania A/S).

- Schott, W., 1984: *Lagerstättenkundliche Untersuchung im südlichen Teil des Lopolithen von Bjerkreim-Sokndal (Sud-Norwegen)*. Upublisert Doktor-avhandling, TU Clausthal, 1 - 104.
- Schärer, U., Wilmart, E. & Duchesne, J. C., 1996: The short duration and anorogenic character of anorthosite magmatism: U-Pb dating of the Rogaland complex, Norway. *Earth and Planetary Science Letters* 139, 335 - 350.
- Stubbergh, J., 1994. *Kjemi nr. 6, 1994*.
- Sundvoll, B., 1987: The age of the Egersund dyke-swarm SW Norway: Some tectonic implications. *Terra Cognita* 7, 2 - 3.
- Taylor, K.A., Scanlon, T.J., Moore, D.E., Reaveley, B.J., 1996: The critical importance of high quality ilmenite for the TiO₂ pigment industry. *I: 12th Industrial Minerals International Congress, Chicago 1996. Industrial Minerals*.
- Titania A/S, 1992: Titania A/S 90 år, 1902 - 1992. *Ilmenitten*. Titania A/S.
- Ulvik, A., Marker, M. & Erichsen, E., 1998: Pukkundersøkelser i Rekefjord. *NGU-rapport 98.129. Norges geologiske undersøkelse*.
- Vander Auwera, J. & Duchesne, J.C., 1990: Evidence of leuconoritic liquids in the EGOG massif-type anorthosite (Rogaland, Souterhn Norway) (Abstr.). *IGCP 290, Burundi Meeting 1990*.
- Vander Auwera, J. & Longhi, J., 1994: Experimental study of a jotunite (hypersthene monzodiorite): constraints on the parent magma composition and crystallisation conditions (P, T, fO₂) of the Bjerkreim-Sokndal layered intrusion (Norway). *Contrib. Mineral. Petrol.* 118: 60-78.
- Vander Auwera, J., Longhi, J. & Duchesne, J.C., 1998: A liquid line of descent of the jotunite (hypersthene monzodiorite) suite. *J. Petrol.* 39: 439-468.
- Verstevee, A., 1975: Isotope geochronology in the high-grade metamorphic precambrian of southwestern Norway. *Norges geologiske undersøkelse*, 318: 1-50.
- Vogt, J.H.L., 1910: Norges jernmalforekomster. *Norges geologiske undersøkelse*, 51: 132-138.
- Wanvik, J.E., 1998: Anortosit-ressurser i Indre Sogn og Voss. *NGU-rapport 98.150. Norges geologiske undersøkelse*.
- Weiss, D., 1986: Genetic implications of Pb isotopic geochemistry in the Rogaland anorthositic complex (southwest Norway). *Chem. Geol.*, 57: 191-199.
- Wielens, J.B.W., Andriessen, P.A.M., Boelrijk, N.A.I.M., Hebeda, E.H., Priem, H.N.A., Verdurmen, E.A.Th. & Verschure, R.H., 1980: Isotope geochronology in the high-grade metamorphic precambrian of southwest Norway: new data and reinterpretations. *Norges geologiske undersøkelse*, 359: 1-30.
- Wilmart, E., Demaiffe, D. & Duchesne, J.-C., 1989: Geochemical constraints on the genesis of the Tellnes ilmenite deposit, Southwest Norway. *Econ. Geol.*, 84: 1047-1056.
- Wilson, J.R., Robins, B., Nielsen F., Duschesne, J.C., Vander Auwera, J., 1966: The Bjerkreim-Sokndal layered intrusion, Southwest Norway. *I: Cawthorn, R.G. (red.): Layering in igneous complexes. Elsevier, Amsterdam, s. 231-256*.
- Zeino-Mahmalat, R., 1972: *Untersuchungen an Plagioklasen aus dem Anorthosit-Komplex von Åna-Sira (Sudnorwegen)*. Upublisert avhandling, Techn. Univ. Clausthal. 140 sider.

Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 1

Polert plate av anortositt fra lokalitet N1.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 2

Polert plate av anortositt fra lokalitet N2.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 3

Polert plate av anortositt fra lokalitet N3.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 4

Polert plate av anortositt fra lokalitet N4.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 5

Polert plate av anortositt fra lokalitet N5.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 6

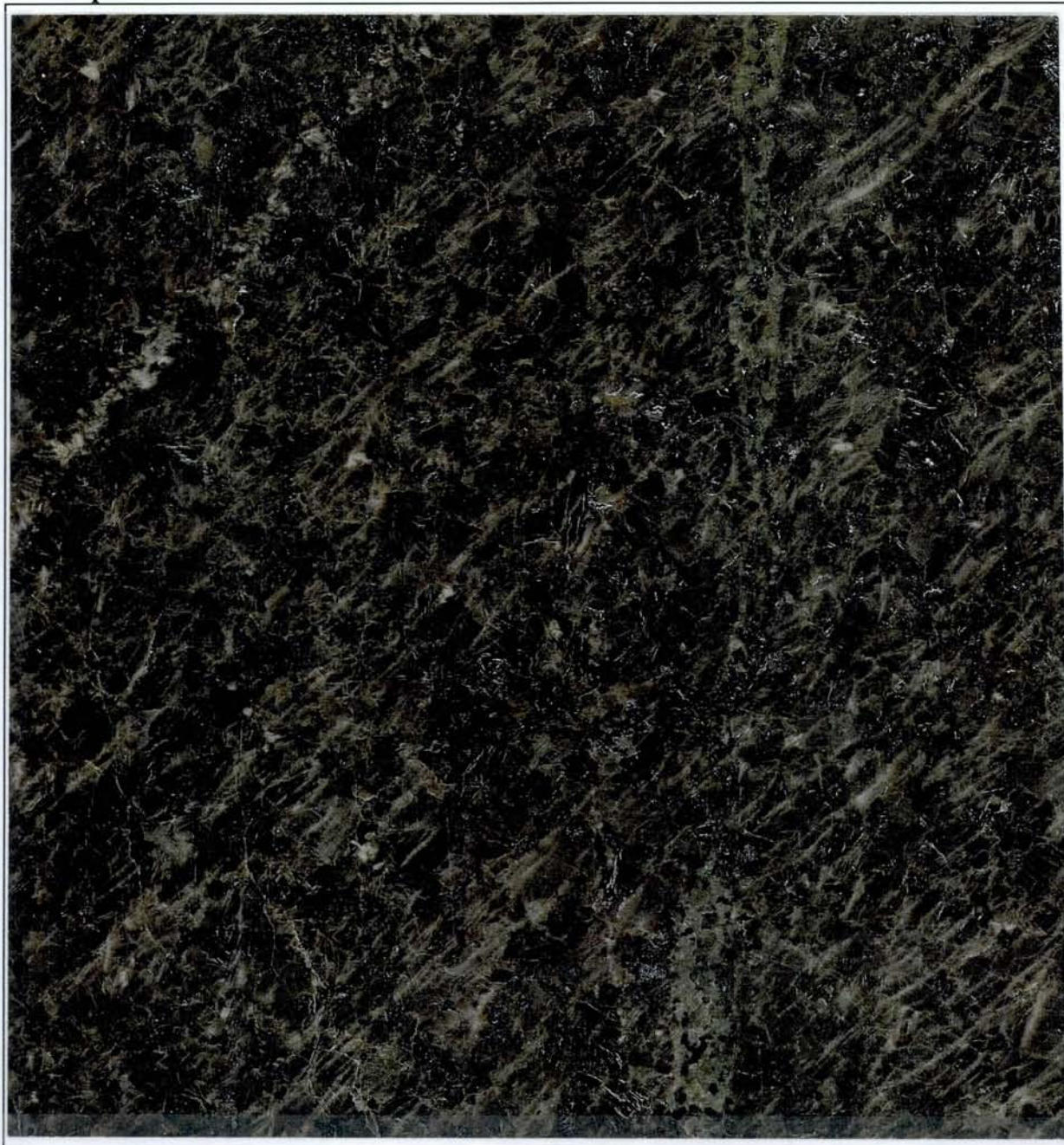
Polert plate av mangeritt fra lokalitet N6.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 7

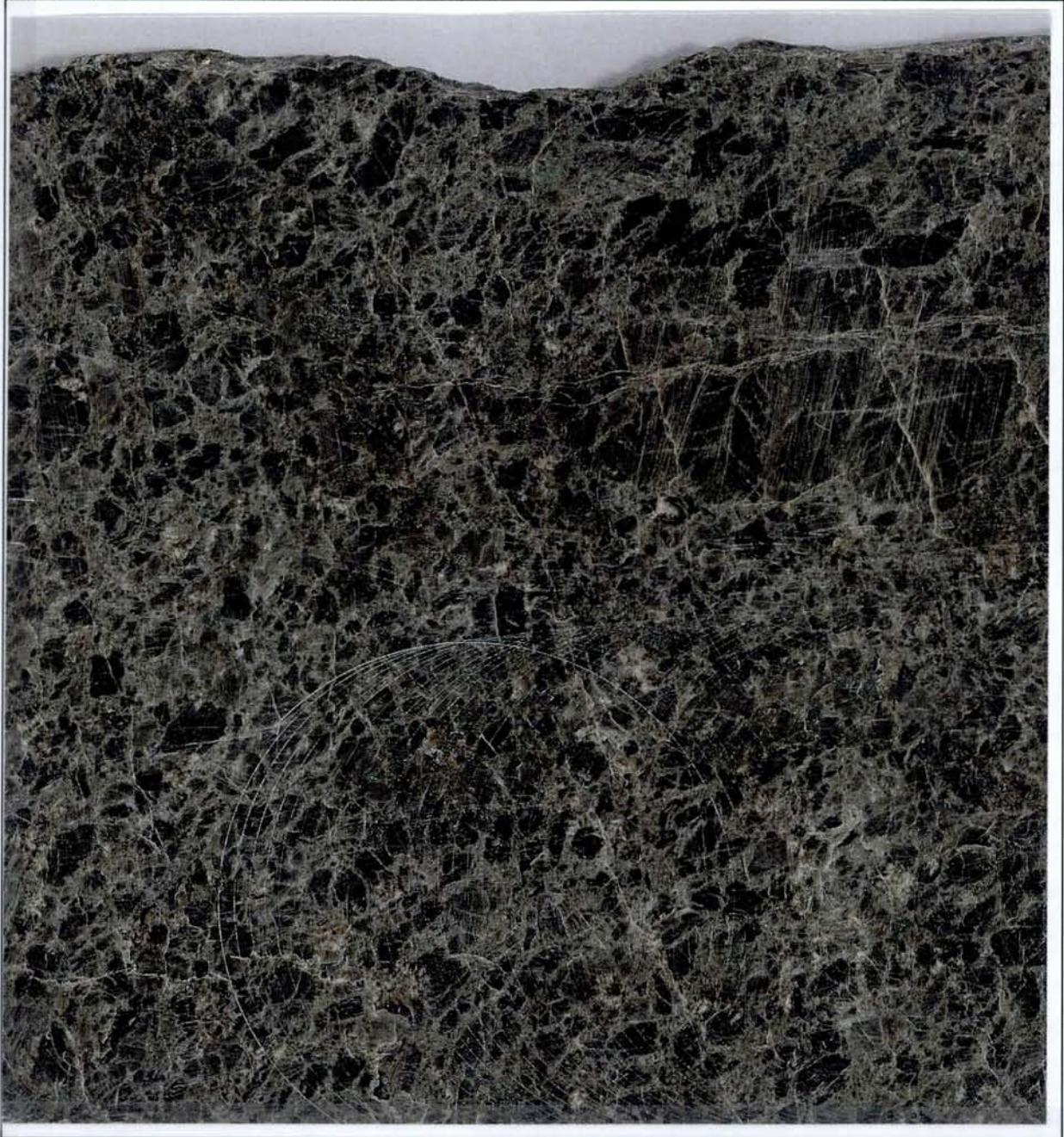
Polert plate av anortositt fra lokalitet N7.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 8

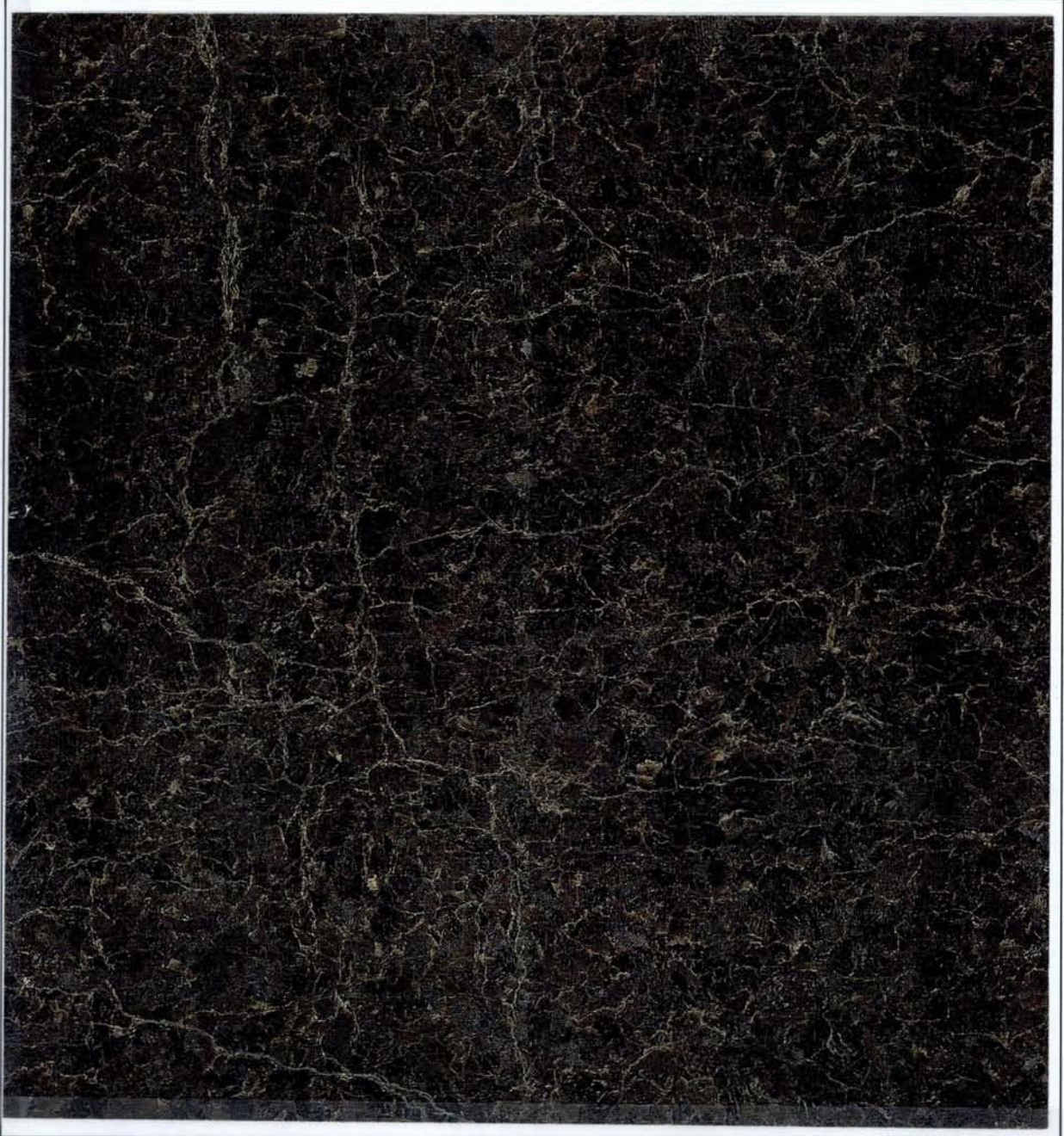
Polert plate av anortositt fra lokalitet N8.



Vedlegg 1

NGU Rapport 99.056
Vedlegg 1, side 9

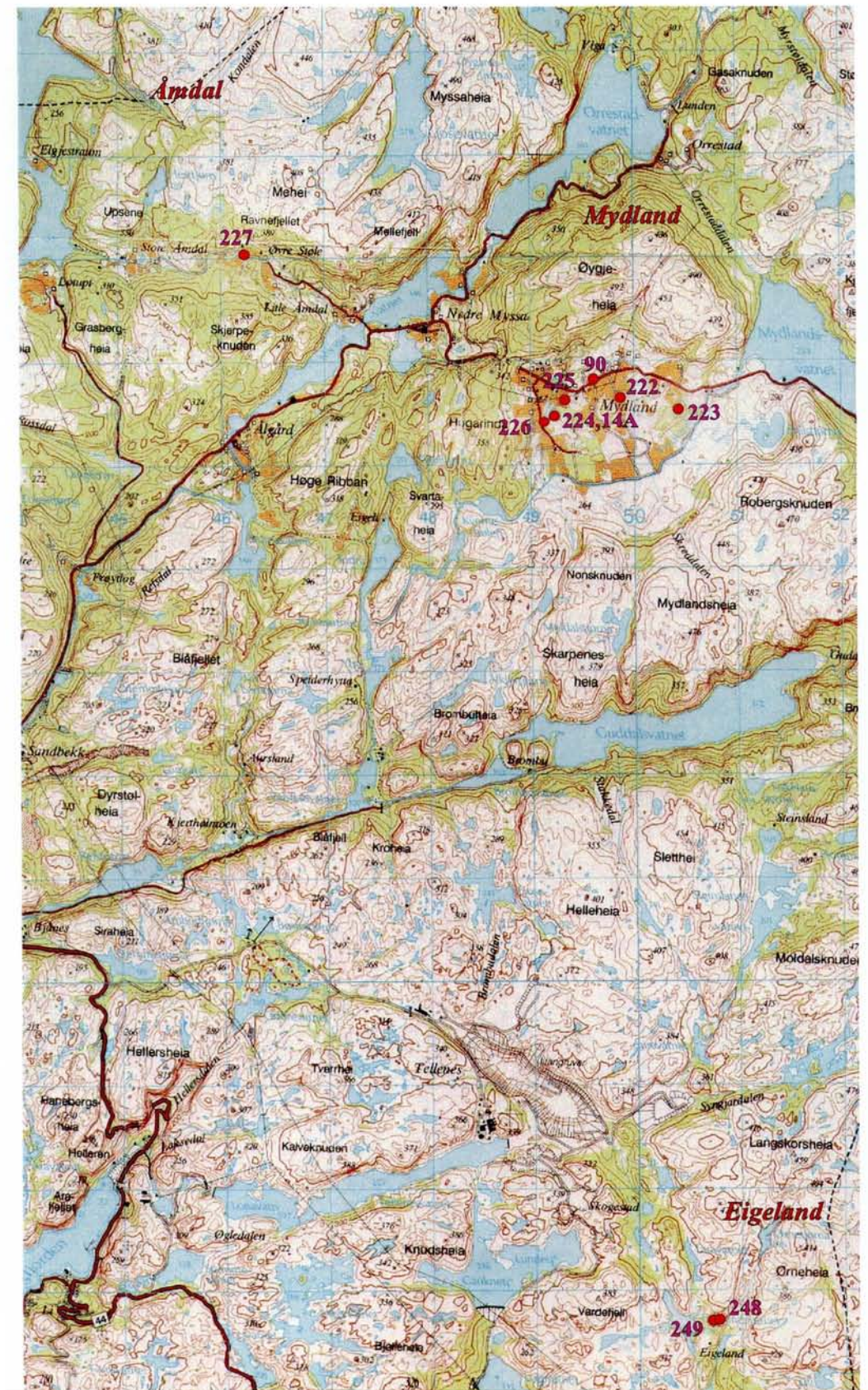
Polert plate av anortositt fra lokalitet N9.



Vedlegg 2.1 (apatittundersøkelser): Lokalteter i Sokndalsområdet.



Vedlegg 2.2 (apatittundersøkelser): Lokaliteter ved Mydland, Åmdal og Eigeland..



Vedlegg 3: Kjemiske analyser av utvalgte berggrunnsprøver fra gneis-området (Kapittel 3).

Rock		Code	Locality	Sample	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	MgO	CaO	Na2O	K2O	MnO	P2O5	LOI	Sum	Nb	Zr	Y	Sr	Rb	U	Th	Pb	Cr	V	As	Sc	S	F	Ba	Ga	Zn	Cu	Ni	Yb	Co	Ce	La	Nd	Sample	
Granite sheets	Body 1	Grey weakly foliated granitoid, some labradorising feldspar	11	228	MM98 101	69.17	15.27	2.36	0.32	0.44	2.12	3.71	4.92	0.02	0.12	0.94	99.37	<5	237	7	287	157	<10	32	43	59	27	<10	<10	<0.10	<0.10	1165	19	54	6	6	16	<10	74	43	32	MM98 101
		Hom. medium-grained, rather massive grey opx?/hbl metagranite	11	19	MM-97008	69.46	14.70	2.29	0.28	0.47	1.63	3.58	5.39	0.02	0.11	0.34	98.26	6	242	13	195	228	<10	45	41	<5	16	<10	<10	<0.10	<0.10	769	20	46	<5	6	<10	<10	80	51	43	MM-97008
		Light grey weakly foliated granitoid	11	300	MM98 116	70.20	14.50	2.64	0.35	0.40	1.21	3.61	5.27	0.02	0.07	0.44	98.71	13	261	142	91	258	10	87	56	7	19	<10	<10	<0.10	<0.10	517	22	70	<5	<5	17	<10	166	91	73	MM98 116
	Body 2	Homogeneous dispersely foliated mdg. grey metagranite	11	190	MM-97048	72.38	13.68	1.36	0.21	0.30	1.24	3.49	4.96	0.02	0.06	0.35	98.04	5	146	13	159	249	10	22	34	<5	13	<10	<10	<0.10	<0.10	647	20	36	<5	6	<10	<10	37	30	27	MM-97048
		Homogeneous dispersely foliated mdg. reddish grey metagranite	11	190	MM-97047	73.82	13.39	1.05	0.15	0.24	0.84	3.40	5.31	0.01	0.03	0.49	98.72	<5	102	<5	117	203	17	61	52	<5	6	<10	14	<0.10	<0.10	335	17	13	<5	<5	<10	<10	28	28	22	MM-97047
		Medium-grained faintly foliated grey granitoid	12	268	MM98 107	68.72	15.44	3.02	0.52	0.73	1.92	3.78	4.99	0.03	0.16	0.33	99.64	<5	345	12	378	189	<10	21	24	18	37	<10	<10	<0.10	<0.10	1588	25	76	8	<5	20	<10	131	78	54	MM98 107
		Hom. dispersely foliated mdg. grey massive metagranite	12	201	MM-97049	69.94	14.81	2.07	0.32	0.44	1.65	4.07	4.73	0.03	0.11	0.35	98.52	<5	228	11	179	208	<10	34	39	11	25	<10	12	<0.10	<0.10	738	23	62	16	<5	<10	<10	59	48	39	MM-97049
		Hom. distinctly foliated grey metagranite (intrudes porph. granite)	12	207	MM-97051	70.11	14.32	2.17	0.32	0.56	1.39	3.43	5.21	0.02	0.10	0.50	98.13	<5	261	<5	247	139	<10	25	27	<5	31	<10	<10	<0.10	<0.10	944	18	40	<5	<5	<10	<10	82	63	39	MM-97051
		Hom. mdg. weakly-foliated reddish grey metagranite	13	12	MM-97005	70.28	14.16	2.34	0.37	0.44	1.88	3.43	5.00	0.02	0.13	0.79	98.84	<5	257	9	235	173	<10	28	28	<5	18	<10	10	<0.10	<0.10	928	16	53	9	6	<10	<10	78	61	45	MM-97005
		Hom. mdg. weakly-foliated grey opx-bearing metagranite	13	14	MM-97006	72.13	13.82	1.34	0.18	0.26	1.49	3.53	4.98	0.02	0.05	0.47	98.28	<5	129	6	167	215	<10	28	26	<5	12	<10	<10	<0.10	<0.10	586	16	30	<5	<5	<10	<10	33	29	24	MM-97006
		Hom. mdg. foliated reddish grey opx?-bearing metagranite	13	13	MM-97007	72.32	14.13	1.50	0.20	0.32	1.44	3.47	5.02	0.02	0.06	0.38	98.86	<5	142	7	158	204	20	45	35	<5	13	<10	<10	<0.10	<0.10	545	18	33	<5	<5	11	<10	42	36	3	MM-97007
		Feda granite	Medium-grained foliated porphyritic granitoid (Feda type)	14	253	MM98 105	65.30	14.93	3.76	0.70	1.51	2.81	3.71	5.06	0.07	0.29	0.44	98.59	19	267	113	818	157	<10	<10	33	24	48	<10	16	<0.10	<0.10	1929	27	56	10	20	32	<10	114	65	70
Banded gneiss sequence	Bi+hbl rock	Hom. dispersely foliated, mesocratic bi+hbl rock. Banded seq.	21	162	MM-97044	42.57	14.67	16.02	2.68	7.11	8.81	2.36	2.83	0.20	0.85	0.49	98.58	9	259	32	176	194	<10	<10	<10	239	228	<10	39	<0.10	<0.10	331	26	196	<5	99	<10	48	55	24	35	MM-97044
		Well-foliated, dark grey bi+hbl rock. 30 cm layer in Banded seq.	21	166	MM-97045	44.67	14.52	15.19	2.64	7.08	9.90	2.43	1.37	0.20	0.68	0.01	98.69	9	189	39	334	54	<10	<10	<10	214	239	<10	37	<0.10	<0.10	198	22	113	143	81	<10	49	66	28	32	MM-97045
	Amphibolite	Amphibolite from metres thick band. Banded sequence	22	129	MM-97041	44.34	13.14	17.46	2.35	6.65	10.58	2.43	0.67	0.26	0.39	-0.03	98.24	<5	129	53	195	22	<10	<10	<10	71	343	<10	51	<0.10	<0.10	139	25	128	118	56	<10	55	53	16	16	MM-97041
		Diffusely banded amphibolite w. opx+ga. 10 m layer. Banded seq.	22	113	MM-97030	44.85	16.38	14.74	1.42	7.96	11.43	2.00	0.11	0.22	0.19	-0.09	99.19	<5	49	31	260	<5	<10	<10	<10	114	257	<10	42	<0.10	<0.10	34	24	102	41	103	<10	61	30	<10	<10	MM-97030
		Diffusely banded amphibolite from 10-15 m layer. Banded seq.	22	106	MM-97026	46.35	16.92	11.92	0.83	9.32	11.75	1.87	0.14	0.19	0.14	0.20	99.64	<5	40	26	230	<5	10	<10	<10	121	211	<10	47	<0.10	<0.10	48	22	79	44	177	<10	58	15	<10	<10	MM-97026
	Dark grey host rock	Amphibolite, inclusion in grey granitoid	22	257	MM98 106	47.49	12.21	17.24	2.08	6.01	9.89	3.29	0.77	0.27	0.29	-0.27	99.26	<5	126	45	152	6	<10	<10	<10	77	357	<10	52	<0.10	0.23	93	26	131	15	30	12	52	40	<10	12	MM98 106
		Fine medium-grained dark grey gneiss from Banded sequence	23	288	MM98 113	57.46	14.72	7.22	1.47	3.08	5.35	2.60	5.47	0.10	0.77	0.41	98.65	13	461	32	1152	210	<10	<10	37	60	112	<10	13	0.48	0.22	2288	24	100	165	25	15	17	186	111	101	MM98 113
		Hom. dispersely foliated, darker grey intr.? rock. Banded seq.	23	162	MM-97043	67.31	16.05	3.03	0.49	0.92	3.17	4.37	3.20	0.03	0.15	0.26	98.98	<5	291	9	398	61	<10	<10	11	7	34	<10	<10	<0.10	<0.10	1556	20	54	17	8	<10	<10	65	46	30	MM-97043
		Dispersely fol. fine mdg. darker grey rock (host, intr. by granite)	23	197	MM-97050	67.94	15.11	2.79	0.41	1.36	3.06	4.51	2.98	0.05	0.19	0.19	98.59	<5	130	15	562	78	<10	<10	15	18	41	<10	<10	<0.10	<0.10	667	14	39	8	15	<10	<10	37	28	25	MM-97050
		Grey gneiss from band in Banded sequence	23	356	MM98 120	69.28	12.99	5.71	0.58	0.33	2.37	3.62	3.76	0.10	0.13	0.04	98.90	10	311	52	110	80	<10	<10	19	<5	16	<10	13	<0.10	<0.10	812	27	70	6	<5	15	<10	64	32	31	MM98 120
		Medium-grained grey granitoid from band in Banded sequence	23	289	MM98 114	69.29	14.52	2.89	0.40	0.60	2.04	3.41	4.59	0.03	0.13	0.34	98.26	10	264	19	268	173	<10	24	34	6	28	<10	<10	<0.10	<0.10	1291	22	50	<5	6	14	<10	74	45	31	MM98 114
		Grey foliated gneiss from band in Banded sequence	23	354	MM98 119	72.13	12.51	3.65	0.39	0.22	1.51	3.05	4.94	0.07	0.07	0.47	99.01	14	448	72	80	153	<10	14	25	44	10	<10	<10	<0.10	<0.10	871	23	75	6	<5	18	<10	101	44	62	MM98 119
		Finegrained grey rocks	Platy fineg. grey (migmatitic) rock. Banded sequence, supracr?	24	95	MM-97019	70.62	14.10	2.47	0.32	0.43	1.50	3.89	4.72	0.04	0.09	0.83	99.01	9	265	31	155	188	<10	24	22	<5	20	<10	<10	<0.10	<0.10	772	20	80	<5	<5	<10	<10	139	85	69
	Platy fineg. grey (migmatitic) rock. Banded sequence, supracr?		24	101	MM-97021	72.36	12.80	2.72	0.37	0.36	1.65	2.82	4.69	0.03	0.07	0.28	98.15	11	344	24	107	150	<10	12	17	6	14	<10	15	<0.10	<0.10	864	11	40	11	8	<10	<10	68	45	46	MM-97021
	Granitic veins	Grey granitic rock from band in Banded sequence	25	283	MM98 112	74.60	11.64	3.18	0.32	0.27	0.77	2.11	5.50	0.02	0.05	0.32	98.78	<5	442	5	198	120	<10	12	20	8	24	<10	<10	<0.10	<0.10	1423	21	44	<5	<5	20	<10	49	41	25	MM98 112
Planar fol. fine mdg. light grey rock. Banded seq., intr. vein?		25	104	MM-97022	74.67	11.61	2.09	0.19	0.02	0.60	3.06	5.02	0.02	0.02	0.20	97.48	6	376	55	48	146	<10	<10	15	<5	5	<10	<10	<0.10	<0.10	777	18	41	<5	<5	<10	<10	97	59	73	MM-97022	
Planar foliated fineg. light reddish grey rock. Banded sequence		25	94	MM-97018	75.12	11.29	2.22	0.20	0.01	0.70	2.89	4.90	0.01	0.01	0.15	97.50	5	368	52	54	103	<10	<10	11	<5	<5	<10	<10	<0.10	<0.10	926	20										

