

32029

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 205

ÅRBOK

1958

UTGITT VED
HARALD BJØRLYKKE
Direktor



OSLO 1959

I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.

Statens teknologiske institutt
BIBLIOTEKET

Innhold.

	Side
Knut Orn Bryn: Geologien på søndre del av kartblad Essandsjø. Med 4 tekstfigurer. <i>Summary</i> : The geology of the southern part of the Essandsjø map	5
Dwight F. Crowder: The Precambrian Schists and Gneisses of Lakselv Valley, Northern Norway. With 2 text-figures, 1 plate, 1 folding-map. <i>Sammendrag</i> : Den prekambriske skifer og gneis i Lakselvdalen, Nord-Norge	17
Richard V. Dietrich: Geological Reconnaissance of the Area between Kristiansand and Lillesand. With 1 text-figure and 1 map. <i>Sammendrag</i> : Geologiske iakttagelser i Randesund-området	41
Rolf W. Feyling-Hanssen: Marine kvartær-fossiler fra Seimsjøen i Sør-Odal. Med 1 tekstfigur. <i>Summary</i> : Marine fossils from the Late-Pleistocene of Sør-Odal	79
Fredrik Hagemann: Vannboring i Ost- og Midt-Finnmark. Med 1 tekstfigur. <i>Summary</i> : Water-borings in the eastern and middle part of Finnmark. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 9	84
Olaf Holtedahl: Noen iakttagelser fra Grønsennknipa i Vestre Slidre, Valdres. Med 8 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Geological observations in Mt. Grønsennknipa, Vestre Slidre, Valdres (Central-southern Norway) ..	90
Christoffer Oftedahl: Note on gel structures in a pyrite bed, the Grong district. With 2 text-figures. <i>Sammendrag</i> : Gelstruktur i vasskis, Grongfeltet	107
Paul H. Reitan and J. J. C. Geul: On the formation of a carbonatebearing ultrabasic rock at Kviteberg, Lyngen, northern Norway. With 5 text-figures and 1 map. <i>Sammendrag</i> : Om dannelsen av en karbonatførende ultrabasisk bergart ved Kviteberg, Lyngen, Nord-Norge	111
Thor Siggerud: Uranundersøkelser i Trøndelag. Med 6 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Uraniumprospecting in Trøndelag	128
Thor Siggerud: Fotogeologi. Med 5 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Photogeology	140
Steinar Skjeseth: Rørbrønner på Rena og Elverum. Med 9 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Wells at Rena and Elverum. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 8	160

Per Chr. Sæbø, Paul H. Reitan, and J. J. C. Geul: Stilbite, stellerite, and laumontite at Honningsvåg, Magerø, northern Norway. <i>Sammendrag: Desmin, stellerit og laumontit ved Honningsvåg, Magerø, Nord-Norge</i>	171
Per Chr. Sæbø and Paul H. Reitan: An occurrence of zeolites at Kragerø, southern Norway. <i>Sammendrag: Et funn av zeoliter nær Kragerø, syd Norge</i>	174
Per Chr. Sæbø and Thor L. Sverdrup: Note on stilbite from a pegmatite at Elveneset, Innlandet in Nordland county, Northern Norway. <i>Sammendrag: Meddelelse om et funn av desmin (stilbite) fra en pegmatitt ved Elveneset, Innlandet i Nordland fylke</i>	181
Trygve Strand: Valdres-sparagmittens stratigrafiske stilling. Med 4 tekstfigurer. <i>Summary: The stratigraphic position of the Valdres-Sparagmitte</i>	184
Norges geologiske undersøkelse gjennom 100 år. Ved dr. Gunnar Holmsen	199
Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1958. Ved direktør Harald Bjørlykke	233
Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart ..	253

Geologien på søndre del av kartblad Essandsjø.

Av

KNUT ØRN BRYN

Med 4 tekstfigurer.

Forord.

Somrene 1955 og 1956 foretok jeg en geologisk kartlegging på søndre del av kartblad H 25 Ø, Essandsjø, S. Trøndelag. Arbeidet ble utført for Norges geologiske undersøkelse. Materialet ble brukt til min hovedoppgave i Mineralogi og Petrografi ved Universitetet i Oslo, høsten 1958. Mine professorer, Barth og Strand, vil jeg få takke for all hjelp og veiledning. Det foreliggende manuskript har statsgeolog Skjeseth og dr. Oftedahl velvilligst gjennomgått og foreslått enkelte rettelser.

Bearbeidelsen av materialet har foregått på Geologisk Museum, Tøyen, Oslo.

Store deler av området er dekket av myr og morener. Blokker av granitt, samme type som i Vardeberget, ble funnet ca. 15 km NW for Vardeberget. Dette tyder på en istransport i denne retning, hvilket er den samme som Holtedahl (1953) har avmerket på sitt glacialgeologiske kart.

Rett nord for Øifjellet, og ca. 820 m.o.h. er det dødistopografi.

På grunn av overdekningen er det vanskelig å trekke noen sikre linjer før de tilstøtende områder er kartlagt. Jeg finner dog at det kan være av interesse å komme med en meddelelse om de viktigste geologiske trekk innen det kartlagte området.

Innledning.

Fig. 1 viser feltets beliggenhet. Området ligger i den østlige utkanten av Trondhjemsfeltet. Bergartene som er observert, tilhører prekambrium, kambrium og ordovicium. Ingen fossiler eller typiske ledehorisonter (konglomerater o. l.) er funnet innen det kartlagte området.

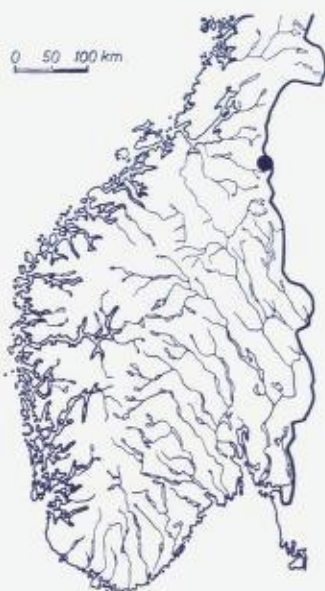


Fig. 1. Nøkkelkart. Sirkelen viser feltets beliggenhet.

Southern Norway. The black circle shows the location of the area described.

På fig. 2 er gjengitt et forenklet kart med bergartenes oppreden, samt de viktigste strukturetningene. For mer detaljerte observasjoner henviser jeg til min hovedoppgave (Bryn 1958).

På profilet, fig. 3 er benyttet de samme symbolene som på fig. 2. Profilets endepunkter, A—B er avmerket på kartet, fig. 2.

Alle de metamorfe bergartene innen feltet tilhører epidot — amfibolitt — facies, sannsynligvis undre del av denne.

Reusch (1896) har publisert et geologisk oversiktskart over Essandsjø. På enkelte punkter divergerer våre kart. Det Reusch kaller «Haarde skifere», kaller jeg porfyrer. Han har brukt samme betegnelse på bergartene i Øifjellet og nord for Øifjellet, nemlig «Grønlig, smaa-kornige mest skifrige bergarter nær forbundne med diorit». Bergarten i Øifjellet har jeg avsatt som amfibolitt, og nord for Øifjellet har jeg Stuedalsskifer. «Rørøss skifere» har han bare avsatt i en smal stripe syd for Essandsjø, mens jeg mener at storparten av bergartene nord, syd og vest for Essandsjø hører til gruppen av bergarter som kan kalles Rørøsskifer.

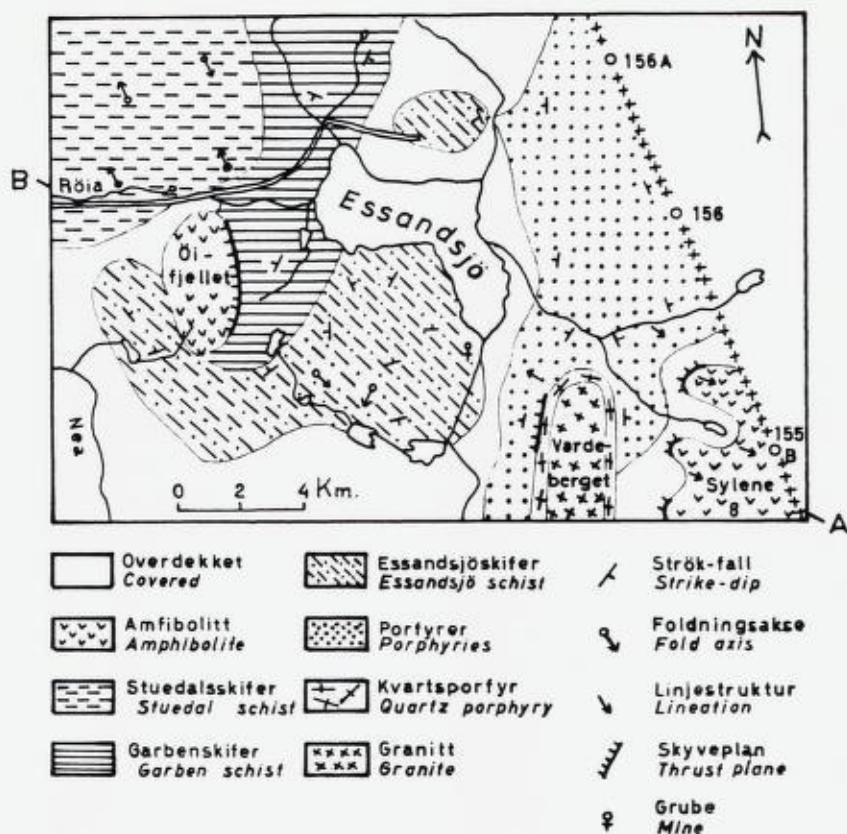


Fig. 2. Geologisk kart, Essandsjø.

Geological map, Essandsjø.

Bergartsbeskrivelse.

Prekambrium.

Granitten.

I Vardeberget, vest for Sylene-massivet og sydøst for Essandsjø, finnes en rød grunnfjellsgranitt. Den er noe oppkjust, men er ikke foliert. Mineralselskapet er mikroklin ca. 60 %, kvarts ca. 30 %, albitt ca. 4 %, flusspat, biotitt, muskovitt, kloritt og erts ca. 6 %.

Granittens alder har tidligere vært gjenstand for en del diskusjon. Törnebohm (1896) henfører både granitten og den omliggende kvarts-

porfyren til grunnfjellet, mens Carstens (1919, p. 29) holder på at granitten er yngre enn Rørosgruppen. Men i et foredrag i 1921 (1922, p. 1) går han tilbake på dette, og sier at såvel Sylenes som Veststrandens røde granitter er grunnfjellsbergarter. Når det gjelder Veststrandens røde granitter har Carstens (1919, p. 31) hevdet at de er nær beslektet med Riksgrensens røde granitter. Ramberg (1943, p. 141—142) refererer bare Carstens første påstand om at Riksgrensens røde granitt er yngre enn Rørosgruppen. Ramberg mener at dette er riktig etter de senere undersøkelser på begge sider av Trondhjemsfeltet.

Når det gjelder Riksgrensens røde granitter, støtter jeg Carstens og andre som oppfatter dem som grunnfjellsbergarter.

Kvartsporfyren.

Granitten går mot vest, nord og øst gradvis over i kvartsporfyre. Mot syd fortsetter granitten ut av det felt jeg har undersøkt. I overgangssonen mellom normal granitt og kvartsporfyre er grunnmassen forholdsvis tett med store kvarts- og feltspat-krystaller. Lengre fra granitten øker antallet av kvartsindivider, mens feltspatindividene forsvinner. Samtidig blir bergarten skifrig, med serisitt på lagflatene. Ved røntgenundersøkelser er grunnmassen bestemt til å bestå av en forholdsvis jevn blanding av kvarts og feltspat. Ut fra kjemisk analyse består den av ca.: 40 % kvarts, 22 % albitt, 33 % mikroklin og 5 % aksessoriske mineraler.

Jeg mener at kvartsporfyren er en grensefacies til granitten, men dette problemet vil bli behandlet i en senere publikasjon.

Den gradvise overgangen mellom granitt og kvartsporfyre er tidligere blitt observert syd for Essandsjø. Hørbye (1855, p. 428—432) kaller kvartsporfyren helleflint. Han oppfatter denne bergarten som sedimentær, og mener at den gradvise overgang til granitten, kan skyldes kontaktomvandelende prosesser.

Carstens (1919, p. 29—30) kaller kvartsporfyren felsitt, og han skriver: «Felsiten er saaledes med sikkerhet en granitisk faciesutvikling ved eruptivgrænsen.»

Oftedahl (1943, p. 12—13) har observert lignende overganger i Atnesjø-vinduet, og han antyder at kvartsporfyren er en grensefacies til granittmassivet.

Porfyre.

Mot vest er den omtalte kvartsporfyren skilt fra den overliggende bergarten med en markert NNE—SSW gående kløft i terrenget. Kløf-

ten er betinget av en overskyvning langs planet NNE—SSW og fall 35° mot WNW.

Bergarten vest for kløften er meget fin-kornete porfyrer med store mikroklinkrystaller. Grunnmassen er ved røntgenundersøkelse bestemt til å bestå av kvarts og feltspat. Aksessorisk holder bergarten serisitt og erts. En alkalibestemmelse av bergarten ga til resultat 4,20 % Na₂O og 5,71 % K₂O. Dette gir ca.: 25 % kvarts, 38 % albitt, 34 % mikroklin og 3 % aksessoriske mineraler.

Bergarten finnes over store områder nord for Vardeberget, mellom Riksgrensen og Essandsjø. Overalt ligger den i en N—S gående antiklinal med ombøyning langs grannittens fortsettelse. Dette er en del av Riksgrenseantiklinalen.

Ved den markerte skyvegrensen vest for Vardeberget er denne porfyren sterkt oppbrukt, breksiert, mens høyere opp i lagpakken har skyvningen vært laminær, se under kapitlet om tektonikk.

Carstens (1922, p. 3) skriver: «Ved de sidste sommers undersøkelser er der flere steder, saavel paa østsiden som paa vestsiden av Riksgrænsens granitantiklinal, paavist tynde sparagmitlag, som ved ½—1 m mæktige basalbreccier er adskildt fra den underliggende granit . . . Overalt er forholdet det samme. Under Rørosskiferne ligger med W-lig fald i vest, E-lig fald i øst tykkere eller tyndere lag av sparagmit (sparagmitskifer), som dels hviler paa granit, dels paa kvarts-porfyr. Omkring selve Sylmassivet har sparagmitformationen sin minste mægtighet.»

En smal stripe sparagmit er også avmerket på «Berggrunnskart over Norge» (Holtedahl 1953).

Jeg har ikke observert den her omtalte spragmitt. Etter den refererte beskrivelsen fra



Fig. 3. Profil A—B. Profillets retning er N 73° W.
Profile A—B. Direction of the profile is N 73° W.

Carstens tror jeg at det han kaller sparagmitt er den samme bergarten som jeg kaller porfyrer. Men det er et begrenset område med meget overdekning som jeg har kartlagt, så det er selvfølgelig muligheter for at det kan finnes en sone med sparagmitt innen området.

Overgangen til den overliggende bergarten er ikke kontinuerlig blottet, men i de øvre deler av porfyrene kommer det inn enkelte lag med granatførende (almandin) glimmerskifer.

Kambro-silur.

Essandsjøskifer.

Det første partiet over porfyrene er overdekket, men nord og syd for Essandsjø finnes et bergartskompleks bestående av amfibolitt, glimmerskifer og sandsten. Skjematisk består lagrekken underst av amfibolitt og glimmerskifer, i de midtre partier dominerer sandsten med litt amfibolitt og glimmerskifer, mens de øvre partiene igjen består av amfibolitt og glimmerskifer.

Amfibolitten er en mørk, finkornet til middelskornet hornblendebergart med lite lyse mineraler. Feltspaten er andesin. Amfibolitten fører også noe epidot og aksessorisk svovelkis.

Glimmerskiferen er grovkornet og består av kvarts, biotitt og/eller muskovitt. Dessuten i mindre mengde almandin, plagioklas, mikroklin, kalkspat og erts.

Sandstenen er meget løs i strukturen og forvitrer lett. Foruten kvarts inneholder den små mengder av muskovitt, biotitt, svovelkis, albitt, granat, rutil, zirkon og amfibol.

Dette bergartskomplekset mener jeg må være dannet i et sedimentasjonsbekken, med forholdsvis hyppige vulkanske utbrudd innen samme område. Lavaen, som da har flytt ut under vann, finner vi nå som amfibolitt. Eventuelle putestrukturer er utvisket av den etterfølgende metamorfosen. At amfibolitten har flytt ut som lava, og ikke blitt intrudert i lagpakken, slutter jeg blant annet av at jeg aldri har sett amfibolitten kutte igjennom noen lag.

De samme bergartene finnes lenger vest, sydvest for Øifjellet.

Dette bergartskomplekset er meget overdekket, og dertil forholdsvis sterkt foldet. De enkelte lag har vanligvis mektigheter fra et par meter og opp til 15—20 meter, muligens adskillig mer for enkelte vedkommende. Å angi noe sikkert om mengdeforholdet mellom de enkelte bergarter, lar seg ikke gjøre. Dog synes forholdet å være: amfibolitt > glimmerskifer > sandsten.

I de lavere deler av lagrekken finnes enkelte tynne amfibolittbånd vekslende med glimmerskifer; mektigheter noen få centimeter. Denne amfibolitten kan muligens opprinnelig være en tuff, mens høyere opp i lagrekken hvor mektighetene er betraktelig større, tror jeg at amfibolitten har vært en lava.

I de undre deler av denne lagserien finnes Esna grube. Den ligger SW for sydspissen av Essandsjø. Gruben er vannfylt, så jeg har ikke fått undersøkt den nærmere. Mineraliseringen består ifølge Aasgaard (1927, p. 152) nesten utelukkende av magnetkis og kobberkis. Gruben har ikke vært i drift siden 1897.

Den sonen gruben ligger i, er ellers i det undersøkte feltet dekket av myr og vann. Muligheten for ukjente forekomster innen samme sone er således tilstede.

Garbenskifer og Stuedalsskifer.

Vest for dette bergartskomplekset, og stratigrafisk over, kommer to for Rørosgruppen typiske bergarter, garbenskifer og Stuedalsskifer. Disse to skifre har skiftet navn flere ganger de siste hundre år. Kjerulf (1871, p. 43) beskriver en bergart han kaller Rørosskifer, mens Torell (1888, p. 252) bruker navnet garbenskifer på den samme bergarten. Reusch (1890, p. 30—31) er den første som bruker navnet Stuedalsskifer. Han definerer Stuedalsskiferen som en finskjellet lys muskovittskifer oppfylt av porfyrisk innsprengte biotittindivider og hornblendenaåler. Han skriver videre at enten biotitten eller hornblendenaåler kan tre tilbake. Carstens (1919, p. 59) opprettholder navnet Stuedalsskifer for «Den graagrønne porfyroblastisk struerte glimmerskiferbergart, hvor biotit optrær som porfyroblastmineral . . .», mens han skiller ut garbenskiferen, som har knipper av tynne, lange hornblendenaåler som porfyroblaster, som en egen bergart. Det er Carstens' definisjon jeg holder meg til.

Törnebohm (1896, p. 72) skriver at Stuedalsskiferen ligger under garbenskiferen. Han skriver også (1896, p. 74) at Stuedalsskiferen flere steder forsvinner. I det feltet jeg har undersøkt, ligger Stuedalsskiferen over garbenskiferen. Overgangen mellom dem er gradvis, fra en skifer med store hornblendenaåler, via en skifer uten porfyroblaster til Stuedalsskiferen som først har mikroskopiske biotittporfyroblaster, høyere opp har den porfyroblaster som kan bli inntil 1 mm i tverrsnitt. Mens hornblendenaålene ligger i skifrihetsplanet, ligger biotittporfyroblastene som klumper uten noen foretrukket orientering.

Garbenskiferen har følgende mineralsammensetning: Hovedminerale: kvarts, muskovitt, hornblende. I mindre mengde: Kalkspat, plagioklas, spessartin, biotitt og erts.

Stuedalsskiferen har følgende mineralsammensetning: Hovedminerale: kvarts, feltspat og biotitt. I mindre mengde: muskovitt, kloritt og erts.

Carstens (1928) har analyser av begge disse bergartstyper.

I Stuedalsskiferen er det flere soner med grafittskifer. Grafitten er meget finfordelt i bergarten.

Stuedalsskiferen, som er det høyeste stratigrafiske sedimentære nivået innen feltet, tilhører den øvre del av Rørosgruppen, og står på overgangen kambrium—ordovicium.

Amfibolitter i Øifjellet og Sylene.

I Øifjellet, WSW for Essandsjø, og i Sylene, i det SE-lige hjørnet av feltet, finnes store amfibolittmassiver. Begge er skjøvet på plass; jeg har langs begges undergrenser funnet mylonittiske, omvandlete glimmerskiferbergarter. Jeg antar at de tilhører samme skyvedekke, og at amfibolitten i Øifjellet er en erosjonsrest av et større amfibolittmassiv. Mineralselskapet er meget likt begge steder: Hovedmineral: hornblende. I vekslende mengde: oligoklas, epidot og titanitt. Akse-sorisk: ilmenitt, svovelkis, apatitt og zirkon. Ti-innholdet i en vilkårlig prøve fra Sylene var 2,71 vektprosent TiO_2 . Jeg tror at den overveie-nde del av dette er bundet til titanitt og ilmenitt.

Gjennomsettende bergarter.

I granitten finnes det to typer mørke, gjennomsettende ganger.

Type I er mørk grønn og tett, og har store feltspatkrystaller. Grunnmassen består vesentlig av finfordelt biotitt, med litt andesin og apatitt. De store (opp til 4 mm i diameter) feltspatkrystallene er en nesten monoklin kalifeltspat.

Type II er mer grovkornet, med ufriske korn. Jeg observerte følgende minerale: andesin, mikroklin, biotitt, muskovitt, serisitt, kloritt, amfibol, epidot, apatitt og hematitt.

Denne type fant jeg foruten som ganger, et sted hvor den sto som et forholdsvis rundt, muligens loddrett rør. Den var forbundet til granitten med en gradvis overgang.

I Stuedalsskiferen finnes en bred gang av Trondhjemitt. Grenseforhold og nøyaktig størrelse kan ikke angis på grunn av overdekning.

Størrelsen dreier seg om minst 2—3 km i retningen E—W, og bredden ca. 100 m. Mineralsammensetningen er: Hovedmineral: albitt—oligo-klas. I mindre mengde: kvarts. Aksessorisk: muskovitt, ripidolitt og erts.

I feltspaten er Karlsbadertvillinger vanlige, og den er tildels sonarbygget med en sterkt serisittisert kjerne og en klar randsone.

Linjestrukturer.

I porfyrene er observert en tydelig linjestructur, bestående av en rekke glinsende, parallelle striper. Det er tynne, smale bånd av serisittskjell. Jeg antar at skyvningen har vært laminær, og at enkelte feltspatkorn har blitt gnidd ut i lange bånd. Disse har så blitt omdannet til serisitt. Linjestructurens retning er N 145° E, avvik til begge sider er under 20°. Fallet varierer fra ca. 35° mot NW på vestsiden av Riksgrenseantiklinalen, til ca. 25° mot SE på østsiden av samme antyklinal. Da feltspatkornene må ha blitt gnidd ut i skyveretningen, viser dette at porfyrene er blitt skjøvet mot SE.

Parallellorienterte hornblendenåler finnes de fleste stedene innen Sylenemassivet. I de øvrige amfibolittiske bergartene har jeg kun spredte iakttagelser av linjestructurer. Innen Sylenemassivet ligger hornblendenålene orientert med retning N 135° E og slakt fall mot ESE. Med støtte i teorien til Kvale (1944, p. 34) hvor han sier at strekningen er parallell bevegelsesretningen hvor bevegelsen har vært laminær, viser linjestructuren i amfibolitten i Sylene at bevegelsesretningen har vært mot ESE eller SE.

Rett syd for Essandsjø har jeg et sted observert parallellorienterte hornblendenåler i skifrig amfibolitt. I lag vel 1 cm under hverandre varierte vinkelen mellom retningene 76° i skifrihetsplanet.

Folder.

Stuedalsskiferen er utviklet med en meget ensartet foldningsstruktur. Foldningsaksens retning er NNW—SSE, vanligvis med et svakt fall mot NNW. Små avvik forekommer. Foldene er slepefolder med et meget karakteristisk utseende. Foldene, som alltid har forholdsvis skarpe ombøyninger, se fig. 4, er brukket ned mot vest. Den horisontale avstand fra fold til fold varierer meget, fra flere 10-meter ned til noen få centimeter.

Det er rimelig å anta at trykkforplantningen har vært i østlig ret-



Fig. 4. Slepefolder. Sett mot nord.

Drag folds. Seen towards the north.

ning, og at trykket har utløst større eller mindre skyvebevegelser. Når en lagpakke skyves bortover sitt underlag, vil det være rimelig å anta at friksjonen mot underlaget er større enn mellom de enkelte soner i lagpakken. Friksjonen er jo blant annet avhengig av vekten til de overliggende massene. Hastighetsfordelingen blir da at de øvre delene av lagpakken går fortere enn de undre. Folder oppstått under slike forhold, burde bli nær et speilbilde av de foldene jeg har observert, eller, med andre ord, brukket ned mot øst.

Foldene som er brukket ned mot vest, kan ikke forklares ved inversjon eller tipping av blokken. Jeg tror også at vi kan se bort fra en lokal skyvning mot vest.

Jeg mener at forklaringen må ligge i at det under Stuedalsskiferen kan ha ligget et lag som har nedsatt friksjonen, for eksempel grafittskifer. Da ville en kunne oppnå at de undre lagene beveget seg noe raskere enn de øvre. Da det er den relative bevegelsen som har betydning, ville dette ha samme virkning på bergarten som om de øvre lag var blitt skjøvet mot vest. Jeg har ikke observert noe grafittskifer eller

annen smørende bergart ved basis til Stuedalsskiferen, men det finnes, som tidligere nevnt, noen grafitteholdige soner i Stuedalsskiferen.

På lagflatene har Stuedalsskiferen en markert krusning. Denne linjestrukturens retning er overalt parallell foldningsaksen på stedet. Disse to strukturer er sannsynligvis dannet samtidig. Biotittporfyrroblastene virker uberørt av foldningen og krusningen. Det er derfor rimelig å anta at de er dannet under metamorfosen etter foldningen.

I glimmerskiferen syd for Essandsjø observerte jeg noen få og små foldningsakser. De kan deles i to typer, med akseretning NNE—SSW og NW—SE. Disse retninger stemmer med de folderetningene som er vanlige for den kaledonske hovedfoldning og tverrfoldning.

De fleste strukturer jeg har nevnt, antyder en trykkretning og skyvebegelse mot SE eller ESE. Dette er ifølge Kvale (1944, p. 34) «. . . den skyveretning som alle fjellkjedegeologer på begge sider av Kjølen er enige om». Foldene i Stuedalsskiferen antyder en trykk og skyvebevegelse mot ENE. Foldningsaksens retning stemmer forholdsvis godt med tverrfoldningen, men jeg tror heller at denne delen av lagpakken kan ha blitt utsatt for en liten roterende bevegelse under den siste del av skyvningen.

Summary.

The geology of the southern part of the Essandsjø map.

The field observations were made during 1955 and 1956. The most important types of rocks are as follows.

Near the SE corner of the map there is a granite surrounded by quartz porphyry. This is overlain by another porphyry, supposed to be allocthonous. To the west there is an overlying series consisting of amphibolite, mica schist and sandstone, called Essandsjø schist. In the lower part of this series, there is an abandoned copper mine. These rocks occupy the central part of the map. Farther west there is a garben schist, overlain by Stuedal schist, which is characterized by biotite porphyroblasts. These two schists are characteristic for the Røros group, which is of Cambrian and lower Ordovician age.

The two biggest mountains, Sylene and Øifjell, consist of amphibolite, obviously allocthonous. The amphibolite and the rocks of the Røros group belong to the epidote—amphibolite facies.

Most of the structures in the field indicate a stress and transport from NW to SE.

Litteratur.

Forkortelser:

NGT: Norsk Geologisk Tidsskrift.

NGU: Norges geologiske undersøkelse.

- Aasgaard, Gunnar*, 1927. Gruber og skjerp i kisdraget Øvre Guldal—Tydal. NGU nr. 129.
- Bryn, K. Ø.*, 1958. En geologisk undersøkelse av bergartene på søndre del av kartblad Essandsjø. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo.
- Carstens, C. W.*, 1919. Oversigt over Trondhjemsfeltets bergbygning. Det Kgl. Norske Vid.Selsk. Skr. nr. 1, 1919.
- 1922. Av Trondhjemsfeltets geologi. Nyere undersøkelser. NGT nr. 7, 1922—1923 pp. 1—5.
- 1928. Petrologische Studien im Trondhjemgebiet. Det Kgl. Norske Vid. Selsk. Skr. nr. 1, 1928.
- Holtedahl, Olaf*, 1953. Norges geologi. NGU nr. 164.
- Hørbye, J. C.*, 1855. Et Strøg af Rigsgrændsen. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, nr. 8, 1855 pp. 385—434.
- Kjerulf, Th.*, 1871. Om Trondhjems Stifts geologi. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, nr. 18, 1871 pp. 1—79.
- Kvale, Anders*, 1944. Skyvning og friksjon. NGT nr. 24, 1944 pp. 32—39.
- Oftedahl, Christoffer*, 1943. Om sparagmiten og dens skyvning innen kartbladet Øvre Rendal. NGU nr. 161.
- Ramberg, Hans*, 1943. En undersøkelse av Veststrandens regionalmetamorfe bergarter. NGT nr. 23, 1943 pp. 1—174.
- Reusch, Hans*, 1890. Geologiske iagttagelser fra Trondhjems stift. Forh. i Vid. Selsk. i Christiania, No. 7, 1890.
- 1896. Geologiske iagttagelser fra strøget i nord for Fæmundsjøen. Forh. i Vid. Selsk. i Christiania, No. 1, 1896.
- Torell, Otto*, 1888. Aflagingarna på ömse sidor om riksgränsen uti Skandinavien sydligare fjelltrakter. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, nr. 10, 1888 pp. 241—261.
- Törnebohm, A. E.*, 1896. Grunddragen af det Centrala Skandinavien bergbyggnad. Kongelige Svenska Vet. Akad. Handlingar, 28, No. 5, 1896.

The Precambrian schists and gneisses of Lakselv valley, northern Norway.

By

DWIGHT CROWDER

With 2 text-figures and 2 plates.

Abstract.

The principal rocks of the Lakselv valley area are well-foliated hornblende schist and mica-quartz schists and lesser amounts of quartzite and marble. The hornblende schist overlies most of the mica-quartz schists and in several places is interlayered with them on a small scale. The structure of these layered rocks consists of several broad folds trending and plunging easterly. Most of these rocks probably represent sediments that were metamorphosed in Precambrian time under conditions of the epidote-amphibolite facies.

Some of the hornblende schist has been transformed to small masses of hornblende gneiss and diorite, and a large sill of quartz diorite and a small stock of granite have been emplaced. These rocks, which were originally more or less massive, have been metamorphosed to gneisses; this metamorphism obscures their original mode of emplacement.

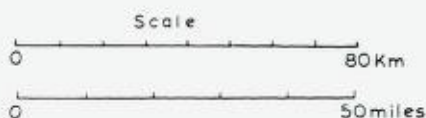
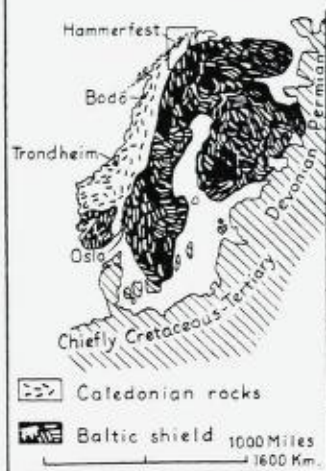
More recently, hornblende schist has been converted into chlorite schist in shear zones, and small sills of ultrabasic rock have been emplaced.

Introduction.

The Lakselv valley is at the head of Porsangerfjord on the north coast of Northern Norway (see Fig. 1). The rocks described in this report are the metamorphic rocks which occur in the Lakselv valley from Porsangerfjord on the north to near the hamlet of Skoganvarre on the south. Near the southern boundary the otherwise extensive outcrops in Lakselv valley become very scarce due to a blanket of moraine. The metamorphic rocks of the valley are overlain unconformably in the abrupt valley sides by beds of Caledonian sedimentary rocks; the contact between these sedimentary rocks and the metamorphic rocks forms the east and the west limits of the mapping. This contact, slightly changed and extended near Mærddevarre and north as far as Porsangerfjord, was taken from a map by Holtedahl (1931, Fig. 2).

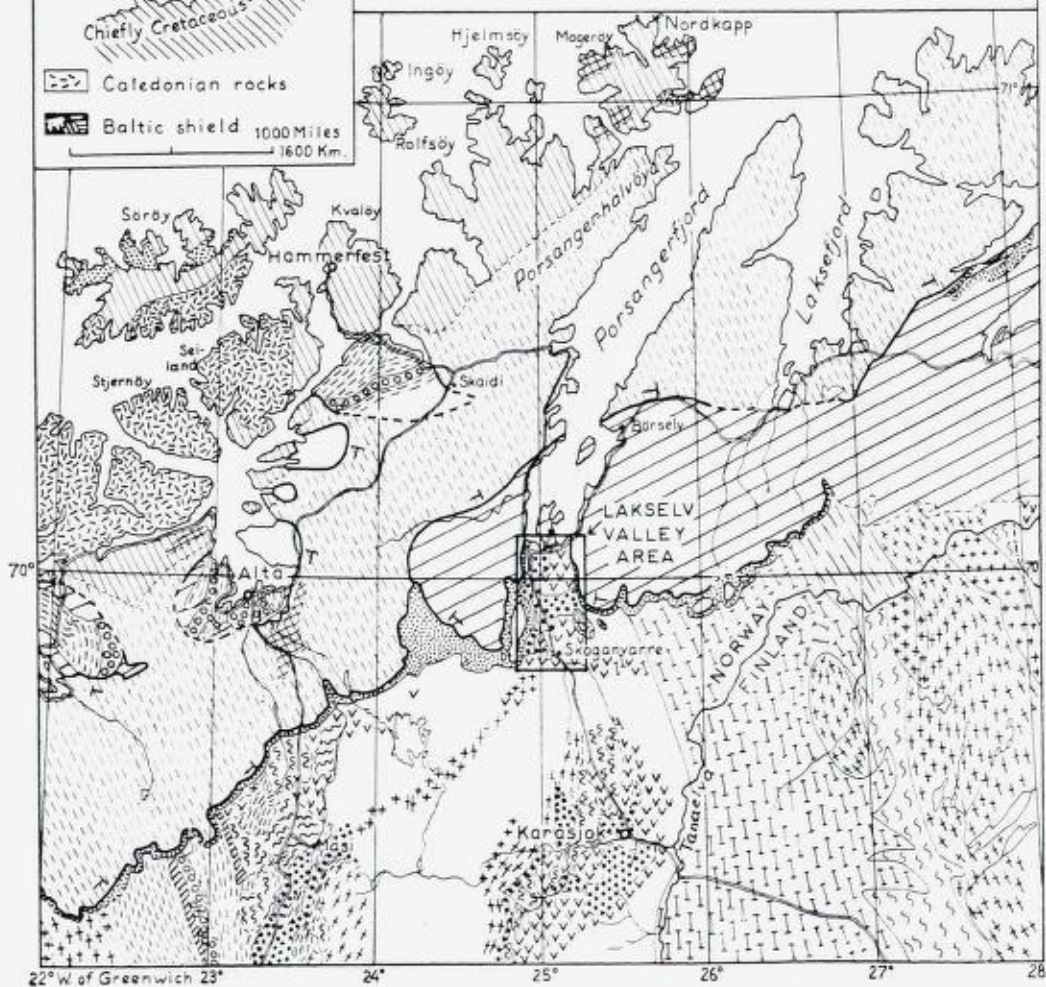
The area is accessible from the road around the head of Porsanger-

GEOLOGIC MAP OF PART OF NORTHERN NORWAY AND FINLAND



○ MAIN TOWNS — MAIN ROADS • VILLAGES

Largely after Høitvedahl (1953 Pl.1 and Fig.10)
West of Masi after Per Holmsen, Padgett and Pehkonen (1957 Pl.1) In Finland after Eskola (1952 Fig.1)
Near Karasjok after H Wennervirta (pers. com.)



EXPLANATION

EARLY PALEOZOIC (CALEDONIAN) ROCKS



Basic rocks, mainly gabbro, on Mageroy of uncertain age



Cambrian sedimentary rocks, on Surøy strongly metamorphosed
Cambro-Silurian, (mica schist — marble groups)



Granite and granite gneiss



Probably mainly Eocambrian rocks: (a) Mainly gneisses
(b) Quartzite, phyllite (less metamorphosed sedimentary rocks)



Eocambrian sedimentary rocks, not or slightly altered;
locally may include Cambrian rocks

PRECAMBRIAN ROCKS



(a) Sandstone and grit, quartzite

(b) Greenstone, includes some hornblende schist in area
west of Mass (c) Argillite



(d) Mica schist, includes some hornblende schist (e) Quartzite, includes mica-quartz schist in Lakselv valley area
(f) Hornblende schist and amphibolite, minor hornblende; includes some gabbro and diabase in Karasjøk area
(g) Granulite (h) Gneisses in general (i) Undifferentiated



Granitoid rocks:

(j) Massive

(k) Gneissic

(l) Migmatitic

----- Contact dashed where approximately located or inferred

—T— Thrust fault, dashed where inferred; T on upper plate.

Fig. 1. Geologic map showing location of the Lakselv valley area.

Geologisk kart som viser beliggenheten av Lakselvdalens område.

fjord and from the road along the east bank of Lakselva ("the Salmon River"). Since Lakselva is too large to wade across, the west side of the valley is not so easily accessible. Settlement is limited to small farms and hamlets on the roads. Some migrating Samer (Lapps) winter their reindeer on the plateau south of the area and in the spring and in the fall they follow their herds through Lakselv valley on their way to and from summer pasture in coastal areas.

Geologic work occupied a period of eight weeks in the summer of 1957. Traverses were made from camps on the roads and from a camp at the north end of Gaggavatn. Parts of Norges Geografiske Oppmåling's 1:100,000 quadrangle maps, Skoganvarre (V 5), Halkkavarre (W 5), Stabbursdalen (W 5), and Børselv (W 4), enlarged to 1:50,000, were used as a base map. Aerial photographs were available for about half of the area, and these were not used as a base map but as an aid in mapping.

I was assisted in the mapping by Harald Skålvoll, and Hrobjartur Einarsson served as our camp assistant. We thank the staff of Lakselv Gjestgiveri for many special favors, and Mr. A. Sellevold of Geofysisk Malmleting, Trondheim, for his and his staff's cooperation and their help with local transportation. Miss D. Engelsrud drafted the illustrations. Suggestions on terminology were made by Professor T. Barth and Professor O. Holtedahl. I also discussed pertinent problems of Caledonian geology with Professor Holtedahl. Konservator H. Rosendahl helped me write the Norwegian in the report. I am indebted to the U. S. Educational (Fulbright) Foundation for bringing me to Norway for geologic study. For all this help I am most grateful.

Reports of previous workers in the Lakselv valley area deal largely with the sedimentary rocks on the sides of the broad valley or with the numerous copper prospects in the valley itself. Reusch (in Dahll and others 1891, pp. 62—65 and Reusch 1903, pp. 32—36) and Holtedahl (1918, pp. 131—132, 207—209) make brief mention of the crystalline rock types observed in the valley during reconnaissance surveys. Holtedahl (1931, p. 246) discusses the nature of the land surface developed on the Precambrian rocks, and Carstens (1931) describes the Lakselv valley metamorphic rocks in somewhat more detail than do the early reconnaissance workers. Considerable more-or-less detailed work has been done to investigate the copper prospects in Lakselv valley but except for the reports of Carstens (1931), Føslie (1933), and Færden (1952) most of the results of this work are in

unpublished reports in the files of the government agencies, Norges Geologiske Undersøkelse and Geofysisk Malmleting.

The Lakselv valley area is a part of the large area of Precambrian rocks in Northern Norway (see Fig. 1), the geology of which is known largely from reconnaissance surveys. Holmsen and others (1957) describe in some detail the rocks north and west of Kautokeino, and Reusch (in Dahll and others 1891, pp. 29—35) describes the rocks in the Karasjok area. Eskola (1952) describes the granulites of Lapp-land, part of which occur in Norway only 20 km. east of Lakselv valley.

General geology.

The Caledonian sedimentary rocks which lie unconformably on the metamorphic rocks of Lakselv valley (see cross-section A-B on the geologic map), and which are mostly shale and sandstone, were not studied. Certain observations on them were made, however.¹

On Vuollonjunne, which is a mountain just west of the southwest corner of the map area, there are lower Cambrian fossils in these sedimentary rocks (Holtedahl 1918, p. 129); the underlying metamorphic rocks in Lakselv valley are therefore Precambrian rocks. In Norway these rocks are known as "grunnfjell" and the term Pre-Eocambrian has been applied to them (for example Holtedahl 1953, Pl. 1).

¹ The actual contact between the sedimentary rocks in the Lakselv valley area and the underlying metamorphic rocks was observed in three places that have not been previously described and that are very well exposed: on the road to Børselv at an outlier which is 6¼ km. east of Brennelv; at the top of the spur north of the lakes which lie due east of Mærddevarre, a mountain on the west side of the valley; and at the bottom of the creek gorge 2 km. north of Mærddevarre. In all three places the bedding of the overlying sedimentary rocks, which are principally conglomerate and sandstone, is nearly horizontal, and the underlying schist or gneiss dips 20° to 40°; the contact is clearly an unconformity. The underlying metamorphic rocks are not noticeably wathered, the contact is sharp and along it there is no sign of dislocation. A basal conglomerate lies on the unconformity. It is only a few tens of centimeters thick and contains well-rounded quartz-rich pebbles and cobbles from about 1 cm. to 20 cm. in diameter in a matrix of coarse sandstone. The outlier on the road to Børselv is notably accessible and well-exposed, and it consists of a cluster of scattered patches of basal conglomerate on gneiss. Some of these patches are literally single pebbles. In the immediate vicinity of Mærddevarre the rocks lying conformably above the basal conglomerate are sandstones and grits which contain a few thin layers of reddish shale. Observations on these rocks are summarized in the two stratigraphic sections shown in Figure 2.

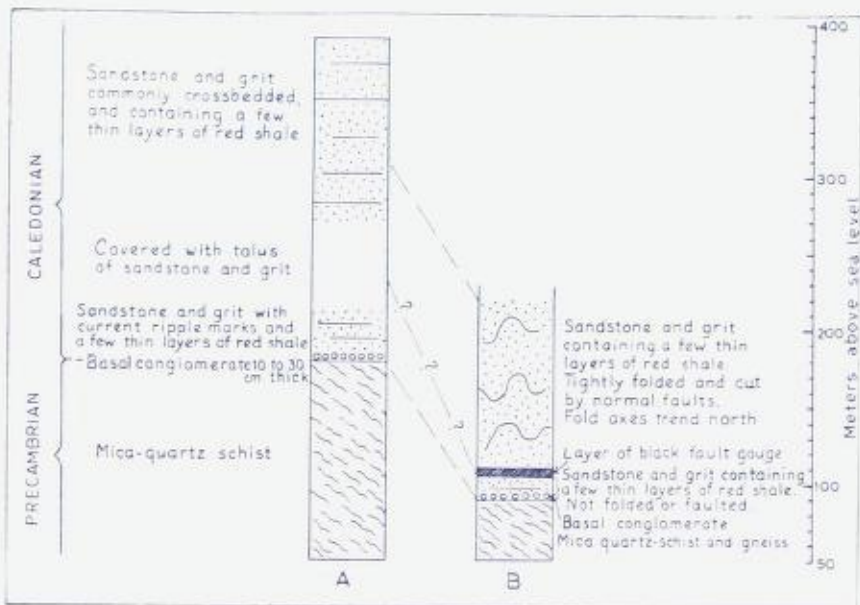


Fig. 2. Stratigraphic sections on the east side of Mærddevarre.
Thicknesses approximate only.

A. One-half kilometer north of the summit of Mærddevarre.

B. Along creek 2 kilometers north of the summit of Mærddevarre.

Stratigrafiske snitt på østsiden av Mærddevarre. Bare tilnærmete tykkelser.

A. En halv kilometer nord for toppen av Mærddevarre.

B. Langs bekken 2 kilometer nord for Mærddevarre.

The most abundant metamorphic rocks in the Lakselv valley area are mica-quartz schists and hornblende schist, with a few layers of quartzite and marble in them. Small masses of more-or-less massive granitoid rock¹ have been emplaced in these rocks — a granite, a quartz diorite and a hornblende diorite formed by granitization of hornblende schist — but these rocks have all been metamorphosed to gneisses. A little chlorite schist has been formed from the hornblende schist in late shear zones and a few ultrabasic sills have been emplaced.

Most of the quartzitic rocks and the marble in Lakselv valley have been derived from sedimentary rocks, and since much of the horn-

¹ By granitoid rocks I mean the whole class of granular crystalline rocks of dioritic to granitic composition, i. e., as the terms granitic rock and granite are often used.

blende schist is interlayered with them on a small scale, much of the hornblende schist is also of sedimentary origin. Some of the hornblende schist probably has been derived from basic volcanic rocks.

The hornblende schist overlies most of the quartzitic rocks, but since the top and the bottom of the sequence is not exposed the thicknesses are impossible to determine. Exposed thicknesses, calculated from measurements along the cross-section line A-B on the geologic map, are 1200 m. of quartzitic rocks and 6000 m. of hornblende schist. The rocks have been gently folded into several synclines and anticlines whose axes strike and plunge eastward.

Rock descriptions.

Mica-quartz schist and quartzite. More abundant than pure white quartzite are quartz-rich schists containing biotite, muscovite, and oligoclase (An_{25} to An_{30} , albite in a few places).

There are three main varieties of the mica-quartz schists: (1) muscovite-quartz schist, (2) biotite-quartz-oligoclase schist, and (3) quartz-albite schist. All these schists are fine-grained, and their foliation is caused by parallel flakes of mica which commonly are more abundant in some layers than in others, so that the rocks are finely (1 to 10 cm.) and regularly laminated. This lamination suggests that the original rock was a sediment, formed by alternating deposition of pure and impure quartz-rich material.

The muscovite-quartz schist, which generally contains over 95 % quartz, also contains muscovite, a little biotite and oligoclase, a few opaque grains, a little chlorite as an alteration product of biotite, and a little sericite as an alteration product of oligoclase. Thin sections of some of these schists show small lenses of somewhat coarser-grained quartz in a fine-grained quartz-rich matrix, which may be relics of particularly large grains of detrital quartz. Some muscovite-quartz schist, in which the muscovite on foliation planes is coarser-grained than usual, are very lustrous. These foliation planes, though nearly parallel, are not exactly so: they cross and branch and in places fray out into massive quartzite. It appears that the medium-grained muscovite in these lustrous schists has formed in quartzite along small shear planes.

In the biotite-quartz-oligoclase schist the quartz and oligoclase are present in approximately equal amounts, though in many places oligo-

clase is slightly more abundant than quartz. The most common varietal mineral, other than biotite, may be either garnet, scapolite (dipyre) or calcite. Also present are small amounts of sphene, magnetite, apatite, zircon, allanite, muscovite and microcline. A little sericite, epidote and chlorite occur as alteration products of plagioclase or biotite, and in many places the alteration is rather intense.

Quartz-albite schist, containing 60 % to 70 % albite (An_5 to An_{10}) and quartz, occurs in a few places. In one place the varietal mineral in the albite-rich schist is tremolite. In most places the schist contains a little muscovite, epdote, sphene, apatite and chlorite.

Though interlocking grains are visible in most thin sections of the mica-quartz schists and quartzite, their typical micro-texture is granoblastic.

The sedimentary origin of most of the mica-quartz schist and the quartzite can be inferred from their appearance and field relations and from their composition. These rocks are nearly everywhere fine-grained, evenly laminated, and well-foliated, and when occurring in hornblende schist and gneiss they are in conformable layers 1 mm. to many meters thick. No cross-cutting or branching layers were observed. The high quartz content of the muscovite-quartz schist, and the presence of the quartzite, also suggest a sedimentary origin. The biotite-quartz-oligoclase schists, which contain abundant plagioclase, may originally have been beds of arkose or of acid tuff. The scarce and compositionally unusual quartz-albite schist cannot have been a typical sedimentary rock. Adjacent to the body of sheared and recrystallized granite, near the summit of Lævnjavarre, is some quartz-albite schist; even though there is no field or microscopic evidence that they formed by replacement, it is possible that sodium-rich emanations, related to the original granite, have replaced the adjacent rocks.

Hornblende schist, diorite and gneiss. In Lakselv valley there is some hornblende gneiss and hornblende diorite, which may also be called amphibolite, but far more abundant is hornblende schist. The hornblende gneiss and diorite occur in small irregular masses and layers that were too small to map and which grade into the hornblende schist. They appear to have been formed by granitization of the hornblende schist. The hornblende gneiss and diorite developed during an early period of metamorphism and granitization, and were converted into other hornblende gneisses by shearing and recrystallization during a later period of metamorphism.

The hornblende schist is generally fine-grained or fine medium-grained and black and its micro-texture is granoblastic. The mineral composition is rather variable: hornblende (25 to 50 %), plagioclase (mostly An₂₀, 10 to 30 %) and quartz (5 to 25 %). Most of the hornblende is a typical green to blue-green variety but pale-colored, actinolitic hornblende is fairly common. Garnet and epidote are the most abundant accessory minerals and garnet-hornblende schist containing up to 10 % garnet occurs in several places. Minor accessory minerals are sphene, apatite, zircon and opaque grains. Sericite and chlorite occur as alteration products. Much of the plagioclase in contact with epidote is more sodic than usual (An₁₀ to An₁₅), but most of the plagioclase (An₂₀) and epidote appear to be in equilibrium with one another. Regional metamorphism of the hornblende schist apparently took place in the lower half of the temperature range represented by the epidote-amphibolite facies.

Most of the hornblende schist has a good cleavage, but some is particularly massive; this suggests that the original rock was a basic lava flow. No primary volcanic structures were noted, however, though Carstens (1931, p. 172) does mention having seen a volcanic slag structure in these schists. In many places, for example along the north shore of the northernmost Porsvatn and in the area north and east of Russevatn, thin layers of mica-quartz schist, quartzite and marble, which are certainly of sedimentary origin, alternate with thin layers of hornblende schist. Most of these layers range in thickness from a few millimeters up to a meter or two. The hornblende schist in such places must once have been a sedimentary rock — perhaps a limey mud. Another possible origin of the hornblende schist is in thin layers of basic tuff, but since it is acid volcanic rocks and not basic ones that furnish most present-day tuffs — particularly those deposited in thin layers — the possibility that much of the hornblende schist in Lakselv valley were tuffs is remote. The recurrence of layers and lenses of mica-quartz schist, quartzite and marble here and there in areas largely underlain by hornblende schist, for example north and south of Rittavatnan and near Silbbaökka, also suggest that the hornblende schist is predominately of sedimentary origin.

Hornblende diorite, formed by granitization of hornblende schist, occurs in several small irregular masses — for example 1½ km. east of the north end of Coalmejavvre, 1 km. south of Aurevatn, and 1 km. west of Vuolajokluobbal. The diorite grades into hornblende schist

through zones of hornblende gneiss or of hornblende schist which contains layers of hornblende gneiss a few centimeters to several meters thick grading into it. No dikes of hornblende diorite or of hornblende gneiss were noted. In the zones where diorite grades into schist are seams and layers of plagioclase which range in thickness from about 2 to 10 mm. Much of the hornblende gneiss in these zones contains a few augen of plagioclase about 5 mm. long and some irregular patches of more massive diorited rock. The hornblende diorite has an uneven grain size and contains very irregular clots of hornblende. Polished hand specimens, of the typical hornblende diorite and of hornblende gneiss containing patches of the diorite, are shown in Fig. 1 of Pl. I.

The main minerals in the hornblende diorite and associated gneiss are normal green to blue-green hornblende (paler and actinolitic locally), sodic plagioclase (An_5 to An_{20}), and epidote. Quartz is fairly abundant in most specimens. The principal accessory minerals are scapolite, sphene, apatite, magnetite and ilmenite, biotite, calcite and the alteration products sericite and chlorite.

The hornblende diorite and associated hornblende gneiss have been altered and recrystallized so that in thin sections details of the granitization process are obscure though not entirely obliterated. I judge the metamorphic origin of these rocks primarily from the field relations just described — their gradation into hornblende schist and the heterogeneity of the rocks themselves. The least granitized hornblende schist contains fine-grained granoblastic hornblende, in which are relics of plagioclase porphyroblasts. These plagioclase relics are marked by aggregates of fine-grained granoblastic epidote and plagioclase. In some places the original porphyroblasts of plagioclase, which are anhedral or subhedral and which have irregular borders, have not recrystallized to aggregates of plagioclase and epidote, but do contain many small inclusions of epidote; in other places part of such porphyroblasts has recrystallized and part has not. In somewhat more granitoid hornblende diorite and gneiss (see Fig. 1 of Pl. I) the granoblastic hornblende occurs in clots and there are a few subhedral grains of hornblende, presumably porphyroblasts, containing many small inclusions of plagioclase. In these rocks the epidote-plagioclase aggregates have a prismatic shape. The most granitoid and least altered hornblende diorite is a medium-grained rock. It contains irregularly-bounded and randomly-oriented laths of hornblende, which commonly

contain many inclusions of plagioclase and which are probably metamorphic crystals. The plagioclase grains are unzoned laths in one place, but more commonly they have recrystallized into a fine-grained and granoblastic aggregates which retain the subhedral shape of the original crystal. The relative amounts of hornblende and plagioclase appear much the same as in the original hornblende schist; much of the transformation of the schist appears due to metamorphic segregation and to recrystallization.

The hornblende diorite and gneiss formed by granitization of the hornblende schist have been sheared and recrystallized to form hornblende gneiss. I have already mentioned a characteristic feature of this change: the recrystallization of the original plagioclase into a fine-grained granoblastic aggregate of epidote and plagioclase. Rims of fine-grained granoblastic hornblende around cores of sieve-textured hornblende show another characteristic: the recrystallization of hornblende porphyroblasts to fine-grained aggregates. In places there is a reaction rim between the epidote and plagioclase aggregates and the hornblende, consisting of fine-grained and granoblastic plagioclase and hornblende. Shearing has flattened the mineral aggregates and formed gneisses which contain streaks and lenses of granoblastic epidote and plagioclase in a matrix of granoblastic hornblende. The fine-grained aggregates of hornblende and larger sieve-textured grains show all stages of rolling and streaking out. Despite this obvious deformation the hornblende gneisses have no fragmental textures; they were completely recrystallized during and after deformation.

Marble. Mapped layers of calcite marble in hornblende schist occur east of Porsvatnan and on Loftefjell. Elsewhere occur many thin layers too small to map — for example, the fine-grained and pink calcite marble occurring $\frac{1}{2}$ km. west of the summit of Akkevarre and in road cuts near the south end of Nedrevatn. Most of the marble is white and fine to fine medium-grained. Just west of the summit of Akkevarre and near the summit of Lævnjavarre closely spaced and parallel seams of calcite marble 1 to 5 mm. thick occur in mica-quartz schist. These thin marble layers weather more than the schist, so that the outcrop shows a marked small-scale banding. The marble contains, in addition to calcite, a little tremolite and muscovite and some chlorite, apatite, sphene and opaque grains.

Biotite-hornblende gneiss. In the hornblende schist just east of Gaggavatn occurs a sill of fine to fine medium-grained biotite-horn-

blende gneiss of a light grey color. On the east the contact of the sill with the hornblende schist and gneiss is sharp and on the west contact many layers of the biotite-hornblende gneiss occur in the hornblende schist over a narrow zone. In several places the sill itself contains lenses and long conformable layers of the hornblende schist, and some of these are contorted, which suggests that the biotite-hornblende gneiss surrounding them was once plastic. In a small area about 4 km. south of the summit of Gaggagaissa is a mass, perhaps a layer, of migmatized hornblende gneiss bordered by the biotite-hornblende gneiss. Within this mass of gneiss are clots of hornblende and conformable lenses and layers of hornblende schist and hornblendite.

The biotite-hornblende gneiss contains common green to blue-green hornblende, dark brown and apparently iron-rich biotite, oligoclase (An_{15} to An_{20}), and quartz. Accessory minerals are allanite and epidote, garnet, apatite and sphene. Epidote is notably abundant and apparently is in equilibrium with the oligoclase. The micro-texture of the rocks is porphyroblastic and indicates that a considerably more massive and coarser-grained rock — a biotite-hornblende-quartz diorite — has been deformed and recrystallized. The porphyroclasts are medium-grained plagioclase grains, some of which have normal zoning and nearly all of which have bent twin lamellae, indicating that they have been deformed. Ragged hornblende grains also occur as rounded and rolled-appearing porphyroclasts. The matrix consists of fine-grained and granoblastic quartz and plagioclase, parallel flakes of biotite bending around the porphyroclasts, and angular, somewhat fragmental-appearing hornblende.

There is not enough data available to decide whether the sill of biotite-hornblende gneiss is an intrusive magmatic sill or one formed by granitization. The sharp contacts of the sill, its homogeneity, the scarcity of inclusions in it, and the scarcity of particularly deep-seated plutonic rocks in Laksely valley (gneisses, migmatites, granitoid rocks), suggest that the sill was originally a magmatic quartz diorite intrusion later metamorphosed under conditions of the epidote-amphibolite facies. The fairly common occurrence of accessory garnet, of epidote in equilibrium with plagioclase, of tabular and conformable inclusions of hornblende schist and of the rather gently dipping foliation of the sill approximately conformable to that of the enclosing hornblende schist, may all indicate that a sill of massive quartz diorite was formed by granitization of hornblende schist and later was metamorphosed.

In any case, the biotite-hornblende gneiss now is a metamorphic rock formed by recrystallization of a more massive one.

Granite gneiss. On the west slopes of Lævnjavarre, and further west on the lower slopes of Jorgastakgaissa, occurs a small mass of granite gneiss. About 5 km. east of Lævnjavarre is a smaller related mass of more massive granite gneiss and granodiorite gneiss. The distinctive red the pink color of the rocks is caused by the pink microcline in them and by minute and closely-spaced fractures in their feldspars coated with iron oxide. In most places the granite gneiss is fine-grained, and has a pronounced streaky appearance (see Fig. 2 of Pl. I) but only a poor foliation.

The contacts of the granite gneiss are gradational into mica-quartz schist and quartzite which contain streaks of red microcline. Seams of red microcline, $\frac{1}{2}$ mm. or less in thickness which cut the rocks of Lakselv valley in many places are presumably related to the granite gneiss. In the field the gradation of granite gneiss into the quartzitic rocks was interpreted as evidence that the granite gneiss had formed from them by granitization. The gneissic structure of the granite gneiss was interpreted as a relict feature. Near Stellingvatn, however, the granite gneiss in several places is medium-grained, homogeneous and more or less massive, which suggests that the granite gneiss has an igneous origin. On Lævnjavarre an unoriented inclusion of coarse-grained gneissic granite (10 cm. by 20 cm.) is enclosed in a small local body of massive granite. Thin sections show clearly that the gneissic structure of most of the granite gneiss is not a relict feature but a secondary feature, formed by intense shearing and recrystallization of a more massive granite.

A thin section of the massive phase of the granite gneiss, rocks far less abundant than the gneissic phase, is not of granitic rock but of a granodioritic one. The massive phase is medium-grained and most of its crystals are anhedral. Irregular grains of oligoclase (An_{15} to An_{20}) and microcline 1 to 3 mm. in diameter are enclosed in a fine-grained matrix composed of interlocking grains of quartz and somewhat finer-grained and granoblastic microcline. The large plagioclase crystals are intensely altered to sericite and epidote. The biotite, the principal varietal mineral, has an olive-brown color and is partly altered to chlorite. The principal accessory minerals are muscovite and sphene. The anhedral shape of most of the minerals of the more massive phase of the granite gneiss suggest that it is a metamorphic rock, but its

massive and homogeneous appearance, and the occurrence of most of the microcline and quartz interstitial to a few large grains of microcline and to grains of plagioclase, suggest an igneous origin.

In the granite gneiss, which is believed to have formed by shearing and recrystallization of a more massive phase, the larger crystals of plagioclase and microcline are spherical or lens-shaped and are enclosed in a granoblastic and fine-grained matrix of microcline and quartz. Cutting this matrix, and in places cutting the larger crystals as well as bending around them, are zones of finer-grained microcline and quartz containing abundant muscovite. I interpret these as recrystallized shear zones. The granite gneiss contains long streaks of quartz and of epidote and sericite. In some of the granite gneiss there remain only few rounded feldspar porphyroclasts that have escaped the shearing and recrystallization, and these are contained in a fine-grained matrix of feldspar and quartz, made schistose by small, parallel flakes of muscovite and biotite.

Some features have been mentioned which indicate that the granite that was sheared and recrystallized was an igneous rock. Does the bending of foliation and contacts around the east end of the granite gneiss mass on Lævnjavarre indicate that the original granite was forcibly intruded? This bending forms the nose of a plunging anticline which is complementary to synclines on either side, so it appears related to regional deformation and not to local wedging-aside caused by an intrusion.

Chlorite schist. Throughout the Lakselv valley area occur thin zones of chlorite schist clearly derived from the hornblende schist by shearing and retrograde metamorphism. The largest zone, and the only one appearing on the map, occurs just west of Algasvuovdde. Road cuts near the outlet of Porsvatnan show the typical features which indicate that the chlorite schist was derived from the hornblende schist: (1) chlorite schist, which has excellent foliation highly contorted in many places, contains conformable lenses of the hornblende schist from 0.5 m. to several meters long, and (2) small seams of chlorite schist branch from the larger zones of chlorite schist and cut the adjacent hornblende schist and the larger lenses. In one place, immediately adjacent to the contact of chlorite schist and quartzite, lenses and angular pieces of the more competent quartzite, which are obviously broken away from the adjacent quartzite bed, are partly or wholly surrounded by chlorite schist. Cutting the quartzite are zones of shear-

ing 1 to 3 cm. thick containing medium-grained muscovite, which can be followed across the contact of the quartzite bed into well-foliated chlorite schist. The micro-texture of a thin section of chlorite schist, in which fragmental-appearing hornblende grains occur in a schistose matrix of chlorite, supports the conclusion the chlorite schist is derived from the hornblende schist by shearing.

Ultrabasic rocks. The small bodies of ultrabasic rocks shown on the map just east of Skoganvarre, on Coalbmejavrre, and west of Vuolajokluobbal, are apparently sills. The largest sill, that near Skoganvarre, has sharp contacts. No inclusions were noted in any of the ultrabasic masses and the map and field observations show no signs of dilation around the ultrabasic bodies themselves. The rocks are badly sheared in many places. A thin section of the sill near Skoganvarre consists principally of chrysotile, which is an alteration product of the original pyroxene, and tremolite, which is an alteration product of the original brownish hornblende. Only traces of the original minerals have survived the alteration, but the original rock may have been a pyroxene hornblendite. Biotite, both light brown and emerald green in color, occurs as an alteration product of hornblende. The tremolite contains many opaque inclusions and in most places these are lacking in a zone adjacent to altered pyroxene grains. Thin sections of other ultrabasic rocks show a felted mat of chrysotile and tremolite and give no clear indication of the mineral composition or texture of the original rock.

Quartz veins, quartz and calcite veins containing some sulfide minerals and pegmatite pods occur in the Lakselv valley area but they are very scarce. Most of the prospect pits in the area (see the geologic map for their approximate location) are in zones of slightly sheared hornblende schist or mica-quartz schist that are weakly impregnated with sulfides and are somewhat oxidized. Most of the zones are conformable to the foliation and banding of surrounding rocks.

Structure.

General. Almost all the rocks in the Lakselv valley area have a good foliation, caused by the preferred orientation of micas and hornblende, and in places enhanced by lenses of feldspar and quartz in a matrix of fine-grained, recrystallized material. In most places the rocks cleave parallel to this foliation, and contacts and banding are everywhere

parallel to it. In some of the hornblende schist the hornblende prisms in the foliation planes are parallel and produce a good lineation. Some of the lustrous muscovite-quartz schists, having a crinkled foliation in which all the small fold axes are parallel, are well-lineated. Well developed lineation is not a conspicuous feature of the rocks, however, but where it was noted it is approximately parallel to the axes of the major folds.

Folds and faults. The several open folds which occur in the Lakselv valley area, and whose axes plunge in a general easterly direction, are shown on the geologic map in the accompanying cross-sections. The two best defined ones are the anticline on Lævnjavarre and the adjoining syncline to the north. The easterly plunge of these folds is clearly shown by the traces of the individually-mapped marble and hornblende schist layers and by the trend of the contact between the larger masses of mica-quartz schists and hornblende schist.

In these folds, and in the less clearly defined ones further south, the hornblende schist occurs in the troughs of the synclines and the mica-quartz schists in the cores of the anticlines; the mica-quartz schist underlies the hornblende schist and the source material for it is older. The dips of the foliation and banding of the rocks are steep and contorted in only a few places so that it is unlikely that the folds are overturned. Though most of the mica-quartz schists are older than the hornblende schist, the two rocks are obviously contemporaneous in some places — for example east of Brennelva are mappable layers and lenses of mica-quartz schists in hornblende schist, and in many other places the two rocks are interlayered on a small scale.

Since the top and the bottom of the sequence is not exposed it is impossible to estimate thicknesses. Exposed thicknesses, calculated from measurements along the cross-section line A-B on the geologic map are 1200 m. of quartzitic rocks and 6000 m. of hornblende schist.

The anticline on Lævnjavarre appears to be related to the regional stress which formed the other folds of the area, although the occurrence near the core of this anticline of a mass of red granite gneiss suggests that the anticline may be local feature formed by the shouldering aside of the rocks by an intrusive granite — a granite that later was metamorphosed to a granite gneiss, thus blurring the original contacts and making them gradational. It is also possible this anticline was formed

by regional stress and that the original granite was formed by replacement in the low pressure region near the crest of the fold. Metamorphism has so altered the original granite that it is not possible to decide whether it was an intrusion or a replacement body.

Perhaps the granite gneiss core of the anticline on Lævnjavarre is a "mantled dome" (Eskola, 1948) i. e. a relic of the granite basement upon which the supracrustal source material of the mica-quartz schists and hornblende schist was deposited. The anticline on Lævnjavarre could be the result of doming up of the original basement during an orogeny. Since there is no distinctive layer mantling the granite gneiss on Lævnjavarre, it is impossible to find good support for the mantled-dome hypothesis. The occurrence of small seams of microcline, presumably related to the granite on Lævnjavarre, indicate the granite is not an old basement but is younger than the surrounding rocks.

Holtedahl (1931, p. 246) concludes that in Lakselv valley the surface of the Precambrian rocks upon which the oldest Caledonian sedimentary rocks were deposited was approximately flat and dipped gently northwest. He deduces, from structures in the Caledonian sedimentary rocks in Lakselv valley, that this surface was bowed up in early Caledonian time into an anticline along the line of summits Cappelvarre-Lævnjavarre-Loftefjell. Such an anticline would be a Caledonian rejuvenation of the anticline in the rocks of Lævnjavarre that formed in the Precambrian, and this coincidence indicates that the forces applied to the area in early Caledonian time were the same as those applied to it in earlier Precambrian time.

Four of the principal faults in the Lakselv valley area appear on the geologic map. The one near Akkevarre is clearly marked by brecciation and by contortion and abrupt changes of foliation attitudes near it; the other three are marked by similar features and in addition they abruptly terminate or offset contacts. Parts of all these faults follow valleys or abrupt changes in slope. No accurate estimate of the true direction or amount of displacement is possible and no mylonite is associated with them. The zones of chlorite schist represent fault zones which are nearly parallel to the foliation and banding of the enclosing hornblende schist. They may have formed during the Caledonian deformation that deformed the Precambrian surface along preexisting folds, as just described, or during an earlier period of Precambrian deformation.

Economic geology.

On the geologic map the location of the principal prospect pits in the Lakselv valley area shown. These have been transferred from a map compiled by Poulsen (1958). There is no marked relationship between the location of these prospect pits, which represent a certain amount of copper mineralization, and the principal rocks, folds and faults of the area. Some of the prospects are along zones of slightly sheared oxidized rocks which parallel the general trend of the foliation, but these zones do not appear to form any stratigraphic horizons such as might indicate that the mineralization was syngenetic. The wide-spread and apparently random distribution of the prospect pits and of the oxidized zones suggests, on the other hand, that the mineralization is epigenetic.

Vokes (1956) classifies the epigenetic copper mineralization in Precambrian rocks of Northern Norway in two groups. One type of mineralization is of chalcopyrite, pyrite and pyrrhotite in veins of quartz and calcite. The other type is an impregnation by bornite, chalcopyrite, neodigenite and, in places, chalcocite in broad zones. Both types of copper mineralization occur in the Lakselv valley area (Foslie, 1933, Carstens, 1931 and Færden, 1952). Quartz veins containing sulfides, both with and without calcite occur in several places — for example prospect No. 1 located 1 km. south of Brennelv. The long zones of oxidized rocks which contain weak impregnations of sulfide minerals and quartz, probably belong in Vokes' second subdivision.

The radioactivity of some of the veins and zones containing sulfide minerals and of the major rock types of the area were measured by F. J. Skjerlie during the summer of 1957. Skjerlie reports (1957, Norges Geologiske Undersøkelse unpublished report) that no significant radioactivity was found.

Since a few small veins of quartz containing sulfides occur in some of the chlorite schist, the shearing and mineralization in the oxidized zones may be related to the deformation that formed the chlorite schist.

It is possible that careful study of the veins and zones that contain sulfide minerals might lead to the discovery of an ore deposit, but analysis of the general geology of the area, which is now reasonably well known, gives no indication that such a discovery is to be expected.

Comparison with other areas.

Three excursions were made to compare the Precambrian rocks of the Lakselv valley area with those in nearby areas that are also presumed to be of Precambrian age.

The rocks seen during a visit to the tectonic window west of Skaidi (see Fig. 1) — sandstones conglomerates, greenstones, slates and quartzites (Raipas formation) — are clearly much less metamorphosed than the metamorphic rocks in the Lakselv valley area. They bear a much greater resemblance to the Caledonian rocks on the sides of the Lakselv valley than to the metamorphic rocks in the valley itself.

The rocks seen on traverses east and southwest from Skoganvarre, however, (see lines of symbols on Fig. 1) have many similarities to the Precambrian metamorphic rocks in the Lakselv valley area. Good outcrops were found only just east of the Lakselv valley map boundary and in the granulites ca. 20 km. further east. The biotite-hornblende gneiss layer west of Gaggavatn continues south-eastward out of the map area, and east of it are hornblende schists containing abundant garnet in most places and streaks and clots of hornblende gneiss. These hornblende-rich rocks, that strike roughly north along the traverse line, continue to the contact with granulites which was mapped by Eskola (1952, Fig. 1). Small masses of ultrabasic rocks, gabbro, granite gneiss, and a few dikes and pods of pegmatite also occur between the granulites and the Lakselv valley area. The hornblende-rich rocks appear very similar to the hornblende schist of the Lakselv valley area, but mica-quartz schists and quartzite were not seen in them.

The contact with the granulites appears to be gradational over several kilometers for layers of fine-grained garnet-quartz-feldspar granulite occur in the hornblende schist and gneiss west of the main contact. Eskola (1952, p. 166) mentions that layers of hornblende-rich amphibolite facies rocks do occur within the granulites of Lappland and a similar anomalous mixture apparently occurs east of Lakselv valley. The epidote-amphibolite facies rocks of the Lakselv valley area appear to grade eastward into amphibolite and granulite facies rocks through a zone which is about 20 km. wide.

The rocks observed within the main area of granulite were largely "granitic granulites" containing layers and fragments of darker and garnet-rich granulite (see Eskola, 1952, p. 138 and Fig. 9).

The outcrops on the traverse from Skoganvarre to Masi are extremely scarce. Just southwest of Vuolajokloubbal is a massive granitoid rock which in places is pink and cut by red pegmatites; it may be related to the red granite gneiss on Lævnjavarre. Similar granitoid rocks — some massive, some gneissic, and some enclosing dark swirled layers and dark unoriented inclusions — continue to the immediate vicinity of Masi. This large mass of granitoid rock is certainly the same as the batholithic mass shown on Dahll's Geologiske Kart over det Nordlige Norge (1891). No critical observations of this batholith were made to indicate its origin. Near Masi occurs massive white quartzite and hornblende schist very similar to some of the quartzite and to the hornblende schist in the Lakselv valley area.

Summary of geologic history.

The geologic history of the Lakselv valley area begins in the Precambrian with the deposition of quartz-rich sediments. These were overlain by and locally alternated with limey muds, a few limestone layers, and probably some flows of basic lava. Later, during a Precambrian orogeny, these supracrustal rocks were metamorphosed, under conditions of the epidote-amphibolite facies, to mica-quartz schists, hornblende schist, quartzite and marble. In a few places small irregular masses of the hornblende schist were transformed, largely by recrystallization and metamorphic segregation, to hornblende gneiss and hornblende diorite. All the rocks were deformed into east trending and plunging folds. A small mass of granite, possibly related to the batholith that occurs just southwest of the area, was emplaced in the core of an anticline and a sill of biotite-hornblende-quartz diorite was emplaced in the hornblende schist. The mode of emplacement of these masses was obscured by a later metamorphism during which the granite was sheared and recrystallized to a granite gneiss, the hornblende diorite to hornblende gneiss, and the quartz diorite to biotite-hornblende gneiss. Uplift and erosion may have separated these two periods of metamorphism but there is no evidence to show this.

The area was then uplifted and in several shear zones the hornblende schist was converted to chlorite schist. The formation of the quartz and calcite veins that contain a little copper mineralization and the formation of the shear zones weakly impregnated by sulfides is probably related to this period of deformation. Small sills of ultrabasic rocks were then emplaced.

The Precambrian metamorphic rocks were eventually exposed. A more-or-less flat surface was cut on them by erosion, and in Early Cambrian time it sloped gently northwest and received a blanket of sediments. Later, in Caledonian time, this surface and the overlying sedimentary rocks were bowed up into an anticline by rejuvenation of an anticline in the underlying Precambrian basement.

Sammendrag.

Den prekambriske skifer og gneis i Lakselvdalen, Nord-Norge.

Hovedbergarten i Lakselvdalen, Finnmark, fra Porsangerfjord i nord til Skoganvarre i syd, er prekambrisk hornblende-skifer og glimmer-kvarts-skifer og litt marmor og kvartsitt. På sidene av dalen ligger kaledonske sedimentære bergarter med vinkel-diskordans over disse prekambriske metamorfe bergarter.

Hornblende-skiferen er finkornet til middelkornet og mineralinnholdet er varierende — hornblende (for det meste alminnelig grønn hornblende, men også aktinolitisk), 25—50 %; oligoklas, 10—20 %; og kvarts, 5—25 %. Granat-hornblende-skifre er ganske alminnelige. Epidot forekommer også i hornblende-skiferen og dens forekomst sammen med oligoklas viser at regionalmetamorfose foregikk under betingelser for epidot-amfibolitt-facies. Siden tynne lag av kvartsitt, marmor og glimmer-kvarts-skifer — bergarter for det meste av sedimentær opprinnelse — forekommer i tynne lag skiftende med hornblende-skiferen, er noe av hornblende-skiferen også av sedimentær opprinnelse. Noe av hornblende-skiferen kan være metamorfe basiske lavaer.

Tre hovedtyper av glimmer-kvarts-skifre forekommer: 1. rike på muskovitt, 2. rike på biotitt og oligoklas og sjeldnere 3. rike på albitt. Muskovitt-kvarts-skifrene er meget kvarts-rike og svarer sannsynligvis til uren kvarts-rik sediment. De biotitt- og oligoklasførende kvarts-skifre kan en gang ha vært lag av sur tuff eller arkose.

Blant hornblende-skifrene er noen få små masser av middel- til grov-kornet hornblende-dioritt, som er heterogene, mange steder gneisiske. Hornblende-dioritten går over i skiferen og synes å være dannet av den ved granitisering. I glimmer-kvarts-skiferen på Lævnja-varre er det en liten masse av granitt-gneis, og i hornblende-skiferen på vestsiden av Gaggagaissa er det en lagergang av biotitt-hornblende-

gneis. Gneis-strukturen i disse bergarter kommer av skjæring og rekrystallisering av tidligere mere massive bergarter, hvis genesis derved er blitt uklar. Skjæring (shearing) og rekrystallisering har også dannet gneis av hornblende-dioritt.

I skjær-sonene er noe av hornblende-skiferen omdannet til kloritt-skifer. Små kvarts-årer og litt sulfid-mineralisering forekommer i noen av disse skjær-soner. Denne mineralisering og skjæring kan også være årsaken til dannelsen av soner av litt "sheared" bergarter, som er noe oxydert og som har mange kopper-skjerp.

Ultrabasiske bergarter, som opprinnelig kan ha vært pyroxen-hornblenditer, men som er omformet til chrysotil og tremolitt, forekommer i små lager ganger.

Strukturelt består bergartene i Lakselvdalens område av noen brede folder med strøk og aksefall østlig. Foldningen foregikk i prekambrisk tid, men etter at de metamorfe bergarter var erodert, og et lag av kaledonske sedimenter var avleiret diskordant på dem, ble en av antiklinalene fornyet og overliggende sediment deformert. Siden det meste av glimmer-kvarts-skifrene forekommer i kjernene av antiklinalene, ligger de under hornblende-skiferen og er eldre.

Litt epigenetisk sulfid-mineralisering forekommer i Lakselvdalens område i årer av kvarts, med eller uten kalkspat, og i lange soner av litt "sheared" og oksydert skifer. Svoelkis, magnetkis, kopperkis og broket kopper er de viktigste sulfid-mineraler. Ingen avvikende radioaktivitet ble funnet i disse årer eller soner eller i hovedbergarten. Det er mulig at inngående studier av årene og sonene som inneholder sulfid-mineral kan føre til oppdagelse av brytbar malmforekomst, men den generelle geologiske analyse av området, som nå er forholdsvis godt kjent, tyder ikke på at vi kan vente en slik oppdagelse.

En rekognoseringsstur viste at øst for Skoganvarre er de fleste bergarter hornblende-skifer og -gneis. De strekker seg 20 km mot øst, hvor de skifter med og er i kontakt med granulitter. Like sydøst for området er det en batholith som kan være i samband med granitt-gneisen i området.

References Cited.

- Carstens, C. W., 1931. Die kiesvorkommen im Porsangergebiet: Norsk Geol. Tidsskr., Bind 12, pp. 171—177.
- Dahll, T. Om fjeldbygningen i Finnmarken og guldets forekomst sammesteds, *in* Dahll, T. and others. Det nordlige Norges geologi, Norges geologiske undersøkelse, no. 4, pp. 1—21.
- Eskola, P. E., 1948. The problem of mantled gneiss domes: Jour. of the Geol. Soc. of London, v. 104, pp. 461—467.
- 1952. On the granulites of Lappland: Am. Jour. of Sci., Bowen Volume, pp. 133—177.
- Færden, J., 1952. Porsangerfeltets koppermalmbforekomster: Tidsskr. for Kemi og Bergvesen, 12 årgang, pp. 16—18.
- Foslie, S., 1933. Copper deposits of Norway, *in* Copper deposits of the world, XVI Internat. Geol. Cong., Washington, pp. 605—614.
- Holmsen, P., Padget, P., and Pehkonen, E., 1957. The Precambrian geology of Vest-Finnmark, Northern Norway: Norges geologiske undersøkelse, no. 201.
- Holtedahl, O., 1918. Bidrag til Finnmarkens geologi: Norges geologiske undersøkelse, no. 84.
- 1931. Additional observations on the rock formations of Finnmarken, Northern Norway: Norsk Geol. Tidsskr., Bind 11, pp. 241—279.
- 1953. Norges geologi: Norges geologiske undersøkelse, no. 164, Bind 1.
- Reusch, H., 1891. Iagttagelser fra en reise i Finnmarken 1890, *in* Dahll, T., and others, Det nordlige Norges geologi. Norges geologiske undersøkelse, no. 4, pp. 22—111.
- 1903. Fra det indre av Finnmarken: Norges geologiske undersøkelse, no. 36.
- Poulsen, A. O., 1958. Norges gruver og malmbforekomster, Nord-Norge: Norges geologiske undersøkelse, no. 204.
- Vokes, F. M., 1956. Some copper sulfide paragenesis from the Raipas formation of Northern Norway: Norges geologiske undersøkelse, no. 200, pp. 74—111.

Plate 1

Fig. 1. Polished surfaces of hornblende diorite (left) and hornblende gneiss (right). Note the patches of diorite in the gneiss and the irregular crystal borders in the diorite.

Polerte overflater av hornblendedioritt (til venstre) og hornblendegneiss (til høyre). Merk flekker av dioritt i gneissen og irregulære krystallbegrensninger i dioritten.

Fig. 2. Polished surface of granite gneiss. Note the streaked-out appearance of the gneiss and the scattered porphyroclasts of feldspar. The dark streaks are chlorite and biotite.

Polert overflate av granittgneiss. Merk at gneissen er strukket ut og de spredte porfyroklaster av feltspat. De mørke streker er kloritt og biotitt.

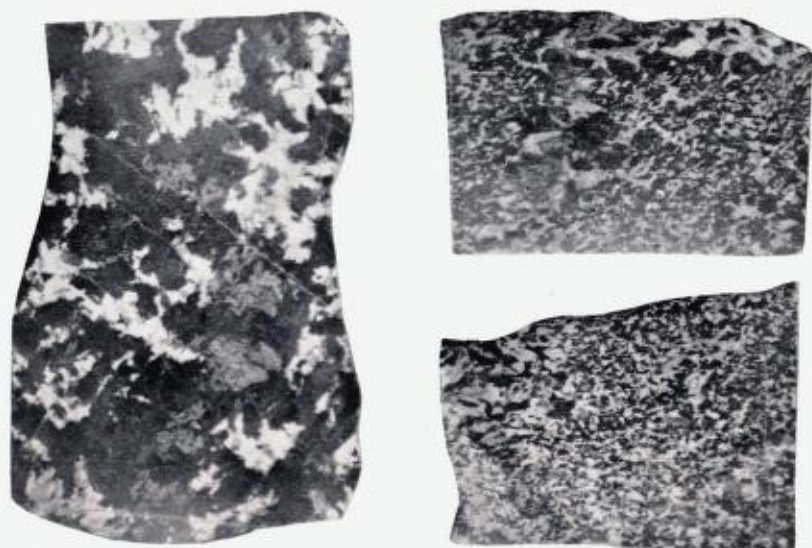


Fig. 1.

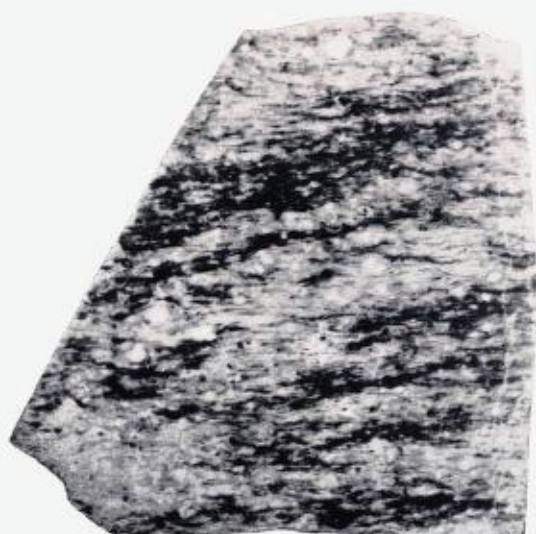
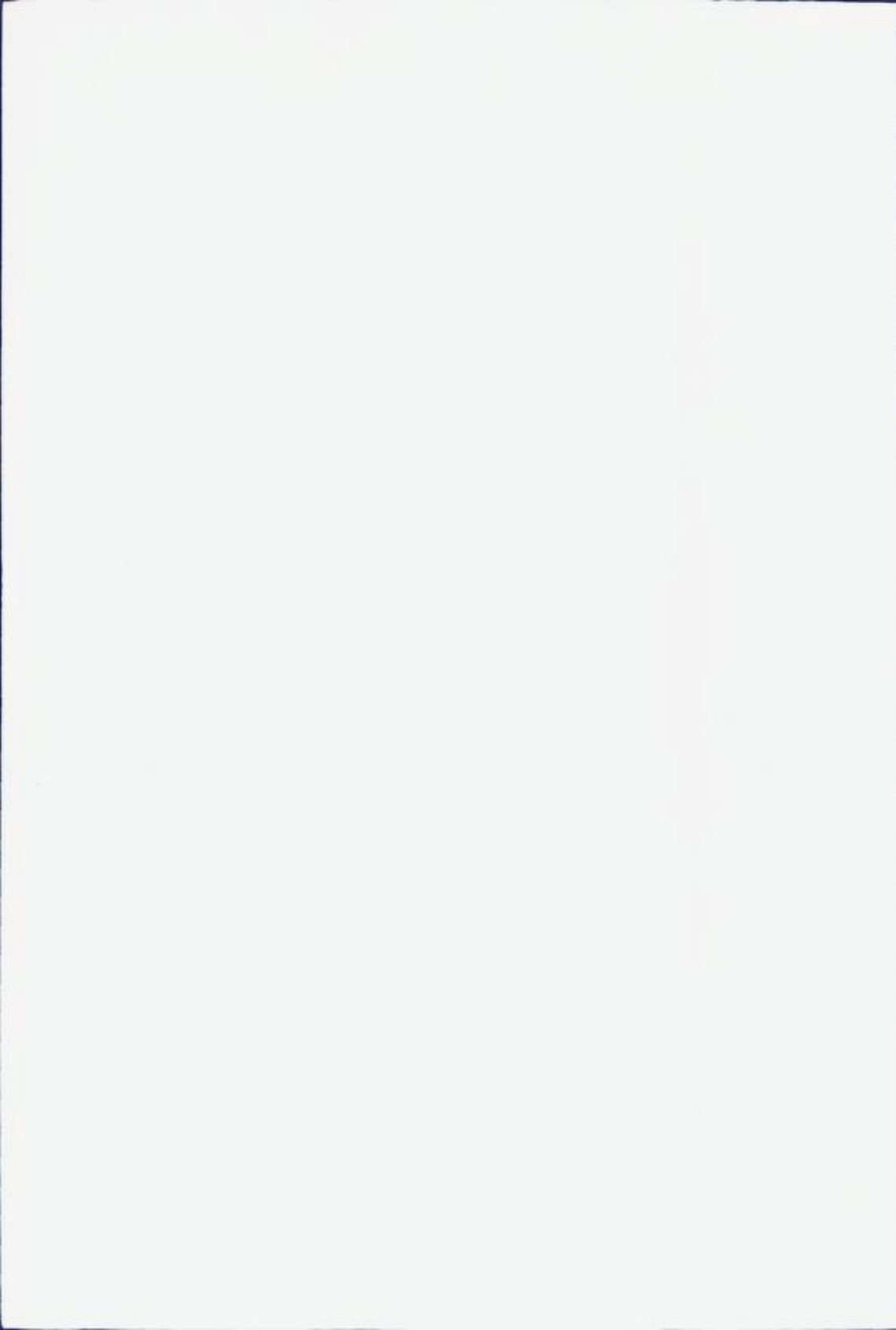



Fig. 2.



GEOLOGIC MAP of the LAKSELV VALLEY AREA NORTHERN NORWAY


EXPLANATION SYMBOLS

PLEISTOCENE AND RECENT

 Moraine and terrace gravels, minor alluvium and bog deposits


Unconformity

CALEDONIAN ROCKS


 Sandstone and shale, minor conglomerate and quartzite



Unconformity

PRECAMBRIAN

 Ultramassic rocks, largely altered to serpentine

 Chlorite schist in shear zones



 Granite gneiss, commonly red and fine-grained, contacts irregular and gradational

 Marble layer
 Quartzite or mica-quartz schist layer

(a)

(b)

(a) Biotite-hornblende gneiss
 (b) Hornblende schist, thickness of interlayered marble, somewhat exaggerated, interlayered quartzite and mica-quartz schist diagrammatic. Includes a little chlorite schist in shear zones and a little amphibolite of medium to coarse grain.


 Hornblende schist layer.
 Mica-quartz schist and quartzite, interlayered hornblende schist diagrammatic


SCALE


0 1 2 3 km


0 1 2 Miles

All elevations in meters


 Contact (dashed where approximately located)


 Indefinite contact (includes gradational contacts, inferred contacts and indefinite contacts of superficial deposits)


 Concealed contact


 Fault showing relative movement (dashed where approximately located)


 Probable fault

 Strike and dip of foliation and gneissic banding (400° = circle)


 Strike of vertical foliation and gneissic banding


 Horizontal foliation and gneissic banding

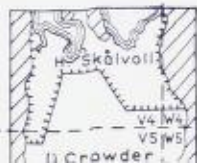
 Strike and dip of bedding (400° = circle)

 Zones of oxidized rocks slightly sheared and impregnated with a little calcite, quartz and sulphides

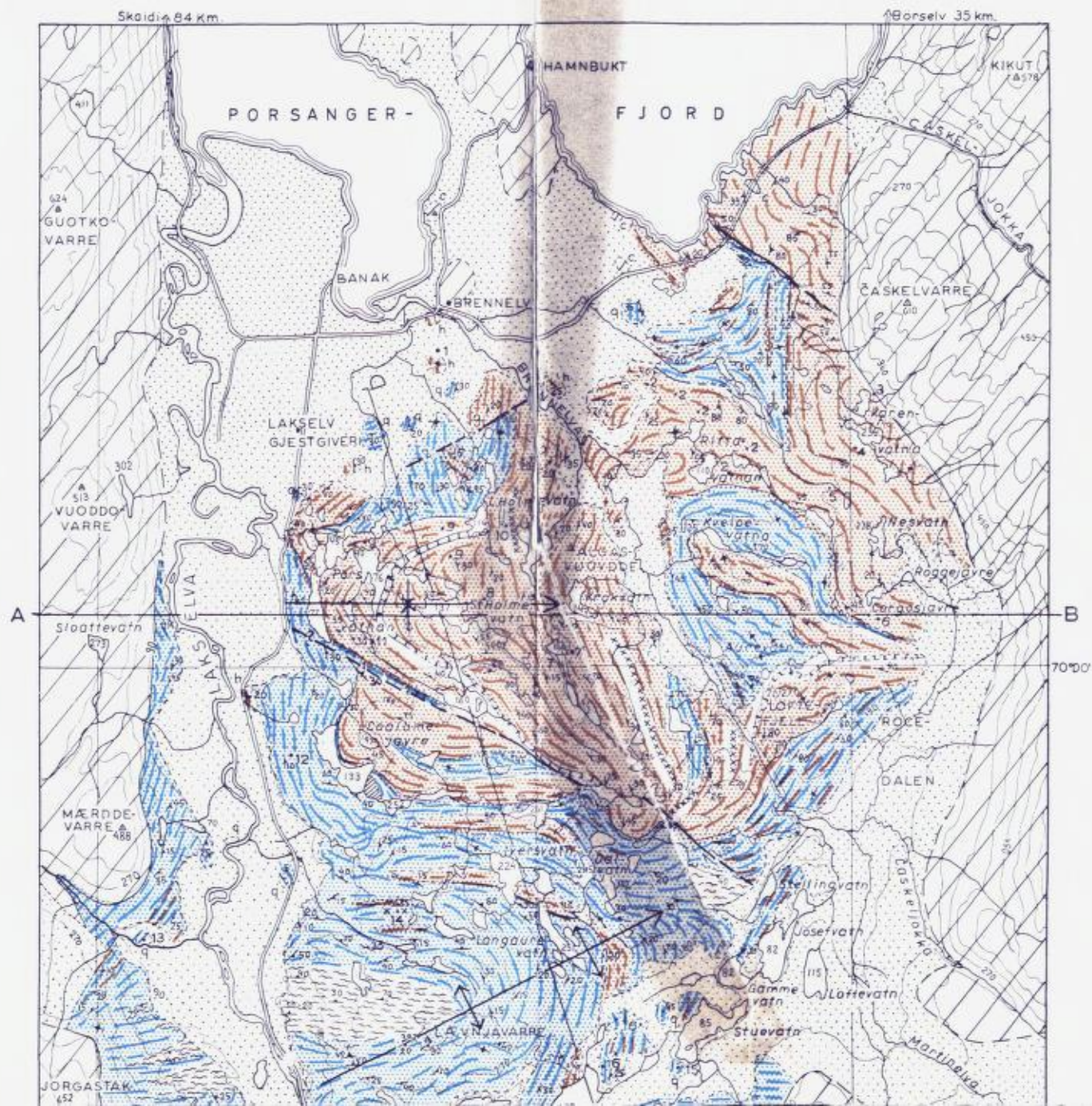
 Prospect (location uncertain for most)

 Axis of plunging syncline

 Axis of plunging anticline



Base map from parts of Norges Geografiske Oppmålings 1:100,000 quad-





— 100 — Elevation of contour
(interval 90 m)

▲ 600 Summit elevation

70 Lake elevation

• Building

— Road



range sheets:
Skoganvarre (V-5, 1933),
Halkkavarre (W-5, 1918),
Stabbursdalen (V-4, 1932), and
Børselv (W-4, 1916)
Geology by D. Crowder
and H. Skålvoll, 1957

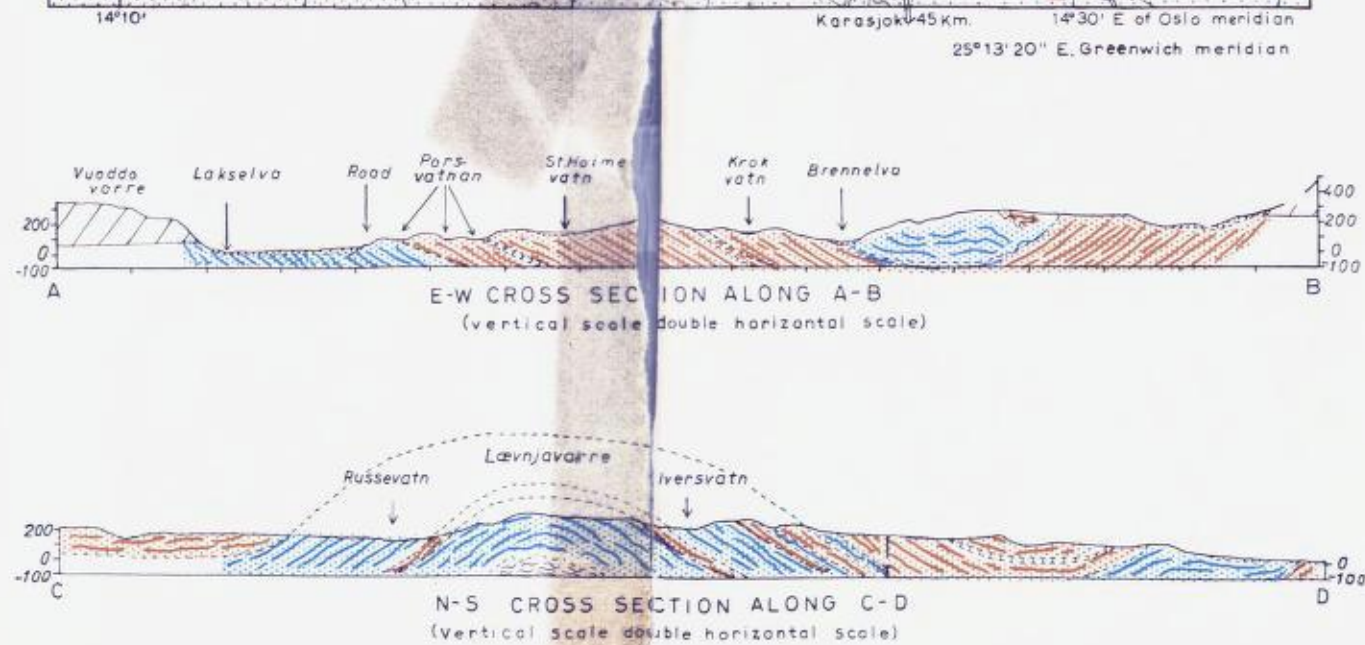
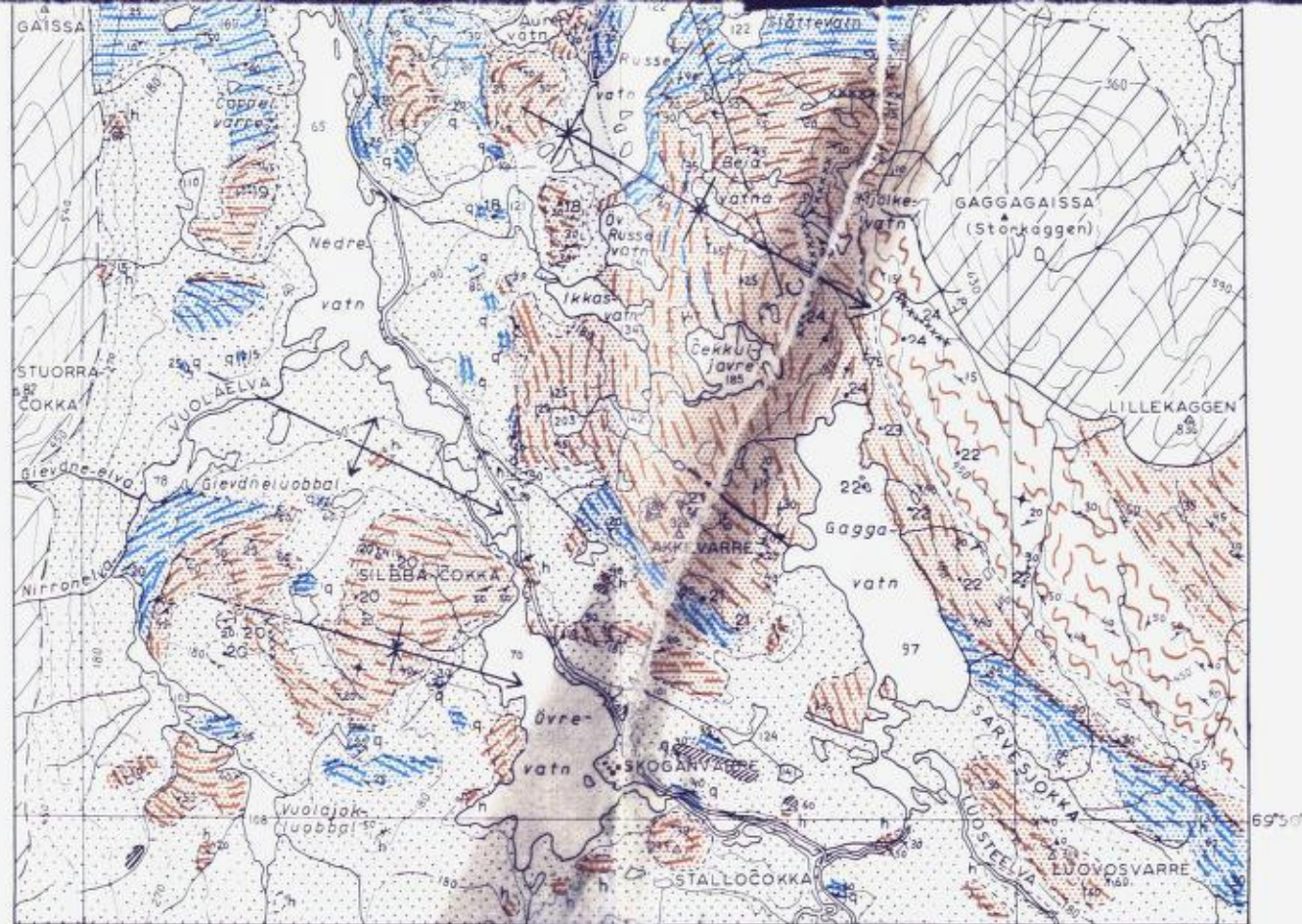
True North

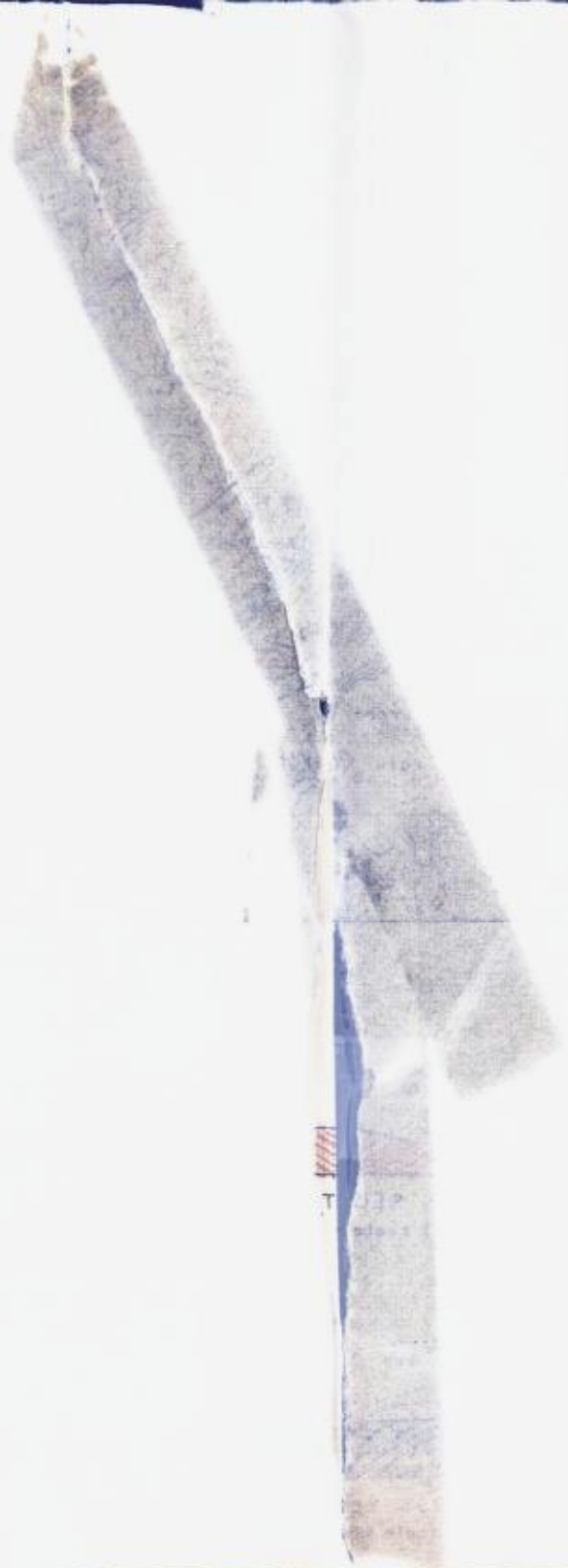
6.0° (1950, 400° = circle)

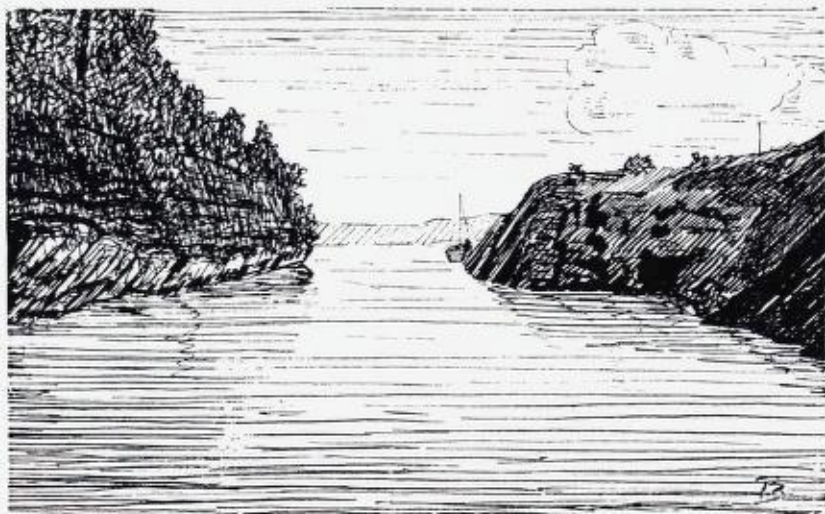
NAMES OF PROSPECTS

After Poulsen 1958. Cu = copper ores; K = pyrite and pyrrhotite; Fe = iron ores

1. Hueskar, Korkokuru	Cu	14. Barbalas kisingang	K, Cu
2. Nedre Rittavann	Cu	15. Toppajervi	K, Cu
3. Karinhaugene	Cu	16. Russevann	Cu
4. Sorgusvann	Cu	17. Ørretvann	Cu
5. Sorgusdalen N.	Cu	18. Ingasvann	K, Cu
6. Sorgusdalen S.	Cu	19. Cappelvarre	Cu
7. Fiskvann		20. Silbbaçokka —	
8. Store Kisingang	K, Cu	Guotkonvarre	K
9. Kagurijervi	Cu	21. Akkasvarre	Cu
10. Poikekuru — Langvassbekk	Cu	22. Gaggagaisa — Njonnas	K
11. Holmvann	Cu	23. Gaggagaisa —	
12. Sløykedal — Børsvann	Cu	Vuoppasvarre	Fe
13. Revfossnes — Salmijervi	Cu, K	24. Gaggagaisa —	
Salmijervi	Cu, K	Vuoppasvarre	Cu







Randesund.

(Sketch by T. F. W. Barth)

Geological Reconnaissance of the Area between Kristiansand and Lillesand.

By

RICHARD V. DIETRICH

With text-figure and 2 maps.

Introduction.

The area between Kristiansand and Lillesand, hereinafter called the Randesund Area, comprises the southeasternmost part of Sørland (Fig. 1). As herein delimited, the area is bounded on the west by Topdals Fjord and the lower reaches of Topdals River, on the south and east by the Skagerak, and on the north by Highway 40 between Birkeland and Lillesand. The entire area is about 400 square kilometers.

Before the present study, published geological data concerning the area were limited to the spotting and brief descriptions of five marble occurrences (Holtedahl, 1917, map and pp. 15—17), the spotting of three sulphide showings (Foslie, 1925, map), the spotting and listing of five minor pegmatite masses in the southwestern part of the area (Barth, 1931, pp. 142—143), and complete or partial

inclusion on numerous small-scale regional outline maps (see Dons, 1956, pp. 138—140; 142; 144—145). The only published map based on more than cursory spot observations is that of Arne Bugge (1939) which was published on a scale of approximately 1: 220,000 although he mapped the contacts within the area on a map with scale of 1: 100,000. This map includes all of the area under consideration except the islands south of 58°06'N. latitude.

The present study was made in conjunction with my investigation of banded gneisses which are especially well exposed in the southern part of the area. Twentyeight days were spent in the field during the fall of 1958 studying the gneisses and incidently spotchecking Bugge's geologic contacts, measuring and plotting structural elements, and megascopically describing and collecting rock specimens for thin-sectioning and laboratory study. Laboratory work was carried on during the fall of 1958.

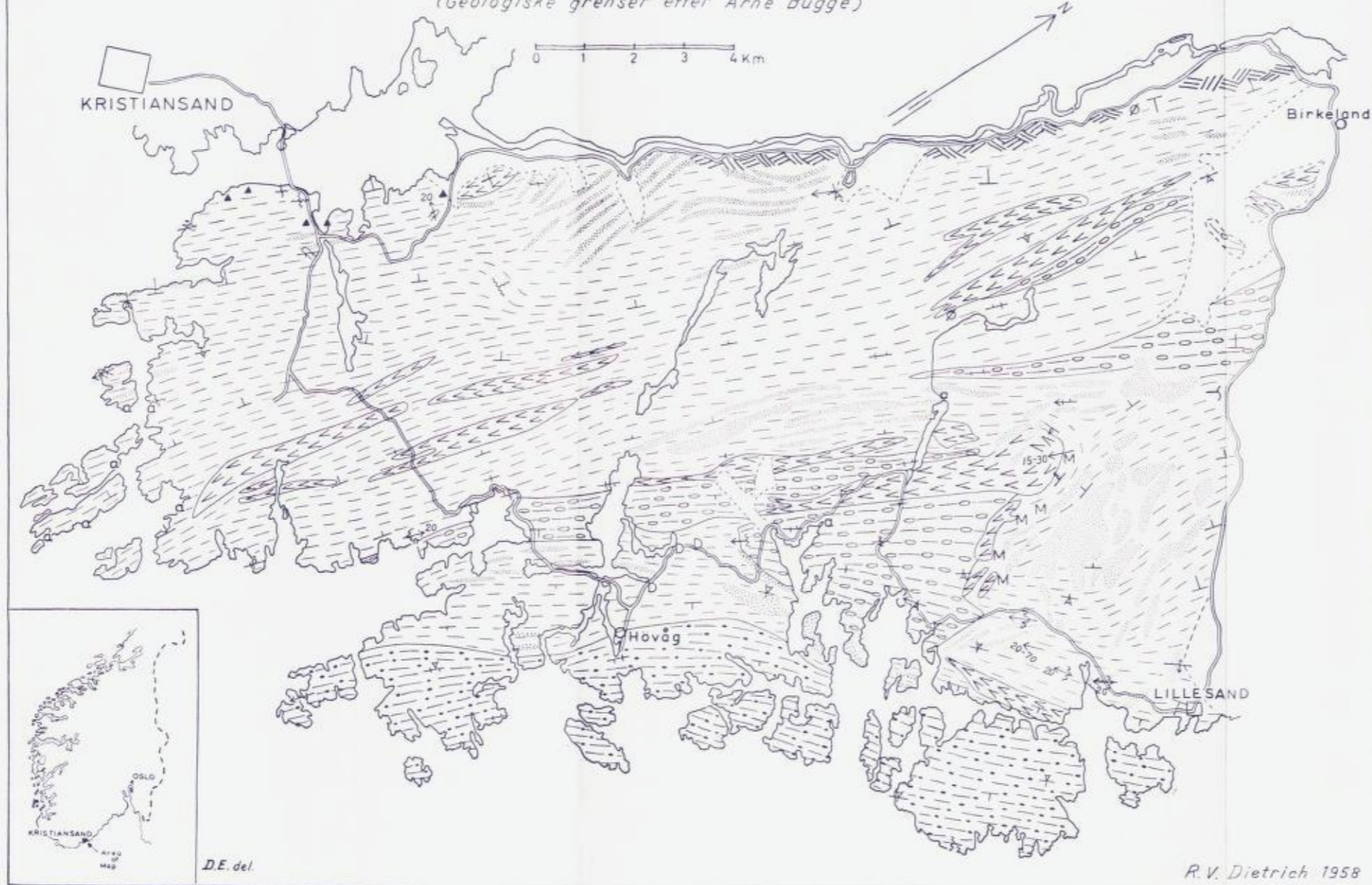
Because nearly all contacts within the area are gradational and/or covered, fixing of most of their positions is rather subjective — even at the scale of the map presented. Therefore, although from nearly the outset I did not agree wholly with Bugge's contacts, no disagreements or academic or economic considerations were great enough to make complete remapping of the area seem either warranted or practicable. The map (Fig. 1) consists of Bugge's contacts plus my rock designations and structural symbols.

Acknowledgments.

This investigation was carried on while I was in Norway under the auspices of the United States Educational Foundation in Norway (Fulbright Program). Field expenses were defrayed by Norges Geologiske Undersøkelse. Office and laboratory facilities were made available at the Mineralogisk-Geologisk Museum, Oslo. Professor T. F. W. Barth of the museum suggested the Randesund Area as a base area for my study of banded gneisses, discussed many of the problems involved, and in numerous other ways aided me to carry on the study. Director Harald Bjørlykke and former director Sven Føyn of Norges Geologiske Undersøkelse were most helpful in preparing the way for my accomplishment of many field and laboratory tasks. Many other staff members of the museum and of the survey also were

RECONNAISSANCE GEOLOGY OF THE AREA BETWEEN KRISTIANSAND AND LILLESAND.
(Contacts after Arne Bugge)

EN OVERSIKT OVER GEOLOGIEN I OMRÅDET MELLEM KRISTIANSAND OG LILLESAND
(Geologiske grenser etter Arne Bugge)



- | | | | |
|----|--|---|--|
| | Banded gneiss
Båndgneis | | Amphibole-rich foliate (gneissic amphibole-quartz-plagioclase rock)
Amfibolrik, foliert bergart (amfibol-kvarts-plagioklas gneis) |
| | Meta-arkose (quartzite- and granitic gneiss-like rocks)
Meta-arkose (ser ut som kvartsitt og granitt gneis) | | Meta-graywacke (gneissic quartz-plagioclase-biotite rock)
Meta gråvacke (kvarts-plagioklas-biotitt gneis) |
| | Pegmatite-rich zone
Pegmatitt-rik sone | | Covered area
Overdekket område |
| M | Marble
Marmor | ▲ | Feldspar
Feltspat |
| D | Dolerite
Doleritt (diabas) | ⊗ | Nickel |
| □ | Amphibolite
Amfibolitt | ⊠ | Zinc and Lead
Sink og bly |
| | Approximate contact, includes gradational and covered
Grenser, tilnærmet beliggenhet, gradvise og overdekkete | | Approximate fault zone trace
Forkastningszone, omtrentlig beliggenhet |
| | Axial plane of overturned anticline
Akseplan for overfoldet antikkinal | | Axial plane of overturned syncline
Akseplan for overfoldet synkkinal |
| | Axial zone of anticline with general direction of plunge
Aksezone i antikkinal med hovedaksefall angitt | | Plunge of lineation
Linerasjon, helningsretning angitt |
| 30 | | | |
| | Strike and dip of foliation
Foliasjon, strøk og fall | | |
| + | < 10° | | Highly crenulated
Sterkt kruset |
| ┘ | 10°-35° | | |
| └ | 35°-60° | | |
| ┘ | 60°-85° | | |
| └ | > 85° | | |
| | (a) | Of axial planes of unsymmetrical minor folds which, if drag folds, indicate axial plane of a major syncline (a) or of an overturned anticline (b) in direction of dip | |
| | (b) | Akseplan for mindre folder som, hvis det er „drag folds“, tyder på at akseplanet for hele synkkinalen (a) eller for hele den overfoldete antikkinalen (b) ligger i fallrets retning | |

Figure 1.

R. V. Dietrich 1958



most helpful. While I was in the area, Mr. and Mrs. Ole K. Randøy of Kongshavn aided me in many ways.

It gives me great pleasure to acknowledge gratefully all these contributions to the study.

The Rocks.

General Statement. — Nearly all of the rocks of the Randesund Area can be considered representatives of the metamorphic facies generally referred to as the green-schist and the epidote-amphibolite facies. They belong to the so-called Bamble (or Bamle) formation — the use of “so-called” serves to register protest against use of the designation “Bamble formation” — as currently used, the name refers only to the rocks of a geographic district and thus, in my opinion, not only is an unwarranted corruption of the term formation but serves no real purpose. Diverse banded gneisses underlie most of the area. Meta-arkose, amphibole-rich foliates, and meta-graywacke constitute the other units of areal importance. There are also outcrop areas of amphibolite, marble, pegmatite, and dolerite which are too small to be outlined at the scale of the presented map. Nearly all but the contacts between the dolerite and surrounding banded gneisses and between the amphibolite dikes and the banded gneisses may be described best as gradational.

Banded Gneisses. — As mentioned in the “Introduction”, the diverse banded gneisses of the area served as the basis of my study of numerous western European banded gneiss localities (Dietrich, manuscript in preparation). Therefore, a brief summary statement concerning them plus mention of a few especially good exposures will suffice for this report.

Banded gneisses are subject to genetic classification as follows:

Relict

- Igneous banding
- flow
- differentiation
- segregation
- Supracrustal stratification

Composite

Migmatization

lit par lit injection
differential melting

Permeation

hydrothermal activity
pneumatolysis
molecular and ionic diffusion

Metamorphically Differentiated

Mechanical redistribution

Chemical redistribution

Eclectic

All combination processes.

Within the Randesund Area are those representative of Relict-sedimentary stratification, Composite-permeation, Composite-differential melting, Metamorphic differentiation — chiefly chemical, and Eclectic — numerous types. Nonetheless, nearly all of the banding seems to owe its existence to an original (Relict) banding — *i. e.*, the unit had a supracrustal origin and consisted of numerous thin beds of diverse lithologies and subsequent changes, some of which have accented the original banding, have been controlled by original chemical and/or mechanical differences.

In the field, many of the gneiss phases appear at natural exposures — especially those awash the sea — to consist of alternating light and dark layers. In fact, cursory examination could easily lead to the misconception that they consist of alternating granitic and amphibolitic layers. Actually, the gneisses are poly lithic and are composed of layers of such rocks as would be characterized lithologically (though perhaps not genetically) as quartzite, meta-arkose, meta-graywacke, epidote-rich quartzite, biotite gneiss, biotite-muscovite schist, amphibole gneiss, and magnetiferous quartzite. The layers range from a few grains to several meters thick with the range 2 to 100 mm. most common. The "Relict-sedimentary stratification" type which appears to have gained its present appearance chiefly through essentially *in situ* recrystallization of original sedimentary material is well exposed in the roadside quarry on the north side of the road a few meters west of the bridge across Fidjekilen Fjord, approximately 4.5 km. S.70°E. of the center of Kristiansand. The "Composite-permeation" type is especially

well exhibited on the east side and near the end of the point directly north of the island Dvergsøen, approximately 5 km S.45° E. of Kristiansand. Many degrees of permeation are evident at the excellent exposures at this locality. The "Composite-differential melting" type occurs sporadically near the western edge of the area and over into the adjacent area to the west. There are also examples of this type very locally within the outcrop area of the meta-graywacke unit. The "Metamorphic differentiation-chieflly chemical" type is exhibited widely, particularly in conjunction with those best described as being of the "Eclectic" type because of the obvious control of relict stratification over processes that subsequently have accentuated the banding. Good examples of both of these types may be seen along with the already mentioned types at the first and second listed localities. Actually, nearly all of the main features of the banded gneisses of the area are in evidence at these two fine exposures. Undoubtedly, however, some of the finest exposures that will be available for general viewing within the area in the near future will be those afforded by the already completed and yet to be completed cuts along the highway, now under construction, that will connect Kristiansand and Lillesand and go through the heart of the area.

Also worthy of note so far as this unit is concerned are: Locally, the gneisses have concentrations of pegmatite masses and veins — especially good exposures of both the vein type and the irregular type of pegmatites are exposed along the southwestern shore of Gladstad Lake approximately 7.5 km. S.75° W. of Lillesand and in cuts along the now abandoned tramway rightaway about half way between Lillesand and Birkeland. The gneiss contains sporadic veins of chalcopyrite, pyrite, calcite, epidote, green amphibole, and quartz. Some of these same minerals also occur coating joint surfaces locally. None of the veins are more than a few centimeters in thickness. Minor brecciated zones, for example one in which some of the fragments are in a matrix of green amphibole (actinolite-hornblende), nearly colorless chlorite, pyrite, andesine, calcite, and extremely dust-rich feldspar — perhaps metamorphosed gouge, which, along with the fact that some of the fragments are composed in a large part of poikiloblastic actinolite-hornblende, suggests post-brecciation recrystallization, probably under metamorphosing conditions (located on the west side of the small westward-extending bay on Fidjekilen Fjord — see above — south of Dvergsnes) and one cemented by quartz which in some parts is present as drusy vug fillings (located at the old lead and zinc prospect pit

a few hundreds of meters northwest of Gladstad Lake — see above), are exposed at a few places. Potassium feldspar and even two-feldspar "dents de cheval" that are up to 350 mm. in greatest exposed dimension are abundant locally. At an outcrop near the eastern end of the bridge across Fidjekilen Fjord two small (approximately $2 \times 3 \times 5$ mm.) "dents de cheval" were found that contained yttrium-rich allanite surrounded by potassium feldspar. Another occurrence of metamict (zircon?) was found in the gneisses near Stagenes approximately 9.7 km. S.50°W. of Høvåg. Pre-last metamorphism dikes, now amphibolite, and post-last effective metamorphism dikes, dolerite, cut the gneiss at many localities.

Meta-arkose. — Meta-arkose not only occurs as layers in the banded gneiss but also in units large enough to be mapped separately on the scale of the map presented. Two chief phases plus intermediate types are present. The chief phases are a fine-grained quartzitic-appearing rock and a coarse-grained granitic gneiss-appearing rock. Although some of the outcrop areas of each phase could be delimited individually even on the scale of the map presented, others would not be amenable to such distinction on any but much larger scale maps. In a very general way it can be said that the northcentral belt and the western part of the Kvaase Fjord belt are predominantly of the coarse-grained type whereas the remaining areas are predominantly of the fine-grained type.

In fresh hand specimens the fine-grained variety is buff to pale reddish pink to pale purplish gray and has the typical conchoidal fracture and overall appearance of a vitreous to subvitreous quartzite. Commonly it has certain laminae that are darker in color, because of being relatively chlorite- and/or magnetite-rich, than most of the rock. Locally the rock is massive and apparently homogeneous over thicknesses that are measurable in up to many meters (greater than outcrop dimensions!). Intercalated within this rock are such things as layers that are extremely amphibole-rich and layers that are composed chiefly of chlorite. Pegmatites (some of which are tortuous stringers), quartz veins, and crosscutting amphibolites also occur sporadically within the predominantly fine-grained meta-arkose bedrock areas.

The coarse-grained type has the general appearance of a grayish-pink medium-grained granitic augen gneiss. Its foliation is dependent upon the orientation of the feldspar augen and the fact that both the

relatively coarse quartz and biotite, the other chief constituents, are more or less restricted to certain planes. The feldspar augen are pink to salmon colored and most commonly are less than 10 mm. in greatest dimension. The quartz is typically milky to smoky and occurs as the chief constituent of the fine matrix, as larger grains comprising certain discontinuous and irregular bands, and locally as flaser of the same general size as that of the feldspar augen. The biotite, locally chloritized, typically occurs as clusters of grains each of which ranges up to about 3 mm. in greatest dimension. At a few places, *e. g.*, near the crate mill on the shore of Kvaase Fjord near Randvig which is about 5 km. S.40°W. of Høvåg, thin layers up to 15 cm. thick, of the above described fine-grained type occur within this coarse-grained type. Also present within the phase locally, *e. g.*, in the recently completed cuts near Eidfjord which is about 2.7 km. S.20°W. of Høvåg, are segregations, up to 50 mm. in greatest dimension, of chiefly biotite — these, which also occur locally within the fine-grained type within this granitic gneiss phase, give an overall appearance rather similar to that given by small xenoliths or schlieren within igneous granite gneisses.

In thin section, all of the common phases of this lithological type may be seen to consist chiefly of quartz and feldspar (microcline and sodic plagioclase) plus biotite and with or without muscovite, chlorite, apatite, zircon, sphene, magnetite, myrmekite, and calcite. The quartzite-appearing rock may be seen yet to retain relict sedimentary features; the granitic gneiss-appearing rock may be seen to retain no recognizable sedimentary features; intermediate types have sporadic relict features. Preservation of relict features appears to range inversely with present grain size.

Within thinsections of the very fine grained subvitreous quartzitic-appearing type the accessory zircon, sphene, and magnetite occur chiefly as discrete grains that have the appearances of subrounded clastic fragments. Some of the quartz grains also have shapes that possibly reflect original sand grain shapes. Calcite occurs chiefly within certain layers. The layering is best marked by relative concentrations of magnetite and other "heavy mineral" grains. Relatively large grains of chlorite also are more or less similarly concentrated, however, and, thus, where present accent the layering. The chlorite, muscovite, and feldspars all appear to have crystallized (or perhaps recrystallized) within the rock. As mentioned, the chlorite is especially

prominent in certain layers. The muscovite occurs as relatively large poikiloblastic grains with sporadic distribution. The anhedral feldspars are microcline, microscopically *nonperthitic*, and albite with an anorthite content of essentially zero. The microcline is present in amounts up to approximately 40 per cent whereas the albite has a minimum observed volume of about 10 per cent. All evidence appears to favor formation of this rock by metamorphism of an impure arkosic sedimentary rock. The magnetite, zircon, and sphene occur as relict clastic fragments; the quartz represents partially to completed recrystallized quartz sand; the calcite probably represents recrystallized (?) calcitic sedimentary laminae; the chlorite and muscovite may represent recrystallized admixed sedimentary chlorites and/or clays; the feldspars also may represent recrystallized and metasomatized (potash- and soda-enriched) clays or merely recrystallized sedimentary feldspar fragments.

Within the other extreme phase, the granitic gneiss-appearing rock, all minerals appear to have been crystallized (or recrystallized) within the rock. The chief differences between this and the fine-grained type other than those directly indicated by this statement are: there is biotite (with greenish brown pleochroism) but no chlorite; the plagioclase is An_{12-15} instead of nearly pure albite; the microcline is micro-perthitic; some myrmekite is present. Also noteworthy are relatively large zircon crystals which appear to be in the stages of becoming metamict because although they look quite fresh they have extremely low birefringence — the identification has been checked by x-ray analysis.

If it were not for general spatial association including interlamination with the quartzite-appearing type, it is quite likely that this rock would be called a granite gneiss rather than a meta-arkosic gneiss. As it is, the meta-arkose genesis hypothesis appears to be much more logical an explanation. The differences of An-content of the plagioclases of this and the quartzitic-appearing type may be complementary to the differences in the perthitic versus nonperthitic microcline, *i. e.*, so far as these are concerned the two rocks may be heteromorphic variants dependent upon unlike metamorphic condition recrystallization histories. They are not true overall heteromorphic variants because of marked differences in accessory mineral and overall plagioclase versus overall microcline contents. Under the preferred hypothesis the plagioclase-microcline ratio dif-

ferences would suggest, by analogy to known arkosic sedimentary basins, that the source area for the parent sediments was northeast of the Randesund area. Alternatively, if the minerals were formed as the result of potash and soda enrichment, differences in travel distances away from a common source because of activation, permeabilities of the rocks, *etc.* might explain the relationships. Here is a most interesting unit that appears to be amenable to really important analyses related to such problems.

Some of the intermediate types show such things as biotite (green pleochroism) and chlorite and intergradational types (?!!) in association and sporadic epidote, quartz flaser, and poikiloblastic (or corroded) feldspar augen as well as less noteworthy intermediate features. In the field the intermediate types may be recognized because of their grain sizes which are larger than that of the quartzitic-appearing types and smaller than that of the granitic gneiss-appearing types.

Amphibole-rich foliates. — Poorly to well foliated rocks that consist of notable percentages of amphibole occur in masses susceptible to separate expression on the map as well as as layers in the banded gneiss. These rocks are called amphibole-rich foliates rather than amphibolites because they contain notable amounts of quartz.

The masses indicated on the map are constituted chiefly by relatively homogeneous nearly black amphibole-plagioclase-quartz foliates. Locally they are banded because of alternating bands with different amphibole-light minerals ratios. At many places the foliation is accented and/or is cut by what appear to be mobilized and segregated quartz and feldspar. In general, these amphibole-rich foliates form more massive outcrops than do the banded gneisses within which they occur.

Thin section studies indicate that the rocks of the units designated amphibole-rich foliate on the map have a much greater diversity of mineral composition than one might believe after megascopic examination alone. Although most of the rocks are composed chiefly of an actinolitic-hornblendic amphibole plus quartz and plagioclase feldspar with little or no biotite, a few phases have biotite present to the near exclusion of amphibole. Further, whereas some of the rocks are nearly completely constituted by amphibole, quartz, and plagioclase, others have notable percentages of magnetite, epidote, sphene, chlorite, and calcite. The amphiboles have shades of green or green and tan pleo-

chroism. They are typically clean but locally contain many small opaque inclusions. Typically those with the numerous inclusions are more irregularly shaped and are associated with more highly altered plagioclase than those essentially inclusion-free. The plagioclases are zoned and with An-contents ranging from about An₂₅ to An₃₄. With a few exceptions, plagioclase is present in lesser amounts than quartz. The quartz is strained, commonly in composite grains, and sporadically has sutured borders. Epidote, the most common accessory, typically occurs as scattered small discrete grains. In the phase with the opaque-rich amphibole and the highly altered plagioclase, however, it occurs as relatively highly pleochroic grains nearly as large as the amphibole grains. Magnetite is present as a few well defined crystals in nearly all phases and also as numerous minute grains in certain layers. Calcite occurs as a few scattered grains in many of the phases. Sphene is present sporadically in amounts up to about five per cent. It occurs as irregularly shaped blebs of composite or single grains. A few grains of apatite occur in nearly all sections studied. Chlorite and biotite were found to occur in two sections each. The biotite has a light greenish yellow to nearly colorless pleochroism. The chlorite is everywhere spatially associated with either biotite or amphibole grains. A few grains of perthitic microcline also were found to occur in a couple of sections. These rocks are all foliated with the foliation marked by such things as preferred shape orientation of the amphibole grains and relative concentrations of magnetite, amphibole, and quartz. Some of the phases have crystalloblastic textures. Most have rather nondescript though obviously metamorphic textures.

Rocks of this and similar compositions, when present as concordant masses such as they are within the mapped area, are subject to numerous genetic interpretations. For examples, they could represent metamorphosed pyroxenic-, gabbroid-, or meladioritic-composition igneous rocks (including concordant intrusives, extrusives, and pyroclastics); ferruginous sandy clayey limestones or marls; ferruginous argillaceous dolomites; or dolomitic shales. Further, the metamorphism could have been dynamic plus recrystallization or dynamic plus addition (and subtraction, of course) of materials. To the present, no criterion or group of criteria have been discovered that establish unequivocally one versus other possible origins for the rocks with equivocal field relationships. Although field relationships and megascopic lithological features, *e. g.*, the banding and the quartz

content and arrangement, appear to delimit the sill or other concordant intrusive genesis possibility for the masses in the area, nothing more can be ventured without hazard to the present. However, it should be mentioned that in conjunction with my study of banded gneisses (*op. cit.*) spectrochemical studies of minerals of these rocks and of similar rocks of known origins are being made with the hope that geneses may be determined at least within certain restricted categories.

A porphyroblastic (microcline perthite and plagioclase) biotite gneiss that occurs locally as bands within the banded gneiss and in the Randesund area commonly with those closely associated spatially with the amphibole-rich foliate masses is described in this section because of this association plus the fact that the rock occurs in masses too small to be shown on the map at the presented scale. An especially good exposure of this rock occurs about 2 km. west of Kvarenes (approximately 7.5 km. S.50°W. of Høvåg). The rock typically consists of salmon-pink porphyroblasts of microcline perthite with average longest dimension of about 15 mm. — 10 to 20 per cent, greenish gray porphyroblasts of plagioclase with average longest dimension of about 5 mm. — less than 5 per cent, and a dark purplish gray fine grained (typically less than 1 mm. in greatest dimensions) matrix of biotite, quartz, and the two feldspars. Thin section studies corroborate this megascopic description and also show that the plagioclase is a low-calcium andesine which has been partially sericitized, that some grains of the microcline perthite exhibit carlsbad twinning, that the biotite is pleochroic in greens, and that the chief accessories are sphene, epidote, calcite, and magnetite. A green amphibole indistinguishable from that of the associated amphibole-rich foliates, apatite, and rounded zircon grains also occur sporadically. Sphene occurs in amounts up to 3 per cent and is remarkable in that some of it is well twinned, some is well zoned, and some of it contains magnetite laths arranged in sort of a triangular fashion. Some epidote grains also exhibit good zoning. An especially significant feature that occurs within some parts of some layers of this rock is what appears to be a gradation between typical myrmekite and typical crystalloblastic texture involving the two feldspars and quartz. Megascopically another gradation of possibly fundamental importance also may be seen — that between this rock and a rock indistinguishable from some of the coarse-grained meta-arkose. Also of possible petrogenic significance is that this rock is similar in appearance to some of the "augen granites" of southern Norway, *e. g.*,

the Vegårdshei mass — because of this and because of the relationships between this rock and other lithologies within the Randesund area it appears that this may be the (or at least an) especially good place to start a reinvestigation of the possible modes of origin of such rocks.

Meta-graywacke. — An approximately 2 km. wide area along the eastern side of the mapped area is underlain by a rock unit the overall features of which appear to fit best the interpretation that the unit is a metamorphosed graywacke that may have undergone local anatexis. Especially good exposures of this rock occur on Justøen Island about 8 km. N.35°E. of Høvåg and along the eastern about one-third of the two nearly east-west trending roads north of Høvåg.

The rock is gray on fresh surfaces and buff on weathered surfaces. The rock is medium to coarse grained and consists chiefly of plagioclase, biotite, and quartz. At most places it is well foliated chiefly because of the preferred orientation of the biotite. Locally it is essentially nonfoliated. Some places it is banded as well as foliated because of the presence of quartz-rich layers. As is especially well shown near the east end of the Høvåg road and also on the islands called Ulvøen near the southeastern end of the mapped area, the more homogeneous type grades into the banded gneiss lithology. It is this relationship plus the presence of plagioclase plus quartz-rich bands within the rock proper and also plus the fact that the unit appears to be in structural harmony with surrounding rocks that I have called it a meta-graywacke. Perhaps this designation is ill-chosen because no individual specimen could be, by any stretch of the imagination, so designated. Perhaps something like "gneissic plagioclase-biotite-quartz rock — probably meta-graywacke" would be more congruent with both the appearance and what little is known of the origin.

Studies of thin sections show the rock to be composed of high-calcium oligoclase — 60 to 80 per cent, biotite — 10 to 13 per cent, quartz — 10 to 25 per cent, and minor amounts of microcline, zircon, apatite, sphene, pistacite, and sporadic hornblende. The plagioclase exhibits better development of pericline than albite twinning and is partially sericitized with the thinner twins apparently more sericitized than the thicker ones in some grains. The plagioclase also is zoned slightly and strained and a few grains exhibit the interesting feature of what appears to be restricted induced twinning directly adjacent to some epidote grains. The biotite at some places has brown pleo-

chroism and at others has green. A very few grains are slightly chloritized. The quartz is strained and some of it occurs as composite grains. The epidote is especially abundant in the green biotite type. Some of the sphene grains are of the well developed wedge-shape type. Myrmekite and disseminated grains of calcite have been found to occur in one section each. The nearly complete lack of opaque minerals is also noteworthy. The texture of nearly all types is metamorphic and of some is crystalloblastic. Along this line, of particular interest is the fact that the plagioclase abuts nearly all other minerals (including even sphene), the biotite is abutted by nearly all other minerals, and the microcline where present appears to be of extremely late formation.

The layered type has dark layers essentially indistinguishable from the typical phases and light layers that are nearly biotite-free. The biotite associated with this type has been found generally to be of either the green pleochroic type or something that looks intermediate between the green and brown types — nowhere the typical brown type. A crystalloblastic texture of particularly good development is commonly present in the light-colored quartz-feldspar layers.

As noted above, the origin of this rock is definitely not established. The rock may have originated from the metamorphism of an igneous rock or a sedimentary rock. However, as also noted, I believe the evidence favors the meta-sedimentary origin. The texture of the rock seems to support the field evidence so far as this is concerned. Nonetheless, it seems most likely that the rock did undergo at least local partial anatexis subsequent to its original formation. The name "meta-graywacke" should not be interpreted as exclusive but rather as inclusive of all other supracrustal rocks of this general composition!

Marble.¹ — As mentioned in the "Introduction", five occurrences of impure marble within the area — all about 5.5 km. west of Lille-sand — were reported by Høltedahl (*op. cit.*). The localities, indicated on the map (Fig. 2) by letter symbol only because of the small sizes of the exposures, are between Bronen and the cascades of Sølberdal-bekken. As Høltedahl reported, the marble is impure — typically 80 to 90 per cent CaCO_3 ; it occurs in thin layers — from less than one

¹ Marble has two definitions: commercially, it refers to any calcareous rock capable of taking a polish; petrographically, it is the name given to a completely recrystallized limestone in which all traces of clasticity have been effaced. In this report it is used in the petrographical sense.

meter to a maximum observed thickness of less than five meters; the five exposures may be, but haven't been proved to be, parts of a single lithological unit; the marble has been quarried on a small scale at three of the exposures for use in preparation of burnt lime.

Most of the rock is white or light gray or buff in color; consists of coarsely crystalline calcite (typically $2 \times 2 \times 2$ mm. to $5 \times 5 \times 5$ mm.) — 80 to 98 per cent, discrete crystals and/or masses of crystals of pyrite (most of the crystals are about 1.5 mm. along *a*) — up to 15 per cent in large specimens and up to over 80 per cent in some laminae, and lesser amounts of such minerals as tremolite-actinolite, hedenbergite (variety coccolite), and quartz. Near some of the contacts between the marble and the adjacent banded gneisses, as for example, in the bed of Sølberdalbekken, differential flow (drag) is evident within the marble.

Marble also may occur near Randvig which is about 5 km. S.40°W. of Høvåg. Although no marble was found in place at this locality marble fragments constitute most of the dock fill. It is doubtful that the rock was carried for such usage from any great distance. Inquiries concerning the source also proved fruitless. This marble is associated with amphibolite, is nearly white, consists chiefly of calcite (more than 90 per cent), and also contains hedenbergite, tremolite-actinolite, pyrite, and phlogopite all of which are typically concentrated in certain layers.

As is apparent from these brief descriptions, at least some of the marble is similar to that commonly referred to as skarn. However, the occurrence within the banded gneiss away from any known igneous contact suggests formation under conditions of some sort that promoted "regional" rather than "contact" metamorphism. Alternatively, of course, the third dimension can be considered to hold an igneous mass responsible for the skarn formation. Perhaps, all the "regional" metamorphism is manifestation of metamorphism induced by such a mass. In any case, it appears that this "regional" skarn and associated metamorphic rocks and present or absent underlying magmatic (including migmatitic, anatectic, *etc.*) rocks all point up the many problems relating to the multiplicity of combinations of processes that can be manifest by essentially identical end products. I have often wondered, when pondering such problems at such exposures, if drilling of a few well located deep holes and studying of the cores therefrom wouldn't supply more answers, less equivocal and more economically both time- and money-wise, than extended intensive but essentially

two-dimensional field studies which even when followed by good laboratory investigations, necessarily lead at best to unsure guesses for possible answers. The core-drill is, I believe, too much overlooked as a research tool.

Pegmatite. — Granitic composition pegmatite masses of diverse types occur within the area. On the basis of visual estimates, they appear to be most common in the banded gneiss, next most common in the meta-arkose and amphibole-rich foliates, uncommon in the amphibolite and meta-graywacke, and absent in the marble and dolorite.

According to mineralogical composition, all the pegmatites are granitic — they consist almost wholly of feldspar(s) and quartz with or without mica (muscovite and/or biotite). According to aggregation, most of the masses are relatively homogeneous but some show a zonal arrangement of constituents. According to shape of mass, most are irregular or pod shaped but a few are tabular.

Relatively homogeneous tabular masses crosscut the foliation of the banded gneiss and meta-arkose locally. Most are less than 25 cm. thick. A few in the meta-arkose and banded gneiss exhibit the tortuosities commonly referred to as ptigmatic folds.

Some of the pod-shaped masses are essentially homogeneous whereas others are zoned essentially parallel to the walls. Although most of the pods, or lenses, are concordant, some are not wholly so. They range from augen size to masses nearly large enough to be outlined on the map at the scale of presentation. Pods, the relationships of which are well exposed, occur along the southwest side of Gladstad Lake approximately 7.5 km. S.75°W. of Lillesand. Most of the pegmatites of the areas indicated as "pegmatite-rich" on the map (Fig. 2) belong to this type.

Vein type pegmatites, *i. e.*, irregularly tabular masses which were formed as the result of accretionary growth inward from the walls, also occur. Commonly these are roughly zoned with most of the quartz and mica in the central parts of the veins. None of these has been observed to have a central open space. The feldspars and sporadic mica commonly exhibit crystal faces. Both concordant and discordant masses of this general type have been observed with a predominance of the latter. Especially fine examples of this type are exposed in cuts along the now abandoned tramway tracks about half way between Lillesand and Birkeland.

Two features worthy of note so far as pegmatites of the area are concerned are that some of the "dents de cheval" are two-feldspar in composition and for all practical purposes are indistinguishable from small pod pegmatites and that some pegmatites have a definite affinity for zones that once were structurally controlled low pressure areas. The two-feldspar type of "dents de cheval" and one type of structurally controlled zone are well exemplified in the roadcut about 75 m. north of the fish receiving mill about 7.2 km S.65°E. of Kristiansand. A common structurally controlled type in which pegmatite appears to have healed breaks in amphibole-rich foliates is well shown along the shore of the small lake on the west side of the Stangenes road about 9 km. S.50°W. of Høvåg. Another type where pegmatitic material occurs along minor faults of the "Great Friction Breccia" zone is well exposed in roadcuts on the east side of the Gladstad Lake road about 1 km. south of its junction with Route 40 about 7 km. southwest of Birkeland. That these last-mentioned pegmatites gained their spaces before last movements along the zone is suggested by their being slickensided.

Another extremely interesting feature that may be a pegmatite type or at least related to the origins of some pegmatites is the local development of large grains of plagioclase feldspar and biotite within the meta-graywacke as is exhibited in exposures along the Hellenes road a few hundred meters west of its eastern end (about 3.4 km. directly south of Høvåg). The feldspar grains are irregular to subspherical in shape and range up to 35 cm. in greatest exposed dimension. The biotite grains range up to 25 cm. across. There are many large feldspar grains and few large biotite grains. Both occur surrounded by typical nearly nonfoliated meta-graywacke. This is the only locality where such a development of large grains was observed to occur. Although some of the feldspar grains have thin (less than 2 mm. thick) selvages of concentrated biotite, most do not. Although some large biotite grains at this locality occur with pegmatitic quartz and K-feldspar, none of the plagioclase has been found to be so associated.

Many of the Randesund area pegmatites quite obviously were formed in open spaces and in loci of real or potentially relatively low pressures. The presence of what appear to be isolated pods and lenses suggests formation of at least this type from extremely mobile and tenuous materials. Some relationships, *e. g.*, those associated with the "healed" amphibole-rich foliates, suggest formation from fluids derived by partial anatexis in relatively low pressure zones. The area offers a

fine place to study diverse types of pegmatites, their relationships, and their possible geneses. Of particular interest, I believe, is the possibly present series of pod pegmatites — two-feldspar “dents de cheval” — one-feldspar “dents de cheval” — porphyroblastic gneiss. Also worth special attention are the large plagioclase and biotite grains in the meta-graywacke — are these the beginning of some sort of porphyroblast development initial to a pegmatization (?), do they represent an igneous core to a meta-graywacke that really is instead a meta-quartz diorite (?), what?

Amphibolite. — Numerous small crosscutting masses that now are constituted by diverse amphibolites occur within the banded gneiss outcrop area. Another such mass occurs crosscutting the meta-arkose. The best exposed mass is a less than one meter thick dike that is exposed on the east side of the island of Herøen about 7 km. S.35°E. of Kristiansand. The largest mass of this type with crosscutting relationships that are well exposed occurs at the southeastern end of the island of Randøen near the bridge connecting it with Randhl (about 9.5 km. S.50°E. of Kristiansand). This mass does not have so well defined a shape as the Herøen dike. A similar mass, or group of masses, occurs at the shore near Stagenes (about 9.5 km. S.45° of Høvåg). Smaller masses occur near the north-western side of the channel that trends between the two islands called Randøen and in the small bay just east of Tømmerstø (about 6.5 km. S.60°E. of Kristiansand). The thin tabular mass that locally cuts across the foliation of the meta-arkose is exposed in a new road cut near Kornnes (about 4.2 km. N.10°E. of Høvåg). Each of these is indicated on the map with an “a”. It seems likely that other similar masses which have not been observed and recorded to date also occur within the area.¹

The rocks of each of these masses are amphibolites in the true sense, *i.e.*, they are composed chiefly of amphibole and plagioclase feldspar. The Herøen dike has, in addition to green amphibole and high-calcium oligoclase, about 5 per cent brown biotite, up to 2 or 3 per cent of sphene, and trace amounts of apatite, chlorite, pyrite, and magnetite. The plagioclase occurs as relatively large sericitized grains and as small typically untwinned zoned grains (in mosaic like arrange-

¹ After preparation of the map etching two more were found: one on the south shore of Hoks Lake near Kongshavn and one, which has been deformed and “boudinaged”, on the small island southwest of Randøy.

ment). Most of the amphibole and biotite occur associated with each other and forming irregularly shaped aggregates. What looks megascopically like a coarser grained interior of the dike actually is the manifestation of a textural difference between the interior and outside zones of the dike — the dark mineral aggregates are larger and more nearly separated from each other by intervening plagioclase in the central phase. This may be an example of differences in metamorphic textures being controlled by premetamorphism differences — here, most likely chilled versus more slowly cooled zones within an igneous dike. Although the relatively large south Randøen and Stagenes masses have extremely similar appearances and relationships with their surrounding banded gneisses, their rocks are rather different in appearance in thin sections. That both consist chiefly of green amphibole and plagioclase is their only similarity. The Randøen mass rock is highly altered — chlorite, probably after biotite, and sericite with plagioclase are characteristic. The rock also contains up to about 3 per cent magnetite and trace amounts of a greenish yellow epidote. The Stagenes mass rock, on the other hand, is fairly fresh (although there is slight sericitization of the feldspars and some sporadic serpentinization) and contains about 10 per cent brown biotite, about 1 or 2 per cent sphene, and practically no magnetite. Further, the plagioclase of the Randøen mass rock is mid-andesine whereas that of the Stagenes mass is high-calcium oligoclase. Even the textures are quite different — that of the Randøen mass is characterized by relatively large amphibole grains within a mass of extremely fine grains of the same amphibole and intermediate sized plagioclase grains whereas the Stagenes mass rock is much more nearly equigranular. Actually, the Stagenes mass rock is much more similar petrographically to the Herøen dike rock than to the Randøen mass rock. The rock that comprises the thin tabular mass within the meta-arkose also is petrographically similar to the Herøen dike rock. It consists chiefly of green amphibole and high-calcium oligoclase with about 10 per cent biotite and about 1 per cent sphene. An interesting feature associated with this mass is that biotite appears to have been depleted from both the amphibolite and the meta-arkose near the contact between the two. Also, both sphene and amphibole appear to have been introduced into the meta-arkose in a zone up to about 5 mm. thick along parts of the contact. No specimens from the other masses indicated on the map have been seen in thin section.

That the materials which comprise these masses moved into their

present positions with respect to the surrounding rocks after those surrounding rocks were formed is obvious. How they moved into place is not so obvious for at least some of them. Except for the Herøen dike, it seems not impossible from the field relationships that some sort of syntectonic mobility other than magmatic mobility might account for the emplacement. Perhaps removal of quartz from amphibole-rich foliates plus plastic flow of the residue might account for at least some. On the other hand, the petrographic similarities between the rocks of some of the masses and that of the Herøen dike may be genetically significant in which case only the south Randøen mass of those studied in thin section would require special consideration so far as emplacement origin aspects. However, even if the masses were emplaced as magma, source of magma becomes a problem. Along with the generally considered sources I would like to suggest consideration of the possibility that such magma could represent the heavier basic materials associated with the anatectically mobilized granitic material (generally considered to underlie the exposed rocks of the area — that is, like those at the surface in the adjoining Telemark area) which sank to a level where they became melted and thus injectible. In any case, all have undergone metamorphism so apparently are Precambrian in age (?). Further, none appears to be related petrographically to the "older minette" (Precambrian) group of dikes described by Barth (1944) as occurring about 20 km. west of the Randesund area. Therefore, here are representatives of one and possibly two or more other Precambrian basic magma injection periods.

Dolerite. — Three exposures of essentially unmetamorphosed dolerite were found during the present study to occur within banded gneiss near Øresland and Kjøstveid (just north of Høvåg). Their locations are indicated on the map by the symbol "D". These are similar to the masses described by Hjelmqvist (1939) and Barth (1943) and considered to be probably of Permian age. Although the exposures appear to represent three distinct masses, possibly the two northern exposures — those near Kjøstveid — are parts of one mass. The only contacts between these masses and the surrounding gneisses observed were those of part of the southern mass as exposed in the first roadcut south of the Øresland junction. Contact relationships exposed there show that that mass is an approximately 2.5 m. thick dike that dips a few degrees towards the south within banded gneiss

with a general dip of approximately 60°SE. Also observable at the same exposure are the facts that the dike has fine-grained basaltic border zones that grade into a coarse diabasic dolerite in the central portion, that there are minor pyrite nodule-bearing zones within the dike that are essentially parallel to the contacts, that associated small cryptocrystalline and/or glassy ribbon injections occur sporadically within the gneiss near the dike, and that there was no (at least no readily apparent) igneous metamorphic effects on the gneiss. Actually, there is an occurrence of garnets, up to 10 mm. along *a* that may be attributable to metamorphic effects controlled by injection of the dike — no similarly sized garnets have been observed elsewhere in gneisses of the area. However, because of the composition of the garnetiferous layer and because of the disseminated arrangement of the garnets within the layer it seems that such a contact or igneous metamorphic control origin is not the likely answer. Subspherical blebs composed chiefly of pyrite and that range up to about 25 mm. in greatest dimension occur throughout much of the exposed rock of the northern mass. Locally these coalesce to form discontinuous layers of pyrite. If these discontinuous layers are parallel or subparallel to the contacts of the mass, as appears quite possible considering the relationship within the Øresland mass, this mass also is nearly horizontal.

In thin section, the chilled border zone rock may be seen to consist of a light yellowish brown, low birefringent, cryptocrystalline material with included numerous subspherical blebs of a darker brown, moderate to low birefringent material, a few scattered masses of aggregates of small 2V, (-) chlorite (?) with crystal outlines (probably in replacement after pyroxene and/or olivine), and fewer small plagioclase (*ca.* An₆₅) crystals. Toward the center, the subspherical blebs of darker brown material increase in abundance until they form a near continuum with a few scattered and larger than the above mentioned masses of chlorite (?) plus a few plagioclase crystals and fewer skeletal crystals of mainly opaque material. This phase grades to a phase with a less homogeneous matrix that contains many small and a few large phenocryst-shaped masses of the chlorite (?), a few lath-shaped plagioclase crystals, a few skeletal opaque crystals, numerous microscopically discernable but extremely small opaque grains, and a few irregularly shaped masses of what may represent divitrified glass. This phase grades through a more or less typical basalt to the central phase that is a holocrystalline relatively coarse-grained dolerite.

The dolerite is chiefly of intersertal texture with local zones that are subophitic. It consists chiefly of zoned plagioclase (some individual grains are zoned through as much as 30 per cent; albite law twinning predominates over pericline law twinning; highest An-content observed was An₅₈ and lowest observed was An₂₆), a high-dispersion clinopyroxene (titanium-rich augite?!), a pigeonitic pyroxene, an amphibole that has green and brown pleochroism, opaque material(s) of both complete and skeletal crystal and dendritic growth types, and aggregates of serpentine plus or minus talc. Some of the plagioclase of each phase appears to have been partially saussuritized. Minor amounts of brown biotite, chlorite, quartz and calcite also occur. The pyrite bleb bearing type appears identical except for the presence of the blebs. These blebs consist of dolerite similar to the typical except for the high pyrite content. The pyrite occurs as large complete or skeletal grains and also as thin coatings along most grain boundaries and some cleavage fractures. There appears to be no indication of depletion of anything from the rock adjacent to or near the blebs. This would appear to suggest that the pyrite was formed chiefly in response to an oversaturation of iron and sulphur in the magma from which the rock was consolidated. More complete investigation is needed, however, to establish the true significance of these. Also considered worthwhile is an intensive study of the remarkably well-exposed Øresland dike from the standpoint of its possibly diverse chemical as well as textural compositions in different parts. Along this line, there very well may be more and even better exposed similar masses which were not seen during my short time reconnaissance of the area.

Another interesting feature associated with the northernmost mass is the fact that the rock has undergone chemical spheroidal weathering to the point that residual boulders of the rock exist beneath a thin mantle over much of the area of which the dolerite is the bedrock. Considering climatic conditions, time of last ice retreat, *etc.* it seems that this may be evidence favoring nonglaciation of the area during at least the last Pleistocene Ice Sheet advance.

Petrogenetic Considerations. — As already mentioned in the description of each major lithological type, numerous problems exist so far as determining true origins and subsequent histories. Some of

the chief problems and some of their aspects, possible solutions, and implications are worth restatements.

Barth (1933, pp. 307—309) expressed the view that the rocks of the area could represent the "oldest pre-Cambrian now exposed . . . (the) solid residues after a differential re-fusion with subsequent squeezing out of the pore liquor thus formed", *i. e.*, the solid residue after anatexis and upward removal of solutions to form granitic rocks like those of Telemark. Later, he (Bartli, 1947, pp. 9—10) superseded this suggestion, mainly because of "new" structural data, to put the rocks of the Telemark granitic area and the Randesund "less granitized" area in the opposite relative positions before movement along the "Great Friction Breccia" zone. The latter appears to be a more nearly correct interpretation and more or less "sets the stage" for all petrogenetic considerations of rocks of the area — *i. e.*, they are chiefly rocks of supracrustal origin which subsequently became structurally distorted and metamorphosed at crustal level(s) where conditions similar to those generally ascribed to lower levels existed.

The granitic composition rocks that constitute the relatively large masses herein designated "meta-arkose" and lithologically similar layers within the banded gneiss unit could have had any of a number of diverse geneses. Formation from a magma for any but sporadic zones which possibly may have undergone partial anatexis does not appear to be a likely alternative because of compositions and the presence of relict sedimentary features. Granitization, mainly potash and soda enrichment of a sandstone or essentially isochemical metamorphism of an arkosic sedimentite appear to be the two best possibilities. Chiefly because the diverse types, no matter what their texture, have nearly the same accessory-free compositions I believe the alternative that they formed by nearly isochemical metamorphism to be more likely the correct interpretation. This, of course, suggests that the parent sediment was feldspar-rich which, if true, further suggests derivation of that sediment under conditions of predominantly mechanical weathering and erosion from an area of granitic composition bedrock. I wonder if essentially isochemical metamorphism of relatively feldspar-rich mechanical sediments has not been overlooked far too much as a possible process in considerations of origins of granitic rocks, especially those of Precambrian terranes. Perhaps the lithologies of possible source rocks plus or minus conditions of earlier

geologic time favored sedimentation of this general type. Rather straightforward metamorphism without the necessity for wholesale long range movements of materials would then be the only required mechanism to produce some granitic and similar rocks.

Another petrogenetic problem of great importance in the area concerns the origin(s) of the diverse amphibole-rich foliates. This is a problem of interest in nearly every metamorphic terrane of the world. Amphibole-rich foliates — including amphibole gneisses, amphibole schists, amphibolites, and intermediate types — are not only common in most metamorphic sequences but may have any one of many parentages. Therefore, in many cases, if one versus other parentage(s) can be proved, a major step has been made so far as unraveling the geologic history of the entire rock sequence. Little has been done thus far in this study so far as determining the origins of the diverse amphibole-rich foliates of the area. However, from meager beginnings, it does appear that certain investigations of these rocks may be fruitful at least so far as giving checks of the validities of certain previously suggested means for distinguishing between amphibole-rich metamorphic rock types with diverse origins. As mentioned, now underway in conjunction with my investigation of banded gneisses (*op. cit.*) are chemical studies, particularly semi-quantitative spectrochemical trace element studies, of the "pod-type", the dike-types, and various intercalated-within-the-supracrustal-sequence-types of amphibole-rich rocks of the area.

Many of the questions and problems associated with the origin of the meta-arkose also exist so far as genetic considerations of the rock herein designated meta-graywacke. It is not impossible that this rock is a metamorphosed igneous rock. Further, even if it is a metamorphosed sedimentary rock as suggested by the designation employed, it may be that locally it has undergone at least partial anatexis. Although I favor the metasedimentary-plus-local-partial-anatexis possibility for reasons already stated, I am firmly convinced that the unit needs much further study both in the field and in the laboratories — petrographic and chemical — before its true origin can be much more than guessed. Of special interest so far as both the origin of the unit and perhaps pegmatization is the local occurrence of large feldspar grains.

Of the many other petrogenetic problems, solution(s) to which may lie in rocks of the Randsund area, the formation of chlorite by

alteration versus original water content of the parent rock control versus progressive metamorphism versus retrogressive metamorphism appears foremost. Although the overall mineralogy of most of the rocks of the area places them in the low epidote-amphibolite facies, chlorite occurs at least sporadically in nearly all of them. In most of them it occurs spatially associated with biotite. In a few, *e. g.*, the meta-arkose, there appears so far as observations through the petrographic microscope are concerned to be gradations from biotites with brownish-green pleochroism colors through biotites with green pleochroism and mineral grains that are neither true biotites nor true chlorites to true green chlorites. Investigations of the biotite-chlorite minerals of these rocks may aid greatly the resolution of some of the many problems related to genesis of chlorite and thus to its true significance or lack of significance in at least certain mineral suites. With rocks of the area as bases such a study could also easily be extended to include considerations of many other questions related to grade of metamorphism versus control by slight differences in original lithology, *e. g.*, recall the possibly heteromorphic relationships of the potassium feldspars and plagioclases of the diverse meta-arkose phases — these relationships may even be amenable to metamorphic grade studies by use of the two-feldspar geothermometer (see, for example, Barth, 1956).

Structural geology.

General Statement. — The geologic structure of the Randsund area and its interpretation constitute the ingredients of what perhaps might best be termed, in the vernacular, a geologist's nightmare — the structure is complex; exposure is poor even though outcrops are numerous. Actually, the area is quite exemplary of the futility commonly met where "it is not economically worthwhile to map that area on anything but a large scale".

The complexity, although quite obvious from nearly the beginning of the field work, became most apparent when certain interpretations had to be changed rather markedly to account for features exposed at a few new roadcuts which were completed late during the field season. Two things stand out: 1) at least part of the rocks have undergone movements in the so-called "flow zone" and, 2) even major structures may be overlooked because of the lack of merely a few meters of exposures. The possibly ambiguous statement in the preceding para-

graph concerning numerous outcrops versus poor exposure has three main facets: 1) most of the outcrops are obscured by thick lichen covers; 2) large glacial erratics and slumped blocks are commonly indistinguishable from bedrock; and, 3) many "critical" areas are covered by swamps, lakes, *etc.* The difficulties of mapping such an area on any but a scale of *ca.* 1:100 is obvious. Equally obvious, however, is the lack of present day economic justification for mapping it more exactly than on a scale nearer *ca.* 1:100,000. To multiply difficulties, no proved-to-be-valid geoptal features were found to occur. Reconsideration is also necessary here of the fact that I spent so short a time within the area that my percentage observed of even good exposures must have been low.

Of primary importance to all structural considerations concerning the Randesund area is determination of the correct answer to the question "are foliation and original bedding coincident with each other?". The answer employed is that they are except very locally where it is obvious that they are not. This interpretation is used mainly because of the fact that foliation and compositional breaks are parallel to each other nearly everywhere where they have been observed within the area. This is true even where it appears that the main foliation is a manifestation of some sort of mechanical streaking. Nearly all of the foliation strikes within a few degrees of N.25°E. In the western approximately two thirds of the area most of the foliation dips moderately to steeply towards the northwest; in the eastern about one third of the area most of the foliation dips moderately to steeply toward the southeast. Exceptions occur, however, in many small areas. Perhaps the most noteworthy of these is the area along the "Great Friction Breccia" zone which crops out sporadically along the western side of the Randesund area near the Topdals River. Within and near this zone strikes and dips of nearly any named combination can be found to occur. Other areas where other than the typical regional strike and dip occur are interpreted as crossfolds, as dragfolds, and as near major fold axes. Only the fold herein called the Kjellingland anticline can be listed as a relatively well defined major fold within the area. Although other similarly sized structures may exist, none has been proved. The fact that drag folds are commonly subject to more than one interpretation so far as position in relation to larger structures is of major concern. Also of importance along this line are questions concerning aspects of chevron versus isoclinal folds and whether or not open folds and

isoclinal (or chevron) folds are likely to occur together in a relatively small area even if formed at different times. One of the most obvious group of features of the region is the topographic alignments for which a structural control interpretation is evaluated. Lesser features, size-wise, such as slickensides, boudinage, joints, and alignment of "dents de cheval", add to the overall structural picture.

Great Friction Breccia. — The zone in the Randesund area that is considered to be part of the "Great Friction Breccia" is exposed sporadically along Topdals River. The zone is nearly, but not quite, parallel to the strike of the foliation of the adjacent rocks. At most of the exposures examined this "rock" is not what is commonly considered to be a fault breccia. Rather, it is a zone that consists chiefly of such features as chaotic strikes and dips of foliation, numerous close-spaced joints, an abundance of slickensided surface, minor faults (typically pegmatite-filled), and some mylonitized rocks. Many areas along the zone are covered with angular rubble fragments, each bounded by at least a couple of slickensided surfaces.

The only features seen within the area that appear to bear directly on interpretation of the directions of relative movements of the blocks on either side of the zone suggest that the eastern block moved downward with respect to the western block. These are the general change of dips within the zone and relationships exhibited by minor faults in a roadcut along the eastern side of the Bordhaugen—Vallesvær (Gladstad Lake) road a few tens of meters south of its junction with Route 40 (approximately 7 km. southwest of Birkeland). The dips within the zone tend to be low and to the east — no matter upon which side these occur, considering the regional northwestward dip, if they represent drag effects, they indicate relative downward movement of the eastern block. The minor faults, the relationships of which are extremely well exposed corroborate this interpretation. They also suggest that the fault zone dips toward the southeast.

Other Faults. — Minor brecciated zones such as the calcite- and meta-gouge (?) -cemented one mentioned in the section "Banded Gneiss", mylonitic zones, and zones of concentrations of slickensides occur sporadically within the area. That some of these zones appear so small and isolated suggests that they may be merely expressions of the commonly overlooked fact that competency of a rock is an extremely critical quality that ranges greatly both temporally and

spatially. As is mentioned in a succeeding section, numerous alignments also occur. At least some of these may represent more than minor offsets. The approximately N.35°E. trending alignment that is between the mainland and the eastern islands and the approximately N.75°W. trending one that contains Drangs Lake (about 7 km. east of Kristiansand) have been so interpreted (Barth, 1956, p. 30). Although these and similar features may be expressions of faults, no evidence definitely supporting this has been observed during this study. Perhaps the former one merely expresses the bedrock area of a relatively non-resistant rock.

Kjellingland Anticline. — The structure herein named Kjellingland anticline because the axial zone is especially well exposed in cuts near Kjellingland, which is located about 3.5 km. S.65°W. of Lillesand, is the largest well-delineated structure within the area. Both limbs dip moderately to steeply away from the axial zone. The axial zone corresponds with the westernmost belt of meta-arkose and on-strike banded gneisses at the present level of erosion. The rock units on either side of the central units do not match well lithologically. The fold plunges to the south with culmination north of the mapped area and depressional low not definitely located.

The belt of amphibolite with bedrock pattern of elongate drop shape that occurs directly west of the axial zone meta-arkose appears to be a synclinal salient on the main fold.

The area directly west of or that covered by the Kvaase Fjord may be a southern extension of the fold. To the west side of this area the foliation dips steeply to the west to nearly vertically whereas to the east it dips towards the east. However, where horizontal foliation and/or strikes notably different from the general strikes of the area should occur, only vertical and near vertical foliation with strikes similar to those of the rest of the general area was found to occur except locally — the possible exceptions observed occur near Randvig, about 5 km. S.40°W. of Høvåg; at the shore on the point south of Grønevold, about 7 km. S.40.°W. of Høvåg; and, at the shore near the Isefjær road—Randesund to Lillesand road junction, about 35 km. S.80°W. of Høvåg, where concentrations of minor folds occur. In any case, if this is the axial zone of a continuation of the Kjellingland anticline, there are unaccounted for complications. If not, there must be present some other large structure such as a fault or an overturned

syncline to account for the relationships. The anticline-plus-complications possibility appears to be the more logical interpretation in light of the presence of the recognized anticline in nearly the same strike belt to the northeast.

Other Fold Features. — Although the Kjellingland anticline is the only major fold recognized within the area, it seems quite likely that others exist. The alternative that the northwestward dipping rocks of the western approximately two thirds of the area represent an essentially homoclinal sequence with thickness of about 7500 meters is unlikely. As is shown on the map, numerous small folds are present. Unless these are given some farfetched (?!) interpretation such as their representing relict sedimentary slump structures, they must be of tectonic origin and probably are drag folds. Nonetheless, it seems premature to use them for structural interpretations until much more intensive field work is carried on in the area. Among other things, some may be drags on larger drag folds and, therefore, possibly misleading so far as interpretation of large scale structures, *e. g.*, an observed minor fold might be on the overturned west limb of a larger drag anticline on the east limb of the major anticline. Another possibility would seem to be that the minor folds are restricted to or at least more abundant near the axial zones of the larger (major) structures. If this could be shown in subsequent studies to be true and perhaps a regional habit, it would be invaluable to structural interpretations. Yet another possibility is that the folds are at least locally steeply plunging at the present level of exposure and that merely extremely local strike differences serve to show where their axial zones are — finding the locations of such would require much more intensive field mapping than that done during this reconnaissance!

These possibilities give rise to questions concerning what type(s) of large fold(s), if any, may be present. If the smaller folds are replicas of the larger structures — as has been reported for many areas throughout the world — it would appear that at least some of the larger structures are essentially isoclinal folds. But, is this possible considering the fact that the one proved major fold of the area is not isoclinal but fairly open, *i. e.*, is it likely that both open and isoclinal folds exist within a relatively small area? Perhaps a correct compromise would be open plus chevron folds. On the other hand, perhaps two or more periods of tectonism resulting in folding accounts

for the relationships. The following areas, along with some of those mentioned in the preceding section, will be of special interest so far as future investigations of these problems: 1) on the mainland at the shore a few meters south of and opposite the northeastern end of the island Kjellevige — approximately 2.5 km. S.80°E. of Kristiansand; 2) on the south side of the Kristiansand—Randesund road a few tens of meters southeast of Beines — approximately 5.5 km. N.75°E. of Kristiansand; 3) on the southwestern side of the island of Herøen — approximately 6.3 km. S.35°E. of Kristiansand; 4) near Gras Lake — approximately 10 km. N.25°E. of Kristiansand; and 5) near the abandoned fortifications on the southeast side of the island of Justøen — approximately 6 km. S.15°W. of Lillesand. Another approach to these problems will be the thorough investigation of the aforementioned diverse types (and aged) mafic dikes with emphasis on their relative distortion, cataclasis, reconstitution, *etc.*

Also of interest so far as folding is concerned are crossfolds. A well exposed crossfold occurs in cuts along Route 40 approximately 7 km. N.55°E. of Kristiansand and on outcrops both east and west of these cuts. The axial zone of the fold appears to trend about N.75°W. and nearly perpendicular to the strike of the local foliation. Other crossfolds were observed to exist. Perhaps some of the alignments (see a succeeding section) are expressions of such crossfolds rather than joints or shear zones. On the other hand, until such crossfolds are found farther away from the "Great Friction Breccia" zone than those thus far seen, the alternative that they are but features formed consequentially to movements along that zone cannot be completely precluded.

Joints. — Numerous joints occur throughout the diverse rocks of the area. A few of them have been filled subsequent to their formation—some quartz veins, pegmatites, and the one well-exposed dolerite dike can be seen to fill joint fractures; many are pyrite coated. Of the numerous diversely oriented joints measured, three sets predominated the readings: N.65°—85°E. with dip within a few degrees of the vertical, N.45°—60°W. also with dip within a few degrees of the vertical, and nearly horizontal. Locally, as near Kvarenes (about 7.5 km. S.50°W. of Høvåg) a N.70°—80°W. set with dip of about 60° to 70°NE. is present.

Alignments. — The term "alignment" as used in this section can be defined as any distinctly linear topographic feature. The map, Figure 2, was constructed from aerial photographs by plotting all obvious linear features other than those known to represent foliation. General foliation trends are indicated by the two dashed lines. Plewe (1952) similarly constructed a diagram for much of southern Norway but also included most strike alignments.

As is readily apparent, two sets of alignments predominate — one that trends approximately $N.50^{\circ}W.$ and another that trends about $N.70^{\circ}-80^{\circ}W.$, nearly perpendicular to the trend of the foliation. Nearly all, if not all, of these alignments are erosional and only, if at all, consequentially depositional. Therefore, they must be expressions of some bedrock feature(s). Faulting appears to be an unlikely answer for at least most of them because, as shown by Bugge's contacts, lithological units are not displaced — further, because dip values range over many degrees in the area, even the possibility that all movements were dip-slip with no strike-slip components is an unlikely if not completely impossible alternative interpretation. Joints or shear zones of essentially no resultant offsetting movements seem to be a much more logical answer. Reëxamination of a few of the alignment areas after the map was prepared failed to yield any conclusive answer — although there are joints of the correct orientations in some of the examined areas, similarly oriented joints also occur in non-alignment areas. Abundance of joints does seem to be greater in at least some of the alignment than in the nonalignment areas but this I consider too subjective to use as anything other than permissive evidence until some areal statistical studies can be made. Nonetheless, I do favor the possibility that at least some of the alignments express zones of relatively high concentrations of joints. As mentioned in a preceding section some also may express crossfolds. The orientations of the alignments considered in conjunction with the orientation of fold axes and general regional strikes of foliation suggest numerous possibilities. For example: 1) the two chief sets may constitute a conjugate set, or system, of joints formed as the result of forces that could be resolved to compression along axes that trend approximately $N.35^{\circ}W.$ — perhaps, if this were the case, of the same forces that were responsible for some of the folding; 2) the set which is nearly everywhere essentially perpendicular to the general foliation may represent the results of appli-

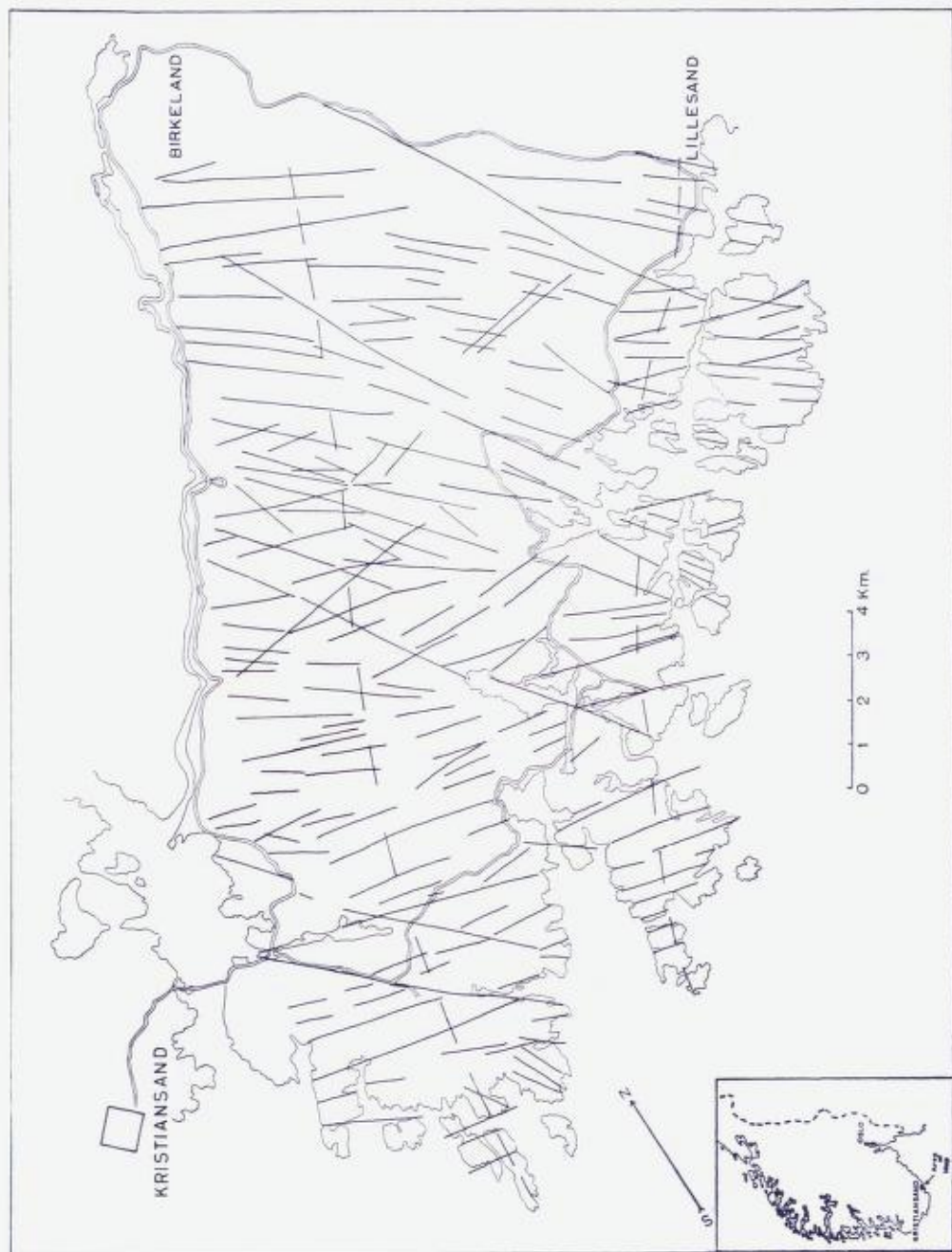


Figure 2. Cross-foliation alignments in the topography of the Randesund area (the two nearly N.—S. dashed lines indicate the general strike of foliation).

Markerte topografiske retninger i Randesund området
(de to tilnærmet N.—S. linjer indikerer den typiske foliasjonsretningen).

cation of forces too far off, application directionwise, the general structural trends to be taken up essentially along those trends — this would mean that their positions were controlled by the earlier folding(s) spatially but probably not temporally; 3) the approximately N.50°W. set might be feather joints, or something akin to these, associated with the main fault zone. The first suggested alternative appears unlikely from a dynamic analysis standpoint. The possibility concerning only the approximately perpendicular to foliation set, 2, appears at least a logical though incomplete explanation — especially in light of the fact that the trends appear everywhere to be more nearly perpendicular to the strike than concentrated at any certain azimuth. The feather joint possibility, 3, suggested for the approximately N.50°W. set does not appear likely — this set has expression over an extremely large area, much of Sørland, one which is much larger than would normally be expected as manifestation of feather jointing initiated by the main faulting; further, the alignments appear to have no arcuate divergences dependent upon drag near the fault zone and their orientation actually is not harmonious in these dimensions, so far as the feather joint possibility is concerned, with movements generally considered to have obtained along the zone. Also important to further considerations is the fact that no individual alignment has been recognized to cross the zone of the “Great Friction Breccia”.

Miscellaneous Minor Structural Features. — Numerous minor structures and structural-associate features other than the fore-mentioned slickensided surfaces, minor folds, breccia zones, etc. occur within the Randesund area. A few of these that are noteworthy are the following. Some slickensided surfaces in the vicinity of the “Great Friction Breccia” are post-pegmatite formation. Chlorite-rich layers within the banded gneiss and the meta-arkose are typically crenulated, sheared, and/or smeared out with orientation of the axial planes of the crenulations or of the shear planes indicative of latest effective movement but not necessarily indicative of major movement. Most “dents de cheval” have their greatest dimensions parallel or subparallel to the foliation of the surrounding rock. Some of the “dents de cheval” (which, by the way, have been found to measure up to 40 cm. in greatest dimension) are so arranged that they define a lineation on foliation planes. Their locations and relationships to the surrounding rocks appear to favor the interpretation that at least many owe their

positions to syntectonic dilatency. Boundinage occur locally, as, for example, near Mofia on Route 40 approximately 2.7 km. S.35°E. of Birkeland. One of the best examples of foliation that is not parallel to relict stratification is near the crate mill on the Kvaase Fjord near Randvig (approximately 4.5 km. S.50°W. of Høvåg). Ptygma occur locally as on the small island (Krågerøen) southwest of Randøy. Highly contorted folds similar to but not true ptygma occur locally as along with drag folds near the abandoned fortifications near the southeastern side of Justøen island, approximately 6 km. S.15°W. of Lillesand. Distortions suggestive of flow of some type occur in many units, for example, in an amphibole-rich foliate within the banded gneiss at the water edge a couple of meters west of the road south of Tømmerstø, about 6.5 km. S.60°E. of Kristiansand.

Perhaps the most important thing about all these "miscellaneous minor structural features" is best exemplified by relationships such as those that can be made on the new side road to Romstøl off from the Randesund—Kvarenes road, approximately 7.5 km. S.50°W. of Høvåg. Here may be seen a mylonitized quartz-feldspar band within the banded gneiss cut by straight quartz veins which have been faulted with the fault "healed" by epidote. Obviously, results of at least five steps in the history of the rock can be observed at this single exposure. I believe that such relationships point up rather graphically that intensive field studies with particular emphasis (or, at least on par with chemical and petrographic emphasis) on physical interrelationships must be undertaken before anything like the complete geologic history — undoubtedly one that is much more complex than even suspected at present — can be synthesized.

Overall Considerations. — As already noted, observations made during my reconnaissance support the interpretation that the Randesund area was faulted downward along the "Great Friction Breccia" zone with respect to the Telemark area which is west of the zone. It is quite apparent that the fault zone is not parallel to but trends more nearly northwardly than the general strike of the foliation. What the dip of the fault zone is within the area is not apparent at observed exposures. W. A. Elders, who is now studying the zone directly northeast of the area interprets evidence there to indicate a moderate south-eastwardly dip slightly oblique to that of the rock foliation (personal communication, 1958). J. P. Schaer (personal communication, 1958) has observed similar relationships along large segments of the zone

northeast of the area. These observations pretty well establish the fact that the movement is that of a normal fault. This, of course, means that the movements responsible for the faulting were different from those responsible for the folding(s). Whereas the forces responsible for most of the folding may be resolved to compression along axes trending roughly N.65°W., the forces responsible for the sum total of movements along the fault are contrariwise resolvable to extension along axes at about N.75°—80°W.

Sequentially, movements along the "Great Friction Breccia" zone appear to postdate most of the folding movements and the features expressed as alignments appear on the basis of presently known data to fit possibly any temporal position postdating the folding. In this regard it is noteworthy perhaps that similarly resolvable forces so far as general direction is concerned could also account for many of the Caledonian structures of the Oslo Province — possibly indicative of a control of younger movement expressions by older structural trends, possibly suggestive of Caledonian movements having noticeably affected the older rocks.

Economic geology.

The locations of the abandoned mines and prospects indicated on the map (Fig. 2) have been previously indicated on published maps (Foslie, 1925, map; Barth, 1931, p. 142).

The five pegmatite deposits are, listed from north to south, Grovigen, Strømme, Rona, Torsvik, and Søm. Only Strømme, Rona, and Søm were ever worked. Barth (*op. cit.*) considered only Søm to contain more workable feldspar. None of the pegmatite masses within the "pegmatite-rich" areas indicated on the map appear either pure or large enough to be worked economically at present. Possibly at some future date conditions will become such that a central receiving mill for the whole area will make some of the larger masses worth working.

Of the other prospects, only the Kornbrekke nickel deposit, located approximately 9 km. east of Lillesand, was ever in production. According to information in the files of Norges Geologiske Undersøkelse the mine was first worked in the 1870's; in 1873, 318 metric tons of ore that ran 1.5 per cent metallic nickel were mined; in 1915, the shaft was cleared, the ore was found to be disseminated pyrrhotite and chalcopyrite running about .45 per cent nickel, and the mine was pronounced worthless. None of the showings at the indicated prospects

or elsewhere appear to warrant further intensive exploration under present economic conditions.

During World War II, the Germans had a few pits dug along the breccia zone of the "Great Friction Breccia" near and south of Bøen and east of the Bøen—Ve road (about 10 km. from Birkeland). These were reportedly to prospect for iron and manganese. At one of these pits there is exposed a little hematite-rich clay (gouge ?) that might be acceptable as raw material for pigment or battleship linoleum but certainly not as iron ore. The amount present appears to be extremely small. It appears that some of the so-called prospects were dug only for use as bunkers.

As mentioned in the section "Marble" some CaCO_3 -rich rocks near the Bjelland farm were quarried and burned for lime. This was sometime between 1907 and 1915. The burnt lime was used for agricultural purposes. Although many of the soils of the area are certainly lime-deficient, it seems unlikely that these small deposits will be worked for this or other purposes in the future.

The only mineral resources of the area that do presently appear to have assured future use are sand and gravel for road metal, fill, and cement aggregate; various rocks for crushed stone fill and road metal; and, some types of banded gneiss and amphibole-rich foliates for flagging and foundations. The largest and apparently the best so far as diversity-of-use sand and gravel deposits occur along Topdals River, especially north of Ve which is about 10 km. N.45°E. of Kristiansand. Smaller deposits occur sporadically as, for example, west of Tveite which is located about 2.5 km. S.15°E. of Birkeland. Crushed stone for fill and road metal are available almost everywhere and are generally procured from the cuts made in conjunction with the construction that also requires the fill material or, in a few cases, from small roadside pits. Flagging and foundation dimension stones are also generally procurable near where they are needed. Although none of the materials is of such quality that more than local or near-local use will arise, each will serve all presently foreseeable local demands.

On the basis of structural considerations and the facts that sulphide minerals do occur coating joint surfaces in the area and that most cross-foliation alignment features are not observable in outcrop and thus not amenable to visual prospecting methods I believe future mineral exploration within the area should be directed mainly towards geophysical investigation of these zones.

Epilogue.

I believe that the main thing this report points up is that the Randsund area needs many detailed field studies before anything like a complete picture of its geologic history can be presented. I sincerely regret that time has been so short that it was impossible for me to examine most of the many extremely interesting geologic features in more than a cursory fashion. I hope that this report will serve to promote interest and further work in the area.

Sammendrag.

Geologiske iakttagelser i Randsund-området.

Randsund-området, et felt på ca. 400 km², ligger mellom Lillesand og Kristiansand, dels i Aust-Agder, dels i Vest-Agder fylke. Innen området er det utført petrografisk-tektoniske undersøkelser for Norges Geologiske Undersøkelse høsten 1958 (28 dager).

Det er ikke gjort forsøk på å revidere bergartsgrensene slik de er tegnet på dr. A. Bugge's kart (Bugge 1939). Det vesentlig nye er fremleggelse av en tektonisk tolkning av feltet og en revisjon av ideene vedrørende dannelsen av de bergartstyper som forekommer.

Båndgneis av forskjellige typer er den mest alminnelige bergart. Noe mindre utbredelse har meta-arkose, amfibolrike gneiser og meta-gråvakke. Forekommende i mindre felter finnes kalkstein, pegmatitt, amfibolitt og doleritt. Alle de nevnte bergartstyper, unntatt de tre siste, synes å være av suprakrustal opprinnelse. Bare doleritt og noen pegmatitter er umetamorfe.

Den «store rivningsbrekksje i Syd-Norge» sees innen den vestligste del av feltet. Resultatet av bevegelsen langs denne forkastnings-sone synes å ha vært av den «normale» type med en senkning av Randsund-området i forhold til det vestenforliggende «Telemark-området».

Bergartene er foldet og lokalt oppsprukket og forkastet. Foliasjonen synes vesentlig å falle sammen med den opprinnelige stratifikasjon. Strøket er gjennomgående nordøstlig og fallet er overalt mot nordvest unntatt innen den østligste del av området ($\frac{1}{3}$ av Randsund-området) hvor det er sydøstlig fall. Selv om bare en hovedfold, en antiklinal i østre del av feltet, er så vel utviklet at den kommer klart frem, er det grunner som tilsier at det finnes mange flere, antagelig

isoklinale folder. Markerte topografiske retninger, hvorav de fleste løper omtrent loddrett på strøket, mens andre har retningen N.50W., antas å være diktert av sprekker og/eller tverrfolder. På grunnlag av de sparsomme opplysninger som foreligger kan det bare antydes at hovedfasen av foldingen er eldre enn de betydelige bevegelsene i den store rivningsbreksjen. Andre tektoniske trekk så som oppsprekking og tverrfolding har det ikke vært mulig å innpasse i feltets geologiske historie.

De mineral- og malmforekomster som er sett innen feltet, likesom forekomster av sand og praktisk anvendbare bergarter etc., har bare lokal økonomisk betydning.

Det var å håpe at den fremlagte rapport fra et rent oversiktsmessig feltarbeide kan øke interessen for geologien innen denne del av Sørlandet. Nettopp med dette i tankene er det gitt antydninger om de linjer som fremtidige undersøkelser med fordel kan følge, idet man begynner med bergartene innen Randesund-feltet. Forholdene ligger her vel tilrette for å komme nærmere løsningen av betydningsfulle problemer av almen interesse, så som dannelsen av granittiske bergarter og pegmatitter, av amfibolittiske bergarter og «båndgneiser».

References.

- Barth, T. F. W.* 1925. On the contact minerals from Pre-Cambrian limestones in southern Norway. Særtrykk Norsk Geol. Tidsskr., VIII, pp. 93—114.
- 1931. Feldspat III. Forekomster i Iveland og Vergusdal i Aust-Agder og i flere herreder i Vest-Agder. Norges Geologiske Undersøkelse 128 b, pp. 111—151.
- 1944. Lamprophyrer av to forskjellige aldre i kystmigmatiten vest for Kristiansand. Norsk Geol. Tidsskr., 23, pp. 175—185.
- 1947. The nickeliferous Iveland—Evje amphibolite, and its relation. Norges Geologiske Undersøkelse, 168 a, 71 p.
- 1956. Studies in gneiss and granite, II. The feldspar-equilibrium temperature in granitic rocks of the Pre-cambrian of southern Norway. Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps-Akad. Oslo, Mat.-naturv. Kl., I, pp. 17—36.
- Bugge, A.* 1928. En Forkastning i det Syd-Norske Grunnfjell. Norges Geologiske Undersøkelse, 130, 124 p.
- 1939. Trekk av Sørlandets geomorfologi. Norsk Geogr. Tidsskr., 7, pp. 98—105.
- Bugge, J. A. W.* 1943. Geological and petrographical investigations in the Kongsberg—Bamble formation. Norges Geologiske Undersøkelse, 160, 150 p.

- Dons, J. A.* 1956. Kart-Katalog Norges Berggrunn (Catalogue of maps. Bedrock geology of Norway). Norges Geologiske Undersøkelse, 193, 146 p.
- Foslie, S.* 1925. Syd-Norges Gruber og malmforekomster. Norges Geologiske Undersøkelse, 126, 89 p.
- Hjelmqvist, S.* Some post-Silurian dykes in Scania and problems suggested by them. Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C, no. 430, Årbok 33, no. 10, 32 p.
- Holtedahl, O.* 1917. Kalkstensforekomster på Sørlandet. Norges Geologiske Undersøkelse, 81, pp. 1—26.
- Plewe, E.* 1952. Klufftektonische Züge im Landschaftsbild Sudnorwegens. Sonderabdok. Petermanns Geogr. Mitt. (Gotha), pp. 179—182.

Marine kvartær-fossiler fra Seimsjøen i Sør-Odal.

Av

ROLF W. FEYLING-HANSEN

With 1 text-figur.

Seimsjøen er den sydvestlige avsnøring av Storsjøen, dens overflate ligger 130 m.o.h. Fra sydenden av Seimsjøen har Storsjøen avløp til Glomma gjennom Oppstadåen. Ved utløpet av Seimsjøen har Norges Geotekniske Institutt foretatt tre boringer, og materiale fra to av dem, hull 1 og 3, et på hver side av elven straks vest for utløpet, er overlatt meg fra Instituttet.

Boring 1 ligger på nordvestsiden av elven, 20 m fra bredden og 500 m vest for elveutløpet. Markoverflaten ligger her 133,5 m o.h., og prøvetagningen går ned til 18 m under overflaten. Sondérboringer viser at fjellgrunnen ved dette hullet ligger 25 m under markoverflaten. Materialet i borkjernen er grov silt ned til 7,8 m, derunder sand til 10 m, derunder silt med partier av leirig silt og finsand.

I øvre del av kjernen, ned til 8,1 m, ble ingen fossiler påtruffet. Fra 9,1 m forekommer marine foraminiferer, få og forholdsvis små, ned til 15,7 m. Mellom 9 og 10 m fantes følgende arter:

<i>Elphidium clavatum</i> Cushman	37	eks.
<i>Cassidulina crassa</i> D'Orbigny	3	»
<i>Nonion labradoricum</i> (Dawson)	2	»
<i>Pyrgo williamsoni</i> (Silvestri)	2	»
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linné)	1	»
<i>Elphidium incertum</i> (Williamson)	1	»

Dertil forekom en del vanskelig bestembare fragmenter av agglutinerende arter. Her fantes også noen fliser av tre og bark, som er sendt til C¹⁴-datering.

På 12,9 meters dyp fantes et enkelt eksemplar av *Nonionella turgida* (Williamson) sammen med sandskallfragmenter, og på 15,7

meters dyp et enkelt eksemplar av *Nonion labradoricum* (Dawson). Herunder ingen bestembare foraminiferer.

På grunnlag av dette må sedimentet antas å være marint iallfall fra 9 til ca. 16 m under overflaten.

Boring 3 ligger på sydsiden av elven, 8 m fra bredden og 320 m VNV for elveutløpet, hvor elven svinger fra NV-lig til SV-lig løp. Markoverflaten ligger her 133 m.o.h., og prøvetagningen går ned til 16 m under overflaten. Sedimentet består av grov silt ned til 9,5 m, derunder sand til 11,5 m, derunder silt til 14 m, og derunder siltblandet leire. Fjellgrunnen ligger her 18 m under overflaten.

I øvre del av kjernen ble ingen bestembare foraminiferer påtruffet, sandskallfragmenter forekom på 5 m og 6,5 m. På 7,1 meters dyp fantes:

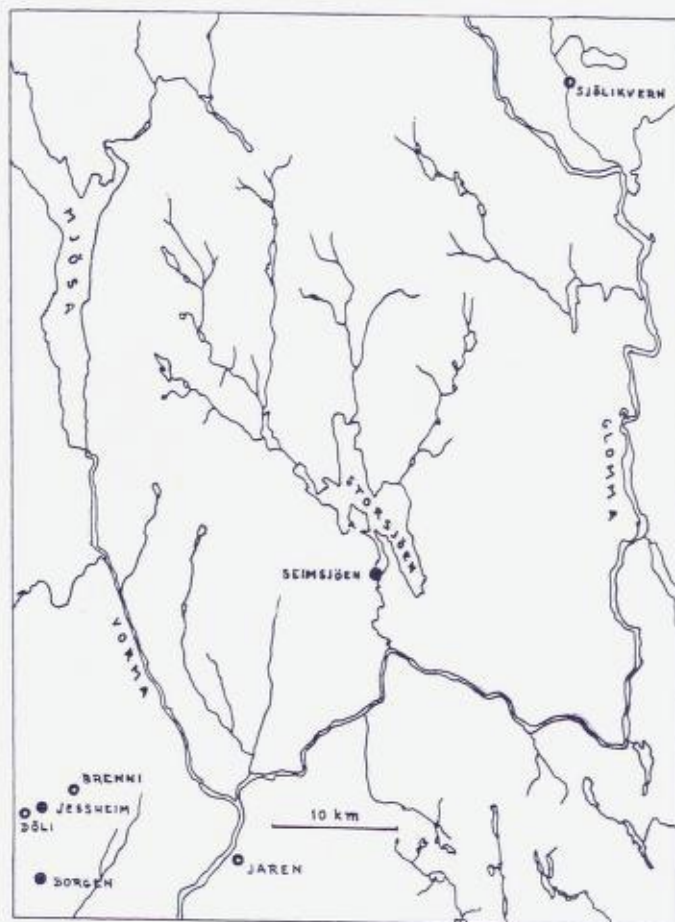
<i>Elphidium clavatum</i> Cushman	2 eks.
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)	1 »

dertil en *Proteonina*. På 8,9 m fantes et enkelt eksemplar av *Elphidium clavatum* og på 15,6 m likeledes et eksemplar av *Elphidium clavatum*.

Denne kjernen er altså ennå fattigere på foraminiferer enn den førstnevnte, men forøvrig er forholdene temmelig like. I overensstemmelse med forekomsten av foraminiferer, alle de nevnte arter er marine, må det antas at den marine del av sedimentet ved boring 3 ligger mellom 7 og 16 m under overflaten.

At den fossile foraminiferfauna i materialet fra de to borer er så fattig, må tilskrives: for det første det forholdsvis grove sediment, for det annet at sjøvannet i disse nordlige og innerste bukter av det tidligere havområde må ha vært temmelig brakt. En nokså hyppig forekomst av Charophyter i avsetningene støtter denne antagelse.

De foraminiferer som er funnet, er slike som ellers i Oslofeltet hyppigst forekommer i sen-glaciale avsetninger. Sammenlignet med funn fra Romerikssletten, er den foreliggende fauna, på tross av eksemplarfattigdommen, heller artsrik. I en leirprøve fra Jessheim teglverk, samlet av P. A. Øyen i 1910, fant jeg således 11 eksemplarer av *Elphidium clavatum*, det var det hele (Norsk Geol. Tidsskr. bd. 33, 1954, p. 120). I en boring fra Jessheim (Norges Geotekniske Institutt, F 32, boring 3) fantes, mellom 6 og 10 m under markoverflaten, til sammen 75 eksemplarer av *Elphidium clavatum* og 1 eksemplar av en liten *Quinqueloculina*. Og i en prøve av kvikkleire fra Borgen i Ullens-



Fylte ringer angir de steder hvorfra forfatteren har funnet fossile foraminiferer, åpne ringer representerer angitte fossilfunn av marine mollusker.

Filled rings indicate the finds of fossil marine Foraminifera, open rings indicate records of fossil marine mollusks.

aker, samlet av P. Holmsen i 1954, fantes foruten 134 eksemplarer av *Elphidium clavatum*, bare et dårlig oppbevart eksemplar av en *Globigerina* (Norsk Geol. Tidsskr. bd. 33, p. 228).

Når det gjelder forekomsten av marine fossiler overhodet i de nordlige deler av Oslofeltets marine avsetninger, er det fra gammel tid kjent flere funn av mollusker og balaner fra Døli og Brenni ved

Jessheim, 35 km SV for Seimsjøen (funnene ble gjort av K. O. Bjørlykke, W. C. Brøgger, J. Holmboe, O. Holtedahl og P. A. Øyen, en samlet gjennomgåelse finnes i G. Holmsens beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart Oppland, Norges Geol. Unders. Nr. 187, samt i Holtedahls arbeide «Israndterrassene syd for de store østlandske sjøer», 1924, pp. 65—77). 42 km NNØ for Seimsjøen angir Øyen (se bl. a. Naturen 1924, p. 21, se også Norsk Geol. Tidsskr. bd. 2) å ha innsamlet leire med resten av ishavsmuslingen *Portlandia arctica* i nærheten av Sjølikvernbroen i Åsnes i Glommas dalføre. Denne prøve, samlet av Øyen 19/12 1899 og merket «Ler (underste) nær broen, Knotterud, Sjølikvern, Aasnes», har jeg funnet frem i Universitetets Paleontologiske museum, Oslo; jeg har undersøkt en del av den uten å finne foraminiferer. En annen del av prøven ble undersøkt av Kari Egede Larssen, for, om mulig, å finne diatoméer i den. Også denne undersøkelse ga negativt resultat.

Med hensyn til alderen av de her påviste marine avsetninger ved Seimsjøen, antas de å skrive seg fra aller siste del av sen-glacial tid, på overgangen mellom sone D og sone E i det foraminiferstratigrafiske skjema (Norges Geol. Unders. Nr. 197, eller Norges Geotekn. Inst. Publ. Nr. 20, se også Naturen 1958, pp. 7—9), eller på overgangen mellom Preboreal og Boreal tid, pollenstratigrafisk sett.

Summary.

Marine fossils from the Late-Pleistocene of Sør-Odal

The locality is situated 67 km NE of Oslo centre, at the outlet of Seimsjøen, the southwestern extension of Storsjøen lake (water level 130 m above sea level). Borings were undertaken by the Norwegian Geotechnical Institute, and two of them have been micropaleontologically investigated. The core material consists of silt, sand and clayey silt. The surface at b o r i n g 1, on the NW side of the outlet, lies 133.5 m above sea level, and bedrock was encountered 25 m below the surface. The coring goes down to 18 m below the surface. Between 9 and 16 m the following species of marine Foraminifera occurred: *Quinqueloculina seminulum* (Linné) (1 spec.), *Pyrgo williamsoni* (Silvestri) (2 spec.), *Nonion labradoricum* (Dawson) (3 spec.), *Nonionella turgida* (Williamson) (1 spec.), *Elphidium clavatum* Cushman (37 spec.), *Elphidium incertum* (Williamson) (1 spec.).

Boring 3 is located on the south side of the outlet from the lake. The surface is situated 133.0 m above sea level, and bedrock was encountered 18 m below the surface. The core material consists of silt and sand down to 14 m, and silty clay further down to 16 m. Samples were not taken below this depth. Between 7 and 16 m below the surface, the following fossils of marine Foraminifera were found: *Protonina* sp. (1 badly preserved specimen), *Elphidium clavatum* Cushman (4 spec.), *Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob) (1 spec.).

The scarcity of Foraminifera is ascribed to the relatively coarse sediment, and also to the fact that the sea water of this northern extension of the previous sea must have been considerably diluted by fresh water.

The fossil-bearing sediment is assumed to have been deposited at the end of Late-Glacial time, at the transition between the zones D and E in the stratigraphical scheme based on Foraminifera (see Norges Geol. Unders. No. 197; or Norges Geotechn. Inst. Publ. No. 20; or Naturen 1958, pp. 7—9), or, pollen-stratigraphically, at the transition between Preboreal and Boreal time. A piece of wood, found 9.7 m below the surface in boring 1, has been sent to the C¹⁴-laboratory in Trondheim.

Vannboring i Øst- og Midt-Finnmark.

Meddelelser fra Vannboringsarkivet. Nr. 9.

Av

FREDRIK HAGEMANN

Med 1 tekst-figur.

I de siste par årene er det utført en del boringer etter vann i Øst-Finnmark. Likeledes er det foretatt befaringer til en rekke steder i Øst- og Midt-Finnmark for å få klarlagt hvilke muligheter de geologiske forhold gir for en tilfredsstillende grunnvannforsyning. Til sommeren er det meningen at resten av fylket skal undersøkes på samme måte. Undersøkelsene er utført etter initiativ av Finnmark Fylkesgjenreisningsnemnd ved overingeniør Erling Corneliusen. Utgiftene i forbindelse med befaringene er hovedsakelig dekket av Finnmark fylke.

De egenartede topografiske og geologiske forhold i Finnmark gjør at utbyggingen av vannforsyningen i de aller fleste tilfeller blir relativt kostbar. Ifølge oppgave fra Finnmark Fylkesgjenreisningsnemnd's ingeniørkontor hadde bare ca. 15 000 mennesker i fylket innlagt vann før krigen. De fleste av disse bodde i byer. Etter krigen er det investert vel 31 mill. kr. i fellesanlegg i Finnmark og ca. 45 700 personer har idag innlagt vann. Enda gjenstår ca. 24 300 personer som ikke har tilfredsstillende vannforsyning. Av disse regner en med at ca. 11 200 kan dekkes med fellesanlegg og ca. 13 100 ved enkeltanlegg.

Etter hvert som vannforsyningsanleggene i byene og på de litt større stedene blir fullt utbygd, blir det aktuelt å ta opp spørsmålet om vannforsyning til de mindre stedene (fra ca. 100 husstander og ned til 1) som er blitt stående igjen fordi forholdene gjør at det ikke er økonomisk forsvarlig å gjennomføre en vannforsyning basert på overflatevann. Her vil boring i svært mange tilfeller være den eneste hensiktsmessige løsning. Borhullet kan som oftest legges så nær bebyggelsen at tilførselsledningene blir svært korte.

Bortsett fra noen få, lite vellykte boringer utført omkring 1920, har det tidligere ikke vært gjort forsøk på å løse vannspørsmålet i

Finnmark ved hjelp av boring. Da imidlertid de geologiske forhold i store deler av fylket er av den art at det skulle være svært gode muligheter for å kunne ordne vannforsyningen ved grunnvann, kan det kanskje være av interesse allerede nå å nevne de resultater som er oppnådd og samtidig komme litt inn på de muligheter grunnvannet byr for vannforsyningen i fylket.

Grunnvannet opptrer i fast fjell enten i porerom i selve bergarten eller i sprekker av forskjellig slag. I Finnmark er grunnvannet i berggrunnen for det vesentligste begrenset til sprekker. Vannføringen i fjellgrunnen er derfor avhengig av utstrekning, størrelse og forbindelse mellom sprekkenes. Den bestemende faktoren for vannføringen blir derfor bergartenes oppsprekning. Oppsprekningen er avhengig av bergartenes fysikalske egenskaper og de geologiske prosesser som i tidens løp har virket på den.

Forutsetningen for en vellykket vannboring er at en under boringen skjærer flest mulig vannfylte sprekker. Det er derfor nødvendig med et inngående kjennskap til oppsprekning, hvorledes sprekkenes er dannet og hvorledes de går i dypt. For å kunne uttale seg om mulighetene for å få vann på et sted, må en derfor ha førstehånds kjennskap til de geologiske og topografiske forhold på stedet.

Oversikt over fjellgrunnen i Øst- og Midt-Finnmark og mulighetene for å få vann ved boring.

Av det geologiske oversiktskartet (fig. 1) fremgår det at berggrunnen i området består av 5 hovedledd. Vi begynner med de eldste bergartene.

Grunnfjell.

I det store grunnfjellsområdet lengst i øst består bergartene hovedsakelig av gneis, granitt og amfibolitt. I vest er det noen mindre grunnfjellsområder (f. eks. ved Repparfjord). Bergartene er her forskjellig fra dem vi finner i det østlige grunnfjellsområdet. I vest er kvartsitt, dolomitt, grønnstein og skifer de mest vanlige bergartene.

Sprekkenes i grunnfjellet er meget uregelmessig fordelt. Det er foreløpig ikke utført noen boringer i grunnfjell i Finnmark, men etter de erfaringer vi har fra lignende formasjoner i Sør-Norge må en regne med at resultatene av boringer i grunnfjellet vil bli svært variable både når det gjelder vannføring og dybde av borhullet. Enkelte av berg-

artene sprekker lettere opp enn andre og er følgelig gunstigere for boring. Av grunnfjellsbergartene i Finnmark skulle kvartsitt og dolomitt være relativt gunstige for boring, mens gneis, granitt, amfibolitt, grønnstein og skifer er mindre gunstige.

En må imidlertid være klar over at forholdene kan veksle sterkt fra sted til sted innen samme bergartsområde. Det er derfor ingenting i veien for at f. eks. et borhull i granitt kan gi gode resultater.

Sparagmitt-formasjonene.

Bergartene i disse formasjonene består hovedsakelig av sandsteinslag som veksler med mer tette skiferlag. Enkelte steder opptrer det også konglomeratlag og benker med dolomitt. Sparagmittbergartene er stort sett kraftig oppsprukket og er derfor i de aller fleste tilfeller gunstige for boring. De boringene som hittil er foretatt i Finnmark, er alle utført i sparagmittbergarter. Nedenfor angis dybder og vannføring i de hull som er boret.

1. Langenes	100 m	1500 l/time
2. Krampenes	75 »	5000 »
3. Golnes	54 »	5300 »
4. Vesterelv	50 »	5000 »
5. Vesterelv skole	50 »	300 »
6. Smalfjord	25 »	190 »

De resultater som foreløpig er oppnådd viser at mulighetene for å få et gunstig resultat ved boring i sparagmittbergarter skulle være relativt gode.

Presset sparagmitt.

Dette er sparagmittbergarter som under den kaledonske fjellkjedefoldning er blitt presset og omvandlet. Sterkest er denne omvandlingen i vest. Her er de opprinnelige bergartene omdannet til gneis. I øst dominerer kvartsitt og fyllitt. Kvartsitt er som regel en del oppsprukket og skulle kunne gi tilfredsstillende resultater ved boring, mens boring i gneis og fyllitt er mer usikkert.

Kambrosilur.

Bergartene består av mørke skifre i veksling med tynne sandsteinsbenker. Innen fylket er det bare noen små områder med slike

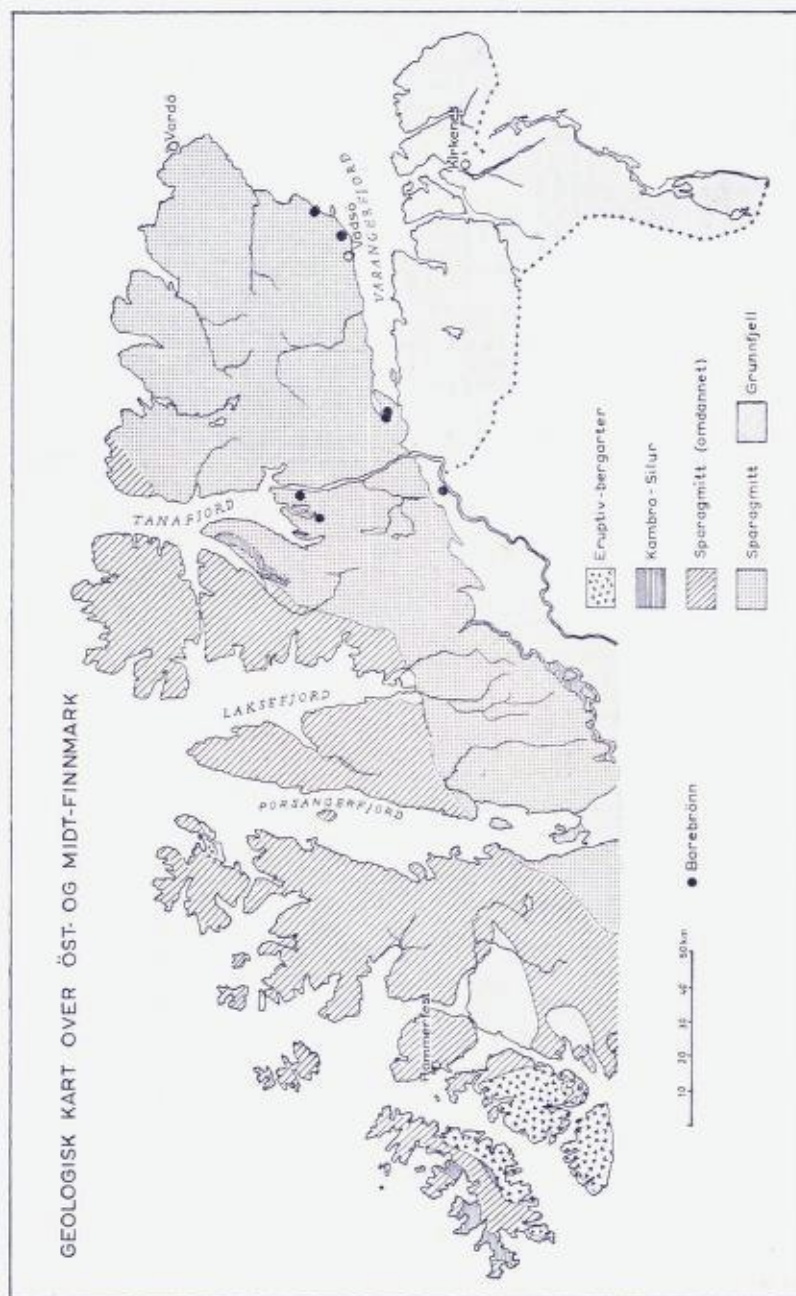


Fig. 1. Geologisk kart over Øst- og Midt-Finnmark. (Etter Holtedahl og Dons, Berggrunnskart over Norge 1953.)

bergarter. Det største området er på Sørøy, men her er bergartene sterkt omvandlet og består for det meste av gneis. I de områdene hvor en har sandstein skulle det være gode muligheter for tilfredsstillende resultater ved vannboring, mens mulighetene i de mer omvandlede strøkene er mer tvilsomme.

Eruptive bergarter.

Hovedsakelig gabbro og olivinstein. Disse bergartene er erfaringsmessig svært seige og massive og gir som oftest lite vann ved boring. Det hender imidlertid at fjellgrunnen er gjennomvatt av sprekkesoner, som ofte betinger forsenkninger i terrenget. Det er i slike sprekkesoner at en har størst muligheter for å få gunstige resultater. På slike steder må en være ekstra påpasselig ved plasingen av borstedet.

Vannets kvalitet.

For vannets kvalitet er det meget viktig at en er omhyggelig ved plasingen av borhullet, slik at det ikke blir forurenset av omkringliggende forurensningskilder som kloakk, septikktanker etc.

Hvis en ved plasingen av borhullet tar tilstrekkelig hensyn til de geologiske forholdene på stedet, vil en som regel få et meget godt vann. Vann fra boringsbrønner vil som regel være noe hardere enn alminnelig overflatevann. Særlig vil dette være tilfelle ved boring i områder der det forekommer dolomitt eller kalkstein.

Ved boring i svarte, kambriske skifre kan en risikere at skiferens innhold av svovelkis kan gi dårlig eller ubrukelig vann.

Temperaturen på vannet varierer litt, men målinger foretatt på Langenes, Krampenes og Golnes viser at vanntemperaturen ligger mellom ca. 2,5 og 4 varmegrader. Dette er adskillig lavere enn hva som er vanlig i Sør-Norge. Her er temperaturen 6—7° C. Vannets temperatur holder seg noenlunde konstant hele året rundt. Dette gjør at sjansene for frysning reduseres.

Vann i grus og sand.

På flere steder i det undersøkte området er det store avsetninger av sand og grus. I mange tilfeller skulle disse løsmassene kunne by på muligheter for en relativt enkel og billig løsning av vannspørsmålet. Dette gjelder også i de tilfeller der det er behov for større vannmeng-

der. Foreløpig er det utført en rørbrønn i Båteng. Denne brønnen er 19 m dyp og gir 3000 l/time.

På mange steder er grunnvannet i løsavleiringene sterkt jernholdig slik at vannet er lite skikket til husholdningsbruk. Dette er for eks. tilfelle på mange steder i Tanaområdet. På disse stedene er det imidlertid en mulighet for at det under mer finkornete og tette lag kan finnes vann som ikke er så jernholdig. For å få brakt dette på det rene, er det nødvendig med grunnundersøkelser.

Før en går i gang med å bygge en rørbrønn, må løsavleiringenes karakter i hvert enkelt tilfelle undersøkes slik at mulighetene kan vurderes. Gjelder det små dyp, kan en slik grunnundersøkelse utføres med alminnelig jordbor. Må en ned på større dyp, er det nødvendig å bruke spesialredskap.

Summary.

Water-borings in the eastern and middle part of Finnmark, N. Norway.

This is a brief report of six water-borings carried out in Eocambrian rocks in the eastern part of Finnmark. These borings show that there are good possibilities for obtaining satisfactory results from wells bored in these rocks.

On the basis of geological maps and field observations a general evaluation of the potentialities of wells in the rocks of eastern and middle Finnmark is made.

Noen iakttagelser fra Grønsennknipa i Vestre Slidre, Valdres.

Av

OLAF HOLTEDAHL

Med 8 tekstfigurer.

Under et opphold hos kjente i setergrenden Grønsenn i Vestre Slidre sommeren 1955 benyttet jeg anledningen til å se litt på forholdene på nordøstsiden av fjellet Grønsennknipa, som hever seg, stort sett ryggformet, med lengderetningen NV—SØ, umiddelbart SØ for setrene, med største høyde 1368 m.

Strøket har særlig vært studert av V. M. Goldschmidt og spiller en viktig rolle i hans kjente arbeide om «Konglomeraterne inden høifjeldskvartsen» (1916), med diskusjon om dannelsesforholdene og dannelsesstiden for «Valdres-sparagmitten». Som først fremholdt av K. O. Bjørlykke, i 1905, ligger dette sedimentkompleks over store områder av det sentrale Sør-Norge over «fyllit-formasjonen». Karakteristisk for det er bl. a. forekomsten av betydelige mengder av konglomerat, tilhørende to forskjellige typer, henholdsvis «kvartskonglomerat» og «gabbrokonglomerat».

I Goldschmidts arbeide finnes en serie tverrprofiler¹ fra nordøst-skråningen av Grønsennknipa, de fleste tegnet av Mimi Johnson (Høst), som assisterte under arbeidet i marken. Profilene viser hvordan grenseflaten mellom granit — som tilhører de skjøvne «høifjells-eruptiver» — og kvartskonglomerat og sparagmitt gradvis forandrer stilling etter fjellets lengderetning, med i SØ et NØ-lig fall (altså fra granitten) på ca. 50°, i NV fall mot SV, med sedimentene under granitten. Sedimentseriens lag viser, bortsett fra skråstillingen, ingen tydelig foldning. Goldschmidt uttrykker sitt syn på dannelsesmåten slik (l. c. p. 39): «Profilene kan nærmest tydes i den retning, at høifjeldskvartsens sparagmit og konglomerat blev sedimentert foran Grønsendknipens granitmasse» (delvis på dennes skrå overflate), «at

¹ Med unntagelse av nr. 1 gjengitt i «Norges Geologi», N.G.U. 164, 1953, p. 305.

så granitmassen blev skjøvet østover, at den reiste det foranliggende konglomerat til vertikal stilling . . . ; til slut inverterte det og kjørte henover det under sterk utvalsning av konglomeratets rullestene . . . »

Da mine spredte iakttagelser i 1955 ikke syntes å passe helt inn i det tektoniske bilde den nevnte profilserie gir og et nøyere studium derfor kunne være av interesse, har jeg med støtte fra NGU foretatt videre undersøkelser somrene 1957 og 1958. Dessverre var det under begge opphold mest dårlig vær, med meget tåke og regn.

Ellers skal det anføres at det område det her gjelder (fig. 2), kommer inn på forholdsvis nylig utgitte geologiske kartblad (med beskrivelser), den aller nordligste del på «Slidre» av T. Strand (1951), den sydligste og største del på «Gol» av C. Bugge (1939). I teksten til sistnevnte kart finnes noen data om bergartene i Grønsennknipa, i tillegg til dem som er gitt av Goldschmidt. Fra eldre tid kan nevnes iakttagelser av Reusch (1901). På fig. 1 er området tegnet inn på et oversiktskart som medtar også områder videre i øst og nord. Vi ser her hvordan det øst for Grønsennknipa utbreder seg et stort fyllittområde.

Opp fra Grønsennsetrene har vi i fortsettelsen av Grønsennknipas hovedmasse mot NV en rekke mindre knauser (med tilsvarende lengderetning NV—SØ), som alle har granitt i den vestre og øvre del. I øst er det her og der blottet fyllitt, hvis skifrihet stryker omkring VNV, mens den lenger syd overveiende er V-lig. Etter å ha passert en knaus der bare granitt er blottet (lok. 1 på fig. 2), har man lenger SØ en annen, der vi på NØ-siden ser blottet fyllitt, bare 2—3 m fra granitten. Dessuten forekommer, tydeligvis i en mellomliggende sone, noen ganske små partier av en mørk, meget sterkt oppknust kvartsitt. Denne kvartsitt tilhører utvilsomt Valdres-sparagmittens serie (i det følgende kaldt V.Sp.), som en sterkt utpresset rest mellom fyllitt og granitt.

I en sønnenfor liggende knaus (lok. 2 og profil 3 på fig. 3) har vi også granitt i den øvre del og fyllitt blottet ved foten i NØ, og imellom dem til dels breksjeaktig kvartsitt i flere meters tykkelse. Kvartsitten har her en rekke inneslutninger av fyllittisk skifer som tydeligvis er blitt med i den forskyvning kvartsittmassen har vært utsatt for. Lokalt viser kvartsitten en struktur som kan tyde på at vi har for oss en helt utpresset konglomerat. Granitten er i kontaktsonen, som viser et fall på ca. 50° mot SV, tydelig mylonittisert og uregelmessige, mylonittiske, mørke partier forekommer også lenger vekk fra grensen. (Dette er rimeligvis stedet for fig. p. 65 i Reusch's avhand-

ling.) Mellom den hårde granitt-mylonitt og de kvartsittiske bergarter er der en sone av skifrig karakter, tydeligvis sterkt utpresset.

I forbindelse med omtalen av disse grenseforhold kan nevnes at vi i Nøsekampen, 3—4 km NV for Grønsennsetrene, ser hvordan granitt støter like til fyllitt (fig. 3, prof. 2), slik det også fremgår av Strands kart og profil (l. c. p. 11). Det har her vært en meget sterk oppknusing av granitten, med mylonittiske bergarter i flere meters tykkelse. Grenseplanetets fall er 40—50°. Det kan videre omtales at vi litt lenger nord i østskråningen av samme fjellparti har en smal stripe presset V.Sp. inne i fyllitmassen et godt stykke fra grensen (se Reusch's tegning p. 55 og Strand's kart samt profil p. 11, 1951).

Vi skal så gå tilbake til Grønsennknipa. SØ for de nevnte knauser kommer på den annen side av en liten bekk andre rygg-aktige bergpartier, hvor til å begynne med bare granitt er synlig; senere, der høyden stiger (vi er nå SV for det lille tjern man ser på Slidrekartet) med fyllitt ved fjellfoten, og imellom de to bergartstyper noen få meter med til dels oppknust kvartsitt, lokalt med tydelig konglomerat-struktur. Granitten er som vanlig sterkt mylonittisert ved grensen som viser et SV-lig fall på 50—60°. Ved en senkning i fjellryggen (lok. 3), omtrent i fortsettelsen av den bratte skrent, som skyter frem mot VSV i Grønsennknipas NV del, blir forholdene forandret idet vi finner V.Sp.'s bergarter i en mer normal utvikling og med betydelig større tykkelse (fig. 4). Samtidig synes granittgrensen å være blitt steilere. Vi treffer her nær fyllitten (kvarts-)konglomerat med sterkt deformerte boller (uttrukket i NV—SØ retning, med svakt SØ fall) og høyere i skråningen konglomerat med mer runde boller samt sparagmitt-lag.

Fig. 1. Oversiktskart over strøk av Valdres m. v. etter Strand (1951) og, lengst syd, C. Bugge (1939), noe forenklet.

1. Grunnfjell. 2. Kwartssandstein. 3. Sandsteinskifer. 4. Fyllittavdelingen.
5. Melsenn-avdelingen. 6. Valdres-sparagmitt med kvartskonglomerat (ringer) og gabbro-detritus. 7. Høyfjellseruptiver. G = Grønsennknipa. Bj. = Bjørnhovd. L.b. = Langeberget. N = Nøsekampen. B = Bitihorn.

R = Rogne-området.

Distribution of various groups of rocks in parts of Valdres etc. according to Strand (1951) and C. Bugge (1939), somewhat simplified.

1. Precambrian (Pre-Sparagmitian) basement. 2. Quartz-sandstone (Eocambrian).
3. Arenaceous shale (Lower Cambrian). 4. Phyllite division (mainly Ordovician).
5. Melsenn division (Ordovician). 6. Valdres Sparagmite with quartz conglomerate (rings) and gabbro detritus. 7. Igneous masses of the thrust complex. G = Mt. Grønsennknipa. Bj. = Bjørnhovd. L.b. = Langeberget.

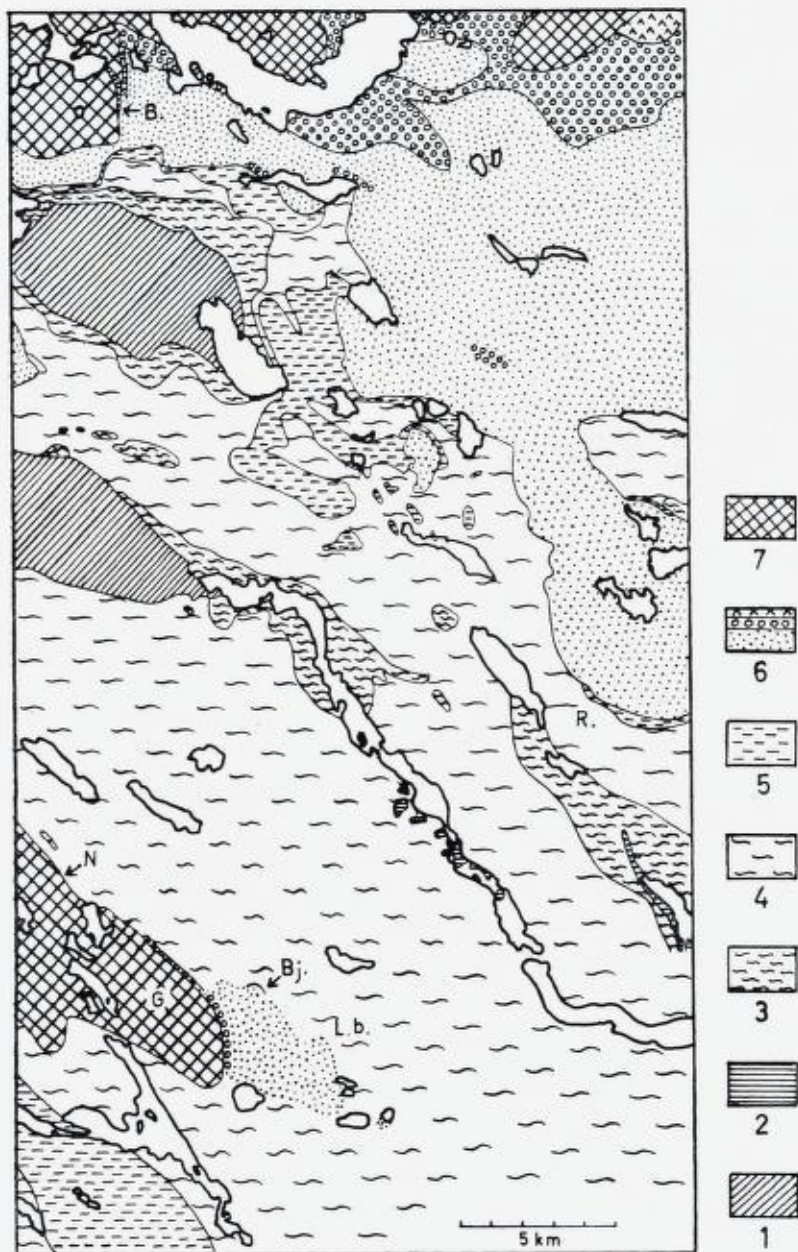


Fig. 1.

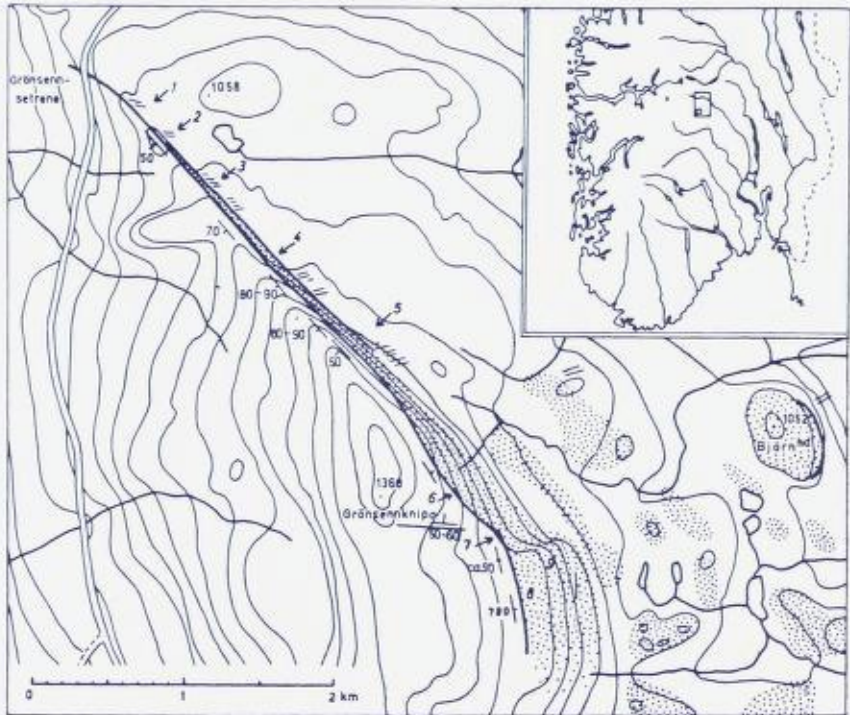


Fig. 2. Kart over Grønsennknipa med tilgrensende strøk (gradeitegkartet noe rettet på grunnlag av flybilder) med en del strukturtrekk og noen lokaliteter nevnt i teksten. Den lange, tykke strek angir NO-grensen for eruptivmassen, som i det vesentlige består av granitt, med til dels gabbroide bergarter i SV. Grenseflatens helling er angitt. Den annen tykke linje viser grensen Valdres-sparagmitt—fyllitt, hvor den kan iakttas. Fyllittens skiffrighetsretning er vist på enkelte steder. Fallretningen veksler. Blottet V.Sp. i de lavere strøk i SØ inntegnet etter Gol-bladet. V—Ø linjen SØ for toppen: den skrå vegg i granittområdet, se fig. 7.

Map of Mt. Grønsennknipa and adjacent districts, with some structural features and some of the localities mentioned in the text. The thick, long line marks the NE boundary of the igneous mass, mostly granite. Dip of boundary plane shown in some places. The other NW—SE line marks the boundary Valdres Sparagmite—phyllite. The V.Sp. is to the far NW preserved only as a very narrow zone with mainly quartzite rocks. Direction of phyllite schistosity indicated in places. W—E line SE of summit: inclined wall in granite (fig. 7).

Veksellagringen mellom konglomerat og sparagmitt gir oss mulighet for å trekke slutninger om sedimentmassens tektoniske struktur. Det viser seg her, som ofte også lenger sydover, at lagstillingen i stor

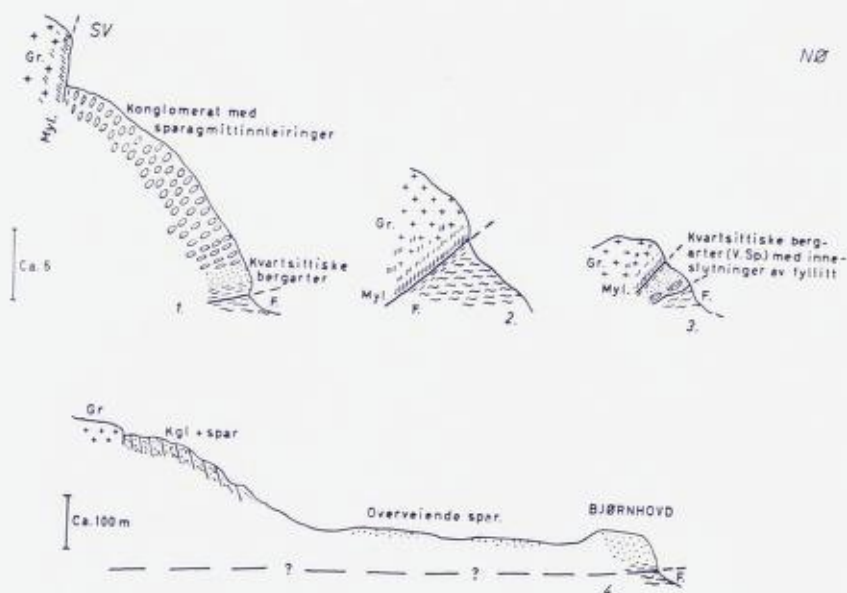


Fig. 3. Noen oversiktsprofiler. 1. Litt SØ for lok. 4 (forenklet). 2. Ø-skråningen av Nøsekampen. 3. Ved lok. 2. 4. Fra noe S for lok. 7 mot ØNØ.

Some general sections. 1. Somewhat S of loc. 4. 2. E-side of Nøsekampen Mt. 3. Loc. 2. 4. From S of loc. 7 towards ENE.

utstrekning ikke faller sammen med sedimentbergartenes parallell- (skiffrighets)-struktur som her viser fall mot SV. I virkeligheten ser vi ofte en sterk foldning som f. eks. vist på prof. a og b, fig. 5, så vi får et mer komplisert bilde enn profilene i Goldschmidts avhandling gir inntrykk av.

Det viser seg videre at konglomerat-sparagmittlagene i horisontalsnittet til dels skjærer grensen mot granitten i en — mest meget spiss — vinkel. Dette forklarer det som profilserien viser, at lag av forskjellig karakter kan ligge nærmest denne grense. Iblant kan strøketninger iakttas som er meget forskjellige fra granittgrensens strøk.

Fortsetter vi SØ-over, påtreffes (lok. 4) en sti som fra de store myrer i øst går over høyderyggen, som nå stadig stiger forholdsvis sterkt SØ-over. Like ved stien ser man konglomerat og sparagmitt med en forholdsvis flat, men trinnvis forskjøvet grense, slik det er fremstilt på profil c, fig. 5. Granittgrensen går nå temmelig høyt i fjellets øst-skråning, og grensen er på en lang strekning praktisk talt vertikal



Fig. 4. Konglomerat med sterkt deformerte boller, over fyllitt med V—Ø skifrig-
het (grensen ved hammerhodet). Lok. 3.

*Conglomerate, with strongly deformed boulders, above phyllite with W—E
schistosity (boundary at head of hammer). Loc. 3 in Fig. 2.*

(fig. 6 og prof. 1, fig. 3), eller nesten vertikal, med steilt fall mot SV. I granittens grenseparti er det en tett, mørk mylonittsone på en del centimeters tykkelse, og også lenger fra grensen viser granitten tydelige trykkvirkninger. Her er også lokalt breksjeaktige strukturer med kvarts-årer. De nærmest tilgrensende bergarter i sedimentserien er gjerne helt forskifret, til dels kan man se at de representerer et voldsomt deformert konglomerat med helt uttrukne boller. På den steile forskyvningsvegg ser man en meget fremtredende lineær-struktur, med fall 30—35° mot SØ.

Valdres-sparagnittens grense mot fyllitten er bra blottet flere steder i dette parti av fjellfoten. Den viser et svakt fall innover. Nærmest grensen er fyllitten i noen dm's tykkelse presset parallelt grenseflaten, mens den ellers har det vanlige skifrighetsstrøk, ca. V—Ø. Like over grenseplanet har det vært en voldsom utpresning av V.Sp., med en markert parallellstruktur av massen, litt høyere viser denne en mer

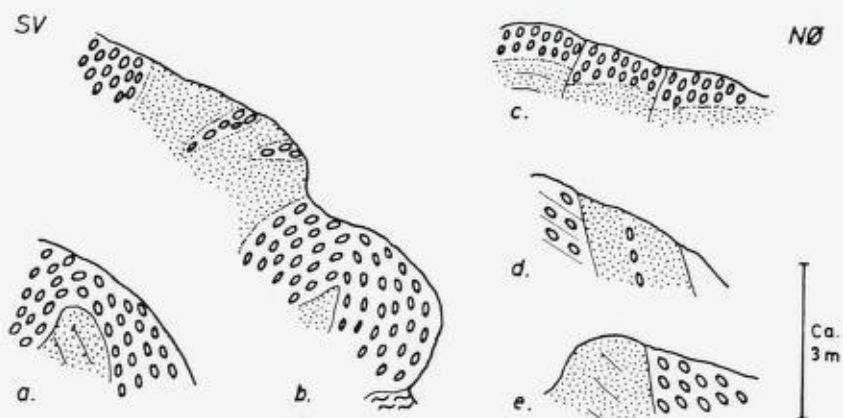


Fig. 5. Eksempler på detaljstrukturer i konglomerat-sparagmittmassen. a og b: straks SO for lok. 3. c: ved lok. 4. d: ved lok. 9. e: ved lok. 8.

Some detail structures in the conglomerate-sparagmite mass. a and b: somewhat SE of loc. 3. c: Loc. 4. d: Loc. 9. e: Loc. 8.



Fig. 6. Den steile grense konglomerat m. v. — granitt (til høyre) litt S for lok. 4, sett SO-over.

Steep boundary conglomerate etc. — granite (right) somewhat S of loc. 4, seen towards the SE.



Fig. 7. Skråttstående flate med mylonittiseringsbelegg i granitt-området, SØ for toppen, sett fra VNV

Inclined plane with mylonitic surface layer in granite area SE of summit, seen from WNW.

massiv kvartsittisk karakter (sml. lenger nord); så får man en tydelig konglomeratstruktur med sterkt uttrukne boller, med avtagende deformasjon oppover. Denne veksel i profilet utspilles på en tykkelse av 3—4 m.

Etter en lengre strekning med nesten loddrett grenseflate granitt-V.Sp. får vi atter et tydelig SV-lig fall, slik det kan sees i et lite bekkefar (lok. 5) like N for de svære urer som ligger under det nordre parti av Grønsennknipas høyeste del. Fallet er ca. 50°. Også her har vi å gjøre med en tydelig forskyvningsgrense, med en mylonittsone i granittens grenseparti. Denne sone er imidlertid mindre fremtredende enn lenger NV, og granitten, som her er mer finkornet enn ellers vanlig, har lenger fra grensen et temmelig upåvirket utseende. At man også her har en skyvekontakt, markeres bl. a. ved en svak diskordans langs grensen, med sparagmitt-lag kilende ut i spiss vinkel mot NV, der sterkt presset konglomerat står nærmest granitten. Lenger ned i profilet ser man en gjentatt veksel av konglomerat og sparagmitt.

Under den aller høyeste del av fjellet, der sedimentbergartene når høyere opp enn både i N og S, er forholdene meget vanskelige å ta rede på, bl. a. på grunn av de bratte stup vi her har i fjellsiden. På serie-tegning 3 i Goldschmidts profilfigur er det tegnet granitt nede i skråningen, med sedimentrester både høyere og lavere, og jeg fikk inntrykk av at det forholder seg slik. Som angitt på nevnte tegning, har vi her, foruten sparagmitt og konglomerat, også leirskifersoner. Også lyse kvartsittbergarter av betydelig tykkelse forekommer her, spesielt sydover.

SØ for toppen av Grønsennknipla er der et avrundet platåformig parti av fjellet, og ved ytterkanten av dette ligger den lokalitet (6) som er gjengitt på Goldschmidts fotografi, pl. I, fig. 1, og omtalt i teksten s. 39. Fotografiet viser en skråttstilt konglomeratbank øverst til høyre, og noen granittblotninger nedenfor til venstre. Over denne lokalitet går profil nr. 1 i hans profilserie. Som påpekt av Goldschmidt, kan man ikke her se selve grensen, på grunn av overdekning. Det er ingen tvil om at sedimentlagene her viser fall fra grensen, men for meg så det ut som fallet er steilere enn omtalt av Goldschmidt. Jeg fikk inntrykk av at den avbildede konglomeratbank har vært utsatt for noen glidning, og at lagstillingen i sikkert anstående V.Sp.-fjell nærmest grensen iallfall var så steil som 60° . Dette gjelder sannsynligvis også selve grenseflaten.

Noen helt nøyaktig kontakt har jeg ikke kunnet finne ved eller nær denne lokalitet. Derimot har jeg iaktatt kontakten granitt—V.Sp. en del hundre meter lenger SØ, der den ligger i betydelig lavere nivå. Grensens forløp er i dette parti av fjellsiden uregelmessig, slik man kan se det ved en bekk som renner omtrent tvers på fjellsidens skråning. Der er en temmelig skarp forskyvning ved dette bekkeleiet (lok. 7), der granitt, i syd, ligger i høyde med konglomerat på nord-siden. Det må være, om ikke en forkastning, så iallfall en skarp ombøyning. Det er i denne forbindelse av interesse at man lenger oppe i fjellet, ikke langt SØ for selve toppen, kan iaktta et fenomen som bare kan forklares ved å anta en klar forskyvning i granittmassen i retningen Ø 15° S. Det går her i granitten på en strekning av flere hundre meter en plan, skråttstående vegg med fall på ca. 50° mot N og en høyde på opp til 4—5 m (fig. 7). Det dreier seg ikke om en gangformig dannelse, som man kunne tro når man ser veggen fra N. Man kunne i første øyeblikk kanskje også tenke på en helt ung postglacial forkastning, men overflateformene viser at ismassene, hvis bevegelse

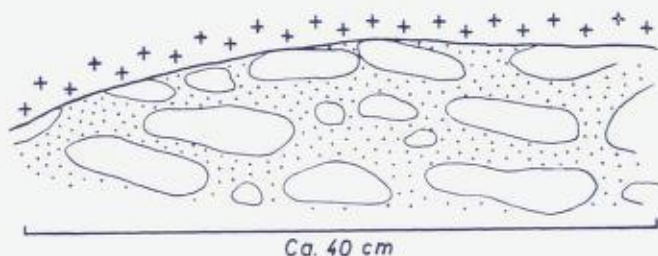


Fig. 8 Steiltstående grense granitt — konglomerat litt S for lok. 7, sett nedover.
Vertical boundary granite — conglomerate somewhat S of loc. 7, seen downwards.

har vært parallell fjellets lengderetning, mot SØ, har gått over det hele. Ser man nøyere på den påfallende glatte veggen, fremtrer skyvningsopprikkelsen tydeligere, ved at bergarten nærmest den jevne flate har mylonittkarakter; den er tett og flintaktig. Forklaringen på den eiendommelige topografi må være at den hårde og faste mylonittsone har stått imot iserosjonen bedre enn den normale granitt, og på denne måte også beskyttet granitten på forkastningssonens sydside (le-side). Noen tydelige tektoniske striper kunne ikke sees på den skrå flaten, sannsynligvis fordi isen har utvisket dem.

Selve kontakten granitt—sediment kan sees et lite stykke S for det nevnte ombøyningsspunkt lenger nede i fjellsiden, ved en ganske liten bekk som løper omtrent parallelt grensen, og som renner ut i den andre bekken. Ved å grave vekk jord og mose har jeg fått fjelloverflaten bra blottet på forskjellige steder. Fig. 8 viser et kontaktsted. Grenseplanet står praktisk talt loddrett med noen ganske små svingninger. Sedimentbergarten nærmest grensen er et noe, men ikke sterkt, deformert konglomerat med kvartsboller og rikelig grunnmasse av sparagmittmateriale (slik man ofte ser det). Selve grensen markeres av en helt tynn, svak buktet linje, som skjærer av noen av konglomeratbollene. Det må også her ha foregått en forskyvning. Den har imidlertid ikke gitt seg utslag i dannelsen av en tydelig mylonittsone ved grensen, men på den annen side viser granitten i hele grensepartiet i iallfall atskillige dm's bredde mer spredte oppknusningsfenomener. Dette synes å være tilfelle også ellers langs grensen i dette område. Et sted ser vi uregelmessige glidelinjer i konglomerat-sparagmittbergarten flere dm. fra selve grensen.

Lenger sydover er det gjerne en større eller mindre avstand mel-

lom blottet granitt og konglomerat-sparagmitt. Sedimentmassen nærmest grensen viser en veksellagring av de to bergartstyper, med strøk parallelt grensen. Man ser en mengde eksempler på at lagningen ikke faller sammen med skifrihetsretningen. Den siste viser gjerne en betydelig skråhet, med fall østover, mens lagningen lengst vest står loddrett, eller nesten loddrett (e på fig. 5). Dette antyder et meget steilt grenseplan mot granitten også i dette område. Lenger fra grensen (lok. 9) viser også lagningen et mer tydelig østlig fall. (d). Noen tykke konglomeratbenker et godt stykke nede i skråningen viste 75—80°. I den sydøstligste del av fjellskråningen på fig. 2 har jeg lokalt iaktatt et ØNØ-lig strøk av sedimentlagene, altså meget forskjellig fra granittgrensens retning.

I den sydligste del av Grønsennknipas fjellmasse er det, som det fremgår av Gol-bladet, på grunn av sterk overdekning ikke muligheter for å studere grensen granitt—V.Sp. Ved sydenden av fjellet går grensen mellom eruptivmassen og den underliggende fyllitt V—Ø, slik det sees på nevnte kartblad. Reusch har her (l. c. s. 63) omtalt forholdene idet han påpeker at selve grensen, som tydeligvis løper omtrent horisontalt, er dekket av ur.

Jeg prøvde å ta rede på lagningen i V.Sp. noen steder i det småkuperte lavland sydøstligst på fig. 2, men det var gjerne vanskelig idet man mest har for seg meget massive sparagmittbergarter. Det synes også her å være atskillige uregelmessigheter. Goldschmidt har her for det østlige lavland angitt meget flate lagstillinger (hans profil nr. 1).

Et forhold som her i øst kompliserer bildet, men som på den annen side i seg selv er av interesse, er at sedimentmassen er sterkt gjennomvannet av kvartsårer, som viser at den har vært sterkt mekanisk påvirket. Det er forskjellige systemer av slike årer: loddrette ganger med strøk NØ, og mer flattliggende. Disse fenomener antyder da sterke mekaniske påkjenninger.

En direkte kontakt mellom V.Sp.-komplekset og fyllitt er iaktatt på østsiden av Bjørnhovd-høyden (fig. 3). (Bugge har et profil fra N-siden av denne høyden, men her er det et overdekket parti mellom de to bergartsgrupper). Fyllitten har i dette strøk i det vesentlige den samme skifrihetsretning som lenger NV, ca. VSV. Med omtrent horisontal grenseflate — som dog i detalj er noe uregelmessig — har vi en markert tektonisk diskordans. Umiddelbart ved grensen er der tynne kvartsplater med tydelige striper i retning NV—SØ og derover følger

mindre sterkt forskifrede, tildels kvartsittaktige bergarter. Noe høyere kan man se en konglomerat-aktig struktur. En del meter over grenseflaten er der bergarter av mer normal sparagmitt-type, samt en stenglig leirskifer.

Jeg besøkte ganske kort også den nordlige del av Langeberget, nær veien Nøsen—Fosheim, for å se etter kontaktlokaliteter, men fant ingen. Her, som atskillige steder ellers, har det vært en del skiferbrytning. Som vist på Gol-bladet, er fyllittens skifrihet også her VSV—ØNØ (med sydlig fall). Sparagmittens lagningsforhold er vanskelig å ta rede på, men med tilstrekkelig inngående undersøkelser kunne man rimeligvis her og der påvise dem. Dessverre fikk jeg ikke anledning til å se nærmere på forholdene i den sydøstligste del av V.Sp.'s område på disse kanter, således heller ikke på den av Reusch (p. 59) omtalte kontakt i det lille fjellparti øst for Valtjønn, der han mener å ha en normal overleiring på fyllitt. — Til slutt skal nevnes at flybildene for Grønsennknipa-området, og også strøk lenger øst, viser en til dels ganske markert NV—SØ-løpende sprekkretning, som bl. a. gir seg til kjenne langs selve den bratte skråning på fjellets nordøstside.

Det jeg har kunnet fremlegge i det ovenstående, er en del detalj-iakttagelser som i noen grad forandrer det strukturbilde man får av den tidligere offentliggjorte profilserie. Jeg har ikke kunnet påvise noen så tydelig *overleiring* av V.Sp. på granitt som Goldschmidts profil I viser, og heller ikke noen regelmessig forandring av grenseflatens stilling NV-over, gjennom steilstilling til inversjon. Grensen står også over betydelige strekninger i sydøst helt steilt, likesom den gjør det på en lengere strekning i nordvest, og det forekommer et sydvestlig fall i det mellomliggende område. Og langs en meget stor del av grensen forteller den sterke mylonittisering om *betydelige forskyvninger*. Det kan da her nevnes at Goldschmidt for den lokalitet han omtaler p. 39, og der han mener der er en primær overleiringskontakt, anfører om granitten at den «i sine øverste 20—50 cm. viser sterk opknusning (tildels vel tektonisk)».

Også lengst i sydøst ser det ut til å ha foregått *noen* forskyvning mellom eruptivmasse og sediment etter en temmelig steil grenseflate, men forflytningen har her sannsynligvis vært liten. Stort sett synes det å ha foregått en relativ oppskyvning av granitten, med inversjon — og utpresning av V.Sp. — lengst nordvest. Et noe påfallende forhold er det at forskyvningsstripsningen på veggen vi ser på fig. 6, viser et

fall mot SØ. Vi skulle vel heller ventet det den motsatte vei, *mot* fjellkjedestrøkets sentralsone.

Sedimentbergartenes alminnelige karakter gir ikke holdepunkter for en slutning om en mer eller mindre lokal avsetning *foran* en skjøven eruptivmasse. Konglomeratets boller har primært vært overordentlig vel rundet, og materialet i dem er helt overveiende kvartsitt og andre finkornige bergarter av ukjent opprinnelse, bl. a. kvartsporfyrrer (se Goldschmidts inngående beskrivelse). Bergarter av granittisk type er overmåte sjeldne. Vi har for oss nøyaktig samme type konglomerat som i de vidt utbredte kvartskonglomerater i nordligere og nordøstlige strøk (der de etter Strand hører hjemme i *øvre* del av V.Sp.-lagrekken) så det dreier seg om dannelser som må ha vært avsatt over betydelige områder. De tilgrensende (overliggende) høyfjellseruptiver i nord består vesentlig av *gabbroide* bergarter. Hvis vi med Goldschmidt antar at Grønsennknipas konglomerat (og sparagmitt) har vært primært avsatt på granitten — og forholdene lengst sydøst i det undersøkte område tyder vel nærmest på dette — er det en rimelig slutning at vi har hatt en konglomerat-lagrekke over betydelige arealer av eruptiv-undergrunn.

Med hensyn til V.Sp.'s forhold til fyllitten, fremgår det klart at det innen det undersøkte område er en *bevegelseskontakt*, ikke bare hvor vi har en smal stripe grovklastiske bergarter bevart i NV, men også der vi har ytterkanten av det forholdsvis brede V.Sp.-område i SØ. Den omtalte NV—SØ-lige lineærstruktur i Bjørnhovden skulle tyde på en bevegelse i denne retning, over den sterkt foldete fyllitt, som har skifrihet omtrent loddrett på den nevnte retning. Det synes da som det forholdsvis flattliggende bevegelsesplan her i øst er en direkte fortsettelse av skyveflaten under granitten ved sydenden av Grønsennknipas fjellmasse. At det i de nordvestre strøk også har foregått en sterk sammenpresning i retningen SV—NØ, fremgår av det alminnelige strukturbilde likesom av detaljer som vist f. eks. på profilene a og b på fig. 5.

Den svenske geolog O. Kulling har i et stort arbeide om fjellkjedegeologien i Västerbottens län (1955) hevdet at Valdres-sparagmitten naturlig kan oppfattes som en gammel, eokambrisk, sedimentserie, som sammen med opprinnelig underliggende granitt m. v. har kommet på sin nåværende plass over fyllitten, gjennom store overskyvninger. Hvis vi antar en grunnfjellsalder for høyfjellseruptivene, er dette i og for seg ikke noen urimelig tanke, idet vi i østlige strøk

av kaledonen både fra Norge og Sverige kjenner eksempler på granitt-skyvemasser med tilhørende sedimentrester. Rent generelt må man imidlertid si at det geologiske miljø for V.Sp. er et helt annet enn for de nevnte bergartsmasser. Avgjørende er det selvsagt om man har sikkerhet for at V.Sp. noe sted ligger autoktont på kambro-silur-sedimenter. Etter de meddelelser som nylig er gitt av T. Strand, er en slik normal overleiring påvist i Rogne-området ved østgrensen av kart-området fig. 1. Vi må imidlertid være oppmerksom på at det forhold at V.Sp. lenger vest ligger tydelig forskjøvet over fyllitt i et strøk like langt fra fjellkjedens sentralsone, reiser videre problemer.

Litteratur.

- Bjørlykke, K. O.* 1905. Det centrale Norges fjeldbygning. N.G.U. 39.
Bugge, C. 1939. Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter E 32 og E 32 O. N.G.U. 153.
Goldschmidt, V. M. 1916. Konglomeraterne inden høifjeldskvartsen. N.G.U. 77.
Kulling, Oskar. 1955. Beskrivning till berggrundskarta över Västerbottens län. 2. Den kaledoniska fjällkedjans berggrund inom Västerbottens län. S.G.U. Ser. Ca. 37, p. 101.
Reusch, H. 1901. Høifjeldet mellem Vangsmjøsen og Tisleia (Valdres). N.G.U. 32, p. 45.
Strand, Trygve. 1945. Structural petrology of the Bygdin Conglomerate. N. Geol. Tidsskr. 24, p. 14.
— 1951. Slidre. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. N.G.U. 180.

Summary.

Geological observations in Mt. Grønsennknipa, Vestre Slidre, Valdres (Central Southern Norway).

In 1916 V. M. Goldschmidt published a well-known paper dealing with the conglomerates of the so-called "Valdres Sparagmite", a sedimentary series of mostly arkosic character which over large areas of the central part of southern Norway is known to lie above the folded phyllites of Cambro-Silurian (mostly Ordovician) age, and therefore considered younger than these rocks. One conglomerate type is made up of gabbro material and is of special interest because it locally, in a highly deformed state, lies below thrust gabbro rocks. Another type of conglomerate is the "quartz-conglomerate" which has a much wider distribution and in the Grønsennknipa mountain is found in contact

with granitic rocks of the "thrust complex". Goldschmidt, after having made personal studies in the field, assisted by Mimi Johnson (Høst), published (l. c. pp. 36—37) a series of sections across the eastern slope of the mountain, showing how, to the south, conglomerate interbedded with arkose (sparagmite) rests with a northeast dip of about 50° on a basement of granite, while to the north the plane of contact becomes gradually steeper, finally being inverted. Goldschmidt considers the probable explanation to be that conglomerate etc. has been deposited on and in front of the eastward sloping surface of the granite mass during the forward movement of the latter.

The present writer during a short, more casual stay in the district in 1955, made observations which show that the structure is not quite as simple as is shown by the sections mentioned, and through grants from N.G.U., had the opportunity in 1957 and 1958 to study the geology a little more in detail. It is in the middle and the northern part of the eastern side of the mountain that the contact granite — conglomerate can be studied. One main feature is that the boundary, except to the far north where there is a marked dip towards SW, is very steep, largely practically vertical, and another that the rocks along the boundary have been mechanically altered. The granite close to the contact has generally been transformed into a flinty rock, a typical mylonite, and in the adjacent sediment structural deformation has taken place, facts which tell of considerable movements along the boundary plane. In the locality shown in fig. 6 there is a marked slickenside striation with dip $30\text{—}35^\circ$ SE. In the more southern part of the mountain I have been able to find a direct contact only at one locality (just south of 7 in fig. 2). Here too the boundary is more or less vertical, but there is no distinct mylonitic zone developed. Yet we are not dealing with a typical stratigraphical boundary (fig. 8). Some relative movement seems to have taken place also here.

The original bedding of the conglomerate-sparagmite series does not, especially to the north, show so regular dips as shown in the published sections. Folding phenomena are often observed (fig. 5, a-b). A marked secondary structure has commonly been developed (fig. 5, d-e).

The character of the conglomerate, the pebbles and boulders of which have originally been very well rounded, does not indicate any more or less local origin. As described by Goldschmidt the material is

predominantly fine-grained quartzite, furthermore quartz porphyries, exactly the same type of rocks as in the widely distributed conglomerates of more northern districts, cp. map, fig. 1.

The boundary Valdres Sparagmite-phyllite is a tectonic one, not only in the northern part of the map area, fig. 2, where we have a narrow, highly squeezed out zone of the former series, but also to the southeast in Bjørnhovd, where we have the eastern boundary of a broader area of V.Sp.

Even if it seems reasonable to assume, with Goldschmidt, that the conglomerate etc. has once been deposited on granite, this does not alone prove a post-Ordovician age for the Valdres Sparagmite if we regard the igneous masses as Precambrian rocks. It should be mentioned that the Swedish geologist O. Kulling has suggested that the V.Sp. represents "Eocambrian" sediments which together with the basement granite etc. have been thrust above the phyllite. It seems, however, difficult to bring such an idea into harmony with our knowledge of the geology of central-southern Norway in general. Recently T. Strand in the Rogne district (cp. fig. 1) has made observations which tell of a primary and transitional deposition of the V.Sp. on top of the Mell-senn sedimentary group, which in turn rests conformably on phyllite. Evidently conditions as to thrusting have been very different in different parts of the area of fig. 1, a fact which raises further problems.

Note on gel structures in a pyrite bed, the Grong district.

Av

CHRISTOFFER OFTEDAHL

With two text-figures.

The pyrite ores of the Caledonides in Norway have been classified by Carstens (1919) into a number of groups. Later Carstens (1922) described the so-called "Leksdal group" in great detail, and he showed that the pyrite beds of the Leksdal type exhibit a number of geologic features which clearly mark them as sediments. The ore material was assumed to be derived from volcanic exhalations, because the ore beds are usually located in greenstone or greenschists. These conclusions have not been doubted in the later Scandinavian literature on ore genesis.

Many occurrences of such sedimentary ores ("vasskis") are known in the Grong district (Oftedahl, 1958). Since these pyrite beds constitute the most frequent deposits, such pyrite ore is also most often found during the search for glacially transported ore boulders in the district. A specimen was during the summer of 1957 brought in from such an ore boulder for the specific reason that the ore seems to contain minute tubes of black shale or of pyrite. The boulder is located in the southern slopes of Møkkelvikfjellet, west of lake Tunnsjø and is no doubt derived from one of the several thin pyrite beds of that area.

Polished sections and a thin section show that the "tubes" are spherical with concentric shells of pyrite and quartz. The diameter is mostly between one and two millimeters. X-ray powder exposures have ascertained that the pyrite is not mixed with any marcasite.

Fig. 1 shows a cluster of three spheres. The section contains other spheres, but no other clusters. Fig. 2 shows another sphere with a large number of alternating shells. Under crossed nicols a phenomenon not shown in fig. 2 appears. The quartz both in the shells and outside the sphere consists of lamellar individuals. Such a structure

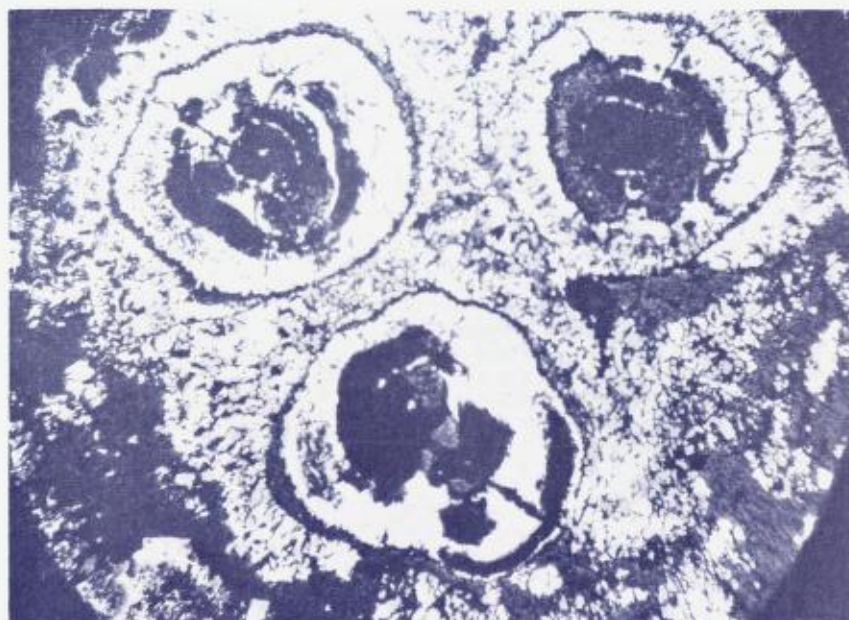


Fig. 1. Polished section of gel structures in ore boulder B 104 — 1957, located 1.5 km south of 938 m top, Møkkelvikfjellet, the Grong district. White-pyrite, gray-quartz, black-shaly material and holes (centers). 30 ×.

Polerslip av gelstrukturer i kisblokk B 104—1957, 1,5 km syd for 938 m topp, Møkkelvikfjellet, Grongfeltet. Hvitt-pyritt, grått-kvarts, sort-skifer og hull i preparatet (sentrum). 30 ×.

is also seen in various other parts of the section and there is a continuous transition to irregular quartz grains. The lamellar aggregates are unoriented, therefore the lamellae can not have a tectonic origin, and they must be interpreted as recrystallized agate.

The concentric structure of figs. 1 and 2 are similar to what has been described as gel structures by Schneiderböhn and Ramdohr (1931, p. 166) or "colloform textures" by Edwards (1954). From the Turkish pyrite deposit Ergani-Maden Sirel (1949) has shown structures, especially his fig. 8, very similar to those of figs. 1 and 2.

In the school of ore geology of Schneiderböhn and Ramdohr gel structures are considered to indicate a syngenetic origin. This means that the precipitation of the gel is supposed to have taken place in surface waters, usually the sea. But in his text book Edwards (1954, p. 29) has not mentioned this possibility in his discussion of "collo-



Fig. 2. Thin section from same hand specimen as fig. 1. White-quartz, black-pyrite, shale, and holes. 100 ×.

Tynnslip fra samme håndstykke som fig. 1. Hvitt-kvarts, sort-pyritt, skifer og hull. 100 ×.

form textures" but only explains how they may be formed in supergene minerals, deposited from gels.

In accordance with Schneiderhöhn and Ramdohl (1931) and others the structure in the pyrite from the Grong districts are considered to represent gel structures, formed in the sea water. This supports the hypotheses of C. W. Carstens (1919, 1922) for the Leksdal type of pyrite ore as an exhalative sedimentary ore. The finding of this gel structure is reported in this note because it is the first time that such structure had been observed in generally recognized exhalative-sedimentary pyrite ores of the Scandinavian Caledonides.

Pyritic spheres have earlier been found in Norway. Carstens (1928, p. 12) describes such spheres of 1—2 cm diameter found in

the dumps from Storvarts mine, northeast of Røros. Besides pyrite the spheres contain a little sphalerite, quartz, calcite, biotite and chlorite. The arrangement of the minerals in the spheres is mostly concentric, but to some extent radial. These spheres occur in pyrite-free copper ore, consisting of pyrrhotite, calcopyrite, sphalerite and quartz. It seems possible that the spheres are formed by gel precipitation.

Sammendrag.

Gelstruktur i vasskis, Grongfeltet.

I en kisblokk som ble funnet ved NGU's blokkleting vest for Tunnsjøen i Grongfeltet forekommer det gelstrukturer, se fig. 1 og 2. Slike strukturer anses i alminnelighet å tyde på syngenetisk dannelsesmåte, og de bekrefter C. W. Carstens' antagelse av en ekshalativ-sedimentær dannelse for den typiske vasskis. Strukturene ligner meget på de som er avbildet av Sirel (1949), særlig fig. 8. Analoge strukturer er omtalt av Carstens (1928, s. 12) fra Røros.

References.

- Carstens, C. W.* Oversikt over Trondhjemsfeltets bergbygning. Kgl. Norske Vidensk.Selsk., 1919.
- Der unterordovisische Vulkanhorizont in dem Trondhjemgebiet. Mit besonderer Berücksichtigung der in ihm auftretenden Kiesvorkommen. Norsk Geol. Tidsskr., 7, 1922, p. 185—269.
 - Petrologische Studien im Trondhjemgebiet. Kgl. Norske Vidensk.Selsk., 1928.
- Edwards, A. B.* Textures of the ore minerals and their significance. Austr. Inst. of Min. and Met., Melbourne, 1954.
- Oftedal, Chr.* Oversikt over Grongfeltets kisforekomster. Norges Geol. Unders., nr. 202, 1958.
- Schneiderhohn, H. und Ramdohr, P.* Lehrbuch der Erzmikroskopie. Zweiter Band, Berlin, 1931.
- Sirel, M. A.* Die Kupferlagerstätte Ergani-Maden in der Türkei. Neues Jahrb. f. Min., Abh., 80, Abt. A, 1949, p. 36—100.

On the formation of a carbonate-bearing ultrabasic rock at Kviteberg, Lyngen, northern Norway.

By

PAUL H. REITAN¹ AND J. J. C. GEUL²

With 5 text figures and 1 map.

Abstract.

An area of crystalline dolomite, schists, and gneiss including an ultrabasic body at 60° 35' N and 20° 18' E is described petrographically and structurally. The ultrabasic rock contains enstatite, olivine, and dolomite as essential minerals. Overfolding and thrusting due to pressure from NW, part of the Caledonian orogeny, are described.

Two modes of formation of the ultrabasic: 1, injection of an ultrabasic magma which crystallized in place; and 2, by metamorphic differentiation, are discussed theoretically and then evaluated in the light of the field relationships and structural and petrographical observations. Because the theory of formation by metamorphic differentiation accords with all of the observations while the magmatic mode of origin does not, the conclusion is drawn that the ultrabasic rock at Kviteberg is a metamorphic differentiate.

Introduction.

The area which is described in this paper is located in North Norway on the east side of Lyngen peninsula, near the town of Lyngseidet, at 69° 35' N and 20° 18' E. The Lyngen gabbro occupies the major portion of the Lyngen peninsula, with a fringe of metamorphosed sediments occurring most of the way along both sides of the peninsula. Near the gabbro the dips are generally towards the WNW (Pettersen, 1891) and become quite flat to the E of the gabbro across Lyngsfjord (Padget, 1955). In the metamorphosed sediments about

¹ Norges Geologiske Undersøkelse.

² University of Leyden, Holland.



5 km E og the Lyngen gabbro there occur ultrabasic bodies at Sandviken and Kviteberg (Pettersen, 1891). The ultrabasic body at Kviteberg and the immediately surrounding rocks have been the object of the present study.

Petrography.

Ultrabasic. The ultrabasic body at Kviteberg consists of enstatite and olivine with amphibole (rather Mg-rich actinolite), spinel, magnetite, pyrite, and in one case diopside as accessory minerals, and serpentine, anthophyllite, phlogopite, talc, and calcite as secondary minerals. Dolomite is usually present and should probably be considered as an essential mineral.

The micro-texture is medium- to coarse-grained hypauto-morphic.

If dolomite is not considered to be an essential mineral and if the ultrabasic rock is assumed to be magmatic, the rock fits well into Johannsen's classification (Johannsen, 1938, p. 435), receiving the symbol 418 and therefore being a saxonite. The mode of origin will be discussed in detail later (p. 118—124).

Thin-section study of a number of samples from the ultrabasic has revealed the following characteristics:

An orthorhombic pyroxene is always quite abundant in rather coarse grains. The optical data and x-ray powder patterns indicate that the Fe content varies, but never exceeds that of bronzite. Enstatite ($n\gamma < 1.678$) is more common, however, than bronzite. Olivine is usually present in fairly large, much serpentized grains. It is optically positive with a very large 2 V. Actinolite (rather Mg-rich) is generally present, usually in small acicular grains and in small quantity. It appears to be a secondary mineral replacing pyroxene. Dolomite is usually present in rather large grains, often intergrown with pyroxene. Calcite is also usually present in small, irregular, interstitial grains and in cleavage cracks in other minerals. Both magnetite and pyrite regularly occur as accessory minerals in, generally, quite small amounts. Phlogopite is often present in small infrequent grains. Deep green spinel is an important constituent in one sample. Diopside is a major constituent in only one section, then being intimately intergrown with dolomite; clinopyroxenes are otherwise completely absent. Rare constituents which have been identified in some sections are anthophyllite, chlinochlore, muscovite, talc, and hematite.

Metamorphosed sediments. The surrounding metamorphosed sediments are, from Rottenvik eastwards to the ultrabasic body:

1. A very garnet rich biotite-hornblende schist with quartz and plagioclase (acidic andesine). Apatite is moderately abundant; zircon is very rare except as tiny grains in biotite surrounded by pleochroic halos; magnetite is rare; calcite is common in very small, interstitial grains with apophyses into the cleavage cracks of biotite and hornblende. Quartz shows undulatory extinction and the plagioclase sometimes has bent twin lamellae.

2. Dolomite. A moderately coarse-grained, crystalline dolomite with interstitial calcite and scattered crystals, veins, and clusters of white diopside. (As the diopside is translucent in pieces up to ca. 2 mm thick it may perhaps be called malacolite.) The diopside has been observed to occur in single crystals up to 40 cm \times 20 cm in size. In some places the diopside constitutes the major portion of the rock, dolomite being present only as a subordinate groundmass, but for the most part it occurs as isolated crystals in the dolomite (fig. 1).

3. A banded series of schists and dolomite layers, the former predominating. The schists are garnet rich biotite-hornblende schists

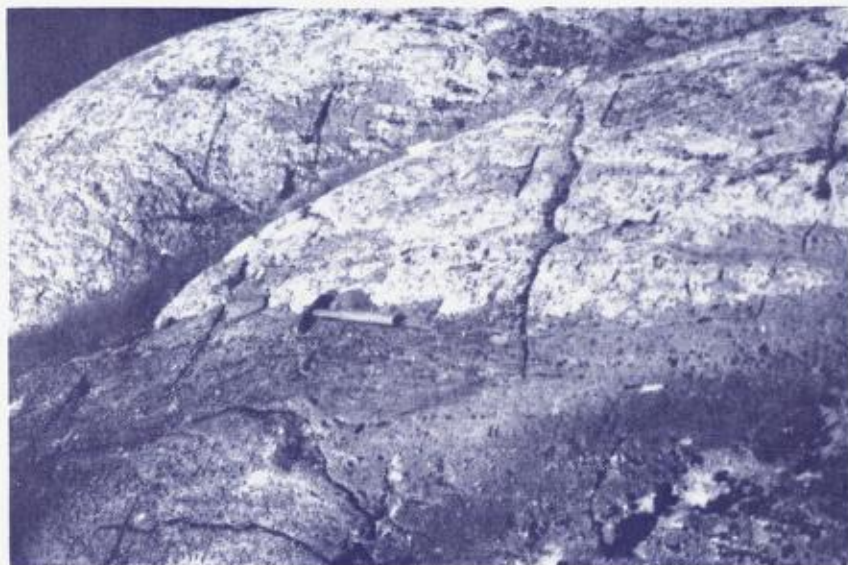


Fig. 1. The dolomite at Kviteberg. Below the hammer can be seen the dolomite (dark grey) with numerous diopside crystals. Above the hammer the diopside (light gray) is more abundant than the dolomite which occurs as lenses.

(Photo, P. H. Reitan.)

Dolomitten ved Kviteberg. Under hammeren ses dolomitten (mørk grå) med diopsidkrystaller. Over hammeren dominerer diopsiden (lys grå) med dolomit bare som linser. (Foto, P. H. Reitan.)

with rare conglomeratic layers. Thin-section study shows the schists to have been subject to intense post-crystalline shearing. The garnets are rich in inclusions. Kyanite is locally an important constituent and shows undulatory extinction. Quartz, showing undulatory extinction, and plagioclase are moderately abundant. Skarn development is frequent. This series continues to the ultrabasic body, dolomite being immediately adjacent to the ultrabasic. The transition to the ultrabasic is gradual, hypersthene crystals first appearing in the dolomite, and then, together with olivine, increasing in density until the basic minerals dominate.

Eastwards from the ultrabasic occur the following:

4. The eastern contact between the ultrabasic and the surrounding rocks is also gradational. Over a distance of about two meters there is a gradual transition from a hypersthene rich rock with







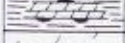

No. in text	Columnar Section	Thickness m.	Description
4		ca 14	Dolomite with skarn in irregular bands, lenses and streaks
		1	Red weathering, massive, amph, pyrite, biotite, quartz rock
5		8	Garnet-biotite schist with feldspathic and conglomeratic layers
		ca. 7	Banded series; garnet-mica schist with dolomite layers and skarn lenses; basal conglomerate
6		0.6	Boudinaged amphibolite schist
		0.8	Feldspathic schist with conglomeratic layers
		1.7	Banded schist with dolomite layers and skarn
		2.5	Massive dolomite

Fig. 2. Columnar section of the rocks nearest the ultrabasic on the east side.

Skjematisk fremstilling av lagrekkene nærmest ultrabasitten på østsiden

only a very small percentage of carbonates to a skarn rich dolomite. The dolomite E of the ultrabasic is about 12 m to 14 m thick and contains skarn in lenses, bands, and irregular streaks. At the base of this unit there is a red weathering, massive, pyrite rich amphibole-quartz-biotite rock.

5. A fissile garnet bearing biotite-quartz schist with porphyroblastic "augen" of plagioclase and K-feldspar. This unit is about fifteen meters thick with carbonate layers and adjacent, boudinaged



Fig. 3. Overfolded schist layer in the dolomite. (Photo, P. H. Reitan.)

Overfoldet skiferlag i dolomitten. (Foto, P. H. Reitan.)

skarn layers occurring near the bottom. There is a basal quartz and feldspar pebble conglomerate. Quartz occurs in "trains", veinlets, and stringers; the biotite is strongly pleochroic and very well oriented, being best preserved in the stress shadows of the feldspar "augen"; the garnets are very rich in inclusions; the plagioclase (basic oligoclase) is strained, sometimes somewhat rounded, and surrounded by envelopes of small quartz and K-feldspar grains; K-feldspar occurs as clear "augen" showing very weakly developed polysynthetic "cross-hatch" twinning and with myrmekitic boundaries, and as small grains in stress shadows together with quartz; apatite and zoisite are rare. The examination of the rock in thin-section reveals it to be a considerably sheared and somewhat recrystallized rock.

6. A banded series containing boundinaged amphibolite schist, feldspathic schist with thin conglomeratic layers, banded schists and dolomite layers with diopside rich, boudinaged skarn bands, and massive dolomite at the base. This unit is about five and one half meters thick.



*Fig. 4 a. Overfolds and thrust in the schists north of Kviteberg.
(Foto, J. J. C. Geul.)*

Overfoldninger og skyvning i skiferen nord for Kviteberg.
(Foto, J. J. C. Geul)

7. Varied garnet rich amphibole-quartz-plagioclase schists, sometimes containing thin limestone bands and sometimes containing veins rich in quartz and plagioclase.

8. Gneissic rocks containing microcline, biotite with zircon in pleochroic halos, quartz, garnet, muscovite, plagioclase, apatite, and opaque minerals. The gneissic structure is marked by "trains" of quartz grains and moderately well oriented biotite and muscovite. The grain size is highly variable, the microcline crystals being the largest, often surrounded by biotite and small quartz grains. The amount of microcline increases eastwards.

Structure.

The dip of the schists, gneiss, and dolomite is consistently to the west; the strike in the area varies from N 20 W to N 10 E. In the western part of the area the dip is about 40° and in the eastern part it is about 25°. At two places overfolding has been observed.



b. Detail of fig. 4 a. (Photo, J. J. C. Geul.)

Detalj av fig. 4 a. (Foto, J. J. C. Geul.)

In the dolomite along the coast between Rottenvik and Kviteberg a thin layer of biotite schist was seen. By following this layer it can be seen that it is overfolded towards the ESE, the axes of the folds striking N 20° E and plunging 20° S (see fig. 3). The dolomite, which has apparently undergone considerable post-tectonic recrystallization, shows consistent dip to the west with no traces preserved of the overfolding revealed by the included layer of schist.

The other locality at which overfolding has been observed is in a vertical outcrop north of Kviteberg. Here, in a veined garnet bearing, amphibole-quartz-plagioclase schist, overfolds towards the ESE can be seen which have fold axes striking N 15° E and plunging 20° S; the axial plane dips 20° NW. In this outcrop there can also be seen a thrust plane which strikes N 5° W and dips 15° W (fig. 4, a & b).

These observations indicate pressure from the NW which caused overfolding and thrusting within this area, undoubtedly in connection with the Caledonian orogeny.

The contacts of the ultrabasic are conformable to the surrounding rocks (fig. 5) though it is itself quite massive.



Fig. 5. The schists (banded) on the east side of the ultrabasic rock (medium grey). (Photo, J. J. C. Geul.)

Skifrene (båndete) på østsiden av ultrabasitten. (Foto, J. J. Geul.)

Genesis of the ultrabasic rock.

Two possible modes of formation of the ultrabasic rock at Kviteberg must be considered. They are: 1, injection of an ultrabasic magma which crystallized in place; and 2, formation by a process of metamorphic differentiation.

The ultrabasic rock may be supposed to have crystallized from a magma which was intruded into the dolomite and which was very rich in magnesium and relatively poor in silicon and the alkalis. The dolomite can be seen on each side of the ultrabasic rock. The transitional boundaries would then be presumed to be due to reaction between the magma and the dolomite and pneumatolytic alteration of the dolomite. This mode of formation has been ably discussed and advocated for another carbonate-bearing ultrabasic rock called Sagvandite (Barth, 1926, 1930), which occurs about 60 km southwest of Kviteberg. We

do not feel that we can improve on nor add to Barth's presentation of the theory, although certain differences between the Kvitberg ultrabasic rock and Sagvandite should be pointed out. Sagvandite contains bronzite and magnesite as essential minerals with the latter constituting 9.2 % of the rock (Barth, 1926, 1930). The Kvitberg ultrabasic contains enstatite, olivine, and dolomite as essential minerals, the latter being of variable concentration but never exceeding about 2—3 %.

The theory of formation by metamorphic differentiation is based on the principle that the relative stability of minerals is dependent on the compositional and P—T-environment in which they find themselves. Specifically, minerals of high mol volume are relatively unstable in zones of high pressure while minerals of low mol volume are relatively more stable. Even though minerals, both of high and low volume, may be relatively unstable in zones of high pressure with respect to the same minerals in zones of low pressure, the relative difference in stability is greater for minerals of high mol volume. In zones of high pressure the relative stability of minerals of low mol volume, those which more efficiently concentrate cations (and anions), will be less reduced than that of minerals of high mol volume. Conversely, in zones of low pressure the relative stability of minerals of high mol volume, those which effectively utilize available space, will be more increased than that of minerals of low mol volume. This is nothing more than the application of the principle of Le Châtelier to a specific case. It also follows directly from the equations of thermodynamics which state the relationship between free energy, mol volume, and pressure (see e. g. Barth, 1952, pp. 317, 318, and Ramberg, 1952, pp. 215—220).

Temperature and original composition will also play a role in determining the relative stability of the minerals involved and will thereby influence the exact mineralogy and chemistry of the rocks which are formed. Another factor which will be of some importance to the composition of the final product is the diffusion rate of the elements or ions involved, as those elements which are not required by the minerals preferred in the high pressure zone must tend to diffuse away.

This process leads to a residual concentration of those elements which go to make up the minerals of low mol volume (olivine, pyroxene, amphibole etc.), i. e. Mg, Fe, and partly Ca, thus resulting in the formation of basic or ultrabasic rocks.

As neither theory can in general be eliminated on theoretical grounds, both must be entertained and evaluated for each specific case in the light of the observations which have been made.

For the ultrabasic body at Kviteberg the general geological setting is not incompatible with either explanation. The large Lyngen gabbro, on which no published results of intensive study are available, which may be magmatic, lies close by. If then, the Lyngen gabbro and the ultrabasic rock at Kviteberg are magmatic, the magma which crystallized as the ultrabasic may have been an ultrabasic differentiate from the Lyngen gabbro magma. But if the ultrabasic rock is metamorphic, the general structural setting allows for the possibility of local, intense pressure differences. The area is in the Caledonian rocks in which thrusting, gliding, and overfolding are well known, and very near by (see p. 117) thrusting and overfolding have been observed in the schists and dolomite. Thin-section examination of these rocks has also revealed that they have been subject to intense shearing. The Lyngen gabbro, which is at least in part layered, has also been subject to quite intense deformation including overfolding and thrusting and, as seen by thin-section examination, quite intensive shearing.

Both explanations are faced with the difficulty of accounting for the intimate association between the Ca-rich carbonate (dolomite, which does not appear to be secondary, within the ultrabasic, in the transitional zone, and adjacent to the ultrabasic) and the Mg-rich, Ca-poor minerals of the ultrabasic, especially the occurrence of enstatite instead of a Ca-bearing pyroxene. Both must then assume that the P—T-conditions were such that the Ca-bearing pyroxenes were unstable at the time when the ultrabasic was formed. This assumption, however, strains the magmatic explanation, as Ca-bearing pyroxenes are extremely common in magmatic rocks formed from magmas sufficiently rich in Ca. It is quite difficult to imagine what sort of P—T-conditions, which could be conceived of as having existed within the crystallizing magma which was reacting with and assimilating dolomite, could make Ca-bearing pyroxene unstable. One might propose that the magma was intruded into the dolomite, pushing it aside, and that therefore reaction with the dolomite was confined to the transitional boundary zones. Against this proposal is the lack of the necessary deformation structures in the dolomite and schists near the ultrabasic body, and the presence of dolomite, albeit in small quantities, throughout the ultrabasic rock. However, an area of, e. g.,

intense pressure and shear is not the sort or area in which one could expect a magma to remain. Nor is the location of the assumed intrusion the most likely. Dolomite is a notoriously incompetent and plastic rock during metamorphism. It seems unlikely, therefore, that a crack would form in the dolomite into which intrusion would take place, but rather just the opposite — that the dolomite layers would be the most “well sealed” in the area.

The explanation by metamorphic differentiation finds the lack of Ca-bearing pyroxenes difficult too. However, it must be remembered that the proposal of a zone of high pressure necessitates the proposal of a zone or zones of relatively lower pressure elsewhere in the area. Therefore there must be zones of low pressure into which the material from easily decomposed minerals in the zone of high pressure migrates. As carbonates are extremely fugitive under metamorphism it would be natural to assume that the Ca would be in great demand for the formation of calcite in low pressure zones where CO_2 was being relatively enriched, such that only the Mg from the decomposing dolomite would be available for the formation of the minerals of low mol volume which were to remain as the residue in the high pressure zone. That is, the free energy of Ca in calcite in low pressure zones would have been so much lower than the free energy of Ca in a possible pyroxene in the zone of high pressure that Ca would have migrated out of the zone of high pressure into surrounding low pressure zones, while the Mg remained behind, being required to form minerals of low mol volume in the zone of high pressure. The dolomite crystals which are found in the ultrabasic would then represent the last relics of the original dolomite, those which had not yet completely decomposed when the process stopped. The location of the ultrabasic is quite in accord with the metamorphic mode of origin. Zones of, e. g., intense pressure and shear would be expected to occur in weak, incompetent rocks, or even more in areas where such rocks alternated with more competent rocks, where thrusts would most likely be localized.

Both explanations can offer satisfactory explanations for the transitional boundary relations between the ultrabasic rock and the surrounding dolomite. In both cases material released from the present site of the ultrabasic, whether these are magmatic “emanations” or the disperse phase resulting from the decomposition of unstable minerals, could result in the formation of a transitional boundary, skarn in the adjacent dolomite, and the addition of the necessary constituents to form the crystals and concentrations of diopside in the nearby dolomite.

One might object to the metamorphic theory in connection with the source of the Si which is present in the ultrabasic rock. If the ultrabasic is surrounded by dolomite, how did all the Si get to the site of the ultrabasic if constituents would only migrate from the zone of high pressure? In answer to this objection it must be pointed out that no pure dolomite has been observed in the area. In most cases rather thin dolomite bands alternate with schists predominating in silicate minerals including such relatively Si-rich minerals as quartz, micas, and feldspars. The ultrabasic was most probably not formed in a pure dolomite layer, but rather in a zone rich in dolomite but with considerable quantities of interlayered schists. Thus the Si content of the ultrabasic was an original constituent of the zone in which the ultrabasic was formed.

Another problem which must be explained is the abundance of secondary calcite and its presence in all of the various rocks in the Kviteberg area. One can, of course, propose that the area has been "soaked" by late hydrothermal solutions rich in dissolved calcite. Such solutions could not have been derived from a magma which gave rise to the ultrabasic rock, for such a magma would necessarily have been extremely rich in Mg and utterly poor in Ca (to have resulted in a Ca-poor pyroxene after having assimilated appreciable quantities of dolomite). Nor, for the same reasons, could these solutions have been derived from a magma which gave rise to the Lyngen gabbro. This process would, then, necessarily have been quite independent of all other events in the geological history of the area, and the solutions could only be attributed to some unknown source. We prefer, however, to attempt to arrive at an explanatory sequence of events which are interrelated, insofar as this is possible, and in which the proposed events follow naturally from those preceding. We would therefore prefer to relate the abundance of secondary calcite to the formation of the ultrabasic rock.

If the ultrabasic rock is believed to be magmatic this relationship is difficult to find. If the injected magma was so rich in Mg and so poor in Ca that even after reaction with and assimilation of dolomite the pyroxene which crystallized was enstatite, then there can have been no excess of Ca to be contributed to the surrounding rocks to form calcite. If the magma was injected into the dolomite and reaction was confined to the border zones, the same difficulties prevail. The stable pyroxene was enstatite, therefore there can have been no

appreciable content of Ca in a magma from which the ultrabasic crystallized.

If, on the other hand, the ultrabasic rock is a metamorphic differentiate, the Ca was derived from the zone of high pressure in which the ultrabasic formed. As mentioned previously (p. 122), the Mg of the dolomite would have remained behind in the zone of high pressure, being required for the formation of the minerals of low mol volume which were most stable in that zone. The Ca escaped with or was demanded by the escaping CO₂ and formed calcite as a secondary mineral throughout the surrounding area.

Because a magmatic mode of origin is only sometimes in accord with the observations we have made in the area, while the mode of formation by metamorphic differentiation is always in accord with our observations, we prefer to believe that the latter must have been the process by which the ultrabasic rock at Kviteberg was formed.

Geologic history.

The geologic history of the Kviteberg area can be summarized as follows. First there was a period of metamorphism during which crystalline schists and gneisses and crystalline dolomite formed. Second there was a period of deformation, which was locally quite intense, during which the ultrabasic rock was formed in a zone of extreme pressure. This was followed by a period of rather quiet compression during which skarn layers and the ultrabasic body were boundinaged and some post-tectonic recrystallization took place, including the distribution of calcite such that it, throughout the whole area, can be seen as tiny, intergranual grains and in cleavage cracks in other minerals.

Acknowledgements.

We wish to thank S. Føyn, formerly director of Norges Geologiske Undersøkelse, and Prof. O. Holtedahl for recommending that we investigate the area near Lyngseidet. We wish also to thank P. Sæbø and V. Wiik for a number of mineral determinations at the X-Ray laboratory of the Mineralogisk Museum, Universitetet i Oslo. I (P.H.R.) would also like to thank B. A. O. Randall, University of Durham, who first aroused my interest in the geology of the Lyngen peninsula. We would like also to acknowledge the help received from

several other students of ultrabasic rocks even though the occasion to cite them in any specific connection in the text has not arisen. They are: Bennington (1956), Sørensen (1953, 1955), and Tuominen and T. Mikkola (1950). The ideas presented in these papers have contributed to the development of our ideas on the formation of the ultrabasic at Kviteberg.

Norsk sammendrag.

Om dannelsen av en karbonatførende ultrabasisk bergart ved Kviteberg, Lyngen, Nord-Norge.

Det området som er beskrevet er på østsiden av Lyngenthalvøya ved Lyngseidet, 69° 35' N og 20° 18' Ø (Greenwich meridian). I de metamorfoserte sedimenter øst for Lyngengabbroen forekommer ultrabasiske bergarter ved Sandviken og Kviteberg (Pettersen, 1891). Det ultrabasiske legeme ved Kviteberg og de omgivende bergarter er diskutert i denne avhandlingen.

Den ultrabasiske bergart består av enstatitt og olivin med Mg-rik aktinolit, spinel, magnetitt, svovelkis og i ett tilfelle diopsid som accessoriske mineraler, og serpentin, antofyllitt, flogopitt, talk og kalkspat som sekundære mineraler. Dolomitt er vanligvis til stede og burde regnes for å være essensiell. Mikrostrukturen er mellom- til grovkornet hypautomorf.

De omgivende bergarter er fra Rottenvik østover mot ultrabasitten: 1, granatrik biotitt-hornblende skifer; 2, dolomitt med hvit diopsid i enkelte krystaller (opp til 40 cm × 20 cm) og i linser og masser (fig. 1); 3, en båndet serie med skifer og dolomitt, den siste nærmest det ultrabasiske legeme. Så følger ultrabasitten med gradvise overganger til uren dolomitt på begge sider. Øst for dolomitten har man: 4, en dolomitt med skarnbånd og linser (ca. 13 m tykk); 5, granatførende biotittkvarts skifer med «øyer» av plagioklas og kalifeltspat (15 m tykk); 6, en båndet serie med amfibolittskifer, feltspatrik skifer med tynne konglomeratlag, båndete skifre med dolomittlag og diopsidrik skarn og en basal, massiv dolomitt (5½ m tykk); 7, varierte granatrike amfibol-kvarts-plagioklasskifre; og 8, mikroklin-biotittkvarts-granat-muskovitt-plagioklasgneis.

Strøket i området varierer mellom N 20 V og N 10 Ø og fallet er alltid mot V. I den vestlige delen av området er fallet ca. 40% og i den østlige delen ca. 25%.

Overfolding mot ØSØ er blitt iaktatt to steder, i dolomitten med aksefall 20° mot S 20 V (fig. 3) og i skiferen nord for Kviteberg med aksefall 20° mot S 15 Ø. Her sees også et skyveplan med strøk N 5 V og fall 15° V (fig. 4, a og b). Overfoldningene og skyvningene står sikkert i forbindelse med den kaledonske orogenese. Kontaktene mellom ultrabasitten og de omgivende bergarter er konforme (fig. 5) og ultrabasitten er selv helt massiv.

To mulige dannelsesmåter må tas i betraktning. De er: 1, intrusjon av et ultrabasisk magma som krystalliserte på stedet; og 2, dannelse ved metamorf differensiasjon.

Barth (1926, 1930) har diskutert den første i forbindelse med sagvanditt fra ca. 60 km SV for Kviteberg, og det essensielle ved den metamorfe differensiasjonsprosess er å finne i, f. eks., Barth (1952, s. 317, 318) og Ramberg 1952, s. 215—220).

Vi foretrekker å tro at den ultrabasiske bergart ved Kviteberg er et metamorft differensiat, fordi denne teorien kan forklare strukturene i området, beliggenheten av ultrabasitten, sammensetningen av ultrabasitten, de gradvise overgangene til sidebergartene, og den store mengden av sekundær kalkspat i området. Ikke alle disse iakttagelser lar seg forene med den magmatiske teori.

Kvitebergområdets geologiske historie kan sammenfattes slik: Først ble området metamorfosert, og krystallinsk dolomitt, skifre og gneiser ble dannet. Så ble det deformert, lokalt ganske sterkt, og den ultrabasiske bergart ble dannet i en sone med ekstremt trykk. Deretter kom en periode med jevn kompresjon; skarnlag og ultrabasitten ble boudinagert og en del omkrystallisering fant sted, og kalkspat ble fordelt over hele området slik at den opptrer som bitte små intergranulære korn og i sprekker i andre mineraler.

Literature.

- Barth, T. F. W.*, 1926. Sagvandite, a magnesite bearing igneous rock: Norsk Geol. Tidsskr., bind 9, p. 271—303.
— 1930. Über die Sagvandite und ihre Entstehung durch Synthese von Dolomitgesteinen: Min. Petr. Mitt., Band 40, p. 221—234.
— 1952. Theoretical petrology: 387 p., New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Bennington, K. O.*, 1956. Role of shearing stress and pressure in differentiation as illustrated by some mineral reactions in the system MgO-SiO₂-H₂O: Journ. Geology, v. 64, p. 558—577.

- Johannsen, Albert*, 1938. A descriptive petrography of the igneous rocks, v. IV: 523 p., Chicago, The University of Chicago Press.
- Padget, Peter*, 1955. The geology of the Caledonides of the Birtavarre region, Troms, northern Norway: Norges Geol. Unders., Nr: 192, 107 p.
- Petterson, Karl*, 1891. Geologisk kart over Tromsø amt: Tromsø Museums Årshefter, 14.
- Ramberg, Hans*, 1952. The origin of metamorphic and metasomatic rocks: 317 p., Chicago, The University of Chicago Press.
- Sørensen, Henning*, 1953. The ultrabasic rocks at Torquessaq, West Greenland: Medd. om Grønland, bind 136, nr. 4, p. 1—86.
- 1955. A preliminary note on some periodotites from northern Norway: Norsk Geol. Tidsskr., bind 35, p. 93—104.
- Tuominen, H. V. and Mikkola, Toivo*, 1950. Metamorphic Mg-Fe enrichment in the Orijärvi region as related to folding: Bull. Comm. Géol. de Finlande, N:o 150, p. 67—92.

Uranundersøkelser i Trøndelag.

Av

THOR SIGGERUD

Med 6 tekst-figurer.

Resymé.

Undersøkelsen av radioaktiviteten i den sedimentære og effusive lagrekken i Trøndelag førte ikke til oppdagelse av noe lag med høyere uran-thoriuminnhold enn normalt for slike bergarter. Det ble ikke funnet noen urananrikning svarende til den man har i overkambriske sedimenter i Oslo-feltet og i Sverige. Langs de kjørte veiprofilene ble det ikke funnet epigenetisk uranmineralisering (under forutsetning av at forekomsten i kambrium er syngenetiske). Cargo-utstyret som er brukt ved de radiometriske arealprospekteringer, er beskrevet og dets anvendelse diskutert.

Sommeren 1954 ble uraninnholdet i Oslo-feltets kambrosiluriske lagrekke undersøkt (NGU nr. 203), og det var derfor naturlig å fortsette undersøkelsene i andre kambrosiluriske avsetninger. Disse undersøkelser ble gjort i Trøndelag sommeren 1955. Undersøkelsene omfattet registrering av radioaktiviteten i bergartene og løsmassene med Cargo-utstyr (Land-Rover med innmontert Geiger Müller-teller), og måling av radioaktiviteten på spesielle lokaliteter med håndinstrumenter (G. M.-tellere og scintillometere). Eventuelle positive radioaktive anomalier skulle undersøkes geologisk og prøvetas.

Undersøkelsene ble delvis lagt opp i samarbeid med professor dr. Th. Vogt, som velvilligst stilte til disposisjon upublisert materiale fra Røros-traktene.

På fig. 1 sees ruten som ble kjørt med Cargo-utstyret og hvor radioaktiviteten ble målt.

Hovedresultatet av målingene var at det i Trøndelag ikke ble funnet store radioaktive anomalier unntatt på ett sted. Dette var ved dictyonemalokaliteten på Nordaunevoll på kartbladet Holtålen, geologisk beskrevet av Vogt i N.G.T., bd. 20, 1940. Radioaktiviteten i dictyonemaskiferen var på dette stedet ikke særlig høy, og radiometriske analyser viste en gehalt på ca. 0,008 % uranekvivalenter: d.v.s.

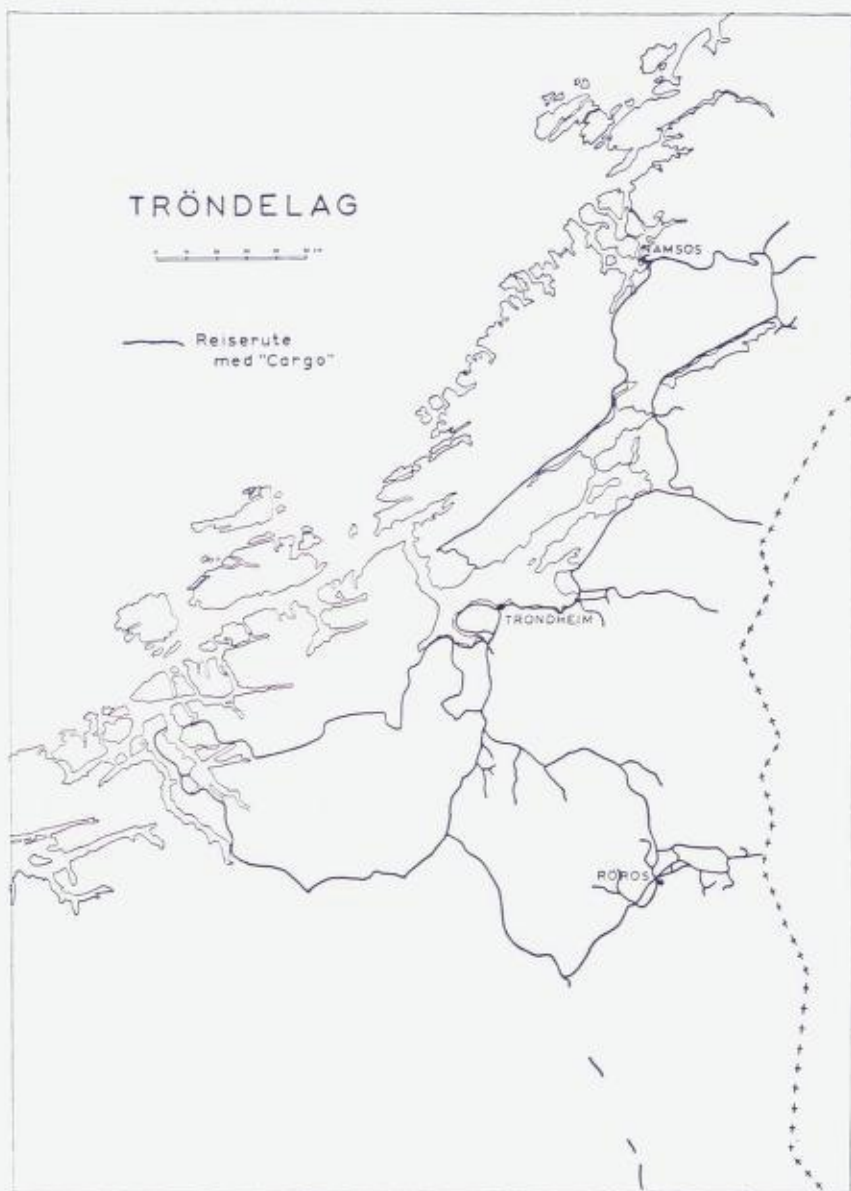


Fig. 1.

dersom all radioaktiviteten skyldes stråling fra uran i likevekt med sine datterprodukter finnes det 80 gram U_3O_8 pr. tonn bergart. En del av radioaktiviteten (muligens halvparten) skriver seg fra kalium 40, da skiferen inneholder 4,97 % K_2O . Uraninnholdet ligger litt lavere enn i dictyonemaskiferen fra Oslo-feltet.

I Rørostraktene ble bl. a. på kartbladet Aursund undersøkt det som er avsatt som alunskifer, men det fantes ingen unormal radioaktivitet i den grafittholdige skiferen.

I Sokndalområdet ble foretatt grundige undersøkelser p.g.a. et angivelig uranfunn i en skifer fra dette området, men det ble ingen steder konstatert et radioaktivt nivå av noen betydelig størrelse. Med dette menes at om all stråling skyldes uranets datterprodukter skulle gehalten av uran være større enn 30—40 gram U_3O_8 pr. tonn bergart. 1 % K_2O i bergarten gir en stråling tilsvarende strålingen fra 6—8 gram U_3O_8 pr. tonn bergart.

I de granittiske gneisområdene nordover mot Namsos var radioaktiviteten meget vekslende, men ingen steder ble registrert unormalt høye anomalier slik at det var grunnlag for mer detaljerte undersøkelser.

Når det gjelder negative anomalier, d.v.s. svært lav radioaktivitet, ble det gjort en del iakttagelser. Grønnskifrene inneholder meget lite uran/thorium og de har også lite kalium. Vest for Trondheim går veien en del steder gjennom tunneler, og i disse er det overalt et meget markert fall i strålingsintensiteten. Det samme forekommer i tunnelene nord for Sunddalen, men her forekommer en del slepper med større radioaktivitet, selv om den fremdeles er liten. Aktiviteten må enten skyldes kaliummineraler eller uran som er blitt adsorbent til leirmineralene på sleppene.

På fig. 2 som viser en del av registreringskurven fra instrumentets skriver ses et typisk eksempel på radioaktivitetens variasjon i Trøndelag. Utsnittet viser registreringen på strekningen fra Trondheim vestover forbi Byneset. Høyest er utslagene i de sure bergarter som veien skjærer igjennom, de lavere utslag skyldes skifre og lavaer, og det aller laveste utslaget forårsakes av en liten tunnel.

Fig. 3 viser et typisk eksempel på utslagene i skifrene i Sokndal. Det er bare den vanlige bakgrunnsstrålingen som registreres. Toppen skyldes en kontrollprøve på instrumentets reaksjonsevne.

Fig. 4 viser et eksempel på fall i bakgrunnsstrålingen i tunneler. Årsaken til dette er at den kosmiske strålingen blir stoppet av bergartmassene over tunnelen.

Fra Trondheim - Byneset - Buviken

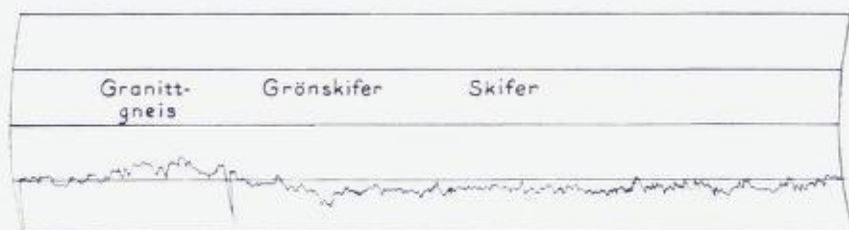


Fig. 2.

Fra Sokndal

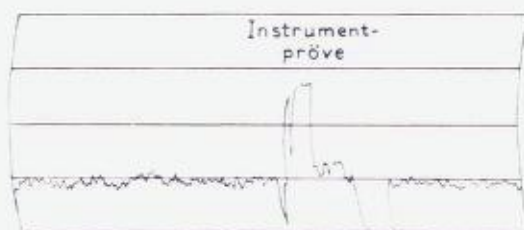


Fig. 3.

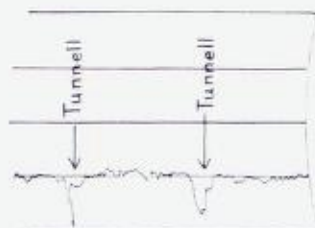


Fig. 4.

Fig. 5 er et eksempel på utslagene i Gauldalens skiferskjæringer. Tilsvarende utslag på registreringskurven er typiske for den største delen av Trøndelag.

Et eksempel fra undersøkelsene i Oslo-feltet er vist på fig. 6. Selv de meget høye utslagene skyldes ikke mere enn ca. 150 gram U_3O_8 pr. tonn bergart.

De originale registreringskurvene fra bilens instrumenter oppbevares i NGU's arkiv.

Store deler av Trøndelag er dekket av løsavleiringer, og veiene ligger ofte i de overdekkete områdene. Det kan derfor godt finnes uranforekomster uten at disse er blitt oppdaget ved den utførte rekognoseringen som vesentlig er gjort pr. bil. Men det er ikke sannsynlig at det kan eksistere stratigrafiske lag med en lignende radioaktivitet som den i Oslo-feltets kambrosilur. Det lar seg ikke gjøre å få undersøkt et sammenhengende profil over hele lagrekken i Trøndelag, men deler av lagrekken er blitt krysset på så mange steder at man kan si at undersøkelsen er tilfredsstillende.

Det er et uløst spørsmål om det noen gang har vært avsatt uran i skifrene i Trøndelagens kambrosilur eller om uranet har forsvunnet ved senere metamorfose prosesser. Det kan også tenkes at de uranførende lag i overkambrium er blitt erodert vekk før den senere sedimentasjon.

Eventuelle videre prospekteringer etter uran i Trøndelag vil måtte bygge på den forutsetning at det finnes epigenetiske uranforekomster i forbindelse med intrusivene, malmineraliseringene eller i gneisbergartene i nordvest. Det foreligger en del materiale til belysning av dette, idet ingen av de malmprøver fra Trøndelag som finnes i malmsamlingen på Universitetets Mineralogisk-Geologiske Museum, Oslo, inneholder radioaktive elementer, uran og/eller thorium, i gehalter over det normale for jordskorpen. Malmsamlingen er undersøkt ved å foreta radioaktivitetsmålinger med en blyavskjermet scintillasjonsteller. Målingene ble utført av stud. real. Sæbø og forfatteren.

Cargo-utstyret og dets anvendelse.

For at man på en forsvarlig måte skal kunne vurdere resultatene av den uranprospektering som er utført med bil i Oslofeltet, i Trøndelag og senere også andre steder i landet, er det grunn til å gjennomgå instrumentets oppbygning og dets anvendelse i praksis. En rekke for-

Fra Gauldal

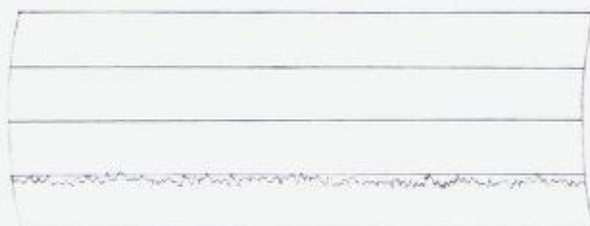


Fig. 5.

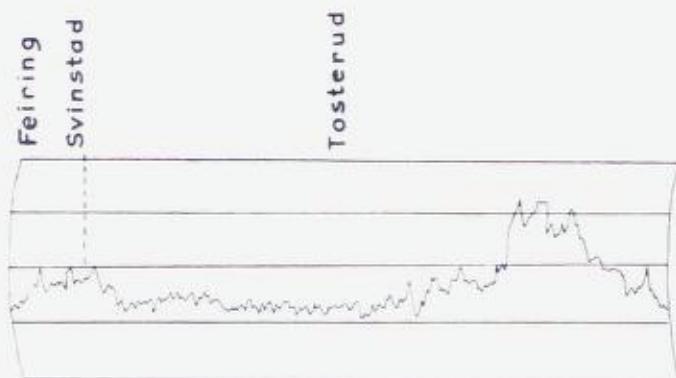


Fig. 6.

hold gjør at instrumentutslagene ikke kan plottes direkte inn på et geologisk kart, men må tolkes først.

Instrumentets oppbygning. Det instrument som er anvendt fra bil i Norge er engelsk, bygget av Atomic Energy Research Establishment i samarbeid med Atomic Energy Division of the Geological Survey of Great Britain. Instrumentet består av et sett på 6 Geiger Müller-rør. Hvert rør er 63 cm langt, 3,4 cm i diameter. Rørene er fylt med en halogendempet neon-argon-blanding. En generator drevet av bilens 12-volts batteri skaffer de ca. 380 volt som trenges til instrumentets drift. Utstyret omfatter også et rate-meter og en alarmklokke. Alarm-

klokken kan stilles slik at den ringer ved et valgt radioaktivitetsnivå. Ratemeteret angir utslagenes størrelse på en skala og driver en recorder (skriver) som gir en grafisk fremstilling av radioaktivitetens variasjon med tiden. Når bilen er i bevegelse settes et merke på den grafiske kurven for hver kilometer, og ved hjelp av en kontakt kan man også selv merke registreringskurven. Utslagene på rate-meteret og recorderen er bare relative størrelser. Skalaen er ikke lineær og hva utslagene betyr, f. eks. i MR/time for et bestemt strålingsenergiområde, kjennes ikke.

G.M.-rørene som benyttes reagerer på gammastråler fra datterproduktene til uran og thorium og på stråling fra kaliisotopen K^{40} . (Uran selv sender ikke ut gammastråler.) Bare de hårdere gammastrålene rekker inn i G.M.-rørene gjennom bilen og instrumentveggene, d.v.s. det registreres vesentlig stråling fra radium C.

Hele utstyret er bygget inn i en Land-Rover med firehjulstrekk for at det i størst mulig utstrekning kan brukes også utenfor gode veier.

Geometriske forhold. Strålingen fra en uranforekomst har samme intensitet uavhengig av avstanden dersom den radioaktive flaten er uendelig stor i forhold til instrumentet som målingen utføres med. Strålingen minskes bare p.g.a. absorpsjon i luften og eventuelt annet materiale som måtte befinne seg mellom strålingskilden og registreringsinstrumentet. I de aller fleste tilfeller vil imidlertid strålingskilden ha begrenset størrelse i forhold til instrumentet og nærme seg en punktkilde. For punktkilder er strålingens intensitet omvendt proporsjonalt med kvadrat av avstanden.

I et flatt terreng med jevn radioaktivitet i bergarten vil instrumentets høyde over bakken ha betydning for hvor stort område instrumentet oppfanger radioaktiviteten fra. Instrumentet i Land-Roveren er montert 1,7 m over bakken. Da kommer 90 % av all strålingen instrumentet oppfanger fra en sirkel med 20 meters radius om G.M.-tellerne. 75 % av strålingen kommer fra punkter innenfor 7 meters radius og hele 50 % av den stråling som registreres kommer fra punkter som ligger nærmere enn 3 meter.

I en veiskjæring eller en tunnel blir de geometriske forhold ved strålingsregistreringen forandret i forhold til en flate, fordi G.M.-telleren blir utsatt for mer stråling som kommer fra en kortere avstand.

D.v.s. i en bergart med jevn radioaktivitet vil en veiskjæring gi større utslag enn en horisontal flate. Ved måling langs en vei hvor topografien stadig skifter fra veifylling til veiskjæring vil man derfor måtte tolke utslagernes størrelse ut fra de geometriske forhold, og dette må gjøres for hver meter man kjører mens instrumentet er i gang.

For det Cargo-utstyret N.G.U. har er det oppgitt at en variasjon på 10 gram U_3O_8 pr. tonn bergart i en bergart som normalt inneholder 30 gram U_3O_8 pr. tonn, vil være merkbar under den forutsetning at blotningen er meget stor. Omvendt vil 1 kg. uranmalm som inneholder 25 % U_3O_8 ikke bli oppdaget hvis den har en større avstand enn 6 meter fra telleren.

Overdekning. Tap av gammastrålens energi i materiale som ligger mellom strålingskilden og G.M.-telleren spiller en stor rolle for registreringen av radioaktiviteten og bidrar til å vanskeliggjøre tolkningen av målingene.

Tapene er omtrent proporsjonale med materialets tetthet. Bergarter absorberer således meget av gammastrålingen, f. eks. absorberer en cm granitt 25 % av gammastrålingen slik at Cargo-utstyret ikke lenger registrerer den. 2,5 cm granitt absorberer 50 % og ved vel 10 cm bergart er 90 % av strålingen absorbert. Ved 25 cm bergart slipper bare 1 % av strålingen igjennom, og ved 35 cm er nesten alt absorbert.

Absorpsjonstallene i sand og grus er ikke meget forskjellige. 50 % av strålingen absorberes av et 3,2 cm tykt sand- eller gruslag og 90 % slipper ikke igjennom når laget er 16 cm tykt. Ved et 50 cm tykt gruslag slipper 1 % av strålingen igjennom. Grusen forutsettes i dette tilfelle å være så tett pakket at den har sp.v. 1,6.

Vann og myr absorberer meget av gammastrålingen fra en uranforekomst. Et vannlag på 5 cm stopper 50 % av strålingen slik at den ikke lenger kan registreres i instrumentet. 90 % av strålingen stoppes av et 25 cm tykt vannlag og 50 cm vann stopper 98 % av strålingen.

Disse tall er teoretiske og gjelder for et uranholdig lag med meget stor utstrekning under overdekningen. For mindre forekomster vil man nærme seg punktkilden hvor strålingsintensiteten er omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden. Denne faktor vil komme i tillegg til overdekningens dempningsfaktor. En forutsetning for disse tall er at uranet må være i likevekt med sine datterprodukter.

I endel tilfeller kan likevel uranforekomster registreres også gjennom større overdekning. Dette skyldes at radon har steget opp gjennom overdekningen, f. eks. transportert med vann e. l.

Ved tolkning av instrumentutslagene må man som følge av overdekningens effekt hele tiden ta hensyn til overdekningens grad, karakter og hva slags materiale den består av. Er strålingsintensiteten fra en uranforekomst dempet til noen få % vil en slik anomali vanligvis ikke oppdages, den forsvinner i bakgrunnsstrålingens normale variasjon.

Kjørehastighetens innflytelse på instrumentets registrering. Et instruments tidskonstant bør ikke settes så kort at svingningene på rate-meterets skala blir for lite dempet. På den annen side må man kjøre langsommere når tidskonstanten er lengere.

Bakgrunntellingene for Cargo-instrumentet er ca. 2000 tellinger pr. minutt. Rate-meteret har en tidskonstant på ca. 1 sekund, og skriverens tidskonstant er 6 sekunder. (Dette skyldes for en stor del pennens friksjon mot papiret.) Det vil derfor ta kortere tid å bygge opp et stort nok potensial i rate-meteret til å sette i gang alarmklokken enn å få registrert et utslag på skriveren. Bruker man alarmklokken og holder øye med ratemeterets utslag tillater altså dette større kjørefart. Utslagets høyde, særlig på skriveren, vil være direkte avhengig av farten dersom denne er så stor at fullt utslag ikke kan nås. Hvor tynne mineraliserte soner som blir fullt registrert vil derfor være direkte avhengig av bilens fart.

En prøve som er blitt utført i England viser at en 30 cm bred gang (grøft) fylt med 0,5 % U_3O_8 kan oppdages i en fart på opptil 95 km pr. time når man kjører rett over. Men ved høyere hastigheter, og derfor små utslag, blir det vanskelig å oppdage ukjente anomalier i forhold til de små fluktasjoner instrumentet alltid registrerer p.g.a. variasjonene i bakgrunnsstrålingen som skyldes forandringer i geometrien, overdekningen, veimaterialet og den kosmiske strålingen.

Veimaterialet. Den radioaktive strålingen fra veimaterialet spiller en stor rolle da veimaterialet er den nærmestliggende strålingskilde. Et radioaktivt profil langs en vei hvor veidekket skifter fra granittisk gatesten til asfalt og til grusvei vil gi et tydelig forskjellig radioaktivitetsnivå for de forskjellige veidekker. I størst mulig utstrekning bør man unngå veier med fast dekke, og kjøre på veier hvor det er brukt lokalt materiale ved oppbygging av veien.

Bilens masse virker også i noen grad som en skjerm mot strålingen fra underlaget. Praktisk erfaring har vist at stråling som kommer inn normalt på G.M.-rørenes lengdeakse gir større telling enn stråling som kommer inn parallelt med lengdeaksen. Rørene henger derfor parallelt med bilens lengdeakse, slik at strålingen fra veimaterialet foran, under og bak bilen skal telles litt mindre enn strålingen som kommer inn fra siden av veien.

I noen tilfeller har vi kommet på spor etter uranforekomster ved å undersøke hvor et radioaktivt veimateriale kommer fra. Gamle grubeveier kan være radioaktive dersom gruben har inneholdt uran- eller thoriumminerale og hvis utlutningen av uranmineralene ikke har vært for stor.

Kosmisk stråling. Kosmisk stråling utgjør en meget stor del av den totale stråling som Cargo-utstyret registrerer. Den varierer noe med breddegraden, men er vesentlig avhengig av høyden over havet. Strålingens intensitet, slik den registreres av bilens G.M.-instrument, øker til omtrent det dobbelte fra havoverflaten til ca. 1600 m.o.h. Innen korte tidsrom varierer intensiteten i den registrerte kosmiske stråling endel.

Ved å måle strålingsintensiteten på en godt blottet bergartsflate, i en tunnel som er slått i den samme bergarten og kombinere dette med målinger gjort på et islagt vann får man gode tall for bilens egenstråling, og den kosmiske stråling på det sted og den tid målingene foretas.

At den kosmiske stråling gir betydelige utslag på skriveren kan ses på profilene fra Trøndelag hvor radioaktiviteten i tunnelene synker til meget lave verdier. På kurvene utgjør kosmisk stråling ca. 75 % av den totale strålingen bilen registrerer når den kjører på en vei i områder hvor bergartene og/eller de løse avleiringer inneholder 10—20 gram U_3O_8 pr. tonn bergart.

Forvitring og utlutning. Forvitring og utlutning kan føre til at man har radioaktive anomalier uten tilstedeværelse av uran eller thorium. Vanligvis forekommer uran sammen med hele rekken av datterprodukter, men det er de siste ledd i rekken (etter radium) som gir 95 % av den hårde gammastråling Cargo-instrumentet registrerer.

I mange mineraler kan uran lett forvitte og transporteres vekk som uranylioner, mens radium blir igjen som strålingskilde. Det kan

også forekomme at radongassen (radiums datterprodukt) unnviker fra en uranforekomst, f. eks. gjennom grunnvannet, og bygger opp en radioaktiv anomali et stykke vekk fra den primære forekomst. Man kan også ha kombinasjoner av disse fenomener. Halveringstiden for radium er lang i forhold til radons halveringstid, 1622 år mot 3,8 dager, men radons datterprodukter har så kort halveringstid at det fort vil innstille seg en likevekt.

Uran fra uranyllioner kan utfelles som sekundærminerale eller absorberes til organisk materiale. Det forekommer f. eks. i myrer i Nord-Norge hvor tørrstoffet inneholder 2 % uran. Når de sekundære uranforekomstene en betydelig alder vil de etter hvert bli radioaktive, men likevekten med datterproduktene kommer først etter ca. 1 000 000 år p.g.a. uranets lange halveringstid.

Thorium. For thorium har man ikke det samme problem med utlutning og transport fordi thoriumminerale forvittrer vanskeligere og thoriums datterprodukter har forholdsvis kort halveringstid, spesielt thoron som er den tilsvarende gass til radon.

Andre resultater. I tillegg til direkte geologisk interesse for Cargo-resultatene som et prospekteringshjelpemiddel, har målingene også strålingsbiologisk interesse.

Den stråling som registreres med Cargo-utstyret er bare den hårdeste del av totalstrålingen, men om man subtraherer utslagene for den registrerte kosmiske strålingen står reststrålingen i et bestemt forhold til totalstrålingen av bløte og harde stråler på et sted. De variasjoner som man på denne måten finner i strålingen fra bergarter og løsmasser kan være meget store. Dette har interesse i forbindelse med de undersøkelsene som pågår over bakgrunnsstrålingens intensitet i forskjellige landsdeler for å bringe på det rene hvor stor totalstråling befolkningen er utsatt for. Befolkningen på alunskifer får f. eks. mange ganger større radioaktiv bestråling i sin levetid enn de som bor på sandavsetninger. Fra Cargo-registreringene foreligger et meget stort målingsmateriale, men p.g.a. de vanskeligheter med tolkningen som er nevnt ovenfor vil den strålingsbiologiske tolkning være en komplisert oppgave hvis man ønsker detaljerte opplysninger.

Summary.

Uraniumprospecting in Trøndelag.

No concentration of uranium, as it occurs in the Oslo region, was found in the Cambro-Ordovician sediments and effusives of Trøndelag. Neither was any epigenetic U—Th mineralization discovered during the radiometric surveying.

The carborne G.M. equipment used during the prospecting is described and the use of it under Norwegian field conditions is discussed, particularly the effects of topography and overburden.

Fotogeologi.

Av

THOR SIGGERUD

With 5 text-figures.

Med fotogeologi menes en systematisk anvendelse av flybilder som hjelpemiddel ved geologiske undersøkelser. Dette arbeid er nå kommet ut over eksperiment- og instrumentstadiet, og må ansees som et nødvendig ledd i nesten alle geologiske arbeider, selv ved malmprospektering. Delvis har man også i Norge anvendt luftbilder ved geologiske undersøkelser, men det har i stor grad ikke vært klart for alle hvor meget mer man ser på et flybilde-sett som betraktes stereoskopisk enn på et godt kart. Her må det innskytes at årsaken ofte har vært den forholdsvis dårlige tekniske standard som norske flybilder har hatt før 1954. På et flybilde *skal* man kunne se de fineste detaljer hvis målestokken ikke er for liten.

Det som er nytt ved fotogeologi er at man studerer flybildene før man drar ut i felten, og tegner ned på et kart alt man ser og som man tror har noen geologisk betydning. Ofte kan det være spørsmål om tolkning av bildene, men med et godt flybilde-sett, en del kjennskap til hvilke bergarter som finnes i området, og ikke minst en del øvelse, er det utrolig hvor meget man kan se. Hensikten med et fotogeologisk kart er å få et grunnlag til å drive feltarbeidet på og ikke f. eks., risikerer å gå parallelt med en grense fordi man ikke har noen anelse om at den er der. Det fotogeologiske kart bør også kunne gi grunnlag for oppstilling av en eller flere hypoteser om områdets geologi.

Gangen i det fotogeologisk arbeidet er:

1. En grundig stereoskopisk undersøkelse av flybildene med avmerking av alt man tror har geologisk interesse. Til dette anvendes vanligvis speilstereoskop.
2. Overføring av data fra flybildene til plankart. Under denne omtegning må man korrigere for alle feil som finnes på flybildene.
3. Tolkning av kartet.

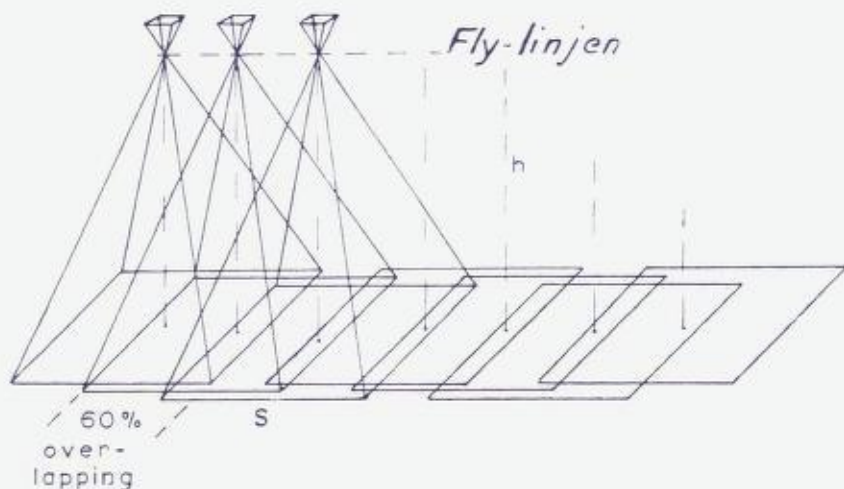


Fig. 1. Flyfotografering med ca. 60 % overlappning som muliggjør stereoskopisk betraktning.

Flyfotografier.

Skal flyfotografier kunne anvendes til fotogeologiske studier kreves det stereoskopisk dekning, d.v.s. at alle punkter i terrenget kan gjenfinnes på to flybilder som er tatt fra to forskjellige standplasser. Fotoene tas gjerne slik at de dekker hverandre ca. 60 % i flyretningen og noe i sideretningen. (Fig. 1.) Dette er den samme overlappning som flybilder må ha om de skal kunne anvendes til topografisk karttegning. Ved fotogeologiske arbeider er det vanligvis en fordel å arbeide på bilder som er tatt vertikalt. De øvrige krav som man stiller til flyfotografier som skal anvendes ved fotogeologi er noe forskjellig fra de krav som vanligvis stilles ved topografisk karttegning.

Målestokk.

Målestokken bør være slik at den muliggjør en gjenkjenning av flest mulige geologiske fenomener, men på den annen side bør den ikke være så stor at altfor mange bilder må gjennomgås. For geologer passer det best å arbeide med en målestokk 1: 20 000. Da dekkes et forholdsvis stort område, men det er fremdeles mulig å gjenkjenne detaljer.

Skarphet.

Geologenes nytte av bildene vil være meget avhengig av skarpheten, som igjen er avhengig av kameralinsens optiske kvalitet, kameraets stabilitet og filmtransporten, filmens egenskaper, eksponering, fremkalling og kopiering. Moderne linser har en meget større oppløsningsevne enn eldre, men dessverre brukes dårlig fotoutstyr fremdeles i noen utstrekning. Uforsiktig kopiering kan også ødelegge meget av kvaliteten ved opptakene. Til geologiske formål må det stilles de strengeste krav til kopieringen for at papirbildene skal bli skarpe.

Kontrast.

Kontrastgraden på de flybilder som skal brukes til geologiske undersøkelser bør være så stor som mulig, men dette er ikke noen ubetinget fordel for topografisk kartlegging. Man må derfor oppgi kontrastgraden når man bestiller flyfotografering av et område om bildene skal brukes til fotogeologisk arbeid.

Kontrastgraden er ikke bare avhengig av filmen, eksponeringen og fremkallingen, men også av den høyde bildet er tatt fra. En kontrastgrad på 1:30 på et bilde tatt i 1000 m høyde vil være sunket til 1:5 når dette tas fra 6000 m høyde, selv om fremkallingens gammaverdi økes fra 1 til 2,1. Dette viser at for fotogeologisk formål bør bildene tas med et vidvinkelkamera, slik at man kan fly i lavest mulig høyde og likevel dekke et størst mulig område. Et foto tatt med et 15 cm kamera på 23×23 cm film vil, om det blir fotografert i ca. 3000 m høyde, få en målestokk på ca. 1:20 000 og en mulig kontrastgrad på 1:8 ved en fremkalling til gammaverdi 1,8.

Man må være oppmerksom på at kontrastgraden meget lett kan ødelegges i fremkallingen hvis man ikke ved bestillingen oppgir at man vil ha hårde kopier.

Fortegninger på flybildene.

De feil et flybilde er belemret med spiller ikke noen særlig rolle når man bruker flybilder som hjelpemiddel ved f. eks. geologisk kartlegging ute i terrenget, eller når man studerer geologien på et bilde sett, men feilene gjør det ikke mulig å tegne kart direkte etter flybildene.

Et flybilde er en perspektivisk sentralprojeksjon (om kameraets linse). Dette projeksjonssystem vil ikke bli benyttet ved tegning av

kart, og man får derfor store relieffortegnelser på flybildene sammenliknet med kartet. Målestokken vil også være forskjellig etter som hvor langt et punkt i terrenget befinner seg fra kameraets linse. En annen viktig feil ved flybilder har sin årsak i at flyet avviker fra horisontalplanet i det øyeblikket bildet eksponeres. På filmen vil da en horisontal flate se ut som en helling.

Papirbilder eller diapositiver.

Et papirbilde har en begrenset evne til å gjengi de små kontrastgradene som kan finnes på filmen, men på en diapositiv blir dette kontrastomfanget meget større. Ved fotogeologisk arbeid vil man kunne se langt flere detaljer på en diapositiv enn på et papirbilde. Bruker man diapositiver må man arbeide på et lysbord eller ved et av de projiseringstegneapparatene som vil bli nevnt senere. Papirbildene blir imidlertid også noe bedre om de gjennomlyses, og i alle fall må man arbeide med kraftig påfallende lys.

Stereoskopiske studier.

Overdrevet relieff.

Man kan ofte se en rekke geologiske fenomener på et flybilde, og mange vil kanskje derfor være tilbøyelig til å nøye seg med dette. Men på en stereomodell ser man meget mer fordi denne gir et tredimensjonalt bilde av terrenget, mange detaljer som ikke sees på enkeltbildene, eller kanskje ikke engang på bakken, kommer ofte klart frem, som f. eks. sprekkeretninger og sprekkesystemer o.s.v.

Grunnen til at slike ting fremtrer så tydelig i stereomodellen er for det meste at de er knyttet til reliefforandringer, og siden relieffet blir sterkt overdrevet ved stereoskopisk betraktning av flybildene fremheves fenomener som er avhengig av relieffet. Overdrivelsen av den vertikale målestokk i forhold til den horisontale er i virkeligheten et av de viktigste hjelpemidler for tolking av geologien på flybilder.

Stereoskop.

Prinsippet for stereoskopet er at hvert øye betrakter ett bilde i et sett på to bilder som dekker samme område, men som er tatt fra forskjellig standplass. Dette betyr at høyre øye studerer ett bilde og

venstre ett, og dermed fremkommer den stereoskopiske modell av det terrenget som flyfotografiene avbilder.

Stereoskopet bør kunne brukes til oversiktsbetraktninger av hele stereomodellen, men også tillate detaljstudier. Det må være plass under stereoskopet til å tegne, eventuelt måle, på flybildene. Stereoskopets linse bør ikke føre til fortegnelser, og helst bør man kunne korrigere for de avvikelser som gjerne vil finnes fra den ene enden av en stereomodell til den andre. Årsaken kan være filmens og papirets krympning o. l.

Det finnes mange typer av stereoskoper fra små og enkle til de mest kompliserte. En vanskelighet ved de små lommestereoskopene er at bildene må legges svært meget over hverandre for å få frem stereomodellen. Basis for et slikt stereoskop er 6,5 cm, mens billedstørrelsen er enten 18×18 cm eller 23×23 cm. Man må derfor brette bildene inn for å kunne se over hele stereomodellen, og noen særlig plass til tegning og måling blir det ikke. Lommestereoskopet har en forholdsvis stor forstørrelse og tillater derfor gode detaljstudier, men er ikke så godt egnet til oversikter.

Større stereoskoper har gjerne en speil- eller linseanordning, slik at bildene kan legges ved siden av hverandre, og man får derved et overblikk over hele stereomodellen på en gang. Ved hjelp av et kikkertarrangement kan man studere de enkelte detaljer, og det er i alminnelighet god plass til å arbeide under speilstereoskoper. Ofte må man benytte særskilt belysning på bildene for å se alle detaljer, da det optiske systemet sluker en del lys (fig. 2).

Det finnes speilstereoskoper som er videre utbygget så man kan korrigere for enkelte optiske feil i betraktningsapparatet og ikke behøver å anstrenge øynene, selv om bildene ikke er helt riktig montert. Ved å dreie på prismen får man inntrykk av å fly over terrenget, særlig hvis man har fargebilder.

Geologiske studier av flybilder.

Det viktigste ved fotogeologi er å kunne identifisere de forskjellige geologiske fenomener på flybildene. De geologiske fenomener kjenne-tegnes bl. a. ved «fotografisk gråtone» mønster (tekstur), strukturer og en kombinasjon av disse. Dessuten er relativ størrelse og form også viktig.

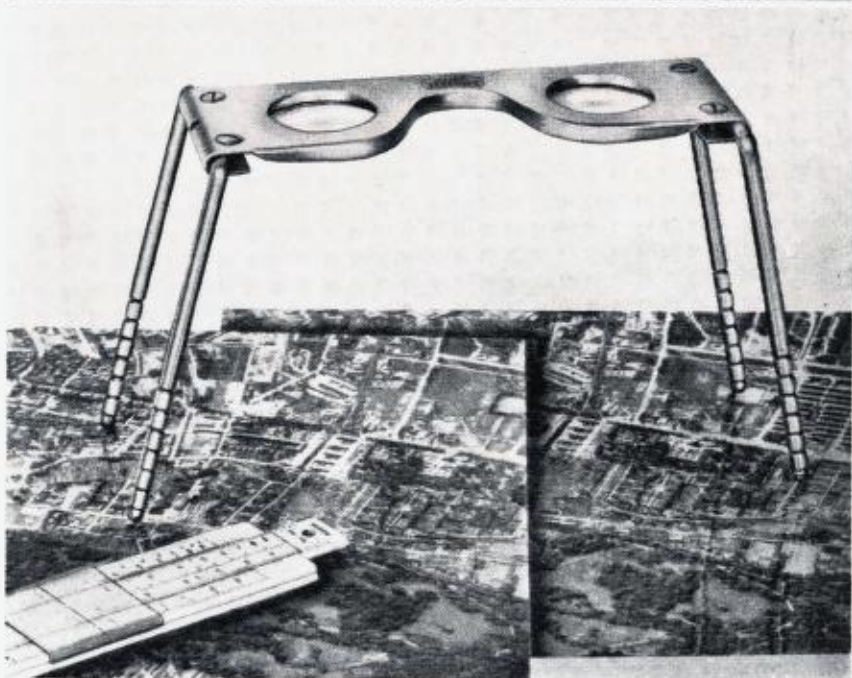
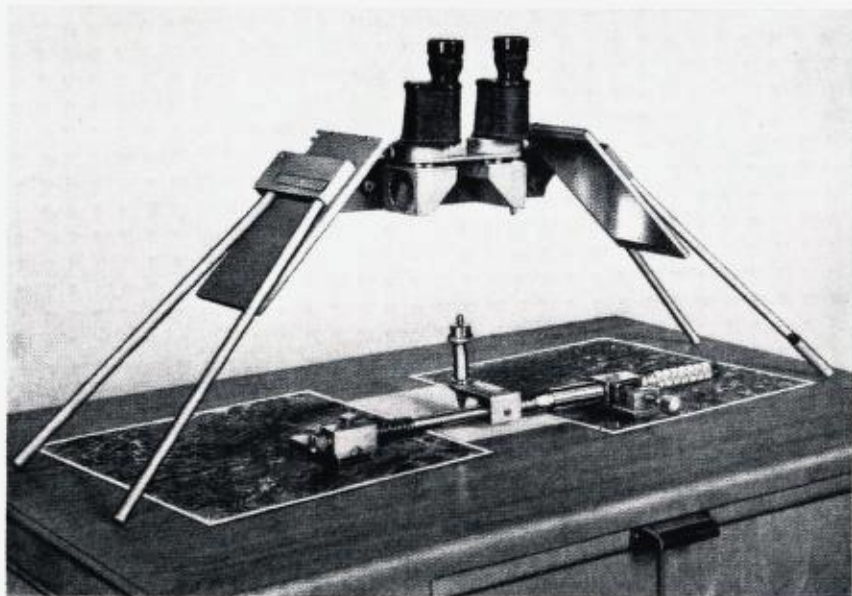


Fig. 2. Eksempler på enklere stereoskop. (Foto Zeiss.)

«Fotografisk gråtone».

«Fotografisk gråtone» er et mål for hvor meget lys som er reflektert fra bakken og registrert på filmen. Geologens evne til å skjelne mellom små kontrastforskjeller i grått er selvsagt avgjørende for hvor meget vedkommende kan gjøre av fotogeologi. I områder med mange blotninger ser man vanligvis forskjell på en lys kvartsitt og en mørk amfibolitt. D.v.s. man burde kunne se dette, men på mange norske flybilder er dessverre billedkvaliteten så dårlig at man ikke gjør det. Forkastninger burde også kunne skjelnes dersom de har forårsaket forskyvninger i lagdelte bergarter. Det er selvsagt en stor fordel om man har en del geologisk erfaring fra det samme eller tilsvarende område som det man undersøker fotogeologisk. Man har da et grunnlag for vurderingen av hvordan de forskjellige bergarter er gjengitt med forskjellig gråtone på flyfotografiene.

Mønster.

Mønster er det samlede inntrykk av fenomener som er for små til å sees enkeltvis. Fotografiets målestokk er derfor viktig for oppfatningen av mønster, f. eks. kan et raster på et bilde i liten målestokk være et tydelig oppsprekningssystem på et bilde i stor målestokk. Intrusiver vil gjerne ha et svært oppsprukket utseende med sprekker på kryss og tvers, mens oppsprekningen i et gneisområde vil være mer parallelorientert. Forskjellige vegetasjonstyper kan fremtre som mønster på flybildene, og vegetasjonen er som oftest avhengig av geologien.

Strukturer.

Med strukturer menes i fotogeologisk terminologi den måten hvorpå de forskjellige geologiske fenomener er ordnet i rommet. En undersøkelse av bekkenes retning vil ofte kunne fortelle en hel del om bergartenes geologiske strukturer. I gneisområder eller et supra-krustalkompleks med sedimenter og skifre renner de i et mer rettviskelt system, parallelt og normalt på skifriheten. I et oppsprukket, homogent område (f. eks. granitt) skifter bekkene stadig retning med sprekken. Løsavleiringer kan også ha stor innflytelse på bekkenes retninger, men er det store løsmasser vil man i regelen kunne se dette på flybildene.

Linjer er et strukturfenomen som kan bety forskjellig, som oftest sprekkesoner og forkastninger. Slike linjer behøver ikke nødvendigvis å kunne følges som en strek på blotningene, de kan f. eks. fremtre som linjer i vegetasjonen.

Forholdet mellom flere geologiske fenomener.

Forholdet mellom flere geologiske fenomener kan være meget viktig, for ofte er ikke et fenomen i seg selv signifikant, men har bare betydning som en del av det hele. Små dødsgroper kan f. eks. identifiseres som slike fordi det er andre avsmeltningsfenomener like i nærheten, eller de ligger i en grusfylling med terrasser.

Størrelse.

Direkte målinger av absolutte størrelser vil bli behandlet senere, her skal bare nevnes de relative størrelser som iakttas på stereomodellen. Størrelsesbegrepet står også i relasjon til relieffet. Har man en serie profiler i et sedimentkompleks vil man kunne gjenfinne profilene på stereomodellen, og vil ved hjelp av relative størrelser kunne følge de enkelte sedimentære lag fra profil til profil.

Form.

Den topografiske form er et gjenkjenningselement i fotogeologi. Side- og endemorener vil f. eks. lett kunne følges på sin form, og det samme vil gjelde israndterrasser og isdeltaer.

Knauser i et sedimentkompleks kan tyde på intrusiver. Man kan f. eks. ta ut ultrabasitter på flybilder fordi de ligger som oppsprukne klumper i de mer skifrige bergartene som «flyter» rundt.

Kombinasjon av alle iakttagelser.

Fotogeologisk arbeid må være basert på en kombinasjon av fenomenene som kan iakttas på flybilder. Betydningen av en slik kombinert iakttagelse av alle geologiske fenomener kan ikke overvurderes når det gjelder å tyde områdets geologi. Har man fått en sammenheng mellom forskjellige iakttagelser på flybilder og de geologiske fenome-

ner i en ende av et kartblad vil man kunne følge dette til områder der enkeltiakttagelser ikke uten videre kan tolkes som geologisk betinget. Erfaring hos den som gjør det fotogeologiske arbeidet vil derfor være av den største viktighet; ikke minst der det man ser kan gi grunnlag for to eller flere tolkninger. Til denne erfaring er ikke bare regnet øvelse i bruk av flybilder og stereoskop, men også kjennskap til geologien i vedkommende område.

Avmerking av de geologiske iakttagelser på flybilder.

En fotogeologisk studie omfatter ikke bare en analyse av de geologiske fenomener på stereomodellen, men like viktig er det å få tegnet et kart slik at alle de enkelte iakttagelsene til sammen kan danne et grunnlag for en tolkning av områdets geologiske historie. Man bør derfor avmerke fenomenene etter hvert som man gjør sine iakttagelser på stereomodellen, slik at man får materiale for tegningen av det geologiske kartet. Merkingen bør gjøres direkte på flybildene, da bruk av overliggende tracing i praksis viser seg lite heldig.

Det har vist seg u hensiktsmessig å bruke fettstifter og fargeblyanter fordi de gir for brede fargestriper og dekker for meget av bildet, slik at eksakt plotting ikke blir mulig, dessuten trykker fargeblyanter lett inn overflaten på bildet. Blekk eller tusj er best og særlig de vannløselige typene som lett kan vaskes av igjen. Alle linjer bør tegnes så tynne som mulig, slik at de dekker minst mulig av stereomodellen, maksimal tykkelse bør være 0,1 mm.

Man bør holde seg til et fast system av prikker og streker for merking av sprekker, forkastninger, bergartsgrenser, blotninger o.s.v., og merke de forskjellige bergarter i en blotning med bokstaver. Det er ofte en fordel å bruke to forskjellige farger, særlig om man skiller ut blotninger med den ene fargen.

Merking bør utføres slik at et og samme punkt aldri blir dekket med streker på begge av stereomodellens bilder.

†

Orientering av bildene for stereobetraktning og målinger.

Øyets akkomodasjonsevne er ganske omfattende, og hvert øye kan i stor utstrekning fokuseres og innstilles individuelt, men dette fører før eller senere til tretthet og hodepine. Som en følge av menneskets evne til å innstille øynene er det mulig å se stereoskopisk selv

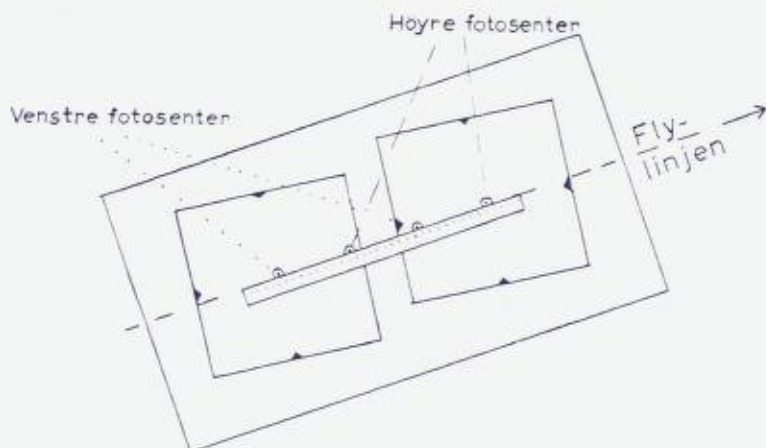


Fig. 3. Montering av flybilder for stereoskopisk betraktning. Fotosentrene ligger langs flylinjen.

om det ene bildet som gir stereomodellen beveges ganske meget i forhold til det andre bildet.

For å spare øynene ved analyseringen av flybildene og for å kunne omtegne de avmerkete data til et kart, er det imidlertid nødvendig at flybildene orienteres slik i forhold til hverandre som de var da de ble fotografert. D.v.s. at de optiske sentra må ligge på flylinjen, og planet gjennom stereoskopets optiske akser må være parallelt med flylinjen. Dette oppnår man på følgende måte. Langs bildenes rand er det ved eksponeringen innfotografert merker, og fotoets midtpunkt ligger i krysningsstedet for linjene mellom merkene. Midtpunktet av hvert bilde avmerkes, og midtpunktet på det venstre bildet må finnes igjen og merkes på riktig plass i terrenget på det høyre bildet, og tilsvarende for midtpunktet i det høyre bildet. Disse fire punktene må legges opp på en rett linje som vil representere flylinjen. Avstanden mellom midtpunktet på venstre bilde og det tilsvarende punkt i terrenget på høyre bilde skal være lik stereoskopets basislengde. (På store stereoskoper er basislengden som regel 21 eller 26 cm.) Når man bruker store stereoskoper kan bildene festes i denne stilling, og under betraktningen må stereoskopet parallelforskyves i forhold til flylinjen (fig. 3).

Ved detaljundersøkelser kan det imidlertid være nødvendig å justere plasseringen av det ene bildet litt, om man ikke har vært meget omhyggelig ved oppsetningen av bildene. Det kan nemlig oppstå van-

skeligheter ved skarpinnstillingen for detaljstudier ved stor forstørrelse på grunn av fortegninger i linsene og fordi film og papir har krympet. Dette kan det også korrigeres for ved å dreie på stereoskopet.

På store og mer utbyggede stereoskoper er det mulig å gjøre disse små korreksjonene ved hjelp av mekaniske eller optiske innretninger. Men er bildet tatt med et godt kamera, og resten av de fotografiske prosesser gjort omhyggelig, vil en slik korreksjon sjelden være nødvendig. Skal man foreta målinger på bildene må man ikke korrigere ved å forandre avstanden mellom bildene.

Fotogrammetriske målinger.

Det er mulig på flybilder å foreta en rekke målinger som har geologisk interesse, som f. eks. måle høyder, strøk og fall. Man kan på grunnlag av målingene, gjøre volumberegninger, eller f. eks. følge en grusterrasse og finne dens gradient.

Svært ofte kan det være helt nødvendig å foreta målinger nettopp på grunn av relieffoverdrivelsen. På et flybildepar kan f. eks. det som for øyet ser ut som et fall på 20° ved betraktningen i stereoskopet i virkeligheten tilsvare 6° i naturen.

Strøk og fall kan måles ved at en bestemmer tre punkter, to punkter på en grunnlinje og det tredje høyere eller lavere. Ved så å måle avstand mellom grunnlinjen og punktet kan vinkelen lett beregnes. Målingene kan foretas uten at man kjenner til fotografiernes målestokk, da vinkelen blir den samme.

Målingene skjer ved at man måler paralaksen på flybildene. Paralaksen er avhengig av flybøyden, kameraets billedvinkel og et punkts høyde over det sted kameraets optiske akse treffer bakken. To punkter på et flybilde eller en stereomodell vil ha en paralakseforskjell dersom de ligger i forskjellig høyde.

For å finne et punkts paralakse måles først på det ene bildet avstanden fra punktet til bildets fotografiske sentrum (optiske aksepunkt), og så den tilsvarende avstand på det andre bildet. Målingene gjøres parallelt med flylinjen. Avstander målt til høyre for det fotografiske senteret sies å være positive og de målt til venstre er negative.

Man får da følgende uttrykk for paralaksen til et punkt:

$$P = \times - \times'$$

hvor \times er avstanden på det venstre bildet og \times' er avstanden på det høyre (fig. 4).

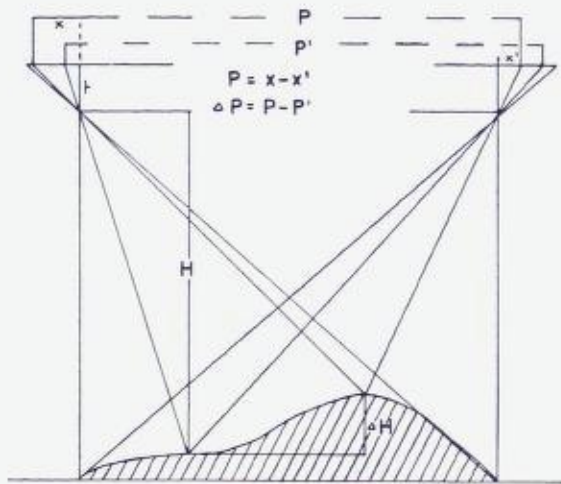


Fig. 4. Måling av paralaksedifferanser på flybilder. Se teksten.

$dP = P - P'$. P og P' er paralaksen for de to punkter man skal måle høydeforskjellen mellom.

Det er et matematisk forhold mellom paralaksedifferansen dP og høydedifferansen dH , og paralaksedifferansen er således ikke avhengig av høydeforskjellen slik det ser ut for vårt øye p.g.a. relieffoverdrivelsen.

Til bruk ved høydeberegningene finnes en rekke formler som gir mer eller mindre tilnærmete verdier, f. eks.

$$dH = \frac{dP \cdot H}{ab + dP}$$

Her er flyets høyde (H) beregnet på grunnlag av kameraets brennvidde og flybildenes målestokk (S). ($H = f.S.$), hvor S er målestokken i det laveste punktet. ab er basislinje i høyre bilde målt i mm, minus den målte paralaksedifferanse mellom det venstre fotografiske sentrum og punktet, også målt i mm. Basislinjen er avstanden mellom fotosentrene på et flyfotografi.

Paralaksmikrometret.

I praksis måles paralaksen ved hjelp av et paralaksmikrometer. Dette består av to glassplater som hver har et farget merke inngravert. Glassplatene kan beveges slik at avstanden mellom dem forandres.

Avstanden mellom de to fargete merkene kan avleses på en mikrometerskrue. Når avstanden mellom de to merkene i glassplaten er lik avstanden mellom et punkt i høyre bildet og det samme punkt i venstre bildet, slik de betraktes i stereoskopet, ser det ut som merkene faller sammen i et merke som ligger på terrengoverflaten i stereomodellen. For at merkene skal dekke hverandre må flybildene være nøyaktig montert, slik at den målte avstand blir parallel med flylinjen.

Når paralakse-mikrometret er innstilt så merkene faller sammen og ligger på «bakken», noterer man hva mikrometerskruen står på, og paralaksen måles derpå for det punktet man vil finne høydeforskjellen til. Differansen mellom paralaksene, dP , brukes så ved beregningen av høyden. Har man ingen kjent høyde på bildene måles ut fra høyden i sentrum på venstre bilde. Paralakseavlesningen på mikrometerskruen for dette punktet tilsvarer stereoskopets basislengde.

Skal man f. eks. måle om en terrasse er flat føres bare paralakse-mikrometret langs terrassen. Hvis det ser ut som om merket hever seg over terrenget synker terrassen, men går merket inn i bakken og deler seg stiger terrassen. Ved slike målinger må man være omhyggelig med å fokusere øynene på terrenget slik det fremkommer i stereomodellen, og ikke på de inngraverte merkene på paralakse-mikrometret.

Tegning av høydekurver.

Tegning av høydekurver utføres etter samme prinsipp. Man finner ved beregning ut hvor stor den paralaksedifferanse er som tilsvarer f. eks. 10 m høydeforskjell og adderer denne dP til den neste koten man vil tegne. Etter at paralaksen er satt inn på paralakse-mikrometret føres dette parallelt med flyretningen slik at merkene hele tiden faller sammen til et merke som ligger i terrenget. Ved en mekanisk tegneanordning overføres paralakse-mikrometrets bevegelse til en penn.

Tegning av høydekurver på denne måten krever meget øvelse for å bli nøyaktig, og rent teknisk sett er det vanskelig å parallelforskyve et løst paralakse-mikrometer. Er dette derimot festet til et tegneapparat blir tegningen av høydekurver lettere. I alle tilfeller er tegning av høydekurver en treningssak som utføres best av en øvet person. Målinger derimot vil man fort kunne klare å gjøre selv.

Relieffortegning (radialfeil).

Som tidligere nevnt fører reliefforskyvningen til store fortegninger på flybildene. Alle punkter som ligger høyere enn det fotografiske

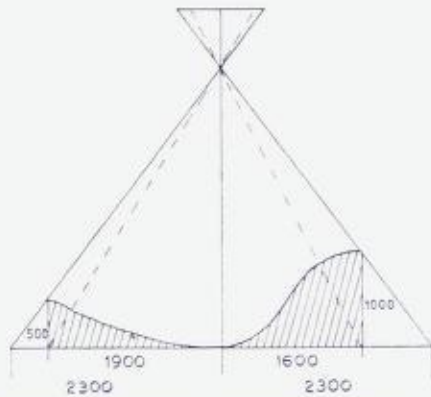


Fig. 5. Relieff fortegnning på et flybilde. Et punkt 1000 m.o.h., 1,6 km fra fotosentret blir fortegnet så dets avstand på flybildet tilsvarer 2,3 km.

sentrum vil bli forskjøvet slik at de på bildet blir liggende lengre fra sentrum enn de gjør i virkeligheten, og alle punkter som ligger lavere blir liggende forholdsvis nærmere det fotografiske sentrum på bildet.

Man må ta hensyn til fortegningsene ved målinger på et flybilde, f. eks. når man skal bestemme målestokken bør avstanden måles mellom to punkter som ligger like høyt. Målestokken på flybildene vil som følge av reliefforskyvning være forskjellig i punkter med ulike høyder.

Det følgende vil gi et eksempel på hvor stor fortegningsfeilen blir ved overføring av et punkt (en geologisk observasjon) fra et flybilde til et kart hvis dette gjøres uten noen korreksjoner. Med et 15 cm kamera er det fotografert i målestokk 1: 20 000. En observasjon gjort på toppen av et fjell som hever seg 1000 m over det punkt i terrenget hvor fotosentret ligger, vil, dersom fjellet ligger i kanten av flybildet (i flyretningen), bli liggende 2,3 km fra flybildets sentrum og ikke 1,6 km som er den virkelige avstanden. Er fjellet 500 m høyt blir fortegnelsen 0,4 km (2,3 km) mens det korrekte er 1,9 km. (Fig. 5). Et resultat av dette er at flybildemosaikken kan bli meget feilaktig.

Tegning av kart.

Som det vil ha fremgått av det ovenfor nevnte om radialfeil er et flybilde ikke et kart med en bestemt målestokk for alle deler av bildet. Har man derfor ved arbeidet på stereomodellen eller ved bruk av flybilder under kartleggingen ute i marken, fått en rekke geologiske

observasjoner som skal overføres fra flybildene til et basiskart, må man først korrigere feilene.

Basiskartet kan i denne forbindelse være et trykt topografisk kart fra NGO, eller et kart man selv tegner, f. eks. ved hjelp av vann- og veisystemet (plankart). I begge tilfeller har man en bestemt målestokk på kartet og derfor må tegneapparatet ha mulighet for å forstørre eller forminske fra flybildene, f. eks. ved hjelp av en pantograf.

I Norge er det mulig at flyet kan ha beveget seg en del opp og ned under fotograferingen, og korreksjoner for målestokkavvikler fra billedpar til billedpar kan være nødvendig fordi de forskjellige stereomodeller har forskjellig målestokk. Ved nøyere plankarttegning må man kjenne koordinatene til noen punkter i stereomodellen, slik at målestokken kan justeres.

Overføringen av et punkt på stereomodellen til plankartet kan oppfattes som en slags fremskjæring. Man sikter fra to kjente steder, nemlig fotosentret i hvert av bildene, til punktet, og får en skjæring av siktelinjene som gir den korrekte plotning av punktet. Retningen fra billedsentret til et hvilket som helst punkt i bildet forandres ikke selv om avstanden blir forandret ved relieffortegningen.

Tilt.

Det vanskeligste problemet for alle målinger og all karttegning ved hjelp av flybilder er ennå ikke nevnt. Hittil har forutsetningen vært det ideelle tilfellet, nemlig at midtpunktet på fotografiet, d.v.s. kameraets optiske akse, treffer bakken på samme sted som loddlinjen fra flyet; med andre ord, at flyet har ligget horisontalt i eksponeringsøyeblikket. Dette er ofte ikke tilfelle, og man får inn et falskt relieff på stereomodellen. Et punkt som ligger på den siden flyet krenger mot vil se ut som det ligger høyere enn et punkt på den siden flyet krenger fra.

På bilder som er tatt i det flyet avvek fra horisontalplanet sier man at det finnes «tilt», d.v.s. avbøying. I slike tilfeller kan det se ut som bekken renner den gale veien o.s.v.

Fordi avbøyingen kan være forskjellig for de to bildene som tilsammen gir stereomodellen vil ikke bare en horisontal flate se ut som en skråning, men man risikerer også at den får en krum form. Målinger av høydedifferanser som er gjort på flybilder tatt under slike forhold vil naturligvis bli gale.

Man vil lettest kunne oppdage tilt ved å betrakte stereomodellen i et speilstereoskop hvor man ser hele eller mesteparten av modellen på en gang. I små håndstereoskoper kan dette ofte være vanskelig p.g.a. linsens fortegnelse, det vil da se ut som om terrenget bøyer opp mot kanten av synsfeltet. Ved å måle kjente høydedifferanser, eller en vannflate, vil man lett oppdage tilt på flybildene.

På flybilder tatt i Norge er tilt dessverre ofte temmelig generende, og dette skyldes flere faktorer: På norske breddegrader, og med vanlige norske værforhold, kan det være bare noen få dager i året som egner seg til flyfotografering, og i enkelte landsdeler kan det kanskje gå flere år mellom hver gang det er gode fotograferingsforhold. Når det er pent vær uten skyer og luften er klar gjelder det derfor å fotografere størst mulig område. Terrengforholdene i Norge forårsaker dessuten termiske luftstrømmer som kan være meget generende, særlig ved fotografering i forholdsvis lav høyde. Dette resulterer i tilt på flybildene. Tilt vil lett kunne korrigeres i de store instrumentene som brukes til topografisk karttegning både av NGO og Widerøe, og ved fotograferingen tas det derfor ikke stort hensyn til tilt.

Arbeider man innen et ganske lite område på et flybildesett vil ikke en liten tilt være nevneverdig generende. Men en tilt på bare 1° vil på fotografier i målestokk 1:20 000 gi en høydeforskjell på ca. 85 m fra den ene enden av stereomodellen til den andre. Fra Norge finnes flyfotografier med opp til 10° tilt.

Man kan få samme effekt som tilt om man ikke er omhyggelig med monteringen av flybildene og f. eks. dreier det ene bildet i forhold til flylinjen, eller merker av et fotosenter galt. Dette vil man lett kunne se om man som prøve monterer et bilde litt skjevt og undersøker resultatet.

Korreksjon av tilt.

Korreksjonene for tilt kan gjøres på flere måter, enten optisk eller mekanisk. I begge tilfeller må man ha noen passpunkter med kjente koordinater innen hver stereomodell. Paralaksedifferansen kan da utregnes for passpunktene i relasjon til det fotografiske sentret, og denne verdien kan sammenholdes med den som måles på stereomodellen. Avvikelsen mellom den målte og den beregnede paralaksedifferanse kan så brukes som en korreksjonsfaktor. Korreksjonsfaktoren kan derpå enten settes inn på det mekaniske overføringsapparatet i et stereoskop med tegneutstyr av typen Zeiss stereotop, eller den kan

benyttes til korreksjon i oppsetningen av diapositivene i en optisk projeksjonsplotter av typen Multiplex eller andre som bygger på det samme prinsippet.

I enklere tilfeller kan man korrigere for tilt ved arbeider på papirbilder under et vanlig speilstereoskop. Man stiller holderen for papirbildene skrått slik at bildene får en tilsvarende orientering som filmen hadde i eksponeringsøyeblikket. Vanskeligheten ligger da i å foreta målinger på et slikt skrått oppstilt billedpar. Stereomikrometret må da erstattes av et optisk system, slik at prikkene i virkeligheten befinner seg oppe i luften et stykke over fotografiene.

Skal man tegne høydekurver sier det seg selv at korreksjon for tilt er helt nødvendig, og likeledes om man skal måle terrasseflater o. l. ved kvartærgeologiske arbeider. Derimot ved undersøkelser hvor målingene bare foregår på et lite område av flybildeparret er korreksjon ikke helt nødvendig. Strøk- og fallmålinger blir i regelen ikke så gale dersom det dreier seg om steile fall.

Overføring av data fra flybilder til kart.

Ved overføring av geologiske observasjoner til et basiskart eller plankart kan det lett oppstå vanskeligheter med tiltfeil, og en viss korreksjon er nødvendig. Slike korreksjoner er ikke vanskelig å foreta dersom man har et godt topografisk basiskart. Koordinater og høyder for punkter som er lett kjennelige på flybildene brukes som passpunkter. Det uheldige er at man de fleste steder i Norge har kart som er for dårlige til skikkelige passpunktbestemmelser. Man kan imidlertid konstruere seg frem på grunnlag av noen få kjente trigonometriske punkter ved hjelp av fotogrammetrisk triangulering, eller ved «radial- eller slotted templets». Disse metodene kan gi en meget stor nøyaktighet, men blir for spesielle for den enkelte geolog, og vil ikke bli behandlet her.

Instrumenter for karttegning.

Det finnes en rekke apparater for tegning (med korreksjon) både av plankart og høydekurvekart. Alle disse apparatene kan selvsagt også brukes til å overføre geologiske data fra flybilder til kart, de korrigerer da både for radialfeil og for feil som skyldes tilt. Flere forskjellige instrumenter er nevnt ovenfor.

Instrumentene finnes i forskjellige prisklasser, alt etter hvilke nøyaktighetskrav man stiller til kartleggingen. De dyreste koster ca. 4—500 000 kr., men i prisklassen 50 000 kr. finnes det meget gode optiske apparater (projeksjonsplottere) spesielt egnet både for fotogeologisk analyse og for geologisk karttegning utført i samme arbeidsoperasjon. Instrumenter med mekanisk korreksjon og gode nøyaktighetskrav (for fotogeologi) finnes til ca. 20 000 kr., mens i prisklassen 10 000 kr. finnes instrumenter hvor papirbilder stilles skrått.

Enklere og billigere instrumenter kan i regelen ikke utføre de målinger og/eller korreksjoner som de større kan, og som oftest gir de ikke mulighet til korrigering av tilt. På en del av apparatene kan man tegne relative høydekurver, ikke tilt-korrigererte, andre kan bare brukes til korreksjoner av radialfeil som skyldes relieffortegningen. Den siste type instrumenter koster ca. 2000 kr.

Valg av instrumenter.

En større institusjon hvor det vil bli utført meget fotogeologisk arbeid trenger en rekke stereoskoper av speiltypen, med mulighet for detaljstudier. Dessuten trengs en plotter som helst kan korrigere for tilt, og hvis det er ønskelig at man konstruerer egne høydekurvekart bør det være en plotter som også kan gjøre dette.

Regner man med forholdsvis mange omfattende arbeider med stor nøyaktighetsgrad, slik at instrumentets kapasitet vil bli fullt utnyttet, vil det lønne seg å kjøpe en plotter som bygger på projeksjonsprinsippet, da hastigheten for plotting (og fotogeologiske studier) på et slikt apparat er vesentlig høyere enn på de billigste, små plottene.

I USA har man foretatt to fotogeologiske undersøkelser over samme landområde, begge med den forutsetning at det ikke var noen tilt på bildene. Fotogeologisk analyse og samtidig karttegning tok 4 dager med projeksjonsplotter, mens analyse ved hjelp av speilstereoskop og omtegning til plankart med en radial plotter tok 15 dager (muntlig meddelelse av R. S. Morris).

De samme forhold ved instrumentvalg vil også gjøre seg gjeldende om karttegningen (undersøkelsen) skal gjøres i områder som er vanskelig tilgjengelige, og hvor sesongen er kort, slik at feltarbeidet blir meget dyrt. Man kan nemlig arbeide langt mer nøyaktig og studere flere detaljer ved å anvende diapositiver i et kombinert stereoskop og plotter (projeksjonsplotter), enn man kan gjøre på papirbilder.

Nøyaktighetsgrensen for en projeksjonsplotter av typen Kelsh, oppgis å være 5—6 fot ved vertikale målinger på bilder i målestokk 1: 70 000 tatt under gunstige forhold.

Spesialisering.

En stor del av det fotogeologiske arbeidet i USA, Canada og Afrika gjøres i dag av spesialister, og det finnes selskaper som bare driver med fotogeologi på konsulentbasis. Jo mer man arbeider med fotogeologi, dessto mer ser man av geologiske fenomener på flybildene. Men det vil ofte være en fordel om omtegningen fra de avmerkede iakttagelser på flybildet til plankartet eller høydekurvekartet blir gjort av en person som har en del øvelse i dette.

Fargebilder.

Ved fotogeologiske undersøkelser vil fargeflybilder utvilsomt representere et stort fremskritt og det eksperimenteres med slike. En vanskelighet er at fargene ikke vil bli de riktige, da fargetemperaturen bl. a. vil variere med solens stilling og terrengets helning. Imidlertid bør fargebilder likevel kunne være brukbare om man er oppmerksom på disse svakhetene når man analyserer bildene. Det er nemlig ikke egenfargen på bergartene som interesserer som et absolutt, men fargens avvikelse fra fargen på nabobergartene. Godtar man dette er det også av mindre betydning om fargene forandrer seg fra den ene enden av stereomodellen til den andre, eller fra en stereomodell til en annen.

Ved bruk av fargebilder er det absolutt best å arbeide med diapositiver, men fordi diapositivene må betraktes på et lysbord vil mange vanlige plottere for papirbilder ikke kunne brukes. De optiske projeksjonsplottere må i tilfelle utstyres med polariserte optiske systemer.

Prisen for fargeopptak av flybilder vil for filmens vedkommende antagelig være 3—4 ganger så høy som for sort-hvitt, men i alle tilfeller er råfilmens kostende bare en meget liten del av omkostningen ved flyfotografering.

Konklusjon.

Fotogeologiske studier er et hjelpemiddel for feltarbeidet ved geologiske undersøkelser. Man vil på flybilder som betraktes stereoskopisk kunne se en rekke geologiske fenomener, og ved å tegne disse observasjonene på et kart blir man i stand til å skaffe seg en oversikt over et områdes geologiske oppbygging. Med et slikt kart som grunnlag

har man et godt utgangspunkt for feltarbeidet. Man kan også ved hjelp av fotogeologisk arbeide lett «fylle ut» kartleggingen og konsentrere en større del av feltarbeidet om viktigere punkter. Meningen ved fotogeologi er at det skal spare tid for geologen, og således gjøre ham i stand til å utføre mere og bedre feltarbeid.

Til slutt vil jeg få rette en takk til Richard O. Ray og Robert S. Morris ved U.S. Geological Survey for det grunnlaget i fotogeologi og fotogrammetri som de ga meg.

Summary.

Photogeology.

The use air photos for geological interpretation is described. A short introduction to photogrammetry is given, and types of instruments useful for photogeology are mentioned.

Rørbrønner ved Rena og Elverum.

Meddelelse fra Vannboringsarkivet. Nr. 8.

Av

STEINAR SKJESETH

Med 9 tekstfigurer.

I N.G.U.'s Årbok for 1957 ble det gjort rede for grunnvann i grus og sand og prinsippene for såkalte rørbrønner.

I løpet av 1958 er det bygget rørbrønner til Rena Kartonfabrik A/S og til vannverket i Leiret, Elverum. Disse vannanleggene har gitt gode resultater og viser at grunnvannet kan få stor betydning ved vannforsyning her i landet, også når det er spørsmål om større vannmengder. I de nevnte tilfellene byr grunnvannet på mange fordeler. Vannet er av høy kvalitet og krever ikke rensning. Dessuten ligger vannkildene nær forbrukssted slik at de sparer lange tilførselsledninger.

Fra fire rørbrønner ved Rena Kartonfabrik regner de med å ta ut nær 20 000 l/min. Denne vannmengde svarer til vannforbruket i en by med ca. 100 000 innbyggere. I Leiret er det også planlagt vannforsyning basert på rørbrønner. Den første brønnen der er ferdig og gir 2600 l/min.

Da denne form for vannforsyning er relativt ukjent og uprøvd i Norge, skal jeg gi en kort beskrivelse av anleggene.

Rena Kartonfabrik.

Rena Kartonfabrik tok tidligere sitt fabrikkavvann fra Glomma. I flomperioder har elven stor slamføring. Dette sammen med alger i vannet gjorde at det var vanskelig å holde en jevn kvalitet på produktene. Under vårløsning og under flomperioder måtte de legge om produksjonen. Algene befordret slimdannelse i filtere slik at utvaskningsgraden ble redusert, mens forurensningen farget produktene.

Effektiv rensning av råvannet ville bli svært kostbart. De besluttet derfor å undersøke mulighetene for vannforsyning fra løsavleiringene nær fabrikken. Rena Kartonfabrik ligger på en sandflate på Glomma's

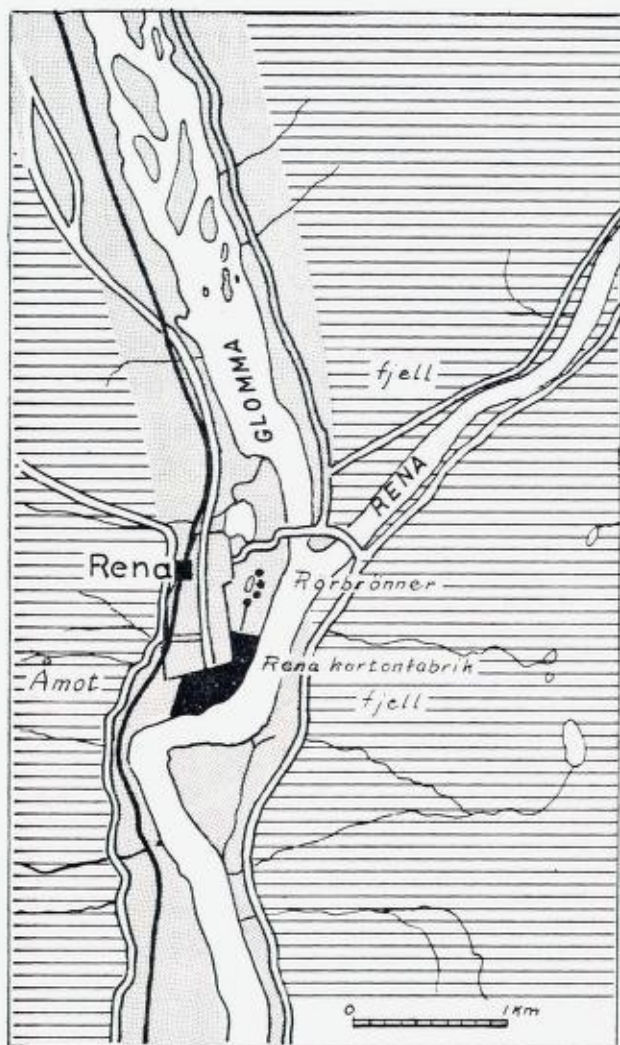


Fig. 1. Kartskisse som viser beliggenheten av rørbrønnene ved Rena Kartonfabrik.

Sketch map showing the location of wells (rørbrønner) at Rena Kartonfabrik.

vestside nedenfor samløpet mellom Glomma og Rena (fig. 1 og 2). Dalbunnen er flat med bratte sider. Glomma renner i dag inne mot dalens øst-skråning der fjellet mange steder betinger bratte skreenter mot elven. Selve bebyggelsen på Rena (Åmot) ligger på en terrasse-

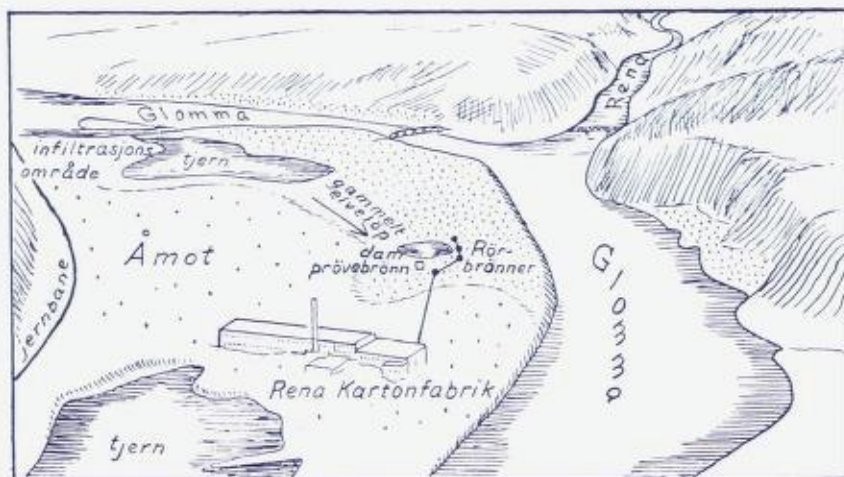


Fig. 2. De geologiske og topografiske forhold ved Rena (etter foto Harstad).
The geological and topographical conditions at Rena.

flate. Denne flaten er gjennomfuret av tidligere vannløp. Nord for fabrikkene er det en slik markert forsinking. Erosjonsfurene er delvis fylte med kvabb og finsand. Fabrikkene ligger på en lavere flate der det er avleiret finmateriale. Dalførets øst-side består hovedsakelig av grus og rullestein som bygger opp en øvre terrasse. Disse løsavleiringene er helst ført med og avsatt i smeltevann som strømmet langs en isbre som en tid lå igjen i dalbunnen i slutten av siste istid. Like syd for Rena stikker fjellet fram i dagen i flere bratte vegskjæringer. Enkelte steder er fjellet dekket av en leirholdig bunnmorene som danner underlaget for de vannbehandlete (glasifluviale) avsetningene. Dalføret ved Rena er slik begrenset av steile fjellvegger på begge sider. Ut fra geologien er det grunn til å anta at det har vært et tidligere smeltevannsløp i Glommas hoveddalføre. Dette løpet er senere fylt med rullestein, grus og sand. Topografien og fordeling av løsavleiringene tyder på at hovedløpet har gått nærmest dalens vestside. Glomma har senere arbeidet seg opp og i en bue mot østsiden.

Rena følger i sitt nedre løp en typisk strøkdal som er betinget av bløte skiferbergarter mellom massive sparagmittlag. Utformingen av dalen synes å være foregått i forholdsvis sen tid. Erosjonsfurene og avsetning av kvabb på sandflaten kan muligens settes i forbindelse med gjennombrudd av Rena.

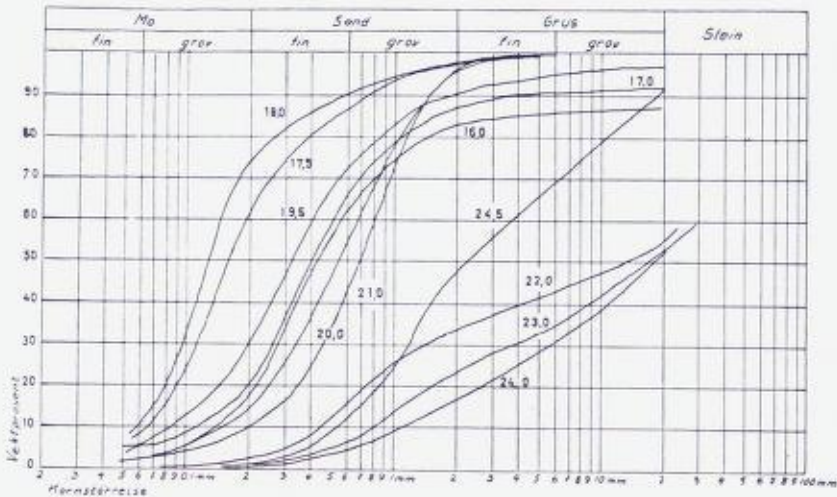


Fig. 3. Kornfordelingskurver for sand og grus fra prøveboring nær brønn nr. 2 på Rena.

Grain-size distribution curves in test well close to well No. 2.

Undersøkelser.

Nord for fabrikken er det et stort område uten bebyggelse som har fin beliggenhet for uttak av grunnvann. Forundersøkelsene ble særlig konsentrert til dette område. Gravearbeider viste at en i de øvre 5—7 m hadde en veksling av kvabb og sandlag. Sandlagene var vannførende, men vannet er jern- og manganholdig. I en kvabbfylt forsenkning er det en dam («Øgledammen») som er betinget av lagene med liten permeabilitet. Vannet der «henger» over det egentlige grunnvannspeilet. I den omtalte erosjonsfuren ble det konstatert et grovt stein og gruslag på ca. 7 m dybde. Laget ble påtruffet med jordbør flere steder i området og virket sammenhengende.

For å skaffe rede på vannføringen i laget og utstrekningen av det ble det gravet en prøvebrønn ned til gruslaget. Det ble brukt ferdigstøpte sementringer til brønnen. Pumpeforsøk med observasjoner av vannstand i nedsatte peilerør og i Øgledam og Glomma, viste at de vannførende lagene har en stor regional utstrekning. Det ble pumpet maksimalt ca. 2500 l/min. Da vannkvaliteten var tilfredsstillende, ble undersøkelsene fortsatt. Med Hejabør ble det foretatt grunnboringer i profil på tvers av dalføret for å lokalisere det gunstigste område for

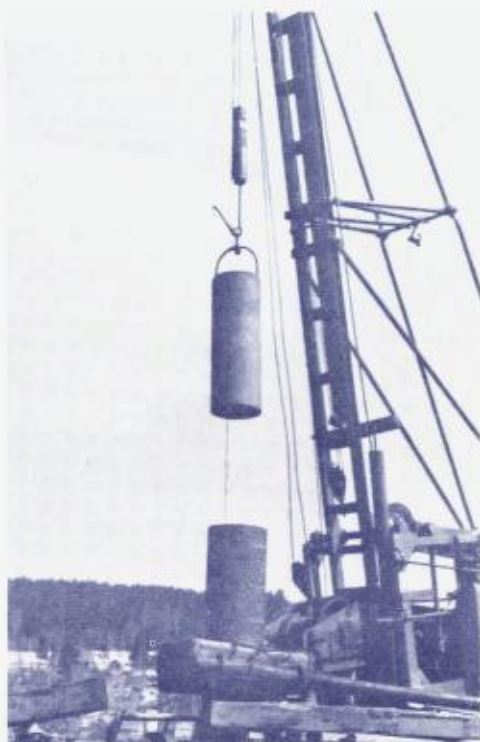


Fig. 4. Boremaskin med «slamkanne».

The drilling machinery at Rena. Eggen fot.

rørbrønnene. De grove glasifluviale avsetningene har størst mektighet i et belte nesten parallelt med Glomma. Her ble det konstatert rullestein og grus fra ca. 7 m—20 m dybde. Mot vest avtar dybden til bunnmorenen. Forholdene syntes etter dette å være svært gunstige for bygging av rørbrønner.

For å få detaljerte prøver av lagene, ble det drevet ned et 8" rør like syd-øst for Øgledammen. Røret ble senere brukt som peilerør av grunnvannstanden. Det ble tatt ut prøver av hver $\frac{1}{2}$ meter med slamkanne. Fig 3 viser kornfordelingskurven for disse prøvene. Prøvetakingen er noe mangelfull og gir ikke et helt korrekt bilde av avsetningene. Avsetninger av denne type har oftest en lagvis oppbygging. Store steiner er ikke kommet med. Kornfordelingskurvene gir grunnlag for valg av filter. Det er særlig de finere fraksjoner som har interesse. — Fra de fire brønnene som er bygget ble det også på samme måte tatt prøver til mekanisk analyse (fig. 4 og 5). Kornfordelingskurvene var



Fig. 5. Filterrørene ferdig til nedsetting. Eggen fot.

The well screen used at Rena.

nesten ens. Massene ved brønn 1 var litt mere finkornete. I brønnene 2, 3 og 4 ble det påtruffet store rullesteinblokker og rullestein.

Rørbrønner.

På grunn av avsetningenes karakter ble det nyttet en filtertype med påstøpt filtergrus. Filtergrusets størrelse ble valgt til 2—3 mm og 3—5 mm. Tykkelsen av gruslaget som ligger utenpå perforerte rør er 16 mm. Av hensyn til pumpedimensjon ble det drevet ned 16½" jorddrivingsrør. Inne i disse ble det satt ned 12" filter. Lengden av filterne er 7,5 m. Etter nedsetting av filteret ble jorddrivingsrørene slått opp igjen. Brønn 1 ble bygget syd for den gravete forsøksbrønn. Rørene ble drevet ned ca. 15 m. De øvre 5 m filter har filtergrus av kornstørrelse 2—3 mm. Brønnen gir maksimalt ca. 4000 l/min, men vannføringen avtar ved lav grunnvannstand til ca. 2000 l/min.

Brønn 2 ble plasert ca. 10 m syd for peilebrønnen og boret ned til 19 m. Hele filteret har 3—5 mm filtergrus. Vannføringen her er over 5000 l/min. Pumpingen medførte ikke senkning i grunnvannspeilet i peilebrønnen. Brønn 3 ble derfor bygget like nord for peile-



Fig. 6. Filteret settes ned i jorddrivingsrøret. Eggen fot.

Introduction of well screen.

brønnen. Dybden er ca. 19 m og utførelsen den samme som for brønn 2. Tiltrekking av filter og prøvepumping falt her sammen med teleløising og sterk stigning av grunnvannspeilet. Etter kort tid avtok vannføringen. Alt tydet på at porene i filteret var stoppet til av kvabb og finsand. Det ble konstruert en «mansjett» for seksjonsvis renspyling av filteret innenfra. Vann fra Glomma ble pumpet inn i mansjettene og presset ut gjennom filteret. Eksperimentet var vellykket og brønnen ga over 5000 l/min. Av hensyn til rørgaten ble brønn 4 bygget litt lengere mot nord. Disse brønnene gir tilsammen opp til ca. 20 000 l/min.

Kvaliteten av vannet.

Vannet fra rørbrønnene ble fort klart og inneholdt bemerkelsesverdig lite slam og organisk materiale. Jerninnholdet er ifølg. analyse fra Statens Ins. for Folkehelse 0,04 mg/l. Mangan er ikke påvist. Disse stoffene felles helst ut i de øvre kvabb og sandlagene, og finnes som nevnt i det øvre grunnvann. Total hardhet er 1,6° og beregnet bikarbonathardhet 0,9°. Temperaturen holder seg konstant 6—7°. Vannkvaliteten synes å være upåvirkelig av ytre faktorer som flom eller lav vannstand.



Fig. 7. Nedsenking av seentrifugalpumpe. Eggen fot.

Installation of pump.

Grunnvannmagasinet.

Det er nærliggende å tro at vannet i grusavsetningene trenger inn fra Glomma like utenfor. Temperaturen av vannet sammenholdt med vannføring og vannstand i brønnene viser at det ikke er noen slik direkte forbindelse. Det må gå en grunnvannstrøm parallelt med Glomma i rullesteinslagene. Hvor kommer dette vannet fra? En del av vannet skriver seg nok fra bekker som renner ned i løsavleiringene fra vest, men det må dessuten foregå en nedtrengning (infiltrasjon) i løsavleiringene fra bunnen og sidene av Glomma. Nordenfor hovedbebyggelsen på Åmot er det rullesteinslag i og nær dagen. Disse lagene er svært sannsynlig en fortsettelse av de vannførende lagene ved rørbrønnene. I perioder med høy vannstand i Glomma, over grunnvannstanden, vil grunnvannmagasinet tilføres betydelige vannmengder fra overflaten. Omvendt kan det ved lav vannstand i Glomma foregå en

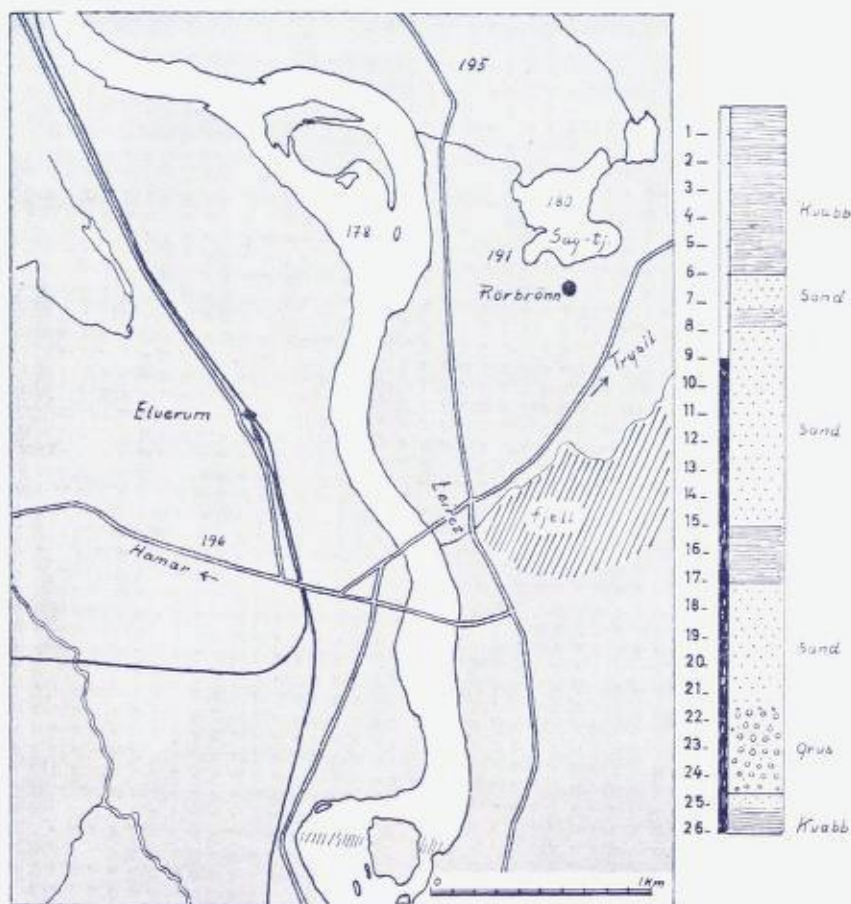


Fig. 8 Beliggenhet av rørbrønn på Elverum. Boreprofil med inntegnet grunnvannstand til høyre.

Location of well at Elverum. Section through the sediments to the right.

utrenning av vann fra grunnvannmagasinet til elven. Syd for rørbrønnene er det en grunnvannkilde i kanten av Glomma. Glomma er den regulerende faktor for grunnvannmagasinet, som nå gir vann til Rena Kartonfabrik.

Leiret, Elverum.

Her har vannforsyningen vært et problem i lengre tid. Det nåværende vannverk hadde for liten kapasitet og vannet var av dårlig kvalitet. Enkelte ganger måtte de ta råvann fra Glomma. Dette medførte store ulemper og utgifter, slik at de måtte legge om til ny vannforsyning.

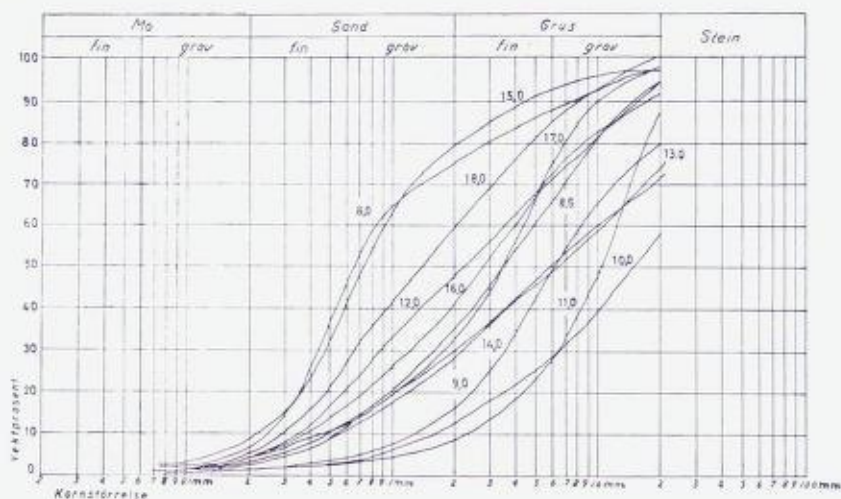


Fig. 9. Kornfordelingskurve for det vannførende gruslag på Elverum fra 16—24,5 m dybde.

Grain-size distribution curve for the aquifer at Elverum.

Etter de vellykkete resultatene på Rena, var det nærliggende å undersøke mulighetene for rørbrønner på stedet. For å unngå lange tilførselsledninger, søkte en å få vannkilden nær nåværende ledningsnett.

Geologiske forhold.

Tett-bebyggelsen ligger på en stor sandflate ca. 190 m.o.h. på begge sider av Glomma. I dagen er det på de fleste stedene finsand og kvabb. Over den lave flaten stiger terrenget bratt mot øst opp til en øvre sandterrasse, med flere store sand- og grustak. Fjellet stikker fram i en høyde som går på tvers av dalen i sentrum av Leiret. En fjellterskel betinger Prestfossen syd for hovedbebyggelsen. Like syd for Sagtjernet (fig. 8) er det et område uten bebyggelse, som samtidig ligger beleilig til for plasing av rørbrønn(er).

Det ble foretatt grunnboringer med Hejabor på sletten. Profilet nær Sagtjernet er vist på fig. 8 til høyre. Gruslaget nær bunnen av profilet ble påtruffet på flere steder og virker sammenhengende i området.

Filteret ble plasert fra 24,5 m—19,5 m dybde. Kornfordelingen for disse lagene (fig. 9) viste at en kunne nytte 3—5 mm filtergrus på det ferdigstøpte filteret. De gikk inn for å bygge brønner med kapasitet 2000 l/min. og pumpe vannet direkte inn på ledningsnettet.

Det ble derfor nyttet 12" rør og 10" filter. Til kontroll av grunnvannstanden ble det satt ned peilerør helt inn til og ca. 6 m fra rørbrønnen. Brønnen ga ved prøvepumping 2600 l/min. uten merkbar vannsenking i peilerørene. Inne i filterrøret var det en ubetydelig senking. Denne første brønnen viser at en innenfor et lite område kan forsyne hele bebyggelsen med vann fra 2—3 slike rørbrønner.

Vannet kommer fra stort dyp. Over det vannførende laget ligger finsand- og kvabblag som gir en effektiv beskyttelse mot forurensning fra overflaten. Grunnvannmagasinet har en annen karakter enn det som er beskrevet fra Rena. På Elverum er det et mere sammenhengende gruslag som gir vann. Fjellet i Leiret og den omtalte fjellterskelen bevirker en oppdemming av vannet nordenfor. Grunnvannmagasinet tilføres sikkert betydelig vann gjennom glasifluviale avsetninger nord for Leiret og fra avsetningene øst for Sagtjernet. Grunnvannspeilets nivå er her som på Rena avhengig av vannstanden i Glomma. Disse forhold vil bli undersøkt nærmere ved kontinuerlige observasjoner av vannstanden.

Summary.

Wells at Rena and Elverum.

Topographical and climatic conditions are favourable for the utilization of surface water in Norway, such that the ground water does not play the same role for the water supply as in most countries.

During the last years, however, drilling for water in rock has been of great consequence, especially for the farms in most places in Norway. The ground water quantities obtained from drilled wells in rocks are relatively small, and the water magazines in the fracture-systems are restricted.

The possibilities for utilization of ground water from Quarternary sand and gravel deposits are in places overlooked. Glacifluvial deposits in some Norwegian valleys offer good conditions for ground water supply.

Last year wells were developed for industrial and domestic water supply at Rena and Elverum. At both places water are obtained from glacifluvial deposits along the river Glomma in central southeastern Norway. At Rena Kartonfabrik a 20 m deep well has a safe production of about 6.000 l/min. The situation of the wells there is shown in fig. 1 and 2, and the character of the sediments in fig. 3.

At Elverum the water is obtained from gravel beneath strata of loam and fine sand. The ground water at both places is of good quality and needs no purification, as district from the available surface water.

Stilbite, stellerite, and laumontite at Honningsvåg, Magerø, northern Norway.

By

PER CHR. SÆBØ¹, PAUL H. REITAN², AND J. J. C. GEUL³

Samples from two localities near Honningsvåg on the island of Magerø, northern Norway, were found to contain zeolites. Stilbite (desmine) and stellerite occur on joint surfaces in the steeply dipping Eocambrian schists at Juldagsneset, SE of Honningsvåg, and laumontite was found on joint surfaces N of Honningsvåg, in the contact metamorphosed rock (hornfels) adjacent to the gabbroic rocks near Honningsvåg.

A sample from Juldagsneset, which includes part of a nearly vertical joint, shows that the joint is filled by calcite and in some parts rather much of a pink zeolite, the calcite being innermost and the zeolite occurring on both sides. In small cavities there occur small, radial aggregates of a colorless zeolite. The x-ray powder diagrams of the two zeolites are identical, but on the basis of optical data we have identified them as stilbite and stellerite, respectively. Along with the stilbite there can occasionally be seen a little bright green epidote.

Stilbite occurs as a coating on the surfaces of the vein calcite. Individual grains are difficult to delimit but are up to about 2 mm in size. Crystal forms are not well developed. $\alpha = 1.487 \pm 0.004$ and $\alpha \wedge c \simeq 3^\circ$. The color is light, yellowish pink.

Stellerite occurs in small, semi-spherical, radial aggregates mostly about 0.5 mm in diameter but some are up to about 1 mm. The crystals are apparently complexly twinned. $\alpha = 1.485 \pm 0.003$ and $\gamma \sim$ or < 1.500 . $\alpha \wedge c \simeq 0$, never as much as $\frac{1}{2}^\circ$. The crystals are colorless. Stellerite is the latest mineral in the paragenesis along the joint.

¹ Mineralogisk Museum, Universitetet i Oslo.

² Norges Geologiske Undersøkelse.

³ University of Leyden, Holland.

Laumontite was identified by its x-ray powder pattern. It was found on a joint surface included in a sample taken from the hornfels N of Honningsvåg near the large area of gabbros. The hornfels is an extremely fine-grained pyroxene-plagioclase-quartz rock in which there occurs much epidote, some biotite and calcite, and a little apatite, titanite, chlorite, and ilmenite. The rock is massive and the microtexture is granular. It is probably a contact metamorphosed sediment. The laumontite is colorless, very fine-grained (< 1 mm), and acicular, the long axes of the grains are parallel to the joint surface but the grains are not oriented within this plane. $\gamma = 1.520 \pm 0.003$ and $\gamma \wedge c$ is variable (even within a single grain) from 28° to 34° . $2V$ is approximately 50° . Dispersion is moderate, $r < v$, and inclined.

In Oftedal's (1948) survey of the minerals of Norway these three zeolites are not mentioned from localities north of Sulitjelma. Stilbite (possibly stellerite) was mentioned by Foslie (1942) from Kvaldalen, ca. 90 km NNE of Sulitjelma. Stellerite has only rarely been identified from localities in Norway (see Neumann, 1944, and Bugge, 1954), and to our knowledge, never before from northern Norway.

Norsk sammendrag.

Desmin, stellerit og laumontit ved Honningsvåg, Magerø, Nord-Norge.

Prøver fra to lokaliteter ved Honningsvåg, Magerø, Nord-Norge, inneholder zeoliter. Desmin og stellerit forekommer i en sleppefylling i Eokambriske skifre på Juldagsneset, SØ for Honningsvåg, og laumontitt i en sleppefylling i hornfels i nærheten av gabbroene N for Honningsvåg.

Desmin og stellerit, som gir nøyaktig like røntgendiagrammer, ble skilt p.g.a. optiske data. Desmin: $\alpha = 1.487 \pm 0.004$, $\alpha \wedge c \simeq 3^\circ$ og farven er gulaktig lyserrød. Stellerit: $\alpha = 1.485 \pm 0.003$, $\gamma \sim$ eller < 1.500 , $\alpha \wedge c \sim 0^\circ$ og mineralet er farveløst.

Laumontiten er farveløs, finkornet (< 1 mm), prismatisk, $\gamma = 1.520 \pm 0.003$, $\gamma \wedge c$ varierer (til og med innen samme krystall) fra 28° til 34° . $2V \sim 50^\circ$, disperasjon moderat, $r < v$, og skjev.

Oftedal (1948) nevner ikke disse zeoliter fra steder nord for Sulitjelma. Stellerit er sjelden blitt identifisert fra lokaliteter i Norge (se Neumann, 1944, og Bugge, 1954) og aldri før, så vidt vi vet, fra Nord-Norge.

Literature.

- Bugge, J. A. W.*, 1954. Minerals from the skarn iron ore deposits at Arendal, Norway. II The zeolites: Det Kgl. Norske Vid. Selsk. Skr., nr. 3, p. 1—18.
- Foslie, Steinar*, 1942. Hellemobotn og Linnajavre: Norges Geol. Undersøkelse, nr. 150, 119 p.
- Neumann, Henrich*, 1944. Silver deposits at Kongsberg: Norges Geol. Undersøkelse, nr. 162, 133 p.
- Oftedal, Ivar*, 1948. Oversikt over Norges mineraler: Norges Geol. Undersøkelse, nr. 170, 48 p.

An occurrence of zeolites at Kragerø, southern Norway.

By

PER CHR. SÆBØ¹ AND PAUL H. REITAN²

Introduction.

The purpose of this paper is to report the occurrence and discuss the paragenesis of some zeolites which we found near Kragerø, southern Norway. The zeolites were found along two joint surfaces in an outcrop along the side road which crosses Kalstadkilen. The place name is Østland; it is located 1.5 km NW of the railroad station in Kragerø.

The rock in which the joints occur is a quartz rich gneiss. The gneissic structure is primarily due to a vaguely layered distribution of quartz and microcline, from layers very poor in microcline to layers less poor in microcline, and rather poorly oriented, evenly distributed biotite. The layers are generally about 2 mm broad. The rock is medium-grained, consisting primarily of quartz with interstitial microcline and plagioclase, and a little biotite. The grain size is markedly unequal, quartz occurring in moderate sized grains (up to ca. 1 mm in largest dimension) with highly irregular boundaries, while the feldspars occur as small (up to ca. 0.5 mm), interstitial grains. The quartz usually shows undulatory-mosaic extinction; microcline shows very well developed polysynthetic cross-hatch twinning (hence, high degree of triclinity?); plagioclase is intensely sericitized; biotite occurs in small grains, partly altered to pennine. The accessory minerals are: muscovite, frequent; apatite, frequent; sphene, rather frequent; opaques, very rare.

Quartz is so abundant that it seems probable that the rock is an intensely metamorphosed, slightly arkosic sandstone, or possibly, a slightly granitized quartzite. No signs of original sedimentary grains

¹ Mineralogisk Museum, Universitetet i Oslo.

² Norges Geologiske Undersøkelse.

or structures are visible. The strike in the outcrop is N 25 E and the dip 50° S¹, but dip and strike are variable in the rocks in this area.

In the outcrop at Østland there can be seen two joint surfaces along which there occur late-formed minerals. Joint 1 strikes N 68 W and dips 90° S, and joint 2 strikes N 25 E and dips 50° S. Along joint 1 we have identified the following minerals, all zeolites: natrolite, stilbite (desmine), heulandite, and laumontite. Along joint 2 we have identified calcite, epidote, albite, quartz, and laumontite. X-ray powder patterns have been obtained for all four zeolites.

Mineralogy.

Joint No. 1.

Natrolite. Natrolite is the most abundant mineral along the joint. It occurs as acicular, vertically striated grains in radiating aggregates (rosettes) which are up to 1 cm in diameter. The surfaces of the grains are usually chalky pink, but fresh surfaces are yellowish-pink and the grains can be seen to be transparent. Optically (—). $\gamma = 1.486 \pm 0.003$. An analysis for alkalis was performed on the natrolite (the material analysed was somewhat contaminated with quartz). The results of the analysis are:

Na ₂ O	14.18 %	Analyst: Liv Bolkesjø, N.G.U. laboratory.
K ₂ O	0.21 %	

In all of the zeolites the ratio (Na₂O + CaO) : Al₂O₃ = 1. In natrolite SiO₂:Al₂O₃ = 3 and CaO:Na₂O = 0. (The formulas used as the basis for the ratios given are taken from Winchell (1951), with the limits being those indicated by the optical data.)

Stilbite (desmine). Two types of stilbite are present. Type 1 occurs as reddish, sheaflike aggregates at the periphery of the natrolite rosettes. Optically (—). $\gamma = 1.500 \pm 0.003$. $\alpha \wedge c = 3^\circ - 4^\circ$. Type 2 occurs as rare, scattered, small, colorless individuals which are flattened parallel to 010. The crystals are always twinned with (100) as the twin plane. Optically (—). $\gamma = 1.500 \pm 0.004$. $\alpha \wedge c = 3^\circ$. SiO₂ : Al₂O₃ = 4.5 — 5.2. CaO : Na₂O = 10 — 4.

¹ When the symbol π is used the angle is given with reference to a circle of 400 degrees. The symbol $^\circ$ is used for angles referred to a 360 degree circle.

Heulandite. Heulandite is rather rare along the joint. It occurs as colorless, individual, tabular crystals parallel to 010, up to 1 mm in length. It is generally found within the periferal stilbite zone of the natrolite-stilbite rosettes. Optically (+). $\gamma = 1.500 \pm 0.003$. $2V < 40^\circ$. Dispersion: $\gamma > V$. $\alpha \wedge c = 32^\circ - 34^\circ$.

The crystals generally show zonal structure almost identical to that described by Bugge (1954), the zones having slightly varying optical orientation. The interference colors of the inner part are often anomalous blue and those of the outer zones normal and slightly higher. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 4.5 - 6$. $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O} = 10 - 2$.

Laumontite. Laumontite was observed as a few, tiny crystals lying on the surface of type 2 stilbite grains. So little of the material was available that no optical data could be obtained. The visual identification was verified by the x-ray powder pattern. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 3.7 - 4.7$. $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O} = \infty - 5$.

Joint No. 2.

The joint is mainly filled by calcite with abundant epidote, some-quartz, albite sporadically along the sides of the joint, and laumontite.

Calcite. Yellowish-white calcite is the most abundant mineral along the joint, occurring in crystals up to ca. 1 cm.

Epidote. Epidote occurs in slightly elongate to equant grains which are bright green in color and often have well developed crystal faces. The grains are up to ca. 2—3 mm in size. $2V$ is close to 90° and the epidote is therefore rather Fe poor.

Albite. Albite occurs as small (up to 2 mm), colorless grains at some places along the sides of the joint, largely intimately associated with epidote.

Quartz. Quartz is seen as clear grains up to ca. 1 cm in length. Crystal faces are excellently developed. Where it was possible to make the determination it was identified as right-handed quartz which had originally crystallized as α -(low temperature) quartz.

Laumontite. Laumontite occurs as prismatic, elongate, vertically striated, colorless crystals which are up to ca. 1 mm in length. Optic-

ally (—). $\gamma = 1.514 \pm 0.003$. $\gamma \wedge c \sim 27^\circ$. The low refractive index probably indicates some loss of Ca by base exchange (Winchell, 1951, p. 542). $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 3.7 - 4.7$. $\text{CaO} : \text{Na}_2\text{O} = \infty - 5$.

Results of spectrographic analyses.

Spectrographic analyses were made of the minerals natrolite, stilbite, and heulandite from joint No. 1, and of albite from joint No. 2.

In all of the minerals K_2O was found to be present in amounts considerably less than 1 % by weight; probably less than 0.4 %. Natrolite contains very little Ca and very little BaO and SrO (less than 10 ppm.). Heulandite and stilbite contain a little Na_2O , ca. 0.3 %. The stilbite is so poor in Na_2O that it might more properly be called stellerite. The optical data more closely agree with stilbite (Winchell, 1951, p. 345) but the chemical composition is apparently quite like that of stellerite (Neumann, 1944, p. 108—109). Of more genetic interest is the ratio SrO:BaO in the heulandite and stilbite. Heulandite contains ca. 3 % SrO (Dana, 1932, p. 645, says that strontia is usually present, sometimes up to 3.6 per cent) and ca. 1 % BaO, SrO : BaO \sim 3. Stilbite contains ca. 0.1 % SrO and ca. 0.03 % BaO, SrO : BaO \sim 3. This similarity in the ratio SrO : BaO would indicate that the two minerals formed from the same or chemically similar environments.

Albite contained \ll 1 % K_2O , 0.05 % SrO, 0.01 % BaO, and very little CaO, thereby indicating formation at quite low temperature.

Mineral paragenesis.

Joint No. 1.

The study of the minerals along joint No. 1 under the binocular microscope has indicated the following mineral paragenesis along the joint. The mineral formed first was natrolite. It was never seen to surround or include the other zeolites. Stilbite and heulandite formed next, probably largely coincidentally. The likelihood of coincident formation is substantiated by the similarity of the SrO : BaO ratio in the two minerals. Both occur in the peripheral zone of the rosettes. Stilbite of type 1 can often be seen to surround heulandite which, in turn, has been seen to have irregular crystal boundaries against stilbite where contact occurs only on one side. Stilbite of type 2 was not seen in contact with the other zeolites except for laumontite which lay on

its surfaces. This would indicate that laumontite formed after stilbite (and consequently also after heulandite) and was the latest mineral formed in the paragenesis along joint No. 1.

Joint No. 2.

Calcite is the dominant mineral along joint No. 2 and surrounds and includes all of the other minerals, shaping itself to conform to their crystal boundaries. This indicates that the silicates formed before calcite. The age relations between the silicates are difficult to determine, but it appears to be the case that albite and epidote are about contemporaneous, epidote having begun crystallizing later than albite and having continued to form after albite had stopped, and that laumontite is later than epidote. Quartz quite probably began to form later than epidote.

Discussion.

The parageneses along the two joints are almost certainly not simultaneous. In both cases an early influx of Na is apparent, but in the one case natrolite was the first mineral and in the other case albite. We must then propose that the Na-rich minerals formed in environments in which the H_2O vapor pressure was different. Therefore the discussion of the parageneses in the two joints will treat them as independent.

Joint No. 1. By noting the ratios $SiO_2 : Al_2O_3$ and $CaO : Na_2O$ in the zeolites (p. 175—176) it can be seen that the ratio $SiO_2 : Al_2O_3$ increases at first, but then almost certainly decrease again, as laumontite, which is clearly the latest mineral, is generally relatively poorer in Si than stilbite and heulandite. The ratio $CaO : Na_2O$, however, apparently consistently increases with time. This purely zeolite paragenesis is therefore different from the zeolite paragenesis near Arendal described by Bugge (1954). In that paragenesis there is no consistent variation of the ratio $CaO : Na_2O$, but an increase of the ratio $SiO_2 : Al_2O_3$ with time. Neumann (1944) in his study at Kongsberg, though able to describe a number of zeolites, found only two zeolites together, viz., harmontone and laumontite. Of these two harmontone, which has the higher $SiO_2 : Al_2O_3$ ratio, is the younger.

Joint No. 2. In joint No. 2 the uncertainties regarding the order of appearance of the silicates make it difficult to determine how the environment from which the minerals grew changed with time. However, the most probable order is: albite; albite with a little epidote; less

albite, more epidote, and some quartz; epidote and quartz; laumontite; and finally calcite. If such is the case then the change of the ratios $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{CaO}:\text{Na}_2\text{O}$ are quite constant. The ratio $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ steadily decreases from 6 (albite) to between 3.7 and 4.7 (laumontite) while the ratio $\text{CaO}:\text{Na}_2\text{O}$ steadily increases from almost zero (the albite $\sim \text{An}_0$) to infinity (calcite), while the H_2O pressure increased such that non-hydrated silicates formed first and were followed by the zeolite. In this case, therefore, the ratio $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ diminished with time while the ratio $\text{CaO}:\text{Na}_2\text{O}$ increased. The age relations of the minerals along this joint differ from those of the same minerals found by Bugge (1954, p. 17); albite is primarily before rather than after epidote and quartz, and calcite is the latest mineral instead of being an intermediate mineral.

Our study indicates that the ratio $\text{CaO}:\text{Na}_2\text{O}$ increases with time in the two assemblages of low temperature, joint-filling minerals. We believe that this change was the primary determinative factor in the change of mineralogy with time.

Acknowledgements.

We wish to thank Prof. I. Oftedal and cand. mag. J. Hysingjord of the Geologisk Institutt, Universitetet i Oslo, who have been kind enough to make the spectrographic analyses.

Norsk sammendrag.

Et funn av zeoliter nær Kragerø, Syd-Norge.

Zeolitene ble funnet på to slepper i en kvartsrik gneis ved Østland, ca. 1,5 km NV for Kragerø. Sleppe nr. 1 (strøk N68V, fall 90° S) inneholder natrolit, desmin, heulandit og laumontit, alle zeoliter. Sleppe nr. 2 (strøk N25Ø, fall 50° S) inneholder kalkspat, epidot, albit, kvarts og laumontit.

Optiske og kjemiske undersøkelser tyder på at mineralene er blitt dannet i følgende rekkefølge: sleppe nr. 1, natrolit, deretter desmin og heulandit samtidig, og til slutt laumontit; sleppe nr. 2, albit, — albit og litt epidot, — mindre albit med epidot og kvarts, — epidot og kvarts, — laumontit, — og til slutt kalkspat.

Våre undersøkelser tyder på at forholdet $\text{CaO}:\text{Na}_2\text{O}$ øker med tiden. Vi tror at denne endring var den viktigste bestemmende faktor for dannelsen av disse parageneser.

References.

- Bugge, J. A. W.*, 1954. Minerals from the skarn iron ore deposits at Arendal, Norway. II The zeolites: Det Kgl. Norske Vid. Selsk. Skr., nr. 3, p. 1—18.
- Dana, E. S.*, 1932. A textbook of mineralogy, Fourth edition, rev. by W. E. Ford: John Wiley & Sons, Inc., New York, 851 p.
- Neumann, Henrich*, 1944. Silver deposits at Kongsberg: Norges Geol. Undersøkelse, nr. 162, 133 p.
- Winchell, A. N.*, 1951. Elements of optical mineralogy, Fourth edition, Part II, Description of minerals: John Wiley & Sons, Inc., New York, 551 p.

Note on stilbite from a pegmatite at Elveneset, Innhavet in Nordland county, Northern Norway.

By

PER CHR. SÆBØ¹ AND THOR L. SVERDRUP²

With 1 Map.

Stilbite (desmine), $\text{Ca}_2\text{NaAl}_7\text{Si}_{13}\text{O}_{46} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (Klockmann—Ramdohr 1954), is found in a pegmatite west of highway No. 50 at Elveneset, close to the sea, 4 km south of Innhavet, (see the map).

The pegmatite occurs as an elongated lens, subparallel to the gneissic structure of the Tysfjord granite, which here strikes N 230° and dips vertically, — forming a low ridge in the landscape ca. 150 m long, about 25 m broad in the southern part and thinning out towards the north.

A shallow blasting in the northern part reveals the presence of faults, giving a strong impression of postgenetic movements. In a system of vertical, E—W faults, we found numerous small, clear, apparently single crystals of stilbite. The crystals attain a size up to 4 mm, are elongated parallel to the *c*-axis and flattened parallel (010). Perfect cleavage parallel (010), $Y = 1.947 \pm 0.004$, $Z \approx 1.500$; $c : X = 2^\circ$ to 3° . The mineral is biaxial negative; $2V \approx 30^\circ$. ($2V$ is slightly smaller than that of ordinary muscovite.) A few grains show normal twinning parallel (100), and in addition all of the observed crystals show very complex twinning in the zone subparallel the *c*-axis.

Stilbite is found together with early formed, small crystals of albite and quartz.

Zeolites seem to be rare in the whole Tysfjord district; both in the "granite" and the pegmatites (S. Foslie, 1941 and 1942, J. Rekstad, 1919). This locality was the only one where we found a zeolite when we mapped the pegmatites in this district in detail during the summer of 1958 (Sverdrup and Sæbø, 1958). The only previous report

¹ Mineralogisk-Geologisk Museum, Tøyen.

² Norges geologiske undersøkelse, Oslo.



Map showing the locality of the pegmatite at Elveneset, Innhavet in Nordland county, Northern Norway.

Kart som viser pegmatittens beliggenhet ved Elveneset, Innhavet i Nordland.

of a zeolite in the Tysfjord granite is by S. Foslie (1942) who identified stilbite (stellerite ?) in Kvaldalen in Hellemobotn, south of Tysfjord in a young fissure in the granite.

It is remarkable that stilbite is the only zeolite in this two paragenesis.

Sammendrag.

Meddelelse om et funn av desmin (stilbitt) fra en pegmatitt ved Elveneset, Innhøvet i Nordland fylke.

Under vårt kartleggingarbeide av pegmatittene i området rundt Drag i Tysfjord, Nord-Norge, sommeren 1958 fant vi stilbitt i en pegmatitt ved Elveneset, ca. 4 km syd for Innhøvet. Minerallet ble funnet på vertikale Ø—V løpende yngre slepper. Zeolitter synes å være sjeldne innen Tysfjordgranitten. Stilbitt er tidligere rapportert av S. Foslie (1942) fra Kvaldalen, Hellemobotn; også der funnet i en yngre spalte i granitten.

Det er påfallende at stilbitt er det eneste zeolitt mineral som opptrer i disse to parageneser.

References.

- Foslie, S., 1942. Tysfjordens geologi, Norges geol. undersøkelse nr. 149.
— 1942. Hellemobotn og Linnajavre. Norges geol. undersøkelse nr. 150.
Klöckmann-Ramdohr, 1954. Lehrbuch der Mineralogie. Ferdinand Enke, Verlag, Stuttgart
Rekstad, J., 1919. Geologiske iakttagelser på strekningen Folla—Tysfjord, Norges geol. undersøkelses årbok for 1918 og 1919.
Sverdrup, T. L. og Sæbo, P. Chr., 1958. Rapport ang. undersøkelsen av kvartsfeltspatforekomstene på Drag i Tysfjord. Norges geol. undersøkelses bergarkiv.

Valdres-sparagmittens stratigrafiske stilling.

Av

TRYGVE STRAND

Med 4 tekstfigurer.

Valdres-sparagmitten er en av de interessanteste sedimentære dannelser i de sydnorske Kaledonider. Den kom i brennpunktet av interessen ved Goldschmidts (1916) beskrivelse av gabbrokonglomeratet i Dokkvann-strøket, da det klart og utvetydig ble påvist at konglomeratet hadde fått sitt bollemateriale fra gabbromassivet i fjellpartiet Snuen—Røssjøkollene, vest for konglomeratet.

Vi har i Syd-Norge overskjøvne dekker av to aldersgrupper, på den ene siden dekker skjøvet frem samtidig med eller før avsetningen av Valdres-sparagmitten, på den annen side dekker som er blitt skjøvet over Valdres-sparagmitten, på et senere tidspunkt enn avsetningen av denne. Det er de to dekker som nå går under navn av undre og øvre Jotun-dekke. Vi kommer på denne måten til å skille ut to orogene hovedfaser i Kaledonidenes dannelse, den eldste av disse kan det da ligge nær å oppfatte som takonisk, i tid fallende sammen med overgangen ordovicium-silur. Valdres-sparagmitten må i så fall være av omtrent samme alder, som først antydnet av Th. Vogt (1928, s. 105).

For at disse slutninger skal være begrunnet, må vi være sikre på at Valdres-sparagmitten er en avleiring av kambro-silurisk alder, at den danner en ubrutt fortsettelse av lagrekken fra de fossilførende kambriske og ordoviciske sedimenter av østlig facies som den hviler på. Skal dette kunne gjøres overveiende sannsynlig eller bevises ved feltiakttagelser, nytter det ikke å gå til områder i nordvest hvor alle kontakter er blitt tektonisert. Heldigvis har vi sydøstlige områder hvor Valdres-sparagmitten og de underliggende bergarter er litet omvandlet og svakt tektonisk påvirket, områdene omkring Dokkvann i Vestre Gausdal og omkring Mellene i Valdres. Det sistnevnte område er kartlagt og beskrevet av forfatteren (Strand 1938, 1951). Forfatteren har i de senere år hatt planer om å komme tilbake til området ved Mellene

for å komme til full klarhet over Valdres-sparagmittens stratigrafiske stilling.

En videre oppfordring til en slik klargjøring er kommet ved en uttalelse av Oskar Kulling. Kulling opponerer mot oppfatningen av den kaledoniske orogenese som tofasen og vil tolke Valdres-sparagmittens og dekketektonikken i Syd-Norge på følgende måte (Kulling 1955, s. 281—282): «Den enl. förf. sannolikaste tolkningen av tektoniken torde vara, at sparagmit av eokambrisk ålder med partier av sitt primäre urbergsunderlag av graniter och gabbror under kaledonisk tid skjutits fram över en berggrund av östlig kambrosilur. Härvid har den överskjutna berggrunden här och var skrynklats samt i smärre partier veckats ned i sitt tektoniska underlag, varvid bl. a. liggande veck med sparagmitkonglomerat över och under urbergseruptivkärna bildats.»

Det kan reises innvendinger mot denne Kullings oppfatning på rent generelt grunnlag. Man kan således nevne at de krystalline dekkers overleiring over Valdres-sparagmittens kan følges over så lange strekninger i alle retninger at de liggende folder som Kulling vil postulere måtte ha formidable dimensjoner. Eller man kan, som Dietrichson (1957, s. 20), henvise til at Valdres-sparagmittens i de sydøstlige områder er like litet omvandlet og deformert som de underliggende sedimenter.

På den annen side må det innrømmes at de beskrivelser som hittil har foreligget av Valdres-sparagmittens og dens grenseforhold til underlaget ikke har vært omfattende og detaljerte nok til å gjøre dens stilling helt klar. Det skal derfor her gis en oversikt over forholdene ved Mellene og fremlegges en del nye iakttagelser.

Valdres-sparagmittens, i Mellene og andre steder ble av Th. Kjerulf innordnet i hans Høifjelds-kvartsit og skifer, en øverste avdeling i fjellbygningen som den gang var litet kjent og forstått. A. E. Törnebohm (1888, s. 38—39) var den første som betegnet bergarten i Mellene som sparagmit. På grunn av den store petrografiske likhet anså han den som en gammel, som man senere ville ha sagt, eokambrisk sparagmitt. Da den utvilsomt lå over fyllittene, måtte han komme til det resultat at det forelå en overskyvning eller i det minste en inversjon.

K. O. Bjørlykke var den første som gjorde mer inngående undersøkelser i Mellene og i omgivende strøk. Han hadde en tid samme oppfatning som Törnebohm om Valdres-sparagmittens, men ved avslutningen av sitt arbeide konkluderte han med at den ligger diskor-

dant, men med normal stratigrafisk overleiring, på et underlag av fossilførende ordoviciske sedimenter (Bjørlykke 1905, s. 468, s. 587—588). Diskordansen er ingen påviselig vinkeldiskordans, men en erosjonsdiskordans som viser seg ved at sparagmitten ligger på forskjellige avdelinger av den underliggende lagrekke når dens undergrense følges fra sted til sted.

Nærværende forfatter hadde Bjørlykkes oppfatning som sitt utgangspunkt og fant ved sin kartlegging i området intet som talte imot den.

Fjellpartiet Mellene og de lavere fjell og åser vestenfor er bygget opp av Valdres-sparagmitten og av den underliggende Mellsenn-formasjon, som inneholder flere massive sandstenslag. Disse harde og motstandsdyktige bergarter står opp som en markert vegg over den underliggende Fyllitt-formasjon med sine litet motstandsdyktige bergarter og tilsvarende myke landformer. Mellsenn-formasjonen ligger som et sammenhengende lag under Valdres-sparagmitten i sydvest- og sydhellingen av Mellene fra ved gården Bergo i vest ($1^{\circ} 33'$ vest Oslo) til ved de østligste av Mellsennsetrene i øst ($1^{\circ} 26'$ vest Oslo) over en strekning av 8 km.

I Fyllitt-formasjonen er det flere steder omkring Mellene funnet graptolitter, faunaer med *Didymograptus*, *Isograptus* og *Phyllograptus*, som tyder på et nivå tilsvarende øvre del av 3b og 3c i Oslo-feltet. Aller øverst i Fyllitt-formasjonen ved grensen til Mellsenn-formasjonen er det funnet graptolitter fra et høyere nivå, former av *Dicellograptus* og *Diplograptus*, som svarer til 4a i Oslofeltet.¹

Mellsenn-formasjonen, som følger over Fyllitt-formasjonen, kan deles i to skarpt skilte avdelinger.

Sedimentene i den undre avdeling er grå til svarte skifrer og sandige skifrer og sandstener av blåkvartstype. Med hensyn til farge og facietype ligner de meget på sedimentene i Fyllitt-formasjonen og i de underliggende kambriske avleiringer. Mektigheten er størst omtrent ved grensen mellom kartområdene Slidre og Nordre Etnedal ($1^{\circ} 30'$ vest Oslo), opp imot 100 m, men avtar vestover ned til 10 å 20 m. Underst i avdelingen ligger en kalkholdig skifer med kalkknoller

¹ Dr. Gunnar Henningsmoen uttaler at graptolitene tyder på en horisont mellom 4a α 1 og 4a β i Oslo-feltet, helst i 4a α 3—4. Uttalelsen grunner seg på Astrid Monsens bestemmelse av graptolitene (Strand 1938, s. 22) og ikke på revisjon av materialet.

(med fossilfragmenter), så følger skifrer og sandige skifrer og øverst massiv sandsten.

Sedimentene i den øvre avdeling er av en helt annen type med grønne, rødbrune til fiolette og lyse farger. Underst ligger takskiferlaget med den lange rekke av skiferbrudd, grønnlig og fiolett pelitisk skifer som øverst blir mer grovkornet og tykkskifrig, mektighet 10 til 20 m. Over disse kommer lyse sandstener som i øst veksler med røde og grønne skifrer, mens sandsten er nesten enerådende i de vestlige profiler.

Bergartene i Mellene-området er svakt omvandlet. De pelitiske bergarter er fyllittiske uten megaskopisk synlig kornstruktur. Sandstenene er ikke merkbart omvandlet med klastisk struktur tydelig synlig med lupe. De sandstener som har vært utsatt for sterkere tektonisk påkjenning er imidlertid kvartsittaktige uten fremtredende kornstruktur eller lagning.

Vi skal i det følgende se nærmere på grenseforholdene mellom de forskjellige avdelinger i Mellene-profilet med sikte på om det noe sted i rekken skulle finnes en tektonisk diskordans som bryter den stratigrafiske sammenheng mellom avdelingene og tyder på tilstedeværelse av et overskyvningsplan.

Forfatteren har allerede i sine kartbeskrivelser gått inn for at Melsenn-formasjonens grense til den underliggende Fyllitt-formasjon er en uforstyrret stratigrafisk grense. (Strand 1938, s. 28, 1951, s. 25). Det kan ha funnet sted glidninger her og der mellom lag av forskjellig kompetanse, men noe brudd i den stratigrafiske sammenheng kan det ikke være. Argumentene for dette er at lagene kan følges langs foten av fjellpartiet, hvor sandstenene ligger som en sammenhengende mur i landskapet. Man kan nevne Bjørlykkes funn av bestembare graptolitter og tynne sandstenslag med tydelige bølgeslagsmerker ved grensen mellom Fyllitt-formasjonen og Melsenn-formasjonen (Bjørlykke 1905, s. 466—467). Hvis et skyveplan gikk ut ved dette nivå måtte man vente å finne mylonittisering av bergartene og løsrevne linser og «fisker» av den massive sandsten i den underliggende skifer, men noe slikt er ikke blitt sett.

Det neste nivå oppover hvor det kunne tenkes å være forstyrrelser er ved grensen mellom den nedre og øvre del av Melsenn-formasjonen. Men her er mistanken meget lett å tilbakevise. Takskiferlaget ved denne grensen kan følges sammenhengende over 4 km fra det ene skiferbrudd

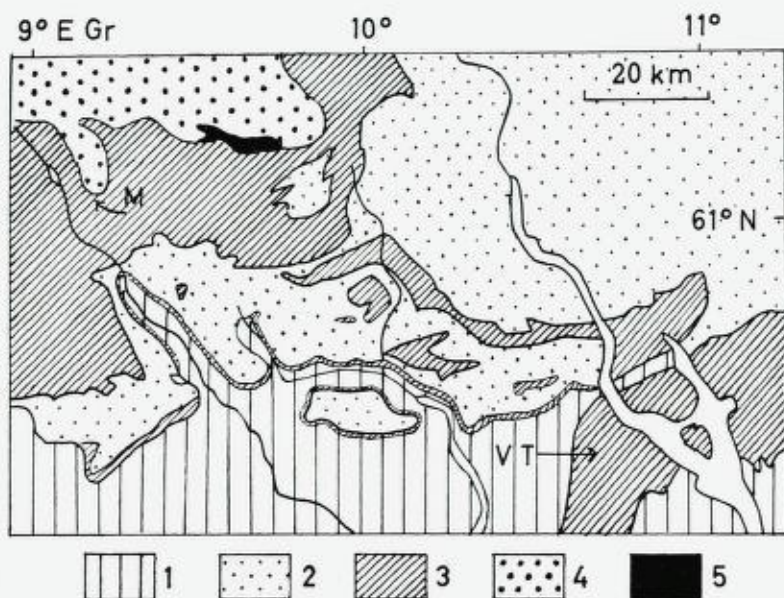


Fig. 1. Geologisk oversiktskart over områdene fra den nordlige del av Oslo-feltet til fjellstrøkene i den søndre del av Valdres og Gausdal. M — Mellene, VT — Vestre Toten. 1. Grunnfjell. 2. Sparagmitt-komplekset. 3. Marin kambrosilur. 4. Valdres-sparagmitt. 5. Krystalline skyvedekker.

Geologic map of the northern part of the Oslo Region (VT — Vestre Toten) and the district in the southern part of Valdres (M — Mellene district). 1. Archean. 2. Sparagmite Complex (latest Pre-Cambrian to Eo-Cambrian). 3. Marine Cambro-Silurian. 4. Valdres Sparagmite (late Ordovician or early Silurian). 5. Crystalline nappes.

til det annet. Hadde det her gått ut et skyveplan, hadde Valdres-takskiferen og brytningen av den ikke eksistert.

Da forfatteren siste sommer kom tilbake til området, var det med den forhåndsinnstilling at grensen mellom sandstenene øverst i Mellenn-formasjonen og den overliggende Valdres-sparagmitt måtte være det kritiske nivå hvor en eventuell tektonisk forstyrrelse måtte finnes. De to dager som ble brukt i marken ga et uventet resultat og brakte kjennskap til et forhold som ikke tidligere var blitt påaktet. Det er ingen markert grense mellom den lyse sandsten øverst i Mellsenn-formasjonen og Valdres-sparagmitt, disse er forskjellige faciesutviklinger av samme avleiring slik at den ene er innleiret i og veksler med den annen.

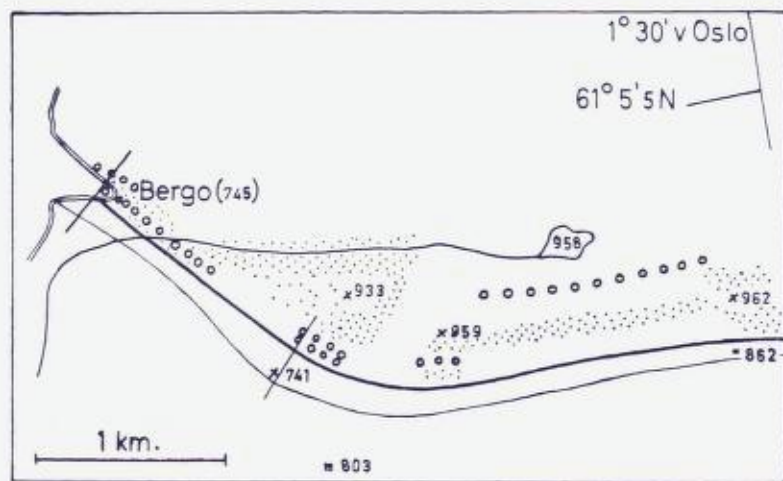


Fig. 2. Skjematisk geologisk kart over den vestre del av området ved foten av Mellene i Rogne, Øystre Slidre. Den nederste linje er grensen mellom Fyllittformasjonen og Mellsenn-formasjonen, den sterkt trukne linjen ovenfor markerer takskiferlaget i Mellsenn-formasjonen. Prikker er sandsten i den øvre del av Mellsenn-formasjonen, ringer er lag av grovkornet sparagmitt (av Valdres-sparagmittens type) i sandstenen. Symbolene er lagt inn på kartet bare der hvor bergartene er blitt direkte iakt tatt.

Geologic map of the western part of the area at the foot of the Mellene mountains. The line in the lower part of the picture marks the boundary between the Phyllite Formation and the Mellsenn Formation, the strong line above marks the roofing slate layer in the Mellsenn Formation. Dots: sandstone in the upper part of the Mellsenn Formation, rings: layers of arkose (sparagmite) of Valdres Sparagmite type in the sandstone, symbols laid down where detailed observations have been done only.

Den vestligste profil som skal beskrives er blottet ved veien til Øyangen seter (fig. 3, øverst). På østsiden av veien omkring 720 m.o.h. står mørke sandige skifrer som hører til den undre del av Mellsenn-formasjonen. Det er herfra et ganske langt dekket mellomrom opp til sandsten med sparagmitlag som står opp i bratt helling. Takskiferlaget er blottet omkring 500 m øst for profillinjen. På det geologiske kart Slidre er bergarten i hellingen ovenfor det dekkete område avsatt med Valdres-sparagmittens farge, og det var derfor en litt ubehagelig opplevelse for forfatteren å måtte konstatere at den for en

vesentlig del er lys sandsten med velrundete korn, som typisk for den øvre del av Mellsenn-formasjonen. Men den inneholder horisonter med grovkornet sparagmitt og konglomerat. Hvis man trekker grensen for Valdres-sparagmitt ved det nederste av disse sparagmittlag, kan kartet sies å være riktig.

Like ovenfor i svingen i veien ved gården Bergo (745 m.o.h.) står sparagmitt med synlige feltspatkorn og med et konglomerat. Ovenfor, med et dekket mellomrom av omkring 20 m, står lys sandsten. Videre oppover er det lys sandsten med noe forskjellig fargetone, tildels svakt rødlig eller grønnlig. Videre oppover er det et dm.-tykt lag av rødbrun skifer i sandstenen, og like ovenfor inneholder sandstenen i et tynt lag linseformete fliser av rød skifer. Tolkningen av dette må være at et tynt slamlag er blitt avleiret og siden sprukket opp (ved inntørking?) og så innleiret i sanden, uten å være flyttet langt. Dette minner om de kjente «Tongallen» i sandstener av Old Red-type.

Øverst i profilet fører sandstenen store lett synlige korn av rød eller fiolett feltspat og går derved over i typisk Valdres-sparagmitt. Aller øverst er det et grovt konglomerat med nevestore boller av bl. a. rød og lys kvartsit. Det er så dekket et godt stykke videre langt veien, så det kan ikke konstateres hva som her ligger like over konglomeratet.

Det annet profil som ble undersøkt ligger ved de vestligste skiferbrudd (fig. 3, nederst). Underst er det her blottet sandsten fra den undre del av Mellsenn-formasjonen i en 5 m høy glint. Takskiferen går øverst over i en tykkskifrig sandig skifer, over denne følger grå båndet sandsten, derpå lys sandsten og omkring 30 m opp konglomeratisk sparagmitt med en nevestor bolle av granittisk bergart, derpå sandsten som i noen lag og striper er rødbrun. I den rødbrune sandsten ble det funnet to lag av grovkornet sparagmitt og konglomerat. — Nordenfor, tektonisk og sikkert også stratigrafisk over lagene i dette profilet er det store mektigheter av lys sandsten.

Et profil av Mellsenn-formasjonen ved grensen mellom kartområdene Slidre og Nordre Etnedal er tidligere offentliggjort av forfatteren (Strand 1938, fig. 5, s. 25, også i Strand 1951, fig. 6, s. 22). Som før nevnt er det her mer skiferlag mellom sandstenslagene i den øvre del av Mellsenn-formasjonen enn i profilene vestenfor. Øverst i profilet er det en mektig bank av lys sandsten, som overleires av Valdres-sparagmitt uten at grensen er blottet. Om det her finnes sandsten over sparagmitt er igjen ukjent.

Lengere øst har K. O. Bjørlykke (1905, s. 466—467) meddelt et

profil ved Mellsennsetrene. Dette stemmer i hovedtrekkene meget vel overens med dem vestenfor, over de lyse sandstener med mellomliggende skiferlag «følger den rødlig trikolorsparagmit i Skarvemellen, tildels med konglomeratlag».

Ved de østligste av Mellsennsetrene har forfatteren oppgått og tegnet et tilsvarende profil¹. Også dette stemmer med de andre, bortsett fra det her lengst i øst opptrer tektoniske forstyrrelser. Sandstenen i den undre del av Mellsenn-formasjonen under taksiferlaget mangler, innpressete linser av sandsten i skiferen ved dette nivå viser at vi har en tektonisk grense. Likeså er det høyere oppe tektonisk grense med mylonittisering mellom underliggende lys sandsten og overliggende sparagmitt. Disse tektoniske forstyrrelser er uten tvil lokale, men iakttagelsen er av interesse fordi den viser at det går an å oppdage de tektoniske brudd som måtte finnes.

Resultatet av forfatterens nye iakttagelser er som allerede nevnt, at det ikke eksisterer noen markert grense mellom sandstenen øverst i Mellsenn-formasjonen og Valdres-sparagmitt, iallfall ikke i den vestlige del av området fremstillet på karskissen fig. 2. Den lyse sandsten og sparagmitt er forskjellige facies av samme avleirning. De grønne og rødlig skiferer i den øvre del av Mellsenn-formasjonen er også så nær knyttet til sandstenen at de må regnes med i sammenhengen.

En del av feltspatkornene i Valdres-sparagmitt er «Jotun-perthitter» av typen karakteristisk for Bergen-Jotun-bergartene. De er ganske alminnelig og kan finnes i hvert slip fra de sydøstlige deler av Valdres-sparagmittens område hvor bergartene har beholdt sin klastiske struktur. De samme slags perthitt-feltspater finnes i de lyse sandstener i Mellsenn-formasjonen. Dietrichson (1950, s. 89) har påvist samme slags feltspat i Mellsenn-formasjonens lyse sandsten også i sydhellingen av Røssjøkollene. Dette viser at sandstenen og sparagmitt iallfall delvis er oppstått av samme slags materiale som er blitt lengere eller kortere transportert og mer eller mindre slitt. Dette gir et klart bilde av den orogene, flysch-aktige sedimentasjon, hvor kornstørrelsen øker når de sedimentgivende bergarter rykker nærmere på grunn av tektoniske bevegelser.

I denne forbindelse er det av interesse å minne om forholdene ved gabbromassivet Snuen—Røssjøkollene, omkring 25 km vest-nordvest

¹ T. Strand, dagbok 1937, 26. mai, i NGU's arkiv.

for Mellene. Dette ligger skjøvet over lys sandsten tilhørende øvre del av Mellenn-formasjonen, mens det er overleiret av Valdres-sparagmitt. Dekket skulle her således være blitt skjøvet frem i tiden for den orogene sedimentasjon.

Kartskissen fig. 2 viser utbredelsen av den lyse «Mellenn-sandsten» i den vestlige del av Mellene-området så vidt den hittil er kjent. Det vil fremdeles kunne gjøres meget av interessant detaljarbeide i Mellene-området, leting etter nye fossilforekomster og særlig etter nye fossilhorisonter kunne således være ønskelig. Men med dette bidrag håper forfatteren å ha gjort det klart at Valdres-sparagmitt er autokton i forhold til sitt underlag av fossilførende ordoviciske sedimenter.

Profilen i Mellene viser således at Valdres-sparagmitt ikke kan være eldre enn mellom-ordovicium. Vi skal se at det på indirekte vei er mulig å fastlegge også en øvre grense for dens alder.

I den nordlige og vestlige del av Oslo-feltet, på Hadeland og på Vestre Toten, finnes det underst i siluren en formasjon av kalksandsten og sandsten. Den er ganske mektig i syd, på Hadeland, men tynner ut ned til mindre enn 10 m i nord på Vestre Toten, samtidig som den blir mer grovkornet nordover, hva som tyder på sedimenttilførsel fra den retning. På Vestre Toten ligger den med markert erosjonsdiskordans over Mjøs-kalk og overleires av Pentamerus-kalk, et. 7a, og regnes som et. 6c i Oslo-feltets stratigrafiske skjema.

Denne sandsten er blitt meget detaljert og omhyggelig undersøkt og beskrevet av Harald Major (1946). I det nordlige område på Toten har Major meddelt detaljerte profiler med petrografiske beskriverser av sandstenen fra de tre lokaliteter, ved Sivesindtjern, kalkbruddet ved Bergsjø ved Bøverbru og veiprofilen ved den nedlagte Gjøvik kalkfabrikk, 3 km syd for Gjøvik. Med statsgeolog Steinar Skjeseth som fører har forfatteren samlet materiale av sandstenen fra en fjerde lokalitet ved Hole kalkbrudd.

I sitt ovenfor omtalte arbeide hadde Major meddelt et meget interessant funn. I slip fra profilen ved Sivesindtjern oppga han at det blant feltspatkornene i sandstenen finnes noen som viser stor likhet med såkalt «Jotun-perthit» og har plagioklasinnleiringer med høyt optisk relief (Major 1946, s. 114).

Med vennlig imøtekommenhet har Harald Major lånt forfatteren sine slip av sandstenen fra de ovenfor nevnte lokaliteter, og det er således mulig å gi en beskrivelse og noen avbildninger av feltspatene fra sandstenen.

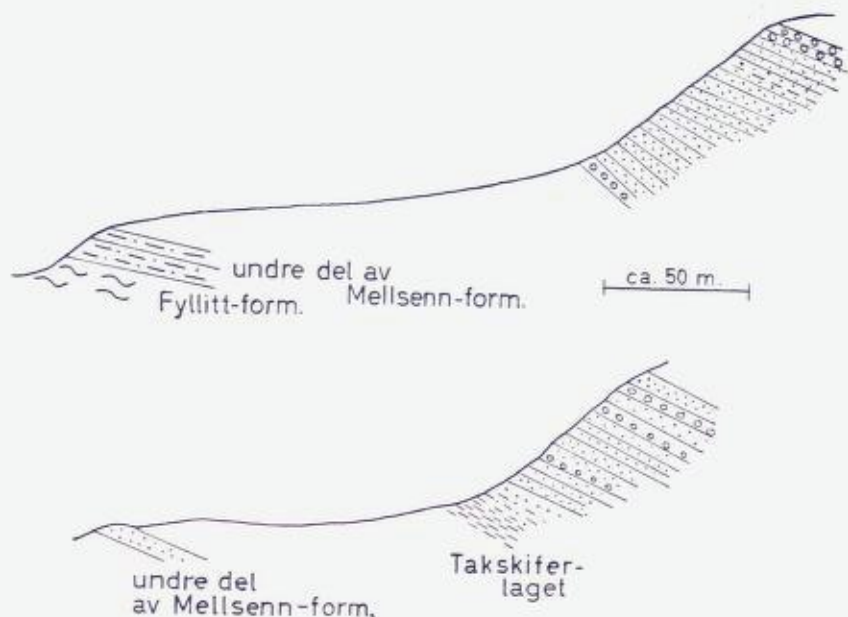


Fig. 3. Profiler gjennom Mellseenn-formasjonen, øverste vest for Bergo, nederste ved de vestligste skiferbrudd, se fig. 2. Symboler som i fig. 2.

Sections through the Mellseenn Formation, for sites of sections and symbols see Fig. 2. undre del av — lower part of. Taksiferlaget — the roofing slate layer.

I de fleste slip finnes det feltspat, i alminnelighet er feltspatkornene mindre enn kvartskornene som de finnes sammen med og av størrelse omkring 0,1 mm. Flertallet av feltspatkornene viser ingen særlige karakteristika, mange er mikroklingitret. Men på den annen side, finnes det i alle slip av de feltspatførende sandstener ganske rikelig av feltspatkorn med «jotun-perthittens» spesielle kjennetegn. Det er perthitter med plagioklasinnleiringer som er spindelformete i slipsnittet. Innleiringene kan være ganske store og ligge langt fra hverandre eller være mindre og ligge tettere sammen. Når feltspaten er omvandlet har plagioklasspindlene ofte innleiringer av bitte små sterkt dobbeltbrytende mineraler. Dette tyder på at de må ha bestått av An-holdig plagioklas, av ren albitt dannes som bekjent aldri eller iallfall sjelden slike omdannelsesprodukter. Mer sjelden finnes tettpindlete perthitter, av den type som Michot har kalt mesoperthitt. Fra et av sine

slip har Major bestemt et gunstig orientert feltspatkorn som orthoklas. Også noen korn av antiperthitt med firkantete lavere lysbrytende innleiringer av kalifeltspat er funnet. Major påviste plagioklas blant feltspatkornene, i ett tilfelle andesin, An 35. (Fig. 4.)

Det er således ingen tvil om at en stor del av feltspaten i sandstenen må stamme fra charnockittiske bergarter. Av kjente forekomster av slike bergarter er Bergen-Jotun-bergartene i de overskjøvne dekker i strøkene vest og nordvest for sandstenens område de eneste som ligger nær nok til å kunne være opphav til sandstenens feltspatkorn. Blant Bergen-Jotun-bergartenes feltspater finnes det sidestykker til alle de typer som er funnet i sandstenen, også til perthittene med forholdsvis store og glissent innleirete spindler.

Det er imidlertid også andre muligheter for opphavsområder for disse perthitter som inntil videre ikke helt kan utelukkes. Den ene er at det i grunnfjellsområdene vest eller øst for Mjøsa skulle bli funnet et område med charnockittiske bergarter. Den annen er at sparagmittene i den sydøstlige del av Sparagmittområdet skulle vise seg å inneholde charnockittiske feltspater i så stor frekvens at de kunne komme i betraktning som opphav til disse. Forfatteren har mikroskopert et stort antall slip av Ringsaker-sandsten fra de overskjøvne dekker i Valdres uten å oppdage slike feltspater, så de kan neppe være alminnelige i disse bergarter.

Blant kvartskornene i sandstenen fra de samme lokaliteter på Vestre Toten fant Major i flere av sine slip noe som han karakteriserte som finkornete kvartsaggregater oppstått ved krystallisasjon av kolloidal kiseltsyre og som han tolket som kalsedon fra agat-dannelser (Major, l. c., s. 110, s. 117, s. 126, fig. 32 og 39). Ved lokaliteten ved Hole kalkbrudd, hvor sandstenen med steil lagstilling er blottet ved grensen til underliggende Mjøs-kalk, fant Skjeseth og forfatteren et basalkonglomerat underst i sandstenen. Blant bollene i dette fantes en omkring 3 cm stor bolle av en rødlig kiselbergart som ligner sterkt på jaspis. Ved mikroskopisk undersøkelse viser den en struktur som ligner meget på strukturen i de korn som Major har avbildet og også på strukturen hos en jaspis fra Høidal gruve ved Løkken, som ble mikroskopert til sammenligning. Det er en struktur som er karakteristisk forskjellig fra krystalloblastisk struktur i kvartsitter.

Hva enten kiselbergarten i sandstenen og konglomeratet er kalsedon eller jaspis, eller om begge disse slag av dannelser skulle være representert, må slike dannelser ha sammenheng med basaltiske berg-

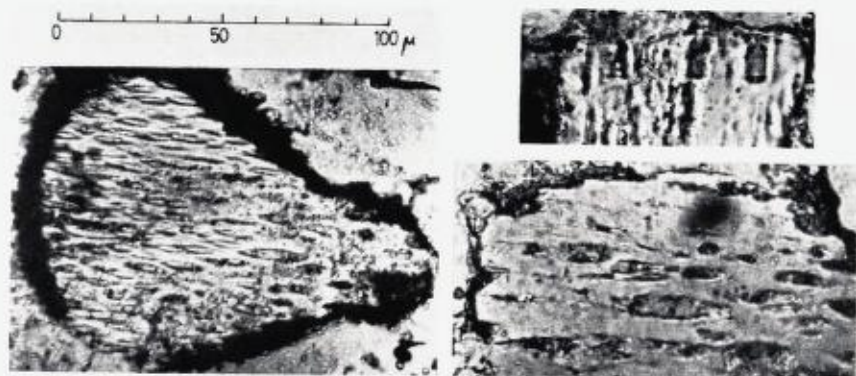


Fig. 4. Feltspatkorn i den siluriske sandsten, 6c, på Vestre Toten. Til venstre: tettspindlet perthitt, til høyre øverst: antiperthitt, begge fra Sivesindtjern, H. Majors materiale. Til høyre nederst: perthitt av den alminneligst forekommende type, i perthittinleiringene er det små korn av omvandlingsprodukter, kjennelig ved høy dobbeltbrytning. Hole kalkbrudd, Skjeseth og Strand 1958.

Perthitic and antiperthitic feldspars from early Silurian sandstone of the Vestre Toten district.

arter. Som en mulig kilde nevnte Major Trysil-Dala-området's jotniske agatførende basalter, men gjorde oppmerksom på at de ligger langt unna, og sedimenttransport fra den retning er vel heller ikke meget sannsynlig. I Telemark-komplekset er det basaltiske bergarter som kunne føre agat eller andre kiselannelser. Materialet i sandstenen må være kommet fra et område hvor bergartene ikke har vært utsatt for mer enn en svak rekrystallisasjon. Området omkring Gausta kunne kanskje komme i betraktning, men det ligger også temmelig langt unna. Men vi må riktignok ta i betraktning at det dreier seg om et meget slitesterkt materiale som kan tåle lang transport.

Endelig har vi da den mulighet at kiselannelserne stammer fra kaledonske basalter. I så fall må de være kommet fra deler av de fremskjøvne dekker som nå er sporløst fjernet av forvitring og erosjon. Agat er i det hele ikke kjent fra kaledonske basalter og de nærmeste områder med jaspis og lignende dannelser (Støren-Løkken-området og Oppdals-området (P. Holmsen 1955)) synes å ligge for langt unna. Lignende kiselbergarter er hittil ikke blitt påvist i materialet i Valdres-sparagmitten.

De områder med Bergen-Jotun-bergarter som nå finnes i korteste avstand fra sandstensområdet på Toten er Hemsedal-Grønnsennknippa

(omkr. 110 km) og Fukhamrene-Røssjøkollene (omkr. 75 km). I sistnevnte område finnes det nå bare gabbroide bergarter som ikke kan ha levert perthitt-feltspater, men det er sannsynlig, for ikke å si sikkert, at gabbroflaket her er en erosjonsrest av et stort sammenhengende dekke som også kan ha omfattet kiselstyrerike, perthittførende bergarter. Siden avleiringen av sandstenen er både denne selv og dekkene blitt flyttet sydøstover ved foldning og skyvning. Det er kanskje ikke umulig at avstanden mellom sandstenens avleiringsområde på den ene side og Valdres-sparagmitten og dekkene på den annen var mindre da sandstenen ble avleiret enn avstanden mellom de tilsvarende bergarter er nå.

Med de reservasjoner som er nevnt ovenfor kan vi således regne med at den siluriske sandsten på Vestre Toten inneholder materiale fra Bergen-Jotun-bergartene i de overskjøvne dekker og at den følgelig inneholder samme slags materiale som Valdres-sparagmitten. Sandstenen kan således være avleiret samtidig med Valdres-sparagmitten, men kan neppe være eldre enn denne. Den kan imidlertid godt tenkes å være yngre, fordi den mulighet ikke kan utelukkes at sandstenen er dannet av materiale fra deler av Valdres-sparagmitten som var kommet i erosjonsposisjon etter avleiringen. Hvorledes det enn kan ha vært med dette, må dekker av Bergen-Jotun-bergarter være blitt skjøvet frem og kommet i erosjonsposisjon før avsetningen av sandstenen i eldste del av silurtiden.

Summary.

The stratigraphic position of the Valdres Sparagmite.

The Valdres Sparagmite is a deposit chiefly of arkoses (sparagmites) in central Southern Norway. It lies above fossiliferous Ordovician sediments and has thus been considered as of Ordovician or Silurian age by Norwegian geologists.

The Valdres Sparagmite shows interesting relations with the overthrust crystalline massifs of southern Norway. There is one set of massifs which have been emplaced before or during the deposition of the Valdres Sparagmite, because some of them are covered by this deposit and because they can be proved to have yielded material to it. Another set of massifs have been overthrust above the Valdres Sparagmite. The two sets of massifs are commonly being referred to as the

Lower and upper Jotun Nappes. Thus two phases can be discerned in the Caledonian orogeny in southern Norway, the older of which, broadly contemporaneous with the deposition of the Valdres Sparagmite, may be Taconic.

The view expressed above has recently been challenged by the Swedish geologist Oskar Kulling, who interpreted the Valdres Sparagmite as of Eo-Cambrian age and as being overthrust together with its crystalline basement and in places inverted below it. The writer has for some years wished to clarify the stratigraphic position of the Valdres Sparagmite and the writings of Dr. Kulling have been an impetus to publish the present paper.

The area of Mellene (M on the map, Fig. 1) is a type area of the Valdres Sparagmite, an area where the rocks of this formation are much less disturbed and metamorphosed than in most other areas. The pelitic Phyllite Formation in this area has yielded graptolites, indicating Arenigian and Llandoveryan horizons. The Mellsenn Formation of sandstones and slates and the Valdres Sparagmite overlie the Phyllite Formation in ascending order and must be of Caradocian or younger age, provided that they form a normal stratigraphic succession above the Phyllite Formation. The writer has recently revised some of the sections in the Mellene area, earlier mapped and described by him (Strand 1938, 1951), and he claims to be able to ascertain, beyond any reasonable doubt, that there is no tectonic break in the above mentioned sequence.

An interesting fact revealed in the sections is that a light sandstone in the upper part of the Mellsenn Formation contains intercalated layers of arkose of Valdres Sparagmite type. This excludes in a very convincing manner the possibility of a tectonic break between the two formations. Both the arkose and the sandstone contain grains of perthitic feldspars derived from the charnockitic rocks of the overthrust massifs (rocks of the so called Bergen-Jotun kindred). See Figs 2 and 3.

In the western northern part of the Oslo Region, in the district of Vestre Toten (VT on the map Fig. 1), a sandstone of Lower Llandoveryan (early Silurian) age rests with an erosional unconformity above the Upper Caradocian Mjøs Limestone. The sandstone was the object of a detailed study by H. Major (1946), who discovered perthitic feldspars of the type characteristic of charnockitic rocks among

the grains of the sandstone. Mr. Major has kindly lent his slides of the sandstone to the writer, who has thus been able to make a number of photographs of the perthite grains in question, reproduced in Fig. 4.

There is no possible known source of perthites of this type other than the charnockitic rocks of the overthrust nappes of central southern Norway. The nappes must thus have been subject to erosion during the deposition of the sandstone. It is thus possible to state that the thrusting of nappes connected with the deposition of the Valdres Sparagmite took place not earlier than in Middle Ordovician (Caradocian) time and not later than in early Silurian (Llandoveryan) time.

Litteratur.

- Bjørlykke, K. O.*, 1905. Det centrale Norges fjeldbygning. NGU Nr. 39, 595 s.
- Dietrichson, B.*, 1950. Det kaledonske knuteområde i Gudbrandsdalen. NGT 28: 65—143.
- 1957. Valdresparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen. NGU Nr. 200: 8—41.
- Holmsen, P.*, 1955. Trekk av Oppdalsfeltets geologi. NGT 35: 135—150.
- Kulling, O.*, 1955. Beskrivning til berggrunnskart över Västerbottens län. 2. Den kaledoniska fjällkedjans berggrund. SGU ser. Ca. No. 37: 101—296.
- Major, H.*, 1946. Noen profiler fra eldste silur i Oslofeltets nordlige del. NGT 26: 59—142.
- Strand, T.*, 1938. Nordre Etnedal. NGU Nr. 152, 71 s.
- 1951. Slidre. NGU Nr. 180, 54 s.
- Törnebohm, A. E.*, 1888. Om hög fjälls kvartsiten. GFF 13: 37—44.
- Vogt, Th.*, 1928. Den norske fjellkjedes revolusjonshistorie. NGT 10: 97—115.

Norges Geologiske Undersøkelse gjennom 100 år.

Kort oversikt over institusjonens virksomhet,
utarbeidet av

GUNNAR HOLMSEN

med bidrag fra kolleger.

- I. Forhistorie.
- II. Den geologiske undersøkelse opprettes.
- III. NGU med Hans Reusch som bestyrer og senere som direktør.
- IV. Arbeidsoppgaver og virksomhet i nyere tid.
- V. NGU's omorganisasjon.

I. Forhistorie.

Det er i år ¹ 100 år siden NGU ble opprettet. Til tross for dens store oppgave i samfunnet, økonomisk, kulturelt, nasjonalt og internasjonalt vet kanskje ikke alle så meget om denne institusjon.

Geologien beskjeftiger seg jo bokstavelig talt med vår tilværelses fundament, det mennesket setter sin fot på ved hvert utendørs skritt, og det hvorpå vi legger hus og hjem, gård og grunn, vei og sti. Geologiens gjenstand er fundamental i annen mening også, for derfra kommer alle råstoffer, direkte og indirekte.

Men dette er jo bare den ene siden. Den andre peker utover hverdagslivet mot verdensbildet. Geologen ser jordoverflaten med all dens liv og rørelse som et øyeblikksbilde, et bilde av det geologiske øyeblikk da menneskeslekten oppholder seg på jorden. Hans oppgave er ut fra jordskorpens sammensetning å bidra til å finne ut hvordan jorden er blitt slik den er, og gjennom klarere forståelse å hjelpe til med å gjøre jorden mennesket underdanig.

Som egen vitenskap er geologien knapt 200 år gammel. Det var særlig erfaringene fra anleggs- og grubearbeider som økte fondet av iakttagelser, og utviklingen av kjemi, biologi og fysikk som ga forutsetningene for å tolke iakttagelsene slik at virkelige hovedproblemer kunne stilles. Geologiens demringstid var også i Norge i det 18. århundre, og drivkreftene var de to vanlige: ideel kunnskapstørst og

¹ Manuskriptet er skrevet i 1958.

materielle praktiske behov. En rekke åndens menn, særlig geistlige, bl. a. den kjente biskop Pontoppidan, ga sine bidrag som dog nødvendigvis var fragmentariske og til dels fantastiske fordi ennå ingen fruktbar arbeidshypotese fantes. Imidlertid førte grubedriftens behov for fagutdanning til opprettelse av Bergseminariet på Kongsberg for nøyaktig 200 år siden etter forslag av bergshauptmann Michael Heltzen. Dette ble den første spesialskole i sitt slag i hele verden — endog eldre enn bergakademiet i Freiberg. Bergseminariet fikk dog ikke fullt ut den betydning som ideen fortjente, og det skyldtes de samme mangler vi i dag har i de såkalte underutviklede land: lite penger, svakt vitenskapelig miljø m. m. Det eksisterte i halvhundre år, og flere kjente bergmenn fikk sin grunnleggende utdanning der, blant andre vår første universitetsprofessor i bergvitenskap Jens Esmark.

Uavhengig av denne utviklingen hadde Heinrich Steffens, født i Stavanger 1773, foretatt geologiske studier i Norge, og fremla allerede i 1803 en plan for geologisk utforskning av landet. Det var en ny tanke, men den fant intet gehør i Kongens København. Ellers hadde vi kanskje hatt verdens eldste Geologiske Undersøkelse.

Først med universitetets opprettelse kom grunnlaget for et virkelig geologisk miljø istand.

Den første som tok bergeksemen ved Universitetet var Esmarks elev Baltazar Mathias Keilhau. Etter videre studier i utlandet ble Keilhau i 1826 ansatt som lektor (senere professor) i «bergvidenskabene» og som det het «med forpligtelse til at foretage videnskabelige reiser i fædrelandets mindre undersøgte dele så lenge det måtte ansees nyttig og nødvendig».

Keilhau samlet på sine mange og til dels slitsomme reiser (han besøkte også Bjørnøya og Vestspitsbergen) et stort materiale av nøyaktige iakttagelser så vel av bergbygningen som av de kvartære dannelser. Han var en tennende lærer for studentene. Kronen på hans livsverk var boken «Gæa Norvegica» med geologisk kart i liten målestokk over hele Norge. Som hele Keilhaus virke var dette et rydningsarbeide, og W. C. Brøgger har kalt ham for «geologiens rydningsmann her i landet». Med alt det nye det brakte viste det også hvilket kjemperarbeide som ennå sto igjen.

Keilhaus amanuensis, senere forstmester J. C. Hørbye studerte blokktransporten og skuringsmerkene i området Trysil—Femund—Meraker. Til tross for den tids sviktende underlag til forståelse av hva de gamle kalte «friktionsfenomenet» har Hørbyes iakttagelser vist seg

å være av varig verdi til belysning av innlandsisens bevegelse i vårt land.

I midten av forrige århundre kom så den mann som skulle føre det påbegynte kjempearbeide videre. Den nyansatte universitetsstipendiat Theodor Kjerulf så at tiden var inne for organisert samarbeide mellom disponible fagfolk, så de kunne bli tatt alle de hundre millioner skritt i skog og mark som måtte til.

I en vel begrunnet og utførlig skrivelse i 1856 til Departementet for det Indre fremholdt Kjerulf den store praktiske og vitenskapelige betydning en geologisk kartlegning av vårt land ville kunne få, og henviste til, at man i andre kulturstater hadde innsett nytten av geologiske karter. Han opplyste om, at i England, Østerrike, Frankrike, De Forente Stater i Nord-Amerika samt i flere av de tyske stater anvendtes årlig betydelige summer til geologisk kartlegging. Og nå søkte Kjerulf om en bevilgning til samme formål hos oss.

Den idé som Kjerulf ønsket å sette ut i livet viste seg moden til å realiseres. Å fremstille et geologisk kart er nemlig en kulturoppgave, som ikke bare berører det enkelte land, den angår hele menneskeheten. Det ene lands resultater føyer seg inn i de andres som ledd i en kjede, og Norge har som andre land både nydt godt av og ytet bidrag til dette menneskehetens fellesarbeide. Det ene land etter det annet fulgte foregangslandenes eksempel og opprettet Geologiske Undersøkelser. Få, kanskje intet sivilisert land, mangler nå en institusjon med oppgaver svarende til dem NGU har.

«Undersøkelsens» vei har så ofte vært trang og tørefull. Den første anstøtssten viste seg tidlig. Før departementet tok standpunkt til Kjerulfs søknad anmodet det professorene Keilhau og Hansteen om å uttale seg om den.

To geologiske «skoler», den neptunistiske og den plutoniske sto på den tid i sterk motsetning til hinannen, og satte sinnene følelsesmessig, religiøst og estetisk i kok, selv utenfor spesialistenes rekker. Keilhau, som bekjente seg til den neptunistiske retning mente, at nok ville en geologisk kartlegning få både vitenskapelig og praktisk betydning, men at Kjerulf og den skole hvortil han hørte (plutonismen) i vesentlige deler lot seg lede av forutfattede anskuelser, og antok derfor, at en undersøkelse under Kjerulfs ledelse ikke «ville tilfredsstillende de nødvendige krav til pålidelighet». — Professor Hansteen uttalte, at det utvilsomt måtte ansees ønskelig, «at en yngre mand, der med ungdomskrefter forener varm iver for saken, settes i stand til i større

detalj at udføre denne undersøgelse, som det må påligge landets egne børn som pligt at foranstalte iverksatt». Videre anfører Hansteen, at han selv savnet fagkunnskap til å uttale seg om planen i dens enkeltheter.

Da Kjerulf ble kjent med Keilhaus skriftlig uttalte mistillit til hans pålitelighet fikk han professor Michael Sars til å knytte en del bemerkninger til Keilhaus erklæring og sørget for at en for ham gunstig attest fra den ansette danske professor Forchhammer ble forelagt Departementet. — Dette hjalp. Den 6. des. 1856 avga den norske regjering innstilling til Stortinget om, at der for budsjettårene fra 1. juli 1857 til 30. juni 1860 var ønskelig at der oppførtes i alt 10 000 spd. til istandbringelse av et detaljert geologisk kart over Norge med tilhørende profiler. Saken ble behandlet i Stortinget 24. september 1857 og den foreslåtte bevilgning ble bifalt mot 35 stemmer. 6. februar 1858 falt der kgl. resolusjon for at arbeidet skulle settes i gang etter Kjerulfs plan og under hans ledelse. Denne dag regnes derfor som Undersøkelsens stiftelsesdag om enn arbeidet synes å ha begynt noe tidligere. I «Morgenbladet» for år 1908, 2. jan. står det, at på den 2nen nyttårsdag for 50 år siden begynte den norske geologiske undersøkelse sin virksomhet. Denne meddelelse skriver seg antagelig fra Kjerulfs assistent, senere bestyrer av Undersøkelsen, dr. Reusch.

Det ble samme år, 1858, av Departementet for det Indre utferdiget en *instruks* i 13 paragrafer for bestyreren og den faste assistent ved arbeidet til istandbringelse av et geologisk kart. Denne er ikke alene en rettleiding for hvordan den geologiske kartlegging skal utføres, den er i virkeligheten et program for den nyopprettede institusjons virksomhet, og hitsettes her i sin helhet:

§ 1. Bestyreren har i indeværende Aar saasnt som efter Omstændighederne muligt og for Eftertiden hvert Aar senest inden Mai maanedes Begyndelse at indkomme til Departementet for det Indre med en omtrentlig Plan for Arbeidets Gang og med Forslag til eller Oversigt over Reiseundersøgelsernes Fordeling mellem Deltagerne, affattet efter Overlæg med den faste Assistent og ledsaget av omtrentlig Overslag over de Summer, som i Aarets Løb paaregnes at skulle anvendes. Han antager og slutter Accord med de til Udførelse af hver Sommers Arbeide udforderlige Deeltagere.

§ 2. Den faste Assistent har med hensyn til sine Arbeider og sin Virksomhet at rette sig efter de Forskrifter, Bestyreren giver ham.

§ 3. Bestyreren og den faste Assistent lede hver Sommers Undersøgelser i Overensstemmelse med den aftalte Plan enten sammen eller hver i sit District, de skulle, om nødvendigt sætte enhver af de engagede Deeltagere paa Stedet og orientere ham, samt anstille derhos enten i Fællesskab eller hver for sig selv saamange egne Undersøgelser i Marken, som Arbeidsplanen fordrer.

§ 4. Assistenten og Bestyreren skulle være forpligtede til at være i Marken saalænge Aarstiden tillader det.

§ 5. Enhver Deeltager i Arbeidet har at indsende efter Bestyrens nærmere Bestemmelse til denne eller Assistenten sine Karter og Profiler tilligemed tilhørende Notitser og Belægstykker og benyttede Instrumenter. Assistenten har at modtage den Andel heraf, som efter Aftale med Bestyreren falder paa ham, ordner de indkomne Materialer tilligemed sine egne lagttagelser, sammenfatter dem i en passende Oversigt og afleverer denne, inden en af Bestyren bestemt Tid, tilligemed Originalmaterialerne til Bestyren.

§ 6. Bestyreren, der paa sin Side ligeledes modtager de øvrige indsamlede materialer og benyttede Instrumenter, har derefter videre at gjenhemsee, overveie og ordne det hele vundne Udbytte og indkomme efter hvert Aars Slutning med en kortfattet Indberetning til Departementet for det Indre om Arbeidets Gang, de muligt allerede vundne Resultater og om Undersøgelsernes Kostende i Forhold til deres Udstrækning.

§ 7. Bestyreren og Assistenten have i Undersøgelsernes Gang at henvende særskildt Opmærksomhed paa alle Mineralforekomster, der kunne være av praktisk Betydning og efter bedste evne at virke til disses Anvendelse paa hensigtsmæssig maade, saasom ved forestilling til vedkommende Eier, ved Offentliggjørelse o.s.v. samt derom at indberette til Departementet.

§ 8. De skulle forresten søge at fremme Arbeidet ved saa mange specielle Undersøgelser paa nøiere mineralogisk eller chemisk Vei, som Tiden og de til Disposition staaende Apparater og Instrumenter tillade. Om saadant Arbeide sker nærmere aftale mellem Bestyren og Assistenten. Herhenhørende aldeles nødvendige Arbeider, som de

ikke selv maatte være istand til at foretage, kunne overdrages til Udførelse ved Andre, dog skal Bestyreren hertil i hvert enkelt paakommende Tilfælde erhverve Departementet for det Indres Samtykke.

§ 9. Bestyreren eller paa hans vegne Assistenten har at meddele enhver Deeltager i Undersøgelsen en Instrux for de Undersøgelser der af enhver skulle drives.

§ 10. Undersøgelserne i Marken skulle i Regelen anlægges efter Opmaalingskontorets «sammendragne Karter», i maalestok af 1/100,000. Enkelte Districter eller Kvadratomile kunne ogsaa, om nødvendigt oprindeligt anlægges i større Maalestok efter Portefeuillekarterne.

Med Hensyn til Udstrækning af Detail gjælder i Almindelighed en Forskjel mellem:

1. nyt, ubeboet Høiland
2. mindre bebygget Lavland og bedre Fjeldbygd, samt
3. meget bebygget Egn.

Om de under No. 1 nævnte Egne — eller de, hvorover der i Almindelighed haves Portefeuillekarter i 1/100,000 — gjælder det ved Op-gaaen av de vigtigste Dal- og Elv-Gjennemskjæringer, henstrygende Fjeldsider o.s.v. og ved et passende Antal Høidebestigelser og Gjennemsnitsvandringer at udkaste et saavidt muligt tro Billede af de i sig utilgængeligere Fjeldtrakter. Sammenhængende Profiler maa fremfor Alt opsøkes og man maa ved hjælp av dem søge paa bedste Maade at gennemskjære og dechiffere saadant Terrain, som ikke kan skridtvis undersøkes.

Om de under No. 3 nævnte Egne — de hvorover Portefeuillekarter i 1/20,000 (eller endog 1/10,000) haves — gjælder det indtil en vis Grad at opgaa hele Kartets Omraade, og foruden om den faste Fjeldgrund bliver der her fortrinsvis ogsaa Spørgsmaal om de saakaldte Alluvial-Dannelser (eller Diluvialdannelser), til hvilke overhovedet særligt Hensyn bør tages, da de staa i direkte Forbindelse med de agronomiske Forhold.

Om de under No. 2 nævnte Egne endelig — hvorover der tildels haves Portefeuillekarter i 1/50,000 — som staa midt imellem begge de ovennævnte, gjælder det at befare sit Distrikt, saavidt muligt, efter alle naturlige og kunstige Blottelsers Linier, idet imidlertid de mere

skovbedækkede Dele ikke kunne blive forholdsvis saa nøiaktigt undersøgte.

§ 11. Forøvrigt gjælder det om Undersøgelserne i Marken at enhver tilholdes at have sit Kart med sig for paa ethvert Sted at kunne orientere Observationen og, om nødvendigt, strax ansætte den med Tegn. Paa Kartet angives i Farve Bergarternes Grændser, i Tegn (eller Farve), Ganglinier og ertsleiesteder, fremdeles i Tegn Lagningen, forskellige Slags af Parallellstruktur o.s.v., fremdeles Steenbrud, Skjærp, Gruber, Teglværk, Kalkbrænderier o. l. Man noterer derhos saa meget som muligt paa selve Stedet, tilføier eller retter senere efter bedre Indsigt under Løbet af Undersøgelserne.

Alle de til Bestyreren indsendte Karter, Profiler og Notitser skulle — saavel som hans egne — være forsynede med vedkommende Autors Navn. De i disse Arbejder muligt indeholdte Opdagelser ere Vedkommendes litterære Eiendom.

Af Haandstykker medtages efter Skjøn og er Enhver, der arbejder i Marken, forpligtet til at afgive mindst et (og det bedste) Exemplar af hver medbragt Ærts til Opbevaring af Bestyreren.

Profilerne skulle i Regelen oprindeligt udarbejdes paa selve Stedet og deres Længdemaal skal i Almindelighed for Tydeligheds Skyld være større end de respective Karters. De paa Kart og Profil anbragte Farver og Betegninger bør, saavidt gjørligt, svare til hinanden. Herom saavel som om Forholdet mellem Høide og Længde for Profilerne har Bestyreren og Assistenten at aftale forud med de engagerede Deeltagere. Alle Findesteder af ethvert Slags, al Localbetegning o.s.v. maa angives saa bestemt og tydeligt som muligt og maa ingen vage Angivelser af Observations- eller Findested uden absolut Nødvendighed finde sted.

§ 12. Den endelige Sammendragning af Undersøgelserne efter de saaledes til Opbevaring indleverede Materialer foretages af Bestyreren — med saamegen Hjælp af Assistenten, som rimeligen kan fordres — og bør skee efter Amtskarternes Maalestok.

I denne Størrelse — 1/200,000 — skulle Undersøgelsesernes endelige Resultater i sin Tid forelægges Departementet for det Indre.

§ 13. Bestyreren har at besørge Anskaffelsen af Instrumenter og Aparater samt Udgivelsen af enkelte Profiler eller skizzerede Special-Karter efter nærmere Conference med Departementet for det Indre.

II. Den geologiske undersøkelse opprettes.

Arbeidet ble organisert i overensstemmelse med instruksen.

Som assistent ansattes bergkandidat Tellef Dahll, og dertil sendte Kjerulf om somrene en skare av sine elever rundt om i det sønnenfjeldske Norge i spesielle oppdrag.

I de første år etter opprettelsen utga Kjerulf jordbunnskart med beskrivelse over Aker, Romerike, Hadeland, Ringerike og Mjøstraktene. Så vel kart som beskrivelser ble trykt i Polyteknisk Tidsskrift i årene 1858—1862. — Det første oversiktskart «Geologisk Kart over Det søndenfjeldske Norge, omfattende Christiania, Hamar og Christiansands Stifter» i målestokk 1:400 000 utkom 1865. På tittelbladet står, at det er opptatt ifølge foranstaltning av Den kgl. norske Regjerings Departement for det Indre, med Theodor Kjerulf og Tellef Dahll som utgivere. Det varte ennu 12 år før «Den geologiske Undersøgelse» fikk stå som utgiver av de offisielle geologiske kart.

Kartet ble godt mottatt og ble prisbelønnet så vel ved en skandinavisk utstilling i Stockholm som ved en verdensutstilling i Paris 1867, og dette bidro til at den unge institusjon fikk verdens øyne rettet mot seg. Foruten Kjerulfs og Tellef Dahlls navn står også de øvrige medarbeideres oppført på tittelbladet. De er 15 i tallet, alfabetisk ordnet, og det er verdt å legge merke til, at samtlige herrer, hvorav alle unntagen Hiortdahl, Irgens og Wåge fullførte bergekseamen ved universitetet, senere gjorde seg fordelaktig bemerket i bergverksdrift eller i norsk naturvitenskap. *A. S. Bachke* ble i en lang årrekke overdirektør for Røros Kobberverk og senere bergmester i Nordland distrikt. *H. C. Dahle* cand. min. 1865 og cand. real. 1872 ble den bekjente overlærer ved Trondhjems tekniske læreanstalt. — *E. A. Gulliksen* var i mange år grubebestyrer på Sardinia, senere overstiger ved Røros Kobberverk. — *H. Hansteen* geschwornen i østre søndenfjeldske bergdistrikt, direktør først ved Røros Kobberverk og senere ved Kongsberg Sølvverk. — *Th. Hiortdahl* professor i kjemi ved universitetet. — *M. F. Irgens* lærer ved Ås landbruksskole i landmåling m. m. — *P. F. H. Kvale* overstiger ved Kongsberg Sølvverk, direktør for Vinoren. *L. W. Meinich* var sist i 70-årene assistent ved NGU, senere bergmester i østenfjeldske bergdistrikt. — *H. Mohn* grunnlegger av Meteorologisk Institutt, professor i meteorologi og oceanografi. — *J. E. Mortensen* bergmester i Tromsø bergdistrikt. — *O. Olsen* overstiger ved Røros Kobberverk. — *C. A. B. Otterbech* bergverwalter ved Modums Blåfarveverk. — *R. Stahlsberg* hytttemester på Kongsberg. —

L. Sundt grubekonsulent i Santiago. — P. Wåge professor i kjemi ved universitetet.

Ferdig med dette kart over det sydlige og østlige Norge tok Kjerulf fatt på geologisk kartlegging i Trondhjems stift assistert av bergkandidat K. M. Hauan, utdannet i Freiberg og i lang tid knyttet til Røros Kobberverk. Dette arbeide ble foreløbig avsluttet i 1876 med utgivelsen av «Geologisk Kart over Trondhjems Stiiit» signert av Knut Hauan og Th. Kjerulf, målestokk 1: 800 000. Med kartet fulgte en beskrivelse i «Nyt Magazin for Naturvidenskaberne» 1876.

Det neste mål var å fremstille et geologisk kart i en mindre målestokk 1: 1 000 000 over hele Norge. Oppgaven ble delt mellom Kjerulf og Tellef Dahll således, at Kjerulf skulle samle materiale til kartet syd for fylkesgrensen mellom Nordland og Nord-Trøndelag, og Dahll til kartet nord for denne grense. Kartet over Nord-Norge utkom 1879, men beskrivelsen til det ikke før i 1892. Det bærer tittelen «Geologisk Kart over Det nordlige Norge. Utarbeidet efter foranstaltning av Den kgl. norske Regjerings Departement for det Indre av dr. Tellef Dahll med bistand av O. A. Corneliussen, Th. Hiortdahl, T. Lassen og C. Petersen 1866—1879». Mens de 3 førstnevnte medarbeideres dagbøker foreligger i NGU's arkiv finnes ikke Karl Pettersens her. (Hans navn er galt stavet på Tellef Dahlls kart.) I årene 1873—75 reiste han for Undersøkelsen i det nordlige Norge. — Karl Pettersen har en stor geologisk produksjon. Hans hovedarbeide er «Geologisk Kart over Tromsø Amt» i målestokk 1: 400 000. Det ble trykt etter hans død 1890 med bistand av Hans Reusch på grunnlag av etterlatte manuskriptkart og utgitt på offentlig bekostning ved Tromsø Museum.

Kjerulf fikk i 1875 midler til å lønne 2 faste assistenter for utarbeidelsen av kartet over det sydlige Norges geologi. Ansatt ble cand. philos. W. C. Brøgger og cand. real. Hans Reusch. Kartet ble ferdig 1877 og dets utgivelse ledsaget av Kjerulfs «Udsigt over Det sydlige Norges geologi» 1879. På dette kart står for første gang «Den Geologiske Undersøkelse» som utgiver, men teksten ble utgitt på «foranstaltning av Den kgl. norske regjerings dept. for det Indre».

Sist i 70-årene kom de første geologiske rektangelkarter i trykken. Disse presenterer seg inntil år 1891 som utgitt av «Den Geologiske Undersøkelse» samt er påført navn til den eller de geologer, som har foretatt den geologiske kartlegging. Først fra 1891, bærer alle offisielle karter påskrift om, at de er utgitt av «Norges Geologiske Undersøkelse». Kjerulf døde 1888, og det var hans ettermann som bestyrer, Reusch, som innførte denne betegnelse på institusjonen.

III. NGU med H. Reusch som bestyrer og senere som direktør.

I de 30 år Kjerulf var bestyrer av Undersøkelsen hadde den ikke annet lokale enn Kjerulfs arbeidsværelse i Universitetets midtbygning. Dens arkiv, forteller Reusch, lå i et skap og i en bordskuffe. Med Reusch som bestyrer fikk Undersøkelsen lokaler i Petersborgkomplekset i Kronprinsens gate, hvor den førte en omflakkende tilværelse med flytninger fra den ene leilighet til den annen, fra Kronprinsens gate 10 II til Kronprinsens gate 10 IV. Herfra til Kronprinsens gate 2 og 4 og herfra til en samling rom i Kronprinsens gate 6, 8 og 10. Disse rom ble ødelagt ved bombing i 1942, og NGU ble anvist noen kjellerrom i St. Olavs gate med Wergelandsveien 2 «Grotten» i Slottsparken som tillegg. Etter frigjøringen fikk NGU i 1946 bra rom i Kligenberggaten 7, men ble beordret ut herfra allerede etter et års opphold, og anvist hus i Josefines gate 34 hvor hovedavdelingen siden har holdt til, med annekser på Blindern og Tøyen, samt lagerplass på en rekke andre steder i byen.

Fra 1890 og så lenge han levet oppebar professor Brøgger en årlig lønn på Undersøkelsens budsjett til sitt geologiske arbeide med Kristianiafeltet. Denne filial av Undersøkelsen hadde hele tiden sine arbeidsrom på Universitetet eller på Geologisk Museum.

NGU har også i administrativ henseende ført en urolig tilværelse. Da Arbeidsdepartementet ble opprettet i 1885 ble Undersøkelsen overført fra Indredepartementet til dette, hvorunder den sorterte i 12 år inntil 1897, da den ble lagt under Kirkedepartementet. I 1921 gikk den over til Handelsdepartementet. Ved Handelsdepartementets deling i 1947 ble NGU underlagt Industridepartementets administrasjon.

Da Reusch hadde tiltrådt som bestyrer, leverte han et program for NGU's virksomhet, som kan sammenfattes i 5 punkter:

1. Fortsatt utgivelse av geologiske rektangelkart. Den systematisk fremskridende kartlegging er den nødvendige grunnvoll for alt (underforstått geologisk) arbeide, sier han.
2. Istandbringelse av beskrivelser over ertsforekomster, og anvisning om deres tilgodegjørelse.
3. Steinindustriens utvikling.
4. Opprettelse av agronomiske kart over viktigere jordbruksegne.
5. Praktiske torvmyrundersøkelser.

Etter dette program arbeidet så Undersøkelsen en tid. I 1891 startet NGU sin egen publikasjonsserie, og i fortegnelsen av denne finner vi fra 90-årene og fra tiden omkring sekelskiftet blant diverse beskrivelser til rektangelkartet en hel del arbeider som angår anvendt geologi, således av J. H. L. Vogt om svovelkis-, jernmalm- og nikkelforekomster, av J. Johnsen om Svenningdalens sølvgrube, av J. P. Friis om feltspatt, kvarts og glimmer, av Carl C. Rieber om Norsk Granittindustri og av Reusch om granittindustrien ved Idefjorden. Av Vogt om Norsk Marmor, av Amund Helland om Taksifer, Heller og Veksten og om Jordbunnen i Norge og av G. E. Stangeland om Torvmyrer i Norge. Et jordbunnskart over Jæren ble utarbeidet for NGU av landbruksingeniør Grimnes.

Undersøkelsens arbeidsoppgaver ble imidlertid snart lagt om som følge av en bemerkelsesverdig komiteinnstilling. Der ble i 1894 nedsatt en departemental komite for å ta spørsmålet om en plan for NGU's virksomhet på langt sikt under overveielse. Denne 7 mann sterke komite, hvoriblant geologene Reusch, Brøgger og Helland satte frem krav om mere oversiktskartlegging før den detaljerte i rektangelkartenes målestokk skulle fortsette. Komiteen var klar over at det geologiske kart danner grunnlaget også for utnyttelse av steinsorter, mineraler, malmer og jordarter. Men den mente øyensynlig at ennå var ikke bergbygningen så godt utredet, at man med fordel kunne nyttiggjøre seg den detaljerte kartleggings resultater. Når der, f. eks. skal skaffes til veie en kalkstein av en bestemt art, må vi først vite, hvor kalkstein forekommer og lete der. Ved hjelp av geologisk kartlegging skal ikke alene steinsortenes art og beliggenhet konstateres, områdets stratigrafi og tektoniske forstyrrelser skal også klarlegges. Dette må gå forut for spesialundersøkelsen, og det var vel håpet om å kunne tilveiebringe denne geologiske oversikt, som brakte den departementale komite på den tanke at før Undersøkelsen fortsatte utgivelsen av geologiske rektangelkartet måtte man vite mere om bergbygningens stratigrafi og tektonikk. Kjennskap hertil skulle oversiktskartlegging medføre.

På denne tid hadde den svenske geolog A. E. Törnebohm under sine reiser i Norge og Sverige gjort de iakttagelser, som førte til antagelsen av de store tektoniske omveltninger, vi nå kjenner som overskyvninger, og det er tenkelig at de norske geologers innstilling skrev seg fra ønsket om nærmere å klarlegge gyldigheten av denne Törnebohms oppsiktsvekkende arbeidshypotese.

Om fagkomiteens innstilling uttalte Stortingets landbrukskomite i 1895: «Man er enig i nødvendigheten av å stanse den systematiske utgivelse av geologiske karter i målestokk 1: 100 000 og i, at man forbereder utgivelsen av et kartverk i den av den sakkyndige komite anbefalte målestokk 1: 400 000. Likeledes er man enig i, at alt arbeide med jordbunnskartlegning bør stanses og overlates til det private eller til «halvoffentlige foretaksomhet». I stortingskomiteen var der uenighet om, i hvilken utstrekning man burde gå til en omorganisasjon av Undersøkelsen forsåvidt angikk dens budsjett, personale og ordning forøvrig. Der ble dog bevilget gasje til en hjelpegeolog for oversiktskartet, en post, som besattes med cand. real. K. O. Bjørlykke. Fra 1897 ble dette til en fast lønnet geologstilling hvori adjunkt J. B. Rekstad ble ansatt etter at Bjørlykke tok stilling som overlærer ved Ås høyere landbruksskole i 1900.

Med oversiktskartet i målestokk 1: 400 000 gikk det således: Der ble i alt utgitt bare 4 kart, nemlig av Reusch ett over fjellstrøkene mellom Jostedalsbreen og Ringerike og ett over Søndhordland og Ryfylke, av Werenskiold over strøkene mellom Setesdalen og Ringerike samt av G. Holmsen over Østerdalen—Femundstrøket. Prof. Brøgger uttalte i Stortinget 1907 at det hadde vist seg, at generalkartet var aldeles uskikket til grunnlag for et brukbart oversiktskart. Men der pågikk i årene etter Rekstads ansettelse en systematisk oversiktskartlegging i Nordland. Nordland ble valgt fordi der over denne landsdel forelå nye og relativt gode topografiske karter i målestokk 1: 100 000. Dertil fristet de store malmforekomster til kartlegging av bergbygningen her. Resultatene ble til slutt inntegnet på landgeneralkartetets underlag i målestokken 1: 250 000, som gir et bedre topografisk underlag enn generalkartet i 1: 400 000. Det geologiske kartverk, som dekker hele fylket, ble utgitt i tiden 1917—1932.

Stortingsbeslutningen om en stans i utgivelsen av de geologiske rektangelkart førte til, at utenfor Nordlands fylke og Kristianiafeltet ble der lite gjort av systematisk geologisk kartlegging på mange år. Der kom et rektangelkart i ny og ne, mens der ble innsamlet materiale til forståelse av landets bergbygning og kvartære utviklingshistorie så godt som et trangt budsjett tillot. I 1907 var Undersøkelsens budsjett på 20 000 kr. Dette år utba Kirkedepartementet seg erklæring om:

1. Hva der bør foretas for at kartleggingsarbeidet kan foreligge så hurtig som mulig, og

2. Om hvorledes Undersøkelsens arbeide skal anlegges for at det mest mulig kan komme den praktiske virksomhet til gode.

Reusch mente, at bortsett fra Kristianiafeltet var kjennskapet til landets bergbygning ennå usikker, idet anskuelsene veksler. Den kartleggende geolog kan visstnok også utenfor Kristianiafeltet utføre meget arbeide av blivende verd, sa han, oppgå grensene for granitt, gabbro og andre eruptivbergarter, kartlegge leirskifer-, sandstein- og spargmittstrøk. Han kan også utføre spesialarbeider over enkelte distrikter. Men han kan ikke se bort fra, at en fremtid med andre anskuelser enn hans, må ta arbeidet opp til revisjon. Reusch fremhevet, at det som først og fremst trengtes, var for store deler av landets vedkommende, å fremstille et oversiktskart, hvori detaljene senere kunne innordnes.

På spørsmålet om hvordan NGU's arbeide skulle kunne bli av praktisk nytte svarte han, at der måtte ansettes geologer med et praktisk tilsnitt som kunne gi råd om forespørsler vedrørende mineral- og ertsforekomster, benyttelse av bygningsstein, om jordfall, om jordbøringer og byggegrunn og meget mere.

Dette krav førte til, at der i årene 1909—1911 ved Undersøkelsen ble ansatt 3 «praktiske» geologer, to for bergverksdrift, Føslie og Rosenlund, og en for steinindustri Oxaal. Disse geologer skulle ivareta oppgaver utenom den geologiske kartlegging, men det viste seg snart, at også disse i stor utstrekning la sitt arbeide an ved hjelp av kartlegging.

Foruten Rekstad, som kaltes førstegeolog, arbeidet i tiden før første verdenskrig flere «assistenter» i Undersøkelsen. Adolf Hoel var ansatt som assistent, men etter at han noen år tidligere hadde reist som tilfeldig engasjert «medarbeider» i Nordland tiltrådte han aldri stillingen fordi han var opptatt med geologiske ekspedisjoner til Spitsbergen. Hans gasje ble delt mellom Werenskiold og Th. Vogt. Den var på 1200 kr. tilsammen.

Til jubileumsutstillingen i 1914 forberedte Undersøkelsens faste personale seg, med bidrag fra «tilfeldig engasjerte medarbeidere» som de kaltes, til å stille ut en rekke oversiktskart foruten noen detaljkart og steinprøver. Der kan nevnes:

1. Geologisk oversiktskart over det sydlige Norge i målestokk 1: 1 000 000, sammenstillet av Werenskiold.

2. Geologisk kart over Helgeland—Salten satt sammen av gradteigkartene i målestokk 1: 100 000.
3. Et tilsvarende kart over Lofoten—Vesterålen. Begge disse samlet av Th. Vogt.
4. Kart over Det sydlige Norges malmforekomster. 1: 500 000 av Foslie.
5. Kart over det sydlige Norges stenindustri og mineralindustri. 1: 500 000 av Oxaal.
6. Kart over Det nordlige Norges kalkstener og øvrige nyttige stenarter. 1: 1 000 000. Av Oxaal.
7. Kart over Norges granittforekomster. 1: 1 000 000 av Oxaal.
8. Kart over Ballangens ertsdistrikt. 1: 50 000 av Foslie.
9. Geologisk kart over Drammensdal—Tyrifjord 1: 25 000. Av Brøgger og Schetelig.

Den geologiske Undersøkelses arbeide var på dette tidspunkt i god gjenge slik at den første verdenskrig som nå begynte ikke satte særlig dype spor, på tross av den isolasjon i vitenskapelig henseende den medførte.

I Nordland utførte Rekstad og Thorolf Vogt et stort kartleggingsarbeide. Vogt hadde i 1919 ferdig manuskript til Geologisk oversiktskart over Nord-Norge i målestokk 1:1 000 000. Det ble ikke trykt før i 1924, og tre år senere utkom hans store arbeide over Sulitjelmatraktens geologi og petrografi.

Noe skarpt skille mellom de «praktiske» geologers arbeide og de kartleggendes var det ikke. Således utførte Foslie ved siden av sitt samlearbeide over Syd-Norges gruber og malmforekomster og Norges svovelkisforekomster samt andre malmgeologiske arbeider, en omfattende alminnelig geologisk kartlegging forskjellige steder i Nordland og fremfor alt i Grongdistriktet. Oxaal utga det første geologiske gradteigkart fra Nordland, Dunderlandsdalen, mens han ellers arbeidet med «Norsk granitt».

Som følge av, at det såkalte «praktiske» arbeide gikk hånd i hånd med kartleggingen begynte alle geologene ved NGU etter svensk mønster å kalle seg statsgeologer. Denne tittel ble for første gang brukt offentlig i «Reglementariske Bestemmelser» approbert av Kirke- og Undervisningsdepartementet 16. jan. 1915. Disse lyder således:

Reglemenariske bestemmelser for statsgeologer og midlertidig engagerede medarbeidere ved Norges Geologiske Undersøkelse.

Approbert av det Kongelige Kirke- og Undervisningsdepartement
den 16. januar 1915.

Paragraf 1. Statsgeologerne skal, forsaavidt de oppbærer en løn av minst 1800 kroner eller mere, arbeide i marken 3 måneder hver sommer, idet de utfører det arbeide som paalægges dem av bestyreren.

Utenfor reisetiden skal de yde Undersøkelsen sit arbeide efter bedste evne, specielt skal de efter bestyrerens anvisning arbeide 4 timer daglig ved Undersøkelsens kontor. For de høiest lønnede statsgeologer kan med departementets samtykke fastsettes en længere daglig arbeidstid. Paa den anden side skal der gives dem (statsgeologerne) 5 ukers ferie til en tid som fastsettes av bestyreren. Ansættes statsgeologer med mindre lønninger end nu blir deres arbeidssydelse at fastsette i forhold til lønnen.

Paragraf 2. Statsgeologerne skal ikke paata sig noget andet fast lønnet hverv, uten bestyrerens tillatelse.

(Paragraf 3.) Denne paragraf vedkommende de fund av økonomisk betydning som statsgeologerne maatte gjøre paa sine reiser for Undersøkelsen vil senere bli utferdiget.

Paragraf 4. Bestyreren har rett til at gi statsgeologerne indtil 14 dages permission, for længere permission ansøkes departementet gjennom bestyreren. Under permissionen skal der som regel skaffes stedfortræder paa vedkommendes bekostning.

Paragraf 5. Inden hvert aars utgang skal statsgeologerne indlevere en beretning om de ved deres reiser vundne resultater, en reisedagbok indeholdende deres iakttagelser i detaljert form, et rentegnet farvelagt kart, endelig innsamlingerne etiketteret og bestemte paa en saadan maate, at de passende kan opbevares. Indberetningen skal være skrevet i saadan form, at den kan offentliggjøres.

Paragraf 6. Midlertidig engagerede medarbeidere skal inden 2 maaneder efter reisetidens avslutning avgi en beretning om reises forløp og de derved vundne resultater, en detaljert dagbok, rentegnet kart, endelig innsamlingerne i etiketteret tilstand.

Paragraf 7. Statsgeologernes kost- og skyssgodtgjørelse beregnes i overensstemmelse med lovens anden klasse.

Paragraf 8. Midlertidig engagerede medarbeidere erholder saadan godtgjørelse: Viderekomne 12 kr. i løn pr. dag saalænge de er paa

reise, endvidere godtgjørelse for havte befordringsutgifter til og fra arbeidsstrøket. Begyndere 8 kr. i løn pr. dag, endvidere godtgjørelse for havte befordringsutgifter til og fra arbeidsstrøket. Befordringsutgifter inden arbeidsstrøket betales efter bestyrerens nærmere bestemmelse.

Paragraf 9. Av utgifter vedkommende statsgeologers og midlertidig engagerede medarbeideres reiser kan indtil $\frac{2}{3}$ utbetales forskudsvis, resten utbetales naar indberetning, dagbok, innsamlinger og detaljeret regnskap med bilag er framkommet.

Paragraf 10. De som reiser for Undersøkelsen skal saavidt mulig stadig holde bestyreren underrettet om sin adresse. Omtrent ved midten av reisetiden skal de sende bestyreren en kort underretning om arbeidets gang.

NGU har i stor utstrekning benyttet seg av «midlertidig engagerede medarbeidere»s fagkunnskap. Hele dens virksomhet har fra første stund vært basert herpå, derom vidner fortegnelsen over NGU's skrifter. «Medarbeiderne» har fortrinnsvis bestått av geologer fra Universitetet, lektorer fra skolen og realkandidater med geologi som hovedfag, såvel som bergingeniører. Blant norske faggeologer er det ytterst få som ikke for kortere eller lengre tid har vært knyttet til den geologiske karlegging eller til annet arbeide for institusjonen. De bidrag interesserte geologer herved har ydet til landets geologiske utforskning må vurderes meget høyt.

Det er også leilighetsvis gitt NGU bevilgninger til arbeider utenom dens egentlige oppgaver. Således ble der i 1890-årene under NGU's administrasjon anbrakt vannstandsmerker på kysten av Nordlands, Tromsø og Finmarkens amter for å bringe landets heving i moderne tid på det rene. To av disse, det ene ved Guldsvikstranden, 5 km nord for Namsos, det annet ved Foldereid ved Stiklestad i den indre del av Foldenfjorden ble ettermålt i 1922 uten at noen landhevning kunne påvises. Etter det katastrofale leirfall i 1893 ble jordboringer utført i Værdalen, Stjørdalen og Guldalen samt i Trondheim.

Arbeidet ved NGU har på flere måter banet vei for andre institusjoners opprettelse eller jevnet den for deres virksomhet.

K. O. Bjørlykkes studier innen agrogeologien er grunnleggende for dette fags stilling i landet. Som assistent, en tid endog som konstituert bestyrer av NGU i slutten av forrige århundre, leverte Bjørlykke

den første beskrivelse (1896) av en eiendommelig jordart, kvabb, utbredt særlig i Rendalen og Sollien, og i 1899 skrev han om geologisk-agronomiske karter, og ga en historisk oversikt over utviklingen av agronomiske jordbunnskart i Tyskland og hos oss. Opprettelsen av Statens Jordundersøkelse skyldes Bjørlykkes rike produksjon og omfattende arbeider innen agrogeologien og kan således spores tilbake til hans virksomhet ved NGU.

Med den første verdenskrig fulgte svikt i innførsel av kull og olje, og for å bøte på brenselnøden ble brenntorvdrift satt i gang i stor stil med bidrag fra det offentlige. På myrer med brukbar torv og bekvem beliggenhet ble det satt i gang produksjon av stikktorv eller av maskintorv fremstilt ved elting. Om landets forråd av råmateriale til dette bruk forelå imidlertid bare spredte og lite brukbare opplysninger, og NGU besluttet å gjenoppta det arbeide med myrundersøkelser, som Stangeland hadde begynt 90-årene.

Også i Sverige hadde første verdenskrig fremkalt en brennelskrise, og Sveriges Geologiska Undersökning hadde under krigen tatt fatt på en stort anlagt statistisk fremstilling av hva landets torvmarker inneholdt av forskjellige torvslag, og hvordan myrene lå med hensyn til kommunikasjonslinjer. Etter å ha studert denne undersøkelse, torvinventeringen som den kalles i Sverige, tilrådet NGU i sin tid Det norske myrselskap å ta opp metoden i modifisert form. Imidlertid hadde NGU i mellomtiden utført en del grunnleggende arbeide for myrforskningen, offentliggjort i 2 avhandlinger først i 20-årene. Derigjennom var en statistisk undersøkelse over landets torvforråd forberedt. Det norske myrselskap, stiftet i 1902, drives delvis med statsstøtte og var således nettopp et sådant forum av «halvoffentlig foretagsomhet» som stortingskomiteen av 1895 hadde henvist jordbunnskartleggingen til. Den forrådsstatistiske myrundersøkelse gikk derfor naturlig over fra NGU til Det norske myrselskap.

IV. Arbeidsoppgaver og virksomhet i nyere tid.

Reusch trakk seg tilbake som direktør for NGU ved oppnådd aldersgrense i 1921. Som hans ettermann ansattes cand. min. dr. philos. Carl Bugge. Undersøkelsens personale besto da av 6 statsgeologer og 1 assistentgeolog, 1 kontordame, som samtidig var karttegner, samt 1 kvinnelig «bud».

Sist i 20-årene ble landet rammet av den økonomiske nedgangs-

periode, som da gikk over hele verden. Denne satte sine spor også på bevilgningene til NGU. Institusjonen led først og fremst under mangel på plass, og måtte klare seg som best den kunne. Dens krav på utviklingsmuligheter ble ikke hørt. Plassmangelens klimaks ble nådd i okkupasjonstiden da lokalene i Kronprinsens gate ble bombet og institusjonen ble spredt for alle vinde.

NGU hadde sine sammenstøt med okkupasjonsmakten, men ble ikke satt under formynderskap. Geologiske kart og geologisk litteratur ble rekvirert i noen utstrekning, men ved frigjøringen kom materialet til rette sammen med lignende materiale fra Geologisk Museum og andre kilder. Dessuten tilfalt der NGU et stort velordnet arkiv over grunnundersøkelser, som tyskerne hadde utført. Dette er blitt benyttet ved forsvarrets gjenoppbygning.

Ved siden av den geologiske kartlegging utviklet der seg mens Bugge var direktør et behov for geologisk rettledning ved andre statsinstitusjoner, fortrinnsvis Veivesenet og Vassdragsvesenet.

Den geologisk kartlegging og hva dertil hører er og har dog til alle tider vært NGU's fornemste oppgave. Hovedkartverket utgis i målestokken 1: 100 000. Arbeidet dermed består for det første i at geologene om sommeren befarer hver sine strøk av landet, undersøker berggrunnen og jordartene, samler inn prøver av de forskjellige slag og innhenter opplysninger om bergverksdrift, stenbrudd og forekomster av nyttige mineraler og om disses anvendelse. Dernest består en meget vesentlig del av arbeidet i at de innsamlete prøver etter sommerreisenes avslutning undersøkes nøyere ved hjelp av mikroskop, ved kjemiske analyser eller på annen måte samtidig som alle opptegnelser og iakttagelser blir samlet og bearbeidet til et oversiktlig hele, og utbredelsen av de forskjellige slags berg- og jordarter samt forekomster av nyttige mineraler blir satt av på karter ved hjelp av farver og tegn.

Til hvert kart som trykkes og utgis hører en omfattende *kartbeskrivelse*.

For den heldige utførelse av en rekke forskjellige slags arbeider, ingeniørmessige som statistiske er kjennskap til fjellgrunnen og jordbunnens beskaffenhet ikke alene nyttig men ofte absolutt nødvendig. De som forestår den slags arbeider har gode kilder å ty til i den viten som er brakt sammen ved geologisk kartlegging. Ofte kan det være nok å se etter på de trykte geologiske karter og lese de beskrivelser som ledsager disse, men i mange tilfeller må det naturligvis særskilt planlagte undersøkelser til for at de tekniske spørsmål det gjelder skal

kunne besvares. I ethvert fall vil dog det stoff av opplysninger som er brakt sammen med den geologiske undersøkelse og den erfaring som undersøkelsens geologer sitter inne med alltid være til hjelp.

Det må også nevnes at den geologiske kartlegging er av betydning for undersøkelser av jordbunnen fra et landbruksgeologisk standpunkt. Plantenes næring består for en vesentlig del av de stoffer (f. eks. kali, kalk og fosforsyre) som tilføres jordsmonnet ved oppsmuldring og oppløsning av undergrunnens mineraler, hvorav enkelte løser seg forholdsvis lett og andre vanskelig. Den geologiske kartlegging i en egn gir oss et temmelig inngående kjennskap til det faste fjells bygning (struktur) og mineralbestanddelene og gir likeledes atskillige opplysninger om undergrunnens løse jordarter. Dette gir holdepunkter for bedømmelse av jordsmonnet i egnen. At det faste fjell over en stor innflytelse på beskaffenheten av jordsmonnet er vel kjent. Det er nok å nevne at jorden er forholdsvis fattig på plantenæring hvor granitt og lignende bergarter danner den faste fjellgrunn, men fruktbar der hvor kalksten og skifer er fremherskende.

Den geologiske undersøkelse stiller såvidt mulig sin sakkunnskap til gratis rådighet for enhver norsk borger som har noe av interesse å forelegge den innen undersøkelsens fagområde. Enhver kan således sende Undersøkelsen prøver av ertser, mineraler, berg- og jordarter og vil straks få de opplysninger som ønskes for så vidt som de kan gis uten kjemisk analyse og uten at det foretas befarings av forekomstene. Hvis analyser eller befaringer ønskes vil også Undersøkelsen alltid stå til tjeneste med å sette interesserte i forbindelse med personer som kan påta seg den slags arbeide. Befaringer utføres endog gratis hvis de kan foretas av en geolog under hans sommerreise og gjelder forekomster innen hans arbeidsfelt. Det bør fremheves at Undersøkelsen gir opplysninger om alle geologiske funn i jorden eller fjellet, selv om det som finnes ikke kan antas å ha noen salgsverdi.

Spør man om hvor meget av landet er geologisk kartlagt er det ikke lett å gi noe eksakt svar. Oversiktskart over hele landet har vi jo, men på hovedkartverket i målestokk 1: 100 000 står meget igjen. Med utviklingen følger nye krav, gamle karter blir foreldet og må fornyes. Så lenge den geologiske vitenskap er i vekst avspeiler dette seg som mangler i det geologiske kartbilde. Det er dog en trøst, at iakttagelsen av berggrunnens eller jordartens opptreden har sin blivende verdi når den er korrekt inntegnet på kartet.

Med nåtidens krav til geologiske kart er kanskje si at 20—40 % av hovedkartverket er ferdig.

NGU utgir sin egen publikasjonsserie. Den ble begynt av Reusch i 1891 og teller nå over 200 nummer med ca. 30 000 trykksider.

En systematisk oversikt over NGU's publikasjoner inntil 1922 gir det av statsgeolog Falck-Muus utarbeidete Småskrift nr. 2: Avhandlinger og kart utgitt av NGU, hvortil henvises.

Ved institusjonens opprettelse ble det forutsatt at den geologiske undersøkelses resultater skulle være tilgjengelige for almenheten. Avhandlinger og kartbeskrivelser trykkes derfor på norsk, men av hensyn til internasjonale bytteforbindelser inneholder de en sammenfatning på engelsk eller tysk. Etter 1944 er noen skrifter trykt på engelsk.

Falck-Muus deler NGU's skrifter i 7 kategorier. Herav foreligger febr. 1958:

1. Geologiske kart.¹

3 utgaver av oversiktskart i målestokk 1: 1 000 000 over det hele land og i målestokk 1: 400 000 4 blad. I målestokk 1: 250 000 Nordlands fylke 5 blad. Oversikt over Kristianiafeltet 1 blad og av kvartærgeol. landgeneralkart 4 blad. Av kart i målestokk 1: 100 000 er utgitt 56 blad.

2. Praktisk geologiske avhandlinger, i et antall av 114.

3. Avhandlinger om alminnelig geologi, 142.

4. Avhandlinger med kvartærgeologisk innhold, 70.

5. Paleontologiske avhandlinger, 9.

6. «Diverse» omfattende bergverksbeskrivelser, geologisk litteratur vedrørende Norge og «Småskrifter», 20, samt

7. Avhandlinger for Statens Råstoffkomité trykt i NGU's serie, 20.

Foruten denne forfattervirksomhet hjemmehørende i NGU's publikasjonsserie har geologene alltid hatt for øye å la de vitenskapelige resultater komme til publikums kunnskap så snart som mulig ved å holde dagspressen og tidsskrifter med populært innhold å jour med sine arbeiders fremgang.

NGU har i en årrekke samlet rapporter, kart og arkivsaker som angår mineralske råstoffer, deres opptreden og utnyttelse.

Som et sentralorgan for innsamling og oppbevaring av denne art

¹ Se Kart-Katalog, Norges Berggrunn av J. A. Dons. NGU nr. 193.

ble ved NGU 1/1 1942 opprettet et bergarkiv. Bergarkivets materiale står til rådighet for interesserte for så vidt aktstykkene ikke blir å betrakte som konfidensielle. Dets mål er å samle og registrere alle arkivsaker angående landets bergverksdrift.

Bergarkivet består febr. 1958 av:

I. *Rapportsamlingen*, omfattende 3063 rapporter over gruber og malmbforekomster, samt 479 rapporter over steinbrudd og industrielle bergarter eller mineraler.

Samlingen øker med omkring 320 rapporter pr. år.

II. *Kartsamlingen* inneholder 1341 nummer, som omfatter dels oversikts- og situasjonskart over forekomster (og gruber), dels grubekarter.

Hertil kommer en samling på 1400 tracinger.

III. *Kartverket* omfatter alle kjente norske gruber, mineralbrudd og forekomster av mineralske råstoffer inntegnet med spesielle tegn på vanlig topografisk kartunderlag (i alt 274 blad).

IV. *Bergmesterinnberetninger*. Dette er en systematisk samling klipp (eller kopier) av bergmesterinnberetningene ordnet kronologisk for hver grube.

V. *Bergmestrenes mutinger og fristbevillinger*, ordnet kronologisk. Samlingen omfatter de siste 20 år.

Kjennskap til grunnvann samles i NGU, hvis geologer siden langt tilbake har gitt rettleiding om utnyttelse av grunnvann fra sand og grus samt fra berggrunnen.

De første bergboringer etter vann her til lands skriver seg fra 1890-årene. Den eldste borbrønn som er omtalt i litteraturen ligger på gården Ringve ved Trondheim, hvor den daværende eier, bergmester Bachke, hadde latt utføre en boring til 45 m's dyp i kloritisk skifer. Brønnen ga 250 liter godt vann i timen. I de siste 30—40 år er det utført tallrike bergboringer etter vann, de fleste av disse etter en geologs anvisning. Herved er innvunnet kunnskap om de forskjellige bergarters vannføringsevne, om arten av vannet og annet, som kan tjene til prognose av en påtenkt brønnborings resultat. For å utvide sin erfaring fører NGU et kartotek over utførte brønnboringer, hvori er notert borstedets beliggenhet, bergarten som der er boret i og den oppnådde vannføring m. m. Brønnens beliggenhet og tall for dens

vannføring inntegnes på geologiske kart, og det viser seg at vannføringen er sterkt avhengig av visse geologiske trekk. Dette vannbøringsarkiv omfatter nå ca. 3000 brønnboringer.

De siste års boring i berg etter vann har hatt stor betydning for løsning av vannforsyningen i landdistriktene. Hvert år bores nå 600 å 700 brønner. De siste erfaringer ved boring etter vann i sand og grus viser bl. a. at meget store mengder av godt grunnvann kan skaffes når en oppsøker forlatte elvesenger skjult under nyere avleiringer. Vår lovgivning angående eiendomsretten til grunnvann er imidlertid mangelfull, og det er å forutse, at NGU i likhet med hva der er skjedd med andre lands geologiske undersøkelser blir tatt med på råd ved utarbeidelse av lov om grunnvannets utnyttelse.

NGU har også tatt mikropaleontologien i sin tjeneste. Dette er den gren av paleontologien som sysler med fossiler som er så små at man må bruke mikroskop for å studere dem. Det mikropaleontologiske arbeide faller i to avdelinger: *Pollenanalyse*, som behandler mikro-fossiler fra terrestriske og lakustrine avsetninger (avsetninger på landjorden og i ferskvann, først og fremst myrer), og *Foraminiferanalyse*, som behandler mikrofossiler fra marine avsetninger (sedimenter, først og fremst leirer, avsatt i sjøen). Pollen er blomsterstøv fra trær og planter, hver art har sine karakteristiske pollen-korn. Foraminiferer er encellede dyr med skall, først og fremst av kalk, i en uendelig rikdom av former og mønstre. Både pollen-korn og foraminiferskall opptrer i avsetningene i så store mengder at de vil være tilstede i stort antall selv i små prøver. De kan gi sikre og verdifulle opplysninger om undergrunnen. Mikropaleontologien har fått utstrakt anvendelse ved aldersbestemmelse av torv- og leirprøver, både slike som inngår i NGU's prosjekter og i et stort og stigende antall prøver fra andre institusjoner og private.

«Knoppskytninger» av NGU i praktisk retning er på en eller annen måte knyttet til et *geologisk kartbilde*. Uten det geologiske kart som underlag ville f. eks. den agrogeologiske vitenskap savne grunnvoll. Det kvartærgeologiske kart gir svar på spørsmål om hvordan jordens vanngjennomslippelighet er, idet finkornige avsetninger som leir, finsand og leirholdig bregrus holder godt på funktigheten, mens grov sand gir tørr bunn. Av berggrunnskartet fremgår også som allerede berørt et og annet om jordbunnens art. Noe slags berg sprekker opp eller forvitrer lettere enn annet, og noe slags berggrunn er fattigere på plantenæring enn annen. Et geologisk kart med horisontalkurver gir

opplysning om hvilken høyderegion stedet tilhører, så vel som om markens eksposisjon, om avrinningen er treg så der er fare for forsumpning m. m. Disse opplysninger er av stor betydning både for dyrkning og skogskjøtsel.

Det kvartærgeologiske kart gir orientering om utbredelsen av viktige råmaterialer som støpesand, teglleir, sjøkalk m. m., og det tjener til veiledning når der skal oppsøkes avleiringer med grunnvann. Det marine leiområde er sparsomt forsynt med grunnvann. Ved brønnboring kan der treffes sandlag i leiret, som gir noe vann, såpass at en enkelt gård kan klare seg, men sjelden mere. De store grunnvannsføremster er knyttet til områder med breelvsand.

Ikke minst setter malmletingen sitt håp til de spor den geologiske kartlegging kan sette den på. Vi må være oppmerksom på, at når råstoffer av verdi skal oppsøkes, anvendes kartlegging i flere trinn, fra oversikskartets til det detaljerte karts. Først etter inngående geologisk orientering er det økonomisk forsvarlig å sette geofysisk malmleting i verk.

Man ser ofte på trykk fremholdt, at aldri har en geolog funnet en ny malmbforekomst. Dette er ikke riktig. I 1866 reiste Tellef Dahll i Finnmark for å skaffe materiale til et geologisk kart over Nord-Norge og fant da gull i elvesanden i en liten bekk som heter Nitrisjokka ved Karasjok. Han påviste senere gullforekomster i elvegrus i nesten hele Tanavassdraget og ved Ivalo på finsk side. Tellef Dahll fant også malmen hvorpå Senjas nikkelverk ble drevet, og K. M. Hauan har tydelig og greitt i sin dagbok for år 1873, s. 68 beskrevet sitt nye malmbfunn i Skorovatn således:

«En kvart time senere passeredes østenden av et tjern, som her sender avløb til Skurruvand. Idet herfra vandres videre sydover blottstilles i Rauberget et av svovelkis imprægneret lag grøn lerskifer, str. NØ 50° fall 25° SØ, som desuden synes at indeslutte to svovelkisleier, der ligge hinanden ganske nært. I det ene af disse — det nordre — ledsages svovelkisen af en gråhvid, tildels hornstensaktig kvarts. Hvor svovelkisen er udvitret efterlader den kvartsen aldeles hullet, gjennom-boret, småcellet som pimpsten. For flere år tilbake er her gjort nogle få mineskud, så et lidet skjærphul påvistes. Et kort stykke søndenfor, i et niveau af 2291 fod o.H. er en større, naturlig fjeldhule og ved at trænge ind i denne har man for sig en tildels ganske melen svovelkisevæg av et par favners høide, der hidtil synes at være undgået skjærpe-res opmærksomhed, måske fordi kisen ikke er bleven gjenkjendt i den

grå, smuldrende væg og ved den noget sparsomme belysning. Forøvrigt står også frisk, metalglinsende svovelkis her opunder taget, og øverst i væggen. Svovelkisen er finkornig til tætt og synes meget ren, dog røber den tilbøielighed til at smuldre til fint mel og derved tør dens udgående være bortvasket østligst udover fjeldskråningen, hvor hulens spalte synes røbet i et par hundrede fods lengde ned mod en liden fjeldbæk. Det hengende er sunket efter kisleiets udvasken. At kismassen er ganske betydelig synes utvilsomt.»

Funnet ble innberettet til Departementet for det Indre av Kjerulf 8. juni 1874.

For øvrig må det jo ikke glemmes at geologens fagmessige innsats i malmetningen nå til dags ikke består i å gjøre mere tilfeldige enkeltfunn, men hovedsakelig ligger i et annet plan. På den ene side skal han utpeke de områder hvor det har størst hensikt å sette inn planmessig leting, på den annen side skal han følge opp eventuelle malmanvisninger for å fastslå om der foreligger noen malmforekomst og gi den første vurdering. For det tredje trengs hans bistand når de geofysiske metoder og boringer tas i bruk og endelig også under driften for den videre planlegging av denne. Under hele denne lange utvikling spiller det geologiske kartbilde som alltid en ledende rolle.

Etttersom den geologiske erkjennelse av landets bergbygning utviklet seg steg kravet til større nøyaktighet og detaljering i det geologiske kartbilde. Herunder meldte der seg visse vanskeligheter under berggrunnskartleggingen med hensyn til avgrensningen av de løse jordlag. De geologer som spesialiserte seg på berggrunnskartlegging viste fra seg den oppgave samtidig å tegne kart over de løse avleiringer.

Det at berggrunnen ofte bare stikker frem flekkvis har ført til på den ene siden at det faste fjells utstrekning alltid er overdrevet på kartet fordi det i praksis er uoverkommelig å tegne inn hver liten bergknatt i kartmålestokk, hvilket for øvrig ofte ville gi et ugrent kartbilde. På den annen side fører denne flekkvise blotning til vanskeligheter med å finne bergartsgrensens forløp. Det lar seg ikke nekte at de gammeldagse kartleggerne somme tider ikke ga seg den nødvendige tid, og i stedet omgikk vanskelighetene ved å tegne en eller annen jordart over bergartsgrensen, så denne ikke fremgikk av kartet. Begge forhold medfører at kartets bilde av løsavleiringene blir skjævt. Det ble derfor fremsatt forslag om, at der skulle utgis 2 sett karter over samme område, ett berggrunnskart og ett kvartærgeologisk.

Denne tanke ble drøftet innen etaten. Resultatet herav ble imidlertid, at de offisielle karter i målestokk 1: 100 000 skulle tegnes etter samme prinsipp som før, men dertil skulle utgis spesielle kvartærgeologiske oversiktskarter i en mindre målestokk. Som topografisk underlag for disse ble valgt det av NGU i 1914 påbegynte landgeneralkart i målestokk 1: 250 000, hvorav bladene etter hvert utkom. Den kvartærgeologiske kartlegging tok til i 1936. 6 av landgeneralkartets blader, hvorav 5 er utgitt, er tegnet ferdig i geologisk henseende.

De karter de moderne berggrunnskartleggere i de senere år har levert fra forskjellige landsdeler er av en høyere kvalitet enn hva geologer av den gamle skole kunne gi. Nåtidens geologer bearbeider sitt materiale fra et petrografisk synspunkt så vel som i stratigrafisk og tektonisk henseende, hva de gamle geologer ikke alltid hadde forutsetninger for å gjøre, og de har også en god hjelp i de moderne flyfotografier.

En fremstilling av hva vi nå vet om geologien i Norge basert på alle tilgjengelige kilder har O. Holtedahl gitt i sitt store verk «Norges Geologi» i 2 bind, NGU nr. 164, ledsaget av det sammen med J. A. Dons etter moderne prinsipper utarbeidede nye berggrunnskart over hele Norge i målestokk 1: 1 000 000.

Meget av NGU's arbeide foregår skjult og blir ikke egentlig bokført i den almene bevissthet. Således besvares årlig gratis tusenvis av forespørsler om steinarter, malm og nyttige jordarter, og det er sikkert ikke småsummer som tilsammen er innspart og tjent på grunnlag av de råd NGU har gitt gjennom årene.

Sitt bibliotek med 40 000 bind kan Undersøkelsen være bekjent av. Dets stamme ble samlet av Reusch, som ved sine personlige midler søkte å råde bot på et knepent budsjett. Han kjøpte på egen bekostning håndbøker og andre verker geologene trengte, og gjorde dem tilgjengelige for alle. Senere under Reusch's ettermann, Carl Bugge, ble en vesentlig tilvekst årlig skaffet ved å bytte egne publikasjoner med andre fra lærde institusjoner over hele verden. Det er en erkjennelse av at NGU er en skattet medarbeider i den internasjonale geologiske forskning.

Det må sies at Undersøkelsen innenfor de grenser som er gitt av budsjettet, de faste medarbeideres antall og de litet hensiktsmessige lokaler har utført et arbeide som det bør stå respekt av.

Carl Bugge fylte 70 år 13. sept. 1951 og fratrådte da stillingen som direktør ved Undersøkelsen. Institusjonens vekst i Bugges tid

fremgår av at personalet øket med 1 statsgeolog, 1 kontorsjef, 2 vitenskapelige assistenter, 1 laboratorieingeniør, 1 preparant, 1 preparant-assistent og 2 tegnere, og av at NGU's budsjett steg fra kr. 100 000 til kr. 300 000.

V. NGU's omorganisasjon.

«Komiteen for den tekniske forsknings organisasjon» oversendte i 1946 til det daværende Handelsdepartement et fra professor Tom F. W. Barth og 3 andre geologer innkommet forslag, som gikk ut på å utbygge en sentral institusjon omfattende både Norges geologiske undersøkelse og Geofysisk malmleting.¹ Etter å ha innhentet uttalelser fra en rekke institusjoner henvendte departementet seg i 1947 til Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd med anmodning om å utarbeide «et forslag til retningslinjer for nyorganisering av Norges geologiske undersøkelse i tilfelle dette måtte ansees ønskelig, og med plan for den geologiske utforskning av landet».

Forskningsrådet oppnevnte som følge herav et «Geologisk Utvalg» på 14 medlemmer med et nærmere formulert mandat og med direktør C. W. Eger som formann.

Utvalget avga i 1949 en innstilling bilagt med 32 bilag. Innstillingen gikk ut på en øket utbygning av NGU, som tenktes sammensatt av forskjellige avdelinger med et personale alt i alt i et antall av 60 personer. Denne utbygning skulle foregå trinnvis. Angående Geofysisk malmletings (GM) og Statens råstofflaboratoriums stilling til NGU var meningene delt innen utvalget. Et flertall holdt på, at både den geologiske og den geofysiske side av statens malmleting burde utføres av en og samme institusjon, et mindretall på, at GM skulle etableres som en selvstendig institusjon.

Geologisk Utvalgs innstilling ble behandlet av Forskningsrådet, som uttalte, at det ville være av den største betydning at NGU snarest utbygges slik at effektiviteten og tempoet i den geologiske utforskning av landet kan settes opp. Forskningsrådet sluttet seg til de planer for utbyggingen av NGU som Utvalget fremla, og som ble anbefalt av Utvalgets samtlige medlemmer, unntatt byråsjef Høegh-Omdal, og for visse punkters vedkommende ingeniør H. Brækken. Om GM's tilslutning til NGU uttaler Forskningsrådet, at det prinsipielt er av den

¹ Se Industri-, håndverk- og skipsfartsdepartementets St. prp. nr. 1, Tillegg nr. 2 (1950).

oppfatning at GM bør inngå som en avdeling av NGU, men at tiden herfor ennå ikke er inne, idet NGU først må bygges opp til en effektiv geologisk sentralinstitusjon.

Forskningsrådet mente videre, at Geologisk Utvalgs forslag om å oppnevne et midlertidig utvalg til støtte for NGU i oppbygningstiden bedre løses ved å etablere et fast styre som ansvarlig organ for landets geologiske utforskning. Rådets flertall tilrådet at der burde oppnevnes et styre for NGU med maksimum 5 medlemmer, og et for GM med 3 medlemmer. De to styrer bør ha minst et felles medlem.

Forskningsrådets innstilling ble forelagt til uttalelse for Norges geologiske undersøkelse, bergmestrene, Statens råstofflaboratorium og Geofysisk malmleting. Direktøren for NGU uttalte seg imot at institusjonen skulle få noe styre eller råd for administrative spørsmål. Bergmestrene hevdet i en felles erklæring at der bør opprettes et vitenskapelig samarbeidsråd, dog uten administrativ myndighet, med representanter fra hver av de institusjoner som arbeider med geologi og geologisk forskning. Statens råstofflaboratorium hevdet, at NGU, GM og SR burde fortsette som selvstendige institusjoner.

Industridepartementet fant innstillingen fra Det geologiske utvalg meget uttømmende med verdifullt materiale både om geologiske arbeidsoppgaver og om den videre utvikling av institusjonene, men kunne ikke ennå ta endelig standpunkt til eller fremme forslag om en detaljert utbygningsplan for den geologiske institusjon. Som første skritt i en utbygging av de geologiske undersøkelser og til fremme av malmletingen og samarbeid mellom institusjonene bør oppnevnes midlertidige styrer for NGU og GM for å utarbeide nødvendige forslag om utbygging og eventuell koordinasjon av institusjonene. «Det er departementets hensikt, at de midlertidige styrer skal tre i funksjon fra 1. juli 1950.»

Stortinget vedtok i 1950 Industridepartementets forslag om at der skulle oppnevnes et midlertidig styre for NGU. Ved kgl. resolusjon 1951 fikk styret følgende sammensetning:

direktør C. W. Eger, formann,
stortingsmann Jakob Pettersen, varaformann,
professor dr. Tom. F. W. Barth,
professor dr. Thorolf Vogt,
direktør dr. Carl Bugge,
overingeniør A. J. Hofseth, 1. varamann,
cand. real. Tore Gjelsvik, 2. varamann.

Samtidig utferdiget Industridepartementet ny instruks for NGU¹ i 5 paragraffer. I § 1 foreskrives retningslinjene for institusjonenes virksomhet. Den lyder:

Norges Geologiske Undersøkelse er den sentrale institusjon for den geologiske utforskning av landet. Undersøkelsen skal sette i gang forskning, utarbeide geologiske karter og samle og bearbeide opplysninger med særlig sikte på berg- og jordartenes betydning for landets næringsliv. Som et ledd i dette arbeid skal Undersøkelsen planlegge den samlede malmprospektering som utføres for Statens regning og gi de nødvendige oppdrag til Geofysisk Malmleting og eventuelt andre institusjoner.

Undersøkelsen skal yte service for offentlige myndigheter og institusjoner og for næringslivet og publikum i den grad det er forenlig med Undersøkelsens øvrige formål. Utgiftene til større undersøkelser og utredninger av denne art må dekkes av oppdragsgiverne eller ved særskilt bevilgning. Resultatene av sin virksomhet skal Undersøkelsen offentliggjøre i form av geologiske karter, meddelelser og avhandlinger. Opplysninger som kan tenkes å skade landets interesser er dog unntatt. Undersøkelsen skal på eget initiativ gi orienteringer til myndighetene og næringslivet om resultatet av sitt arbeid eller gi opplysninger som fremkommer under arbeidet når disse må antas å ha aktuell interesse.

Svalbard, Jan Mayen og norsk land ved Sydpolen inngår ikke i Undersøkelsens arbeidsområde.

Av denne formålsparagraf fremgår at et nytt virkeområde, den samlede malmprospektering for Statens regning, pålegges NGU. De øvrige paragrafer angår det administrative forhold mellom styret og NGU's direktør.

Pålegget om å gi de nødvendige oppdrag til GM og eventuelt andre institusjoner førte til diskusjon. GM's leder, ingeniør Brækken var misfornøyet med ordningen.

Da Industridepartementet i 1956 fastsatte en ny, felles instruks for de 3 institusjoner NGU, GM og SR fikk formålsparagrafen for NGU følgende ordlyd:

«Norges geologiske undersøkelse har til oppgave å foreta geologiske undersøkelser av landet og på grunnlag herav utarbeide geo-

¹ Trykt i NGU's skrifter nr. 183, Arbok for 1951.

logiske kart og beskrivelser av berggrunnen og løse avleiringer og forekomster av nyttige mineraler og bergarter.

Den skal arbeide med forskning til fremme av fagområdet.»

Som Carl Bugges ettermann i direktørstillingen ble ansatt tidligere assistentgeolog ved NGU, cand. real. Sven Føyn. Han inntok automatisk Bugges plass i styret. Varamann 2, Tore Gjelsvik, avløstes i 1952 av konservator Johs. A. Dons.

Industridepartementet anmodet sommeren 1951 NGU om å fremlegge et program for ekstraordinære undersøkelser etter malm og andre nyttbare mineraler og bergarter i Nord-Norge. Etter drøftinger i flere styremøter utarbeidet Føyn hovedlinjer i et program som styret ga sin prinsipielle tilslutning til.

I forbindelse med NGU's budsjettforslag for 1952/53 foreslo styret opprettet 9 nye stillinger som det første trinn i institusjonens utbygging med hensyn til personell. Lønn til 8 av disse stillinger ble bevilget av Stortinget i henhold til proposisjon fra Industridepartementet, og stillingene ble besatt i løpet av 1952. I budsjettforslaget for 1953/54 foreslo styret i tillegg hertil opprettet 3 nye stillinger.

Styret viet spørsmålet om nye og bedre lokaler for NGU stor oppmerksomhet. Som et ledd i arbeidet hermed oppnevnte styret en plankomite for utredning av plassbehovet ved ny bygging.

Ved kgl. resolusjon ble styrets medlemmer og varamenn løst fra sine hverv i 1955. På grunnlag av stortingsvedtak 8. mars s. å. ble ved samme resolusjon oppnevnt følgende styremedlemmer:

bergingeniør Karl Ingvaldsen, formann,
professor dr. Jens A. W. Bugge,
konservator Johs. A. Dons,
professor Arne Hofseth,
overrettssakfører Arne Kr. Meedby.

Styret valgte Jens A. W. Bugge til varaformann. Dette styre var også styre for GM og SR.

Etter søknad ble professor Bugge og konservator Dons løst fra sine hverv ved kgl. resolusjon i 1956.

I årene etter 1952 er bevilgninger gitt til malmundersøkelser i forbindelse med utbyggingsprogrammet for Nord-Norge. Gjennomføringen av disse stort anlagte undersøkelser ble muliggjort ved at NGU's geologer ble supplert med andre geologer. Budsjettet var i 1957/58

steget til 720 000 kr. hvortil kommer malmundersøkelser budsjettert til 260 000 kr.

Foruten et omfattende geologisk undersøkelses- og kartleggingsarbeide i Troms og Finnmark har NGU i de siste år satt i gang uranprospektering bl. a. med det formål etter hånden å bringe på det rene hva der finnes av innenlandsk råstoff for en fremtidig atomkraftproduksjon. Stortinget bevilget for terminen 1954/55 kr. 100 000 hertil.

De grunnstoffer, som har betydning for atomenergien er i første rekke uran og thorium. Undersøkelsen av disse elementers forekomst er ikke prinsipielt forskjellig fra andre geologiske undersøkelser, men dens teknikk er spesiell, ny og i rask utvikling. Av denne og andre grunner, bl. a. den at atomenergiens utnyttelse vil reise nye problemer av geologisk natur, er arbeidet med de radioaktive stoffer organisert i en egen seksjon, hvis oppmerksomhet ikke bare er rettet mot selve prospekteringen, men også holder øye med den stadig voksende anvendelse de nye metoder med sin greie identifikasjon av radioaktive elementer har ved generelle geologiske undersøkelser. — Seksjonens arbeide har derfor to sider som imidlertid ikke er skarpt adskilt. Den ene er generell undersøkelse av de radioaktive elementers opptreden i Norges bergarter. Den annen er undersøkelser av de enkelte forekomster for å avgjøre om man bør gå til inngående teknisk analyse av deres drivverdighet. — Resultatene av sistnevnte undersøkelser har for øvrig også generell interesse.

Ifølge forslag fra Industridepartementet (St. prp. nr. 87/1956) gjorde Stortinget 28. febr. vedtak om, at NGU skulle flyttes til Trondheim.

På Østmarka skal oppføres nytt bygg for NGU i tilslutning til hva GM og SR der før disponerer.

Hundreårsdagen for opprettelsen av Norges geologiske undersøkelse ble markert på møte i Norsk Geologisk Forening den 6. februar 1958 ved kåseri av statsgeolog dr. Gunnar Holmsen over emnet: «Litt av hvert om NGU gjennom 100 år». Samme dag holdt statsgeolog Olaf Anton Broch en kort tale: «Norges geologiske undersøkelse 100 år» i Norsk Rikskringkasting.

Jubileet ble feiret den 9. mai, vesentlig fordi gode lokaler var ledige da, med møte i festsalen i Oslo Håndverks- og Industriforenings bygning kl. 14 og åpning av en utstilling i samme bygnings lokaler

kl. 15. — Kl. 19,30 var det middag i Oslo Militære Samfunds lokaler. Feiringen i festlige former ble gjort mulig ved en ekstra bevilgning fra Regjeringen og gaver fra private.

Til møtet, hvor H.M. Kongen var til stede, var innbudt representanter fra Regjeringen, fra Det Kongelige Departement for Industri og Håndverk, fra søsterinstitusjonene i de skandinaviske land, fra norske universiteter og høyskoler, fra skolene i Oslo, fra Norsk Geologisk Forening og andre foreninger, selskaper og bedrifter med tilknytning til geologi, samt pressens representanter og nåværende og tidligere ansatte ved NGU, i alt 250 personer.

Direktør Sven Føyn holdt jubileumstalen og statsråd Gustav Sjaastad talte på regjeringens vegne. Så fulgte hilsener fra Danmarks Geologiske Undersøgelse ved statsgeolog dr. Sigurd Hansen, fra Finlands Geologiska Forskningsinstitut ved direktør dr. Aarne Laitakari, fra Sveriges Geologiska Undersökning ved statsgeolog, professor dr. Bror Asklund, fra Universitetet i Oslo ved rektor, professor dr. Johan T. Ruud, fra norske geologer ved formannen i Norsk Geologisk Forening, professor dr. Trygve Strand, fra norske bergingeniører ved formannen i Bergingeniørenes avdeling av Den Norske Ingeniørforening, direktør J. J. Lange. Til møtet innlöp adresser, gaver, blomster og telegrammer fra fjern og nær. — Så takket direktør Føyn og førte H.M. Kongen og forsamlingen til utstillingen hvor statsgeolog Steinar Skjeseth viste H.M. Kongen rundt.

Utstillingen var åpen for publikum 10.—14. mai. Den ga en kort orientering i Norges geologiske undersøkelses historie og virkefelt med følgende avdelinger: Alle geologiske oversiktskart over hele Norge fra Keilhau's til Høltedahl—Don's — alle NGU's rektangel- og gradteigskart, — populær innføring i geologi belyst ved plastiske modeller og spesialkart, — beskrivelse av hvordan geologisk kartlegging foregår og hva en kan lese av kartet, — jordartlaboratoriets virksomhet, — bergarkivets, — uranseksjonens, — hydrogeologisk seksjons, — mikropaleontologisk seksjons, — geokjemisk malmleting, — geologisk malmleting, — mikropaleontologisk arbeide, — mikroskopisk-petrografisk arbeide. — Ved siden av at flere av geologene alltid var til stede for å vise publikum til rette, var der også en avdeling som bestemte prøver medbrakt av publikum, og som besvarte spørsmål om geologiske emner. — En avdeling hadde bilder av alle geologer som tidligere hadde vært ansatt i NGU. — Videre var det en avdeling for biblioteket og en som viste geologiens tilknytning til samfunnslivet.

Til utstillingen var utarbeidet et skrift «Geologi og Norges geologiske undersøkelse», trykt i 5000 eksemplarer. Det er en ukonvensjonell henvendelse i populær form fra statsgeologene til det interesserte publikum og er i sitt opplegg knyttet til utstillingsarrangementet. Det inngår nå som nr. 5 i NGU's «Småskrifter». Under utstillingen gjorde det tjeneste som katalog og ble bl. a. delt ut til de skoleklasser som fulgte invitasjonen til å se utstillingen. 90 skoleklasser (2300 elever) kom og av publikum for øvrig ca. 3000. — En serie fotografier arkivert i NGU gir sammen med småskriftet nr. 5 et fyldig bilde av utstillingen.

Ved festmiddagen ønsket statsgeolog dr. Chr. Oftedahl velkommen til bords. Administrerende direktør ved NGU, GM og SR, Karl Ingvaldsen talte for Norges geologisk undersøkelse, Oslo bys ordfører, Rolf Stranger brakte byens hilsen til jubelanten, direktør Harald N. Ross hilste fra Kongsberg sølvverk, direktør Bjørn Bjørnstad fra Bergverkenes landssammenslutning, statsgeolog dr. Gunnar Holmsen talte for damene i geologien, professor dr. Werner Werenskiold talte om geologisk kartlegging ved NGU i gamle dager og statsråd Gustav Sjaastad takket for maten.

Til festen var innbudt de samme kategorier som til festmøtet, men av naturlige grunner et engere utvalg. Det var i alt 116 gjester iberegnet Norges geologiske undersøkelses personale med ektefeller.

Jubileet var utvilsomt vellykket, både verdig og hyggelig.

Geologer med fast ansettelse i NGU.

Andersen, O., 1918—28	Hagemann, F., 1957—
Autenboer, T. V., 1956—57	Hoel, A., 1909—16 (perm. hele tiden)
Bjørlykke, K. O., 1889—1900	Holmsen, G., 1915—
Bjørlykke, H., 1946—52, 1958—	Holmsen, P., 1939—
Broch, O. A., 1930—	Holtedahl, O., 1918—20
Brøgger, W. C., 1875—78, 80—81	Kjerulf, Th., 1858—88
Bugge, A., 1921—52	Kvale, A., 1937—39
Bugge, C., 1905—07, 1921—51	Marlow, W., 1919—35
Dahll, T., 1858—78	Meinich, L. W., 1878—80
Egede Larssen, K., 1953—	Münster, Th., 1882—97
Falck Muus, R., 1916—45	Neumann, Henrich, 1940—47
Feyling-Hanssen, R. W., 1956—	Oftedahl, Chr., 1952—
Foslie, S., 1909—51	Oosterom, M. G., 1954—55
Færden, J., 1950—55	Oxaal, J., 1909—18
Føyn, S., 1936—37, 1951—1958	(de 2 siste årene med perm.)
Gjelsvik, T., 1952—	Padget, P., 1952—56

Pehkonen, E., 1954—56

Poulsen, A. O., 1934—

Rekstad, J., 1900—1923

Reitan, P., 1956—

Reusch, H., 1875—1921

Rosenlund, A. L., 1912—15

Selmer-Olsen, R., 1951—55

Siggerud, T., 1954—

Skjeseth, S., 1952—

Skjerlie, F., 1956—57

Stadheim, J., 1930—39

Strand, T., 1936—56

Sverdrup, T., 1958—

Vokes, F. M., 1953—57

Vogt, Th., 1914—29

Werenskiold, W., 1910—17.

Kontorsjef:

Bertheau-Hansen 1948—

NORGES GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE

ÅRSBERETNING FOR 1958

VED

HARALD BJØRLYKKE
DIREKTØR

Innhold.

	Side
NGU's administrasjon	235
Personale	235
Regnskap og budsjett	238
Geologisk kartlegging	239
Generell geologisk kartlegging	239
Spesiell kvartærgeologisk kartlegging	241
Geologiske kart	241
Spesielle undersøkelser	242
Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer	243
Anleggsgeologi	244
Hydrogeologi	244
Lokaler	245
Bibliotek	246
Bergarkiv	246
Laboratorier	247
Publikasjoner	248
Norges geologiske undersøkelses hundreårsjubileum	250
Undervisning. Ekskursjoner i Norge	250
Internasjonale geologmøter. Studiereiser i utlandet	250

Årsberetning for 1958.

NGU's administrasjon.

Direktør, bergingeniør Karl Ingvaldsen tiltrådte den 1. januar 1958 som adm. direktør for Institusjonsgruppen Norges geologiske undersøkelse, Geofysisk malmleting og Statens råstofflaboratorium.

Personale.

Avskjed:

Statsgeolog I i midlertidig stilling Dwight F. Crowder, M.Sc., sluttet 15. mai 1958.

Direktør Sven Føyn sluttet 31. juli 1958.

Teknisk assistent I Liv Berit Bolkesjø sluttet 10. august 1958.

Statsgeolog I Arthur O. Poulsen sluttet ved oppnådd aldersgrense 30. september 1958.

Laboratorieingeniør Brynjolf Bruun sluttet 30. september 1958.

Laborant I Rolf Larssen sluttet 30. september 1958.

Kontorassistent I Randi Hjerpseth sluttet 15. desember 1958.

Tilsetninger:

Midlertidig vitenskapelig assistent I Paul H. Reitan, B.A., ble pr. 16. mai 1958 ansatt i midlertidig stilling som statsgeolog II.

Dr. philos. Harald Bjørlykke ble pr. 1. august 1958 beskikket som direktør.

Statsgeolog II Steinar Skjeseth ble pr. 1. oktober 1958 beskikket som statsgeolog I.

Vitenskapelig assistent I Kari Egede Larssen ble pr. 1. oktober 1958 ansatt som statsgeolog II.

Pensj. statsgeolog I Arthur O. Poulsen ble pr. 1. oktober 1958 engasjert som midlertidig medarbeider.

Kjemitekniker Kjersti Haugen ble pr. 21. oktober 1958 ansatt som teknisk assistent I.

Cand. real. Knut Ørn Bryn ble pr. 1. november ansatt i midlertidig stilling som vitenskapelig assistent I.

Midlertidig statsgeolog II Thor Lorck Sverdrup ble pr. 16. november 1958 ansatt som statsgeolog II.

Tom Jacobsen ble pr. 1. desember 1958 ansatt i midlertidig stilling som preparantassistent.

Audun Kr. Nygaard ble pr. 8. desember 1958 ansatt i midlertidig stilling som laboratorieassistent.

Unni Henriksen ble pr. 16. desember 1958 ansatt som kontorassistent II.

Sivilingeniør Roar Solli ble beskikket som laboratorieingeniør I. Han tiltrer 1. februar 1959.

Tjenestefrihet:

Statsgeolog Per Holmsen ble innvilget forlenget tjenestefrihet uten lønn til 1. juli 1959.

Statsgeolog Tore Gjelsvik ble innvilget tjenestefrihet uten lønn i ett år fra 16. mars 1958.

Ved utgangen av året 1958 hadde NGU følgende personale i hovedstilling:

Direktør:

Bjørlykke, Harald, dr. philos., a. 1. august 1958.

Statsgeologer I:

Broch, Olaf Anton, cand. real., a. 1. juli 1930.

Holmsen, Per, cand. real., a. 1. juli 1939. Tj.fri.

Oftedahl, Christoffer, dr. philos., a. 1. mars 1952.

Gjelsvik, Tore, dr. philos., a. 1. juli 1952. Tj.fri.

Skjeseth, Steinar, cand. real., a. 1. juli 1952.

Statsgeologer II:

Larssen, Kari Egede, cand. real., a. 1. juli 1953.

Siggerud, Thor, cand. real., a. 1. juli 1954.

Feyling-Hanssen, Rolf W., cand. real., a. 1. april 1956.

Hagemann, Fredrik, cand. real., a. 1. mars 1957.

Sverdrup, Thor Lorck, cand. real., a. 16. november 1958.

Midlertidige statsgeologer:

Holmsen, Gunnar, dr. philos.
Poulsen, Arthur O., cand. min.
Reitan, Paul H., B.A.

Vitenskapelige assistenter:

Bryn, Knut Ørn, cand. real., midl.
Skålvoll, Harald, cand. mag., midl.

Laboratorieingeniør:

Solli, Roar, sivilingeniør, tiltrer 1. februar 1959.

Kontorsjef:

Bertheau-Hansen, Chr., cand. min., a. 1. januar 1948.

Tekniske assistenter:

Wilhelmsen, John Willy, a. 23. juli 1954.
Klemetsrud, Halvard Tidemann, a. 1. juli 1957.
Haugen, Kjersti, a. 21. oktober 1958.
Eriksen, Erling, midl.

Preparanter:

Jacobsen, Knut, a. 1. januar 1943.
Tevelldal, Sverre, midl.

Tegnere:

Engelsrud, Dagny, a. 15. oktober 1925.
Vikholt, Hallfrid, a. 1. mars 1955.

Kontorfullmektig:

Øverland, Signe, a. 1. januar 1953.

Kontorassistenter:

Andersen, Eva, a. 1. september 1956.
Henriksen, Unni, a. 16. desember 1958.

Bud og kontorassistent:

Tscherning, Ida, midl.

Den oppførte dato for ansettelsen angir det tidspunkt som funksjonæren ble knyttet til NGU i hovedstilling.

NGU har enn videre i deltidsstilling eller timelønt: 1 vaktmester, 2 rengjøringskvinner, 5 tegner- og kontorassistenter, 1 vitenskapelig assistent, 1 preparantassistent, 1 laboratorieassistent, 1 pensj. professor som vitenskapelig medarbeider.

1 vitenskapelig assistent I-stilling og 1 laborant I-stilling var ved årsskiftet ikke besatt.

En del geologer ved andre institusjoner og viderekomne studenter har vært knyttet til NGU som vitenskapelige medarbeidere under sommerens markarbeid.

Regnskap og budsjett.

Statsbudsjettets kap. 2506.	<i>Regnskap</i> 1957/58	<i>Budsjett</i> 1958/59
Inntekter:		
1. Salg av kart og publikasjoner . . .	kr. 6 916,05	kr. 2 000,00
2. Oppdrag vedr. hydrogeologi	» 12 267,55	» 60 000,00
3. Andre oppdrag	» 7 135,96	» 5 000,00
	<hr/>	<hr/>
	kr. 26 319,56	kr. 67 000,00

Statsbudsjettets kap. 551.

Utgifter:

1. Lønninger	kr. 373 683,80	kr. 404 800,00
2. Kontorutgifter	» 90 283,85	» 85 000,00
3. Markarbeid	» 84 955,59	» 85 000,00
4. Trykning av kart og publikasjoner	» 51 718,06	» 50 000,00
5. Anskaffelse av instrumenter og inventar	» 19 950,67	» 20 000,00
6. Driftsutgifter ved laboratorier . .	» 22 964,36	» 28 000,00
7. Oppdragsvirksomhet i hydrogeologi	» 22 647,93	» 60 000,00
8. Ekstraordinært til NGU's jubileum	» 10 036,44	
9. Ymse	» 7 992,19	» 8 000,00
	<hr/>	<hr/>
	kr. 684 232,89	kr. 740 800,00

Statsbudsjettets kap. 555. Malmundersøkelser.

Utgifter:

1. I Finnmark	kr. 210 945,88	kr. 180 000,00
Begjært overført til 1958-59	» 9 054,12	» 9 054,12
2. Utenom Finnmark	» 39 926,68	» 50 000,00
	<hr/>	<hr/>
	kr. 259 926,68	kr. 239 054,12

Kap. 810. Kapitel under

Finansdepartementet kr. 15 000,00

Geologisk kartlegging.

Den geologiske kartlegging ved NGU utføres hovedsakelig som et systematisk arbeid med henblikk på å dekke hele landet med moderne geologiske karter.

Denne kartlegging baseres på det offentlige kartverk og med hjelp av flyfotos.

Kartleggingen har hittil foregått i målestokken 1: 100 000 (rektangel- og gradteigbladene) og er utarbeidet som kombinerte berggrunns- og løsavleiringskart. Videre utgir man for tiden spesielle løsavleiringskart i målestokk 1: 250 000 (landgeneralkartene). Dessuten er der under utarbeidelse løsavleiringskarter i 1: 50 000 over de viktige jordbruksstrøk i Mjøsdistriktene.

Foruten dette systematiske kartleggingsarbeid utarbeides der også en del geologiske karter over spesielle områder særlig for bruk ved malmleringsarbeider, undersøkelser av forekomster av industrielle mineraler og for løsning av spesielle geologiske problemer. For fremtiden vil NGU måtte omstille sitt arbeid til de nye offisielle karter (Natokartene) i målestokk 1: 50 000 og 1: 250 000.

Man må da særlig legge vekt på utgivelsen av karter i 1:250 000 for å få ferdig et fullstendig geologisk kartverk over landet innen en rimelig tid mens 1: 50 000 kartene inntil videre må forbeholdes særlig viktigere geologiske områder hvor der kreves en større målestokk.

Generell geologisk kartlegging.

I løpet av sommeren 1958 har NGU foretatt geologisk kartlegging innen følgende rektangel- og gradteigskart:

Kristiansand (Aust- og Vest-Agder). Prof. R. V. Dietrich fra Virginia, U.S.A., har kartlagt halvøya mellom Kristiansand og Høvåg.

Hvaler (Østfold). Geolog Chr. C. Gleditsch har foretatt supplerende undersøkelser i tilknytning til sin kartlegging av østsiden av Oslofjorden.

Nisser (Telemark). Konservator J. A. Dons har foretatt supplerende kartlegging på Nisser samt befaringer innen bladene Kviteseid og Rjukan.

D 36 Ø (vest for Kviteseid, Telemark). Cand. real. Gerd Brevig Lie-støl, assistert av stud. real. Ellen Kildal, fortsatte kartleggingen.

Lifjell (Telemark). Statsgeolog Thor Siggerud fortsatte sin kartlegging fra 1952.

Vinstra og Sjodalen (Oppland). Fortsatt kartlegging ved bergingeniør Brynjulf Dietrichson.

Frøya—Terningen (Sør-Trøndelag). Stud. real. Sigbjørn Kollung påbegynte en kartlegging av den nordligste del av Hitra og tilstøtende deler av Frøya.

Prof. Hans Ramberg fortsatte kartleggingen i de sentrale deler av Terningen.

Verdal (Nord-Trøndelag). Cand. mag. Fredrik Chr. Wolff påbegynte en kartlegging fra Malsådalen til det nordøstlige hjørne for å få tilslutning til statsgeolog Foslies kartlegging av Bjørkvassklumpen.

Tunnsjø og Trones (Nord-Trøndelag). Noen undersøkelser ved statsgeolog Chr. Oftedahl i anledning kartenes beskrivelse.

Børgefjell (Nordland). Stud. real. Arne Grønhaug og stud. real. Magne Gustavson fortsatte kartleggingen innen kartbladets vestre del. Stud. real. August Nissen påbegynte kartlegging til sin hovedfagsoppgave også i kartbladets vestre del.

Hattfjelldal (Nordland). Stud. real. Lisbeth Reh påbegynte kartlegging mellom Fiplingdalen og Susendalen til sin hovedfagsoppgave. Prof. Trygve Strand var på kort befarings innen bladene Børgefjell og Hattfjelldal i anledning hovedfagsarbeidene.

Tromsø og Målselv (Troms). Direktør Kåre Landmark har i tilslutning til utgivelsen av disse kartblad fortsatt rekognosering på nabo-bladene.

Øksfjord—Kåfjord (Finnmark). Professor Ferdinand Geukens, assistert av ing. Jules Moreau, begge Louvain, Belgia, har kartlagt et område omkring kartbladenes felles grense vest for Altafjorden.

Komagfjord (Finnmark). Statsgeolog Paul Reitan kartla ca. 300 km² av det nordligste Raipas-vindu som fortsettelse av tidligere års arbeider.

Nordkapp (Finnmark). Geolog J. J. C. Geul, Holland, kartla strøket fra Honningsvåg omkring veien til Nordkapp.

Masi (Finnmark). Vitenskapelig assistent Harald Skålvoll kartla den østlige del av kartbladet, øst for Kautokeinoelven.

Laksefjordvidda og Lebesby (Finnmark). Tidl. direktør Sven Føyn fortsatte kartlegging, assistert av preparant Sverre Teveldal.

Spesiell kvartærgeologisk kartlegging.

Hamar og Gjøvik (Hedmark og Oppland). Det kvartærgeologiske kartleggingsarbeid ble fortsatt fra tidligere år i samarbeid med amanuensis Rolf Selmer-Olsen. Arbeidet ble utført av statsgeolog Kari Egede Larssen, midlertidig geolog Ole K. Ihle og teknisk assistent John Wilhelmsen. Innen de nye 1:50 000 Nato-gradteigskart er Eina fullført og Elverum nesten ferdig.

Trondheim—Melhus (Sør-Trøndelag). Cand. real. Fredrik Huseby har fortsatt sin kartlegging i Trondheims omegn og Gaulas dalføre.

Nord-Reisa (Troms). Innen det område som er uten trykte gradteigskart har statsgeolog Rolf Feyling-Hanssen innen Natobladet Nordreisa Vest drevet kvartærgeologisk kartlegging i strøkene mellom Lyngenfjord og Reisadalen, med særlig henblikk på isavsmeltingens forløp.

Alta—Kautokeino (Finnmark). Lektor Torbjørn Fjellang har fortsatt sine undersøkelser over moreneavsetninger og isavsmeltningsfenomener mellom Alta og Kautokeino.

Geologiske kart.

Av statsgeolog Steinar Foslies geologiske manuskriptkart fra Grongfeltet, under utgivelse av statsgeolog Chr. Oftedahl, er rektangelkartene Tunnsjø, Trones og Sanddøla trykt, og Jævsjø, Bjørkvassklumpen, Nordli og Sørli er under forberedelse til trykning.

I den kvartærgeologiske kartserie i målestokk 1: 250 000, utgitt av pensjonert statsgeolog Gunnar Holmsen, er utkommet kartbladet Ljørdalen med beskrivelse (NGU nr. 206).

Gradteigskartet Måselv, kartlagt av direktør Kåre Landmark i samarbeid med NGU, vil bli utgitt av Tromsø Museum. Kartet er ved årsskiftet under trykning. Beskrivelse ved direktør Landmark vil utkomme i NGU's serie.

Kartet «Norges Gruber og Malmforekomster. II Nord-Norge», er trykt. Det er i målestokk 1: 1 million, og er utgitt av statsgeolog A. O. Poulsen. Kartet vil bli ledsaget av en beskrivelse, NGU nr. 204.

Som trykkferdige geologiske manuskriptkart i målestokk 1: 100 000 foreligger følgende kartblad: Rjukan, Kviteseid, Ofoten og Tromsø.

Spesielle undersøkelser.

Den internasjonale geologkongress i Norden 1960. Som forarbeider til kongressens ekskursjoner har følgende undersøkelser blitt utført:

Statsgeolog Olaf Anton Broch har studert ekskursjonsrute i Telemark i 2½ måned. Særlig ble strøket på nordsiden av Totakvann undersøkt.

Statsgeolog Chr. Oftedahl har foretatt undersøkelser i den sørlige halvdel av Oslofeltets eruptivområde.

Statsgeolog Thor Sverdrup har befart områder ved Kragerø og Iveland—Evje i samarbeid med førstekonservator dr. Henrich Neumann.

Permittert statsgeolog Per Holmsen har rekognosert i strøket Hjerkin—Oppdal sammen med prof. Ivan Th. Rosenqvist.

Diverse. Som forarbeid til utgivelsen av et geologisk kart over Karmøy har prof. Fridtjov Isachsen og statsgeolog Chr. Ofedahl foretatt befarings av viktigere lokaliteter på Karmøy.

Statsgeolog Kari Egede Larssen har foretatt kortere befaringer i Hedmark og Vestfold for innsamling av materiale for C 14-aldersbestemmelser og for arbeider i samarbeid med Oldsaksamlingen, Myrselskapet og Norges landbrukshøgskole. Hun har dessuten fortsatt pollenanalytiske undersøkelser fra ytre Vestfold.

Absolutt geologisk aldersbestemmelse.

Radiokjemiske metoder utviklet i de siste desennier til absolutt aldersbestemmelse av bergarter inngår i det rutinemessige geologiske

arbeid, men krever sitt spesielle laboratorieutstyr som ennå ikke er tilgjengelig i Norge.

Vårt arbeid på dette felt er derfor avhengig av hjelp fra utenlandske laboratorier og har av den grunn ikke kunnet drives systematisk. I år er innledet samarbeid med det sovjetrussiske laboratorium for aldersbestemmelse og vi vil få utført et forholdsvis stort antall bestemmelser.

I den anledning foretar NGU nå systematisk innsamling av prøver fra geologisk vel definerte områder over hele landet. De nødvendige separasjonsarbeider foretas i våre egne laboratorier. De første prøver er nå ferdige til å sendes til endelig aldersbestemmelse i Russland.

Det er dermed utsikt til å få belyst en del viktige geologiske problemer av denne art noe mere systematisk. Vi må imidlertid regne med at dette er en engangsføreteelse, og det vil alltid være ganske snevre grenser for hva de utenlandske laboratorier er interessert i å motta av norske materiale. Tilfredsstillende forhold på dette viktige område av moderne geologi blir det først når NGU får sitt eget spesialutstyr.

Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer.

Blokkleting.

Den systematiske leting etter malmblokker ble i 1958 fortsatt med fire av blokkleterne fra 1957, Ivar Homstad, Johannes Nordfjellmark, Torleif Bjerkan og Sverre Strømmen. Blokkletingene ble drevet på vestsiden av Tunnsjøen, hvor den malmførende grunnsteinsforma-sjon har stor utbredelse. Ingen oppslag til eventuelle nye forekomster ble funnet.

I anledning av funn av kisblokker i stranden ved Andalsvågen, Yre Velfjord i Sør-Helgeland, foretok en blokkleter en rekognosering av Velfjord, med regativt resultat.

Malm- og mineralforekomster, prydstein.

Stud. real. Boye Flood har påbegynt en geologisk undersøkelse av Straumfjordens kopperfelt, Kvæfjord på Hinnøy.

Statsgeolog Thor Sverdrup har med bevilgning fra Utbyggingsfondet for Nord-Norge gjennomført en undersøkelse av kvarts-felt-spatbruddene i Drag, Tysfjord, og bruddenes omgivelser.

Statsgeolog Chr. Oftedahl har befart prydsteinsforekomstene i ytre Velfjord, Sør-Helgeland, etter oppfordring av Industridepartementet.

Statsgeologene har videre befart en rekke mindre malmforekomster, etter anmodning fra offentlige organer og privatpersoner. NGU har dessuten i årets løp besvart et stort antall muntlige og skriftlige forespørsler og bestemt innsendte prøver av mineraler, bergarter og jordarter.

Uran—thorium-undersøkelser.

Det har i 1958 vært utført en rekke befaringer, i Telemark, Aust- og Vest-Agder og Rogaland. En befaringsreise har også vært foretatt til Nord-Norge, med særlige arbeider i Troms.

Resultatene fra flere av befaringene gir grunnlag for videre undersøkelser. Mange av de undersøkte forekomster var funnet av private. En rekke av forekomstene er granitt-pegmatitter, og som sådanne med liten totalgehalt av uran. Erfaringen til i dag har vært at pegmatitter ikke kan gi grunnlag for en økonomisk lønnsom drift på uran.

Arbeidene har vært utført av statsgeologene Thor Siggerud og Thor Sverdrup og teknisk assistent Erling Eriksen.

Store deler av sommeren har gått med til generelle geologiske undersøkelser, forarbeider til ekskursionene ved den internasjonale geologkongress i 1960 og som rådgiver i forbindelse med atomenergi-konferansen i Geneve.

Annleggsgeologi.

NGU har som vanlig foretatt befaringer og avgitt uttalelser av anleggsgeologisk art.

Hydrogeologi.

Behovet for geologisk assistanse ved planlegging av vannforsyningsanlegg er stigende. Statsgeologene Steinar Skjeseth og Fredrik Hagemann har foretatt reiser i hele landet i forbindelse med dypbrønnboring og grunnvannsspørsmål. Brønnboringene i Finnmark har gitt svært gode resultater og vil bli omtalt i Årbok 1958.

Etter henvendelse fra lokale landbruksselskap ble det i løpet av året foretatt en samlet planlegging av vannforsyningen i et distrikt. Ved denne organiserte undersøkelse kunne en legge opp en plan for løsning av vannspørsmålet i området. Etter befaringene på de enkelte stedene ble vannforsyningsspørsmålet drøftet på et møte der geologen

først ga en orientering om geologien og grunnvannsforholdene i distriktet. Norges geologiske undersøkelse har fått henvendelse om å foreta lignende undersøkelser i flere kommuner neste år.

For å få registrert og kartlagt flest mulig av de utførte borebrønner i landet har vannboringsarkivet søkt hjelp hos jordstyrene i forskjellige kommuner. I jordstyrene har de velvillig merket av borebrønner på tilsendt kart. På denne måten har en fått en nesten fullstendig oppgave over borebrønnene i flere fylker. Registreringsarbeidet utføres av fru Aase Walderhaug.

Arbeidet med utnyttelse av grunnvann i løsavleiringer er ført videre og har gitt oppmuntrende resultater. Tekniker Tidemann Klemetsrud har foretatt prøveboringer og laboratorieundersøkelser av vannførende formasjoner ved planlegging av rørbrønner i flere dalfører. Rørbrønner på Rena og Elverum har gitt 2—6000 l/min. Vannet er av god kvalitet, og vannkildene ligger nær forbrukssted, slik at de sparer lange tilførselsledninger. Resultatene på de to stedene viser klart betydningen av videre undersøkelser og arbeider på dette felt. Vannboringsarkivet har fått i oppdrag å undersøke mulighetene for en lignende vannforsyning til en rekke industrielle bedrifter og tettbebyggelser. En nærmere beskrivelse av rørbrønnene på Rena og Elverum gis i Årbok 1958.

Lokaler.

NGU's bygning, Josefines gate 34, fikk soppangrep sommeren 1958, og en reparasjon av skadene ble gjennomført om høsten.

I desember fikk NGU tilsagn om å få disponere 5 rom i Eilert Sundts gate for institusjonens avdeling for hydrogeologi.

Institusjonen disponerer dessuten 3 kontorrom og laboratorium på Institutt for Geologi, Universitetet, Blindern, og 3 kontorrom og laboratorium på Geologisk Museum på Tøyen.

NGU's nybygg i Trondheim.

Plankomiteen for nybygget i Trondheim hadde inntil 1. august 1958 følgende sammensetning:

Direktør Karl Ingvaldsen, formann
Riksarkitekt K. M. Sinding-Larsen
Arkitekt Tycho Castberg
Direktør Sven Føyn
Sekretær Arne Parmann.

Som sekretær var oppnevnt kontorsjef Rolf Skjetne.
Arbeidsutvalg:
Direktør Karl Ingvaldsen
Arkitekt Tycho Castberg
Direktør Sven Føyn.

Ved direktørskiftet den 1. august overtok direktør Harald Bjørlykke direktør Føyn's plass i komiteén og arbeidsutvalget.

Arbeidet med planleggingen av NGU's nye bygg på Østmarknesset ved Trondheim har fortsatt etter planen og man regner med at byggearbeidet kan påbegynnes i mai 1959. Bygget er da beregnet ferdig til innflytning i første halvdel av 1961.

Bibliotek.

Den pågående reparasjon i biblioteket har medført at for en tid måtte bortimot fjerdeparten av bøkene ryddes unna.

Mindre kurante serier og tidsskrifter som er tilgjengelige i her-
værende biblioteker er pakket ned og lagret i en kjeller på Blindern
universitet. Kassene — i alt 31 stkr. — er pakket med tanke på en
senere flytning til Trondheim.

Tilveksten i det forløpne år utgjør 1400 nummer. Ialt omfatter
biblioteket 39 296 bind.

Statsgeolog Arth. O. Poulsen har fortsatt som bibliotekar.

Bergarkiv.

Bergarkivet har i årets løp hatt en tilvekst av 213 rapporter,
hvorav 198 angår malmforekomster og 15 gjelder industrielle mine-
raler og bergarter.

Ialt har Bergarkivet 3583 rapporter, hvorav 3100 gjelder fore-
komster av mutbare ertser og mineraler.

Kartsamlingen viser en tilvekst av 98 kart og omfatter 1439 kart.

Vår samling av tracinger har bare hatt en helt ubetydelig tilvekst
i det forløpne år.

Bergarkivet har i årets løp utarbeidet grafiske framstillinger og
oversiktskarter til vår jubileumsutstilling i mai måned og til utstillin-
gen: Kjemiteknikk-Metallurgi-Vernearbeid, høsten 1958 på Akershus.

Det arbeides for tiden med et oversiktskart over landets forekom-
ster av industrielle mineraler og bergarter.

Statsgeolog Arth. O. Poulsen har fortsatt som ansvarshavende for
Bergarkivet.

Laboratorier.

NGU's kjemiske laboratorium har lokaler i Geologisk Museum. I løpet av året har der blitt utført 30 fullstendige silikatanalyser og ca. 150 andre analyser og oppdrag.

Foruten analyser i forbindelse med NGU's eget arbeid er der utført oppdrag for Geologisk Museum og undersøkt innsendte prøver.

Spektralanalyser er utført ved Sentralinstituttet for industriell forskning.

Leder for det kjemiske laboratorium var inntil 1. oktober laboratorieingeniør Brynjolf Bruun.

Ved *Jordartslaboratoriet* er det foretatt ca. 150 differensialtermiske analyser og ca. 200 mekaniske analyser som delvis har vært knyttet til kartbladbearbeidelsen.

I forbindelse med vannforsyning fra kvartære avsetninger er der undersøkt ca. 60 prøver.

Besvarelsen av innsendte prøver fra industrien og statsinstitusjoner er foretatt for en del prøver.

Cand. mag. Ole K. Ihle og stud. real. Lisbeth Reh har vært ansatt ved *Jordartslaboratoriet* i halvdagsstilling.

Ansvarshavende for *Jordartslaboratoriet* har vært teknisk assistent John Wilhelmsen.

Mikropaleontologisk laboratorium. Ved laboratoriet, som er innredet i Geologisk Instituttets bygning, Universitetet, Blindern, er det i beretningsåret opparbeidet 350 prøver for mikropaleontologiske prøver. Foruten prøver som inngår i NGU's spesialundersøkelser er det opparbeidet og analysert prøver innsendt fra Norges Geotekniske Institutt, Universitetets geologiske og geografiske institutter, Oldsaksamlingen og Norges landbrukshøyskole på Ås. Etter cand. mag. Dag Risdal, som sluttet i beretningsåret, utføres det daglige arbeid i laboratoriet av laborant Audun Nygaard.

Radiometrisk laboratorium. I løpet av høsten måtte laboratoriet flyttes til NGU's lokaler i Geologisk Museum på Tøyen.

Foruten bearbeidelse av eget innsamlet materiale fra feltundersøkelser har laboratoriet undersøkt innsendte prøver og besvart ca. 200 forespørsler. Mesteparten av de innsendte prøvene er fra pegmatitter.

Laboratorietellerne er overhølet og nye standardkurver er utarbeidet. Gjennom et tidsrom på våren ble det forsøkt å undersøke bakgrunnsvariasjonene fra dag til dag ved selvregistrerende instrumenter.

Feltutstyret er det samme som tidligere. Det har vært noe utlån av G-M-tellere. Arbeidet med å konstruere en liten og meget lett teller til bruk for geologer ved vanlige geologiske undersøkelser er i gang.

Leder av laboratoriet er statsgeolog Thor Siggerud.

Publikasjoner.

I NGU's serie er i 1958 utkommet:

- Nr. 202. Christoffer Oftedahl: *Oversikt over Grongfeltets skjerp og malmførekoster*. (S.) 76 s.
- Nr. 203. Årbok 1957. (Innhold: Brynjulf Dietrichson: *Variation Diagrams supporting the stratiform, magmatic origin of the Jotun Eruptive Nappes*. (Sammendrag: Variasjonsdiagrammer av Jotuneruptivdekkenes bergartsserier bekrefter deres primært magmatiske lagdeling, fremkommet ved mere og mindre komplett, gravitativ differentiasjon.) Rolf W. Feyling-Hanssen: *Mikropaleontologiens teknikk*. (S.) Tore Gjelsvik: *Epigenetisk koppermineralisering på Finnmarksvidda*. (S.) Tore Gjelsvik: *Albittrike bergarter i den karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge*. (S.) Christoffer Oftedahl: *Storisens transport av kisblokker fra Joma*. (S.) Paul H. Reitan: *The structure in the area of mineralization on Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark*. (Sammendrag: Strukturer i det mineraliserte område på Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark.) Steinar Skjeseth: *Vann i grus og sand*. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 6. (S.) Steinar Skjeseth: *Norske kilder*. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 7. (S.) Steinar Skjeseth: *Uran i kambrisk alunskifer i Oslofeltet og tilgrensende områder*. (S.) Trygve Strand: *Greenschists from the south-eastern part of Helgeland, Norway, their chemical composition, mineral facies and geological setting*. (Sammendrag: Grønnskifer fra den syd-østlige del av Helgeland.) F. M. Vokes: *A note on the sulphur isotope composition of chalcopyrite and pyrrhotite from the Moscovissa mines, Birtavarre, Troms*. (Sammendrag: Svovelisotopforholdet i

kopperkis og i magnetkis fra Moskogaissa-gruvene, Birtavarre.) Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1957. Ved direktør Sven Føyn. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 172 s.

- Nr. 206. Gunnar Holmsen: *Ljørdalen. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart.* (S.) 27 s.

Trykte geologiske kart, se s. 241.

I andre tidsskrifter er det i 1958 trykt følgende artikler av NGU's stab:

1. Olaf Anton Broch: *Norges Geologiske Undersøkelse 100 år.* Naturen, 82, 1958, s. 464—475.
2. Kari Egede Larssen: *Den pollenanalytiske undersøkelse.* (Ledd i undersøkelsen av «en stokkebro i Båsmyr på Freberg i Sandar, Vestfold».) Viking, 1957—58, s. 126—130.
3. Rolf W. Feyling-Hanssen: *Stratigrafi og skjærfasthet, et geoteknisk problem geologisk belyst.* Naturen. Nr. 1, 1958. (Også Norges Geotekniske Institutt. Publ. Nr. 29.)
4. Rolf W. Feyling-Hanssen: *Stratigraphy and shear strength, an application of micropaleontology to soil mechanics in Norway.* Actes du V. Congr. Internat. du Quaternaire, 1957. Madrid-Barcelona 1958.
5. Tore Gjelsvik: *Extremely Soda Rich Rocks in the Karelian Zone, Finmark, Northern Norway.* Geol. För. Förhandl., Stockholm, 80, 1958, p. 381—406.
6. Gunnar Holmsen: *Et ildsted fra stenalderen under Tryvann stasjon.* St. Halvard, 1958, s. 81—84.
7. Per Holmsen: *Alkalisyenitter av Oslofeltets eruptivstamme i Danmarks dyper undergrunn.* Meddel. fra Dansk Geol. For., 14, 1958, s. 61—62.
8. Christoffer Oftedahl: *A Theory of Exhalative-Sedimentary Ores.* Geol. För. Förhandl., Stockholm, 80, 1958, s. 1—19.
9. Christoffer Oftedahl: *En ny hypotese for de kaledonske kismalmsdannelser.* Autoreferat av foredrag i Norsk Geol. Forening 13/3-1958. Norsk Geol. Tidsskr., 38, 1958, s. 267.
10. Paul Reitan: *Pegmatite Veins and the surrounding Rocks. II. Changes in the Pegmatite Veins, Risør, Norway.* Norsk Geol. Tidsskr., 38, 1958, p. 279—312.

Norges geologiske undersøkelses hundreårsjubileum.

Stiftelsesdagen ble minnet ved taler i Norsk Geologisk Forening og Norsk Rikskringkasting 6. februar 1958. Jubileumsfesten ble holdt i forbindelse med åpning av en utstilling 9. mai i Oslo Håndverk- og Industriforenings lokaler. Det var festmøte med nærvær av H.M. Kong Olav og en rekke innbudne om formiddagen og festmiddag i Oslo Militære Samfunds lokaler om aftenen. — Utstillingen varte fra 10. til 14. mai og ble besøkt av over 5000 interesserte. — Det ble også utgitt et skrift «Geologi og Norges geologiske undersøkelse» trykt i 5000 eksemplarer — se N.G.U. Småskrifter nr. 5. — Nærmere om jubileet finnes i Gunnar Holmsen: «Norges Geologiske Undersøkelse gjennom 100 år», trykt i nærværende årbok.

Undervisning — Ekskursjoner i Norge.

Flere av statsgeologene er beskjeftiget med regulær undervisning ved Universitetet og Norges landbrukshøgskole. Dessuten har NGU's geologer i løpet av året ved flere anledninger ledet ekskursjoner for forskjellige skoler og institusjoner her i landet. De har også medvirket ved utenlandske geologers studiebesøk i Norge.

Statsgeologene har holdt en rekke foredrag om geologi, bl. a. i Norsk Rikskringkasting og i faglige foreninger.

Internasjonale geologmøter — Studiereiser i utlandet.

Det III Nordiske Geologiske Vintermøte ble avholdt i Helsingfors i begynnelsen av januar. NGU var representert ved direktør Sven Føyn og statsgeologene Tore Gjelsvik, Paul Reitan og Dwight Crowder.

I tilslutning til vintermøtet ble det i Helsingfors avholdt det 2. Nordiske Urangeologmøte, hvor direktør Sven Føyn og statsgeolog Thor Siggerud møtte fra NGU.

På Jahresversammlung der Geologischen Vereinigung 22.—24. mars i Karlsruhe deltok statsgeolog Chr. Oftedahl og holdt et foredrag om Oslofeltets eruptiver.

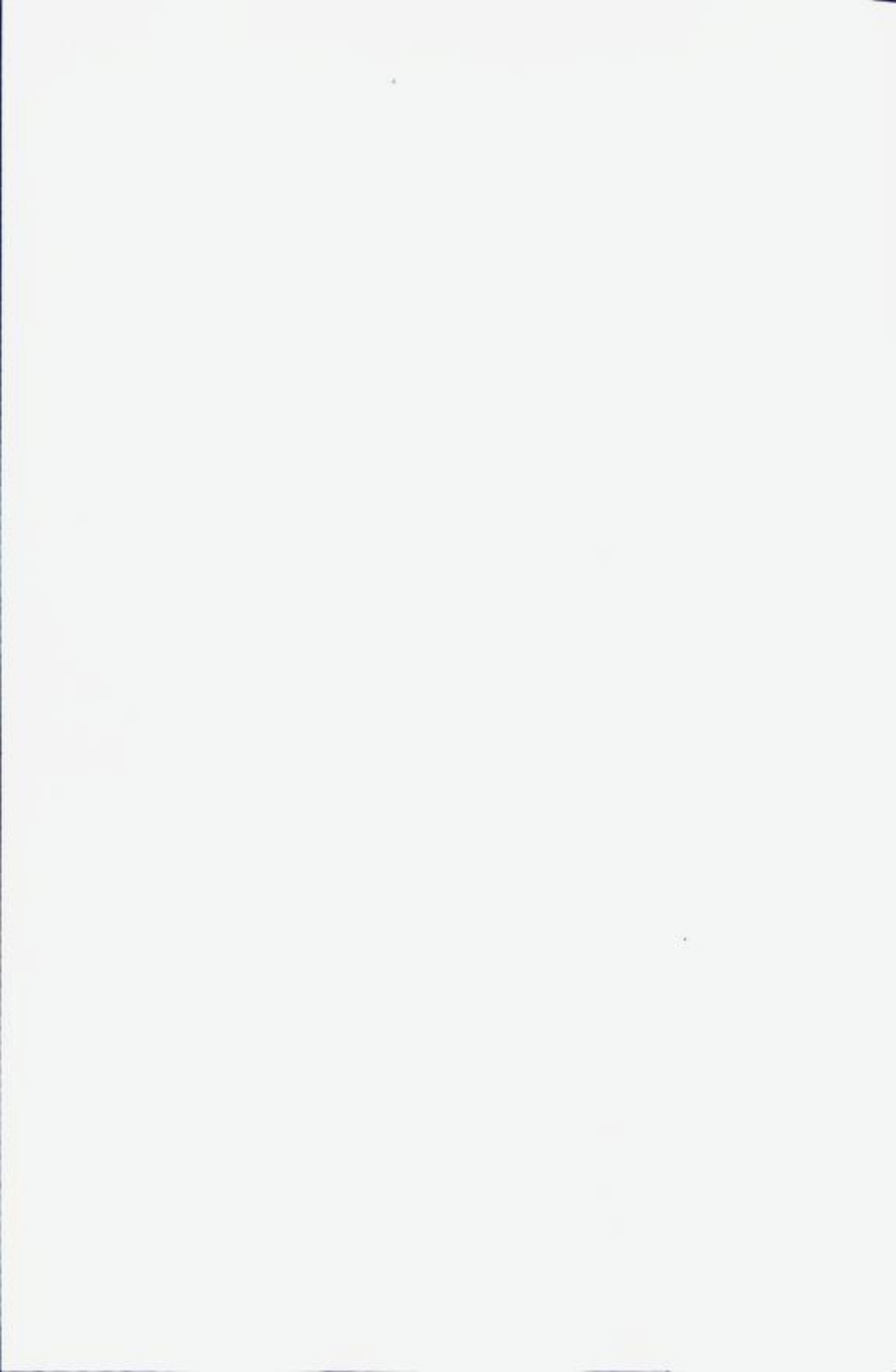
I begynnelsen av april deltok direktør Sven Føyn og prof. Olaf Holtedahl som representanter for NGU og Norge ved Commission de la Carte Geologique du Monde's møter i Paris.

Sveriges Geologiska Undersökning holdt sitt 100 års jubileum i Stockholm i dagene 4.—7. juli. Direktør Sven Føyn og statsgeologene

Chr. Oftedahl, Rolf Feyling-Hanssen og Fredrik Hagemann deltok i jubileet og det i forbindelse med jubileet arrangerte VII Nordiske Geologmøte (foredragsmøter og ekskursionsjoner).

Commission de la Carte Geologique de l'Europe avholdt møte i Stockholm i dagene 31. august og 1. september. NGU ble representert av statsgeolog Chr. Oftedahl.

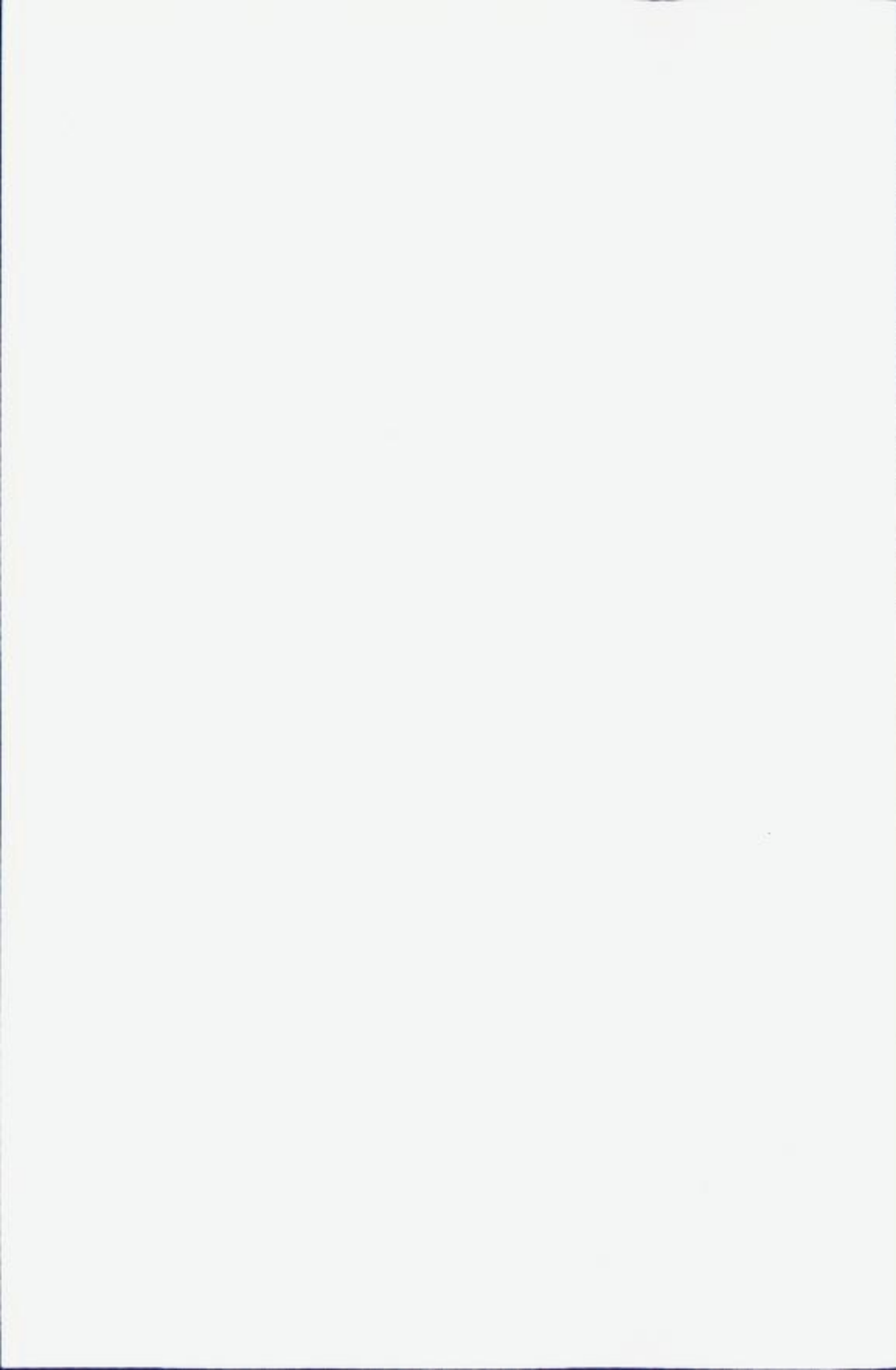
Statsgeolog Thor Siggerud deltok som rådgiver, oppnevnt av regjeringen, i De Forenede Nasjoners 2. Konferanse om fredelig utnyttelse av atomenergi i Genève 1.—14. september.



FORTEGNELSE OVER
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
PUBLIKASJONER OG KART

*List of publications and maps
issued by
Norges Geologiske Undersøkelse*

Papers in Norwegian marked with an (S.) after the title have summaries in English. Papers marked with (Z.) (Zusammenfassung) or (R.) (Résumé) have summaries in German or French, respectively.



Norges geologiske undersøkelse har utgitt i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. i Oslo:

1. Aarvog for 1891 (Indhold: *K. O. Bjørlykke*: Graptolittførende skifere i vestre Gausdal. *Th. Münster*: Foreløbige meddelelser om reiser i Mjøsegnene udførte for Den Geologiske Undersøgelse sommeren 1889. *Joh. C. Andresen*: En nyfundet flek av primordial i Hennungsbygden, Grans præstegjæld. *Hans Reusch*: En dag ved Åreskutan. *S. A. Houglund*: Bergartsgange ved Sand i Ryfylke. *G. E. Stangeland*: Bemærkninger om endel myrstrækninger i Bergs og Rakkestads præstegjælde i Smaalenene samt om myrene paa Jæderen. *J. Johnsen*: Svenningsdals sølvgruber. *J. P. Friis*: Feldspat, kvarts og glimmer, deres forekomst og anvendelse i industrien. *Hans Reusch*: Granitindustrien ved Idefjorden. *Hans Reusch*: Skuringsmærker og morænegrus eftervist i Finmarken fra en periode meget ældre end «istiden». (S.)) Kr. 1.50.
2. *C. H. Homan*. Selbu. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Selbus omraade. (S.) 1890. Kr. 1.00.
3. *J. H. L. Vogt*. Salten og Ranen, med særlig hensyn til de vigtigste jernmalm- og svovelkis-kobberkis-forekomster samt marmorlag. (Z.) 1890. Utsolgt.
4. *Hans Reusch*, med bidrag af *Tellef Dahll* og *O. A. Corneliusen*. Det nordlige Norges geologi. (S.) 1891. Utsolgt.
5. *G. E. Stangeland*. Torvmyrer inden kartbladet Sarpsborgs omraade. (S.) Med kart. 1891. Kr. 1.00.
6. *J. H. L. Vogt*. Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige repræsenterede grupper af jernmalmsforekomster. (Z.) Utsolgt.
7. *J. H. L. Vogt*. Nikkelforekomster og nikkelproduktion. (Z.) 1892. Utsolgt.
8. *G. E. Stangeland*. Torvmyrer inden kartbladet Nannestads omraade. (S.) Med kart. 1892. 1.50.
9. *Amund Helland*. Jordbunden i Norge. (S.) 1893. Utsolgt.
10. *Amund Helland*. Tagiskifere, heller og vækstene. 1893. Kr. 3.00.
11. *W. C. Brøgger*. Lagfølgen på Hardangervidda og den såkaldte «hoifjeldskvarts». (Z.) 1893. Kr. 2.50.
12. *Carl C. Rüber*. Norges granitindustri. (S.) 1893. Kr. 1.00.
13. *K. O. Bjørlykke*. Gausdal. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Gausdals omraade (S.) 1893. Kr. 1.00.
14. Aarvog for 1892 og 93. (Indhold: *H. Reusch*: Strandflaten, et nyt træk i Norges geografi. (Med kart.) *H. Reusch*: Mellem Bygdin og Bang. *H. Reusch*: Har der eksisteret store, isdæmmede indsjøer paa østsiden af Langfjeldene? *K. O. Bjørlykke*:

- Hoifjeldskvartsens nordøstligste udbredelse. *J. P. Friis*: Udvinning af feldspat og glimmer i Småalenene. *Amund Helland*: Dybderne i nogle indsjøer i Jotunfjeldene og Thelemarken. *E. Ryan*: Undersøgelse af nogle torvprøver. *Amund Helland*: Opdyrkning af lerbaldet i Værdalen.) 1894. Kr. 2.50.
15. *J. H. L. Vogt*. Dunderlandsdalens jernmalmfelt i Ranen, Nordlands amt, lidt søndenfor polarkredsen. (Z.) 1894. Kr. 2.00.
 16. *Amund Helland*. Jordbunden i Jarlsberg og Larviks amt. 1894. Kr. 3.00.
 17. *J. H. L. Vogt*. Nissedalens jernmalforekomst. (I Thelemarken.) (Z.) 1895. Kr. 1.25.
 18. *Amund Helland*. Jordbunden i Romsdals amt. I. Den almindelige del og herredene i Søndmør. 1895. Utsolgt.
 19. *Amund Helland*. Jordbunden i Romsdals amt. II. Herredene i Romsdalen og Nordmør. 1895. Utsolgt.
 20. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. I. (S.) 1896. Utsolgt.
 21. Aarboeg for 1894 og 95. (Indhold: *H. Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1890—95.) 1896. Kr. 2.00.
 22. *J. H. L. Vogt*. Norsk marmor. (Z.) 1897. Kr. 5.00.
 23. *Amund Helland*. Lofoten og Vesteraalen. 1897. Kr. 2.50.
 24. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. II. (S.) 1897. Kr. 2.50.
 25. *K. O. Bjørlykke*. Geologisk kart med beskrivelse over Kristiania by. 1898. Kr. 2.50.
 26. *K. O. Bjørlykke*. Norges Geologiske Undersøgelsses udstilling i Bergen. (S.) 1898. Kr. 0.50.
 27. *J. P. Friis*. Terrængundersøgelser og jordboringer i Stjørdalen, Værdalen og Guldalen samt i Trondhjem i 1894, 95 og 96. (S.) Kr. 1.00.
 28. Aarboeg for 1896 til 99. (Indhold: *Andr. M. Hansen*: Skandinaviens stigning. (S.) *A. Helland*: Strandlinjernes fald. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Løse afleiringer i øvre Foldalen. (S.) *J. Rekstad*: Om periodiske forandringer hos norske bræer. (S.) *Adolf Dal*: Geologiske iagttagelser omkring Varangerfjorden. (S.)) 1900. Kr. 2.00.
 29. *J. H. L. Vogt*. Søndre Helgeland. Morfologi. Kvartærgeologi. Svenningdalens sølvvertsgange. (Z.) 1900. Kr. 2.50.
 30. *Ths. Münster*. Kartbladet Lillehammer. Tekst. (Z.) 1900. Kr. 1.00.
 31. *W. C. Brøgger*. Om de senglaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet. (Molluskfaunaen.) (S.) 1900—01. Kr. 10.00.
 32. Aarboeg for 1900. (Indhold: 9 avhandlingar av *H. Reusch*. Nogle optegnelser fra Værdalen. (Det store Værdalskred m. m.) Jordfaldet ved Mørset i Stjørdalen. Hoifjeldet mellem Vangsmjøsen og Tisleia (Valdres). Listerlandet. Istidsgruset ved Lysefjordens munding. En forekomst af kaolin og ildfast ler ved Dydland nær Flekkefjord. Skjærgaarden ved Bergen. Oplysninger til Blakstads jordbundskart over Trondhjems omegn. Nogle bidrag til forstaaelsen af hvorledes Norges dale og fjelde er blevne til. (S.)) 1901. Kr. 3.00.
 33. Aarboeg for 1901. (Indhold: *H. Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1896—1900.) 1902. Kr. 2.00.
 34. Aarboeg for 1902. (Indhold: *Johan Kiær*: Etage 5 i Asker. (S.) *Reusch, Rekstad* og *K. O. Bjørlykke*: Fra Hardangerviddan. (S.) *J. Rekstad*: Iagttagelser fra bræer

- i Sogn og Nordfjord. (S.) *J. Rekstad*: Geologisk kartskisse over tragtene omkring Velfjorden, med beskrivelse. (S.) 1902. Kr. 2.50.
35. *O. E. Schiøtz*. Den sydøstlige del af Sparagmit-Kvartsfjeldet i Norge. (S.) Med kart. Tillegg: *W. C. Brøgger*. *Agnostus gibbus*, Linrs. var. *Schiøtzii*. 1903. Kr. 3.00.
36. Aarboeg for 1903. (Indhold: *J. P. Friis*: Andøens kulfelt. (S.) *H. Reusch*: Nogle optegnelser fra Andoen. (S.) *H. Reusch*: Fra det indre af Finmarken. (S.) *H. Kaldhol*: Suldalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Fra høifjeldstroget mellem Haukeli og Hemse-dalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Skoggrændsens og snelinjens større høide tidligere i det sydlige Norge. (S.)) 1903. Kr. 3.50.
37. Aarboeg for 1904. (Indhold: *Jens Holmboe*: Om faunaen i nogle skjælbanker og lerlag ved Norges nordlige kyst. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om oversiluren i Brumund-dalen. (S.) *Andr. M. Hansen*: Litt om Mjøsøkelen. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til kartbladet Dønna. (S.) *Johan Kiær*: Bemærkninger om oversiluren i Brumund-dalen. (S.) *J. Rekstad*: Fra det nordøstlige af Jotunfjeldene. (S.) Med kart. *H. Reusch*: Nogle notiser fra Sigdal og Eggedal. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Et kort tilsvaer til dr. Kiærs bemærkninger om oversiluren i Brumunddalen. (S.)) 1904. Kr. 350.
38. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. III. (S.) 1904. Kr. 2.50.
39. *K. O. Bjørlykke*. Det centrale Norges fjeldbygning. (S.) Med kart. Tillegg: *Chas. Lapworth*. Notes on the Graptolites from Bratland, Gausdal, Norway. 1905. Kr. 10.00.
40. *Hans Reusch*. Voss. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Voss's omraade. (S.) 1905. Kr. 2.00.
41. *W. C. Brøgger*. Strandliniens beliggenhet under stenalderen i det sydøstlige Norge. (Z.) 1905. Kr. 4.00.
42. *A. W. Brøgger*. Øxer av Nøsttvettypen. Bidrag til kunskaben om ældre norsk sten-alder. (Z.) 1905. Kr. 2.00.
43. Aarboeg for 1905. (Indhold: *K. O. Bjørlykke*: Om Selsmyrene og Lesjasandene. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om ra-ernes bygning. (S.) *J. H. L. Vogt*: Om relationen mellem størrelsen af eruptivfelterne og størrelsen af de i eller ved samme op-trædende malmudsondringer. (Z.) *J. Rekstad*: Iagttagelser fra Folgefondens bræer. (Z.) *J. H. L. Vogt*: Om Andøens jurafelt, navnlig om landets langsomme ned-synken under juratiden og den senere hævnning samt gravforkastning. (Z.) *C. Bugge*: Kalksten og marmor i Romsdals amt. (S.) *J. Rekstad*: Fra Indre Sogn. (S.)) 1905. Kr. 3.50.
44. Aarboeg for 1906. *Hans Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1901—1905. 1907. Kr. 2.50.
45. Aarboeg for 1907. (Indhold: *J. Rekstad*: Folgefonnshalvøens geologi. (S.) *C. Bugge*: Bergverksdriften i Norge 1901—1905. *H. Reusch*: Skredet i Loen 15de januar 1905. (S.) *C. Bugge*: Bemærkninger om norsk stenindustri. *Olaf Holtedahll*: Alunskiferfeltet ved Øieren. (Z.) 1907. Kr. 3.00.
46. *J. H. L. Vogt*. De gamle norske jernverk. (Z.) 1908. Kr. 1.50.
47. *Hans Reusch*. Tekst til geologisk kart over fjeldstrokene mellem Jostedalsbræen og Ringerike. (S.) Med kart. 1908. Kr. 2.50.
48. *K. O. Bjørlykke*. Jæderens geologi. (S.) 1908. Kr. 2.50.
49. Aarboeg for 1908. (Indhold: *H. Reusch*: Den geologiske undersøgelses opgaver. *V. M. Goldschmidt*: Profilet Ringsaker—Brøttum ved Mjøsen. (Z.) *G. Holmsen*:

- Geologiske iagttagelser fra Borgefjeld. (S.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra Søndhordland. (S.) *H. Kaldhol*: Fjeldbygningen i den nordøstlige del av Ryfylke. (S.) *J. Rekstad*: Bidrag til kvartærtidens historie for Nordmør. (S.) 1909. Kr. 4.50.
50. *Hans Reusch*. Norges Geologi. 1910. Utsolgt.
51. *J. H. L. Vogt*. Norges Jernmalforekomster. (Z.) 1910. Kr. 4.00.
52. *A. Grimnes*. Jæderens Jordbund. (S.) Beskrivelse til *A. Grimnes*: Kart over Jæderen 1 : 50 000. 1910. Med kart. Kr. 4.00.
53. Aarbok for 1909. (Indhold: *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra strøket mellom Sognefjord, Eksingedal og Vossestranden. (S.) *W. Werenskiold*: Om Øst-Telemarken. (S.) *V. M. Goldschmidt*: Geologiske iagttagelser fra Tonsaasen i Valdres. (S.) *J. Oxaal*: Fjeldbygningen i den sydlige del av Borgefjeld og trakterne om Namsvandene. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til det geologiske kart over Bindalen og Leka. (S.) *Th. Vogt*: Om eruptivbergartene paa Langøen i Vesteraalen. (Z.)) 1910. Kr. 4.00.
54. *Andr. M. Hansen*. Fra Istidene. Vest-Raet. 1910. Kr. 3.50.
55. *Daniel Danielsen*. Bidrag til Sørlandets kvartærgeologi. (S.) 1910. Kr. 2.00.
56. *Carl Bugge*. Rennebu. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Rennebus omraade. (S.) Med kart. 1910. Kr. 5.00.
57. Aarbok for 1910. (Indhold: *W. Werenskiold*: Fra Numedal. (S.) *A. Hoel*: Oks-tinderne. (R.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra ytre del av Saltenfjorden. *H. Reusch*: De formodede strandlinjer i øvre Gudbrandsdalen. (S.)) 1910. Kr. 3.50.
58. *W. Werenskiold*. Fornebolandet og Snarøen i Østre Bærum. (S.) Med kart. 1911. Kr. 2.50.
59. Aarbok for 1911. (Indhold: *J. Oxaal*: Fra Indre Helgeland. (S.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra nordvestsiden av Hardangerfjord. (S.) *C. W. Carstens*: Geologiske iagttagelser fra Mo præstegjæld i Nordlands amt. (Z.) *Rolf Marstrander*: Svartisen, dens geologi. (S.)) 1900. Kr. 3.50.
60. *W. Werenskiold*. Søndre Fron. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Søndre Frons omraade. (S.) Med kart. 1911. Kr. 5.00.
61. Aarbok for 1912. (Indhold: *Gunnar Holmsen*: Oversigt over Hatfjelddalens geologi. (Z.) *C. Bugge*: Lagfølgen i Trondhjemsfeltet. (S.) *J. Rekstad*: Fra øerne utenfor Saltenfjord. (S.) *J. Rekstad*. En mytilus-fauna under morænemasser i Smaalene. (S.) *J. Oxaal*: Norges eksport av sten i aarene 1870—1911 samt forsøk til en statistikk over det indenlandske forbruk av huggen sten. (S.)) 1913. Kr. 3.50.
62. *J. Rekstad*. Bidrag til Nordre Helgelands geologi. (S.) Med kart. 1912. Kr. 3.00.
63. *Olaf Holtedahl*. Kalkstensforekomster i Kristianiafeltet. (S.) 1912. Kr. 2.50.
64. *Hans Reusch*. Tekst til geologisk oversigtskart over Søndhordland og Ryfylke. (S.) Med kart. 1913. Kr. 2.50.
65. *K. O. Bjørlykke*. Norges kvartærgeologi. (S.) 1913. Utsolgt.
66. *W. Werenskiold*. Tekst til geologisk kart over strøkene mellom Sætersdalen og Ringerike. (S.) Med kart. 1912. Kr. 2.50.
67. *J. Rekstad*. Fjeldstrøket mellom Saltdalen og Dunderlandsdalen. (S.) Med kart. 1913. Kr. 2.50.
68. Aarbok for 1913. (Indhold: *J. Oxaal*: Den hvite granit i Sogn. (S.) *O. E. Schiøtz*: Om isskillet i trakten omkring Fæmund. (S.) *H. Reusch*: Fra Trysil. (S.) *S. Foslie*: Ramsøy titanmalmfelt i Solør og dets differentiationsprocesser. (S.)) 1914. Kr. 3.00.

69. Aarboek for 1914. (Indhold: *J. Rekstad*: Fjeldstrøket mellom Lyster og Bøverdalen. (S.) *J. Oxaal*: Kalkstenshuler i Ranen. (S.) *J. Rekstad*: Kalksten fra Nordland. (S.) *H. Reusch*: Nogen bidrag til Hitterens og Smødens geologi. (S.) *O. Holtedahl*: Fossiler fra Smølen. (S.)) 1914. Kr. 3.00.
70. Fem avhandlinger, skrevne i anledning Norges Jubileumsutstilling 1914. (Indhold: *H. Reusch*: Norges Geologiske Undersøkelse. (S.) *W. Werenskiold*: Tekst til geologisk oversiktskart over det sydlige Norge. (S.) *Th. Vogt*: Geologisk beskrivelse til kartet over Nordland. (S.) *J. H. L. Vogt*: Norges Bergverksdrift. (S.) *J. Oxaal*: Den norske stenindustri. (S.)) 1914. Kr. 1.00.
71. *Carl Fred. Kolderup*. Egersund. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Egersunds omraade. (Z.) Med kart. 1914. Kr. 5.00.
72. *J. H. L. Vogt*. Gronggruberne og Nordlandsbanen. (Z.) 1915. Kr. 2.00.
73. *Gunnar Holmsen*. Brædømte sjøer i Nordre Østerdalen. (S.) Med kart. 1915. Kr. 4.00.
74. *Gunnar Holmsen*. Tekst til geologisk oversiktskart over Østerdalen-Fæmundsstrøket. (S.) Med kart. 1915. Kr. 2.50.
75. Aarboek for 1915. (Indhold: *O. Holtedahl*: Jagttagelser over fjeldbygningen omkring Randsfjordens nordende. (S.) *O. Holtedahl*: Nogen foreløbige meddelelser fra en reise i Alten i Finmarken. (S.) *J. Rekstad*: Kvartær tidsregning. Terrassen ved Moen i Øvre Aardal, Sogn. (S.) *H. Reusch*: Den formodede littorinasenkning i Norge. (S.) *J. Rekstad*: Helgelands ytre kystrand. (S.) *J. H. L. Vogt*: Om manganrik sjømalm i Storsjøen, Nordre Odalen. (Z.)) 1915. Kr. 4.00.
76. *John Oxaal*. Norsk granit. (S.) 1916. Utsolgt.
77. *V. M. Goldschmidt*. Konglomeratene inden høifjeldskvartsen. (Z.) 1916. Kr. 2.00.
78. *J. Holmgren*. Naturstenens anvendelse i husbygningen i Skotland. (S.) 1916. Kr. 1.50.
79. Aarboek for 1916. (Indhold: *G. Holmsen*: Rendalens bræsjø. (S.) *G. Holmsen*: Sørfolden—Riksgrænsen. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Kyststrøket mellem Bodø og Folden. (S.) *H. Reusch*: Litt om Jutulhugget. (S.)) 1917. Kr. 3.50.
80. *J. Rekstad*: Vega. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1917. Kr. 8.00.
81. Aarboek for 1917. (Indhold: *H. Reusch*: Nogen bemerkninger i anledning av seterne i Østerdalen. (S.) *O. Holtedahl*: Kalkstensforekomster paa Sørlandet. (S.) *G. Holmsen*: Sulitjelmatrakten. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Fjeldstrøket Fauske—Junkerdalen. (S.)) 1917. Kr. 3.50.
82. *Carl Bugge*. Kongsbergfeltets geologi. (S.) Med kart og plancher. 1917. Kr. 12.00.
83. Årbok for 1918 og 19. (Innhold: *G. Holmsen*: Gudbrandsdalens bræsjø. (S.) *C. W. Carstens*: Geologiske undersøkelser i Trondhjems omegn. (Z.) *H. Reusch*: Nogen kvartærgeologiske iagttagelser fra det Romsdalske. (S.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra strekningen Folla—Tysfjord. (S.) Med kart. *G. Holmsen*: Nordfollas omgivelser. (S.)) 1919. Kr. 3.50.
84. *Olaf Holtedahl*. Bidrag til Finmarkens geologi. (S.) 1918. Kr. 4.00.
85. *J. H. L. Vogt*. Jernmalm og Jernverk. Særlig om elektrisk jernmalmsmelting. 1918. Utsolgt.
86. *John Oxaal*. Dunderlandsdalen. Fjeldbygningen inden gradavdelingskartet Dunderlandsdalens omraade. (S.) Med kart. 1919. Kr. 5.00.
87. Årbok for 1920 og 21. (Innhold: *O. Holtedahl*: Kalksten og dolomitt i de øst-

- landske dalfører. (S.) *Arne Bugge*: Nikkelgruber i Bamle. (S.) *S. Foslie*: Rana noritfelt. Differentiation ved «squeezing». (S.) *J. Rekstad*: Et fund av skjellforende leir i Lørenskog. (S.) *R. Falck-Muus*: Brynestensindustrien i Telemarken. (S.) *H. Reusch*: Efterhøst. (S.) *A. L. Rosenlund*: Fæø grube.) 1922. Kr. 5.00.
88. *J. Rekstad*. Eidsberg. De geologiske forhold innen rektangelkartet Eidsbergs område. (S.) Med kart. 1921. Kr. 5.00.
89. *Olaf Holtedahl*. Engerdalen. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Engerdalens område. (S.) Med kart. 1921. Kr. 5.00.
90. *Gunnar Holmsen*. Torvmyrenes lagdeling i det sydlige Norges lavland. (Z.) 1922. Kr. 6.00.
91. *J. Rekstad*. Kvartære avleiringer i Østfold. (S.) 1922. Kr. 1.00.
92. *J. Rekstad*. Grunnvatnet. 1922. Kr. 1.00.
93. *J. H. L. Vogt*. Tryktunneller og geologi. Med et avsnit: Spændinger i fjeldet ved tryktunneller, av *Fredrik Vogt*. (Z.) 1922. Kr. 2.00.
94. *Ole T. Grønlie*. Strandlinjer, moræner og skjælføremster i den sydlige del av Troms fylke. (S.) 1922. Kr. 1.00.
95. *Arne Bugge*. Et forsøk paa inndeling av det sydnorske grundfjeld. (S.) 1922. Kr. 0.75.
96. *J. Rekstad*. Norges hevning under istiden. (S.) Med kart. 1922. Kr. 1.25.
97. *Olaf Høltedal* og *Jakob Schetelig*. Kartbladet Gran. (S.) Med kart. 1923. Kr. 5.00.
98. Årbok for 1922. (Innhold: Direktørens årsberetning. Statsgeologenes innberetninger.) 1923. Kr. 2.00.
99. *Gunnar Holmsen*. Vore myrers plantedække og torvarter. (Z.) Med kart. 1923. Kr. 5.00.
100. *J. Rekstad*. Hans Reusch, Nekrolog og bibliografi. Kt. 1.00.
101. *Olaf Andersen*. Ildfaste oksyders fysikalske kjemi. Oversikt over nyere præsisjonsundersøkelser. (S.) Statens råstofkomité. Publ. nr. 1. 1922. Kr. 1.50.
102. *Olaf Holtedahl* og *Olaf Andersen*. Om norske dolomiter med bemerkninger om den praktiske anvendelse av dolomit. (S.) S. R. K. Publ. nr. 2. 1922. Kr. 1.00.
103. *Olaf Andersen*. En forekomst av ren kvarts i Krødsherred. (S.) S. R. K. Publ. nr. 3. 1922. Kr. 0.75.
104. *J. Bull*. Elektrisk Metalsmelting. Forsøk og undersøkelser utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Råstofkomité. (S.) S. R. K. Publ. nr. 4. 1922. Kr. 0.75.
105. *Thv. Lindeman*. Torv. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 5. 1922. Kr. 0.75.
106. *Carl Bugge* og *Steinar Foslie*. Norsk arsenmalm og arsenikfremstilling. (S.) S. R. K. Publ. nr. 6. 1922. Kr. 1.00.
107. *V. M. Goldschmidt*. Om fremstilling av bariumlegeringer. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 7. 1922. Kr. 1.00.
108. *V. M. Goldschmidt* og *E. Jonson*. Glimmermineralernes betydning som kalikilde for planterne. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 8. 1922. Kr. 2.00.
109. *Erling Jonson*. Om tilgodegjørelse av kalifeltspatens kali-indhold. (S.) S. R. K. Publ. nr. 9. 1922. Kr. 2.00.
110. *Carl Bugge*. Statens apatitdrift i rationeringstiden. (S.) S. R. K. Publ. nr. 10. 1922. Kr. 1.00.
111. *J. Gram*. Undersøkelser over bituminøse kul fra Spitsbergen og Andøen. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 11. 1922. Kr. 1.00.

112. *J. Gram*. Den kjemiske sammensætning av Spitsbergen-Bjørnøykul. (S.) S. R. K. Publ. nr. 12. 1923. Kr. 1.00.
113. *Andreas Rødland*. Oljefremstilling av Kings Bay-kul og kul og skifer fra Andøen. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 13. 1924. Kr. 1.00.
114. *B. Hansteen Cranner*. Om vegetationsforsøk med glimmermineralernes biotit og sericit som kalikilde. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 14. 1922. Kr. 1.50.
115. *J. v. Krogh*. Undersøkelser over norske lerer. I. (S.) S. R. K. Publ. nr. 15. Kr. 1.00.
116. *Brynjulf Dietrichson*. Undersøkelser over norske lerer. II. (S.) S. R. K. Publ. nr. 16. 1923. Kr. 2.00.
117. *W. Guertler*. Kort oversikt over kobberets indflydelse paa jern og staa. Forkortet og bearbejdet av *J. Bull.* (S.) S. R. K. Publ. nr. 17. 1923. Kr. 1.00.
118. *J. Bull.* Prøver med en herdeovn for kulstofstaa. (Wild, Barfields patent.) Forsøk og undersøkelser utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Raastofkomité. (S.) S. R. K. Publ. nr. 18. 1923. Kr. 1.00.
119. *J. v. Krogh*. Undersøkelser over norske lerer. III. (S.) S. R. K. Publ. nr. 19. 1923. Kr. 1.75.
120. *Brynjulf Dietrichson*. Undersøkelser over norske lerer. IV. (S.) S. R. K. Publ. nr. 20. 1924. Kr. 2.00.
121. *Thorolf Vogt*. Sulitjelfmafeltets geologi og petrografi. (S.) Med kart. 1927. Kr. 14.00.
122. Årbok for 1923. (Innhold: Direktørens årsberetning, Statsgeologenes årsberetninger.) 1924. Kr. 2.00.
123. *Gunnar Holmsen*. Hvordan Norges jord blev til. (S.) 1924. Utsolgt.
124. *J. Rekestad*. Hatfjelldalen. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1924. Kr. 8.00.
125. Træna. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1925. Kr. 8.00.
126. *Steinar Foslie*. Syd-Norges gruber og malminforekomster. Med kart i planformat. 1928. Utsolgt.
127. *Steinar Foslie*. Norges svovelkisforekomster. 1926. Utsolgt.
- 128a. *Olaf Andersen*. Feltspat. I. Feltspatmineralenes egenskaper, forekomst og praktiske utnyttelse med særlig henblikk på den norske feltspatindustri. (S.) 1926. Utsolgt.
- 128b. *Olaf Andersen*. Feltspat. II. Forekomster i fylkene Buskerud og Telemark, i flere herreder i Aust-Agder og i Hidra i Vest-Agder. *Tom F. W. Barth*. Feltspat. III. Forekomster i Iveland og Vegusdal i Aust-Agder og i flere herreder i Vest-Agder. (S.) 1931. Kr. 3.00.
129. *Gunnar Aasgaard*. Gruber og skjerp i kisdraget Øvre Guldal—Tydal. (S.) 1927. Kr. 4.00.
130. *Arne Bugge*. En forkastning i det syd-norske grunnfjell. (S.) 1928. Kr. 3.00.
131. *J. C. Torgersen*. Sink- og blyforekomster på Helgeland. (S.) 1928. Kr. 2.00.
132. *Gunnar Holmsen*. Lerfaldene ved Kokstad, Gretnes og Baa. (S.) 1929. Kr. 1.50.
133. Årbok for femårsperioden 1924—28. (Innhold: Direktørens beretning om virksomheten ved N. G. U. Statsgeologenes beretninger om arbeidet. *R. Falck-Muus*: Femårsberetning fra bibliotekaren. *C. Bugge*: Meddelelser om geologiske undersøkelser i Hallingdal og Valdres. *R. Falck-Muus*: Norske bergverksarkivalia III. *A. Bugge*: En oversikt over inndelingen av det sydnorske grunnfjell samt om Fahlbåndene i Kongsberg ertsdistrikt.) 1929. Kr. 3.00.
134. *J. Rekestad*. Salta. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1929. Kr. 8.00.

135. *Gunnar Holmsen*. Grundvandet i vore leravsetninger. (S.) 1930. Kr. 3.00.
136. *Gunnar Holmsen*. Rana. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1932. Kr. 8.00.
137. *Steinar Foslie* og *Mimi Johnson Høst*. Platina i sulfidisk nikkelmalm. (Z.) 1932. Kr. 2.50.
138. *W. C. Brøgger*. Essexitrekkens erupsjoner, den eldste vulkanske virksomhet i Oslofeltet. (Z.) 1933. Kr. 3.00.
139. *W. C. Brøgger*. Om rombeporfyrgangene og de dem ledsagende forkastninger i Oslofeltet. (Z.) 1933. Kr. 1.50.
140. *Gunnar Holmsen*. Lerfall i årene 1930—32. (S.) 1934. Kr. 1.50.
141. *Olaf Anton Broch*. Feltspat. IV. Forekomster i Akershus og Østfold øst for Glomma. (S.) 1934. Kr. 3.00.
142. *J. C. Torgersen*. Sink- og blyforekomster i det nordlige Norge. (S.) 1935. Kr. 2.00.
143. *Arne Bugge*. Flesberg og Eiker. Beskrivelse til de geologiske gradavdelingskarter F. 35 Ø. og F. 35 V. De løse avleiringer ved *A. Samuelsen*. (S.) Med kart. 1937. Kr. 8.00.
144. *Gunnar Holmsen*. Nordre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 5.00.
145. *Wolmer Marlot*. Foldal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 5.00.
146. *Arne Bugge*. Kongsberg—Bambleformasjonen. (S.) 1936. Kr. 3.00.
147. *Steinar Foslie*. Kisdistriktet Varaldsøy—Ølve i Hardanger. Tillegg og Summary ved *Brynjulf Dietrichson*. (S.) Med kart. 1955. Kr. 8.00.
148. *Gunnar Holmsen*. Søndre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1937. Kr. 5.00.
149. *Steinar Foslie*. Tysfjords geologi. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart Tysfjord. (S.) Med kart. 1941. Kr. 12.00.
150. *Steinar Foslie*. Hellebobotn og Linnajavre. Geologisk beskrivelse til kartbladene. (S.) Med kart. 1942. Kr. 8.00.
151. *Gunnar Holmsen*. Våre leravsetninger som byggegrunn. (S.) 1938. Kr. 3.00.
152. *Trygve Strand*. Nordre Etnedal. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. (S.) Med kart. 1938. Kr. 5.00.
153. *Carl Bugge*. Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter E. 32 V. og E. 32 Ø. (S.) Med kart. 1939. Kr. 8.00.
154. *Harald Bjørlykke*. Feltspat. V. De sjeldne mineraler på de norske granitiske pegmatittganger. (S.) 1939. Kr. 3.00.
155. *Olaf Anton Broch*, *Fridtjov Isachsen*, *Orvar Isberg*, *Trygve Strand*. Bidrag til Skudenes-sedimentenes geologi. (S.) 1940. Kr. 1.50.
156. *K. O. Bjørlykke*. Utsyn over Norges jord og jordsmønn. (S.) Med oversiktskarter av jordbunnsforholdene i Norge i to blader: Sør-Norge og Nord-Norge. Målestokk 1 : 2 000 000. 1940. Kr. 8.00.
157. *Brit Hofseth*. Geologiske undersøkelser ved Kragerø, i Holleia og Troms. (S.) Med kart. 1942. Kr. 3.00.
158. *Per Holmsen*. Geologiske og petrografiske undersøkelser i området Tynset—Femunden. (S.) 1943. Kr. 2.50.
159. *Trygve Strand*. Et gneis-amfibolitt-kompleks i grunnfjellet i Valdres. (S.) 1943. Kr. 3.00.

160. *Jens A. W. Bugge*. Geological and petrological investigations in the Kongsberg-Bamble formation. 1943. Kr. 5.00.
161. *Christoffer Oftedal*. Om sparagmitten og dens skyvning innen kartbladet Øvre Rendal. (S.) 1943. Kr. 2.50.
162. *Henrich Neumann*. Silver deposits at Kongsberg. (The mineral assemblage of a native silver—cobalt—nickel ore type.) 1944. Kr. 4.50.
163. *Brynjulf Dietrichson*. Geologiske undersøkelser i Espedalen. Gradteig Vinstra og tilgrensende høifjell. (S.) 1945. Kr. 3.00.
164. *Olaf Holtedahl*. Norges geologi. Med 24 plansjer, derav et berggrunnskart og et glacialgeologisk kart over Norge, samt 485 tekstfigurer. Bind I—II. 1953. Utsolgt.
165. *Gunnar Horn*. Karsthuler i Nordland. (S.) 1947. Kr. 7.00.
166. *Gunnar Holmsen*. Lerfall og ras i årene 1933—39. (S.) 1946. Kr. 3.00.
167. *Gunnar Holmsen og Per Holmsen*. Leirfall i årene 1940—1945. (S.) 1946. Kr. 4.00.
- 168a. *Tom F. W. Barth*. The nickeliferous Iveland-Evje amphibolite and its relation. Med kart. 1947. Kr. 5.00.
- 168b. *Harald Bjørlykke*. Flåt Nickel Mine. Med kart. 1937. Kr. 3.00.
169. *Steinar Foslie*. Melkedalen grube i Ofoten. Søndre Ofotens malmbforekomster. I. (S.) Med kart. 1946. Kr. 7.00.
170. *Ivar Oftedal*. Oversikt over Norges mineraler. (S.) 1948. Kr. 3.00.
171. *Jens A. W. Bugge*. Rana gruber. Geologisk beskrivelse av jernmalmfeltene i Dunderlandsdalen. (S.) Med kart. 1948. Kr. 12.00.
172. *Harald Bjørlykke*. Hosanger nikkelgruve. (S.) Med kart. 1949. Kr. 3.00.
173. *Trygve Strand*. On the Gneisses from a Part of the North-Western Gneiss Area of Southern Norway. 1949. Kr. 3.00.
174. *Steinar Foslie*. Håfjellsmulden i Ofoten og dens sedimentære jernmanganmalmer. Søndre Ofotens malmbforekomster. II. (S.) Med kart. 1949. Kr. 8.00.
175. *Per Holmsen og Gunnar Holmsen*. Tynset. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1950. Kr. 6.00.
176. *Gunnar Holmsen*. Oslo. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1951. Kr. 8.00.
177. *Chr. Oftedal og G. Holmsen*. Øvre Rendal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1952. Kr. 6.00.
178. *Trygve Strand*. The Sel and Vågå Map Areas. Geology and Petrology of a Part of the Caledonides of Central Southern Norway. Med kart. 1951. Kr. 6.00.
179. *Tore Gjelsvik*. Oversikt over bergartene i Sunnmøre og tilgrensende deler av Nordfjord. (S.) Med kart. 1951. Kr. 4.00.
180. *Trygve Strand*. Slidre. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. (S.) Med kart. 1951. Kr. 6.00.
181. *Chr. C. Gleditsch*. Oslofjordens prekambriske områder. I. Innledende oversikt. Hurum. (R.) Med kart. 1952. Kr. 9.00.
182. *Chr. C. Gleditsch*. Oslofjordens prekambriske områder. II. Røyken og Håøy. (R.) Med kart. 1952. Kr. 7.00.
183. Årbok 1951. (Innhold: *Ivan Th. Rosenqvist*: Kaolin fra Hurdal. (S.) *Trygve Strand*: Biotitt-søvitt på Stjernøy, Vest-Finnmark. (S.) *Trygve Strand*: Raipas og kaledon i strøket omkring Repparfjord, Vest-Finnmark. (S.) *W. Werenshiold*: Isranddannelser ved Atnesjø. (S.) *Direktør Sven Fåyn*: Norges geologiske undersøkelse.

- Årsberetning for 1951. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1952. Kr. 4.00.
184. Årbok 1952. (Innhold: *Per Holmsen*: Meddelelser fra Vannboringsarkivet. Nr. 1. En orientering om arkivets arbeidsgrunnlag. Om samarbeide med boringsfirmaene. Den viktigste fennoskandiske faglitteratur. (S.) *Steinar Skjeseth*: Meddelelser fra Vannboringsarkivet. Nr. 2. Vannboringer utført i traktene omkring Mjøsa og Randsfjorden 1950—52. (S.) *Brynjulf Dietrichson*: Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. (S.) *Tore Gjelsvik*: Det nordvestlige gneisområde i det sydlige Norge, aldersforhold og tektonisk-stratigrafisk stilling. (S.) *Per Holmsen*: Et langt fremskjøvet «jotundekke» i Rendalen. (S.) *Trygve Strand*: The Relation between the Basal Gneiss and the Overlying Meta-Sediments in the Surnadal District. *Trygve Strand*: Geologiske undersøkelser i den sydøstligste del av Helgeland. (S.) *Gunnar Kautsky*: Et fossillynd i Susendalen, Nordland. (Z.) *Joh. Færdén*: Sink-blyforekomstene ved Mikkelfjord, Hattfjelldal, Nordland. (S.) *Steinar Skjeseth og Henning Sørensen*: An Example of Granitization in the Central Zone of the Caledonides of Northern Norway. *Tore Gjelsvik*: Kort beretning om Norges geologiske undersøkelses ekspedisjon til Birtavarre gruvefelt i Troms 1952. *J. A. Dons*: Om elve-erosjon og en isdemt sjø i Birtavarre-området, Troms. (S.) *Tom. F. W. Barth*: The layered Gabbro Series at Seiland, Northern Norway. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1952. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1953. Kr. 10.00.
185. *Trygve Strand*. Aurdal. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. (S.) Med kart. 1954. Kr. 6.00.
186. *Rolf Selmer-Olsen*. Om norske jordarters variasjon i korngradering og plastisitet. (S.) 1954. Kr. 7.00.
187. *Gunnar Holmsen*. Oppland. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1954. Kr. 8.00.
188. Årbok 1953. (Innhold: *Christoffer Oftedal*: Dekketektonikken i den nordlige del av det østlandske sparagmittområde. (S.) *Christoffer Oftedal*: Noen isavsmeltningens fenomener i Østerdalen. (S.) *Konrad B. Krauskopf*: Igneous and Metamorphic Rocks of the Øksfjord Area, Vest-Finnmark. *M. G. Oosterom*: En hornblenderik sone i Seiland-peridotitten. (S.) Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1953. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1954. Kr. 7.00.
189. *Carl Bugge*. Den kaledonske fjellkjede i Norge. (S.) 1954. Kr. 5.00.
190. *Gunnar Holmsen*. Hallingdal. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1955. Kr. 8.00.
191. Årbok 1954. (Innhold: *Gunnar Henningsmoen*: Om navn på stratigrafiske enheter. (S.) *Henrich Neumann*: Kopperforekomstene på Straumsheia. (S.) *Brynjulf Dietrichson*: Spessartite and Pseudotachylite Intruded on the Thrusting-Zone of the Upper Jotun Eruptive Nappe near Nautgardstind, East-Jotunheimen. *Trygve Strand*: Sydøstligste Helgelands geologi. (S.) *Henning Sørensen*: A Petrographical and Structural Study of the Rocks around the Peridotite at Engenbrå, Holandsfjord, Northern Norway. *F. M. Vokes*: Observations at Raipas Mine, Alta, Finnmark. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for

1954. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelser publikasjoner og kart.) 1955. Kr. 7.00.
192. *Peter Padget*. The Geology of the Caledonides in the Birtavarre Region. 1955. Kr. 7.00.
193. *Johannes A. Dons*. Kartkatalog. Norges berggrunn. (S.) 1956. Kr. 8.00.
194. *Per Holmsen* og *Christoffer Oftedahl*. Ytre Rendal og Stor-Elvdal. Beskrivelse til de geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1956. Kr. 15.00.
195. Årbok 1955. (Innhold: *Gunnar Holmsen*: De fem jordartregioner i Norge. (S.) *Steinar Skjeseth*: Geologi og vannboring. Kambro-silurbergartenes hydrogeologi i Mjøstraktene. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 3.) (S.) *Per Holmsen*: Oppsprek-ning, topografi og vannføring i massive dyppbergarter. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 4.) (S.) *Trygve Strand*: Gabbrokonglomeratet i Sjødalen. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Om Grong-kulminasjonen og Grong-feltets skyvedekker. (S.) *Per Holmsen*: Hyolithus-sonens basale lag i Vest-Finnmark. (S.) *M. G. Oosterom*: Some notes on the Lille Kufjord layered gabbro, Seiland, Finnmark, Northern Norway. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1955. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelser publikasjoner og kart.) 1956. Kr. 7.00.
196. *Steinar Foslie* † og *Trygve Strand*. Namsvatnet med en del av Frøyningfjell. Geologisk rektangelkart og beskrivelse. (S.) 1956. Kr. 8.00.
197. *Rolf W. Feyling-Hanssen*. Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. 1957. Kr. 5.00.
198. *Gunnar Holmsen*. Røros. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. Kr. 8.00.
199. *F. M. Vokes*. The Copper Deposits of the Birtavarre District. 1957. Kr. 15.00.
200. Årbok 1956. (Innhold: *Tony van Autenboer* and *Finn J. Skjerlie*: Brannerite, a new mineral in Norway. *Brynjulf Dietrichson*: Valdresparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen. (S.) *Rolf W. Feyling-Hanssen*, *Per Chr. Sæbø* and *John W. Wilhelmson*: A Clay sample from Tangen brick-work. *Per Holmsen*: De eokambriske lag under hyolithussonen mellom Carajavre og Caskias, Vestfinnmark. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Jomaforekomstens blokkkifer. (S.) *Steinar Skjeseth*: Kvaliteten av grunnvann. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 5.) (S.) *Steinar Skjeseth* og *F. M. Vokes*: Blyglansforekomst på Krækkjaheia, Hardangervidda. (S.) *F. M. Vokes*: Some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway. *F. M. Vokes*: On the presence of minerals of the linnaeite series in some copper ores from the Raipas formation of Northern Norway. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1956. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelser publikasjoner og kart.) 1957. Kr. 9.00.
201. *Per Holmsen*, *Peter Padget* and *Eero Pehkonen*: The Precambrian Geology of Vest-Finnmark, Northern Norway. Med kart. 1957. Kr. 12.00.
202. *Christoffer Oftedahl*. Oversikt over Grongfeltets skjerp og malmforekomster. (S.) 1958. Kr. 6.00.
203. Årbok 1957. (Innhold: *Brynjulf Dietrichson*: Variation Diagrams supporting the stratiform, magmatic origin of the Jotun Eruptive Nappes. *Rolf W. Feyling-Hanssen*: Mikropaleontologiens teknikk. (S.) *Tore Gjelsvik*: Epigenetisk kopper-mineralisering på Finnmarksvidda. (S.) *Tore Gjelsvik*: Albittrike bergarter i den

- karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Storisens transport av kisløkker fra Joma. (S.) *Paul H. Reitan*: The structure in the area of mineralization on Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark. *Steinar Skjeseth*: Vann i grus og sand. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 6) (S.) *Steinar Skjeseth*: Norske kilder. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 7). (S.) *Steinar Skjeseth*: Uran i kambrisk alunskifer i Oslofeltet og tilgrensende områder. (S.) *Trygve Strand*: Greenschists from the southeastern part of Helgeland, Norway, their chemical composition, mineral facies and geological setting. *F. M. Vokes*: A note on the sulphur isotope composition of chalcopyrite and pyrrhotite from the Mosco-gaissa mines, Birtavarre, Troms. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersø-kelse. Årsberetning for 1957. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkel-ses publikasjoner og kart.) 1958. Kr. 10.00.
- 204b. *Arthur O. Poulsen*. Norges gruver og malmbforekomster, II. Nord-Norge. Navne-liste og kart in plano 1 : 1 000 000. Kr. 17.50.
205. Årbok 1958. (Innhold: *Knut Ørn Bryn*: Geologien på søndre del av kartblad Essandsjø. (S.) *Dwight F. Crowder*: The Precambrian Schists and Gneisses of Lakselv Valley, Northern Norway. *Richard V. Dietrich*: Geological Reconnaissance of the Area between Kristiansand and Lillesand. *Rolf W. Feyling-Hanssen*: Marine kvartær-fossiler fra Seimsjøen i Sør-Odal. (S.) *Fredrik Hagemann*: Vannboring i Øst- og Midt-Finnmark. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 9.) (S.) *Olaf Holte-dahl*: Noen iakttagelser fra Grønsennknipa i Vestre Slidre, Valdres. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Note on gel structures in a pyrite bed, the Grong district. *Paul H. Reitan* and *J. J. C. Geul*: On the formation of a carbonate-bearing ultrabasic rock at Kviteberg, Lyngen, Northern Norway. *Thor Siggerud*: Uranundersøkelser i Trøndelag. (S.) *Thor Siggerud*: Fotogeologi. (S.) *Steinar Skjeseth*: Rørbrønner på Rena og Elverum. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 8.) (S.) *Per Chr. Sæbo*, *Paul H. Reitan*, and *J. J. C. Geul*: Stilbite, stellerite, and laumontite at Honnings-våg, Magerø, Northern Norway. *Per Chr. Sæbo* and *Paul H. Reitan*: An occurrence of zeolites at Kragerø, Southern Norway. *Per Chr. Sæbo* and *Thor L. Sæverdrup*: Note on stilbite from a pegmatite at Elveneset, Innhavet in Nordland county, Northern Norway. *Trygve Strand*: Valdres-sparagmittens stratigrafiske stilling. (S.) *Gunnar Holmsen*: Norges geologiske undersøkelse gjennom 100 år. Direktør *Harald Bjørlykke*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1958. For-tegnelse over Norges geologiske undersøkel-ses publikasjoner og kart.) 1959. Kr. 15.00.
206. *Gunnar Holmsen*: Ljørdalen. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1958 .Kr. 6.00.

Småskrifter.

Av denne serie er utkommet:

- Nr. 1. *Olaf Andersen*. Norges Geologiske Undersøkelse, dens oppgave og virksomhet. 1922. Gratis.
- 2. *Rolf Falck-Muus*. Avhandlinger og kartter utgitt av NGU systematisk ordnet. 1922. Gratis.
- 3. *Gunnar Holmsen*. Erfaringer om jordskaden ved innsjøreguleringer. 1927. Kr. 0.50.
- 4. *Gunnar Holmsen*. Grunnvannbrønner. 1940. Kr. 0.50.
- 5. Geologi og Norges geologiske undersøkelse. Utgitt i anledning av Norges geologiske undersøkelses 100 års jubileum. 1958. Kr. 1.00.
- Thor Siggerud*. Uran og uranleting. 1956. Kr. 5.00.

Oversikt over farge trykte geologiske kart utgitt av Norges geologiske undersøkelse.

	Kartets tryknings- år	Forfatter	NGU's publ.nr.	Pris for:	
				Kart. m beskr.	Kartuten beskr.
Rektangel- og gradteigskart					
Målestokk 1 : 100 000					
Aurdal	1954	Trygve Strand	185	Kr. 6.—	Kr. 3.55
Aursunden	1936	Rolf Falck-Muus			*
Dunderlandsdalen	1915	John Oxaal	86	» 5.—	*
Egersund	1914	C. F. Kolderup	71	» 5.—	*
Eidsberg	1919	J. Rekstad	88	» 5.—	*
Eiker	1935	Arne Bugge	143	» 8.— ¹	*
Engerdalen	1921	O. Holtedahl	89	» 5.—	*
Flesberg	1935	Arne Bugge	143	» 8.— ¹	*
Foldal	1936	Wolmer Marlow	145	» 5.— ²	*
Gol	1939	Carl Bugge	153	» 8.—	*
Gran	1923	O. Holtedahl og J. Schetelig	97	» 5.—	*
Hellemobotn	1936	Steinar Foslie	150	» 8.— ³	*
Hemsedal	1939	Carl Bugge	153	» 8.— ²	*
Hønefoss	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig			*
Kongsberg	1927	W. C. Brøgger og J. Schetelig			*
Linnajavre	1936	Steinar Foslie	150	» 8.— ³	*
Moss	1926	W. C. Brøgger og J. Schetelig			*
Namsvatnet	1956	Steinar Foslie	196	» 8.—	*
Narvik	1950	Th. Vogt			*
Nordre Etnedal	1939	Trygve Strand	152	» 5.—	*
Nordre Femund	1936	G. Holmsen	144	» 5.—	*
Rennebu	1910	Carl Bugge	56	» 5.—	*
Slidre	1950	Trygve Strand	180	» 6.—	*
Stor-Elvdal	1956	Per Holmsen og Chr. Oftedahl	194	» 15.— ⁴	*
Søndre Femund	1937	G. Holmsen	148	» 5.—	*
Søndre Fron	1911	W. Werenskiold	60	» 5.—	*
Tynset	1950	Per og Gunnar Holmsen	175	» 6.—	*
Tysfjord	1931	Steinar Foslie	149	» 12.—	*
Tønsberg m. Larvik	1926	W. C. Brøgger og J. Schetelig			*
Voss	1905	H. Reusch	40		*
Ytre Rendal	1956	Per Holmsen og Chr. Oftedahl	194	» 15.— ⁴	*
Øvre Rendal	1950	Chr. Oftedahl og G. Holmsen	177	» 6.—	*

¹ Med publikasjonen følger kartene Eiker og Flesberg.

² Med publikasjonen følger kartene Gol og Hemsedal.

³ Med publikasjonen følger kartene Hellemobotn og Linnajavre.

⁴ Med publikasjonen følger kartene Ytre Rendal og Stor-Elvdal.

Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av
Norges geologiske undersøkelse.

	Kartets tryknings- år	Forfatter	NGU's publ. nr.	Pris for:	
				Kart m. beskr.	Kart uten beskr.
Landgeneralkart					
Målestokk 1 : 250 000					
Hattfjelldal	1925	J. Rekstad	124	Kr. 8.—	Kr. 5.80
Rana	1932	G. Holmsen	136	» 8.—	
Salta	1930	J. Rekstad	134	» 8.—	
Træna	1925	J. Rekstad	125	» 8.—	»
Vega	1917	J. Rekstad	80	» 8.—	»
Oversiktskart over Kristianiafeltet					
Målestokk 1 : 250 000					
	1923	W. C. Brøgger og J. Schetelig			Kr. 5.80
Kvartærgeologiske landgeneralkart					
Målestokk 1 : 250 000					
Hallingdal	1954	G. Holmsen	190	» 8.—	»
Oppland	1954	G. Holmsen	187	» 8.—	»
Oslo	1949	G. Holmsen	176	» 8.—	»
Roros	1956	G. Holmsen	198	» 8.—	»
Ljørdalen	1958	G. Holmsen	206	» 6.—	» 4.—
Oversiktskart					
Målestokk 1 : 1 000 000					
Berggrunnskart over Norge					
	1953	O. Holtedahl og J. A. Dons	164		» 25.—
Glacialgeologisk kart over Norge					
	1953	O. Holtedahl og B. G. Andersen	164		» 10.—

Publikasjonene og kartene selges gjennom bokhandlene.
Omsetningsavgiften er inkludert i de oppgitte priser.

Følgende fargetrykte geologiske kart er utsolgt:

	Trykningsår	Forfatter
Rektangelkart		
Bergen	1880	Th. Hjortdahl, Th. Kjerulf og J. Friis
Eidsvold	1889	Ths. Münster, Th. Kjerulf og P. Krohn
Fet	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Gausdal	1891	K. O. Bjørlykke
Gjøvik	1884	Th. Kjerulf, P. Krohn og O. Hagen
Hamar	1884	Th. Kjerulf, Alfred Getz, P. Krohn, J. Vogt m.fl.
Haus	1880	Th. Hjortdahl og M. Irgens
Kristiania	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Levanger	1880—81	Th. Kjerulf og M. Bugge
Lillehammer	1899	Ths. Münster
Melhus	1897	Th. Kjerulf, M. Bugge, C. Schulz og J. Vogt
Meraker	1883	Th. Kjerulf, M. Bugge, O. Hagen m. fl.
Nannestad	1885	J. H. L. Vogt og T. Ch. Thomassen
Nannestad	1919	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Rindal	1889	M. Bugge
Sarpsborg	1879	P. Mortensen, Th. Thomassen, J. Vogt og N. Wille
Selbu	1891	M. Bugge, K. Hauan, C. Homan og H. Reusch
Skjorn	1880—81	K. Hauan, Th. Kjerulf og M. Bugge
Stavanger	1921	V. M. Goldschmidt
Steinkjær	1883	M. Bugge
Stjørdal	1880—81	Th. Kjerulf og M. Bugge
Terningen	1875—82	Hauan, Kjerulf m. fl.
Trondhjem	1879	M. Bugge
Aamot	1887	Ths. Münster og P. Krohn
Oversiktskart		
Målestokk		
1 : 1 000 000		
Nord-Norge	1924	Th. Vogt
Syd-Norge	1915	W. Werenskiold

Ved henvendelse til Norges geologiske undersøkelse er det høve til å studere arkivseksemplar av de utsolgte kartene.