

27980

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 203

ÅRBOK

1957

UTGITT VED
SVEN FØYN

Direktor



OSLO 1958

I KOMMISJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.



Innhold

	Side
Brynjulf Dietrichson: Variation Diagrams supporting the stratiform, magmatic origin of the Jotun Eruptive Nappes. With 6 text-figures. <i>Sammendrag</i> : Variasjonsdiagrammer av Jotuneruptivdekkenes bergartsserier bekrefter deres primært magmatiske lagdeling, fremkommet ved mere og mindre komplett, gravitativ differentiasjon	5
Rolf W. Feyling-Hanssen: Mikropaleontologiens teknikk. Med 6 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Technique of micropaleontology	35
Tore Gjelsvik: Epigenetisk koppermineralisering på Finnmarksvidda. Med 3 tekstfigurer. <i>Abstract (in English)</i>	49
Tore Gjelsvik: Albittrike bergarter i den karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge. Med 3 tekstfigurer. <i>Abstract (in English)</i>	60
Christoffer Oftedahl: Storisens transport av kisblokker fra Joma. Med 1 tekstfigur. <i>Summary</i> : Glacial transport of pyrite boulders from the Joma deposit	73
Paul H. Reitan: The structure in the area of mineralization on Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark. With 1 text-figure. <i>Sammendrag</i> : Strukturer i det mineraliserte område på Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark	76
Steinar Skjeseth: Vann i grus og sand. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 6. Med 6 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Wells in gravel and sand	80
Steinar Skjeseth: Norske kilder. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 7. Med 4 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Norwegian springs	88
Steinar Skjeseth: Uran i kambrisk alunskifer i Oslofeltet og tilgrensende områder. Med 6 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Uranium in Cambrian alun shales in the Oslo Region and adjacent districts	100
Trygve Strand: Greenschists from the south-eastern part of Helgeland, Norway, their chemical composition, mineral facies and geological setting. <i>Sammendrag</i> : Grønnskifer fra den syd-østlige del av Helgeland	112
F. M. Vokes: A note on the sulphur isotope composition of chalcopyrite and pyrrhotite from the Moskogaissa mines, Birtavarre, Troms. <i>Sammendrag</i> : Svovelisotopforholdet i kopperkis og i magnetkis fra Moskogaissa-gruvene, Birtavarre	130
Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1957. Ved direktør Sven Føyn	133
Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart	155

**Variation diagrams supporting the stratiform,
magmatic origin
of the Jotun Eruptive Nappes**

BY

BRYNJULF DIETRICHSON

With 6 text-figures

In the author's paper (1955, p. 30—55) the stratiform character of the Jotun eruptive nappes was suggested. It is admitted that additional evidence is desirable before making a definite statement in this case, which is supposed to be of great importance for solving the "High Mountain Problem of Norway", that is, an interpretation of the layering of the crystalline complexes which are gneissic and mylonitic at the base, with masses of eugranitic, plutonic rocks at higher levels.

In v. Bubnoffs "Geologie der Erde" (Bd. II—2—1930, edition in collaboration with V. M. Goldschmidt) a synopsis of about 70 pages is given of the Caledonides of Norway. Excerpt from p. 33:

"Das Problem dieser Lagerungsumkehr ist nicht nur auf das kaledonische Gebirge beschränkt; es besitzt grundlegende Bedeutung für die Geologie eines Faltengebirges überhaupt, und die hier erzielten Ergebnisse können für unsere gesamte tektonische Auffassung massgebend werden."

The interdependence of tectonics and petrology was emphasized by R. A. Daly (1925, p. 306): "Neither volcanism, nor plutonism can be understood until we understand the formation of mountain chains."

The statements of these late masters are a challenge to geologists of this country. The mountain chain extending for more than 1500 kms marks the topography of most of Norway. The earth-shells from 20—30 kms deep may be regarded as elevated, and are now as eruptive nappes exposed for investigation by erosion, and swept clear by glaciers.

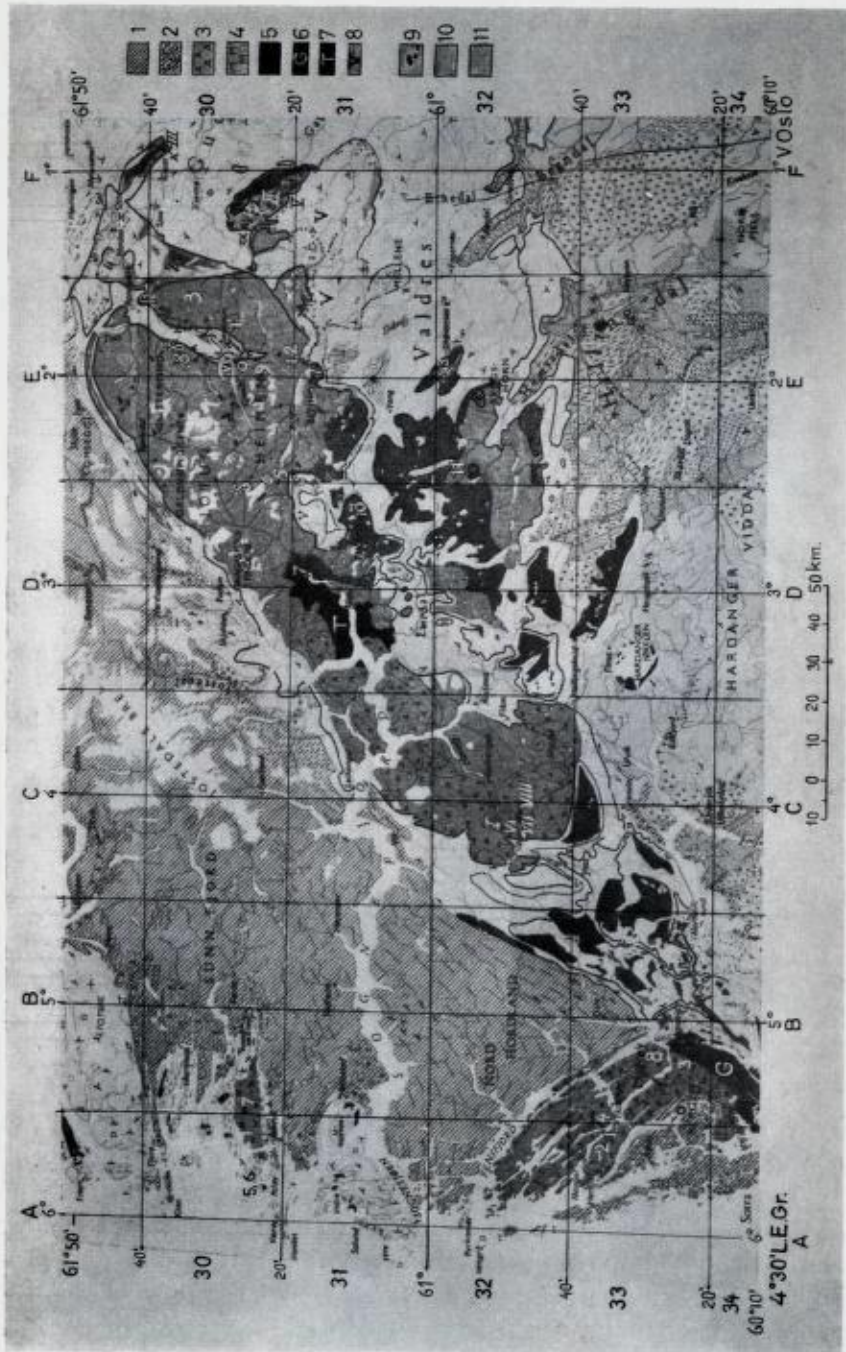


Fig. 1

Explanation of fig. 1. Index map of The Bergen—Jotunheim area.

1. Mainly gneissic rocks of various origin in NW and W ("basal gneiss": granitic and quartz-dioritic, further paragneiss). Structure wholly or in part Caledonian. (To the SE of Jostedal is foliation partly absent.)

Bergen—Jotun rocks of the lower Eruptive Nappes:

2. Areas in which eclogite occurs: Sunnfjord and the Bergen Arcs, sparsely in Sogn.
3. Areas in which anorthosite ("labradorfels") occurs: Sunnfjord and the Bergen Arcs, Sogn and the near foreland of East-Jotunheimen.
4. Mangerite in Sogn and the Western area. Mainly gneissic. ("Jotunite" in Sogn, "Mangerite-syenite" in Sunnfjord.)
5. Mainly acidic plutonic rocks, often gneissic. Hardangervidda and Hallingskarvet (D 33) Bergsdalen migmatic nappes: B 33 vest, C 33 øst.
6. Gabbro: B 34 vest and diverse smaller localities.
7. Trondhjemite: D 31 vest, F 30 vest, and diverse connected localities.
8. Valdres Sparagmite with cgl. Synorogenic Caledonian flysch.

Rocks of the upper Jotun Eruptive Nappe.

9. Dunite, ultrabasic rocks.
10. Troctolite, Olivine gabbro, Jotun Norite. (Medium grained, eugranitic on higher levels in High Jotunheimen.)
11. Leucocratic Mangerites, Monzonites, Hypersthen syenites, granites. (Gneissic and mylonitic in the foreland and at the base.)

Rocks of Devonian in NW, and of sedimentary Cambro-Ordovician and Precambrian Basement, mainly to the SE are not specified in this index map.

Indekskart over Bergen — Jotunheimområdet.

1. *Hovedsakelig gneissbergarter av forskjellig opprinnelse i NW og W («basalgneiss: granitisk og kvartzdioritisk, ennvidere paragneiss»). Strukturene fullstendig eller delvis Kaledonske (SE for Jostedal mangler delvis forskifring).*

Bergen — Jotunbergarter tilhørende de undre Jotuneruptivdekker.

2. *Områder med eklogit: Sunnfjord og Bergensbuene, sparsomt i Sogn.*
3. *Områder med anorthosit (labradorfels) Sunnfjord og Bergensbuene, Sogn og Øst-Jotunheimens forland.*
4. *Mangerit i Sogn og det vestlige område. Hovedsaklig forgneiset. («Jotunit» i Sogn, «Mangerit-syenit» i Sunnfjord.)*
5. *Hovedsaklig sure dypbergarter, ofte forgneiset. Hardangervidda og Hallingskarvet (D 33), Bergsdalens migmatiserte dekker (B 33 vest, C 33 øst).*
6. *Gabbro: B 34 vest og diverse mindre lokaliteter.*
7. *Trondhjemit: D 31 vest, F 30 vest, og diverse dermed forbundne lokaliteter.*
8. *Valdressparagmit med konglomerat, Synorogen kaledonsk flysch.*

Det øvre Jotuneruptivdekkets bergarter.

9. *Dunit, ultrabasit.*
10. *Troctolit, olivingabbro, jotun-norit.*
11. *Leukokrat mangerit, monzonit, hypersthensyenit, granit (forgneiset og mylonitisert i forlandet og i bunnlagene). Devonfeltene i NW og underlaget av sedimentær kambrosilur og av prekambrium, vesentlig i SE, er ikke spesifisert på dette indekskart.*

The index map fig. 1 is a portion of "Berggrunnskart over Norge" (scale 1 : 1 mill.) by O. Holtedahl and J. Dons (1953), reprinted without colours at half scale. The circles of latitude and the meridians (Oslo = 0) limiting the topographic sheets of Norw. Geogr. Survey are drawn. Along the margin are noted the designations of the quadrangles in letters (vest and øst) and in figures (for lat.). White figures show the locations of the analyzed specimens. Not all the topographic maps marked are available, and so far only few corresponding geological maps at the scale 1 : 100.000 have been published.

In the original map the designation "A" stands for "anorthosite". It is, however, to be pointed out that "A" in fig. 1 stands for the characteristic leucocratic to white "labradorfels" in the older Norwegian terminology. In the Bergen—Jotunheim area this is a metamorphic rock, the original coarse grains being preserved as relics, Commonly containing over 85 % normative plagioclase with An₆₀₋₆₂. * In fig. 1 has the designation A on F 29 vest (analysis no. 4) therefore been removed. The rock on this locality is mainly "anorthositegabbro", chemically almost identical with analysis no. 3 in the vicinity and with many Jotun Norites of the High-Jotunheimen (East of 3° W Oslo) which have plagioclase up to An₅₃ and medium-grained eugranitic texture. — These rocks might be termed "anorthosites" in modern sense (the term being inaccurate), but not "labradorfels".

Moreover the author has in an argumentative paper (1957 p. 8—41) reported the pseudo-conglomeratic character of a composite rock layer, which had been interpreted as a true conglomerate and claimed to prove the stratigraphical correspondence of the above "anorthositegabbro-complex" and the "labradorfels" of the lower Jotun eruptive nappe.

The presentation on the NE-part of fig. 1 has consequently been altered since the edition of the original map of 1953. In accordance with the author's geological survey map (l. c. 1957, fig. 1, p. 15) the extension of the Caledonian flysch, the Valdres Sparagmite on E 30 øst, is now considerably smaller than shown on the map of 1953. Previously unknown and very interesting outcrops of erosional remnants of labradorfels have also been marked "A" on this quadrangle of fig. 1. They underly the Valdres Sparagmite and doubtless belong to the lower eruptive nappe. "A" in fig. 1 is identical with symbol no. 5 hatched and designated "E" on the survey map of 1957, *while symbol*

* A striking feature of these rocks is absence of P₂O₅ in chemical analyses.

no. 4, hatched and designated "H" on this map ("Mangerite, anorthosite-gabbro in Heidal. Mangerite gneiss in Kvam "F 29 øst, F 30 øst-" and in the Espedalen gneiss complex "F 30 vest-), is now ranked with the upper Jotun Eruptive Nappe, as the author's field investigations during the summer of 1957 on F 30 vest confirm the strong indications stated above.

The conclusion that the "anorthosite complex" (so-called by T. Gjelsvik, 1946) of Heidal, belongs to the upper Jotun eruptive nappe is important, because it leads to a satisfactory solution of the High Mountain Problem. It may be added that Gjelsvik (l. c. p. 4—5) pointed out that no real anorthosite occurs in the complex, which mainly contains "anorthosite-gabbro", but also ample acidic and mangeritic rocks. Gjelsvik admitted therefore that a designation "Mangerite Complex" might have been equally right. T. Strand (1951, p. 16) for this reason — and because of the predominating gneissic texture, altered the designation to "Rudihø Crystalline Complex".

In the same paper Strand advocated the theory which he had advanced in 1940 (l. c. p. 272). It involves the interpretation of the complex as an autochthonous basement of the Valdres Sparagmite as well as of the Cambro-ordovician sequence. Accordingly this Jotun eruptive nappe presumably rose and was exposed to denudation in Precambrium, and "had carried on its back" the sedimentary layers, the whole forming "a large and far-travelled nappe" (Strand l. c. 1951, p. 26) during the Caledonian Orogeny.

The conceptions advanced in the authors paper of 1955, and in a unpublished lecture at the "Nordiske geologiske vintermøte 1956" (Abstract NGT bd. 36, p. 73) were in opposition to Strand's ideas as to the rise and the Caledonian movement of The Jotun eruptive nappes in the Heidal aera. So also was the author's paper, (1957).

The presentation of the variation diagrams in the present paper represents the next step along the path towards a solution of the High Mountain Problem of Norway in light of modern petrological results.

The attention is here particularly drawn to the recent investigations of the Stratified Lopoliths, i. e. the classical work of L. R. Wager and W. A. Deer (1939). T. Barth (1952, p. 196—197) mentions 3 hypotheses for the genesis of the layered structures, but concludes that none of them is satisfactory and writes: "It seems that a promising field of research is here open for exploration." F. J. Turner and J. Verhoogen (1951, p. 235) point out: "Since even not the most enthu-

siastic devotee of the hypothesis of plutonic emplacement by solid diffusion could doubt the strictly igneous (magmatic) origin of gabbro-peridotite lopoliths, the petrogenesis of such rocks has important broad implications. In them is seen a picture of the kind and degree of lithologic variation that tends to develop within large masses of basic magma under plutonic conditions in a relatively undisturbed tectonic environment."

Turner and Verhoogen (1951) distinguish between bytownite-anorthosite layers in stratified gabbro-lopoliths (i. e. Bushveld, Stillwater, l. c. p. 225 f. f.) and "large *independent* intrusions of andesine- and labradorite anorthosites in Precambrian terranes" (l. c. p. 254 f. f.). They take as examples for the latter the Adirondack massif and less extensively the Precambrian area of Southern Norway, referring to the account of T. Barth (1933) stating that the "intrusive body of anorthosite and congenetic rocks—(The Egersund-area in the WSW)—are the youngest" in this Precambrian area. More recent investigations i. e. by P. Michot,* which demonstrated the existence of primary layered and subsequently folded structures of the anorthosite bodies, confirm the comagmatic connection to acid complexes farther to the ENE inferred by C. F. Kolderup and T. Barth. These complexes possibly reach much farther than formerly suggested. The dating of the anorthosite bodies as the youngest, may then refer to their "mis en place", analogous to what here will be demonstrated for the Jotun eruptive nappes.

As to the Adirondack massif Bowen and Balk derive anorthosite and pyroxene-quartz syenite from the same parent magma.

V. M. Goldschmidt (1916, p. 58) pointed out the close petrographic similarity between the rocks of the Egersund-area and the Bergen-Jotun rocks. Based mainly on his classic studies of the latter (1912—1922) he recognized — as other Norwegian petrologists have done — a magmatic anorthosite- mangerite- charnockite-stem.

It is remarkable, that the term "Charnockite", like the term "Anorthosite", today is somewhat inaccurately applied, and thus not only used for rocks of strictly magmatic origin as was originally intended by Sir Thomas Holland, who introduced the term (1900). Moreover is interesting to recall that Sir Thomas in the 1900 paper

* In P. Michot: "Phénomènes géologiques dans la catazone profonde." Geol. Rundschau Bd. 46, 1957 p. 147—173, is found in Chapt. III p. 158—173 descriptions from the Egersund-area ("Rogaland méridional, Norvège") based on Michot's studies 1936 — 1956.

(p. 134) emphasized the similitary between his charnockite series and the rocks of the Egersund- area, which he knew from the petrological pioneer work of J. H. L. Vogt and from C. F. Kolderup's reports on the area.

The lower Jotun eruptive nappes.

A comparison of the variation diagram of the upper Jotun eruptive nappe, fig. 3, with those of the lower Jotun eruptive nappes, fig. 2, the latter also containing analyses from the Adirondack massif and the Egersund-area, reveals that the "real anorthosite"—the labradorfels of the lower Jotun eruptive nappes—comes close to similar rocks from distant massifs. By contrast the diagram of the upper Jotun eruptive nappe displays a cognate, but distinctly different trend.

While the "labradorfels"-analyses now available are so abundant that not all of them were used in the diagrams, the analyses of mangeritic and acidic rocks are scanty. This is probably due to the fact that the almost white, seemingly uniform monomineralic labradorfels is not an ordinary rock, and is thus easily recognizeable in the field, while the adjacent acidic rocks in most localities are difficult to determine, having varied mineral-associations and being of gneissic, often mylonitic appearance. Their remarkably higher content of alkali feldspars accompanied by an H₂O-content attained by contact with the sedimentary cover during orogenic conditions, is probably responsible for a partially liquid state of these layers at a temperature (say 800° C) at which the "dry" anorthosite layers are almost completely crystalline. During the orogenic movements, squeezing, not only of the anorthosite layers in the sense of Bowen's hypothesis, but also of the acidic layers is highly probable. The behavior of the basic and acidic masses (of high alkali-content) in the temperature interval indicated must be different, the latter, due to their lower melting points, maintaining a much higher internal mobility, and a total mobility as well, facilitated by lubrication by molten alkali silicates along the zone of movement, where gneissification and mylonitization of the rocks are conspicuous.

The author's investigations of corresponding rocks from the upper Jotun eruptive nappe published (1953—55—57) and still going on, verify the conceptions advanced here as to the generation and importance of silicate melts along the zones of movement (thrust-zones).

Table I

Chemical Compositions of rocks of Lower Jotun Eruptive Nappe in Sogn and in the East-Jotunheimen (Variation diagram Fig. 2)

Constituent	I	II	III	III A Calc. Ab _{36,2} An _{62,4}	IV	IV B Calc. Or ₁ Ab ₃₇ An ₆₂	V	VI	VII	VII B Calc. H ₂ O free	VIII
SiO ₂	51.11	51.8	51.89	52.4	51.54	52.0	52.5	56.40	57.51	58.5	69.64
TiO ₂	0.01	0.1	0.25	—	0.19	—	0.1	3.41	1.31	1.3	1.64
Al ₂ O ₃	29.00	25.3	19.50	30.4	24.49	30.4	28.3	14.93	16.69	16.9	12.42
Fe ₂ O ₃	0.67	0.5	1.01	—	2.48	—	0.4	2.46	1.05	1.0	0.55
FeO	0.64	3.6	7.60	—	1.17	—	1.4	4.41	2.10	2.1	2.28
MnO	—	0.07	—	—	0.03	—	—	—	0.01	—	—
MgO	1.46	4.0	8.25	—	1.09	—	0.6	3.88	5.34	5.4	2.88
CaO	12.73	11.2	8.15	12.9	10.73	13.1	11.9	6.22	6.01	6.1	1.95
Na ₂ O	3.82	3.1	2.76	4.1	3.51	4.2	4.3	3.71	3.95	4.1	2.25
K ₂ O	0.31	0.4	0.15	0.2	3.49	0.2	0.4	4.22	4.35	4.4	5.61
P ₂ O ₅	0.00	0.0	0.00	—	0.08	—	—	0.06	0.23	0.2	0.25
H ₂ O ⁺	0.21	—	0.48	—	0.06	—	—	0.05	1.45	—	0.53
H ₂ O ⁺		—		—	1.13	—	—	ZrO ₂ 0.25			
	100.00	100.0	100.04	100.0	99.99	99.9	99.9	100.00	100.00	100.0	100.00

Explanation of Table I.

(Solid, black circles, connected with full lines.)

I. Labradorfels (Anorthosite) Larsfonnfjell (1319 m. a.s.l.) C 32 vest.

Johanne Hødal collect: (1945) descr. p. 166 and volume analysis.

Analyst: Calculated from vol. anal. p. 188 l. c. Σ fem: 8,0.

Plagioclase: An₆₃ = Σ sal: 92.0

II. Labradorfels. S-end Espedalsvann, ca. 750 m. a.s.l., F 30 V.

V. M. Goldschmidt collect. 1916 p. 32. Sp. g. 2.828.

Analyst: Olaf Røer, Norsk kemisk Bureau, Oslo (calculated H₂O-free for diagram).

III. Labrador-Norite (very coarse-grained). S of Sulseter (924 m. a.s.l.) N. Fron. F 30 Ø.

Chr. Oftedahl collect., 1944, pp. 193—201.

Analyst: B. Bruun (NGU chem. lab.).

CIPW norm and mode in good accordance. Pyroxene En₆₁ Fs₃₉ = 33,1

ol + ore 2,5 Σ fem: 35.6

Plagioclase Or_{1,4} Ab_{36,2} An_{62,4} = Σ sal: 64.4

which latter is plotted as IIIa in the diagram.

IV. Labradorfels-mylonite, Xenolithe in the Syenite sheet of the upper Jotun eruptive nappe, above Valdressparagmite and below the Jotun norite sheet. — 1350 m. a.s.l. on track 2 kms N of Gjendesheim, E 30 øst.

Author's collect 1954 Sp.g. 2,87.

Analyst NGU chem. lab. No. 980—1957.

CIPW-norm: Ap 0.2, Il 0.2, Mt 2.5,	sum	2.9
Wo		4.6
Fo		2.2 Σ fem: 9.7
Ne		4.2
Or 20.5, Ab 24.6, An 40.9	86.0 Σ sal:	90.2
		<u>99.9</u>

(20 % Or, 66 % Or₁, Ab₃₇An₆₂)

The determination of the alkalis was repeated by NGU chem. lab., and it is assumed that the labradorfels-mylonite were invaded by alkalisilicates from the embedding syenite sheet. When 20% Or and 4% Ne is subtracted, the remaining 60% plagioclase of composition Or₁Ab₃₇An₆₂ represents the labradorfels-composition noticeable common in the lower Jotun eruptive nappe of Sogn — Jotunheimen, and is plotted as IVB in the diagram.

V. Labradorfels-mylonite, schistose, near no. II (1.5 km SE Solåtjern) F 30 V.

V. M. Goldschmidt collect. 1916, p. 32.

Analyst: Olaf Røer, as no. II (calculated H₂O-free for diagram). Σ sal: 94,5 % Or₃Ab₃₉An₅₈.

VI. Pyroxene-Mangerite, Tveite (S of Stalheim — NE of Uppheimsvatn, 330 m. a.s.l.) C 32 vest.

Johanne Hødal collect. (1945) Descr. p. 172 and volume analysis.

Analyst: Calculated from vol.anal. p. 186 l. c. Σ fem: 29.0

Σ sal: 71.0

VII. Mangerite ("Quartz-Jotunite") Tveite, (S of Stalheim — NE of Uppheimsvatn, 330 m a.s.l.) C 32 vest.

Johanne Hødal collect. (1945) Descr. and vol.anal. p. 170.

Analyst: Calculated from vol.anal. p. 187 l.c. Σ fem: 26.3

Σ sal: 73.7

VIII. Granite ("Charnockite") Haugstøl, E of Uppheimsvatn, 330 m. a.s.l. C 32 vest.

Johanne Hødal collect. (1945) Descr. and vol.anal. p. 178.

Analyst: Calculated from vol.anal. p. 187 l.c. Σ fem: 11.8

Σ sal: 88.2

An independent occurrence of the anorthosites (labradorfels) in relation to their common association of mangerites-charnockites can not be argued for the lower Jotun eruptive nappe in Sogn. Johanne Hødal (1945, p. 129—274 C 32 vest) here verifies the comagmatic origin recognized for the Bergen-Jotun rocks by V. M. Goldschmidt. The puzzling structures of a large (some 20 km²) anorthosite-massif and its boundary, is excellently described by Mrs. Hødal (l. c. p. 142, fig. 4): "The anorthosite, then, lies in a bowl surrounded by inter-

mediate and acid rocks, chiefly mangerites”—The “structures show that the anorthosite must have sunk in relation to the surrounding mangerites”. The structural and petrological conditions in and around the massif may readily be explained by presuming an earlier “*mis en place*” of the (gneissic) mangerites, gliding down the slope into the Jotunheim syncline from a corresponding anticline to the NW. By continuous rising of the anticline the anorthosite nappe eventually followed, maintaining a considerable amount of heat in its large, not completely crystallized masses, capable of melting down and squeezing away the acidic rock masses of much lower melting points.

A discussion of possible generation of frictional heat along the zones of movements in this case, will be postponed until recently collected material from the East Jotunheimen has been studied in detail. Also in the latter the author has observed a reversed layering of a basic and an acidic division of the upper Jotun eruptive nappe.

The two Jotun eruptive nappes in the foreland of the East-Jotunheimen were distinguished in space and time by T. Strand in 1938. As a criterion he pointed out the deposition of the Caledonian flysch, the Valdres Sparagmite, during an interval of profound erosion.

The concept of *two* Jotun eruptive nappes was thus not taken into consideration by V. M. Goldschmidt, who (1916, l. c. p. 24) marked “labradorfels” as well as Jotun norite in a 3-phase diagram illustrating the congenetic origin of all Bergen-Jotun rocks.

As shown on the index map fig. 1 and emphasized above, the real anorthosites (labradorfels) and the real Jotun Norites (eugranitic types) are restricted to the outcrops of the lower and the upper Jotun eruptive nappe respectively.

While the labradorfels in Sogn, as demonstrated by J. Hødal (1945), doubtless are accompanied in the field by their common association with mangerites-charnockites, the labradorfels in the East-Jotunheimen, according to the author's investigations, apparently occur independently, resting directly on the sedimentary basement, the broad “thrust zone” being often developed as “greenchists” containing minor remnants of labradorfels (i. e. g. exposed in the Rauskar Water power tunnel F 30 vest). The author explains this fact by presuming that the rising layers of mangerite-charnockite by traversing the thick sedimentary cover to the NW partly were used up in the “granitization”, while remaining masses filled up and bridged the Jotunheim syncline. The later advancing labradorfels-division of the lower nappe

in the East-Jotunheimen also seems partly "arrested" in the syncline, while surplus, often heavily altered sheets of the labradorfels advanced into the foreland to the SE.

The distance along the direction of the mountain chain, NE—SW, of more than 100 kms between the outcrops of chemically identical labradorfels of the large massifs in Sogn, and the less extensive occurrences in the East Jotunheimen may be interpreted by inferring a connection buried below a cover of Valdres Sparagmite in turn overridden by the upper Jotun eruptive nappe.* The author's discovery of a labradorfels xenolith (Analysis IV, Tab. I) embedded in the syenitic sheet basing the upper Jotun Eruptive nappe at Gjendesheim, and presumably taken from "Klippen" overtopping the flysch, support this interpretation.

Connected to the conceptions deduced above, the author (merely as a preliminary communication) advances a hypothesis as to the generation of the synorogenic Trondhjemites and related rocks (The Opdalite-Trondhjemite-stem of Goldschmidt, 1916, p. 60 f. f.). This is based on the above assumption that intermediate to charnockitic masses from the lower Jotun eruptive nappe accumulated on the bottom of the Jotunheim syncline, and then yielded material for palingenesis of new magmas. Of petrological arguments is here mentioned only the invariable occurrence of often recurrently zoned oligoclase-crystals in the Trondhjemites, which might indicate an intermittent addition of Ca to the magma. This is consistent with the close lateral association of Trondhjemite outcrops with the anorthosite massifs, conspicuous on the maps and emphasized by several authors. The Trondhjemites of Sogn-Jotunheimen were intruded during the orogeny raising the upper Jotun Eruptive nappe. The advanced hypothesis may have a much wider importance in the NW-Caledonides, and may possibly have general application.

In fig. 2 the variation diagram for the *lower Jotun eruptive nappe of Sogn—East-Jotunheimen* is drawn with *full lines*; analyses are found in Tab. I with adjoining explanations.

When trying to combine the latter analyses with analyses from the Bergen Arcs, the author soon verified almost forgotten verbal statements of V. M. Goldschmidt, who recognized the anorthosite-kindred of the Bergen Arcs as "somewhat different" from the anorthosite

* This interpretation is verified by I. Th. Rosenqvist's recent investigations N.G.T. b.d 37, 1957, p. 413.

Table II

Chemical Compositions of rocks of the bergen Arcs and the Western area
(Variation diagram in Fig. 2 — broken lines)

Constituent	1	2	3	4	5 Calcul. H ₂ O free	6	7 Calcul. H ₂ O free	8
SiO ₂	46.97	52.80	56.31	57.34	57.4	64.80	66.2	68.69
TiO ₂	1.48	0.	0.73	0.40	0.5	0.75	0.2	0.31
Al ₂ O ₃	9.99	28.57	20.35	24.90	19.3	15.74	18.7	17.12
Fe ₂ O ₃	0.97	0.19	2.78	1.10	2.6	1.53	0.8	0.88
FeO	10.54	0.43	3.49	0.94	3.1	2.65	1.0	0.41
MnO	0.00		Sp.	—	0.2	0.00	0.1	—
MgO	11.54	0.27	1.49	0.25	0.3	1.11	1.3	0.39
								BaO
								0.40
CaO	14.46	12.17	3.76	7.99	5.8	2.26	2.3	1.91
Na ₂ O	3.17	4.82	6.01	5.37	6.2	4.55	9.5	7.03
K ₂ O	0.28	0.56	4.12	1.23	4.3	5.24	0.2	3.82
P ₂ O ₅	0.20		0.50	sp.	0.4	0.41	0.05	F sp.
H ₂ O ÷			—	} 0.33	—	0.13	—	Glødetap
			—		—	—	—	0.56
H ₂ O + S.	0.71	0.24	0.54	0.40	0.03	0.67 0.22	0.02	
	100.31	100.05	100.08	100.25	100.1	100.06	100,3	101.52

Explanation of Table II.

(Open circles, connected with broken lines.)

- Eklogit, Landsvik on Holsenøy, A 33 øst.
C. F. Kolderup (1903) cit. V. M. Goldschmidt (1916, p. 25).
Analyst: Lillejord.
- Labradorfels, thin-schistose, Røsseland on Holsenøy, A 33 øst.
C. F. Kolderup (1903) cit. V. M. Goldschmidt (1916, p. 32). N.-H. Kolderup (1921, p. 30).
Analyst: Lillejord.
- Mangerite-syenite ("Soda-syenite") Tunes, Sørfjord, Bergen area, B 33 vest.
C. F. Kolderup (1903, p. 114) cit. N.-H. Kolderup (1921, p. 54).
Analyst: Lillejord.
- Andesinfels. Fosse. Alværstrømmen N of Bergen, B 33 vest.
C. F. Kolderup (1903) cit. N.-H. Kolderup (1921, p. 30).
Analyst: Lillejord.
- Mangerite-syenite, Atle-øen, Sunnfjord, A 30 øst.
N.-H. Kolderup, 1921, p. 40.
Analyst: Alfred Vindenes, Bergens Museum chem. lab.
- Mangerite-syenite, quartz-bearing. Grane, Atleøen, Sunnfjord, A 30 øst.
N.-H. Kolderup, 1921, p. 35.
Analyst: Alfr. Vindenes.

7. Albitfels, Langedalsnipen, Holmedal, Sunnfjord, A 30 øst.
N.-H. Kolderup, 1921, p. 30.
Analyst: Alfr. Vindenes.
8. Hypersthene granite, Prestunseter, Osterøy, B 33 vest.
C. F. Kolderup (1903, p. 118) cit. V. M. Goldschmidt (1916, p. 48).
Analyst: P. Schei.

series of Sogn. A conspicuous feature seems to be higher contents of Na_2O in the rocks of the Western area, as far as appears from the scanty material.

The variation diagram of the *Western area* is therefore drawn in fig. 2 with *broken lines*; the analyses are found in Tab. II with adjoining explanations.

Like the plotted analyses of anorthosites from the Adirondack massif and from the Egersund area in fig. 2, the variation diagram of the Western area is mainly drawn for comparison with the Sogn—Jotunheim rocks.

For this reason the Na_2O -rich analyses, no. 4 and no. 7, are included in table II though not appearing in the diagram. In the author's opinion there might be taken into consideration a possible generation of these albite-rich rocks by some kind of metamorphic differentiation during transportation and remelting from plutonic material. Analogous processes are indicated by the rocks represented by the analyses α , β , γ and δ of Table III below. Moreover it is pointed out, that the granite analysis, No. 8, of Table II is also noticeably Na_2O -rich, and the locality (Prestunseter) is the only one known where a dyke of a Bergen-Jotun-rock intersects schists of the Cambro-Silurian basement (jfr. V. M. Goldschmidt, 1916 p. 48—49, C. F. Kolderup, 1903 p. 117).

The upper Jotun Eruptive Nappe.

The construction of the variation diagrams is based on 14 chemical analyses of rocks, which on stratigraphical, tectonical, petrographical and petrological grounds briefly pointed out above, in the author's opinion belong to the upper Jotun eruptive nappe. Seven of these were, at the author's request, carried out at Norges geologiske undersøkelser kjemiske laboratorium (NGU chem. lab.) by the chief chemist Civil engineer Brynjolf Bruun and his able assistants. Four analyses of fine grained, noritic rocks, displaying neo-volcanic features were also

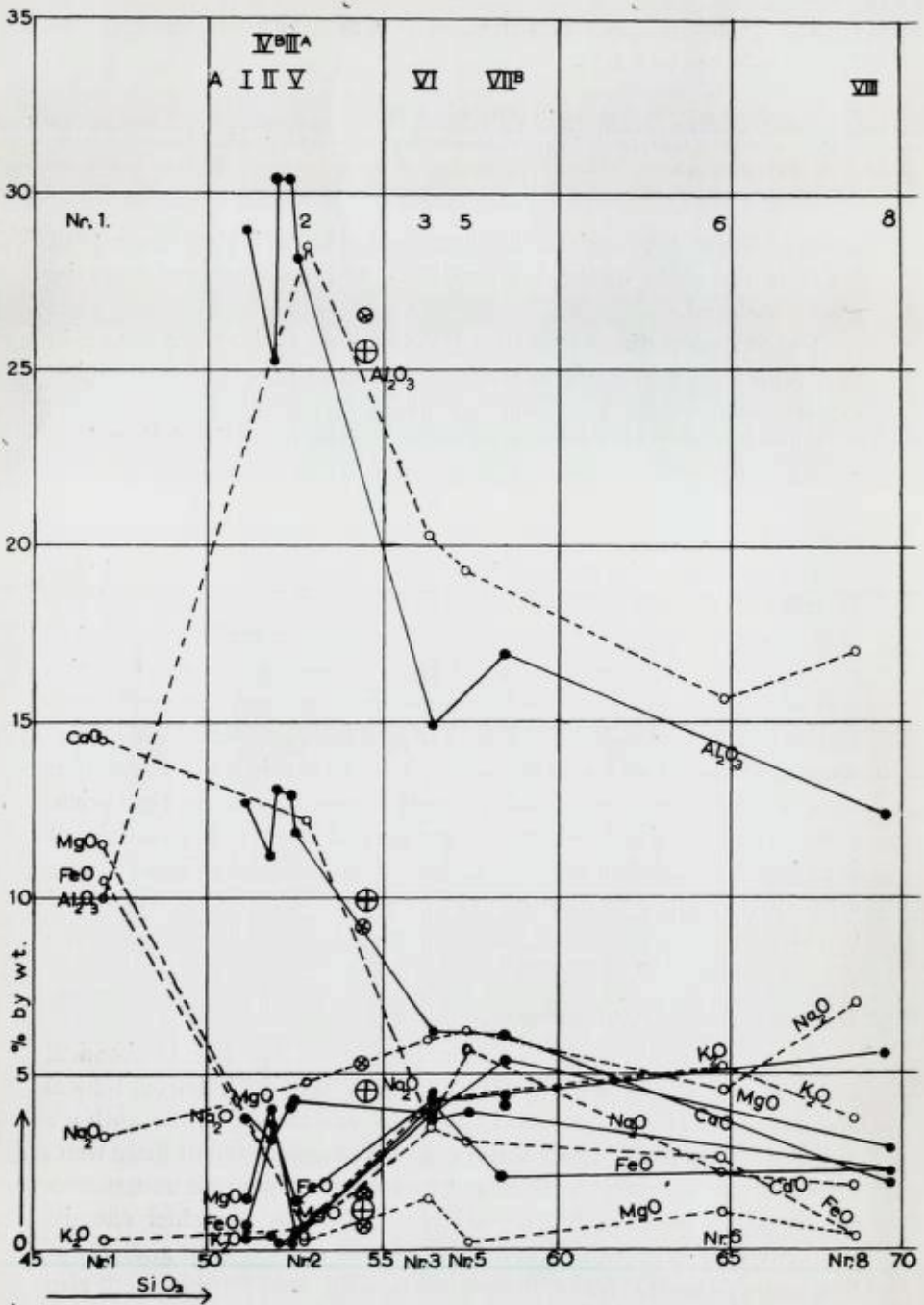


Fig. 2

made at the NGU laboratory. They are taken from "sole injections" of the zones of movement, and presumably represent plutonic rocks remelted by frictional heating. The 6 constituents of the analyses taken into consideration in the diagram and plotted against SiO_2 are marked with solid circles for the "sole injections" and with open circles for the other rocks.

6 of the author's 11 analyses here applied have been published recently (l. c. in the explanation below) 5 analyses have not been published before, and in these cases the CIPW norm and some brief remarks have been added in the explanation. In the analysis of No. 2 and of No. 7, moreover, of the "sole injections" α and β , the content of $\text{H}_2\text{O} + 110^\circ$ exceeds 1%, and they therefore have been calculated as water free in the diagram. The other specimens on which analyses were performed have maintained the "dry" character of the primary Bergen-Jotun-rocks, the CIPW-norm for the latter being in fairly good accordance with the mode.

The localities of the analysed samples found may be on the index map, fig. 1, by the quadrangle designations (i. e. E 30 øst) and figures, white on dark background and black on light background.

Explanation of fig. 2. Variation diagrams of rocks of the lower Eruptive nappes:

- (1) The lower Jotun Eruptive nappe of Sogn and the East Jotunheimen (based on analyses in Table I with adjoining explanation) marked with solid black circles connected by full lines.
- (2) The nappe of the Bergen Arcs and the Western area (based on analyses in Table II with explanation) marked with open circles connected by broken lines.

In fig. 2 is plotted (with greek cross in circle) average of 4 analyses of anorthosite (Marcy type) from core of Adirondack massif after Turner and Verhoogen (1951, p. 255). The constituents FeO , MgO and K_2O in this average are near 1 % and represented by one lower circle. Also plotted (with St. Andrew's cross in circle) are the constituents of one analysis from Ánasira, Egersund area, Southern Norway. T. F. W. Barth has kindly permitted the use of this analyses. This is one of the two analyses represented by average in the Table of Turner and Verhoogen (l. c. p. 255).

Variasjonsdiagram for bergarter fra de undre eruptivdekker.

- (1) Det undre Jotuneruptivdekke i Sogn og Øst-Jotunheimen (basert på analyser i tab. I med «explanation»), merket med sorte fylte sirkler og helt optrukne linjer.
- (2) Eruptivdekket i Bergensbuene og det vestre område (basert på analyser i Tab. II med «explanation») merket med åpne sirkler og stiplede forbindelseslinjer.

I fig. 2 er dessuten merket med kors i sirkel gjennomsnitt av 4 anortositanalyser fra Adirondack-massivet (FeO , MgO , og K_2O , alle, nær 1 %, er representert ved ett merke). Med kryss i sirkel er merket en analyse fra Egersundfeltet (Ánasira) — (stilt til disposisjon av professor T. Barth).

Table III
Chemical Compositions of rocks of the upper Jotun Eruptive Nappe
(Variation diagram Fig. 3)

Constituent	0	1	2	2 calc. H ₂ O free	3	4	5	6	7	7 calc. H ₂ O free
SiO ₂	38.08	44.96	46.43	47.0	48.15	49.17	52.76	53.90	54.91	55.9
TiO ₂	0.06	0.72	0.98	1.0	0.83	0.83	0.52	0.65	0.43	0.4
Al ₂ O ₃	2.91	10.23	17.11	17.4	18.03	19.08	15.40	17.42	16.73	17.0
Fe ₂ O ₃	1.27	5.18	2.72	2.8	3.77	2.46	4.55	2.89	3.96	4.0
FeO	15.75	8.95	6.65	6.8	7.61	7.20	6.59	5.72	5.13	5.2
MnO	0.20	0.24	0.10	0.1	0.14	0.11	0.14	0.12	0.13	0.1
MgO	40.07	15.07	10.07	10.3	6.34	6.21	6.10	4.92	4.76	4.8
CaO	0.90	12.17	11.70	11.9	10.95	10.76	7.69	8.36	6.78	6.8
Na ₂ O	0.09	1.35	2.34	2.4	3.17	2.60	3.36	3.83	2.97	3.0
K ₂ O	0.03	0.17	0.25	0.3	0.36	0.69	2.02	1.86	2.53	2.6
H ₂ O÷	0.07	0.14	0.08	—	0.11	} 0.26	0.18	0.07	0.15	—
H ₂ O+	0.30	0.69	1.48	—	0.41		0.28	0.20	1.39	—
P ₂ O ₅	0.16	0.06	0.01	—	0.14	0.38	0.29	0.38	0.18	0.2
	99.89	99.89	99.92	100.0	100.01	99.75	99.88	100.32	100.05	100.0
+ 0.30 Cr ₂ O ₃ incl. in Al ₂ O ₃							CO ₂ 0.38		(+CO ₂ 0.29 tr. Cr ₂ O ₃)	
Sp.g:	3.40	3.18	3.06	< higher	3.04	n.d.	2.88	2.89	2.80	< higher

Explanation of Table III.

0. Dunite, Leirungdalen, Raudhammer, 1400 m. a.s.l. E 30 øst.

Author's collect. No. 72, 1956. Sp.g. 3.40.

Analyst: NGU chem. lab. No. 1081, 1957.

CIPW norm: Mt 1.2, Ab 0.5, An 4.0, Ol 91.8 (Fo₈₂Fa₁₈).

Mode: Ol 92 (Fo₈₈Fa₁₂) (+ Plagioclase 4 % not visible) 96 % Wt. *Picotite*, black, non-magnetic 4 % determ. with integration-table. Usual content of 8 % Cr₂O₃ corresponds to 0.3 % Cr₂O₃ for the rock as determined by NGU chem. lab.

1. Olivine-gabbro (troctolite) Sikkildalshornet, 1544 m. a.s.l. E 30 øst.

Author's collect. No. 204, 1954. Sp. g. 3.18.

Analyst NGU chem. lab. No. 433, 1955.

CIPW norm: Ap 0.16, Il. 1.0, Mt 5.3 sum 6.5

Di: Wo 15.4, + hy 15.4 30.8

Hy (En = 4.3 Fs) 3.0

Ol (Fo₈₀Fa₂₀) 24.9 Σ fem: 65.2

Or 1.0, Ab 12.5, An 21.3 Σ sal: 34.8

Or₃Ab₃₆An₆₁ 100.00

8	9	10	11	12	13	Const.	α calc. H ₂ O free	β calc. H ₂ O free	γ	δ
55.84	58.43	61.93	69.33	72.80	73.22	SiO ₂	46.5	51.2	53.66	53.98
0.96	1.00	0.78	0.38	tr.	0.27	TiO ₂	3.2	1.4	1.29	0.40
16.93	17.17	17.41	14.34	14.55	13.02	Al ₂ O ₃	16.4	16.0	14.38	19.78
3.08	5.22	1.16	1.56	0.18	1.85	Fe ₂ O ₃	3.5	3.0	2.30	2.93
4.87	3.59	3.74	2.12	1.04	1.21	FeO	10.6	8.5	7.49	4.57
0.15	0.08	0.18	0.08	tr.	0.05	MnO	0.2	0.2	0.13	0.11
3.91	1.29	0.73	0.44	0.47	0.15	MgO	6.1	6.7	8.08	3.94
6.45	2.52	2.14	1.34	0.82	0.67	CaO	9.9	8.6	7.94	7.24
4.35	4.66	5.07	4.01	3.54	3.63	Na ₂ O	2.6	3.1	3.40	4.84
2.92	5.39	6.16	5.42	5.48	5.64	K ₂ O	0.7	1.2	0.81	1.20
0.07	0.07	0.08	0.04	0.20	0.02	H ₂ O÷	—	—	0.15	0.19
0.18	0.33	0.37	0.48	0.40	0.32	H ₂ O+	—	—	0.28	0.13
0.41	0.55	0.32	0.10	0.15	0.01	P ₂ O ₅	0.5	0.2	0.26	0.44
100.12	100.30	100.07	99.64	99.63	100.06		100.2	100.1	100.17	99.75
		0.21	0.17		0.08	BaO				
		0.08	0.06	0.19		Co ₂				
		0.02	0.01		0.01	S				
		0.31	99.88	99.82	100.15					
2.84	2.76	2.70	n.d.	2.636	n.d.		n.d.	3.00	2.97	2.69

Mode: Grain size 1—1.5 mm, makes mode determination uncertain.

Tabular plagioclase An₆₅—30 %.

Rhomb.pyroxene 15 %, Monocl.pyroxene 20 %, Olivine 25 %.

Sparsely: Pleonaste + Ore 7 %, Biotite 3 %.

2. Hornblende gneiss, Heidalsmuen 1743 m. a.s.l. F 30 vest.

Author's collect. No. 42, 1945. Sp. g. 3.06.

Analyst: NGU chem. lab. 1954.

CIPW norm: Il 1.4, Mt 2.9 sum 4.3

Di: Wo 8.8 + hy 8.8 17.6

Ol: (Fo₈₀Fa₂₀) 19.6 Σ fem: 41.5

Or 1.5, Ab 21.0, An 35.9 Σ sal: 58.4

(Or₂Ab₃₆An₆₂) 99.9

Mode: ca. 85 % green hornblende, 12 % plagioclase (oligoclase?) and zoisite. 3 % sphene (titanite).

The metamorphism seems to have been accomplished on the primary rock with normative composition only by excess of H₂O and high stress, presumably at deeper levels before the "mis en place". The neighbouring rocks, represented by analyses no. 3 and no. 4, of similar primary composition have maintained the "dry" character, with parageneses (autometamorphic?) containing garnets, especially abundant in no. 4.

Attention is drawn to the striking similarity between no. 2 and the average of 5 analyses from the Birtavarre District (1 "green beds", 4 amphibolites) recently published by F. M. Vokes (1957, p. 59). The similarity is conspicuous not only as to the normative composition, but also as to the metamorphism. The localities are near 1000 kms apart, but both are connected with the Jotunheim—Lyngen syncline, the most conspicuous of the first order synclines in the Caledonides of Norway according to the interpretation of Thorolf Vogt (1922—1946). The current investigations of the Lyngen sheeted igneous complex may be expected to unveil interesting analogies between this and the upper Jotun Eruptive nappe. A preliminary note by W. A. Elders (1957), also seems to support these prospects.

3. Jotun Norite, Langvasshø, 1350—1400 m a.s.l. E 30 øst.

Author's collect. no 77, 1953. Sp.g. 3.04.

Analyst: NGU chem. lab. 1954.

CIPW norm: Ap 0.3, Il 1.2, Mt 3.9	sum	5.4
Di: Wo 8.0 + hy 8.0		16.0
Hy (En = 2 Fs)		1.6
Ol (Fo ₆₇ Fa ₃₃)		12.3
Or 2.0, Ab 28.5, An 34.2	Σ fem:	35.3
(Or ₃ Ab ₄₄ An ₅₃)	Σ sal:	64.7
		100.0

4. Jotun Norite ("Anorthosite gabbro") Rudihø, 1162 m. a.s.l. F 29 vest.

Tore Gjelsvik collect. Published NGT bd. 26—1947, p. 11 Sp.g. n. d.

	Σ fem:	33.6
Or _{6.8} Ab _{35.3} An _{57.8} =	Σ sal:	66.4
		100.0

Analyst: Tore Gjelsvik, Univ. min. Inst., Oslo.

5. Jotun Norite, West-slope Breikvamnåsi 1550 m. a.s.l., NW Tyin, E 30 vest.

V. M. Goldschmidt collect. 1916, p. 38. Sp.g. 2.878.

Analyst: Max Dittrich, Heidelberg.

6. Jotun Norite. Tunnel Koldedalen 1180 m. a.s.l., 5 kms NW of No. 5 E 30 vest.

Author's collect. apr. 1957 Sp.g. 2.89.

Analyst: NGU chem. lab. 1957.

CIPW norm: Ap 0.5, Il 0.8, Mt 3.0	sum	4.3
Di: Wo 6.2 + hy 6.2		12.4
Hy (Mg = 2.2 Fe)		11.6
Ol Fo ₇₀ Fa ₃₀		1.5
Or 11.0, Ab 34.5, An 24.7	Σ fem:	29.8
(Or _{15.6} Ab _{49.3} An _{35.1})	Σ sal:	70.2
		100.0

Finegrained, stressed, but fresh, unmetamorphic rock. Contain Jotun perthite, transitional type between "droplets" and "spindle" perthite, not "mesoperthite".

7. Mangerite, transitional to Jotun Norite, W of Bitihorn (1608 m) E 31 øst.

V. M. Goldschmidt collect. Published 1916, p. 40. Sp. g. 2.804.

Analyst: Max Dittrich, Heidelberg.

8. Mangerite, transitional to Jotun norite, Nautgardstind, 2257 m, E 30 øst.

Author's collect. Published 1955, p. 32 Sp.g. 2.84.

Analyst: NGU chem. lab. 1954. Σ fem: 25.6

Σ sal: 74.3

9. Hypersthene syenite. Valdresfly highway, 1040 m. a.s.l. E 30 øst.
Author's collect. Published 1955, pp. 34—37 Sp.g. 2.76. Dense, having apparently been almost completely remelted.
 Σ fem 12.1, Σ sal 87.9.
Analyst: NGU chem. lab. 1953.
10. Hypersthene syenite, Suletind (1781 m. a.s.l.) Filefjell D 31 øst.
Th. Kjerulf collect. (Publ. from locality 1879, p. 207) Sp.g. 2.703.
V. M. Goldschmidt published the analysis 1916, p. 43.
Analyst: O. Røer, Oslo, on request V.M.G. 1916.
Suletind has Jotun norite in the summit and a sheet of hypersthene-syenite ca. 150 m thick below 1500 m. a.s.l.
(K. O. Bjørlykke, 1905 p. 514.)
CIPW norm: B. Dietrichson 1955, p. 36, where also the mineral calculation by V. M. Goldschmidt is quoted — showing fairly good accordance with the norm.
 Σ fem: 10—11.3. Σ sal: 90—88.7.
11. Granite, Fossanseter ca. 1000 m. a.s.l. Hemsedal E 32 øst.
C. Bugge collect. Published 1939, p. 62—63.
Analyst: Kløver chem. lab., Oslo.
12. Biotite Granite, SE-side Synshorn (1453 m. a.s.l.) E 30 øst.
V. M. Goldschmidt collect. publ. 1916, p. 52. Sp.g. 2.636.
Analyst: M. Dittrich, Heidelberg, 1912.
13. Granite, Grønsennknipa (1368 m. a.s.l.) E 32 øst.
C. Bugge collect. Published 1939, p. 62—63.
Analyses of 4 fine-grained or dense norite rocks from "sole injections" at the base of the moving zones of the gabbroic division, highest in the upper Jotun eruptive nappe.
- α Diabase-porphyrity, Espedalen, 725 m. a.s.l. F 30 vest.
Authors collect. Publ. 1953, p. 54.
(Photo p. 48 and Photomicrographs. Pl. III fig. 1 and 2 show intact, finegrained high-temperature plagioclase An_{60} . Descr. (p. 52—54) and CIPW-norm Σ fem 40.5 Σ sal 59.5.)
Analyst: NGU chem. lab. B. Bruun 1953.
(Calculated H_2O -free for the diagram.)
- β Norite, finegrained. Rindhovda 1150 m. a.s.l. E 29 øst.
W. Werenskiöld collect. 1941. Sp.g. 3.00.
Author's publ., 1957 p. 32—33:
(Photomicrograph. CIPW-norm Σ fem 38.8 Σ sal 61.3.)
Analyst: NGU chem. lab. 1955.
(Calculated H_2O free for the diagram.)
- γ Spessartite, Nautgardstind 2257 m. a.s.l. E 30 øst.
Author's collect. Publ. 1956, p. 40—41.
(Photo p. 33, photomicrograph p. 39) CIPW-norm Σ fem 42, Σ sal 57.9.
Analyst: NGU chem. lab. 1954.
- δ Diabase, Uranos Glacier 1800 m. a.s.l. D 30 øst. (Foot of Mt.-Saga 2041 m.)
Author's collect. 1957. Dense, glassy rock. Sp.g. 2.69.

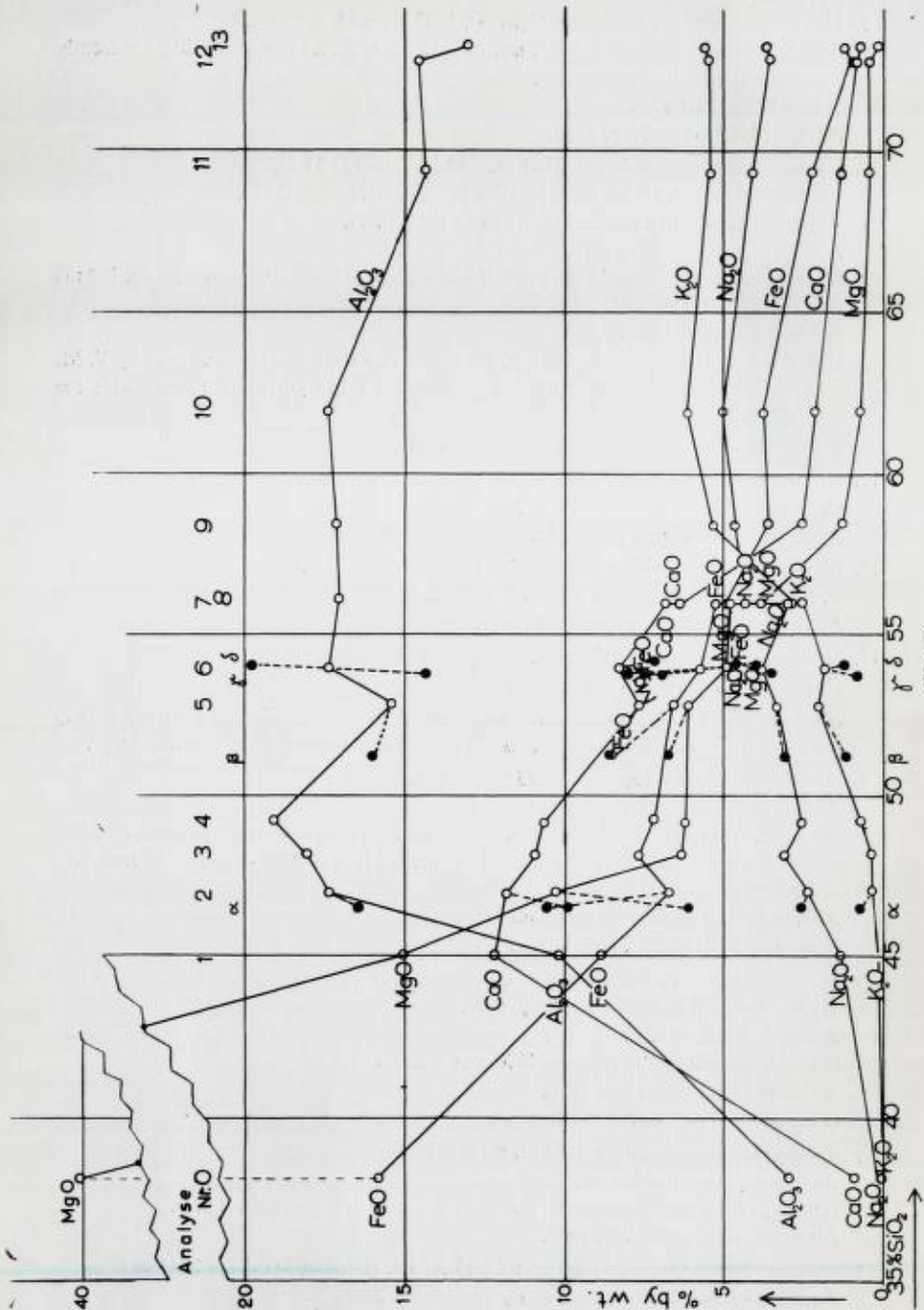


Fig. 3

CIPW-norm: Ap 0.8, Il 0.6, Mt 3.0	sum	4.4
Di: Wo 1.6 + hy 1.6		3.2
Hy (Mg: Fe = 2)		12.6
Ol $\text{Fo}_{74}\text{Fa}_{26}$		0.9
	Σ fem	21.1
Or 7.0, Ab 43.0, An 28.9	Σ sal	78.9
$(\text{Or}_{8.9}\text{Ab}_{54.8}\text{An}_{36.3})$		100.0

In fig. 4 is reproduced the variation diagram for 66 analyses of Tahitian lavas taken from Turner & Verhoogen (1951, p. 129 after H. Williams). To the right of this diagram are plotted the constituents of analysis no. 10, Table III, hypersthene-syenite from Suletind, the upper Jotun eruptive nappe (jfr. explanation p. 23). This (and adjacent analyses) fit remarkably well at the right hand side of the diagram for the Tahitian lavas.—The explanation obviously is the tendency to converge towards a composition characterized by “the low-temperature through” as shown by Bowen in the phase diagram for the system $\text{NaAlSiO}_4\text{—KAlSiO}_4\text{—SiO}_2$. In fig. 5 this phase diagram is reproduced according to fig. 19 (p. 148) and fig. 37 (p. 275) in the textbook of Turner & Verhoogen (1951). Besides Dalys average compositions for granites (1), syenites (2) granodiorites and diorites (3), are plotted in fig. 5 the compositions of no. 9, no. 10, and no. 12 from Table III, falling well inside the border of the low temperature through ABCD. Similar converging tendency on the left, basic parts of the variation diagrams for the Tahitian lavas and the plutonic rocks of the upper Jotun eruptive nappe, are evident for all constituents except for CaO.

Explanation of fig. 3. Variation diagram of the rocks of the upper Jotun Eruptive nappe, High Jontunheimen with foreland (based on analyses in Table III with adjoining explanation). The 6 constituents of the analyses taken into consideration in the diagram, for 14 analyses are plotted with open circles and connected by full lines. 4 analyses are plotted with solid circles, and connected by broken lines to the neighbouring open circle representing the same constituent. The 4 analyses are from “sole injections” presumably remelted from corresponding plutonic rocks.

5 of the author's 11 analyses used in fig. 3, have not been published before.

Variasjonsdiagram for bergarter i det øvre Jotuneruptivdekke, høy-Jotunheimen med forland (basert på analyser i Tab. III med tilhørende «explanation»).

De 6 konstituenten som tas med for opptegning av variasjonsdiagrammet, er for 14 analyser merket med åpne sirkler og forbundet. 4 analyser er merket med sorte, fylte sirkler og tilknyttet diagrammets nærmeste merke for tilsvarende konstituent. De representerer «sole injections», antatte oppsmeltningsbergarter. 5 av forfatterens 11 analyser som er brukt i fig. 3, er ikke publisert tidligere.

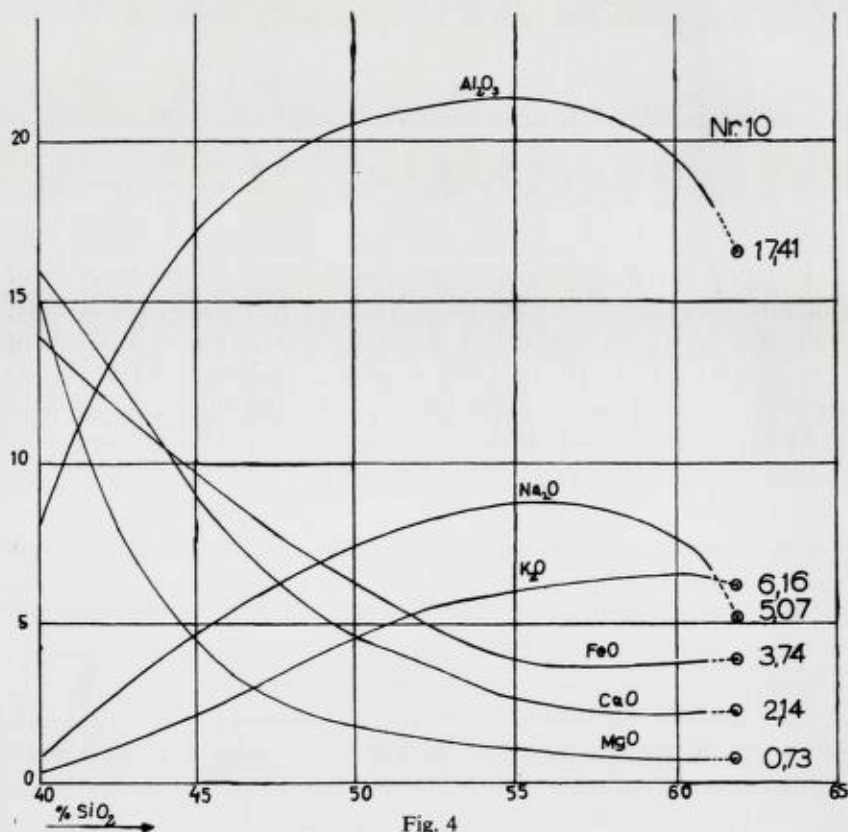


Fig. 4

Explanation of fig. 4. Variation diagram for 66 analyses of Thaitian lavas, reproduced from Turner and Verhoogen (1951, p. 129) after H. Williams.

At the right hand end of the diagram are adjoined the constituents of analysis No. 10 of Table III and fig. 3.

Variasjonsdiagram for 66 analyser av lavaer fra Tahiti. Til høyre i diagrammet er inntegnet verdien for de 6 tilsvarende konstituenten i analyse nr. 10 i tab. III og fig. 3.

While CaO in the lava diagram lies at 16 % plotted against 40 % SiO₂, the corresponding interpolated amount for the plutonic rock series is 5 % CaO (0,9 % CaO against 38.1 % SiO₂).

A still unexplained tendency of labradorfels composition to converge towards Or₁Ab₃₇An₆₂ (with 53,7 % SiO₂) is remarkable. Among diverse factors regulating the petrological equilibrium may be mentioned the composition and original temperature of the presumable continental-basaltic parent magma, the magma chambers dimensions,

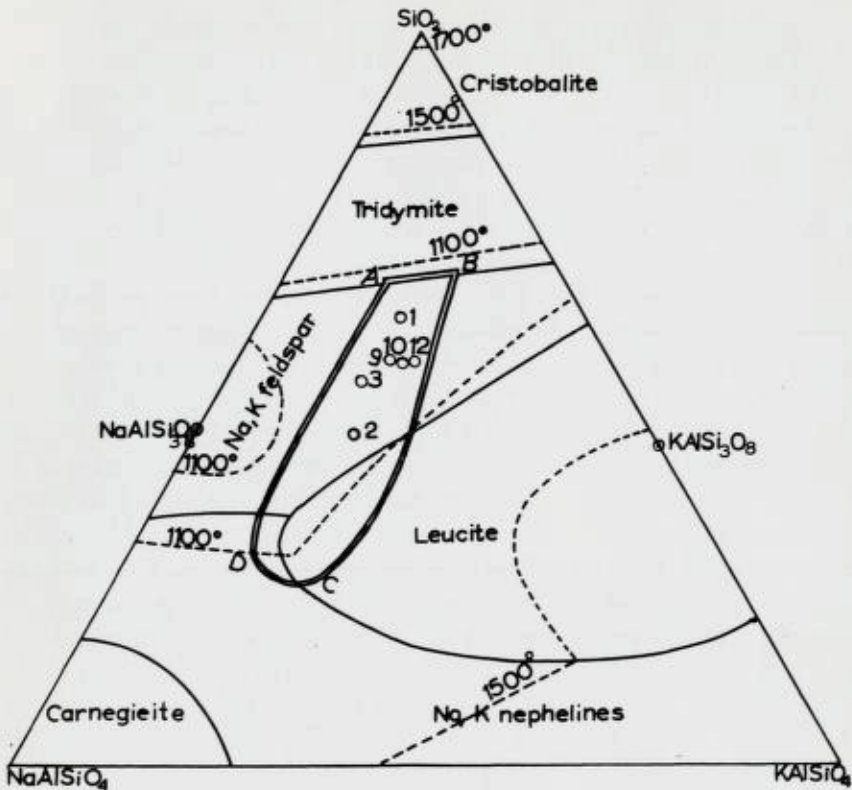


Fig. 5

Explanation of fig. 5. Bowen's phase diagram for the system NaAlSiO_4 — KAlSiO_4 — SiO_2 with Daly's average compositions for (1) granites, (2) syenites, (3) granodiorites and diorites in relation to the low-temperature through ABCD. The corresponding compositions of the analyses No. 9, No. 10 and No. 12 of Table III and fig. 3 are calculated and plotted.

Fig. 5 is drawn after Turner and Verhoogen (1951) fig. 19 (p. 148) and fig. 37 (p. 275).

N. L. Bowens fase-diagram for systemet NaAlSiO_4 — KAlSiO_4 — SiO_2 med inntegnet Daly's gjennomsnitts-sammensetning for (1) granit, 2 (syenit) og 3 granodiorit i forhold til "lavtemperatur trauet" ABCD. De tilsvarende verdier for analyse nr. 9, nr. 10 og nr. 12 i tab. III og fig. 3 er inntegnet.

Fig. 5 er tegnet etter Turner Verhoogen (1951) fig. 19 (p. 148) og fig. 37 (p. 275).

isolation and depths in the Earth-shell; and corresponding heat capacity and rate of cooling, and not least a period of undisturbed conditions sufficient for obtaining an optimal rate of differentiation. Regional evidence shows that most real anorthosites are of younger Precambrian age.

So wrote V. M. Goldschmidt (1916, p. 136):

“Ferner ist es sehr merkwürdig, dass die sicher bekannten Gebiete von Anorthosit-Charnockit-Gesteinen anscheinend stets ein sehr hohes geologisches Alter besitzen (Urgebirge oder Altpaläozoicum). — Man könnte, um einen bildlichen Ausdruck anzuwenden, fast sagen, die Gesteine dieser Art seien frühzeitig ausgestorben.” This statement today must be restricted to the series containing real anorthosite (labradorfels).

As to the upper Jotun eruptive nappe it has been pointed out above, that its layers, corresponding to the real anorthosites of the lower Jotun eruptive nappe, are represented by the Jotun norites with plagioclase up to 53% An.* These rocks may often display a somewhat leucocratic appearance, though always containing considerable amounts of femic minerals. A characteristic feature never lacking in thin sections of these rocks, regionally repeated in analogues series from all parts of the world, is the rounded seemingly resorbed boundaries of the femic mineral aggregates and the apatite.—A clear impression of “arrested” rock constituents during sinking in “too early” chilled masses is remarkable. A dating of the differentiation of the rock series represented in the upper Jotun eruptive nappe (Tab. III)—possibly to old Paleozoic,—must be regarded as premature. A more exact dating on stratigraphical grounds of the “mis en place” is expected.

In the author's opinion the different series of Jotun Eruptive rocks, represented by the two eruptive nappes, may be regarded as an example which links the real anorthosite occurrences to the typical gabbroic lopoliths.

Acknowledgement

Financial support from “Nansenfondet til fremme av norsk vitenskap” and from “Norges almenvitenskapelige forskningsråd” made it possible for the author to get this paper ready for print after his leave from “Norges geologiske undersøkelse” 1. March 1957.

Professor dr. Ivar Oftedal, Mineralogical Institute of the University of Oslo, has—during several years—kindly given the author valuable advices,—now also as to the language, which finally was

* The troctolites (No. 1 and No. 2, Tab. III) of the upper Jotun Eruptive nappe show however 30—50% plagioclase with An_{60—62}.



Fig. 6

Explanation of fig. 6. The mountain ridge Saga (the saw) 2041 m. a.s.l., overtopping the Melkedal- and Uranos-Glaciers, the West Jotunheimen (D 30 øst) seen from SSW. Shows layering in Jotun Norite. The analysis 8 (Tab. III, fig. 3) of specimen taken in outcrop at foot of Saga. Falketind (falcon peak) 2067 m. a.s.l. (D 30 øst), 7 kms. SSW of Saga, was — as the first peak in the Jotunheimen — climbed by Chr. Boeck and B. M. Keilhau in 1820, "the explorers of the Jotunheimen". The latter was professor in Geology at the University in Christiania (Oslo) 1834—1858). Author's photo 1957.

Fjellryggen Saga (Sagi) (2041 m o h.) sett fra Uranosbreen mot N. Prøve 8 (D30 øst). Tab. III fig. 3 er tatt i blotning ved foten (ca. 1800 m. o. h.) av Saga. Viser lagdeling i Jotun-norit, fot. forf. april 1957.

carefully corrected by Mr. P. H. Reitan, B. A. formerly of University of Chicago, p. t. at NGU.

The author wishes to express his sincere thanks for the support and assistance mentioned, and also to all persons connected to the institutions which promoted and encouraged his work.

Sammendrag

Variasjonsdiagrammer av Jotuneruptivdekkenes bergartsserier bekrefter deres primært magmatiske lagdeling, fremkommet ved mere og mindre komplett, gravitativ differentiasjon.

De her publiserte diagrammer med tekst er ment som et skritt videre på vei mot løsningen av det norske høyfjellsproblem etter de linjer som indikeres i forfatterens refererte publikasjoner (1953, —55—57), samt i uttrykt foredrag på det nordiske geologiske vintermøte i Oslo 1956.

Det gjennom mannsaldre uløste problem besto især i den «omvendte» lagning av eruptivmassene, særlig tydelig i Jotunheimen, men erkjent langs hele den Kaledonske fjellkjede i Norge fra Stavanger til Vestfinnmarken, ved forgneisede, mylonitiserte bunnlag, som tydelig hadde beveget seg fra NW mot SE utover i forlandet på underlag av

kambro-siluriske sedimenter; og høyereliggende eruptivpakker av samme serie med normalkorning eugranitisk tekstur.

Sitater fra vårt århundredes ledende geologer (s. 1) fremhever den vidtrekkende betydning løsningen av det norske høyfjellsproblem kan få for forståelse av fjellkjededannelse i sin alminnelighet med tilhørende eruptiv og vulkansk virksomhet. Disse uttalelser oppfattes som en utfordring til geologisk forskning i Norge, hvor naturforholdene vel ligger bedre til rette enn i noe annet noenlunde lett tilgjengelig land.

Den i videste forstand bevegende kraft ved fordelingen av bergartmassene og deres komponenter såvel i smeltet som i mere eller mindre konsolidert (krystallisert) tilstand, tilskrives den justerende virkning av gravitasjonen på jordskorpens stabilitetsforhold og kretsløp i stort som i smått. N. L. Bowens sats «Gravity never takes a holiday» innebærer således at tyngdekraften utpekes som «Deus ex machina» også i jordklodens periodisk gjentatte overmektige drama, fjellkjedefoldningen. Termen «overskyvning» erstattet den første brukte betegnelse «overskytning»* i overensstemmelse med svensk «överskjutning» anvendt av A. E. Törnebohn under hans banebrytende interpretasjon av de skandinaviske Kaledoniders berggrunn. Den siste betegnelse medførte ikke noen forestilling om at de enorme bergartsflaks laterale forflytning på ca. 100 km var foranlediget av «skyvning» bakfra. En enkel beregning basert på bergarters fasthetskonstanter og friksjon viser umuligheten av en slik antagelse. At hovedmassene har skjøvet unna relativt mindre flak som da ble breksiert er en i den grad iøynefallende sekundærvirkning at forestillingen om skyvning har festnet seg. Man så ikke skogen for bar trær.

Betydningen av et effektivt smøremiddel langs bevegelsessonene for de forflyttede hovedmasser er sterkt fremhevet av nærværende forfatter i overensstemmelse med R. A. Daly's (1925 — 295 ff) prinsipielle betraktning. En rekke nye lokaliteter av glassganger, pseodutachylit (karakterisert som «den mest gåtefulle bergart» av en av Storbritannias ledende, nålevende geologer) konstatertes i Jotunruptivdekkenes bevegelsessoner. De interpreteres som raskt størknede silikat-masser som var smøremidlet, intrudert i relativt *kolde* breksierte deler av de fremglidende massers underlag. De bevegede masser holdt lenge en så høy temperatur, at de oppsmeltede silikater som dannet smøremidlet fikk tid til å danne finkrystallinske bergarter. Disse ble imidlertid i

* Se H. Reusch, N.G.U. nr. 47, 1908, s. 17.

stor utstrekning atter oppknust under den fortsatte bevegelse, og ble ofte metamorfosert, særlig ved tilgangen på H_2O fra underlaget som de ble presset mot under veldig trykk fra de overliggende dekkmasser.

Glidning nedover en skrånende flate, selv med liten gradient, kunne holdes igang ved de enorme massers levende kraft og varmekapasitet, inntil den gradvise avkjøling førte til fullstendig størkning.

Den vesentlige forskjell i smeltepunkt og viskositet mellom de basiske (med $SiO_2 < 50\%$) og de surere bergarter ($SiO_2 55-70\%$) godtgjøres å ha spilt en vesentlig rolle for Jotuneruptivdekkenes bevegelse.

Ved deres hevning i en antiklinal av tilsvarende dimensjoner som den komplementære dype Jotunheim-synklinal, gled en avdeling av leukokrate sure lagpakker først ut fra antiklinalen, fylte synklinalen, hvoretter mulig overskytende masser gled utover forlandet. Dette forhold verifiseres ved kartlegningen. Smøremiddel av relativt lettmeltelige alkalisilikater, må ha spilt en avgjørende rolle for adskillelsen fra underliggende basiske lagpakker som er fattige på alkalier. Under fortsatt hevning gled så de basiske masser ut.*

Forholdet med to-deling påvises for begge Jotuneruptivdekker. Variasjonsdiagrammene demonstrerer den beslektede, men uttalt noe forskjellige grad av differentiasjon mellom de respektive bergartserier. For det undre dekke er virkelig anorthosit, «labradorfels», karakteristisk, inneholdende 60—62 % anortit (An_{60-62}) i plagioklasen; men ikke P_2O_5 , mens den tilsvarende lagpakke i det øvre Jotuneruptivdekke representeres av Jotunnorit med opptil 53 % anortit (An_{53}), og mere av mørke mineraler og apatit, «arrestert» under nedsynkning i massene, som størknet på et relativt tidligere tidspunkt enn for labradorfelsserien.

Av særlig interesse er påvisningen av at den leukokrate, sure avdeling av det undre Jotuneruptivdekke i Øst-Jotunheimen i sin helhet ble tilbakeholdt i Jotunheimsynklinalen, etter først å ha foranlediget utstrakt granitisering av de mektige sedimentpakker NW for denne.

En del av labradorfelsespakken ble også igjen. Tilsammen dannet massene bro over den dype synklinal, så overskytende labradorfelsesmasser nådde SE-over i Øst-Jotunheimens forland. Den sydvestre del av det undre Jotuneruptivdekke er eksponert for undersøkelse i Sogn

* På basaltisk underlag, med sammensetning etterhånden modifisert av overliggende gabbroide dekke til s. k. "sole injections", som mange steder har avgrenet større og mindre gabbroide ganger og apofyser i dekkene (f. eks. "doleritter").

på kartblad C 32 vest, Vossestrand, utmerket gjennomført av Johanne Hødal (1945). Av stor generell betydning er at de leukokrate masser i bunnen av synklinalen kan antas å ha gitt materiale for dannelse av Trondhjemitmagma og beslektede eruptiver som kom til intrusjon samtidig med at det øvre Jotuneruptivdekke ble hevet og rykket frem. I et langt mellomliggende tidsrom var da det undre Jotuneruptivdekke redusert ved erosjon og den kaledoniske flysch, Valdressparagmitten, avsatt. Den dannet i stor utstrekning (men ikke overalt) underlaget for det øvre Jotuneruptivdekke.* Nye undersøkelser viser at også Valdressparagmitten var utsatt for erosjon etter fremrykkingen av det øvre Jotuneruptivdekkes leukokrate avdeling, idet rullesteiner fra det sistnevnte er representert i Valdressparagmittens konglomerater.

Fig. 1 er nøkkelkart som viser på hvilke gradteiger de forskjellige analyseprøver er tatt. — De er merket med samme tall og bokstaver som i variasjonsdiagrammene fig. 2 og fig. 3. Til disse er forklaring for hver analyse i Tab. I, II og III.

Fig. 4 er variasjonsdiagram for 66 analyser av Tahiti-lavaer, og gir tydelig indikasjon om at differentiasjon av lavaer og dypbergarter foregår etter de samme lover, rimeligvis i begge tilfelle fra et basaltisk stammagma. — Fig. 5 er et 3-fase-diagram etter N. L. Bowen, som viste at de sure bergarters sammensetning konvergerer mot et begrenset område hvor temperaturen er relativt lav. Disse differentiasjonsprodukter holder seg lenger flytende under avkjøling.

Endelig er i fig. 6 vist felt fotografi fra Vest-Jotunheimen, hvor lagdelingen i det øvre Jotun-eruptivdekke er synlig på lang lei, sannsynligvis fordi lag av forskjellig sammensetning har beveget seg i forhold til hverandre under glidning mot SE.

Fig. 6 er av fjellryggen Saga, som stikker opp av Melkedalsbreen — Uranosbreen (D 30 øst). En av nabotoppene, Falketind, har form som sannsynligvis skyldes oppfoldning av harde motstandsdyktige eruptivlagpakker. Den er kjent som den først bestegne topp i Jotunheimen ved «Jotunheimens opdagere» Chr. Boeck og B. M. Keilhau i 1820. Begge ble senere professorer ved Universitetet i Christiania, Keilhau, «Geologiens rydningsmann i Norge», i geologi (1834—1959). Det er ikke utenkelig at Keilhau fant støtte for sin «transmutasjonsteori» ved å erindre utsikten til de lagdelte krystallinske masser

* Ivan Th. Rosenquist: «Montmorillonit fra Fortun i Sogn», nettopp utkommet NGT Bd. 37, 1957, verifiserer p. 413 denne oppfatning av fjellbygningen.

som sees fra Falketind, Keilhau fastholdt til sin død denne teori, som forklarte alt hva vi nå kaller eruptivbergarter (også lavaer) som omdannede lagdelte sedimenter.

Som sitert (s. 9) finnes der fremdeles prominente geologer som holder en dør åpen for en lignende (transformistisk) teori til forklaring av lagdelte krystallinske masser i sin alminnelighet. For Jotunheimen og for sammenhengende deler av den norske fjellkjede kan denne oppfatning ikke opprettholdes.

References

Abbreviations: NGU.: Norges geologiske undersøkelses skrifter.

N.G.T.: Norsk Geologisk Tidsskrift.

- Barth, T. F. W.*: The large Precambrian intrusive Bodies in the Southern Part of Norway. From Rep. XVI Int. Geol. Congr. Washington, 1933. Papers Geophys. Lab. Carnegie Inst. Washington No. 887. Reprint—issued October 1936
 — Theoretical Petrology. New York—London 1952
Bjørlykke, K. O.: Det centrale Norges fjeldbygning. NGU no. 39 1905
Bubnoff, S. von: Geologie der Erde. Gebrüder Borntraeger. Berlin..... 1930
Bugge, C.: Hemsedal og Gol. NGU no. 153 1939
Daly, R. A.: Proc. Am. Phil. soc. 1925
Dietrichson, B.: Pseudotachylit fra de kaledoniske skyvesoner i Jotunheimens for-
 gårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser, NGU no. 184, p. 23—70. 1953
 — Spessartite and Pseudotachylite intruded on the Thrusting-zone of the upper
 Jotun Eruptive Nappe, near Nautgardstind, East-Jotunheimen. NGU no. 191,
 p. 30—55. 1955
 — Comparative survey of the lower and the upper Jotun Eruptive Nappe. Lecture
 on II Nordiske Geologiske Vintermøte, Oslo, jan. 5.—7. 1956. Abstract (norw.)
 N.G.T. Bd. 36, p. 73. 1956
 — Valdresparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen. NGU, nr. 200
 p. 8—41. 1957
Dons, J. and Holtedahl, O., see Holtedahl 1953
Elders, W. A. (King's College, Durham University, England): "A preliminary note
 on a Xenolithic-rich dyke from Lyngen, Northern Norway." Acta Borealia, A.
 Scientia. No. 12, Tromsø Museum, Tromsø, Norway. 1957
Gjelsvik, T.: Anorthositkomplekset i Heidal. N.G.T. bd. 26, p. 1—152. 1946
Goldschmidt, V. M.: Geol.-Petrograph. Studien im Hochgebirge des südlichen
 Norwegens. IV. Übersicht der Eruptivgesteine im Kaledonischen Gebirge
 zwischen Stavanger und Trondhjem. Vid.sk. selsk. skr. I Mat.-Naturv. Kl., No. 2. 1916
Holland, Thomas H.: The Charnockite Series, a Group of Archæen hypersthene
 Rocks in Peninsula India. Mem. of the Geol. Surv. of India Vol xxviii Part 1. 1900
Holtedahl, O. and Dons, J.: Berggrunnskart over Norge. Accompanying "Norges
 Geologi" NGU no. 164. 1953



<i>Hødal, Johanne</i> : Rocks of the Anorthosite kindred in Vossestrand, Norway, N.G.T. bd. 24, p. 129—274.	1945
<i>Kjerulf, Th.</i> : Udsigt over det sydlige Norges geologi. Christiania.	1879
<i>Kolderup, C. F.</i> : Die Labradorfelse des westlichen Norwegens. II. Die Labradorfelse und die mit denselben verwandten Gesteine in dem Bergensgebiete. Bergens Museums Årbog 1903. No. 12 p. 7—129	1903
<i>Kolderup, N.-H.</i> : Der Mangeritsyenit und umgebende Gesteine zwischen Dalsfjord und Stavfjord in Søndfjord im westlichen Norwegen. Bergens Museums Årbok 1920—21. Naturv. række no. 5.	1921
<i>Oftedal, Chr.</i> : En presset norit ved Sulseter, N. Fron. N.G.T. Bd. 23, p. 193—210.	1944
<i>Strand, T.</i> : Oversikt over fjellbygningen i Nordre Gudbrandsdalen. Lecture read Norsk geol. For. 1940. N.G.T. bd. 20, p. 271—74.	1941
— The Sel and Vågå Map Areas. NGU no. 178.....	1951
<i>Turner, F. J. and Verhoogen, J.</i> : Igneous and Metamorphic Petrology. McGraw—Hill, New York — London.	1951
<i>Vogt, Thorolf</i> : Bidrag til fjellkjedenes stratigrafi og tektonik. Geol. För. Förhandl. Vol. 44, p. 714, Stockholm.	1922
— A lateral crustal Movement in the Caledonides of Norway. Kgl. norske Vid.sk.-selsk. forh. Bd. 26 1953 nr. 23. Trondheim.	1954
<i>Vokes, F. M.</i> : The Copper Deposits of the Birtavarre District, Troms, Northern Norway. NGU no. 199.	1957

Mikropaleontologiens teknikk

AV

ROLF W. FEYLING-HANSEN

Med 6 tekstfigurer

Innledning

Mikropaleontologien er den del av paleontologien som har med mikroskopiske fossiler å gjøre, eller rettere, som sysler med fossiler som er så små at man må bruke mikroskop for å studere dem nærmere. Den omfatter flere kategorier av fossiler, både av dyr og planter: foraminiferer, ostracoder, radiolarer, diatomacéer, pollen, for å nevne noen. I det følgende betrakter vi utelukkende den førstnevnte gruppen, Foraminifera, og bruker uttrykket mikropaleontologi i betydningen læren om de fossile foraminiferer.

Som ren vitenskap er mikropaleontologien over hundre år gammel; dens pionérer er Alcide D'Orbigny (1826), Chr. G. Ehrenberg (1838) og A. E. Reuss (1844). Men i sin moderne form, med nye metoder og tildels nye problemer, er den ung. Dens utvikling begynte ved de amerikanske oljefelter i 1917, og dens praktiske verdi, først og fremst ved stratigrafiske undersøkelser og aldersbestemmelser av undergrunnen, ble tidlig åpenbar. I dag drives anvendt mikropaleontologi i alle land hvor oljeresursene gjennomforskes eller hvor olje produseres (Cushman 1940, Glaessner 1948, Hiltermann 1947, Matthes 1956); og som vitenskap blir den dyrket og lært ved en lang rekke universiteter og institutter verden over.

I Norge er mikropaleontologien meget ung. Riktignok finner vi i litteraturen spredte opplysninger om funn av foraminiferer i leiravsetninger av pleistocen (kvartær) alder helt tilbake til M. Sars (1865). Men som grunnlag for stratigrafiske undersøkelser er den først nylig

blitt tatt opp (Feyling-Hanssen 1950 og 1954). Den er fremdeles bare anvendt på våre yngste sedimenter, nemlig sen- og postglaciale marine leirer som har sin største utbredelse omkring Oslofjorden og Trondheimsfjorden. Som en følge av foraminiferenes brukbarhet når det gjelder stratigrafien i slike avsetninger, vil disse fossilene vise seg å bli et viktig hjelpemiddel også i den geotekniske forskning (Feyling-Hanssen 1957 og 1958).

Foraminiferene er encellede dyr av gruppen Protozoa. Den aller største del av dem er marine, bare meget få arter lever i brakt eller endog ferskt vann (Cushman 1940). De utvikler et skall som for en del arters vedkommende er dannet av et tynt, bøyelig og gjennom-siktig lag av chitin, hos andre arter er skallet bygget opp av fremmede partikler, først og fremst sandkorn, mer eller mindre fast sementert på en basis av chitin, mens den største gruppen har kalkskall som kan være perforert eller imperforert og vise seg gjennomskinnelige eller porselensaktige. Kiselskall forekommer også.

De fleste foraminiferer i våre norske sen-kvartære, sen-pleistocene, leirer har diametre eller lengder mellom 0,2 og 0,3 mm, i almindelighet varierer de fra 0,1 til 0,5 mm i disse sedimenter. Mikropaleontologiens fordel fremfor mange grener av den klassiske paleontologi ligger nettopp i dette at fossilene den befatter seg med er små og opptrer i store mengder. Men dette medfører samtidig spesielle vanskeligheter når det gjelder håndtering av prøvene og undersøkelse av faunaene. Da mikropaleontologien ble knyttet til oljeindustrien, ble det av essensiell betydning at rutinearbeidet kunne gå hurtig. Problemene ved prøvetagning, opparbeiding og eksaminasjon av prøvene ble løst ved utviklingen av en teknikk som nu er i bruk på omtrent samme måte i mikropaleontologiske laboratorier kloden over. På de følgende sider skal vi se hvorledes disse metoder på enkel måte anvendes i arbeidet med leirsedimenter.

Prøvetagning

Prøver fra våre marine leiravsetninger tas i almindelighet med en 54 mm prøvetager med stempel og tynnvegget skjæresylinder (se Vold 1956). Prøvene kommer opp fra borehullet i avtagbare prøvesylindere som, når det gjelder leirsedimenter, har en lengde av 80 eller 100 cm. For stratigrafiske undersøkelser ved hjelp av mikrofossilene, i dette tilfelle foraminiferene, behøver prøveavstanden som regel ikke å være

mindre enn 50 cm. Av de suksessive prøvesylindre fra borehullet kutter man altså med 0,5 meters mellomrom ut en 3—4 cm tykk skive tvers på prøvepølsen. (Når det brukes 80 cm lange prøvesylindre, oppnås 50 cm's avstand mellom foraminiferprøvene når skivene kuttes ut 15 cm inn fra hver ende av sylindren; der er nemlig et mellomrom på 20 cm mellom hver 80 cm's prøvesylinder nedover i borehullet.) Finnes det sandlag i kjernen, bør man unngå disse når man tar ut prøver for foraminiferanalyse, sanden fører som regel lite mikro-fossiler. En prøve for foraminiferundersøkelse bør i tørr tilstand ikke veie mindre enn 100 g. Prøvene blir lagt i sterke papirposer godt lukket og omhyggelig etikettert, lokalitet, boringens nummer, prøvens nummer og dyp under overflaten. Hvis en del av prøvene skal oppbevares som referansemateriale, bør prøvene være det dobbelte av det ovenfor nevnte.

Det er av største viktighet i alt mikropaleontologisk arbeide at prøvene behandles med omhyggelig renslighet, hånden eller instrumentet som flytter prøven fra kjernen til posen, f. eks., må ikke overføre partikler fra foregående prøve. Forurensning med mikro-fossiler fra andre deler av kjernen reduserer prøvens verdi eller gjør den helt ubrukelig for stratigrafisk arbeide.

Disintegrasjon.

I det mikropaleontologiske laboratorium tørkes prøven, vanligvis i sin papirpose. Når den er tørket, bør den børstes ren for eventuelle fremmedpartikler som kan ha satt seg på overflaten, er den forsiktig behandlet på forhånd, kan man sløyfe dette, og gå rett løs på nedknusningen. Når det gjelder leirprøver, kan dette skje i en skrustikke, helst en hvor kjevne er forsynt med polerte jern- eller stålplater som er stillet horisontalt (Hecht 1933). Prøven legges mellom rene og sterke papirark og utsettes så for gjentagne små press i skrustikken. Mikro-fossilene tåler godt denne behandlingen, de alle fleste er hele efter knusningen av prøven. Forsøker man derimot å knuse prøven ned med en hammer, vil det vise seg at en stor del av foraminiferen ødelegges. Prøven behandles i pressen eller skrustikken til det ikke lenger finnes stykker større enn 1 cm³ i den.

Derpå legges prøven i en skål, en emaljert metallskål eller en såkalt berlinerkasserolle, og en 2—5 % oppløsning av hydrogenperoksyd (H₂O₂) slås over. En livlig syding og «koking» oppstår, og den får

pågå i 10—15 minutter. Når flere prøver er under opparbeiding samtidig, bør skålene ikke stå så nær hverandre at partikler kan sprute over fra en skål til en annen. For bergartsprøver anbefales sterkere H_2O_2 -oppløsning, 10—15 % (Wick 1947). En utørret leirprøve vil også kunne oppløses bare ved å stå i vann et døgn eller to. Men ved å tørke prøven, knuse den, og derpå behandle den med hydrogenperoksyd, vil den falle fullstendig sammen i løpet av et kvarter, og gi fossiler som er rene og fullstendig befridd for matrix.

Sikting.

For så å fjerne leirfraksjonen i prøven blir den vasket gjennom sikter. Til dette brukes to messingsikter plasert over hverandre. Siktduken (fosforbronce) i den øvre har en maskevidde på 1.0 mm og i den undre en maskevidde på 0,1 mm. Den disintegreerte prøve helles fra skålen over i den øvre sikten og blir der utsatt for en temmelig kraftig dusj av vann fra ledningsnettet i 2—5 minutter. Meget snart er det bare noen småsten og muligens et og annet skallfragment av et megafossil igjen i den øvre sikten. Denne flyttes da bort, og residuet i den andre sikten blir ytterligere dusjet for å befri det fullstendig for leirpartikler. Foraminiferene tåler vanligvis en ganske sterk vannstråle, men overdrives styrken, vil nok iallfall sandskallformene være utsatt for ødeleggelse, hvis de ikke er sekundært fylt f. eks. med pyritt.

Når prøven er ferdig vasket, skal residuet i den undre sikten utelukkende bestå av rene mikrofosiler samt mineralkorn i fraksjonen 0,1—1,0 mm. Residuet fra siktene føres så over i to skåler for tørking på en varm plate eller i en tørkeovn, og helles derpå over i hver sin lille tette prøvepose eller i glassrør eller aluminiumsrør med skrukork, omhyggelig etikettert. Disse oppbevares så i passende pappesker eller i lave skuffer.

Sikten må renses omhyggelig før en ny prøve helles i. Dette kan gjøres lettere hvis sikten er konstruert slik at siktbunnen kan tas ut av rammen. I slike sikter kan også ødelagte bunner skiftes ut med nye uten at man behøver å kjøpe en ny ramme hver gang (Bartenstein 1954).

I noen laboratorier blir prøven splittet i flere fraksjoner ved at den blir vasket gjennom en serie sikter. Maskeviddene for siktsatsen kan f. eks. være 0,50 mm, 0,33 mm, 0,20 mm og 0,15 mm (Hecht 1933), eller 1,00 mm, 0,30 mm, 0,15 mm og 0,05 mm (Voorthuysen 1951). I

de fleste tilfelle vil det imidlertid vise seg tilstrekkelig å splitte i to fraksjoner (Bartenstein 1954), en stor fraksjon, $> 1,0$ mm, som inneholder megafossiler, eller fragmenter av megafossiler, sammen med større partikler av det minerogene materiale, og en liten fraksjon, $0,1-1,0$ mm, som inneholder foraminiferene. I fraksjonen mindre enn $0,1$ mm finnes i almindelighet bare juvenile foraminiferer og dvergformer, og disse ignoreres ved foraminiferanalyser av norske senkvartære leirer.

Separasjon.

Prøven skulle nu være klar for mikroskopering. Men i almindelighet vil den inneholde så meget sand at det er nødvendig å konsentrere fossilene først. Og eftersom foraminiferene som regel er lettere enn mineralkornene, gjøres dette med en tung væske, almindeligst brukt er tetraklorkullstoff (CCl_4). Den siktede og tørkede prøve anbringes f. eks. i en smal trakt med kran. Tetraklorkullstoffet helles i trakten, hvorved foraminiferene flyter opp. Derpå åpnes kranen, og det minerogene materiale som har samlet seg nederst i trakten, slippes ned i en ny trakt med innlagt filterpapir. Væsken oppsamles til ny bruk i et begerglass under siste trakt. Det biogene materiale slippes derpå ned i en tredje trakt med innlagt filterpapir. Hendigere enn denne apparaturen er en som er beskrevet av Hessland, Lukins og Fredén (1949) til separasjon av tungmineraller. Den består av to glasstuber, en yttre, lukket, og en indre, åpen. Væsken helles i den yttre glasstube, og den åpne indre tube settes nedi. Prøven helles i den indre tube, hvorved fossilene flyter opp og mineralkornene synket til bunns. Når den indre tube derpå løftes litt opp, renner den minerogene fraksjon ut i yttre tube. Så lukkes en gummislange med klemmen, og den biogene fraksjon kan bringes over i en trakt med filterpapir. Væsken oppsamles og brukes om igjen. I de fleste tilfelle kan man imidlertid hjelpe seg godt ved ganske enkelt å helle prøven i en skål med tetraklorkullstoff og så dekantere de flytende foraminiferer over i en trakt med filterpapir.

Noen av foraminiferene kan være sekundært fylt med pyritt. Disse vil etter separasjonen befinne seg blant mineralkornene istedenfor blant fossilene. På den måten kan separasjon til en viss grad komme til å forstyrre det statistiske resultat av eksaminasjonen under mikroskopet (Triebl 1947). Når det imidlertid dreier seg om senkvartære norske leirer, er foraminiferene sjelden pyrittisert.

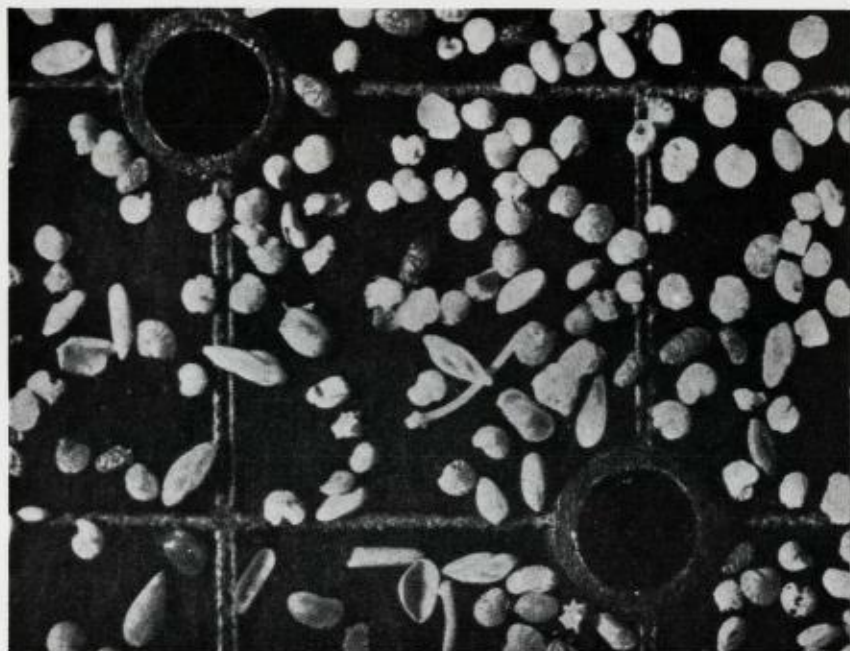


Fig. 1. Bunnen av utlesningsskålen, detalj som viser huller og mikrofosser, (fra Bartenstein 1938). Diameteren på hullene er bortimot 1 mm.

Bottom of the extraction tray, detail showing holes and microfossiles. Diameter of holes approx 1 mm.

Mikroskopering.

Til utlesning av mikrofaunaen anvendes binocularmikroskop med stor dybdeskarphet. Passende forstørrelse under arbeidet er $50\times$, men man bør disponere forstørrelser fra 25 til $150\times$. Største del av mikroskoperingen gjøres med påfallende lys, lysstrålen bør falle temmelig skrått inn mot objektbordet slik at ornamentikken på skallene kommer frem ved skyggevirkingen.

Den ferdige opparbeidede prøve helles fra posen eller prøverøret over i et såkalt extraction tray eller utlesningsskål. Dette er en flat skål av messing eller aluminium. Bunnen er rektangulær, f. eks. 6×20 cm. Den er malt sort og inndelt i ruter ved hvite linjer. I hvert eller annet hvert skjæringspunkt av disse linjene er det boret hull i bunnen, diameter bortimot 1.0 mm, og slik at hullranden hever seg litt over

skålens bunn (fig. 1). Prøves strøs ut på skålens bunn i ett lag slik at hver enkelt parikkel tegner seg klart mot den svarte bakgrunn. Med ledning av linjenettet forskyves utlesningsskålen frem og tilbake på objektbordet slik at man efterhvert får sett igjennom alt som befinner seg på skålen (Bartenstein 1954, Glaessner 1948, p. 42, Triebel 1938 og 1947).

De foraminiferer som plukkes ut under mikroskoperingen, oppbevares i såkalte slides eller celler. De fabrikkres av papp og mest i to størrelser: 26×76 mm og 28×48 mm. Konstruksjonen fremgår av figur 2. De har en rund åpning med diameter på f. eks. 12 mm og med sort bunn og kan lukkes med et dekkglass som skyves inn mellom pappen og det overliggende papir. Denne sliden kan som en skuff skyves inn under objektbordet slik at den åpne cellen blir liggende under et tilsvarende hull i objektbordet (fig. 3). Dette hullet er stort nok til å dekke det felt man ser i mikroskopet ved vanlig arbeidsforstørrelse og ubetydelig mindre enn hullet i sliden. Fossilene plukkes ut med en nål som er stukket i voks eller stearin for at de skal henge på. Ofte er det nok bare av og til å gni nålen med en tørr finger så den blir elektrisk. Fossilet blir overført fra utlesningsskålen til sliden ved ganske enkelt å slippe det ned i nærmeste hull i bunnen på utlesningsskålen. Det faller da gjennom hullet i objektbordet ned i cellen. På denne måten behøver man ikke å løfte øynene fra okularene hver gang et fossil plukkes ut, derved går mikroskoperingen raskere og anstrengelsen for øynene blir mindre.

Når de ønskede foraminiferer er plasert i cellen, lukkes denne ved at et dekkglass skyves inn. Cellen får så den nødvendige påskrift og plaseres på pappbrett med plass for to rader celler som så skyves inn

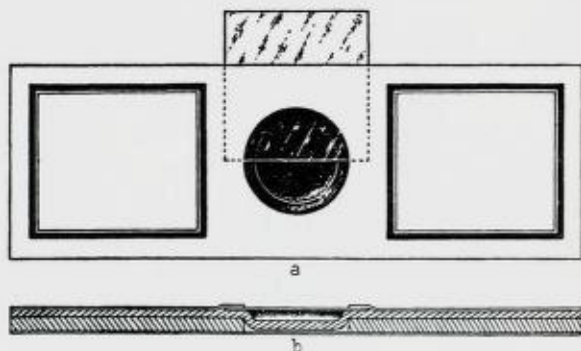


Fig. 2. Slide, eller celle, til oppbevaring av mikro-fossiler. a. sett ovenfra med dekkglasset halvt innskjøvet; b. tverrsnitt (Glaessner 1948). Naturlig størrelse.

Carboard slide. Nat. size.

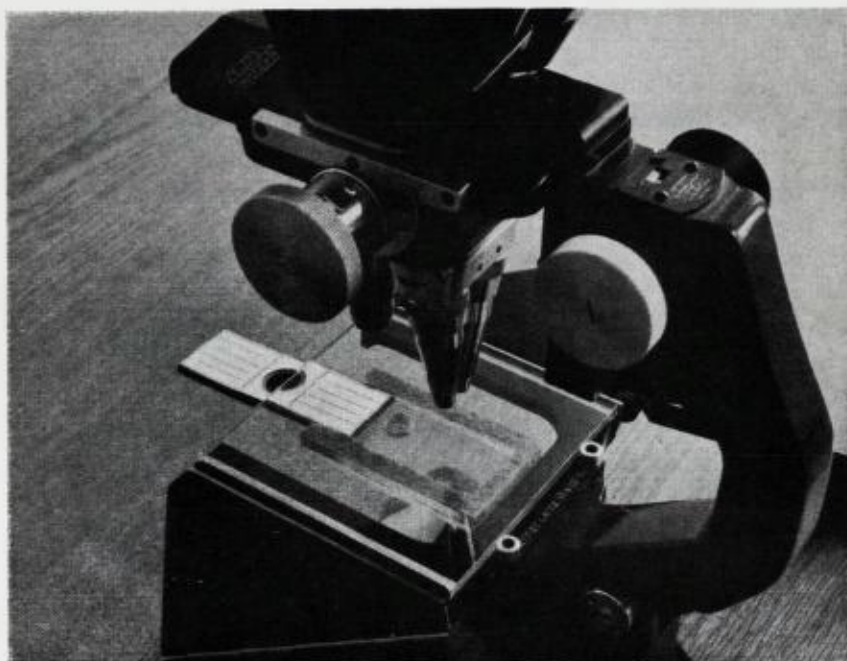


Fig. 3. Objektbordet, detalj som viser hullet i objektbordet, samt hvordan sliden (cellen) skyves inn under hullet som en skuff og således samler opp de fossiler som slipper fra utlesningsskålen gjennom hullet i objektbordet.

The stage of the microscope, detail showing the hole in the stage and also how the slide is placed under this hole like a drawer, thus collecting the fossils falling from the extraction tray through the hole in the stage. Slide half inserted.

i fossilskapet, et stålkabinett 110 cm høyt, 95 cm bredt og 40 cm dypt. I dette kan det oppbevares 9600 slides av størrelsen 26×76 mm. Skal slidens innhold studeres senere, kan dekkglasset skyves til side med et stykke platemetall.

Ofte blir fossilene festet til cellens bunn. Dette gjøres med gummi (tragakant) eller ved bare å væte bunnen med vann før fossilet plasseres. Ved forsendelse av fossilene er det en fordel å ha dem festet i sliden.

For studium av indre strukturer er tynnslip i bruk. Man kan imidlertid komme langt ved å betrakte fossilet i en dråpe anisolje og bruke gjennomfallende lys.

Når det gjelder fotografering av foraminiferene, henvises til Cushman (1940, p. 33), Fournier (1956), Hecht (1934, p. 65), Schenck og Bradford (1943), Triebel (1947) og andre.

Registrering og plotting.

Under mikroskoperingen skyves analyseskålen (extraction tray) langsomt frem og tilbake på objektbordet, hvert foraminifereksemplar blir identifisert, og dets navn og hyppighet anmerkes på et dertil bestemt skjema. Hyppigheten markeres ved at man setter en liten strek ut for det tilhørende fossilnavn hver gang arten blir observert eller plukket ut. Etterpå telles strekene sammen og antallet noteres. Som regel omregnes også frekvensen i procent av hele faunaen i prøven. I fattige prøver telles hele populasjonen, i rike bare en del av den, 300, 500 eller 1000, eftersom tiden tillater. Antall ostracodeskall noteres også, dividert med 2, eftersom hvert individ har to skall.

Når en borkjerne er undersøkt på denne måten, er det første resultat en rekke fossillister, en liste for hver halve meter nedover i kjernen. Disse gir såvel et kvalitativt som et kvantitativt bilde av foraminiferfaunaen for hver prøve. For å få et mer samlet bilde av foraminiferfaunaens variasjoner i kjernen, kan man plote opplysningene fra fossillistene sammen i et såkalt vertikalfordelingsskjema. Herved benyttes symboler som enten angir den absolutte eller den procentiske hyppighet (fig. 4 og 5). Sjeldent forekommende arter behøver ikke å komme med på et slikt skjema.

På grunnlag av vertikalfordelingsskjemaet kan vedkommende boring inndeles i stratigrafiske enheter overensstemmende med det fordelingsbilde artene gir, altså overensstemmende med enkelte karakteristiske arters forekomst og hyppighet i kjernen. En slik inndeling skjer til venstre i skjemaet hvor kjernen og dypet er angitt (fig. 4). Når kjerner fra flere borerer innen et bestemt undersøkelsesområde er analysert med hensyn til mikrofossiler, sammenlignes de enkelte vertikalfordelingsskjemaer med hverandre. Og på denne måten får man frem en lokal stratigrafi for det omhandlede område. Denne stratigrafi kan illustreres ved et forenklet skjema basert på den vertikale forekomst og hyppighet av noen få, viktige foraminiferarter som opptrer i alle eller de fleste borerer fra området (fig. 6). Dette forenklete skjema vil under det fortsatte arbeide vise seg å være en overordentlig nyttig nøkkel til områdets stratigrafi.

Når slike analyser er utført på materiale fra flere lokaliteter innen et større område, kan man etterhvert komme frem til en regional stratigrafi. Herunder må man stadig ha øynene åpne for lokale faciesforskjeller i faunaens utvikling, og ikke la disse gripe forstyrrende inn i det stratigrafiske bilde (se Schenck 1940).

OSLO.		PILESTREDET 48 B.										SERIE V														
CORE LEVELS IN METRES BELOW SURFACE		ELPHIDIUM CLAVATUM	CASSIDULINA CRASSA	CASSIDULINA TERETIS	VIRGULINA LOEBLICHII	PULLENIA OSLOENSIS	QUINQUELOCULINA STALKERI	PYRGO CF. SIMPLEX	NONION LABRADORICUM	ELPHIDIUM SUBARCTICUM	ELPHIDIUM INCERTUM	VIRGULINA FUSIFORMIS	PYRGO WILLIAMSONI	QUINQUELOCULINA SEMINULUM	CASSIDULINA LAEVIGATA	BULMINA MARGINATA	QUINQUELOCULINA SUBROTUNDA	NONION BARLEEANUM	ALVEOLOPHRAGMIUM CRASSIMARGO	EPISTOMINELLA EXIGUA	STREBLUS BECCARII	LAGENA DISTOMA	FISSURINA LUCIDA	GLOBOBULIMINA TURGIDA	OPHTHALMIDIUM INCONSTANS	OSTRACODA
6	G	o	.					.	x	o	o	●		.			x	.				o
		o	x						x	x	o	.	.	x	o	■	
7	G	.	.							o	.	.	.	x	o	□	x				.					
		■	□		x					■	.	.	.	x	o	●	■	x	x			.				o
8	F	x	o			.				o	□	.	.	x	o	■	x	x		o	.	.	.		x	
		o					.			o	□	.	.	x	o	●	■	o		.	.	.	.	.	o
9	F	□	□			.		.		■	.	.	x	o	●	■	.	o		o	.	.	x	.	o	
		□	□			.		.		●	o	x	o	□	■	■	o	o		o	.	x	.	x	o	
10	F	□	●		□	.	o	.	●	x	x	□	□	■	■	x	.	.	o	.	.	o	.	.	o	
		■	●		o		.	.	●	x	x	□	□	■	■	x	.	.	.	o	.	.	o	.	x	
11	F	●	■		●	.		.	■		.	.	o	o	●	.	.	.	.	.	.	o	.	.	x
		■	□		x		.	.	.	●		.	.	o	o	●
12	D	■	●		.	o	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.
		●	o	.	x	.	o			x
13	D	□	●	.	o	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.

Fig. 4. Vertikalfordelingsskjema for en boring fra Oslo; symbolene angir antall eksemplarer (se venstre side av fig. 5).

Vertical distribution chart of a boring from Oslo; the symbols indicate number of specimens.

Summary

Technique of micropaleontology.

The article describes the treatment of Foraminifera samples from Norwegian Late Pleistocene marine clays. The samples are collected with a thin-wall, stationary piston sampler with entrance diameter 5.4 cm (Vold 1956). For micropaleontological purposes 3 to 4 cm thick transverse slices are cut out of the core at intervals of 50 cm. A dry sample should not weigh less than 100 g. The dried sample is

S Y M B O L S			
Indicating	number		
·	= 1 - 2	specimens	
X	= 3 - 5	"	
○	= 6 - 20	"	
□	= 21 - 50	"	
●	= 51 - 100	"	
■	= 101 - 150	"	
●	= 151 - 250	"	
■	= > 250	"	

Indicating	percentage		
·	: < 1.0	per cent	
X	: 1.1 - 5.0	" "	
○	: 5.1 - 100	" "	
●	: 10.1 - 200	" "	
■	: 201 - 400	" "	
●	: 40.1 - 600	" "	
■	: > 60	" "	

	more frequent than	
--	--------------------	--

Fig. 5. Symbolforklaring.

Explanation of symbols.

crushed between the jaws of a vice until no fragment is larger than 1 cm³. For the purpose of further disintegration the sample is placed in a 2 to 5 per cent solution of hydrogen peroxide (H₂O₂) for 10 to 15 min. (Wick 1947). The fossils are separated from the clay fraction of the disintegrated sample by washing it through two sieves, the screen of the upper one having a mesh diameter of 1.0 mm and that of the lower one a mesh diameter of 0.1 mm. The construction of the sieve allows the screen to be detached from the frame (see Bartenstein 1954). In sandy samples the fossils are concentrated by the use of a heavy liquid, carbon tetrachloride (CCl₄). The washed and dried residue is poured in a single layer into a perforated, rectangular extraction tray, and studied under a binocular microscope at a usual magnification of 50×. The cardboard slide is placed under the stage of the microscope so that the open cell of the slide is situated under a corresponding hole in the stage (fig. 3). A fossil is transferred from the extraction tray to the slide simply by dropping it through any one hole in the bottom of the tray within the actual microscope field; it will then fall through the hole in the stage down into the cell. To make internal structures visible, the microfossil may be placed in a drop of anis oil and studied there. At the end of the article recording and plotting of species and frequencies are also mentioned, and a simplified visual chart for the stratigraphy of Late Pleistocene clays in the city of Oslo is presented (fig. 6).

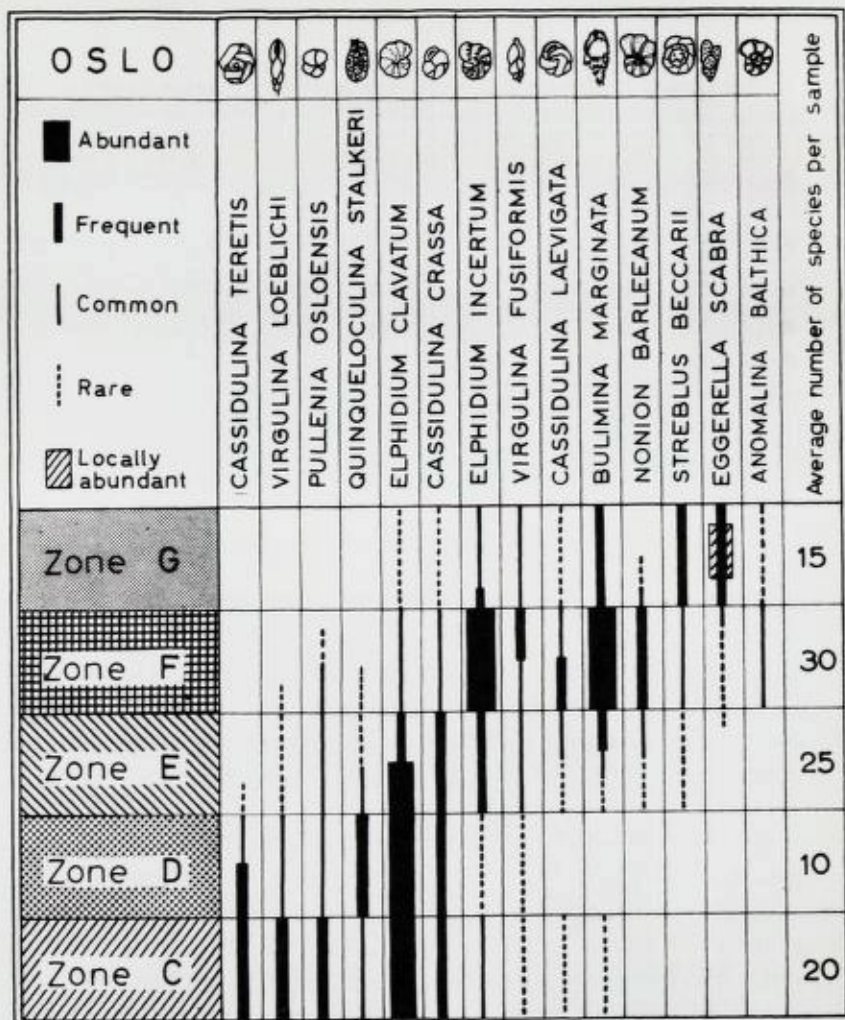


Fig. 6. Forenklet stratigrafisk standardskjema for Senkvartære leirer i Oslo-området. Stratigrafien karakterisert ved 14 alminnelig forekommende foraminiferarter. Tykkelsen av søylene antyder hyppigheten av artene i de respektive soner. Til høyre er angitt det gjennomsnittlige antall forskjellige arter i hver sone. Sonene E, F, G er av postglacial alder, sonene C og D av senglacial (sammenlign Feyling-Hanssen 1957 og 1958).

Simplified vertical distribution chart for the Late Pleistocene of the Oslo region, the stratigraphy characterized by 14 common species of Foraminifera (see Feyling-Hanssen 1957 and 1958).

Litteratur

- Bartenstein, H.* 1954. Derzeitiger Stand der mikropaläontologischen Arbeitstechnik in Deutschland. — *Paläont. Zeitschr.* 28, pp. 208—212. Stuttgart.
- Cushman, J. A.* 1940. Foraminifera, their classification and economic use. Pp. 1—1535. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts. (First ed. 1928.)
- Ehrenberg, C. G.* 1838. Ueber dem blossom Auge unsichtbare Kalkthierchen und Kieselthierchen als Hauptbestandtheile der Kreidegebirge. — *Berichte d. kgl. Preuss. Akad. Wiss.* Berlin.
- Feyling-Hanssen, R. W.* 1950. Foraminiferer og foraminiferforskning. *Naturen* nr. 9, pp. 271—279. Bergen.
- 1954. Late-Pleistocene Foraminifera from the Oslofjord Area, Southeast Norway. *Norsk Geol. Tidsskr.* 33, pp. 109—152. Oslo.
- 1957. Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. *Norges Geol. Unders.* Nr. 197, pp. 1—69. Oslo. (Also *Norges Geotekniske Inst., Publ. Nr.* 20.)
- 1958. Stratigrafi og skjærfasthet, et geoteknisk problem geologisk belyst. *Naturen* Nr. 1, pp. 5—19. Bergen.
- Fournier, G.* 1956. New methods and techniques in the photography of microfossils. — *Micropaleontology*, 2. No. 1, pp. 37—56.
- Glaessner, M. F.* 1948. Principles of micropaleontology. Pp. 1—296. Melbourne Univ. Press, Melbourne. (Also Cambridge Univ. Press. First ed. 1945.)
- Hecht, F.* 1933. Arbeitsweisen der Mikropaläontologie. *Senckenbergiana*, 15, pp. 346—362. Frankfurt a. M.
- 1934. Einfache Geräte zum Fotografieren von Mikrofossilien, insbesondere Foraminiferen. — *Senckenbergiana*, 16, pp. 65—77. Frankfurt a. M.
- Hessland, I., J. Lukins and S. Fredén.* 1949. Separation of glauconite by means of a modified Berg dielectric procedure. *Bull. Geol. Inst. Upsala*, 33, pp. 571—578. Uppsala.
- Hiltermann, H.* 1947. Fortschritte der stratigraphischen Mikropaleontologie in Deutschland. — *Naturhist. Gesellsch. Hannover, Jahresber.* 1942/43—1946/47. Festschrift zur 150-Jahrfeier, pp. 7—33. Hannover.
- Matthes, H. W.* 1956. Einführung in die Mikropaläontologie. Pp. 1—348. — Hirzel Verlag, Leipzig.
- D'Orbigny, A. D.* 1826. Modèles de Céphalopodes microscopique vivans et fossiles, représentant un individu de chacun des genres et des sous-genres de ces coquilles. Paris.
- Reuss, A. E.* 1844. Geognostische Skizzen aus Böhmen. Prague.
- Sars, M.* 1865. Om de i Norge forekommende Fossile Dyelevninger fra Quartærperioden. Et bidrag til vor Faunas Historie. — Universitetsprogram. Christiania.
- Schenck, H. G.* 1940. Applied paleontology. — *Bull. American Ass. Petroelum Geologist*, 24, pp. 1752—1778.
- Schenck, H. G. and C. A. Bradford.* 1943. Operations of commercial micropaleontologic laboratories. — *Journal of Paleontology*, 17, pp. 554—583.
- Triebel, E.* 1938. Über das Auslesen von Mikrofossilien. — *Senckenbergiana*, 20 pp. 292—296. Frankfurt a. M.
- 1947. Methodichse und technische Fragen der Mikropaläontologie. — *Natur-Museum Senckenberg*, Frankfurt a. M.

- Vold, R. C.* 1956. Opptagning av uforstyrrede jordprøver. — Teknisk Ukeblad nr. 8.
(Also Norges Geotekniske Institutt, publ. Nr. 17, pp. 1—14. Oslo.)
- Voorthuysen, J. H. van,* 1951. Recent (and derived Upper Cretaceous) Foraminifera of the Netherlands Wadden Sea (tidal flats). — Med. Geol. Sticht. N. Ser. No. 5, pp. 23—34.
- Wicher, C. A.* 1942. Praktikum der angewandten Mikropaläontologie. — Berlin.
- Wick, W.* 1947. Aufbereitungsmethoden in der Mikropaläontologie. — 94.—98. Jahresber. Naturhist. Gesellsch. Hannover für die Jahre 1942/43 — 1946/47, pp. 35—41. Hannover.

Epigenetisk koppermineralisering på Finnmarksvidda

AV

TORE GJELSVIK

Med 6 tekstfigurer

Abstract

In the Precambrian rocks of Finnmarksvidda, one big copper deposit, Biddjovagge, and a series of small sulphide occurrences are located. The sulphides are pyrite, chalcopyrite and pyrrotite, in some places also bornite and chalcocite.

The ore deposits at Biddjovagge are formed in brecciated parts of tight anticlines, the other occurrences are disseminations, either within, or at the contacts of various greenstones. Most abundant, however, are quartz-carbonate-sulphide veins within the same rocks.

Granitic rocks occur at some distance, but the field relations indicate a closer genetic relationship between the ores and some late orogenic gabbroic intrusives.

Finnmarksvidda, det prekambriske område mellom «glintranden», med hyolithussonen, og grensen mot Finland, har inntil nylig vært noe i retning av ukjent land, geologisk sett. N. G. U. drev i slutten av 30-årene undersøkelser i forbindelse med den gullførende elvesand i Karasjokdistriktet. Skjønt man derved fikk et øket kjennskap til de geologiske forhold, resulterte dette arbeid ikke i noen geologisk kartlegging i moderne forstand.

Etter en rekognoseringsreise i 1953 ved to statsgeologer, ble det besluttet å igangsette systematisk kartlegging og dermed sammenhengende malmleting i den vestlige del av vidda, som ligger mellom Kautokeino elv og hyolithussonen. På vintermøtet i Oslo i 1955 redegjorde P. Padget for resultatet av kartleggingen, og han har senere, i samarbeid med P. Holmsen og E. Pehkonen publisert resultatet av arbeidet i N. G. U. nr. 201.

Jeg skal her gi en mere detaljert omtale av den eneste større forekomst som hittil er funnet, og diskutere den i relasjon til den øvrige mineralisering som er kjent.

På nordskrånningen av fjellet Časkias, $69^{\circ} 15' N$, $22^{\circ} 30' E$, i et område som kalles Biddjovagge, hadde en same funnet koppermalm-blokker i et lite elveleie, og bergrettighetene til området ble sikret av en forretningsmann i Tromsø, konsul Holmboe. Denne innledet i begynnelsen av 1950-årene et samarbeide med Boliden Gruvaktiebolag, og dette hadde i løpet av et par somre utført geologiske og geofysiske undersøkelser over området. Imidlertid fikk ikke Boliden konsesjon på drift, og jeg fikk i 1955 i oppdrag av N. G. U.'s direktør å foreta en undersøkelse av området. Det ble så senere dannet en egen administrasjon, Kautokeino Kobberfelter, Statens Undersøkelser, som overtok de videre undersøkelser. Hittil har disse bestått i geologiske, geofysiske og geokjemiske undersøkelser, samt diamantboringer. Disse undersøkelser har i det store og hele bekreftet den teori om feltets tektonikk som jeg kom frem til i 1955, og som jeg vil redegjøre for nedenunder. Jeg håper imidlertid at resultatene av de siste par års meget inngående undersøkelser som Kautokeino Kobberfelter har utført, om ikke lenge vil kunne legges frem.

M. h. t. de geologiske forhold skal bemerkes at feltet ligger i det nord-vestlige parti av den store grønnsteinsformasjonen, som jeg har omtalt annetsteds (1958).

Kartet (fig. 1), som viser forholdene omkring selve malmforekomsten, er gjengitt fra min feltrapport av 1955. I et område bestående av grønnskifer finnes en smal sone av grafittskifer, flintaktig eller kvartsittlignende felsitt, samt intrusjoner av albitt-diabas og leuco-diabas. Grafittskiferen er i dobbelt forstand en ledehorisont. Dens opptreden gir anledning til en tolkning av tektonikken, og den dominerer helt det elektromagnetiske bilde. Den kan følges så å si fra toppen av fjellet og et par km nordover langs et bekeleie. Mens den øverst ligger i kontakt med en glimmerrik, grå skifer, finnes den i det malmførende område bare i kontakt med felsitten, hvorav den første blotning finnes noen få 100 m syd for den sydligste malmsone. I denne finnes det vekslende, til dels litt diskontinuerlige lag av felsitt og skifer. Like nord for dette synes et diabasdrag i hvertfall delvis å avskjære skiferdragene, men ca. 800 m nord for det første, og etter en større overdekning, stikker grafittskiferen frem i en stor knaus. Mens den vanligvis har en mektighet på omkring 5 m, står den her i en bredde på

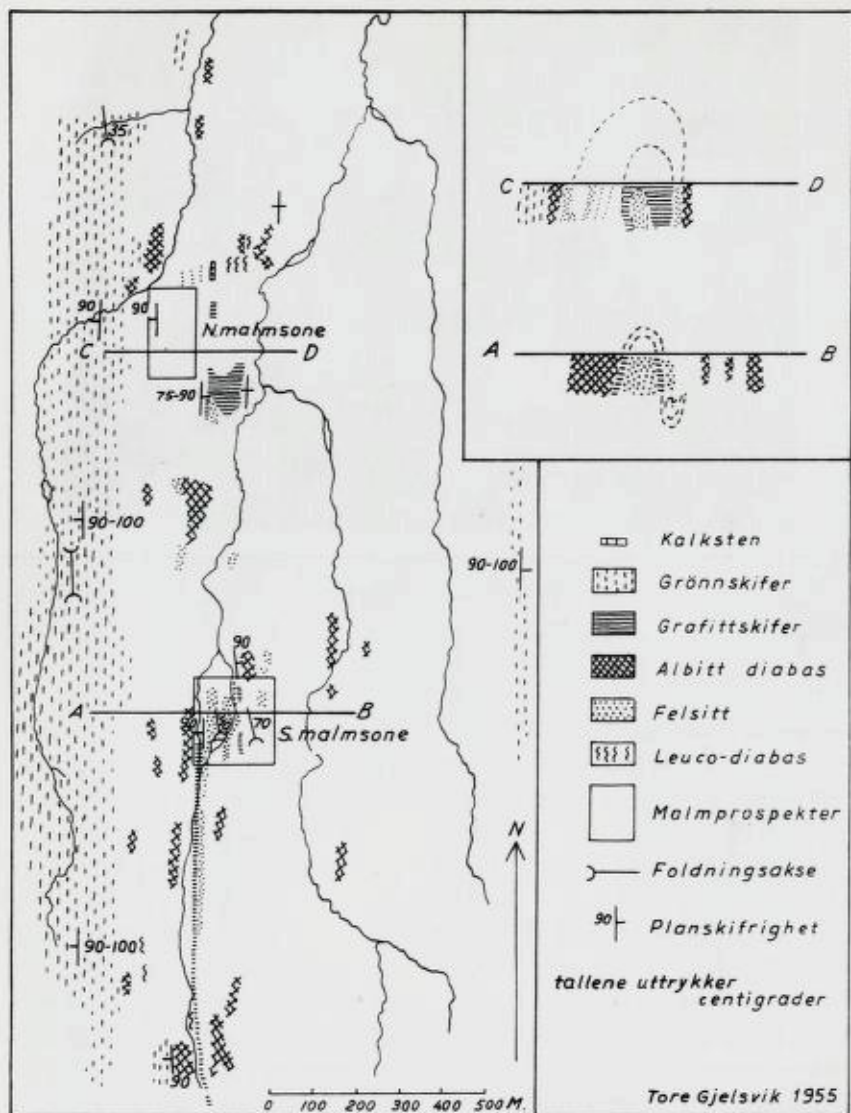


Fig. 1. Kartskisse med profiler av Biddjovagge kopperforekomst.

Sketch map and profiles of Biddjovagge copper deposit.

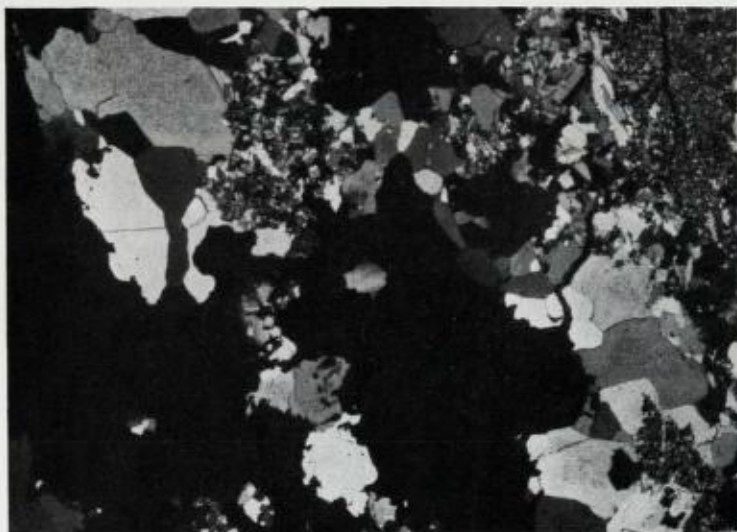


Fig. 2. Nydannelse av grovkornet kvarts, albitt og kalcitt langs ertsårer (svart) i felsitt. Gjennomfallende lys. 15 \times .

Coarsegrained quartz, albite and calcite along sulphide veins in felsite. Transmitted light. $\times 15$.

bortimot 50 m, med en liten benk av felsitt i kjernen. Videre i strøketningen, etter 100—200 m overdekning, kommer vanlige grønnskifre, litt kalkstein, samt diabasintrusjoner. Lagene står steilt, med en tendens til fall ut fra malmområdet. Foldningsakser i det sydligste malmområde viste ca. 40° fall mot N, men også akser med flatere fall ble registrert i nærheten. Både grafittskiferen og felsitten virker sterkt tektonisert, oppknust og til dels breksjert. Jeg antok derfor at mineraliseringen var lokalisert til sjenklene på en sterkt sammenklemt antiklinal med nordlig aksefall. P. g. a. den sterke overdekning kunne jeg ikke finne ut om det østligste grafittskiferdrag gikk i nordlig eller sydlig retning, og kunne derfor ikke avgjøre om antiklinalen var en selvstendig tektonisk enhet, eller om den bare var en del av en mere komplisert struktur, f. eks. en dragfold (jfr. profilene fig. 1). De senere diamantboringer har bekreftet at det dreier seg om en litt komplisert oppbygget antiklinal med varierende, dog stort sett nordlig fallende akse. Ved elektromagnetiske målinger i 1956 ble det funnet en ny grafittskifer-antiklinal 800 m vestenfor. Strukturelt kan forekomsten betegnes som en breksjemalm, i det mineraliseringen er knyttet

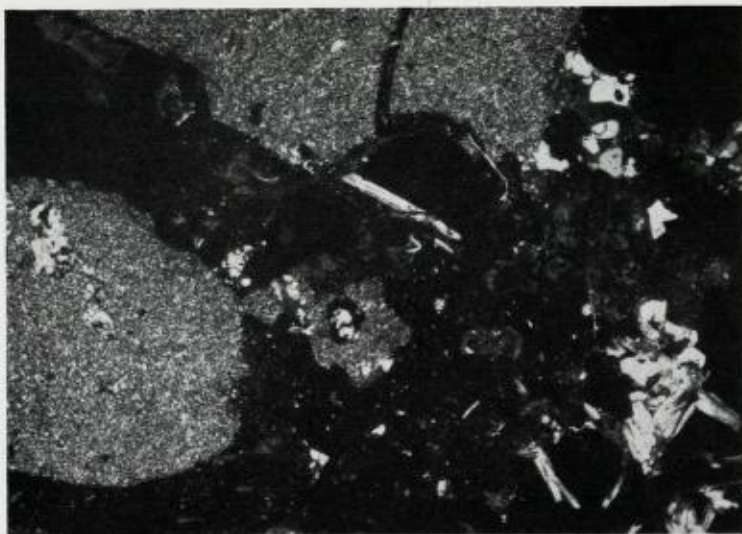


Fig. 3. Nydannet muskovitt (lys) og kloritt (mørk grå) i ertsåre gjennomsettende breksjert felsitt. Gjennomfallende lys. 15 ×.

Muscovite (light) and chlorite (dark grey) in sulphide veins of brecciated felsite. Transmitted light. × 15.

til breksjerte partier, vesentlig av felsitten, men til dels også av grafittskiferen. Mineraliseringen er også av sterkt varierende intensitet, men stort sett nokså fattig. Av sulfidmineraler er svovelkis, magnetkis og kopperkis til stede. I dagen er små mengder sekundære koppersulfider rapportert, men jeg har ikke kunnet registrere dem i mine slip. Sulfidmineralene er gjerne knyttet til små årer av forholdsvis grovkrystallinsk kvarts, albitt og karbonatmineraler. Dessuten finnes litt muskovitt, kloritt, sammen med svovelkis kan også en aktinolitisk hornblende finnes. Litt magnetitt og hematitt forekommer, og på et lite område finnes en radioaktiv anomali. Jeg har inntrykk av at silifisering er den mest utpregete «wall rock alteration», men heller ikke den er sterk. Gjennomgående synes gang-mineralene å være litt eldre enn sulfidene. Aldersforholdene mellom disse innbyrdes er litt usikre. Tydelig er det at mesteparten av svovelkisen er eldre enn kopperkis, den opptrer vanligvis i idiomorfe krystaller, som siden er breksjert og replasert av kopperkis. Kopperkis og magnetkis derimot danner stort sett «mutual borders», i unntagelsestilfelle har jeg observert årer av kopperkis i magnetkis. Forholdet magnetkis/svovelkis er ikke entydig.

Enkelte steder danner svovelkis idiomorfe krystaller i en matriks av magnetkis, men enkelte steder er spredte svovelkiskrystaller forbundet med svovelkisårer, som da setter gjennom magnetkis. Enkelte årer av svovelkis setter også gjennom kopperkis. Dette kan bety at der er to generasjoner svovelkis. Hvis ikke vil aldersforholdet være: magnetkis (eldst) — svovelkis — kopperkis.

I et par polérslip har jeg funnet markasitt sammen med svovelkis, aldersforholdet er uvisst. Et foreløpig ikke identifisert ertsmineral er videre iaktatt, replaserende magnetkis. Kismineralene er fri for avblandingsstrukturer, hvilket tyder på en relativt lav dannelses-temperatur. Fig. 2—6 viser en del karakteristiske fotos av malm-strukturene.

Ved siden av å danne årer i breksjemalmen opptrer svovelkis, i mindre grad kopperkis, også som svak impregnasjon og i karbonat-ganger i de omgivende bergarter, først og fremst i leucodiabas, men også i albittdiabas.

Andre epigenetiske forekomster eller mineraliseringer.

Disse kan stort sett deles i 3 typer:

1) Impregnasjoner i gabbroide bergarter.

Svovel-, magnet- og kopperkis er sparsomt til stede i mellom-massen til enkelte albittdiabaser, leucodiabaser, samt amygdaloide grønnstener. I grønnskifre og amfibolitter kan også impregnasjoner av svovelkis forekomme, men heller ikke disse synes å være av noen økonomisk betydning.

2) Kontaktmineralisering.

Svake impregnasjoner av de samme sulfider er iaktatt enkelte steder, et eksempel fra Časkias skal omtales nærmere.

Časkias 659. I sydskråningen for toppen 659 på Časkias er en liten, men interessant lokalitet, gjengitt i fig. 23 i N. G. U. nr. 201. Denne tegning gir imidlertid ikke et helt korrekt bilde av forholdene, og de petrografiske forhold er neppe riktig tolket av forfatterne. I en grønn-skiferformasjon ligger i øst en større albittdiabas med ganske mye epidot, adskilt fra den av ca. 10 m grønnskifer ligger en liten linse leucodiabas med litt svovelkis-kopperkis impregnasjon. I kontakten



Fig. 4. Kopperkis (grå) gjennomsettende breksjert svovelkis (hvit). Reflektert lys. 50 \times .
Chalcopyrite (grey) replacing strongly sheared pyrite (white). Reflected light. \times 50.

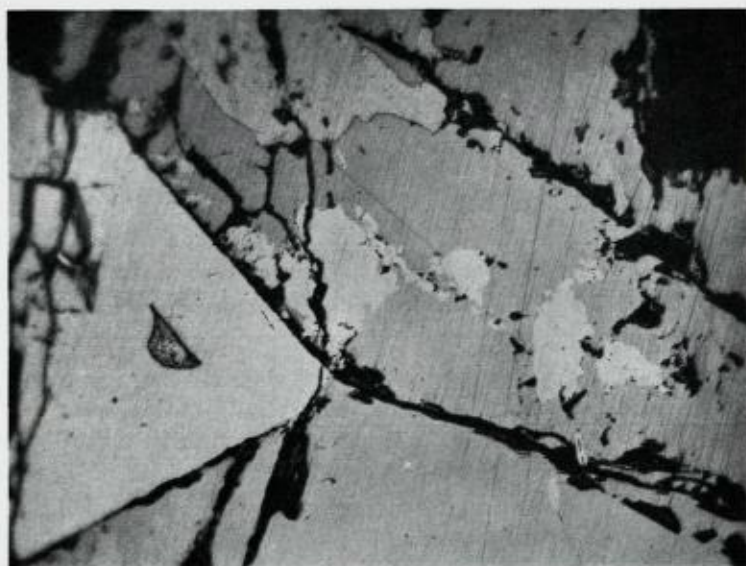


Fig. 5. Idiomorf svovelkis (hvit), kopperkis (lys grå, øverst), samt et ikke identifisert erts-
mineral (hvit, uregelmessig) i magnetkismatriks (grå). Reflektert lys. 240 \times .
*Idiomorphic pyrite (white), chalcopyrite (light grey, upper part), un-identified ore mineral
(white, irregular) in a base of pyrrhotite (grey). Reflected light. \times 240.*

av albittdiabasen vis a vis leucodiabasen er det en litt bedre, men arealmessig ubetydelig, impregnasjon av de samme sulfider. Også her replaseres svovelkis preferensielt av kopperkis. Ingen spesiell omvandling av silikatminerale har funnet sted i forbindelse med ertsdannelsen, men mineraliseringen er meget beskjedent. Albittdiabasen er ikke mineralisert andre steder. I grønnskiferformasjonen finnes i dette område flere små kalklag på opptil 1 m's mektighet. Nær grensen til albittdiabasen er disse sterkt forskarnet, mest alminnelig er epidot, men også mye grossular finnes enkelte steder. I kontakten til et slikt forskarnet kalklag, like ved leucodiabas-forekomsten, er også dannet en smal, men rik, magnetittmalm. Det er her ingen «albitt-karbonatparagenese» som antatt av forfatterne av N. G. U. nr. 201, men intrusjoner av diabaser ledsaget av sulfidmineralisering, og skarnmineralisering knyttet til sedimentære kalklag i nærheten av og på begge sider av albittdiabasen.

Fra Čuojajavre, V for Kautokeino, rapporterer Pehkonen (N. G. U. nr. 201) kontaktmineralisering mellom albittdiabas og grønnskifer, vesentlig av svovelkis. Også i dette område opptrer mange albittrike bergarter, dels felsitter, dels albitt/karbonat-ganger.

3) Karbonatganger, sprekketryllinger og «utblomstringer».

Den mest utbredte type av sulfidmineralisering er knyttet til ganger og sprekketryllinger av hydrothermal karakter. Som gangminerale opptrer oftest karbonater (ankeritt og/eller kalsitt) og kvarts. Sjeldnere albitt, skapolitt, biotitt, kloritt, rutil. Enkelte av disse kan lokalt være tallrike. Ertsminerale veksler ganske meget. I noen finnes rike klumper av kopperminerale, fortrinnsvis kopperkis, men også bornitt og kopperglans, i andre mest svovelkis, en tredje gruppe holder magnetitt, samt svovel- og kopperkis.

Disse ganger synes nær forbundet med svakhetssoner, særlig forkastninger omkring Stuorajavre i det kartlagte områdes sentrale del. Et av de mest mineraliserte områder er således ved Stuorajavres SØ ende, hvor det lithologiske miljø er slående likt Biddjovagges, med grønnskifer, svartskifer og albittbergarter av ymse slag.

Ved broen over Masijokka, N for Biggeluobbal fjellstue, finnes en noe egenartet forekomst: opp til 1 m brede ganger, vesentlig bestående av ankeritt og kalsitt med opp til hodestore krystaller av svovelkis, som er karakterisert av et Co-innhold på ca. 0.5 %. Det samme Co-



Fig. 6. Utsnitt av fig. 3: Muskovittflak, svakt korrodert og bøyet av kopperkis. Gjennomfallende lys. 90 \times .

Details of fig. 3: Flakes of muscovite, slightly corroded and bent by chalcopyrite. Transmitted light. \times 90.

innhold er forøvrig funnet i svovelkis fra Biddjovagge, og jeg har en mistanke om at det er et karakteristikum ved svovelkisen i disse epigenetiske forekomster på Finnmarksvidda. Masijok-gangene minner i strukturer mye om pegmatitter. De setter gjennom kvarts-glimmerskifer (delvis grafittholdige), som i kontaktsonene er sterkt impregnert med albitt.

Jeg har tidligere (1956) beskrevet en kopperrik kvartskarbonatgang ved Mirkujokka nær riksgrensen, ved røys 308 B. Her finnes små kalsitt-kvartsårer, som til dels er meget rike på kopparsulfider i skapolittiserte diabasbergarter. Av andre gangmineraleer i årene nevnes: chalcedon, adular, hornblende og hematitt. Primære sulfider er kopperkis og bornitt, hvis der er aldersforskjell er kopperkis yngst, men sannsynligvis er de samtidige. Der finnes videre spredte, ørsmå korn av andre sulfider, således blyglans. I ovennevnte publikasjon har jeg også rapportert linneit og melonit, men det har ikke vært mulig å identifisere dem med sikkerhet. Det er mulig at det førstnevnte er forvekslet med kobaltrik svovelkis, som eventuelt er usedvanlig blankt

og lettpolert. I ovennevnte publikasjon er videre beskrevet en rekke sekundære sulfider som skyldes at oksydasjons-sementasjonsonen er godt bevart.

Mirkujokka ligger i den sydlige del av det store breksjeområde i Njallaav'zi. Også lenger nord i breksjen finnes litt koppermineralisering, vesentlig kopperkis på små sprekker i skapolittisert albitt-diabas. Langs sprekkenes synes diabasen å være biotittisert.

Det fremgår av beskrivelsen ovenfor at den epigenetiske sulfidmineralisering over alt er knyttet til grønnstensområder, om enn kisløsende karbonatganger også finnes gjennomsettende nær liggende pelittiske skifre. De fleste steder er der en nær forbindelse med albitt-diabas — leucodiabas serien, og en viss albittisering synes å være forbundet med mineraliseringen. Ellers er kvarts, kalcitt og ankeritt de vanligste gangmineraler. Etter min oppfatning er mineraliseringen knyttet til den sen-orogene diabasintrusjon, spesielt til karbonatrike restløsninger av hydrothermal karakter, og blir å parallellisere med sulfidmineraliseringen ved Aunus i Østkarelen, beskrevet av Eskola, (1925).

Et par andre muligheter kan diskuteres, f. eks. sammenheng med granittintrusjoner eller med grafittskiferen.

Det er imidlertid ikke fremkommet noe under undersøkelsen som tyder på at de eruptive albitt-granitter har vært sulfidløsende, ei heller synes den sen- eller postorogene kalifel spatisering å være kombinert med sulfidmineralisering.

I enkelte områder av Vidda finnes en sulfidmineralisering, vesentlig av magnetkis, svovelkis og kopperkis (opp til 0,5 % Cu), i grafittskifer. Sulfidene forekommer i årer og lag, og er sikkert helt rekrystallisert og delvis omleiret, skjønt de temmelig sikkert er syngenetiske. I flere av de forekomster som vi regner som epigenetiske opptrer også mineraliseringen i nær tilknytning til svartskifer, således f. eks. Biddjovagge. Dette kan naturligvis reise spørsmålet om ikke også de forekomster vi regner for epigenetiske bare er sekundært omleirete forekomster av syngenetisk opprinnelse. Spørsmålet kan ikke diskuteres inngående her, men jeg vil peke på at de syngenetiske, kisløsende svartskifre på Finnmarksvidda alle opptrer i et *pelittisk miljø* (kvarts gl. sk.), mens de svartskifre som finnes i *grønnskifermiljø* vanligvis (utenom de egentlige malmforekomster) er praktisk talt sulfidfrie. For Biddjovagges vedkommende dreier det seg om en typisk breksjemalm hvor dessuten forholdet svovelkis/kopperkis/magnetkis er et ganske annet enn i de syngenetiske, kisløsende svartskifre.

Referanser

- Eskola, P.* 1925. On the petrology of eastern Fennoscandia, I: *Fennia* 45, no. 19.
- Gjelsvik, T.* 1956. Preglaciale forvittringsfenomener i kopperforekomster i den syd-vestlige del av Finnmarksvidda: *Geol. Før. Førh.*, Bd. 78, h. 4.
- 1958. Albitrike bergarter i den Karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge. N.G.U. no. 203.
- Padget, P. o. a.* 1957. The Precambrian Geology of Vest-Finnmark, Northern Norway: N.G.U. nr. 201.

Albittrike bergarter i den karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge

AV

TORE GJELSVIK

Med 3 tekstfigurer

Abstract

Greenschists and alternating, smaller beds of graphite schists, felsites, together with intrusive rocks of diabasic and granitoid character, all belonging to the Karelidic orogeny, show strong enrichment of albite. Chemical analyses demonstrate the Na_2O content amounting to 10 per cent. Details of the most albite rich rocks are given. It is suggested that the intrusive rocks are derived from palingenic magmas, inheriting the Na_2O richness from geosynclinal or early orogenic spilitization processes.

Innledning

Finske og svenske forskere har forlengst bemerket og diskutert den utpregete albittrikdom i de karelske grønnskiferformasjoner, og etterat NGU i 1954 begynte kartleggingen av de tilsvarende formasjoner i Norge, har også vi begynt å blande oss i diskusjonen (ref. Padget o. a. NGU nr. 201). I den vestlige del av Finnmarksvidda er både kopper- og uran-mineralisering forbundet med albittrike bergarter, og jeg har derfor underkastet dem en nærmere petrografisk og geokjemisk undersøkelse.

Først et par ord om de alminnelige geologiske forhold innen grønnskiferformasjonen på Finnmarksvidda. Det henvises til kartet, pl. I i NGU nr. 201. Den største sone finnes omkring sjøen Stuorajavre, og er særlig godt blottet på fjellet Časkias i NV, hvorfor serien er blitt kalt Časkias-gruppen. Den omfatter nær sagt alle typer grønnsteiner, basalter, pyroklastiske lag, sedimenter og forskjellige intrusjoner, særlig av gabbroid karakter. En tydelig regionalmetamorfose

har gitt bergartene en fremtredende skifrihet og omkrystallisering i grønnskifer- og epidot-amfibolitt facies, og bare unntaksvis kan finnes sikre primærkarakterer. Best bevart er intrusjonene, som kan være sentektoniske, i enkelte distrikter muligens post-tektoniske. (Padget s. 54.)

Etter min mening består selve Časkiasfjellet vesentlig av omvandlede sedimentære lagpakker og marint omleirete tuffer, i mindre grad av lavadekker. Dette fremgår av de små mektigheter av de forskjellige lag, deres lagdelte karakter, og den hyppige opptreden av små kalklag, og i mindre grad av svartskifer og pelitisk betonte lag. Lagene er intenst foldet, ofte isoklinalt, etter N-S gående akser.

Jeg vil nedenfor behandle de forskjellige Na-rike bergarter under følgende avdelinger:

1. Grønnskifre i vid forstand, og dermed sammenhengende svartskifre, pelittiske skifre, og felsitter.
2. Diabas-struerte intrusiver: albittdiabas og leucodiabas.
3. Granitt og syenitt.

Den første gruppen utgjør den store masse, av gruppe 2 spiller albittdiabasene en ganske stor rolle, mens leucodiabasene bare er funnet i små mengder i to områder, på Časkias og i Njallaav'zi. 3 større massiver og en rekke ganger av Na-rike granitter er funnet i den nordlige del av grønnsteinsområdene, enten innenfor, eller langs grensene. Syenittene er få og små.

Den kjemiske karakter fremgår av tabellene 1, 2, og 3. I tabell 4 er oppført en del gjennomsnittsanalyser til sammenligning. Som det sees skiller Časkias- og Njallaav'zi områdene seg ut ved en helt gjennomgående, tildels ekstrem Na-rikdom, og tilsvarende K-fattigdom. Særlig utpreget er felsittene, leucodiabasene, granittene og syenittene. Før den avsluttende diskusjon skal disse bergartene omtales i mere detalj.

Leucodiabas.

Denne opptrer i Finnmark i regelen i linseformete, konkordante og skarpt begrensede legemer av beskjedne dimensjoner, sjelden mer enn noen få m's bredde og et 10-tall m's lengde. Unntaksvis forekommer den i gjennomsettende ganger av ennå mindre dimensjoner, eller som randfacies, forbundet med jevne overganger til større albittdiabas. Fra Finland og Sverige er den rapportert som gangaktige masser av tildels gjennomsettende karakter. (Ødman 1939 s. 36.)

Tabell J

Grønnskifer - Glimmerskifer - Svartskifer - Felsitter
Greenschists - Micaschists - Graphite schists - Felsites

	Časkias																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
Na ₂ O	4.17	4.32	4.43	5.02	4.17	5.85	6.04	7.14	7.45	2.54	3.21	6.03	9.33	7.12	9.26	9.66	4.83	6.56	8.71						
K ₂ O	0.25	0.20	0.15	0.10	0.08	0.12	0.11	0.09	0.11	2.00	2.59	1.46	0.19	0.66	0.13	0.16	4.54	2.71	0.12						
Main mins.	hbl chl ab ore	chl hbl ab	hbl chl ab	hbl ab chl ?qtz	hbl qtz ab/ol	hbl ab hbl carb ore	hbl ab hbl carb ore	hbl ab carb	hbl ab carb	hbl ab chl	bi qtz ab	bi qtz olig	ab musc qtz graph	ab qtz graph	ab qtz carb qtz ore	ab qtz carb ore	ab qtz carb ore	ab qtz bi mier	ab qtz mier ore	ab qtz bi mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore
Access.	ep		ore	carb ore	ore ser	?qtz ore chl	bi chl	bi chl	bi ore	chl ore	chl	bi musc	bi musc turm musc	bi carb (hbl)	carb qtz ore	bi hbl musc	ore chl	carb ser bi chl	rut bi ser chl	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore	ab qtz mier ore

- No. 1. Coll. no. T7/234 Amygdaloidal grønnskifer, Časkias Ø. Sannsynligvis opprinnelig basaltisk lava.
Amygdaloidal greenschist, Časkias E. Supposed original basaltic lava.
- » 2. —»— T7/238 Kloritrik grønnskifer, Časkias Ø. Sannsynligvis opprinnelig basaltisk lava eller tuff.
Chlorite rich greenschist, Časkias E. Supposed original basaltic lava or tuff.
- » 3. —»— T7/254 Brunlig forvitrende grønnskifer, Časkias V. Sannsynligvis opprinnelig basaltisk lava eller tuff.
Brown weathering greenschist, Časkias W. Supposed original basaltic lava or tuff.
- » 4. —»— T7/277 Flintaktig grønnskifer, Biddjovagge. Sannsynligvis opprinnelig basaltisk lava eller tuff.
Flinty greenschist, Biddjovagge. Supposed original basaltic lava or tuff.

- » 5. —> T7/221 Finbåndet grønskifer, Stalloværre. Sannsynligvis sedimentær grønnstein.
Fine banded greenschist, Stalloværre. Supposed sedimentary greenstone.
- » 6. —> T7/281 Båndet hornblendeskifer, Biddjovagge. Sannsynligvis sedimentær grønnstein.
Banded hornblende schist, Biddjovagge. Supposed sedimentary greenstone.
- » 7. —> T7/330 Båndet hornblendeskifer, Biddjovagge. Sannsynligvis sedimentær grønnstein.
Banded hornblende schist, Biddjovagge. Supposed sedimentary greenstone.
- » 8. —> T7/319 Lys grønskifer, Biddjovagge. Sannsynligvis sedimentær grønnstein.
Lightcolored greenschist, Biddjovagge. Supposed sedimentary greenstone.
- » 9. —> T7/315 Lys grønskifer, Biddjovagge. Sannsynligvis sedimentær grønnstein.
Lightcolored greenschist, Biddjovagge. Supposed sedimentary greenstone.
- » 10. —> T7/287 Glimmerskifer, Biddjovagge. Opprinnelig pelittisk lag.
Micaschist, Biddjovagge. Original pelitic bed.
- » 11. —> T7/288 Glimmerskifer, Biddjovagge. Opprinnelig pelittisk lag.
Micaschist, Biddjovagge. Original pelitic bed.
- » 12. —> T7/253 Grafittskifer, Časkias V. Opprinnelig kullholdig sediment.
Graphite schist, Časkias V. Original carbonaceous bed.
- » 13. —> T7/358 Grafittskifer i malmsonen, Biddjovagge. Opprinnelig kullholdig sediment.
Graphite schist in ore zone, Biddjovagge. Original carbonaceous bed.
- » 14. —> T7/306 Flintaktig felsitt, Biddjovagge. Sannsynligvis opprinnelig keratofyr.
Flinty felsite, Biddjovagge. Supposed original keratophyre.
- » 15. —> T7/342 Båndet felsitt, Biddjovagge. Sannsynligvis opprinnelig sediment.
Banded felsite, Biddjovagge. Supposed original sedimentary rock.
- » 16. —> T7/303 Felsittisk keratofyr, Biddjovagge.
Felsitic keratophyre, Biddjovagge.
- » 17. —> S7/139 Felsitt, lagdelt serie, Njallaav'zi. Sannsynligvis sedimentært lag.
Felsite, bedded formation, Njallaav'zi. Supposed sedimentary formation.
- » 18. —> S7/199B Felsitt, inneslutning i karbonatbrenksje, Siðosoave. Sannsynligvis sedimentært lag.
Felsite, inclusion in carb. breccia, Siðosoave. Supposed sedimentary formation.
- » 19. —> S7/176 Felsitt, inneslutning i karbonatbrenksje, Njallaav'zi. Sannsynligvis sedimentært lag.
Felsite, inclusion in carb. breccia, Njallaav'zi. Supposed sedimentary formation.

Tabell II
Diabas-lignende bergarter
Diabasic-rocks

Časkias								Njallaav'zi	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na ₂ O	3.06	6.10	7.07	7.96	9.49	10.35	7.32	7.53	8.00
K ₂ O	0.31	0.28	0.12	0.27	0.47	0.08	0.05	0.34	0.10
Main mins.	hbl oligo	ab hbl	ab hbl carb	ab sphene hbl	ab bi hbl	ab	ab qtz hbl	ab carb	ab carb
Access.	chl ore carb	ore pr musc bi chl carb	chl ore (bi.chl)	ep ser qtz	ep carb chl	carb ap ore	chl ap rut ore	bi rut ore	rut ore

- No. 1. Coll. no. T7/282 Hornblenderik albittdiabas. Biddjovagge.
Hornblenditic albite diabase. —»—
- » 2. —»— T7/329 Feltspatrik albittdiabas. —»—
Feldspar-rich albite diabase. —»—
- » 3. —»— T7/326B Karbonatrik leucodiabas. —»—
Carb.rich leuco diabase. —»—
- » 4. —»— T7/ 305 Titanittrik leucodiabas. —»—
Sphene-rich leuco diabase. —»—
- » 5. —»— T7/293A Porfyrisk leucodiabas. Časkias Ø.
Porphyric leuco diabase. Časkias E.
- » 6. —»— T7/324 Granofyrisk leucodiabas. Časkias Ø.
Granophyric leuco diabase. Časkias E.
- » 7. —»— T7/276 Finkornet lagergang. Biddjovagge.
Finegrained sill —»—
- » 8. —»— S7/126B Leucodiabas. Njallaav'zi.
Leuco diabase. —»—
- » 9. —»— S7/180 Leucodiabas. —»—
Leuco diabase. —»—

Tabell III

Časkias				Njalla- av'zi
	1	2	3	4
Na ₂ O	6.25	7.44	8.25	9.23
K ₂ O	4.59	1.08	1.47	0.15
Main mins.	ab micr qtz	ab/oligo qtz hbl	ab hbl bi ep	ab
Access.	ga	micr bi ore ap sphene carb zr	ap micr chl	carb hem bi chl qtz

No. 1. Coll. no. T7/230 »Granitt«, lagergang, Gædasčokka.

“Granite”, sill, Gædasčokka.

» 2. —» T7/246 «Granitt», Niednjaljok, Časkias.

“Granite”, Niednjaljok, Časkias.

» 3. —» T7/202 «Granitt», lagergang, Gædasčokka.

“Granite”, sill, Gædasčokka.

» 4. —» S7/156 «Syenitt», Njallaav'zi.

“Syenite”, Njallaav'zi.

Albitt utgjør ofte mer enn 80—90 %. Den har gjerne en utpreget listeform og ligger uorientert i diabasmønster (fig. 1). Lengden av krystallene varierer oftest mellom 0,5 og 1, maks. 2—3 mm, og bergarten er således finkornet. Av og til finnes mere isometriske feltspatkorn, ofte da litt porfyriske (fig. 2), i kontaktsoner også litt sonare. Feltspaten er alltid meget Na-rik, omkring An₃, i de sonare må den ha vært noe mere kalkrik, men neppe langt over grensen til oligoklas. Den er i regelen også frisk av utseende. Kvarts finnes av og til i små mengder, og karbonatmineraler er oftest til stede, gjerne på gjennomsettende årer, eller i mellomrom mellom feltspatlistene. Mørke mineraler er ofte så underordnet at de må betegnes som aksessoriske, vanligst er hornblende, dernest biotitt og kloritt, enkelte har forbausende mye



titanitt. Ved tiltagende gehalt av hornblende går leucodiabas jevnt over i albittdiabas. Samtidig viser plagioklasen, ved avkalkningsstrukturer og større epidotinnhold, at den primært har vært mere kalkrik.

Leucodiabas-linsene opptrer gjerne i sterkt tektoniserte soner, men bærer selv sjelden preg av kataklase.

Felsitt.

Av denne finnes to typer. I et antyklinalområde på Časkias finnes en flintaktig utseende type assosiert med svartskifer, omhyllet av grønnskifer, og intrudert av albittdiabas og leucodiabas. Som de øvrige skifre her er den svært tektonisert. Denne felsitt opptrer ikke i utholdende lag, men kan heller ikke påvises å være gjennomskjærende. Den er alltid rikere på albitt enn på kvarts, om enn mengdeforholdet er noe varierende. Kornstørrelsen er ennå en orden under leucodiabasens, mellom 0,01 og 0,1 mm. Bortsett fra tektoniske effekter viser felsitten ytterst sjelden orienterte strukturer. Av og til finnes relikstruktururer av eruptiv opprinnelse; de minner en del om leucodiabasens men er mere porfyriske med fenokrystaller av albitt ca. 10 ganger større enn grunnmassens (fig. 3). Denne felsitttype kan betegnes som keratophyr, om det dermed menes en sur, albittrik metalava assosiert med spilit. Alternativt, men mindre sannsynlig, er den en oppknuet leucodiabas. Strukturen er imidlertid så forskjellig at dette alternativ vil kreve to aldersgrupper av leucodiabas, adskilt av en sterk tektonisk fase.

Den annen felsitt-type finnes i karbonatbreksjeområdene nær finskegrensen helt i syd-vest, nær Dæno Muotke. Den finnes overveiende som fragmenter i breksjen, men mye tyder på at den har utgjort mere sammenhengende lag. I tillegg til hovedmineralene, albitt og kvarts, har den av og til litt mikroklin, gjerne litt jernoksyder, et karakteristisk aksessorium er rutil. Kornstørrelsen er litt større enn i den førstnevnte type, relikstruktururer av eruptiv karakter er ikke iaktatt. Foreløpig antar jeg at denne felsitt-type er av sedimentær opprinnelse.

Na-granitt og -syenitt.

«Granitt» utgjør dels ganske store massiver, dels mindre lager-ganger, konkordante eller svakt gjennomskjærende grønnskifrene. De sender også apofyser inn i albittdiabasene og kontaktomvandler disse. Mot grensen blir de ofte mere finkornige, og de har utpreget intrusive kontakter, av og til med sonar plagioklas i porfyrisk utvik-



Fig. 1. Leucodiabas med nesten bare albitt. 15 \times .
Leucodiabase consisting nearly exclusively of albite. \times 15.

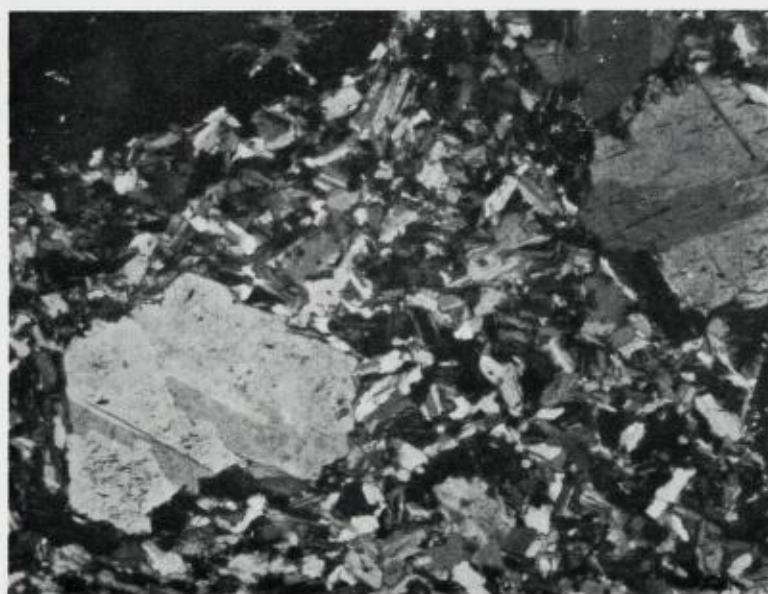


Fig. 2. Porfyrisk leucodiabas. 45 \times . Fot. T. Gjelsvik.
Porphyritic leucodiabase. \times 45.

ling. Strukturen ellers middelskornet, retningsløs, foliasjon finnes i regelen bare i lagerganger.

Mineralogisk består den overveiende av en meget sur plagioklas, i regelen albitt. Denne har ofte et litt sløret, serisittisert kjerneparti, men klar randsoner, i andre tilfelle er albitten frisk. Mikroklin er helt underordnet, interstitiel, og ledsaget av myrmekitt. Synes ofte å replasere plagioklas. Kvarts finnes alltid i albittgranitten, men i vesentlig mindre mengder enn vanlig i granitter, og enkelte lagerganger er så godt som kvartsfrie. Hornblende og biotitt, av og til litt klorittiserte, finnes i små mengder. Det er mulig at kvartssyenitt ville være en bedre betegnelse enn granitt for gruppen.

I Njallaav'zi området finnes en lagerganglignende forekomst av Nasyenitt, som «hostrock» for uranmineralisering. Den består helt overveiende av albitt i opptil 2 cm grove krystaller, med underordnet mengde av grønn hornblende og biotitt. Strukturen er hypidiomorfe granular, men gir ikke sikre holdepunkter for en magmatisk opprinnelse. No. 4 i tabell 3 representerer en type særlig fattig på mørke mineraler. Bergarten er etter sin konsolidering blitt utsatt for breksjering og uranmineralisering, forbundet med karbonatisering. (Gjelsvik 1957.)

Ved Kautokeino elv syd for samebyen har Pehkonen funnet en intrusiv syenittforekomst av liknende karakter, bl. a. også med breksjering og karbonatisering. Den holder også litt primær kvarts, litt lys kloritt, samt mikroklin, epidot, apatitt og ertsmineraler som aksesoriske bestanddeler.

Albitt-karbonat paragenesen.

Som det fremgår av ovenstående, er påfallende mange av albittbergartene assosiert med karbonat. I de fleste tilfellene jeg har undersøkt opptrer karbonatet replaserende, og en breksjeringsfase skiller ofte mellom albittdannelsen og karbonatiseringen. I disse tilfelle er ikke albitt og karbonat i likevekt, i ekstreme tilfelle har karbonatet fortrent albittbergarten slik at bare små relikter av den kan ses, og da bare ved mikroskopets hjelp.

Diskusjon.

Jeg skal ikke gi her noe historisk tilbakeblikk på spilittdiskusjonen, men det bør nevnes at oppfatningen av de genetiske prosesser har variert fra modifisert magmatisk, over postmagmatisk, til rent regional-metasomatisk.

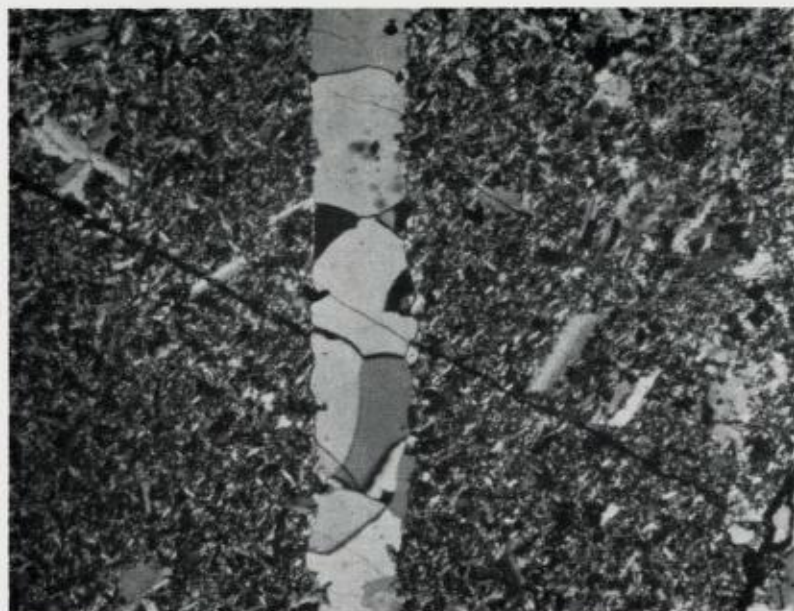


Fig. 3. Felsitt med porfyrisk struktur i fenokrystaller av albitt i grunnmasse bestående av albitt og litt serisitt. Sistnevnte, sammen med den gjennomskjærende kvartsåre, henger sammen med sulfidmineralisering. 45 \times . Fot. T. Gjelsvik.

Felsite showing porphyritic structure: albite phenocrysts in a ground mass of albite and a little sericite. The latter, and the crosscutting quartz vein, is related to sulphide mineralization. $\times 45$.

For en så omfattende albitt-rikdom som det er tale om i Finnmark, er det fristende å påkalle en diffusjon av regionalmetasomatisk karakter. Imidlertid lar hverken albittgranitten eller leucodiabasen seg forklare ad metasomatisk vei. Alle som har studert dem på norsk side holder den førstnevnte for eruptiv. Hva den sistnevnte angår, tyder alle felldata på en magmatisk differensiasjon og intrusjon, selv om det kan diskuteres hvorvidt plagioklasen opprinnelig har vært mer basisk. (Mener man at det har vært tilfelle, foreligger i så fall her et lenge ettersøkt eksempel på en magmatisk anorthositt.) En kan så ty til den rent magmatiske teori, at det skulle foreligge et «spilittisk» stammagma. En sammenligning med de data som er gitt i tab. 4 synes imidlertid å gi støtte til denne mulighet. Således er Mikkolas «gjennomsnittsmagma» for Lapplandske grønnsteiner nokså nær platåbasaltens.

Det er tydelig at albittrike bergarter er blitt dannet til forskjellige tider. De nevnte eruptive typer er sen- eller postorogene. Blant de

Tabell IV

	I	II	III	IV	V
Na ₂ O	3.17	3.26	4.40	3.30	2.59
K ₂ O	0.59	0.88	4.07	5.06	0.69

- I. Gjennomsnittssammensetning av «grønnsteinmagma» i Lappland. E. Mikkola, 1941. P. 260.
Average "greenstone magma" of Lapland.
- II. Gjennomsnittssammensetning av 3 albittdiabaser. E. Mikkola, 1941. Pp. 249—51.
Average composition of 3 albite diabases.
- III. Gjennomsnittssammensetning av Lappland syenitter (3 fra Sverige, 3 fra Finland). E. Mikkola. 1941. P. 277.
Average composition of Lapland syenites (3 from Sweden, 3 from Finland).
- IV. Gjennomsnittssammensetning av sen-kinematiske granitter. A. Mikkola 1949. P. 54.
Average composition of late-kinematic granites.
- V. Gjennomsnittssammensetning av jordens platåbasalter. R. A. Daly, 1933. P. 17.
Average composition of world plateau basalts.

albittrike skifre er det enkelte som har fått denne karakter allerede ved sedimentasjonen. Det gjelder f. eks., etter Mikkolas oppfatning, enkelte svartskifre og gråvakter assosiert med grønnsteiner. (Mikkola s. 207-208.) I tid spenner albittdannelsen fra den initiale vulkanisme, over den synogene til den subsevente vulkanisme, for å tale i Stille's termer. *Arealmessig er den imidlertid vesentlig begrenset til grønnskiferformasjonene og deres grenser.*

Dette peker i retning av at såvel diabasintrusjonene som granittintrusjonene kan ha sin rot i *palingene* magmaer. Men dette forutsetter for de førstes vedkommende at albittgehalten ikke i større grad blir «svettet» ut av systemet under gjenoppsmeltningprosessen. Er dette riktig, er deres Na-rikdom bare en arv fra en forutgående spilittisering, og vi er da tilbake til problemet om albittisingen av grønnskifrene. Er den regionalmetamorft eller magmatisk betinget? Å føre bevis for den sistnevnte mulighet ut fra feltiakttagelsene i den vestlige del av Finnmarksvidda, hvor tektoniseringen og regionalmetamorfosen har vært såvidt intens, lar seg vanskelig gjøre, og vil kreve et større analysemateriale enn jeg har til disposisjon. La oss derfor se på den første mulighet. Den kjemiske omsetting, en fordobling av natrium-innholdet,

Tabell V

	Low chlorite zone			Chlorite zone			Biotite zone		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na ₂ O	0.05	4.80	5.47	0.97	2.17	4.69	2.62	4.20	5.93
K ₂ O	0.33	2.43	1.72	3.18	0.29	0.17	0.42	0.14	0.71
Main mins.	qtz	ab qtz	ab carb	chl ?ab qtz	hbl ab chl	hbl ab chl	hbl	hbl ab	ab hbl
Access.	chl	micr bi ser ore	micr bi musc ore	ore ser	ep/zoi qtz	ep	ab ?qtz carb ore	chl ore	sphene ore ep

- No. 1. Coll. no. T6/7A Grovkornet sandstein, Čaravarre.
Coarse grit, Čaravarre.
- » 2. — T7/55A Lerskifer, Gæšvarre.
Argillite, Gæšvarre.
- » 3. — T7/53 Lerskifer, Guivevarre.
Argillite, Guivevarre.
- » 4. — T6/3A «Fyllitt», vekslende med nr. 6, Russogielas.
“Phyllite”, alternating with no. 6, Russogielas.
- » 5. — T6/18A «Typisk» grønskifer, Dagjeborre.
“Typical” greenschist, Dagjeborre.
- » 6. — T6/4A Amygdaloidal grønskifer, Russogielas.
Amygdaloidal greenschist, Russogielas.
- » 7. — U6/179 Grønskifer eller hornblendeskifer, Masijokka.
Greenschist or hornblende schist, Masijokka.
- » 8. — T7/2084C Finkornet grønskifer, Gætkebakte.
Finegrained greenschist, Gætkebakte.
- » 9. — U6/104 Albittidiabas, Biennejavre, Mast.
Albite diabase, Biennejavre.

og en sterk reduksjon av kalium-innholdet, har hatt svære dimensjoner, de store masser av grønskifre tatt i betraktning. En sterk regional-metasomatose har gjerne karakteren av replacement og porfyroblastese. Albitten i grønskifrene utmerker seg ved å finnes i uhyre små korn, det har ikke vært mulig å konstatere at den replaserer andre krystaller. At muligheten for porfyroblastese har vært tilstede, gir

hornblendene utallige eksempler på i de samme bergarter. Det bør også bemerkes, at de mest pelittiske betonte sedimenter som gjerne er de som først blir offer for metasomatose av alkalisk karakter, i dette tilfelle synes å ha unngått den best. (Jfr. nr. 8 og 9 i tab. 1, samt nr. 6 i tab. 5.)

Jeg har latt utføre endel analyser også for områder av forskjellig metamorfosegrad, tab. 5 (jfr. fig. 13 i NGU nr. 201). For selve grønnsteinenes og grønnskifrenes vedkommende finnes åpenbart ikke noen systematisk variasjon. Jeg vil forøvrig peke på den høye Na_2O -gehalten i argillittene, nr. 2 og 3 i tab. 5, som ifølge forfatteren av NGU nr. 201 er meget lav-metamorfe bergarter («lav klorittgrad»). Den synes å bekrefte at der er dannet primært Na-rike sedimenter i den geosynklinale eller tidlig-orogene periode, før regionalmetasomatosen satte inn for alvor.

En Na-metasomatose er imidlertid forbundet med den hydrotermale ettervirksomhet av den sen-orogene, gabbroide intrusivserie, som har gitt opphav til enkelte av albittkarbonatseriens bergarter, samt karbonat-kvartsganger og sulfid-mineralisering. Det er et kontaktmetasomatisk fenomen, en adinolisering, som nok kan være en medvirkende årsak til de ekstremt høye Na-gehalter omkring malmsonen på Biddjovagge, men som neppe kan forklare spilittiseringen i sin alminnelighet.

Referanser

- Daly, R. A.* Igneous rocks and the depth of the earth. 1933.
- Gjelsvik, T.* Pitchblende mineralization in the Precambrian plateau of Finnmarksvidda, Northern Norway: Geol. Førh. Førh. Bd. 79. 1957.
- Mikkola, E.* Muoruo-Sodankyla-Tuntajoki. Lehdet — sheets B7 — C7—D7. Explanation to the map of rocks: Suomen Geologinen Yleiskartta. 1941.
- Padget, P. o. a.* The Precambrian Geology of Vest-Finnmark, Northern Norway: N.G.U. nr. 201. 1957.
- Ödman, O. H.* Urbergsgeologiska undersökningar inom Norbottens län: Sveriges Geol. Unders., Ser. C, no. 426. 1939.

Storisens transport av kisblokker fra Joma

AV

CHRISTOFFER OFTEDAHL

Med 1 tekstfigur

I 1955 satte Norges Geologiske Undersøkelse igang leting etter kisblokker i Jomastrøket. Det viktigste resultat av to somres blokkleting er omtalt i en kort artikkel om «Jomaforekomstens blokkvifter» (Ofte Dahl, 1957, s. 51—54). Dette resultat var at Jomaforekomsten har en sikker blokkvifte mot vest, forårsaket av storiens blokktransport, og en tvilsom vifte mot sydvest. Den vestlige blokkvifte ble fulgt 5—6 km. Ett av resultatene fra blokkletingen sommeren 1957 er at denne Jomas vestlige blokkvifte fortsetter over fjell og dal ut til havet over Bindalen. Dette er så bemerkelsesverdig at det berettiger til en kort meddelelse om denne vårt lands hittil største blokkvifte.

Blokkletingen ble påbegynt i Bindalsstrøket. Her har det lenge vært kjent en rekke store kisblokker, og mange har undret seg på hvor de kom fra. I løpet av vel to måneders arbeidstid klarte så to blokkletere, Ivar Homstad og Johannes Nordfjellmark, å finne en forholdsvis skarpt begrenset kisblokkvifte fra Bindalen tilbake til den tidligere kjente blokkvifte i Jomastrøket. Kartskissen fig. 1 viser de funne blokker. Her er medtatt 205 større kisblokker, mens de minste (ca. 25) er utelatt.

Ialt er det funnet ca. 230 kisblokker i Jomaforekomstens blokkvifte mot vest. Kartskissen viser forøvrig at betegnelsen «vifte» neppe er helt korrekt, idet blokkfunnene ikke er arrangert i vifteform, hvilket er vanlig i Sverige og Finland. Tvertimot har storiens beveget seg helt jevnt uten spredning, eller kanskje med en viss spredning ned

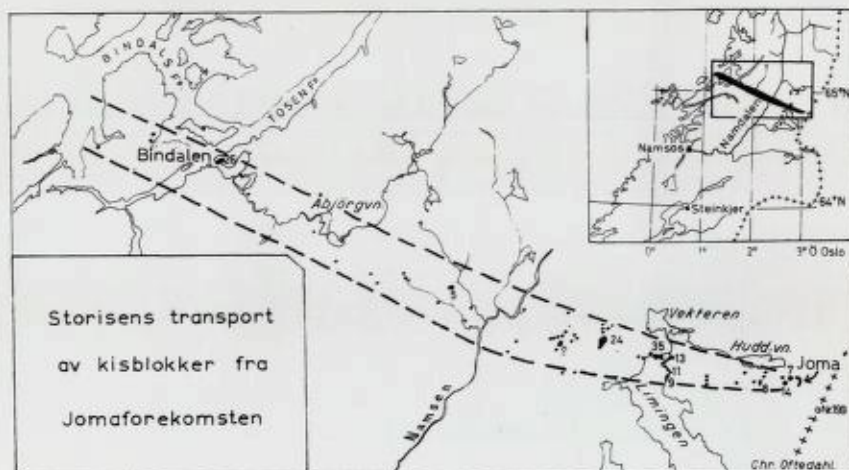


Fig. 1. Jomaforekomstens store blokkvifte. Enkelblokker er betegnet med en prikk, større blokkksamlinger med et svart felt og et tall for blokkenes antall innen dette felt. Blokkenes transportsone fra Joma (svart felt lengst i øst) er omgrenset med brutte streker. To blokker syd for sonen og vest for Limingen antas å stamme fra Gjersvikforekomsten.

Boulder train of pyrite ore from the Joma deposit (to the right). Separate boulders are marked by a point, larger concentrations with black areas and a figure for the number of boulders in each area.

i dalfører og en viss samling opp på fjellet igjen. Videre viser Jomablokkene at storisens bevegelsesretning har svinget, fra en nesten rett vestlig retning i det sentrale fjellstrøk til en vestnordvestlig retning ved kysten, dvs. loddret på kystens hovedretning.

Man kan kanskje undre seg på om det bare finnes Jomablokker innenfor den sterkt opptrukne rute på kartskissen. Det kunne jo tenkes at blokkletingene ikke var tilstrekkelig detaljert utført til at alle blokker var funnet, eller senere og lokale brebevegelser har resultert i delvis overdekning av storisens blokker. Jeg tror imidlertid at det er blokklett tilstrekkelig til å hevde at Jomas blokkvifte virkelig har den antydende form. Og det skulle være rart om de sene bevegelser hadde resultert i overdekning bare utenfor den opptrukne rute.

En supplerende kunnskap om storisens blokktransport får vi fra funn av serpentinblokker. Serpentin forekommer i et stort felt i Sverige, ca. 20 km øst for Joma. Serpentinblokker er funnet omkring selve Joma, og slike blokker følger på bemerkelsesverdig vis kisløkkene helt ut til kysten. De forekommer innen en transportsone som er litt bredere enn kisløkkenes.

Den påviste blokktransport fra Joma til Lysfjorden vest for Bindalseid er på nær 90 km. Dette er den første kartlagte blokkvifte i vårt land. Dens geologiske betydning er at den nøyaktig viser hvordan storisen har beveget seg. Den malmgeologiske betydning er heller ikke uvesentlig. Vi vet nu at en større malmforekomst som ligger i et flatt terreng slik at storisen lett kan rive med seg blokker, vil kunne gi en forbausende skarp blokkvifte. Hvis Jomaforekomsten hadde vært ukjent, ville veltrenede blokkleterere ha plukket opp sporet i Bindalen og fulgt dette helt frem til de store flate myrstrøk ved Orvann, hvor Jomakisen ligger nesten helt skjult under myr og morene. Noe tilsvarende skulle man ha lov til å vente seg i alle fall i Nord-Trøndelag og en stor del av Nordland fylke. Hvis man her plukker opp et blokkspor på kysten, skulle dette kunne forfølges helt til det område hvor blokkens malm står i fast fjell.

En oversikt over malmblokkvifter i Sverige er gitt av Grip (1953). Den lengste blokkvifte er på 125 km, den neste er 55 km lang.

Summary

Glacial transport of pyrite boulders from the Joma deposit.

For three summers the Geological Survey of Norway has carried out a special hunt for pyrite boulders within the Grong area and adjacent districts. One result is the establishment of a marked boulder train from the Joma pyrite deposit to the coast, a distance of close to 90 km, see Fig. 1. In all about 230 boulders have been found, most of which have been plotted on Fig. 1.

Litteratur

Grip, Erland. Tracing of Glacial Boulders as an Aid to Ore Prospecting. *Ec. Geol.*, 48, 1953, p. 715—725.

The structure in the area of mineralization on Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark

BY

PAUL H. REITAN

With 1 text-figure

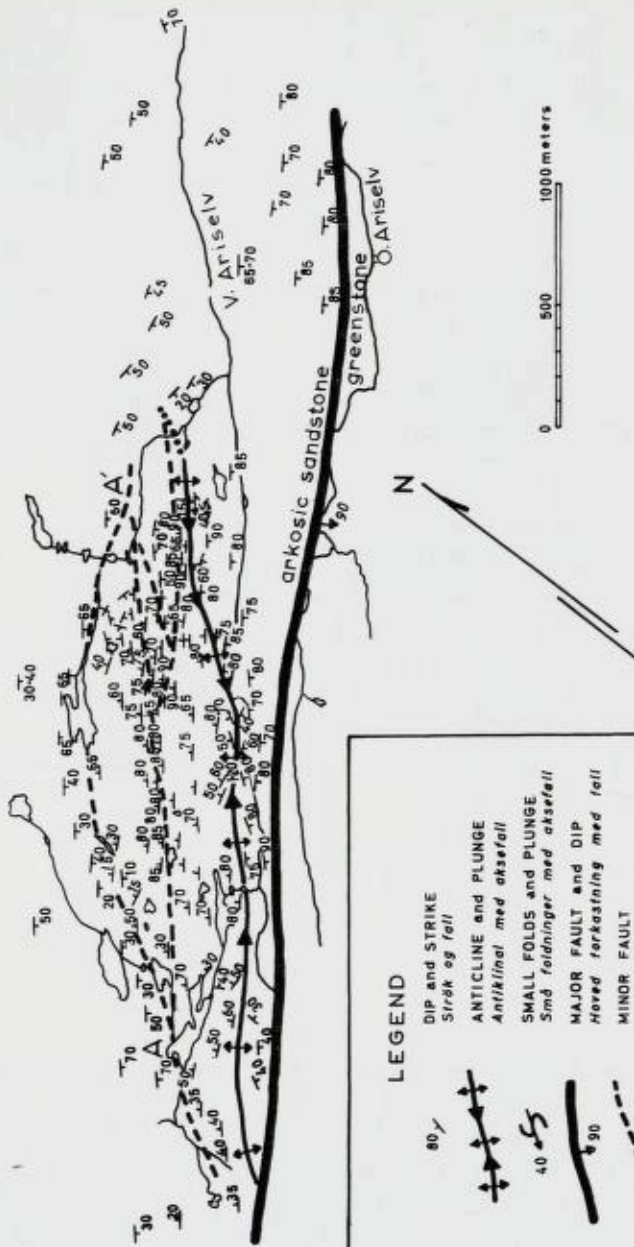
In the Norges Geologiske Undersøkelse Årbok 1956, Vokes (1957) published a report on some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway. This report included a discussion of the disseminated mineralization in the arkosic sandstone of Ulveryggen, which is to be found on topographic map sheet Repparfjord V 3, at $70^{\circ} 26' N$ and $13^{\circ} 32' E$ Oslo. Since that time the writer has made an examination of the structure of and around the area of known mineralization on Ulveryggen as a part of a general geological investigation of the northernmost Raipas tectonic "window". It is therefore thought advisable to supplement and amplify Vokes' report on the mineralization of Ulveryggen at the earliest possible time by the publication of the map included here, even though the investigation of the entire Raipas "window" now being conducted by Norges Geologiske Undersøkelse is not yet completed.

For a description of the general geology of the area the reader is referred to Holtedahl (1918), (1953), Strand (1952) and Vokes (1957).

The area within which known mineralization on Ulveryggen occurs is located about in the center of the accompanying map. It is roughly elliptical in shape; about 1700 meters long and 400 meters broad. Within this area are zones of low-grade mineralization which are separated by barren or virtually barren sandstone.

The area shown on the map is adjacent to a high angle fault which brings the arkosic sandstone into contact with greenstones and green-

ULVERYGGEN AREA



LEGEND

- DIP and STRIKE
Strøk og fell
- ANTICLINE and PLUNGE
Antiklinal med aksfall
- SMALL FOLDS and PLUNGE
Små faldninger med aksfall
- MAJOR FAULT and DIP
Hoved faldning med fell
- MINOR FAULT
Mindre faldninger

schists. The fault dips at about 90 degrees to the southeast. (All angles are based on 400 degree compass.) Along the fault is a zone of phyllonite. Although the age relation between the sandstone and greenstones is not yet certain it is tentatively thought that the greenstones are older (see Strand, 1952). Thus the fault is probably a reverse fault.

The arkosic sandstone in the vicinity of the area of known mineralization occurs as an elongate dome about 9 km by 3 km, parallel to this fault. The area of known mineralization lies on the southeast flank of this dome. Throughout the major part of the dome the structures are quite regular, i. e., there are no sharp flexures, folds or significant faults. In this respect the area of known mineralization is exceptional.

Besides the faults which are shown on the map there can be seen many small zones of faulting and/or shearing; but such that there is no marked change in lithology or dip and strike on crossing these zones. These zones are usually marked by minor, elongate topographic depressions.

Following for the most part almost along the southeast side of the area of mineralization there can be seen a small anticline. The axis of the anticline strikes about N 55 E, and about opposite the middle of the mineralized zone the plunge of the anticline changes such that to the northeast the plunge is about 40 SW while to the southwest the plunge is about 20 NE.

To the southeast the area of mineralization is approximately bounded by the crest of the anticline and to the northwest by the fault running between A and A' on the map.

The amount of displacement along the faults shown on the map is undetermined. Seen in detail there are quite considerable variations in the grain size and the sorting of the sandstone, but these variations are so similar throughout that it is at best extremely difficult to find marker beds by which the amount of displacement can be determined. However, the writer would *not* wish to rule out the possibility that by very careful investigation of the area and thorough familiarity with the lithological variations of the sandstone a competent geologist could successfully make these determinations.

An additional supplementary comment to Vokes' (1957) report, based on observations of diamond drill cores which Invex Corporation, Toronto, Canada, kindly allowed the writer to see, is that pyrite is present in the Ulveryggen mineralization. This mineral was not

present in the samples provided Vokes by Padget, McCandless and myself.

Because the accompanying map is based on aerial photographs there is a certain small amount of distortion throughout it.

Sammendrag

Strukturer i det mineraliserte område på Ulveryggen, Repparfjord, Finnmark.

I forbindelse med N. G. U.'s generelle geologiske kartlegging av det nordligste Raipas-«vinduet» har forfatteren laget et strukturelt kart over det mineraliserte området på Ulveryggen ved Repparfjord, 70° 26' N og 13° 32' Ø Oslo, på kartblad Repparfjord V 3. Trass i at undersøkelsen av hele «vinduet» ennå ikke er ferdig er kartet nå publisert for å utfylle Vokes' (1957) avhandling som gjaldt, blandt annet, mineralisering i Ulveryggen-forekomsten.

Det mineraliserte området ligger like ved en hovedforkastning mellom den arkosiske sandstein på Ulveryggen og grønnsteinen mot syd-øst. Området er også tydelig mere strukturelt forstyrret enn sandsteinen ellers, med en liten antyklinal langs syd-østsiden av forekomsten og en forkastning langs nord-vestsiden, som sees på kartet mellom A og A'. I området fins også mange soner med tydelige skjærbevegelser.

På grunn av mangel på ledehorisonter ble ikke størrelsen på forkastningene avgjort.

Sommeren 1957 iakttok forfatteren svovelkis i borkjernene fra Ulveryggen, som Invex Corporation, Toronto, Canada, var så vennlig å stille til N. G. U.'s disposisjon. Dette mineral var ikke tilstede i prøvene som Padget, McCandless og jeg samlet for Vokes.

Literature

- Holtedahl, Olaf, 1918, Bidrag til Finnmarkens geologi: Norges Geol. Undersøkelse, Nr. 84.
— 1953, Norges geologi: Norges Geol. Undersøkelse, Nr. 164.
Strand, Trygve, 1952, Raipas og kaledon i strøket omkring Repparfjord, Vest-Finnmark: Norges Geol. Undersøkelse, Nr. 183, Årbok 1951, pp. 22—31.
Vokes, F. M., 1957, Some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway: Norges Geol. Undersøkelse, Nr. 200, Årbok 1956, pp. 74—111.

Vann i grus og sand

Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 6

AV

STEINAR SKJESETH

Med 6 tekstfigurer

Rørbrønner og sandspisser

Boring etter vann i fjell er blitt en vanlig vannforsyningsmåte i Norge. Det er nå boret i de forskjellige bergartsformasjoner i de fleste distrikter. Ved N. G. U.'s vannboringsarkiv foreligger et rikt materiale til forhåndsbedømmelse av nye fjellboringer. Vannføringen i slike borebrønner er avhengig av karakteren av de sprekker en skjærer under boringen. Det tilgjengelige vann i våre bergarter er knyttet til sprekker.

I andre land, f. eks. Danmark og Tyskland, tar de hovedsakelig vann fra løsavleiringer og porøse bergarter, der grunnvannet opptrer i porerom mellom partiklene. Her i landet er grunnvannet i våre løsavleiringer på langt nær utnyttet, ofte p.g.a. uvitenhet om de muligheter det byr på. Statsgeolog G. Holmsen tok opp studiet av grunnvannet i våre løsavleiringer. I to avhandlinger «Grundvannet i vore leravsetninger» og «Grundvannsbrønner» har han omtalt resultatet av forsøksboringer og beskrevet forskjellige brønntyper som blir anvendt.

I løsavleiringer, grus, sand og leire, opptrer vannet i porerom mellom de enkelte partiklene. Porøsiteten angir hvor mye vann massen kan inneholde og angis i prosent av total volum. Leire har større porøsitet enn sand og grus. Når vi skal ta vann fra løsavleiringer, er det ikke nok at det har stor porøsitet. Vannet må også kunne strømme gjennom massen. Gjennomstrømning eller permeabilitet angir hvor hurtig vannet kan strømme gjennom avsetninger. — Leire har liten permeabilitet. Vannet er sterkt bunnet til overflaten av de små leir-

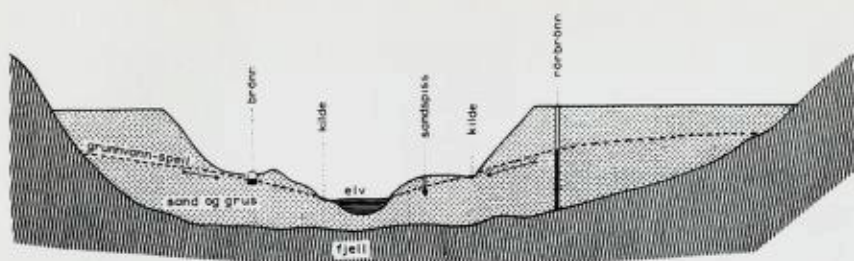


Fig. 1. Snitt gjennom dal med sand og grus. Grunnvannspeilet og forskjellige vannforsyningsmåter (brønntyper) er antydnet på skissen.

The ground-water-table and different well types in valley with gravel and sand.

partiklene. Dette gjør at leira nærmest er vanntett og ikke gir fra seg vann. Permeabiliteten øker med kornstørrelsen, d.v.s. at den er stor i grus og grov i sand.

Foruten kornstørrelse er formen til kornene og sorteringsgraden avgjørende for de hydrologiske egenskaper. Permeabiliteten er størst i godt sortert materiale. Det er ikke nok at en har en stor grusfraksjon hvis det samtidig finnes finmateriale som fyller mellomrommene mellom de store kornene og nedsetter permeabiliteten. Dette er tydelig i to forskjellige isavsetningstyper, bunnmorene og ablasjonsmorene. Bunnmorene, særlig hvis den er leirholdig, er nesten vanntett. Over bunnmorenen er det mange steder en avsmeltningsmorene eller ablasjonsmorene. Denne morenetype er vannbehandlet og delvis sortert av smeltevann, slik at finfraksjonen er vasket bort. På grensen mellom de to morenetypene finner en ofte grunnvannstrømmer som er opphav til kilder.

I norske bergarter har en ikke noe sammenhengende grunnvannspeil. De enkelte sprekkesystem har sitt eget grunnvannspeil atskilt fra andre ved tette mellomliggende fjellblokker. I løsavleiringer av tilstrekkelig tykkelse er det et sammenhengende grunnvannspeil som stort sett følger terrengoverflaten. Grunnvannet strømmer fra høyere til lavere nivå og fornyes ved nedtrengning eller infiltrasjon av overflatevann. Hvis infiltrasjonen avtar p. g. a. tørke eller frost, får vi en senkning av grunnvannspeilet. Grovt materiale vil betinge flatere grunnvannspeil enn fint materiale.

Her i landet har vi vannførende sand- og grusformasjoner i mange dalfører. På fig. 1 er vist et snitt gjennom et slikt dalføre. De forskjellige vannforsyningsmåter (brønntyper) som kommer til anvendelse er

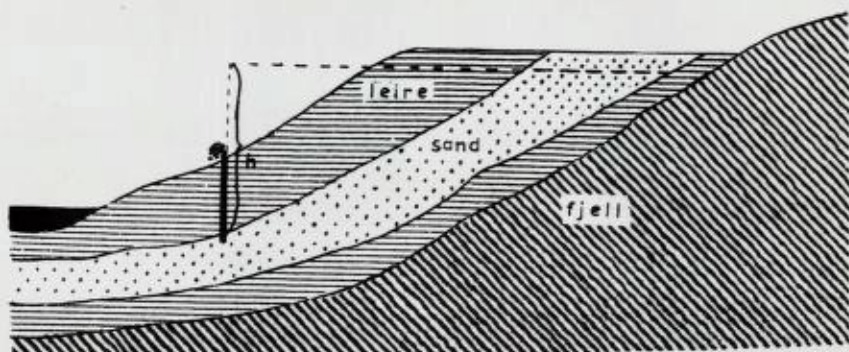


Fig. 2. Artesisk brønn som får vann fra vannførende sandformasjon mellom demmende leiravsetninger.

Artesian well drawing on confined ground water from sand formation between clay layers.

antydnet på skissen. Vannføringen er avhengig av lagenes tykkelse og utstrekning, porøsitet, permeabilitet og grunnvannspeilet. Det som er sagt ovenfor gjelder for fritt grunnvann i homogene avsetninger. Oftest er det en veksling av fint og grovt materiale. Vannet beveger seg hurtigst i de permeable lagene og etter lagflatene. Der vannførende formasjoner opptrer mellom impermeable lag får en innestengt grunnvann. Under slike forhold står vannet ofte under trykk.

Hvis en borer eller graver gjennom det overliggende, demmende lag, vil vannet stige opp i brønnen, enkelte steder over terrengoverflaten. En slik brønn kalles artesiske. Trykket og stighøyden er avhengig av nivåforskjellen (h) mellom grunnvannstanden i den vannførende formasjon og punktet for gjennom boring (fig. 2).



Kilder.

Kilder opptrer der terrengoverflaten skjærer grunnvannspeilet og under dette. Utnyttelse av kilder byr sjelden på problemer. For å nytte kilden best mulig bør en kjenne og forstå vannforekomsten. I mange tilfelle lønner det seg å grave innfangningsgrøfter, hvis vannet siger ut i en kildehorisont. Vannføringen i kilder er ofte avhengig av grunnvannstanden, og kan avta eller opphøre ved senkning av denne.

Fig. 3. Abbesinerbrønn eller «Sandspiss».

«Abbesiner-wells» are common in some Norwegian valleys.

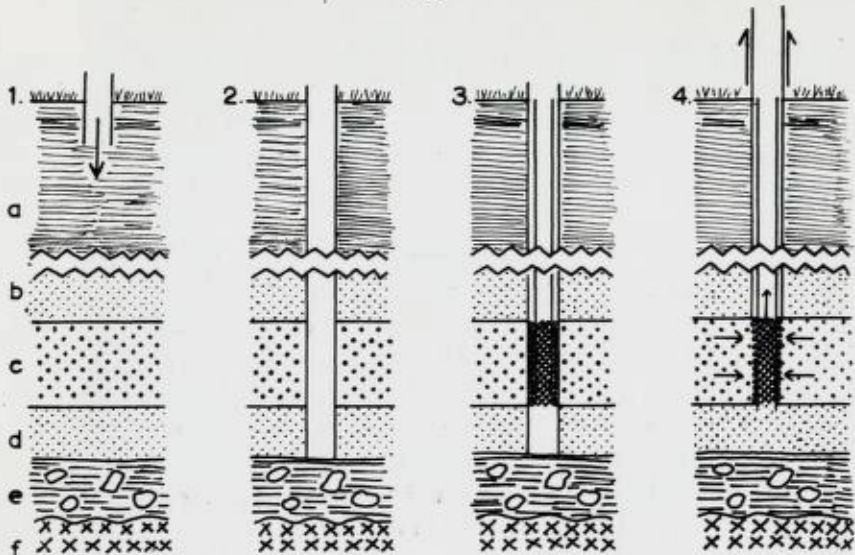


Fig. 4. Skjematisk tegning som viser utførelse av rørbrønn som får vann fra gruslag (c) mellom sandlag (b og d). ((a) leire, (e) morene og (f) fjell.)

Accomplishment of well, with screen, in gravel.

Vanlige brønner.

Der vannspeilet i vannførende formasjoner står nær dagen kan en grave vanlig brønn. Nå nyttes nesten bare ferdigstøpte brønnringer. Massen graves ut inne i ringene og nye ringer settes på oventil etter hvert som en graver seg ned. Brønnen avsluttes med toppkjegle med lokk. En bør ikke glemme å sørge for lufttilgang til brønnen, ved lufterør e. l. En tett brønn gir dårlig vann. Dimensjonene av brønningene bestemmes etter vannforbruk og lagenes vannføring. Er vannføringen i lagene stor nok til å dekke behovet, trenges ikke store ringer. I fin masse der tilrenningen er liten, er det nødvendig med større ringer som tjener til magasin. I brønner av denne type strømmer vannet inn i bunnen. Vannføringen er avhengig av innstrømningsarealet.

Sandspisser

er en enkel vannforsyningsmåte som kommer til anvendelse der det er høy grunnvannstand og permeable lag. Sandspissen drives eller spyles ned. Over selve spissen er det et perforert rør. Dette er omgitt av en finmasket metallduk som igjen er omsluttet av en ytre beskyttende perforert messingplate. Vannet strømmer gjennom «filteret» og pumpes opp gjennom stigerør (pumperør) (fig. 3).

Denne brønntype har begrenset anvendelse. P.g.a. dimensjonen kan en ikke ta vann fra stort dyp. «Filteret» som nyttes er sjelden tilpasset til kornstørrelsen. I finsand stoppes filteret lett til. Derfor lønner det seg å ha reservespiss enten satt ned eller på lager.

Rørbrønner

bygges etter samme prinsipp som sandspissene. Vannet strømmer inn i brønnen gjennom et filter. Utførelsen av en slik brønn er vist skjematisk på fig. 4.

Et stålrør 4" eller større, drives ned gjennom lagene. Etter hvert tar en ut prøver av den gjennomborete massen. Røret drives ned i vannførende formasjon eller til vanntett underlag.

Sorteringsgrad og kornstørrelse blir bestemt ved sikting av massen og opptegning av kornfordelingskurve. Resultatet av disse analyser er avgjørende for videre utføring av brønnen. På fig. 4 bestemmer en seg for å ta vann fra vannførende lag c. Her blir det satt ned et filter inne i jorddrivingsrøret i høyde med det vannførende laget. Så trekkes foringsrøret opp igjen til toppen av filteret, slik at sand og grus ligger an mot filterveggen og vannet strømmer gjennom filteret inn i røret. Det vil føre for langt å komme inn på de mange filtertyper som blir brukt. Det anvendes forskjellig filtermateriale, f. eks. messing, porselen, tre, plastikk. Åpningen i filterene har forskjellig utforming.

Før satte de ned filter som holdt tilbake all masse. Nå er en kommet fram til at filter som har åpninger som kan slippe gjennom ca. $\frac{2}{3}$ av kornene, gir de største vannmengdene. Massen som til å begynne med går gjennom filteret pumpes ut. Etter hvert bygges det opp et naturlig filter rundt filterveggen, med avtagende kornstørrelse utover. De såkalte «gruskastingsfiltere» kommer særlig til anvendelse der det er finkornet og sortert sand. Etterat filteret er satt ned, slipper de «filtersand» ned mellom filteret og jorddrivingsrøret før det siste trekkes opp (fig. 4, 3). Enkelte steder kan det være nødvendig med flere konsentriske gruskastinger med avtagende kornstørrelse utover.

Kornstørrelsen av filtersanden skal være 4—5 ganger den minste kornstørrelsen en ønsker å holde tilbake. Brønnens kapasitet øker med filteroverflaten som er bestemt av diameter og høyde av filteret. Der det er en veksling av lag med forskjellig kornstørrelse kan en sette ned flere filterseksjoner. Ved prøvepumping må en til å begynne med

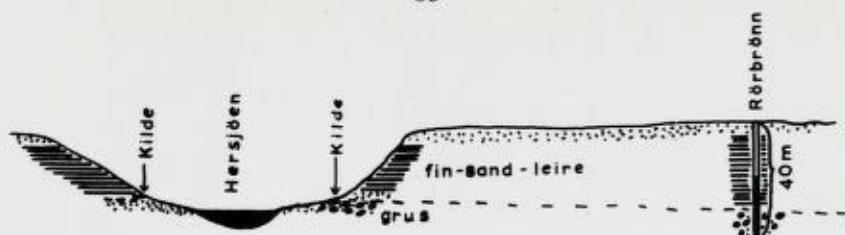


Fig. 5. Snitt gjennom rørbrønn ved Mogrenda øst for Hersjøen, Romerike.

Section through well at Mogrenda, Romerike.

pumpe forsiktig, ved tiltrekking av filteret, for ikke å forstyrre lagene utenfor.

Ved pumping vil en få en traktformet senking av grunnvannspeilet. Grunnvannsenking og form av senkingstrakt gir opplysninger om brønnens kapasitet. Vannføringen angis i liter/time pr. m. senking. Ved hjelp av peilebrønner, rør som drives ned i det vannførende lag ved siden av brønnen, kan en bestemme formen av senkingstrakten og det området som influeres av pumping.

Rørbrønner i Norge.

Til i dag er det utført bare ca. 15 rørbrønner i Norge. Både vannkvalitet og vannmengde i disse har vært svært tilfredsstillende.

Det er hovedsakelig i de større, flate dalfører at denne form for «brønnboring» er aktuell. De beste muligheter har vi i områder som var dekket av hav under og etter siste istid, og som ble tilført sand og grusmasser.

Over den marine grense (høyeste havstand), kan en ta ut vann i rørbrønn i smeltevannavsetninger, f. eks. i Østerdalen. Delta-avsetninger inneholder ofte tykke vannførende lag som betinger stor vannføring. Syd for de store Sør-Øst-norske innsjøene, Randsfjorden, Mjøsa m. fl., er det sand- og grusavsetninger. I Numedal og på Egge-moen ved Hønefoss er det utført rørbrønner som gir 20—30000 l/time. I Romeriks-slettene er det en veksling av rullestein, grus, sand og leire. Enkelte steder er forholdene svært gunstige m.h.t. boring etter grunnvann.

En rørbrønn er bygget ved Mogrenda ved Hersjøen nord for Jessheim (fig. 5). Det naturlige snittet i løsavleiringene i skråningen ned mot Hersjøen ga på forhånd viktige opplysninger om mulighetene. Over vannstanden i sjøen er det en kraftig kildehorisont der vannet

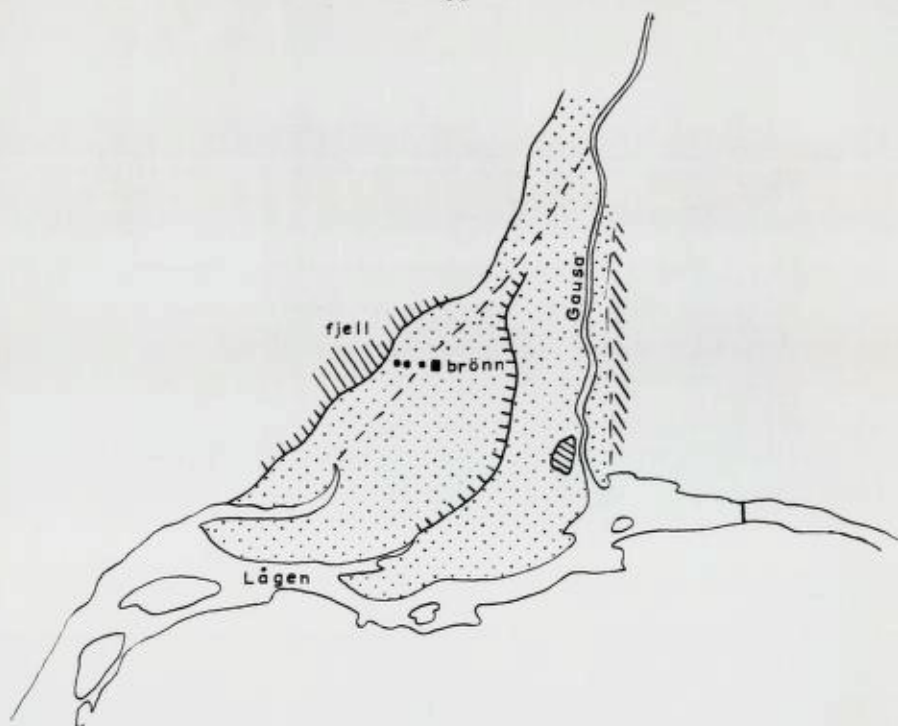


Fig. 6. Rørbrønn drevet ned i gruslag i gammelt, begravet elveløp i Gausa's nedre delta ved Jørstadmoen, Fåberg.

Map showing well in abandoned stream channel in alluvial cone, at Lillehammer, Mjøsa.

strømmer ut fra et gruslag som ligger under lag med leire, kvabb og finsand. Det vannførende laget ble truffet på 40 m dybde og vannet steg til ca. 20 m fra dagoverflaten. Vannføringen ble beregnet til ca. 20000 l/t. Vannkvaliteten er god. De impermeable lagene hindrer forurensning og tilsig av ufiltrert overflatevann til den vannførende formasjonen.

Før en går til utbygging av brønn i delta-avsetninger er det viktig at en prøver å skaffe rede på oppbyggingen av deltaet. Gamle, forlatte og begravete elveløp i deltaflaten inneholder ofte rullestein og grus. Et eksempel har en ved Gausas delta-avsetning ved utløpet i Lågen ved Jørstadmoen. Her er det et indre delta som danner flaten ved moen. P.g.a. terrengforholdene var det grunn til å anta at det var et gammelt elveløp (prikket på fig. 6). Dette løpet ble lokalisert ved prøveboring med Hejarbor i profil over flaten. Ved prøvepumpingen ble det tatt ut 7000 l/t uten senking av grunnvannet.

Summary

Wells in gravel and sand.

Every year about 600 drilled wells are carried out in Norway. The wells are with a few exceptions rock-wells.

The ground water in the Quaternary porous and permeable deposits is not effectively utilized. Till now only 15 wells are drilled in these deposits. The results obtained are promising both as to quality and quantity of the water. The gravel and sand deposits in valleys covered by sea after the last Ice age (Skjeseth, 1957, fig. 7) and the glacialfluvial deposits above this sea level, give favourable conditions for well-construction.

Fig. 5 shows the geology at a drilled well in alluvial deposits at Romerike, south of lake Mjøsa. A well (brønn) in an alluvial cone at Lillehammer (fig. 6) is placed in an abandoned stream channel.

Litteratur

- Skjeseth, S.*, 1957. Kvaliteten av grunnvann. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 5. N.G.U. nr. 200, s. 55—67.

Norske kilder

Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 7

AV

STEINAR SKJESETH

Med 4 tekstfigurer

Kilde, olle, ile, oppkomme er vanlige navn på naturlige vannforekomster der vannet renner ut fra jord eller fjell.

Mange gardar og steder har fått sitt navn fra kildene som er godt kjent i distriktene der de forekommer. I tørre perioder eller når vannet er frosset bort i gardsbrønnene, valfarter folk til kildene for å hente vann til seg selv og buskapen. Gode kilder gir vann hele året tilsynelatende upåvirket av ytre faktorer. Dette har gjort kildene til vanlige samtaleemner i bygdene. Hvor kommer vannet fra? Dette spørsmålet har satt fantasien i sving, og gitt grunnlag for mystiske teorier som ikke tar hensyn til geologiske formasjoner og strukturer.

Kildene er oftest enkle å forstå. De viser den nøye sammenheng mellom grunnvannets forekomstmåte og geologien. Studiet av kildene gir en bedre forståelse av grunnvannet. Ved Norges geologiske undersøkelses vannboringsarkiv har en de siste årene, i forbindelse med den hydrogeologiske kartlegging og konsulentvirksomhet, samlet opplysning om grunnvannskilder. Den begrensede arbeidshjelp har ikke gitt anledning til vannmålinger og andre observasjoner som er av stor betydning for dette arbeid.

Nedenfor er viktige typer av kilder beskrevet. For en slik beskrivelse er det ønskelig å foreta en viss klassifisering. Det er vanskelig å gi eksakt klassifisering p.g.a. de mange faktorer som er medvirkende for kildene. En kan legge vannføring, mineralinnhold i vannet (f. eks. saltkilder, radioaktive kilder), vanntemperatur o. l. til grunn for klassi-

fiseringen. En klassifisering som bygger på de geologiske forhold gir den beste forståelse av kilden. Den klassifisering som følger nedenfor bygger i hovedtrekkene på den som er gitt av Tolman i hans bok om grunnvann. (Tolman, C. F., 1937.)

De viktigste faktorer som spiller inn er: nedbørsforhold, temperatur, hydrologisk karakter (særlig permeabiliteten) av materialet nær dagoverflaten, topografien, hydrologisk karakter av vannførende formasjon og geologisk struktur.

Kildene får enten vann fra fritt grunnvann som beveger seg under kontroll av grunnvannspeilets helning, eller fra innestengt grunnvann som kommer opp under hydraulisk trykk. Den første type er iflg. K. Keilback (1935) kalt *Absteigende Quellen* (eng. *Descending springs*), den andre type *Aufsteigende Quellen* (eng. *Ascending springs*).

Her i landet er det naturlig å inndele kildene i to hovedgrupper: A. kilder fra løsavleiringer. B. kilder fra fast fjell. Vannførende løsavleiringer er porøse og permeable. Grunnvannet finnes og beveger seg i porene mellom partiklene. Norske bergarter er lite porøse. Vannet opptrer i sprekker og kanaler.

A. Kilder fra løsavleiringer.

Vannføringen er avhengig av materialets porøsitet og permeabilitet. Disse kildene kan igjen deles i tre grupper.

1. Kilder som kommer fra relativt tynne permeable lag som ligger over impermeable lag. Da vannet oftest kommer fram på grensen mellom lagene, kalles kildene også «kontaktkilder».

Vanlige vannførende lag (overliggende) er alluviale avsetninger (sand, grus) ablasjonsmorene, ur, skredmateriale og forvitret fjell. Impermeabel «undergrunn» er leire, leirholdig bunnmorene og fjell.

Størrelsen av kildene avhenger av utstrekning, tykkelse og hydrologisk karakter av vannførende formasjon. Videre er helning og overflateform av den demmende formasjon avgjørende. Den siste er ofte bestemmende for kildenes beliggenhet. Innsnevring av tverrsnittet i vannførende lag eller overgang fra grovkornet til finkornet masse, kan føre til at vannet blir tvunget opp til overflaten p.g.a. reduksjon av gjennomstrømningskapasitet.

Under den marine grense (M.G.), d.v.s. områder som var dekket med hav etter den siste istid, finnes det mange steder sand

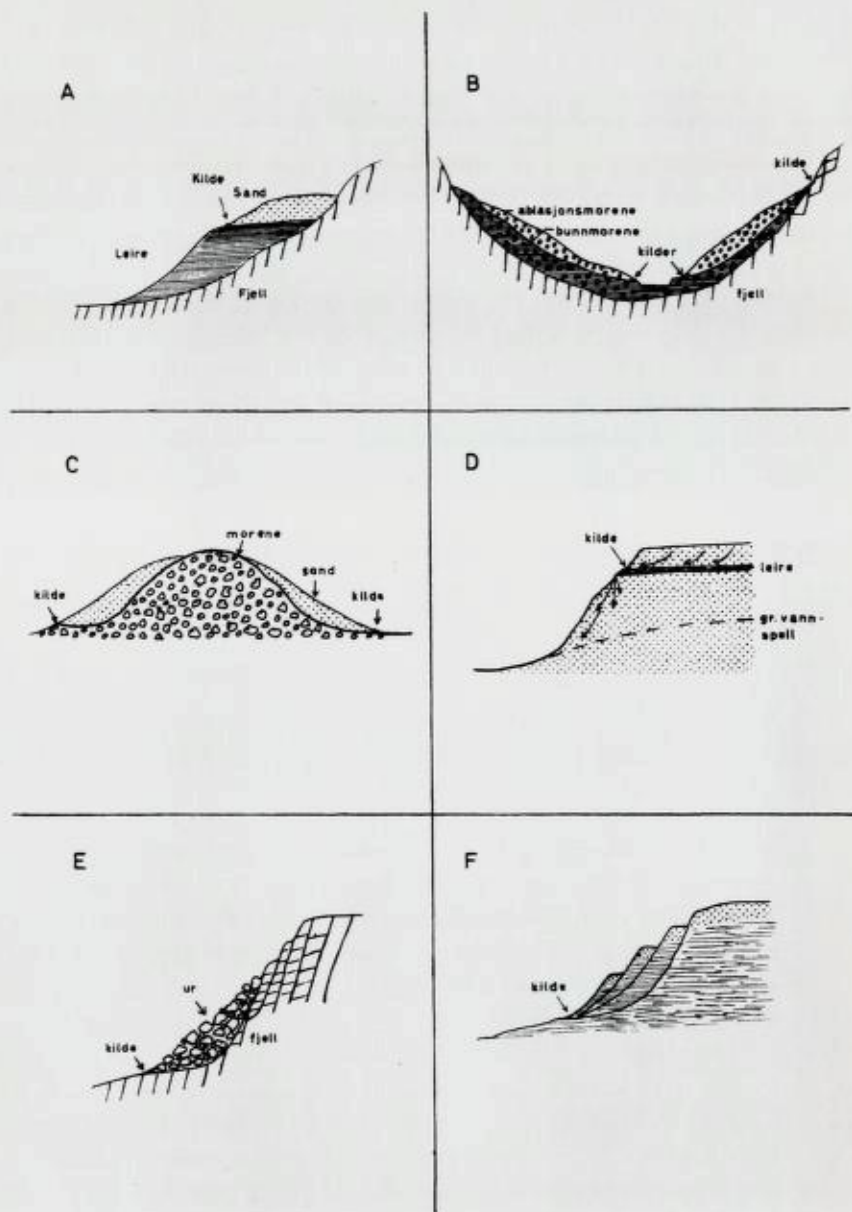


Fig. 1 A. Kilde på grense mellom vannførende sandlag og leire.
Spring from pervious sand above clay.

Fig. 1 B. Kilder fra ablasjonsmorene over bunmorene.
Springs from top moraine above ground moraine.

og gruslag over (sedimentær) leire. Elver og bekker har senere skåret seg ned gjennom øvre formasjoner ned i leire. På denne måten får vi kilder nær grensen (fig. 1 A). Samme type kilder finner vi i forbindelse med laterale glacifluviale avsetninger og ablasjonsmorenene i våre dalfører. Disse avsetningene er som regel vannbehandlet og permeable og ligger på en usortert, lite permeabel bunnmorene. Kilder av denne type suppleres ofte med vann fra fjell (fig. 1 B). I forbindelse med moreneryggene som ble lagt opp under siste istid er det en rekke kilder. Innenfor og utenfor moreneryggene er det ofte sortert sand og grus (fig. 1 C). Vannet følger sandlagene langs moreneryggen og munner ut i kilder i erosjonshakk i moreneryggene.

Slike kilder finnes langs Raet, moreneryggen som strekker seg fra Sarpsborg—Moss, langs den sørlandske hovedveg og ut i havet ved Jomfruland. Ås—Ski-morenen med overliggende sand-grus betinger flere kilder, bl. a. der jernbanen skjærer gjennom morenen nord for Ås st.

Ved Mære i Trøndelag er det relativt store kilder utenfor den store moreneryggen Mære—Sparbu ovenfor bebyggelsen. Mære Landbruksskole, Mære stasjonsområde m. fl., samt Sparbu får vann fra slike kilder. Vannet kommer her fra erosjonshakk på tvers av moreneryggen. Mange steder i landet finner vi spor etter gamle elveløp som ikke fører vann i dag. Noen av disse elveløpene er fylte med sand og grus og samler store mengder grunnvann. En stor kilde finnes ved Heimdal i Sør-Trøndelag, der vannet strømmer ut fra en sandavsetning i en forsenkning (dal) i leirbankene. De nevnte vannløp skyldes oftest smeltevann fra den tida da isen i Norge smeltet bort etter den siste istida.

Kilder som kommer ut fra underkant av ur-dannelser, fører

Fig. 1 C. Kilder fra sandlag på sidene av morenerygg.

Springs from sand (outwash) on the sides of terminal moraine.

Fig. 1 D. Kilde betinget av demmende leirlag i sandavsetning. «Hengende» grunnvann over grunnvannspeilet.

Perched spring above impervious clay.

Fig. 1 E. Kilde ved foten av ur suppleres oftest med grunnvann fra fjell.

Talus spring supplied by water from the rock.

Fig. 1 F. Kilde betinget av jordskred.

Spring in connection with land slide.

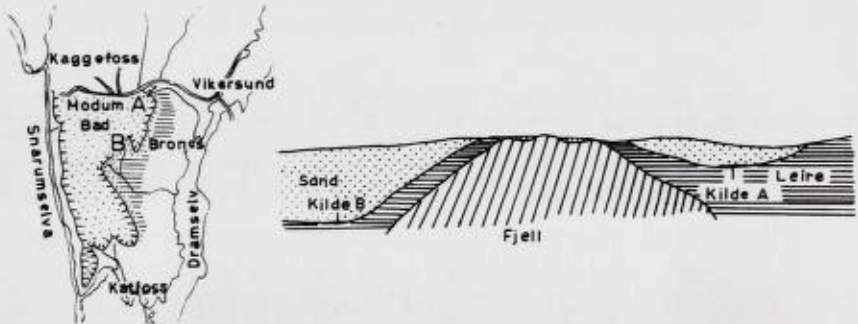


Fig. 2. Kartskisse og vertikalsnitt (til høyre) som forklarer beliggenhet og vannføring i kildene A og B fra sandlag over leire ved Modum bad, Vikersund.

Sketch map and section (to the right) explaining situation and capacity of the springs A and B from sand, filling erosional-topography in clay at Modum, Vikersund.

gjern vann som skriver seg fra fjell. Vann fra fjellet forsvinner i ura og kommer først fram ved foten av denne (fig. 1 E).

Mindre kilder opptrer i underkant av leirskred (eks. området Eidsvoll—Dal) (fig. 1 F). I områder der en har dypforvitring av fjellet dannes kilder på grensen mot uforvitret fjell. Kildenes beliggenhet er oftest ved sprekkesystem der forvitringen når dypest.

Gode eksempler på kilder av denne gruppe har en ved sandmorene på høyden mellom Vikersund og Modum bad. Området ligger under den marine grense, slik at havet gikk inn her som en fjord etter siste istid. Dalene ble da fylt med leire opp til et plan i høyde med sandavsetningene. Snarumselva har senere gravet furer på tvers av leirflaten. Furene og ujamnhetene ble i neste fase fylt med grus og sand som bredte seg ut fra Snarumselva. Snarumselva har senere funnet nytt leie etter en sprekkesone i fjellet. Drammenselva har skåret seg dypt ned i løsavleiringene, som nå ligger igjen som en hylle på vestsiden av hoved-dalen.

For bedømmelse og forståelse av kildene her er det viktig å forsøke å sette seg inn i løsavleiringenes geologiske historie. Beliggenheten av kildene er bestemt av overflaten av den vann-tette undergrunnen. Vannføringen er tydelig avhengig av tykkelse, utstrekning og sammengheng i sand og gruslagene.

Flere kilder ved A, (de «rike kilder») kommer fra sandlag som fyller en relativt liten forsenkning i leira. Kildene får vann

bare fra dette nedslagsfeltet og har derfor svært begrenset kapasitet.

Kilde B får vann som kommer fram fra sandlag i en dyp erosjonsfure som drenerer mye av sandslettene. Ved boringer er det konstatert en steil demmende leire- og fjellvegg mellom disse kildene. Lengre mot syd har sandlagene større mektighet og vannføringen fra en kilde der er langt større.

2. *Kilder fra tykke permeable formasjoner.*

Den vannførende formasjon er så tykk at undergrunnen ikke influerer på grunnvannets bevegelse. Kildene opptrer ved eller under skjæringslinje mellom terrengoverflaten og grunnvannspeilet. Disse kildene er derfor ofte kalt grunnvannspeilkilder. Størrelsen av kildene er avhengig av permeabilitet og utstrekning av løsavleiringene. Kildene finnes vanlig ved forsenkninger, elver, bekker, dødisgroper m. m. som når ned under grunnvannspeilet.

I Norge finnes slike kilder helst i dalfører under den marine grense, der det flere steder er store sandavsetninger.

I de fleste tilfelle har dalføret vært fylt med sand og grus. Elvene har gravet seg ned under grunnvannspeilet, slik at de får tilført grunnvann fra sidene. Fig. 3 A viser snitt gjennom et slikt dalføre. I tillegg til infiltrasjon fra nedbør tilføres grunnvannet vann fra bekker som kommer ned på sandslettene fra dalsidene. Over grunnvannspeilet vil det hele veien skje en infiltrasjon fra bunnen av bekken. Der en har raviner i sandterrasser, vil grunnvannet komme fram.

Et eksempel fra Kløftefoss viser dette. Stasjonsområdet der ligger på en flat grusterrasse. Her og litt søndenfor er det dype raviner som munner ut i dalen vestenfor. Der ravinene skjærer grunnvannspeilet, strømmer grunnvannet fram. Vannføringen tiltar ned gjennom ravinen (fig. 3 B).

En egen type kilder finnes nær overgang fra en kornstørrelse til en mindre. Slike forhold har vi i delta-avsetninger, israndterrasser og lateral-avsetninger. Vannet kommer fram der terrengflaten og grunnvannspeilet har samme helning. Dette punkt faller oftest sammen med overgang til finere masse, da den fine massen trenger større helning på grunnvannspeilet for å transportere vannet.

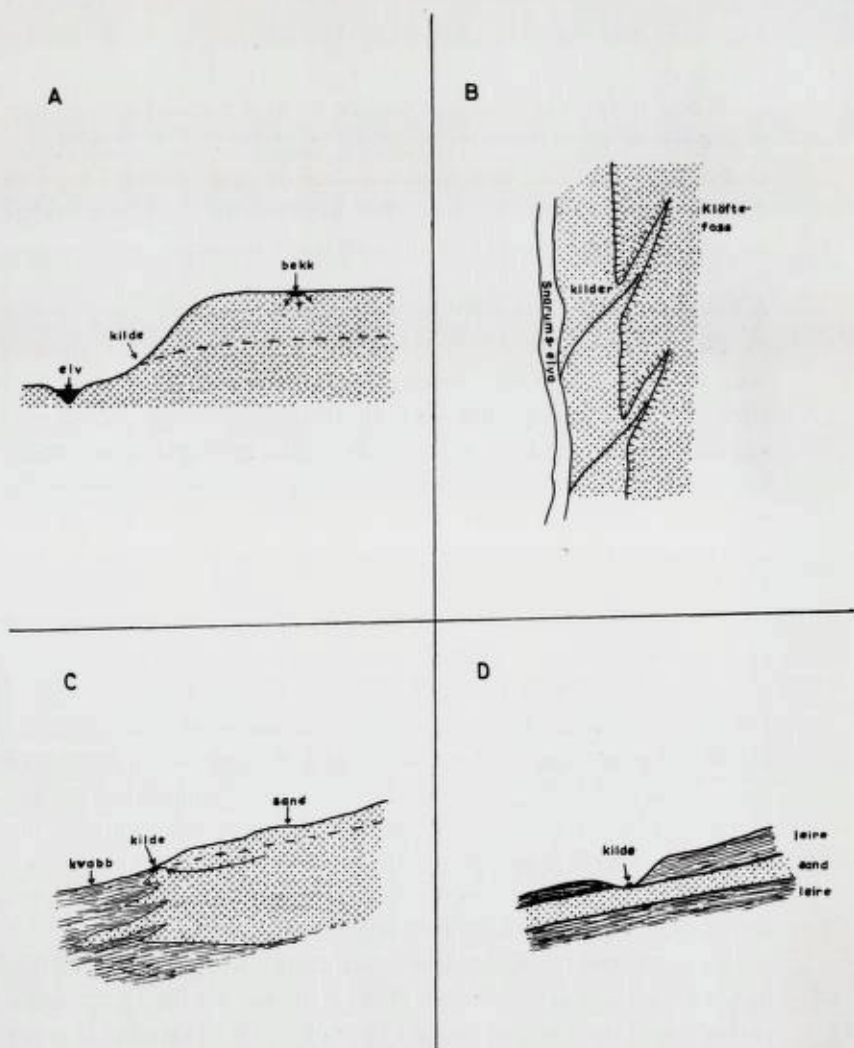


Fig. 3 A. I mektige sand- og grusavsetninger har en kilder der terrengoverflaten skjærer grunnvannspeilet og lavere.

Water-table springs from alluvial gravel-sand deposits.

Fig. 3 B. Kartskisse som viser kildeutspring i raviner ved Kløttestosse.
Sketch map showing springs in ravines, eroded in sand-deposits at Kløttestosse.

Fig. 3 C. Kilde betinget av overgang fra sand til kvabb i deltaavsetning.
Alluvial cone spring.

Fig. 3 D. Artesisk kilde fra sandlag mellom demmende leirlag.
Artesian spring.

3. *Veksling av permeable og impermeable lag.*

Vannet følger grense mellom vannførende og impermeable lag. Kildene kunne derfor kalles kontakt-kilder. Størrelse av kildene er avhengig av tykkelse, utstrekning og karakter av permeable lag. Demmende lag er leire og finsand (kvabb).

Vannet står av og til under trykk. Der vi har naturlige hull ned til vannførende lag, vil en kunne få artesiske kilder (fig. 3 D).

B. *Kilder fra fjell.*

Vannet i norske bergarter finnes nesten bare i sprekker. Vannføringen i kildene avhenger av størrelse, forbindelse og utstrekning av de vannførende sprekke, som forgrener seg som dreneringsystem i fjellet. Topografiske forhold og karakter av løsavleiringene som dekker fjellet er i første rekke bestemmende for kildenes beliggenhet.

Oppsprekningsgrad og karakter av sprekke er avhengig av de geologiske prosesser bergartene har gått gjennom. Sprekkene er oftest oppstått ved jordskorpebevegelser (foldning, overskyvning og forkastninger). Enkelte bergarter er bløte og har ikke evne til å holde sprekke åpne. De er nærmest impermeable.

Vi finner de samme grupper og typer av «fjell-kilder» som de som er beskrevet ovenfor fra løsavleiringene. Kildene opptrer oftest på grensen mellom oppsprukket fjell og underliggende uoppsprukket formasjon (kontaktkilder). Vannet som siver ned i fjellet fra dagoverflaten samles etter hvert i større «kanaler» og følger demmende formasjon fram i dagen.

Kilder fra de permiske lavabergartene (porfyr og basalt) i Oslofeltet er gode eksempler (fig. 4 A). En flattliggende rød skifer serie under lavabergartene demmer opp vannet som kommer fra lavabergartene. Ved denne kontakten er det en rekke store kilder som har vært nyttet til vannforsyning. På østsiden av Kolsås i Bærum ligger en slik kilde som har forsynt gardene nedenfor med «trykkvann». Ved Holmestrand og opp Lierdalen er det liknende vannkilder.

De nevnte bergartene er kjent som de beste m.h.t. vannføring. Dette henger sammen med en sterk oppsprekking og porøsitet i enkelte lag. Noen steder finnes demmende lag høyere oppe i lavaserien, men den undre grense er sterkest vannførende. En boring

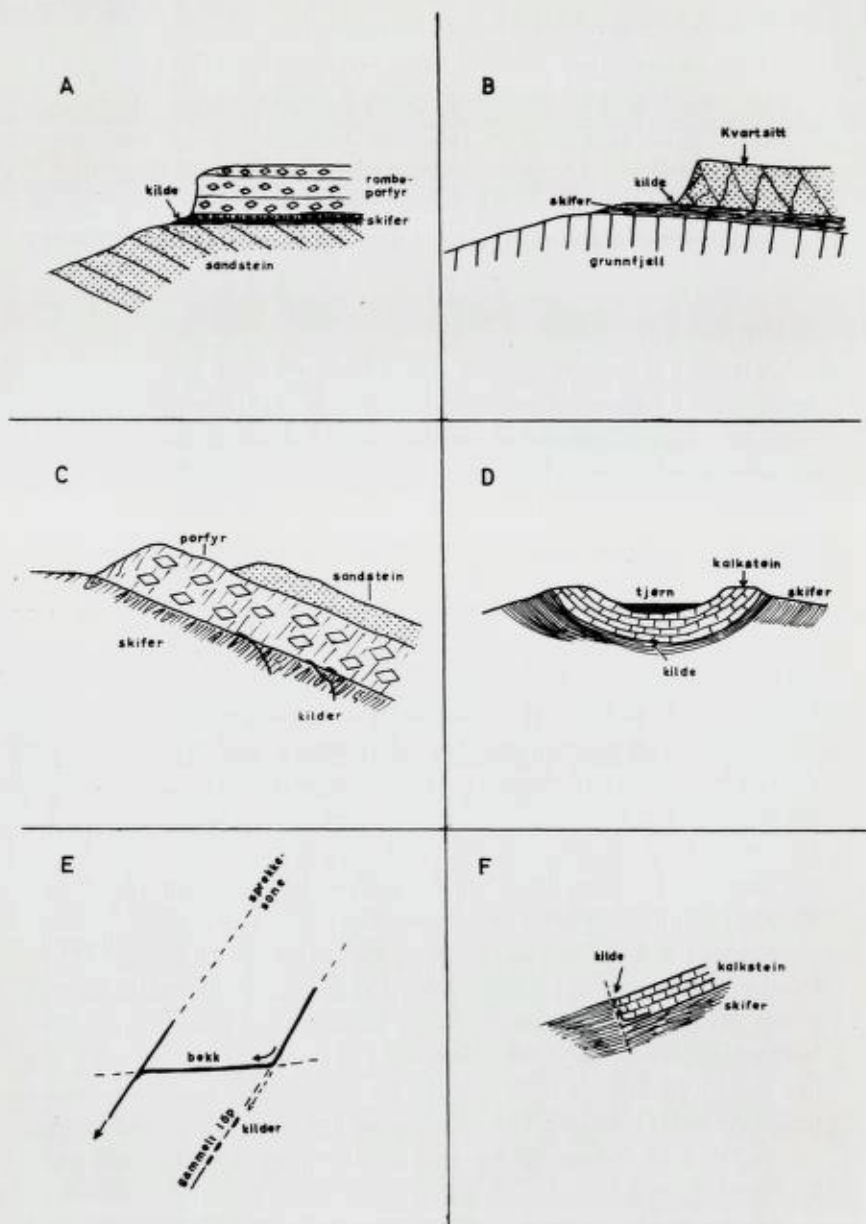


Fig. 4. A. Kilde på grense mellom oppsprukne, permeable, lavabergarter (rombeporfy) og underliggende demmende skiferlag.

Spring from pervious and fractured Permian lavas above impervious shale. (Oslo Region.)

på en høyde i Bærum ga ubetydelig vann før de nådde ned til den røde skiferen på ca. 150 m dyp. Her fikk de 4 500 l/time.

En parallell til kildene fra lavabergartene finner vi langs syd-grensen for sparagmittbergartene i de sentrale deler av Syd-Norge, hvor den såkalte kvarts-sandsteinen er skjøvet mot syd-øst over grunnfjell. Mellom grunnfjellet og kvarts-sandsteinen ligger et lag med kambrisk skifer som demmer opp vannet som siver ned gjennom kvarts-sandsteinen. Vannet følger skiferen fram i dagen. Den sprø kvarts-sandsteinen er sterkt oppsprukket og vannførende p.g.a. overskyvningen (fig. 4 B).

I kambro-silur-lagrekken er det en vekslning av skifer, kalk og sandstein. De to siste er oftest vannførende, og kilder opptrer nær grensen mellom dem og skiferlag. I kalksteinen er sprekkene til dels utvidet til kanaler og hulrom, som kan føre underjordiske bekker og elver. (Skjeseth 1956.) Kildenes beliggenhet er oftest bestemt av formasjonenes lagstilling. Den gunstige struktur for dannelse av kilder er synklinalene. Vannet samles i bunnen av synklinalen og følger denne fram i dagen (fig. 4 D).

En annen type kilder kommer fra vertikale sprekker og forkastningssoner som oftest betinger forsenkninger i terrenget. Kildene finnes der sprekkesoner munner ut i dalføre.

Mange elver og bekker følger slike soner. Fig. 4 E viser beliggenhet av kilder i et gammelt bekkeløp. Bekken har gravet nytt leie etter en annen sprekkeretning. Sprekkene som betinget det

Fig. 4 B. Kilde fra oppsprukket kvartsitt over tett kambrisk skifer.

Spring from fractured Quartzite thrust above soft Cambrian shale. Randsfjord.

Fig. 4 C. Kilder på grense mellom skrått-stillet rombeporfyr og silurisk skifer. Tømmerli, Brumunddal.

Springs at the contact between tilted rhombporphyries and Silurian shales in Brumunddal.

Fig. 4 D. Kilde betinget av synklinal i kalkstein. Vannet følger grense mellom kalk og skifer. V. Toten.

Synclinal spring from Ordovician limestone above shale. W. Toten, Mjøsa District.

Fig. 4 E. Kartskisse som viser beliggenhet av kilder i gammelt, forlatt elveløp betinget av sprekkesoner i fjell.

Sketch map showing situation of springs in old, abandoned stream channel, determined by fractures in rock.

Fig. 4 F. Snitt som viser kilde betinget av forkastning i skiferkalkformasjoner. Vannet fra kalksteinen følger forkastningsplanet.

Section showing spring from limestone brought against shale by faulting.

gamle bekkeløpet fører fortsatt grunnvann. Kildene ligger vanlig ved de laveste punkt i fjell- eller dalsidene der de vannførende sprekkene munner ut. Innsnevring av sprekkesystem kan føre til at kildene munner ut høyere i terrenget.

Impermeable løsavleiringer som leire og bunnmorene kan hindre vannet fra å komme ut fra fjellet i lavt nivå. På slike steder ligger kilder i overkant av løsavleiringene (fig. 1 B). I Mjøstraktene og nedre Gudbrandsdal er fjellet mange steder dekket med leirholdig bunnmorene til et stykke opp i dalsiden der vannet strømmer ut. Nær fjellknauser som stikker gjennom bunnmorenen i lavere nivå er det gjerne kilder.

Utnyttelse av kildene.

Mange får sitt vann fra grunnvannkilder. Ennå ligger mange tilgjengelige kilder unyttet i landet. Dette henger sammen med at ledningsopplegg ofte faller dyrt. Dessuten tviler mange på om vannføringen i kildene er stor nok og årsikker. Før en går til utbygging av et slikt anlegg, bør en i tvils-tilfelle foreta målinger av vannføringen over et lengre tidsrom. For å få det riktigst mulige bilde bør vannføringen sammenstilles med nedbør- og temperaturmålinger. Kilder som påvirkes hurtig av nedbør er ofte lite å stole på. Hvis vannet i kilden fryser bort, kan en gå ut fra at grunnvannet kommer nær dagoverflaten ovenfor kilden og fryser. Dette kan føre til at kanalene stoppes igjen og at vannet finner andre veier. Grunnvann fra større dyp fryser sjelden og holder en nesten konstant temperatur gjennom hele året. Planteresamfundet nær vannforekomsten kan også gi verdifulle opplysninger. I alle fall bør en prøve å danne seg en mening om hvor vannet kommer fra, og bedømme kilden ut fra de geologiske forhold.

Studiet av grunnvannskildene kan være til god hjelp ved kartlegging av løse avleiringer og fjell. Ved måling av vannføring i kilder kan en ofte slutte seg til utstrekning, mektighet og karakter av sand og grusforekomster. Leirlag i forekomstene kan lokaliseres ut fra kildenes beliggenhet.

Kilder fra fjell gir verdifulle opplysninger om fjellets oppsprekningsgrad og forløp av sprekkesoner. Dette er viktig ved planlegging av rom i fjell og tunneler for jernbane- og kraftanlegg.

Summary

Norwegian springs.

Norwegian springs may be divided in two main groups:

- A. Springs from Quaternary deposits.
- B. Springs from rock.

Common types of springs from Quaternary deposits are shown in figs 1—3. In areas covered by sea, during and after the Quaternary ice age, gravel and sand deposits are the most important water bearing formations. Above this sea level, glacial deposits are aquifers. Springs from top moraine are often supplied by water from rock springs situated along the upper edge of the less permeable ground moraine. In many valleys this moraine is a regulating factor for the ground water in rock, and often causes a high water level in the rock fractures. Alluvial cone springs are common in connection with glacial deposits.

Norwegian rocks are with a few exceptions impervious and the ground water occurs in fractures. In fig. 4 types of rock springs are shown schematically.

Springs occur at the boundary between the permeable and fractured Permian lavas, mainly rhombporphyries, and underlying shales in the Oslo Region. Similar springs are common near the contact between thrust Eocambrian sandstones and underlying Cambrian shales in the central part of Southern Norway. In districts with Cambro-Silurian formations, the location of springs is clearly determined by the stratigraphy and the tectonics.

Springs occur often along abandoned stream channels following fractures and joints.

Litteratur

- Keilhack, K.*, 1935. Grundwasser und Quellenkunde. 3d. ed., Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1935.
- Skjeseth, S.*, 1956. Geologi og vannboring. Meddelelser fra vannboringsarkivet. N. G. U. nr. 195, 15—36.
- Tolman, C. F.*, 1937. Ground Water. Mc. Graw-Hill Book Company Inc. New York and London, 1937.

Uran i kambrisk alunskifer i Oslofeltet og tilgrensende områder

AV

STEINAR SKJESETH

Med 6 tekstfigurer

Undersøkelser av den kambriske alunskifer innledet den omfattende uranprospektering som Norges geologiske undersøkelse påbegynte sommeren 1954 i samarbeide med Institutt for Atomenergi (I.F.A.). Undersøkelsene var en fortsettelse og supplering av tidligere undersøkelser utført av Forsvarets Forskningsinstitutt i nær kontakt med N.G.U. De tidligere undersøkelsene var særlig konsentrert i den søndre del av Oslofeltet. Sommerens arbeid gikk ut på å se om de resultater en var kommet til ved de tidligere undersøkelsene m.h.t. uraninnhold og uranets fordeling i alunskifererien gjelder for hele Oslofeltet. Videre skulle en skaffe rede på alunskiferens geologi, utbredelse, mektighet og tilgjengelighet i de forskjellige områder av Oslofeltet.

Ved undersøkelsene sommeren 1954 deltok statsgeolog Skjeseth og statsgeolog Siggerud. Konservator G. Henningsmoen og professor Trygve Strand var med som medarbeidere i enkelte distrikter.

Tidligere undersøkelser.

De kambriske alunskifre var gjenstand for undersøkelser av Forsvarets Forskningsinstitutt i årene 1945—48. Disse undersøkelsene omfattet feltundersøkelse med diamantboringer og kjemiske analyser. En foreløpig meddelelse om disse undersøkelsene ble gitt av Ivan Th. Rosenqvist 1948 i Tidsskrift for kjemi, bergvesen og metallurgi (nr. 7, 116—119, 1948):

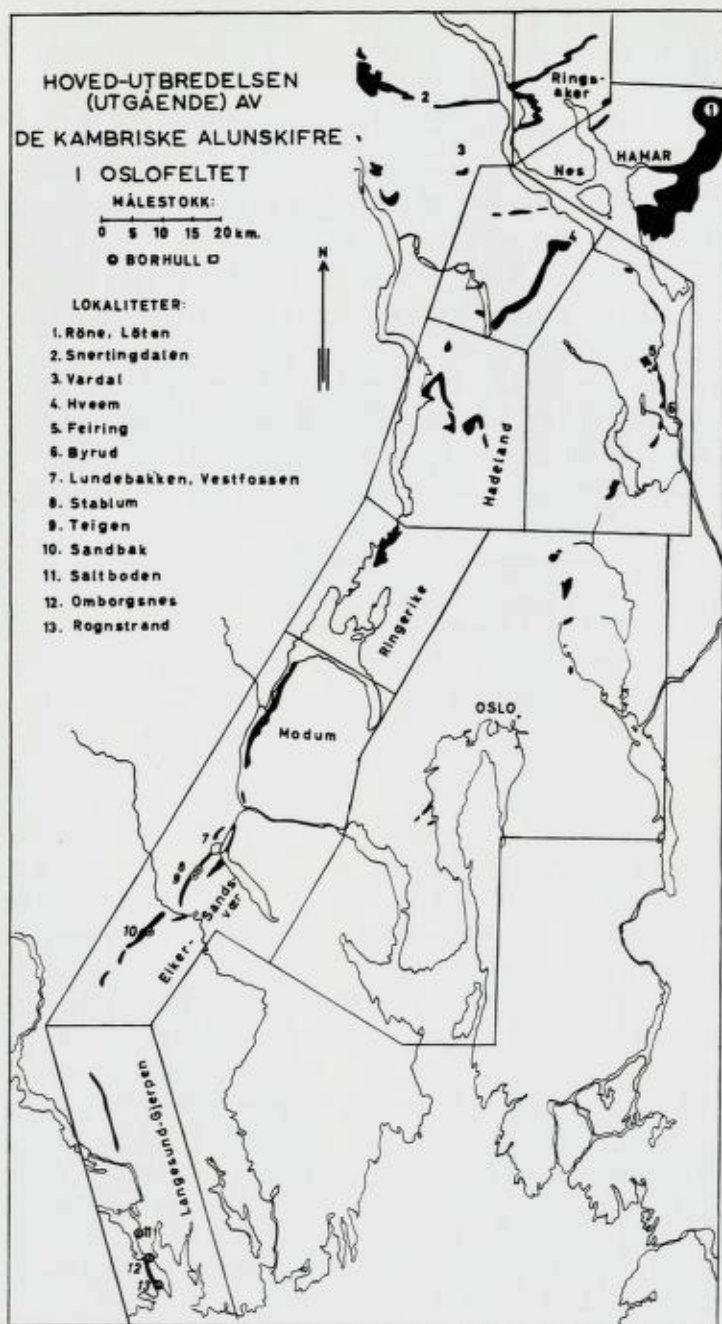


Fig. 1. Kambrisk alunskifer i Oslofeltet og tilgrensende områder.

The main distribution of the Cambrian Alum shales in the Oslo Region and adjacent districts.

«Forsvarets Forskningsinstitutt har foretatt 9 diamantboringer gjennom sedimentene i Oslofeltet og utført flere hundre analyser på sedimentene. Analysene viste at uraninnholdet i alunskifrene er sterkt varierende fra ca. 10 g/tonn til maksimalt 170 g/tonn.

Som resultat av disse undersøkelsene kan en si at uraninnholdet synes å bli høyest i etasjene 2 a b til etasje 3 b i Oslofeltet.

Imidlertid fant en at uraninnholdet også var sterkt vekslende innen dette intervall. En fant prøver med 150 g/tonn bare en halv meter over eller under prøver med 50 g/tonn. Videre viste prøver i så godt som samme horisont tilsvarende uraninnhold på forskjellige steder. I en borkjerne fantes utpreget maksima i etasjene 2c, 2b og aller øverst i 2c. I en annen borkjerne fantes maksima i midlere del av etasje 2d, og i en etasje maksimum i 2c.»

Borprofil og analyseresultat ble velvillig stilt til disposisjon for N.G.U. før sommerens undersøkelser.

Alunskiferens utbredelse og stratigrafi.

Alunskiferen er en formasjon i den kambro-siluriske lagrekken i Norge. Den finnes særlig utbredt i det såkalte Oslo-feltet, en landstripe som strekker seg fra Langesundfj.—Oslofjorden i syd til Mjøsa i nord (fig. 1).

I syd ligger alunskiferen relativt flatt, på sin primære plass i lagrekken, mens lagene i nord er foldet og skjøvet i løpet av den kaledonske fjellkjedefoldning. På de fleste stedene er de kambriske skifre dekket av overliggende ordoviciske og siluriske bergarter.

Fra Langesund til Modum er bare alunskiferens utgående mot grunnfjellet i vest tilgjengelig for feltundersøkelser. Lengre mot nord, på Hadeland og særlig Østre Toten og bygdene Stange, Romedal og Løten finnes alunskifer i dagen over store områder. Her er overliggende lag erodert (skavet bort) av isen inder istida. På Ringsaker og i Vardal — Snertingdal — Torpa er lagrekken sterkt forstyrret. Alunskifer finnes tektonisk anrikt enkelte steder.

Alunskiferens plass i den kambro-siluriske lagrekken er vist på fig. 2 (venstre). Detaljinndelingen er foretatt på grunnlag av fossiler som finnes i skiferen, særlig i kalklag og -linsler.

I nærheten av de permiske eruptivbergartene er alunskiferen omdannet til hornfels.

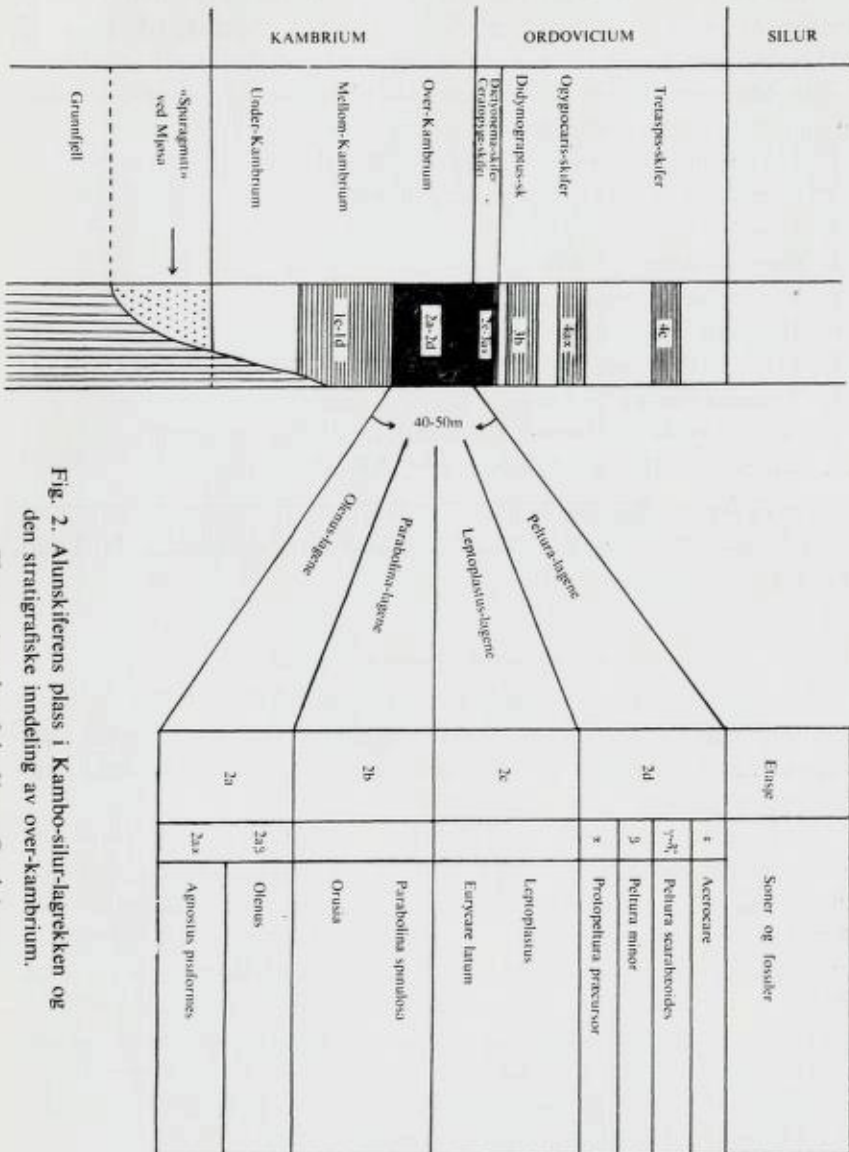


Fig. 2. Alunskiferens plass i Kambo-silur-lagrekken og den stratigrafiske inndeling av over-kambrium. *The stratigraphy of the Upper Cambrian.*

Inndeling av Oslofeltet.

Ved beskrivelsen følges stort sett den inndeling av Oslofeltet som er innført av prof. dr. L. Størmer (Norsk Geol. Tidsskrift, bd. 31, s. 53, 1953), og som ligger til grunn for de stratigrafiske samlinger i Geologisk Museum, Tøyen. Ellers henvises til rektangel- og gradteigskart innenfor de enkelte områdene (i parentes nedenfor):

1. Langesund — Gjerpen (Kragerø, Skien).
2. Sandsvær — Eiker (Kongsberg, Eiker).
3. Modum (Tyristrand).
4. Oslo — Asker (Oslo).
5. Ringerike (Jevnaker).
6. Hadeland (Gran).
7. Feiring (Eidsvoll, Hamar).
8. Toten (Gjøvik).
9. Nes — Hamar (Hamar, Elverum).
10. Ringsaker (Hamar, Lillehammer, Åmot).

Områder utenfor det egentlige Oslofeltet:

Vardal — Snertingdal — Dokka (Gjøvik, Lillehammer, N. Land, Aurdal, Etnedal, Synnfjell).

Undersøkelsene sommeren 1954.

N.G.U.'s Land-Rover med montert Geiger-Müller-teller ble brukt ved undersøkelsene. Denne teller registrerer radioaktiviteten mens bilen er i fart. Samtidig tegnes automatisk på grafisk papir med angivelse av radioaktivitetens intensitet.

Ved vurdering av utslagets størrelse (registrert radioaktivitet) må en til enhver tid ta hensyn til de lokale geologiske forhold, overdekking (tykkelse og karakter), avstand til fjell, «strålingsvinkel» (bestemt ved skjæring, enkelt eller dobbelt skjæring m. v.). Til detaljerte undersøkelser og ved prøvetaking ble det brukt håndapparat (Geiger Müller-tellere og Scintillasjons-tellere). De innledende undersøkelsene ble foretatt i området Sandsvær — Eiker, da dette området var forholdsvis godt kjent fra de tidligere undersøkelsene. En kunne her få erfaring med hensyn til anvendbarhet av den nyanskaffede apparatur ved å sammenlikne med tidligere resultat.

Senere ble den kambriske alunskifer krysset med bilen over alt der skiferen var tilgjengelig i Oslofeltet og tilgrensende områder, og prøver ble tatt for laboratorieundersøkelser.

Kjøreturen er tegnet inn på rektangel- og gradteigskart. Disse, dagbøker og registreringskurver for radioaktivitet oppbevares i N.G.U.'s uranarkiv.

De enkelte områdene.

1. Langesund — Gjerpen.

I dette området finnes utgående av alunskiferen i en smal stripe fra Rognstrand i syd til Gjerpen i nord. Lagene faller mot øst og er ikke forstyrret av foldebevegelser. I nord er skiferen kontaktomdannet av permiske dyperuptiver.

En rekke eruptive ganger (sills) av permisk alder ligger som lag i alunskiferen. Alunskiferen har liten mektighet. Deler av lagrekken mangler primært.

2. Sandsvær — Eiker.

Alunskiferen finnes her som en smal stripe fra Skrim i syd over Sandsvær — Krekling til Fiskumvann. Her deler alunskiferen seg i to striper. En søndre går over Sunnhøgda — Vestfossen og en nordre over Lundebakken fram til Hokksund. Denne gjentakelse av lagrekken er framkommet ved forkastninger. Det er alunskiferens utgående mot og over grunnfjellet som er blottet. Som regel ligger skiferen normalt på grunnfjellsoverflaten (subkambriske peneplan), men enkelte steder opptrer forkastninger langs grensen. Mot Ø og SØ faller alunskiferen under yngre lag. I samme retning er lagene begrenset av dyperuptiver.

Lagene ligger forholdsvis flatt. Mellomkambrium viser liten tegn til foldning og skyving, mens overkambrium har vært utsatt for sterke skyvebevegelser med utvikling av tallrike glidespeil og breksierte lag.

Det er tidligere utført flere boringer gjennom lagserien her. Boringene går fra Orthocerkalken (3c) ned til grunnfjellet. Plasingen av borehullene ved Sandbakk, Sandsvær og gårdene Teigen og Stablum ved Krekling er vist på plansje 1. Forholdene ligger her særlig godt til rette for undersøkelser med bil. Hovedvegen går nede på grunnfjellsflaten. De kambriske skifre danner fjellgrunnen i jordene ovenfor hovedvegen, mens bebyggelsen (gardene) ligger på Orthocerkalk (3c). Gardsvegene fra hovedvegen til de forskjellige gardene gir slik gode snitt gjennom skiferserien. Fig. 3 viser geologien og registreringskurve for radioaktiviteten fra hovedvegen tur-retur til gardene Teigen og Vegu ved Krekling. Tydelige maksima finnes i sonene 2c — 2d.

I tillegg til tidligere boringer har A/S Norsk Ytong utført 10 boringer gjennom alunskiferen innenfor et begrenset område ved Lundebacken, Vestfossen. Borkjernene ble velvilligst stilt til disposisjon for undersøkelsene.

Det ble foretatt orienterende målinger av total radioaktivitet direkte på kjernen med Scintillasjons-teller. Målingene viser tydelig maksimal radioaktivitet i sonene 2c — 2d. Mektigheten av disse sonene er 10—15 m. På fig. 6 er vist utsnitt av borkjerne med fordeling av skifer, kalklinser og kalklag.

3. *Modum.*

Her er forholdene svært like de en har i Sandsvær — Eiker. Alunskiferen finnes som en smal stripe fra Hokksund i syd langs Drammenselva opp langs østsida av Tyrifjorden. Lagerien viser tydelig foldning og er tildels sterkt overdekket. Sonene 2c — 2d ga overalt de største utslagene.

4. *Oslo — Aker.*

Innenfor dette område er det små tilgjengelige felt med alunskifer, f. eks. Gamlebyen, Tøyen, Oslo sentrum. I området Nærnes — Slemmestad er det gode snitt gjennom skiferen ved gardene Nærnes og langs vegen Slemmestad—Foss, Åsgård. Den kontakt-omdannede skifer (2d) ga relativt store utslag.

5. *Ringerike.*

Alunskiferen er utbredt fra Hønefoss mot Jevnaker. Formasjonen er imidlertid sterkt overdekket av morene og de mektige grus-sandavsetningene syd for Randsfjorden. Ved Viul st. er skiferen godt blottet og viser maksimal radioaktivitet i sone 2d.

6. *Hadeland.*

Alunskiferen har her sin hovedutbredelse fra Røykenvik til Bleiken og på begge sider av Jarenvannet. Skiferen er sterkt overdekket og forstyrret ved folding. På vestsida av Jarenvannet former Orthoceralken et stort antiklinorium med aksefall mot Randsfjorden i vest. Nær utgående av kalken er skiferen relativt godt blottet.

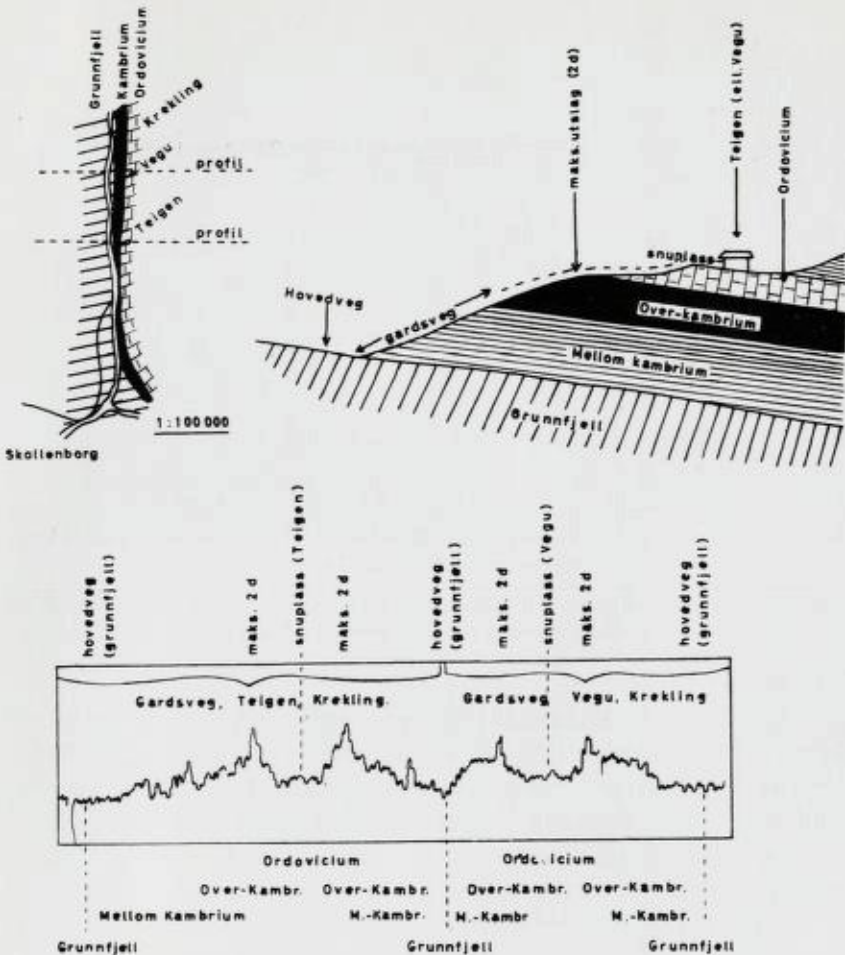


Fig. 3. Geologisk kartskisse (øverst til venstre), geologisk profil (til høyre) og registrert radioaktivitet fra hovedveg til gardene Teigen og Vegu, Krekling. (Tur-retur.)

Geological sketch map, profile and registered radioactivity along the roads from the main road to the farms Teigen and Vegu, Krekling.

7. Toten.

Fra Raufoss til Mjøsa er alunskiferen presset opp i et antiklinorium og finnes som en Ø—V-gående stripe. Den største utbredelse har skiferen fra sydenden av Einavann over Kolbu og Lena — Skreia. I det siste området består fjellgrunnen nesten bare av alunskifer. Sone 2d finnes i dagen bl. a. på jordene nedenfor Hveem forsøksgård ved Billitt.

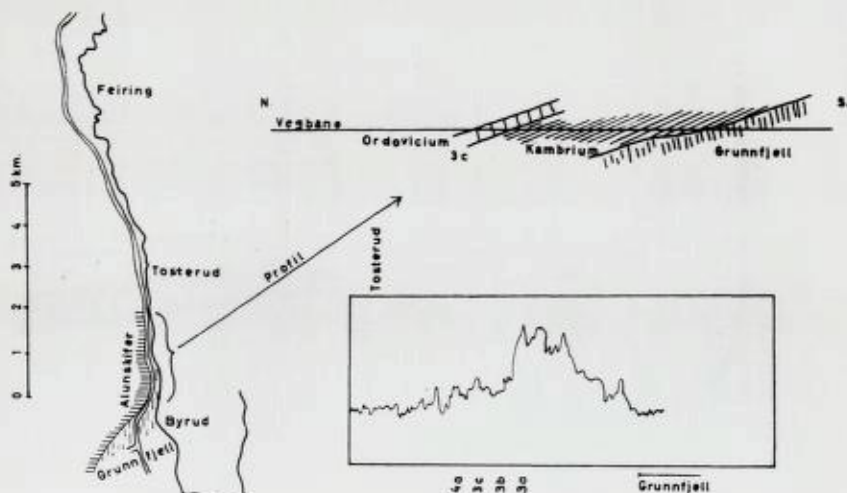


Fig. 4. Kartskisse, profil og registrert radioaktivitet fra Ordovicium til grunnfjell langs vegen Feiring-Byrud ved Mjøsa.

Sketch map, profile and registered radioactivity from the Ordovician to the Precambrian along the road Feiring—Byrud at Mjøsa.

8. Feiring.

Vegen Skreia—Minnesund skjærer to steder gjennom de kambriske skifre, nord og syd for Feiring. Vegskjæringene er høye og ga derfor store utslag. Skiferen er sterkt kontaktomdannet. Nord for Feiring, ved fylkesgrensen Oppland — Akershus er skiferen sterkt foldet. I syd derimot ligger lagene nokså flatt ved grunnfjellet. Kontakten mellom grunnfjell (Prekambrium) og kambrium er blottet i vegskjæring ved Byrud. De geologiske forhold og utslagene langs vegskjæringen er vist på fig. 4.

9. Nes — Hamar.

I bygdene Nes, Furnes og Vang er det mindre felter med alunskifer. I Stange, Romedal og Løten har en de største sammenhengende alunskiferområdene i Oslofeltet. Skiferen betinger her et svart jordsmonn (svartjord). På de fleste steder er Peltura-sonen (2d) erodert. Den finnes bevart i øst-vest-gående rygger. Dette henger sammen med foldningene idet synkinalene ofte har motstått erosjonen. I områdene fra Løten kirke, langs Fura til Røne, finner en de overkambriske lagene. Ved Røne er skiferen tatt ut i et «grustak». Inne i skifer-bruddet ga Geiger-telleren store utslag p. g. a. den store strålingsvinkelen. Kart-

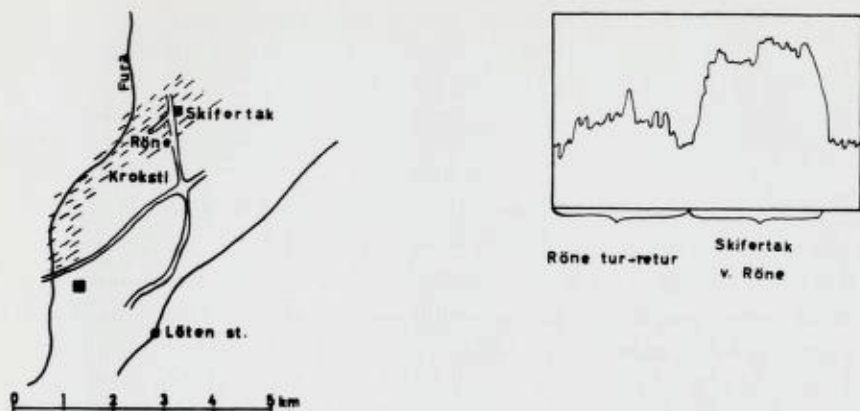


Fig. 5. Kartskisse og registrert radioaktivitet fra overkambrisk skifer langs gardsvegen til Røne, Løten (tur-retur) og fra samme lag i skifertak med høye skjæringer.

Sketch map and registered radioactivity from Upper Cambrian shales along road without cuts (to the left) and from the same layers in "gravel" (shale) pit with high cuts.

skissen fig. 5, viser beliggenheten av dette området og utslagene i skiferbruddet og langs vegen fram til garden Røne, der de samme lagene stikker helt i dagen. Eksemplet viser tydelig at en må ta hensyn til strålingsvinkel ved tolking av utslagene.

10. Ringsaker.

Alunskiferen finnes særlig i toppen av det store antiklinoritet som er formet av kvartsittene i søndre Ringsaker. På de fleste stedene er alunskiferen tynnet ut ved skyvebevegelsene i «kaledonisk-tid».

Områder utenfor det egentlige Oslofelt.

Vardal, Snertingdal, Dokka, Torpa, Aurdal.

I disse områdene er forholdene som på Ringsaker. Alunskiferlagene har vært utsatt for en kraftig tektonisering.

Fig. 6. Utsnitt av borkjerne som viser fordeling av alunskifer og kalkstein ved Lundebakken, Vestfossen. Til høyre uran-innhold i gram/tonn. Kalken viser liten radioaktivitet.

Drilling core, showing alum shale and limestone in the Upper Cambrian, at Lundebakken, Vestfossen. To the right content of Uranium in gram/ton. The limestone shows little radioactivity.



Mektigheten av alunskifer med maksimal radioaktivitet d.v.s. sonene 2c — 2d, er derfor sterkt vekslende. Den sterkt kullholdige skifer («kullskifer») ved Bjørge i Vardal ga små utslag.

Sammendrag.

Undersøkelsene av alunskiferen i Oslofeltet sommeren 1954 har vist at de største mengder uran finnes i sonene 2c — 2d. Dette gjelder for hele Oslofeltet og tilgrensende områder. Gjennomsnittsinhold av uran i disse sonene er iflg. laboratorieundersøkelser som er utført tidligere og i forbindelse med feltarbeidet 1954, 50—100 g/tonn. Enkelte tynne lag (10—15 cm) har opptil 170 g uran pr. tonn. Mektigheten av sonene 2c — 2d varierer primært og særlig i nord også sekundært p. g. a. tektonisering. Lagene med maksimalt uraninnhold > 50 g/tonn er 5—15 m mektige. I disse lag finnes kalkstein som linser og lag, som ikke inneholder uran av betydning. Enkelte steder f. eks. ved Teigen, Krekling, utgjør kalksteinen ca. 50 % av lagserien (se fig. 6). Dette er sikkert årsaken til de store variasjoner i analyseresultatene fra Forsvarets Forskningsinstitut.

De kullholdige skifre ellers i kambro-silur-lagrekken ble også undersøkt, men det viste overalt liten radioaktivitet i forhold til den kambriske alunskiferen.

Måling av radioaktiviteten synes etter dette å kunne være til god indirekte støtte ved relativ aldersbestemmelse av omdannede skifre uten fossiler. Uraninnholdet av enkelte grafittskifre i fjellkjeden kan tyde på at de er av overkambrisk alder f. eks. Rendalsvik i Nordland.

Summary

Uranium in Cambrian Alum shales in the Oslo Region and adjacent districts.

Investigations of the black Alum shales in the Oslo Region initiated the systematical prospecting for uranium in Norway.

The Alum shales is a black shale formation in the Cambrian system in southern Norway. The outcrops of Alum shales in different districts within the Oslo Region are shown on the map (fig. 1) and the stratigraphy of the formation in fig. 2.

In the south, the Cambrian shales lie flat on the Precambrian. Towards north it is an increasing folding and faulting.

Field investigations were carried out by Land-Rover with mounted Geiger-Müller counter. For detailed investigations and sampling Geiger-Müller and Scintillation counters were used.

Fig. 3—4 show the geology and registered radioactivity in two different areas in the Oslo Region.

The Upper Cambrian zones 2c — 2d have the highest radioactivity in the whole Oslo Region. The content of uranium in these zones is 50—100 g/ton with maximum 170 g/ton in thin layers.

**Greenschists from the south-eastern part of
Helgeland, Norway, their
chemical composition, mineral facies and geologic setting**

BY
TRYGVE STRAND

In the summers of 1951—54 the writer with a number of young assistants were engaged in geological mapping in the south-eastern part of Helgeland. (Helgeland is the southernmost part of northern Norway.) A preliminary report on the results of the work has already been published (Strand 1955). The area mapped is a strip of land along the Swedish border, about 25 km by 55 km, elongated from south to north, situated between $65^{\circ} 10'$ and $65^{\circ} 40'$ N and contained within the map quadrangles J 19, Børgefjell, K 19, Ranseren, J 18, Hattfjell-dal and K 18, Skarmodalen. See map, Fig. 1 in Strand 1955.

The main part of the area mapped is built of chiefly sedimentary rocks, mainly phyllites and micaschists, of low metamorphic grade. To the west these rocks disappear beneath a nappe of much more highly metamorphic rocks, overthrust on them from the west. To the east they extend into Sweden. The greenschists described here belong to the complex of low grade rocks and occur in a stratigraphic unit low in the sequence, the Rørvik Division, probably equivalent to the Støren Group in the Trondheim Region of Early Ordovician age.

About $65^{\circ} 50'$ N the trace of the thrust-plane turns to the east and crosses the Swedish border and over a distance of about 50 km further to the north the complex of low-grade rocks is entirely on Swedish territory. At $66^{\circ} 20'$ N the trace of the thrust-plane and the low grade rocks to the east of it again enter Norway along the upper part of

Dunderlandsdalen. In 1956, at Krokstrand in Dunderlandsdalen, the writer examined a section across the valley.

In the lower part of the section a short distance above the basal gneiss of the Lønnsdal Massif there is a thick division of grey, feldspathic quartz-schist. This is exposed in the eastern side of the valley, the layers dipping in a westerly direction. In the western side of the valley a division of limestone follows above the quartz-schist. Above the limestone greenschists are found (No 19 in Table 2). The greenschists are immediately below the thrust-plane, that is, at the base of the overlying thrust massif of high-grade rocks.

Petrography.

In geologic-petrographic terminology greenstone and greenschist (and corresponding terms in other languages) designate gabbroid rocks, most of which have suffered low grade metamorphism and thus become green in colour. In Norway these terms are almost exclusively used for basic extrusive rocks of low metamorphic grade. It may be convenient to use the term greenstone for massive and competent meta-basalts and meta-andesites and greenschist for incompetent schistose rocks derived from tuffs of a corresponding composition.

To learn the chemical composition of the greenschists four specimens were selected for analyses. The analyses were made in the chemical laboratory of Norges Geologiske Undersøkelse (Geological Survey of Norway). The writer is greatly indebted to Mr. Brynjolf Bruun, chief chemist of the Survey, who made the analyses. The analyses and modes of the rocks (Nos. 1—4) are found in Table 1 at the end of the paper, together with descriptions of the rocks. Table 2 contains approximate modes of a number of other greenschists and associated rocks (Nos. 5—19), together with brief descriptions.

As already mentioned the greenschists described here occur in the Rørvik Division, which is assumed to be contemporaneous with the Støren Group in the Trondheim Region. Analyses of basaltic greenstones from the Støren Group in the Trondheim Region have been published by V. M. Goldschmidt, C. W. Carstens and Th. Vogt (1945).* In Vogt's paper a number of these analyses have been tabulated

* Greenstones from the Swedish part of the Caledonides, analyses of which were published by Beskow (1929) and Kulling (1933), probably belong to a stratigraphic horizon younger than the Støren Group.

(p. 468). There is a rather good agreement in chemical composition between basaltic greenstone from the Hølonða Area (Vogt 1945, p. 466) and the greenschist No. 3 in this paper. The greenschists Nos. 1 and 2 are more rich in Na, thus having a spillitic tendency. With the exception of No. 4 the analysed rocks are low in K content, which is typical for the Norwegian Caledonian greenstones. The light greenschist analysis No. 4 is aberrant, being rich in K, with a high salic percentage and with a surplus of Al.

There are strong indications that the greenschists were deposited as tuffs. It is possible as well as probable that some sorting of the material, selective as to mineral and chemical composition, took place during transportation. Thus the greenschists may differ in composition from rocks congealed from the magmas that delivered the tuff material, and a further discussion of their composition may be futile. The very low contents of P in all of the four analysed greenschists may be significant in this respect.

The analysed greenschists show great variation in the Mg:Fe proportion, from *mg* 0.41 in the iron-rich rock, analysis No. 1, to *mg* 0.59 in the light magnesia-rich greenschist, analyses No. 4. This character is reflected in the colour of the rocks, varying from a very dark green in rock No. 1, which is very rich in Fe, through light green to a light colour in rock No. 4, very rich in Mg.

Further comments on the chemical composition of a number of the rocks will be reserved for the geological part of this paper.

The rocks described are of a low grade of metamorphism, and must be classed in the greenschist facies or in the lower part of the epidote-amphibolite facies. The boundaries between these facies have been defined in different ways by different authors. Following Rosenqvist (1952) in using the feldspars as basis for classification, the association of pure albite with epidote or clinozoisite will place the rocks here described in the greenschist facies. Of other minerals regarded as critical in facies classification, biotite and chlorite are found in all rocks with a suitable composition. Garnet is absent from most of the rocks, but occurs in a few of them.

A great number of mineral facies have been defined by ferro-magnesian minerals. In chemical systems involving ferro-magnesian mix-crystals there are good reasons to assume that phase transitions will take place at different temperatures depending upon the Mg:Fe proportion in the system. This was emphasized by Ramberg (1945).

For the same reason Rosenqvist (1952) regarded ferro-magnesian minerals unsuitable for the definition of mineral facies. He proposed to base the facies classification on the feldspars, being the most simple chemical system available and occurring in most rocks.

The greenschists and other rocks described here belong to one facies as defined by the association pure albite — epidote. But they contain different associations of ferro-magnesian minerals, that might place them in more than one facies as defined by these minerals.

In 1951 the writer described rocks with two different mineral associations in a chemical system of SiO_2 (in excess), H_2O , Al_2O_3 , $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{O}$, CaO and K_2O . The phase transition between the two associations was written thus (Strand 1951 a, p. 87): Muscovite, amphibole \rightleftharpoons (clino) zoisite, biotite, garnet, silica, water.

In the above equation the phases on the left side have a volume about 5 per cent greater than the phases on the right side. It will be seen that the left side phases contain more water, than those on the right side.

In the muscovite-amphibole association (left side association stable) the minerals mentioned may be associated with any two of the minerals of the right side association, depending of course, on the chemical composition of the rock. In the (clino) zoisite-biotite-garnet association these minerals may be associated either with muscovite or with amphibole. In accordance with an earlier publication by Angel (1940) these associations were considered to define two different sub-facies of the epidote-amphibolite facies. All the sets of minerals possible in the two associations just mentioned occur in rocks from the Sel and Vågå map areas described by the writer in 1951. The mineral facies of the rocks in question is determined by the association of plagioclase, An 10, with epidote or clinozoisite. The muscovite-amphibole association was interpreted as being the one stable at lower temperatures, because this association is never found in high grade rocks, as in the amphibolite facies proper.

In the rocks of the present area the muscovite-amphibole association is seldom met with. In rocks containing both lime silicates and mica the association epidote-chlorite-biotite is commonly found, with muscovite or amphibole as a fourth mineral. In these rocks chlorite occurs instead of garnet, and the equation for the phase transition may be written thus: Muscovite, amphibole, water \rightleftharpoons clinozoisite, biotite, chlorite, silica.

In this case, when the garnet has been replaced by chlorite, the

volumes are more nearly equal for the phases on each side and the right side phases are in this case more rich in water than those on the left side. Even if it be true that the muscovite-amphibole association is stable at lower temperatures than the epidote-biotite-garnet association, different conditions may prevail when chlorite occurs instead of garnet at lower metamorphic stages. In fact the muscovite-amphibole association is less common in the rocks of the present area than it is in the rocks of a higher metamorphic grade in the Sel and Vågå area.

An example of low grade rocks with the muscovite-amphibole association is found among the sediments in the Valdres Sparagmite in southern Norway. The rocks in question are arenites rich in gabbroid detritus with quartz, albite, amphibole, muscovite, epidote and chlorite, or rarely, with biotite instead of chlorite. (Strand 1938, p. 45, 1951 b, p. 31).

Among the rocks described in this paper the epidote-chlorite-biotite association occurs in rocks Nos. 1, 3, 5, 8, 11, 13, 17, and 19, the muscovite-amphibole association in the rocks Nos. 4, 6, 7, 9, and 18. The muscovite-amphibole association is found in light-coloured greenschists and in the micaschist No. 18. All these rocks must be rich in magnesia, as shown by the faint colours, or lack of colour in the amphiboles and chlorites. Thus the conclusion is warranted that the muscovite-amphibole association is favoured by a high Mg:Fe proportion in the rock. In one case the epidote-chlorite-biotite association occurs in a light greenschist (No. 8) evidently rich in Mg, but in no case has the muscovite-amphibole association been found in the rocks relatively rich in iron.

In phase transitions in ferro-magnesian minerals or in systems of such minerals the rule seems to be that iron-rich systems pass to high temperature modifications at lower temperature than do systems rich in magnesia. If this rule can be assumed to be valid in the present case, then the muscovite-amphibole association must be the low temperature modification as compared to the epidote-chlorite-biotite association. There should be little reason to doubt that the P, T-conditions were nearly the same during metamorphism for all the rocks described here, nor is it very probable that the water pressure should have differed among the rocks, thus being the cause of the different mineral associations met with.

It was mentioned in a preceding section of this paper that associations of ferro-magnesian minerals are not well suited for the definition

of mineral facies, because the phase transition will take place at temperatures varying with the Mg:Fe proportion of the system. This is shown by the rocks of the present district, in which the muscovite-amphibole "facies" and the biotite-epidote-chlorite "facies" are found together. In such a case, however, it is possible to determine a point on the Mg:Fe proportion scale at which the phase transition in question takes place. In principle the P, T-conditions during the metamorphism can thus be fixed.

A few optical determinations made may give indications as to the nature of the amphiboles formed during the metamorphism of the rocks. The index of refraction of the common lime-bearing amphiboles depend largely on two independent variables, the Mg:Fe proportion and the amounts of Al replacing Si. Thus one of these variables can be determined optically if the other is known. Reference is made to papers of Foslie (1945, diagram p. 76) and Sundius (1946, diagram p. 26). The amphibole in the iron-rich greenschist, No. 1, is not homogeneous, the index of refraction varying in different grains. The reason for this lack of homogeneity shall not be discussed. We shall take $\gamma \sim 1.690$ as the mean for the mineral. For a member of the actinolite series this index should indicate a pure ferro-tremolite. This is very improbable in the present case, as the rock analysis shows *mg* 0.41 and the high refraction should thus indicate an aluminous amphibole, even if it is high in iron. In a diagram of Tröger (1952, p. 72) for amphiboles of the actinolite series "with the usual contents of sesquioxides and alkalis" (translated from German) a γ index of 1.690 corresponds to *mg* 0.20. In the diagrams of Foslie and Sundius for amphiboles with Al replacing Si in proportion $AlSi_7$, the same index corresponds to *mg* 0.35—.40, in reasonable accordance with the *mg*-value of the rock.

The amphibole in the light greenschist, No. 4, has a low index of refraction, $\gamma \sim 1.640$. This indicates a low content of Al, even if the mineral is rich in Mg.

Thus the rocks rich in iron contain aluminous amphiboles, while this does not seem to be the case with the rocks rich in magnesia. As defined by its aluminous amphibole, the iron-rich rock should thus belong to a higher facies than the one rich in magnesia.

An explanation along the same lines might be given for the fact that thin layers of garnet-bearing rocks are interbedded with great thicknesses of rocks devoid of garnet (rocks Nos. 12—14). Most probably these rocks are especially rich in iron and possibly also in manganese.

Geology.

As mentioned in the preceding part of this paper the greenschists described here are interbedded with the sediments of the Rørvik Division (called the Greenschist-Phyllite Division in the writer's 1955 paper) and there can be no doubt whatever of their supracrustal nature. The Rørvik Division has been correlated with the Støren Group in the Trondheim Region of Early Ordovician age. This correlation is supported by the numerous intrusive bodies of serpentinite in the rocks of the Rørvik Division, which are not found in the overlying, younger divisions in the same area. It is well established in many parts of the Norwegian Caledonides that the serpentinites are restricted to the older part of the sequence of strata.

The sediments in the Rørvik Division are fine-grained phyllites and more coarse-grained micaschists, some of them calcareous, and quartzschists. The phyllites are often more or less carbonaceous, there being all transitions from grey phyllites to black, highly carbonaceous ones. Very often the greenschists are associated with the black phyllites. The greenschists occur as numerous thin layers but there are also some few of considerable thickness (20 up to 100 m) that can be mapped over long distances along the strike. They are shown on the map, Fig. 1, in the writer's 1955 paper.

The following reasons can be given for interpreting the greenschists described as metamorphosed tuffs and not as meta-basalts.

The greenschists are fissile and incompetent rocks. In this character they are radically different from undoubted meta-basalts of the same metamorphic grade. The meta-basalts are very hard and competent rocks forming thick benches and without any apparent layering or stratification. Meta-basaltic greenstones of this type occur in the surroundings of the Gjersvik pyrite mine, to the south of the area dealt with here.

In many of the sections studied a distinct layering has been observed in the greenschists, that shows up as banding on exposed sections. Light bands or streaks can be seen, and on weathered surfaces there may be a relief caused by the different resistance to weathering among the layers. In some localities the greenschists may be rich in pyrite or, more commonly, in magnetite, which is concentrated in certain layers, indicating that it was precipitated during the deposition of the rocks.

Anything like porphyritic or amygdaloid or pillow structure have not been found in the greenschists.

The analysed greenschists nos. 1—3 can be said to be of a basaltic composition. As mentioned in the preceding, their composition may possibly have been influenced by a selective sorting of the material during transportation.

The light greenschist, No. 4, has a composition different from the other greenschists analysed, it is more silicic, is high in alkalis and with a surplus of alumina. It also contains much pyrite. As it is rather strongly undersilicated, it can scarcely have got its composition changed by admixture of sedimentary material. A hypothesis suggesting itself is that the rock has been influenced by submarine weathering. Bramlette and Bradley (1942, p. 33) published an analysis of a sample from the bottom of the northern Atlantic, supposed to be a basalt influenced by submarine weathering. Gallitelli (1950) regards the so called "argile scagliose" of the Appenines as a product of submarine decomposition of basalt.

A rock of a very extreme composition is the biotite-chlorite-garnet rock, No. 13. This rock, or the material from which it was formed, may be the product of a weathering or a leaching of a basic rock.

Some of the rocks listed in Table 2 can be interpreted as having been formed by a mixture of sedimentary and volcanic material. This may be the case with rocks Nos. 10 and 11. The former is an albite-epidote-chlorite greenschist (without amphibole) and the latter is an albite-epidote-chlorite-biotite schist. The garnet micaschist, No. 12, has very probably been formed in the same way. This is a very characteristic type of rock found in many parts of the area in association with the greenschists.

Even if "mixed" rocks similar to those mentioned above rather often have been found, the greater parts of the greenschists seem to consist of pure igneous material, as shown, *e. g.*, by the very low contents of potash in the analyses of rocks Nos. 1 to 3.

The light rock No. 15, from a thin layer in greenschist, is approximately of a trondhjemitic composition. It is most probably a tuff deposit indicating a trondhjemitic volcanism, but this must have been very feeble in comparison with the basaltic volcanism, as rocks of this type are very rare. Rock No. 14 is of a somewhat similar composition. Albite quartzites similar to rock No. 16, are of rather common occurrence. They may have been formed by the weathering of trondhjemitic rocks rich in sodic plagioclase.

It is of great interest from an actualistic standpoint that deposition

of marine volcanic mud is at present taking place under conditions that may be similar to those prevailing during the deposition of the greenschists described here. This can be seen from the report of the "Snellius" expedition to the seas of eastern Indonesia (Kuenen 1942, Neeb 1943, Kuenen 1950, p. 342—345). Volcanic mud of basic character covers large areas, derived partly from volcanoes on the islands and partly from submarine volcanoes. In the Celebes Basin east of Borneo a subcircular area of diameter 300 km is covered with mud containing more than 50 per cent of volcanic material. We here have a region with volcanic islands and deep marine troughs.

If a paleogeographic synthesis is to be attempted, the greenschists described here may be assumed to have been deposited under conditions resembling those at present prevailing around Indonesia. As a counterpart to the tuffitic greenschists meta-basaltic greenstones poured out at the volcanic centers must have existed farther to the west.*

In the northwestern part of the Trondheim Region massive greenstones, commonly with pillow structures, indicating submarine origin, occur in great profusion. Corresponding tuffitic deposits will probably be present in the southeastern and eastern parts of the same region. In the Namsvatnet map area in the Grong District, to the south of the area considered here (Foslie and Strand 1956), massive meta-basaltic greenstones occur in the western part, where they form a tectonic unit thrust towards the east, the Gjersvik Nappe. In the more eastern parts of the area there are fine-grained tuffitic greenschists which to the north are in field connection with the greenschists described in this paper.

As mentioned in the preceding, a great part at least of the greenschists consist of pure volcanic material unmixed with terrigenous sediment, unlike conditions described from Indonesia, where mixture of volcanic and terrigenous material is common. This may indicate a violent volcanism that furnished large masses of material in short spans of time. A great number of layers of greenschist of different thickness and different colour and megascopic characters seem to indicate that there were many different outbursts.

* Massive meta-basaltic greenstones occur to the east, in Sweden, but they are assumed to belong to a higher stratigraphic division and to a younger volcanic phase. (Beskow 1929, Kulling 1933.) — For a review of the Caledonian volcanism in southern Norway see Vogt (1947).

If deep depressed troughs existed at that time, black muds might have been deposited in them under unventilated conditions, these being now the black carbonaceous phyllites associated with the greenschists. But of course we are not allowed to take the black sediments as indication that such bathygraphic conditions did really exist.

Probably soon after the deposition of the greenschists and the associated sediments ultrabasic magmas were intruded, now found as bodies of serpentinite in the sediments and greenschists.

The occurrence of volcanic greenstones, serpentinite and chert is at present recognised as being typical of mountain systems of an alpine type, as was first pointed out by Steinmann in 1905. Chert deposits are absent from the area described here, but are found in deposits of the same age in other parts of the Norwegian Caledonides.

Hess (1955 and earlier papers) has pointed out that the association of rocks mentioned above (Steinmann's trinity) were formed at an island arc stage in the development of the orogens. Very large massifs of serpentinite are found in islands like Cuba, New Caledonia and the eastern part of the Philipines, representing island arcs in the youngest orogens. Throughout the world the serpentinites are the guide rocks of the orogens of all geological ages. According to Hess they bear witness of the island arc stage of the geosynclines, the stage at which the orogens were born.

Kay in his memoir on North American geosynclines (1951) has pointed to the connection between eugeosynclines (with volcanic deposits) and island arcs. Such a connection is indicated in the Fraser Belt along the western coast of North America, where eugeosynclinal deposits of Paleozoic and younger ages are aligned with the present Aleutian island arc. Also in his paleographic interpretation of the eugeosynclinal deposits along the eastern coast of North America Kay is inclined to assume island arcs along the border of the continent.

The Caledonian geosynclines of Great Britain and Scandinavia were bordered on both sides by continental areas. Remnants of the Laurentian continent at the northwestern side of the geosyncline are present in northwest Scotland and in Bear Island (even if no basement rocks are exposed in the latter place). For the Caledonian geosynclinal deposits of Great Britain and Scandinavia there can thus not have been a paleo-geography of island arcs along the border between a continent and a deep ocean.

Table I
Analyses
(percentages by weight and by molecular equivalents)
Analyst: Brynjolf Bruun

	1		2		3		4	
SiO ₂	46.59	44.7	48.41	46.6	47.28	47.4	46.90	48.7
TiO ₂	3.78	2.8	1.83	1.3	1.38	1.1	1.75	1.4
Al ₂ O ₃	15.26	17.3	15.68	17.9	14.72	17.4	19.78	24.3
Fe ₂ O ₃	2.85	2.1	3.35	2.4	4.71	3.5	8.87	1.4
FeO	11.02	8.8	7.26	5.9	5.81	4.9	2.44	2.1
MnO	0.15		0.10		0.12		0.01	
MgO	5.46	7.8	6.12	8.9	7.22	10.8	3.20	4.9
CaO	6.80	7.0	11.06	10.4	12.40	10.9	4.18	4.7
Na ₂ O	4.66	8.7	3.49	6.5	2.00	3.9	4.93	10.0
K ₂ O	0.66	0.8	0.13	0.1	0.12	0.1	1.92	2.5
		100.0		100.0		100.0		100.0
H ₂ O ÷	0.10		0.01		0.03		0.15	
H ₂ O +	2.86		2.04		2.51		2.09	
CO ₂	nil		0.74	1.0	1.82	2.5	0.06	
			Ca	1.0	Ca	2.5		
P ₂ O ₅	0.03		0.01		0.01		0.01	
S							5.77	11.2
	100.22		100.23		100.12		102.06	Fe 5.6
	g 2.97		g 3.00		g 3.00		÷ 2.16	
							99.90	
							F 0.10	
							100.00	
							g 2.90	

Descriptions of the analysed greenschists, nos. 1—4, Table I

No. 1. K 18 349, greenschist from the brook Tverbekken (34.6, 35.4), a dark green fine-grained rock. A linear schistosity is seen with a lens, planar schistosity less well marked.

The epidote is iron-rich with high birefringence and a yellowish colour. The amphibole has rather strong colour, α light yellowish, γ bluish green, $-2V \sim 60^\circ$. Examination in powder form showed the amphibole to be inhomogeneous, some grains have $\gamma > 1.690$, other grains have $\gamma < 1.690$. The chlorite is pleochroic, light yellowish — rather deep green, optically negative with low birefringence. The biotite is dark brown and is often intergrown with the chlorite. Accessories are iron, ore and sphene. Grain size about 0.05 mm.

No. 2. J 18 830, greenschist at brook west of Ivarsli (22.6, 28.2), a greenish grey rather hard schistose rock.

The amphibole has the same colours as in the rock No. 1, somewhat weaker only. The epidote is rich in iron. The chlorite has pleochroism light yellowish — green, it is optically positive with low birefringence. Accessories are sphene and a few grains of pyrite. Grain size 0.1—0.3 mm of albite and epidote, chlorite and amphibole occur as elongated flakes and needles, size up to one millimeter.

No. 3. J 18 339, greenschist, Rundtjern (32.3, 28.7). It is a light greenish rather fissile rock with a lustre of chlorite.

As to colour and general optical characters the minerals are similar to those in the rock No. 2, except that the chlorite, optically positive, has a somewhat higher birefringence (~ 0.005). Grain size about 0.1 mm.

No. 4. J 18 184, light greenschist, road section near the farm Unkervatnet (32.3, 25). The rock is light ash-coloured, by weathering of the pyrite it gets a yellow stain. It parts easily along surfaces with a lustre of blady minerals.

The albite has $\gamma < 1.538$, indicating pure albite. The epidote shows yellow of the first order as maximum interference colour and is thus poor in iron, close to clinozoisite. The amphibole is almost colourless, with a faint greenish hue only, $\gamma \sim 1.640$. The chlorite is colourless, optically positive with axial angle close to zero and a high birefringence for a chlorite (~ 0.010), n on cleavage flakes ~ 1.608 . As in the case of the amphibole the optical properties indicate a high tenor of Mg, $mg \sim 0.70$. The muscovite has $-2V \sim 40^\circ$, $\gamma \sim 1.591$. No accessories other than pyrite can be seen, but parts of the rock are clouded by minute, dark inclusions.

The albite forms a very fine-grained matrix (0.01—0.02 mm) in which the epidote occurs as porphyroblasts, 0.2—0.4 mm, the chlorite and muscovite form clusters, amphibole needles measure up to one millimeter.

The optical determinations of amphibole and chlorite indicate a higher tenor of Mg than should follow from the analysis. It is possible, however, that the analysed material may contain iron, being a decomposition product of the pyrite and thus not entering into the silicate minerals.

Analyses, molecular equivalent percentages, norms, Niggli parameters and calculated modes of the rocks are found in Table 1 below. In the modes all Na and K have been calculated as albite and micas, respectively. The content of Ca was divided between epidote and amphibole in proportions corresponding to their relative abundance, as estimated under the microscope. The rest remaining after the above calculations is used to calculate the abundance and composition of the chlorite. Errors in the analysis and in the calculations are cumulative and all appear in the remainder and, therefore, none too great reliance should be given to this calculation of the chlorite.

Mol norms				
	1	2	3	4
Q	—	—	4.9	
Or	4.0	0.5	0.5	12.5
Ab	40.7	32.5	19.5	48.7
An	19.5	28.2	33.5	23.5
Ne	1.7	—	—	0.5
C	—	—	—	2.4
Σ sal	65.9	61.2	58.4	87.6
Wo	6.2	9.6	8.4	—
En	—	13.8	21.6	—
Fs	—	5.0	4.1	—
Fo	11.7	3.0	—	7.5
Fa	7.4	1.2	—	—
Mt	3.2	3.6	5.2	2.1
Il	5.6	2.6	2.2	2.8
Σ fem	34.1	38.8	41.6	12.4
Cc	—	2.0	5.0	—
Py	—	—	—	16.8

Niggli parameters				
	1	2	3	4
<i>al</i>	22	22½	21½	38½
<i>fm</i>	48	43	47	26½
<i>c</i>	18	26	26½	15
<i>alk</i>	12	8½	5	20
<i>si</i>	114	117	116	151
<i>qu</i>	-34	-16	-4	-37
<i>mg</i>	.41	.51	.56	.59
<i>k</i>	.08	.01	.03	.20

Calculated modes

	1	2	3	4
Quartz			2	
Albite	43	33	20	42
Epidote	15	27	38	12
Biotite	5		×	
Chlorite	15	12	30	9
Muscovite				14
Amphibole	20	26	7	9
Calcite		2	2.5	
Access.	2	1	0.5	14
	100	100	100	100

Calculated compositions of the chlorites,
proportions (Mg,Fe) : (Al, Fe) : (Si, Ti)

1. 4.7 : 2.3 : 3.0
2. 5.1 : 2.1 : 2.8
3. 4.2 : 0.8 : 5.0
4. 3.8 : 3.7 : 2.5

Short descriptions of greenschists and associated rocks, Nos. 5—19, Table II

The modes in Table 2 are based on rough estimates only of the relative abundance of the minerals.

5. K 18 378, dark greenschist, Frosktjernbekken (34.6, 31), in field connection with rock No. 1 and very similar to this. A distinct layering is seen in the hand specimen. Grain size about 0.05 mm, with porphyroblasts of amphibole and biotite up to 0.5 mm. The epidote is rich in iron and the ferromagnesian minerals are very similar to those in rock No. 1 and with equally high refractive indices.
6. to 9. are light greenschists, megascopically light greyish fine-grained schistose rocks, not to be distinguished from sedimentary schists of a similar colour. In all the rocks, except No. 6, the amphibole and chlorite are colourless and the epidote mineral is poor in iron, in some cases to be classed as a clinozoisite. In No. 6 the amphibole and chlorite are very faintly greenish.
6. J 18 251, Bjørkvasselven (38.4, 24.6).
7. K 18 363, Gardsmarkelven (34.4, 42). The amphibole has $\beta \sim 1.630$, muscovite has $-2V \sim 45^\circ$.
8. J 18 590, Fagerbakk (26.6, 25.4). The biotite is in scattered porphyroblasts measuring up to one millimeter, colour light brown, negative with axial angle close to zero.
9. J 18 803, Ørjevatnet (26, 25).
10. K 18 165, greenschist, hillock 971 (31.3, 35.4). Grain size about 0.1 mm. The chlorite is pleochroic, colourless — light greenish, positive, birefr. > 0.005 . The epidote is rich in iron.
11. K 18 371, dark brownish schist, Hattfjellet (35.6, 33). Grain size 0.1—0.2 mm for albite and epidote, biotite as porphyroblasts measuring up to 0.5 mm. The biotite is dark greyish brown, $n \sim 1.670$. The chlorite is pleochroic, colourless—green, optically negative with a low birefringence, $n \sim 1.650$. The epidote has $\gamma \sim 1.765$, indicating a molar percentage of 25 Fe-epidote. The optical data indicate *mg* 0.35—0.40 for the chlorite and a still higher tenor in iron for the biotite.
12. J 18 374, garnet micaschist, Vallibekken (22.7, 22), dark brownish schist with visible porphyroblasts of garnet. Grain size 0.1—0.5 mm. The biotite is light yellowish brown.
13. J 18 377, coarse-grained chlorite-biotite-garnet rock, Vallibekken (23.1, 2). The biotite is light yellowish brown, the chlorite is colourless and practically isotropic.
14. J 18 378, light fine-grained rock tightly speckled with dark porphyroblasts, Vallibekken (23.5, 22.4). Quartz, albite and epidote make out a fine-grained matrix, in which biotite and garnet occur as porphyroblasts, sized up to 2 mm. There is in the slide one rectangular inset of albite, measuring about 2 mm.
15. K 19 179, light rock occurring as a layer, one centimeter thick, in greenschist, brook east of Nollanjunne (19.0, 46). Grain size 0.05—0.1 mm. A part of the albite occurs as sub-idiomorphic insets, measuring about 1 mm.
16. K 18 148, albite quartzite, Valken (20.5, 45.5). Grain size about 0.05—0.1 mm.
17. J 18 550, calcareous lime silicate micaschist (of the Liming Division), Storbekken (24.3, 16.6). Grain size 0.1—0.3 mm. The albite has $\gamma \sim 1.535$, indicating pure albite. The biotite is greyish brown with $n \sim 1.615$, indicating *mg* ~ 0.60 . The chlorite is faintly greenish, optically positive, birefr. ~ 0.005 , $n \sim 1.605$, indicating *mg* ~ 0.60 .

18. K 18 491, fine-grained greyish lime silicate micaschist, Holmevatn (36.2, 41.8). Both the amphibole and the chlorite have pleochroism colourless — faintly greenish, the chlorite is optically positive.

19. K 15 112, greenschist, Aksla above Krokstrand, Dunderlandsdalen (66° 27'3 N, 4° 21' E Oslo).

Grain size 0.1—0.3 mm, a part of the albite in larger grains, measuring up to 1 mm.

Table II

	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Quartz						5		25		10	45	40	20	35	5
Albite	35	5	×	15	×	15	35	30		45	40	40	15	5	50
Epidote	10	35	30	25	40	45	15	15	×	10	15	×	10	5	10
Biotite	10			×			25	20	25	20			10		×
Chlorite	5	25	50	35	15	35	20		45		×	15	10	15	25
Garnet								10	30	15					
Muscovite		×	15		15	×								25	5
Amphibole	35	35	5	25	25					×				15	
Calcite					5		5				×	5	35		5
Accessories	5												×	×	×

Sammendrag

Grønnskifer fra den sydøstlige del av Helgeland.

I somrene 1951—54 gjorde forfatteren geologisk kartleggingsarbeide i den sydøstlige del av Helgeland sammen med en rekke unge assistenter. Det kartlagte området er en omkring 25 km bred stripe langs svenskegrensen, mellom 65° 10' og 65° 40' N.

En foreløbig beretning om resultatene av arbeidet er tidligere blitt publisert (Strand 1955). Bergartene i det kartlagte område er overveiende sedimentar på et lavt trinn av omvandling. Den eldste del av sedimentkomplekset er Rørvik-avdelingen (kaldt Fyllitt-grønnskifer-serien i forfatterens avhandling av 1955). De grønnskiferer som blir beskrevet i nærværende arbeide finnes som innleiringer blandt sedimentene i denne avdeling. Rørvik-avdelingen er høyst sannsynlig samtidig med Størenggruppen i Trondheimsfeltet og av gammel-orovicisk alder. Fire grønnskiferer er blitt analysert på NGU's kjemiske laboratorium av sivilingeniør Brynjolf Bruun. Analysene med omregning til atomprosent, norm og Niggli-tall og med beregnede mineral-sammensetninger (moder) for bergartene finnes i tabell 1.

Grønnskifrene nr. 1 til 3 står meget nær basalter i sammensetning, men stemmer ikke helt overens med analyser av omvandlete basaltbergarter fra Støren-gruppen i Trondheimsfeltet, som det er nærliggende å sammenligne dem med. Muligens kan disse avvikelser forklares ved at de analyserte grønnskiferer er omvandlete tuffer, avsetninger av vulkansk aske. Tuffmaterialet er blitt transportert gjennom luft og vann, kanskje over lange strekninger før avleiringen. Under transporten kan det ha skjedd en sortering slik at tuffmaterialet har fått en annen mineralsammensetning og kjemisk sammensetning enn de tilsvarende lavaer. Grønnskifer nr. 4 har en kjemisk sammensetning som avviker sterkt fra de andres, forholdsvis rik på kali og rik på aluminium (med aluminiumoverskudd). Muligens består denne grønnskifer av materiale som har undergått submarin forvitring.

Som alt nevnt er grønnskifrene på et lavt trinn av omvandling, svarende til en forholdsvis lav temperatur (antagelig omkring 300° C) under omvandlingen. De består av albitt, epidot, hornblende og kloritt som hovedmineraller. Fargen veksler fra dyp grønn til nesten helt lys, beroende på forholdet mellom mengdene av jern og magnesium i bergarten, de jernrike har mørke, de magnesiumrike lyse farger.

I tabell 2 er oppført anslåtte mineralsammensetninger av en rekke bergarter fra området. Nr. 11—13 av disse kan omfattes som dannet ved en blanding av tuffmateriale og vanlig sedimentmateriale.

I bergarter som inneholder forholdsvis rikelige mengder av både kalium, aluminium, kalsium, jern og magnesium vil det finnes glimmermineraller sammen med kalsium-silikater. Det finnes enten lys glimmer (muskovitt) sammen med hornblende eller mørk glimmer (biotitt) sammen med epidot og kloritt. Hvilke av disse mineralassosiasjoner som vil opptre avhenger av temperatur og trykk under omvandlingen, men også av vanninnholdet og av jern-magnesiumforholdet i bergarten. Blandt de bergarter som her er blitt beskrevet finnes muskovitt — hornblende-assosiasjonen bare i de mest magnesiumrike, mens biotitt-epidot-kloritt-assosiasjonen finnes i alle mer eller mindre jernrike bergarter.

Alle grønnskifrene i området er skifrige og lagdelte, inkompetente bergarter, som skiller seg tydelig fra omvandlete basaltiske lavabergarter eller grunnsteinene. Grunnsteinene er tykkbenkete meget massive og kompetente bergarter uten tydelig fremtredende lagning. Grønnskifrene er derfor blitt oppfattet som dannet av tuffer, finkornete avleiringer av vulkansk aske.

I den østlige del av havet ved Indonesia er havbunnen over store strekninger dekket av vulkansk slam, som for en stor del stammer fra vulkanutbrudd i historisk tid. Den gang våre grønnskifre ble dannet var forholdene antagelig omtrent slik som de nå er i Indonesia, med rekker av vulkanske øyer med dype havgroper utenfor. I Rørvik-avdelingen med grønnskifrene finnes det tallrike linseformete legemer av serpentinit, omvandlet olivinestein. Disse må ha trengt inn like etter avleiringen av lagene. Vulkanske grønnsteiner og grønnskifrer og serpentinitter regnes for å være typisk for et tidlig stadium i geosynklinalenes, de senere fjellkjeders, utvikling.

References

- NGT — Norsk Geologisk Tidsskrift.
NGU — Norges Geologiske Undersøkelse (publications of).
SGU — Sveriges Geologiska Undersökning (publications of).
- Angel, F.* 1940. Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. *Wiss. Jahrb. d. Univ. Graz*, 1940: 251—304, Graz.
- Beskow, G.* 1929. Södra Storfjället im südlichen Lappland. *SGU ser. C No. 350*.
- Bramlette, M. N. & W. H. Bradley,* 1942. Geology and biology of north Atlantic deep sea cores between Newfoundland and Ireland. Part. 1. Lithology and geologic interpretation. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 196*: 1—34.
- Carstens, C. W.* 1924. Der unterordovicische Vulkanhorizont in dem Trondhjemgebiet. *NGT 7*: 185—270
- Foslie, S.* 1945. Hastingsites and amphiboles from the epidote amphibolite facies. *NGT 25*: 74—98.
- & *T. Strand.* 1956. Namsvatnet med en del av Frøyningfjell. *NGU Nr. 196*.
- Gallitelli, E. M.* 1950 Tentative di interpretazione genetica di certi argilli appenniniche alla luce dei reperti oceanografici. *Int. Geol. Congr. Rep. 18. session, part VIII*: 30—36. London.
- Goldschmidt, V. M.* 1916. Die Eruptivgesteine im kaledonischen Gebirge. *Vid.-Selsk. Skr. I.* 1916. No. 2. Kristiania (Oslo).
- Hess, H. H.* 1955. Serpentine, orogeny and epeirogeny. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper 62*: 391—408.
- Kay, M.* 1951. North American geosynclines. *Geol. Soc. Am. Memoir 48*.
- Kulling, O.* 1933. Bergbyggnaden inom Björkvatnet — Virisen-området. *Geol. Fören. Förhandl.* 55: 167—422. Stockholm.
- Kuenen, Ph. H.* 1942. Bottom samples, collecting of the samples and some general aspects. *The Snellius Expedition 1929—1930, vol. V part 3, sect. 1, p. 1—46*. Leiden.
- 1950. *Marine geology*. New York—London.
- Neeb, G. A.* 1943. Bottom samples, the composition and distribution of the samples. *The Snellius Expedition 1929—1930, vol. V, part 3, sect. 1, p. 47—268*. Leiden.

- Ramberg, H.* 1945. Petrological significance of sub-solidus phase transitions in mixed crystals. NGT 24: 42—74.
- Rosenqvist, I. Th.* 1952. The metamorphic facies and the feldspar minerals. Univ. Bergen Årbok 1952, Naturvid. rekke Nr. 4.
- Strand, T.* 1938. Nordre Etnedal. NGU Nr. 152.
- 1951 a. The Sel and Vågå map areas. NGU Nr. 178.
- 1951 b. Slidre. NGU Nr. 180.
- 1955. Sydøstligste Helgelands geologi. NGU Nr. 191: 56—70.
- Sundius, N.* 1946. The classification of the hornblendes and the solid solution relations in the amphibole group. SGU ser. C No. 480.
- Tröger, W. E.* 1952. Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart.
- Vogt, Th.* 1945. The geology of the Hølonda — Horg district. NGT 25: 449—527.
- 1947. Vulkanismens faser i Trondheimsfeltet. Det Kgl. N. Vid. Selsk. Forhandl. 19: 42—70. Trondheim.

**A note on the sulphur isotope composition of
chalcopyrite and pyrrhotite from
the Moskogaissa mines, Birtavarre, Troms**

BY
F. M. VOKES

During a visit to Oslo in the summer of 1956, Professor A. M. Bateman of Yale University kindly offered to undertake a determination of the stable isotope ratios of sulphur (S^{32}/S^{34}) in specimens of ore from the Birtavarre district of Troms, which the present writer was then studying. It was hoped that the sulphur isotope ratios would assist in arriving at a conclusion regarding the origin of the ores. (See Bateman and Jensen, 1956, and the bibliography therein).

Consequently, two specimens, one of chalcopyrite and one of pyrrhotite, separated from the ore of the old Moskogaissa 117 mine in the Birtavarre district, were sent to Professor Bateman's laboratory for analysis.

Unfortunately, the results did not arrive in time to be included in the publication giving the results of the Birtavarre work (Vokes, 1957). The present note is intended to rectify the omission.

Results of analysis. The two sulphide specimens were analysed in the manner described by Bateman and Jensen, using as a standard the S^{32}/S^{34} ratio of 22.21 for the sulphur in the troilite of Canyon Diablo meteorite.

For the chalcopyrite the S^{32}/S^{34} ratio obtained was 22.21 and for the pyrrhotite the ratio was 22.25.

If one compares these values with the diagram given as Fig. 1 in Bateman and Jensen's paper, it can be seen that they fall within any

of the ranges given as characteristic for sulphides of sedimentary, hydrothermal, or magmatic origin.

Thus the analysis results must be said to be inconclusive as regards the origin of the sulphides at the Moskogaissa mine or in the Birtavarre district as a whole. The only thing definite that can be said is that the results in no way invalidate the conclusions reached by the present writer on the origin of the ores in his publication.

Variations in the isotope ratios. The chalcopyrite and pyrrhotite analysed were separated from a single sample of ore taken from the Moskogaissa 117 mine. The S^{32}/S^{34} ratios for the two sulphides are very close to each other, varying by a matter of only about 0.2 %. Jensen (1957) has stated that variations exceeding 4 % can occur in the ratios for sulphides coming even from the same hand specimen. Jensen determined the sulphur isotope ratios in specimens of sulphides showing varying paragenetical relationships. He concludes that his studies bear out the assumption that there is a greater probability of variations in the S^{32}/S^{34} ratios in specimens which show a non-contemporaneous paragenesis than in those which show a simultaneous one. This is because the greater the difference in time of origin of adjacent minerals, the more probable it is that they will differ in isotopic composition.

The present writer's study of the paragenesis of the Birtavarre ores showed that chalcopyrite and pyrrhotite crystallised simultaneously, or nearly so. The small value for the variation between the S^{32}/S^{34} ratios for the two minerals seems therefore to be in accordance with the abovementioned assumption and with Jensen's conclusions.

Sammendrag

Svovelisotop-forholdet i kopperkis og i magnetkis fra Moskogaissa-gruvene, Birtavarre.

Under et besøk i Oslo sommeren 1956 var prof. A. M. Bateman (Yale Univ., U.S.A.) så vennlig å tilby å gjøre en bestemmelse av det stabile svovelisotop-forhold (S^{32}/S^{34}) i prøver fra Birtavarre. Håpet var at en slik bestemmelse kanskje kunne være til hjelp under forsøket på å komme til en konklusjon m. h. til opprinnelsen av malmene.

Analyse av kopperkis og av magnetkis i prof. Batemans laboratorium ga som resultat for S^{32}/S^{34} henholdsvis 22.21 og 22.25. Disse forhold ligger innenfor et område som ansees for felles for sulfider av sedimentær, hydrotermal og magmatisk opprinnelse.

Analyseresultatene gir således ikke anledning til å trekke noen konklusjon med hensyn til opprinnelsen av sulfidene i Birtavarreområdet. Det eneste som kan sies er at de ikke på noen måte står i motsetning til konklusjoner som forfatteren på annet grunnlag har trukket vedrørende malmenes opprinnelse.

Bibliography

- Bateman, Alan M. and Jensen, M. L.* 1956. Notes on the origin of the Rhodesian copper deposits: isotope composition of the sulfides. *Econ. Geol.* 51, 555—564.
- Jensen, M. L.* 1957. Sulfur isotopes and mineral paragenesis. *Econ. Geol.*, 52, 269—281.
- Vokes, F. M.* 1957. The copper deposits of the Birtavarre district, Troms, Northern Norway. *Norges Geol. Unders.*, 199.

NORGES GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE

ÅRSBERETNING FOR 1957

VED
SVEN FØYN
DIREKTØR

Innhold

	Side
Institusjonens fremtidige beliggenhet og administrasjon	135
Styre	136
Personale	136
Regnskap og budsjett	139
Geologisk kartlegging	140
Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer	144
Anleggsgeologi	147
Skredundersøkelser	147
Hydrogeologi	148
Lokaler	148
Bibliotek	149
Bergarkiv	149
Laboratorier	150
Publikasjoner	151
Undervisning. Ekskursjoner i Norge	153
Internasjonale geolog-møter. Studiereiser i utlandet	153

Årsberetning for 1957

Institusjonens fremtidige beliggenhet og administrasjon

Etter forslag fra Det Kgl. Departement for Industri og Håndverk (St.prp. nr. 87, 1956) gjorde Stortinget 28. februar 1957 følgende vedtak:

I.

«Norges geologiske undersøkelse flyttes til Trondheim. Industridepartementet treffer de nødvendige tiltak for gjennomføring herav.

II.

Spørsmålet om plasering av Norges geologiske undersøkelse i nybygget for Geologisk institutt (N.T.H.) eller nybygg ved anleggene på Østmarken avgjøres av Industridepartementet.»

Industridepartementet bestemte (regjeringskonferanse 14. mai 1957) at beliggenheten for NGU skal være Østmarken.

I premissene for Stortingets vedtak er det uttalt at de tre institusjoner NGU, GM og SR bør få en felles administrerende direktør. Det forutsettes at styret opphører, eventuelt erstattes med et råd.

Ved Kgl. resolusjon av 1. november 1957 ble direktør, bergingeniør Karl Ingvaldsen beskikket som direktør for Fellesinstitusjonen for Norges geologiske undersøkelse, Geofysisk Malmleting og Statens råstofflaboratorium, for et tidsrom av tre år. Industridepartementet har senere bestemt at tiltredelsen skjer pr. 1. januar 1958.

Stortingsvedtaket forutsetter nybygning for NGU. Industridepartementet oppnevnte 2. desember 1957 en plankomité for nybygget, bestående av:

Direktør Karl Ingvaldsen, formann.
Riksarkitekt K. M. Sinding-Larsen.

Direktør Sven Føyn.
Arkitekt Tycho Castberg.

Sekretær Arne Parmann.

Plankomiteén hadde sitt første møte 20. desember 1957. Riksarkitekten opplyste at det vil være teknisk mulig å gjennomføre planleggings- og byggearbeidet slik at innflytning kan skje i 1961, men ikke tidligere. Som sekretær for plankomiteén oppnevnte komiteén kontorsjef Rolf Skjetne, Kautokeino Kobberfelter, Trondheim.

Styre

Styret for Norges geologiske undersøkelse har i året 1957 hatt følgende sammensetning:

1. Direktør Karl Ingvaldsen, formann.
2. Professor Arne Hofseth.
3. H.r.advokat Arne Kr. Meedby.

Styret var også styre for Geofysisk Malmleting og Statens råstofflaboratorium.

Styret har hatt 5 møter i 1957.

Industridepartementet har løst styremedlemmene fra deres verv pr. 31. desember 1957.

Personale

Avskjed:

Bergingeniør Brynjulf Dietrichsons vikariat i statsgeolog II-stilling utløp 28. februar 1957.

Statsgeolog i midlertidig stilling dr. philos. Frank M. Vokes sluttet 31. mars 1957.

Teknisk assistent i midlertidig stilling Knut Erikson sluttet 6. april 1957.

Vitenskapelig assistent i midlertidig stilling licencié en sc. geologiques et mineralogiques Tony Van Autenboer sluttet 9. april 1957.

Teknisk assistent Sigurd Lunestad sluttet 19. mai 1957.

Preparant i midlertidig stilling Knut O. Bruun sluttet 15. juni 1957.

Statsgeolog i midlertidig stilling Finn J. Skjerlie sluttet 31. desember 1957.

Tilsetninger:

Kjemitekniker Liv Berit Bolkesjø ble pr. 15. januar 1957 ansatt som teknisk assistent I.

Cand. real. Fredrik Hagemann ble pr. 1. mars 1957 ansatt som statsgeolog II.

Midlertidig vitenskapelig assistent II Paul H. Reitan, B.A., ble pr. 1. mars 1957 ansatt i midlertidig stilling som vitenskapelig assistent I.

Erling Eriksen ble pr. 26. mars 1957 ansatt i midlertidig stilling som teknisk assistent I.

Sverre J. Teveldal ble pr. 6. mai 1957 ansatt i midlertidig stilling som preparant I.

Dwight F. Crowder, M.Sc., ble pr. 15. juni 1957 ansatt i midlertidig stilling som statsgeolog I.

Cand. mag. Harald Skålvoll ble pr. 1. juli 1957 ansatt i midlertidig stilling som vitenskapelig assistent II.

Halvard Tidemann Klemetsrud ble pr. 1. juli 1957 ansatt som teknisk assistent I.

Cand. real. Thor Lorck Sverdrup ble ansatt i midlertidig stilling som statsgeolog II. Han tiltrer 1. februar 1958.

Tjenestefrihet:

Statsgeolog Per Holmsen ble innvilget tjenestefrihet uten lønn i ett år fra 1. oktober 1957. Han er fra den dato ansatt som geolog ved Norges statsbaner.

Ved utgangen av året 1957 hadde NGU følgende personale i hovedstilling:

Direktør:

Føyn, Sven, cand. real., a. 13. september 1951.

Statsgeologer I:

Broch, Olaf Anton, cand. real., a. 1. juli 1930.

Poulsen, Arthur O., cand. min. a. 1. juli 1937.

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.

Statsgeologer II:

Skjeseth, Steinar, cand. real., a. 1. juli 1952.

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.

Midlertidige statsgeologer:

Holmsen, Gunnar, dr. philos.

Crowder, Dwight F., M.Sc.

Sverdrup, Thor Lorck, cand. real. (tiltrer 1. februar 1958).

Vitenskapelige assistenter:

Larssen, Kari Egede, cand. real., a. 1. juli 1953.

Reitan, Paul H., B.A., midl.

Skålvoll, Harald, cand. mag., midl.

Laboratorieingeniør:

Bruun, Brynjolf, sivilingeniør, a. 1. januar 1951.

Kontorsjef:

Bertheau-Hansen, Chr., cand. min., a. 1. januar 1948.

Tekniske assistenter:

Wilhelmsen, John Willy, a. 23. juli 1954.

Bolkesjø, Liv Berit, a. 15. januar 1957.

Klemetsrud, Halvard Tidemann, a. 1. juli 1957.

Eriksen, Erling, midl.

Preparanter:

Jacobsen, Knut, a. 1. januar 1943.

Tevelde, Sverre, midl.

Laboranter:

Larssen, Rolf, a. 1. oktober 1952.

Tegnere:

Engelsrud, Dagny, a. 15. oktober 1925.

Vikholt, Hallfrid, a. 1. mars 1955.

Kontorfullmektig:

Øverland, Signe, a. 1. januar 1953.

Kontorassistenter:

Hjerpseth, Randi, a. 1. desember 1955.

Andersen, Eva, a. 1. september 1956.

Bud og kontorassistent:

Tscherning, Ida, midl.

Den oppførte dato for ansettelsen angir det tidspunkt da funksjonen ble knyttet til NGU i hovedstilling.

NGU har enn videre i deltidstilling eller timelønt: 1 vaktmester, 2 rengjøringskvinner, 4 tegner- og kontorassistenter, 1 vitenskapelig assistent, 1 laboratorieassistent.

I statsgeolog II-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> 1956/57	<i>Budsjett</i> 1957/58
Inntekter:		
3. Salg av kart og publikasjoner	kr. 2956,55	kr. 2000,00
2. Oppdrag vedr. hydrogeologi		» 60000,00
3. Andre oppdrag	» 16396,33	» 5000,00
	<u>kr. 19352,88</u>	<u>kr. 67000,00</u>

Statsbudsjettets kap. 551.

Utgifter:		
1. Lønninger	kr. 385 117,30	kr. 387000,00
2. Kontorutgifter	» 86 585,63	» 78 500,00
3. Markarbeid	» 99 935,76	» 85 000,00
4. Trykning av kart og publikasjoner	» 119 569,87	» 50 000,00
5. Anskaffelser av instrumenter og inventar	» 29 976,67	» 20 000,00
6. Driftsutgifter ved laboratorier	» 26 248,55	» 22 000,00
7. Oppdragsvirksomhet i hydrogeologi		» 60 000,00
8. Ekstraordinært til NGU's jubileum		» 10 000,00
9. Ymse	» 7 965,17	» 8 000,00
	<u>kr. 755 398,95</u>	<u>kr. 720 500,00</u>

Statsbudsjettets kap. 555. Malmundersøkelser.

Utgifter:		
1. I Finnmark	kr. 320 953,28	kr. 220 000,00
2. Utenom Finnmark	» 51 013,78	» 40 000,00
	<u>kr. 371 976,06</u>	<u>kr. 260 000,00</u>

Geologisk kartlegging

Den geologiske kartlegging ved NGU utføres dels som ledd i det systematiske arbeid med utgivelsen av geologiske kart i målestokk 1 : 100000 eller i 1 : 250000, dels som undersøkelser av spesielle geologiske formasjoner. Kartverket i målestokken 1 : 100000 (rektangel- og gradteigbladene) er kombinerte berggrunns- og løsavleiringskart, mens de kart som NGU for tiden utgir i 1 : 250000 (landgeneralkart) danner et spesielt kartverk over de løse avleiringer. Kartene utgis med beskrivelse (jfr. NGU's liste over publikasjoner og kart).

I 1957 har NGU gjort geologisk kartlegging innen følgende rektangel- og gradteigkart:

D 36 Ø (Mellom Vinjesvingen og Åmot i Telemark) ved cand. real. Gerd Brevig Liestøl. Som assistent deltok stud. real. Ellen Sigmond.

Kviteseid (Telemark). Supplerende observasjoner er gjort av konservator J. A. Dons, førstekonservator H. Neumann og stud. real. Borghild Nilssen. Kartleggingen av dette kartbladet er fullført som helhet betraktet.

Rjukan (Telemark) ved konservator J. A. Dons, som derved har fullført den geologiske kartlegging av dette kartblad. Som assistent deltok en sveitsisk geolog, Alec Baer, og en kortere tid cand. mag. Fredrik Wolff.

Hamar og Gjøvik (Hedmark og Oppland). Det kvartærgeologiske kartleggingsarbeidet er fortsatt av vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen, cand. mag. Ole K. Ihle, teknisk assistent John Wilhelmsen, stud. real. Halldis Bollingberg, stud. real. Lisbeth A. Reh, dessuten har cand. mag. Harald Skålvoll deltatt en kortere periode. Da resultatet av kartleggingen er forutsatt trykt i målestokk 1 : 50000, svarende til det nye kartverket som Norges geografiske oppmåling forbereder i denne målestokk, er grensene for det kartlagte område gjort overensstemmende med grensene for kartblad i denne nye serie av gradteigkart. Den kvartærgeologiske kartlegging ble fullført i et område svarende til fire slike nye gradteigkart.

Det ble innsamlet 125 prøver til nærmere analyse ved labora-

toriet. Dessuten er det foretatt tachymetermålinger av nivåer på begge sider av Mjøsa.

Bearbeidelsen av det innsamlede materiale er fortsatt i vinterhalvåret av H. Skålvoll, O. K. Ihle og J. Wilhelmsen i samarbeid med amanuensis Rolf Selmer-Olsen.

Cand. mag. Audun Hjelle har foretatt supplerende observasjoner innen det grunnfjellområde i den sørlige del av rektangelbladet Hamar som han har kartlagt de to foregående somre.

Vinstra og Sjodalen (Oppland) ved bergingeniør Brynjulf Dietrichson.

Oppdal (Sør-Trøndelag) ved statsgeolog Per Holmsen. Vanskelige værforhold hindret statsgeologen i å gjennomføre kartleggingen av de høyeste og vanskeligst tilgjengelige deler av kartbladet.

Terningen (Sør-Trøndelag). Professor dr. Hans Ramberg har fortsatt den geologiske kartlegging av gneisområdene innen dette rektangelblad. Som assistent medvirket stud. real. Sigbjørn Kollung.

Børgfjell (Nordland). Stud. real. Arne Grønhaug og stud. real. Magne Gustavson har gjort geologisk kartlegging av vestre del av dette kartblad, i tilslutning til den geologiske kartlegging som dr. Trygve Strand tidligere har foretatt lenger øst.

Čier'te (S7, nær grensen mot Finland, Nordreisa i Troms). Statsgeolog dr. Tore Gjelsvik foretok supplerende kartlegging og fullførte derved kartleggingen av den prekambriske berggrunn innen kartbladet. Statsgeolog Rolf Feyling-Hanssen har fullført den kvartærgeologiske kartlegging av området, og denne kartlegging er utvidet i form av en rekognosering nordvestover til kysten, slik at man får fram et bilde av isavsmeltningen i Nordreisa-området.

Tromsø og Målselv (Troms). Som et ledd i utarbeidelsen av beskrivelse til disse kartbladene har direktør Kåre Landmark gjort supplerende iakttagelser ved Balsfjorden og Ullsfjorden. Blant annet er grenseforholdene mellom den sedimentære serie og Lyngengabbroen studert.

Komagfjord og Hammerfest (Finnmark). Vitenskapelig assistent Paul H. Reitan har fortsatt den geologiske kartlegging av Raipasformasjonens bergarter innen disse kartblad. Som assistent deltok geologistuderende W. Stuart Watt (Durham, England).

Skoganvarre og Stabbursdalen (Finnmark). Statsgeolog Dwight F. Crowder og vitenskapelig assistent Harald Skålvoll har kartlagt geologisk grunnfjellområdet i Lakselvdalen mellom Porsangerfjordens sørende og Skoganvarre, så vel berggrunnen som løsavleiringene. Rekognoserende reiser ble dessuten foretatt fra Skoganvarre mot øst til granulittområdet, og fra Skoganvarre mot sørvest over Finnmarksvidda til Masi.

Laksefjordvidda og Lebesby (Finnmark). Direktør Sven Føyn har fortsatt den geologiske kartlegging innen disse kartbladene. Som assistenter deltok teknisk assistent Halvard T. Klemetsrud, stud. real. Hans Chr. Seip og preparant Sverre Teveldal.

Av Grong-feltets kartblad er i 1957 trykt og utgitt *Namsvatnet med en del av Frøyningsfjell* med beskrivelse (kartlegging ved Steinar Foslie, beskrivelse ved Trygve Strand). Rektangelbladene *Trones*, *Tunnsjø* og *Sanddøla* foreligger ved årsskiftet i prøvetrykk, og vil bli trykt i 1958. Som ledd i utarbeidelsen av kartbeskrivelse til disse kartblad har statsgeolog dr. Chr. Oftedahl fortsatt undersøkelser i marken.

En oversikt over Grong-feltets skjerp og kisforekomster på grunnlag av Foslies observasjoner er utarbeidet av dr. Oftedahl og foreligger ved årsskiftet i manuskript. Den vil bli trykt i første halvdel av 1958. Malmundersøkelser i Grong-feltet 1957, se side 144.

Et oversiktskart i målestokk 1 : 250000 over berggrunnen i den vestlige del av Finnmarksvidda, og tilhørende avhandling, utarbeidet av P. Holmsen, P. Padget og E. Pehkonen, er trykt og utgitt som nr. 201 i NGU's serie.

Arbeidet med kvartærgeologisk kartverk i målestokk 1 : 250000 er fortsatt ved pensj. statsgeolog dr. Gunnar Holmsen. De kvartærgeologiske landgeneralkartene *Ljørdalen* og *Østerdalen* er innlevert til trykning i Norges geografiske oppmåling. Teksten til *Ljørdalen* foreligger i manuskript. Tekst til *Østerdalen* er under arbeid.

En del supplerende iakttagelser over dalfyllingen i Storelvdal mellom Stai og Atna ble utført av dr. Holmsen.

Undersøkelse av spesielle formasjoner.

Statsgeolog Dwight F. Crowder har, foruten arbeid i Finnmark, utført en geologisk kartlegging av et 55 km² stort migmatittområde like nord for Kristiansand. Kartleggingen ble utført på et moderne topografisk kart i målestokk 1 : 25000.

Dr. Arne Bugge har gjort geologiske iakttagelser på begge sider av grunnfjellsbreksjen i Aust-Agder mellom Nelaug og Flaksvatnet. Arbeidet er en supplering av tidligere observasjoner i forbindelse med kartleggingen av grunnfjellsbreksjen og de tilgrensende bergarter.

Vitenskapelig assistent Paul H. Reitan har, foruten arbeid i Finnmark, foretatt innsamling av prøver fra en pegmatittgang i dens sidebergarter på St. Hansholmen ved Risør, og fortsatt bearbeidelse av materiale som han har samlet tidligere i Risør-trakten.

Geolog Chr. C. Gleditsch har foretatt kartlegging av de prekambriske gneis- og granittområder i Hvaler, med en del arbeid også i Kråkerøy og Onsøy. Arbeidet er en fortsettelse av det arbeid som ble utført i 1947—51.

Vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen har, foruten kvartærgeologisk kartlegging i Mjøsdistriktet, fortsatt nivelleringsarbeid og innsamling av materiale i Vestfold i forbindelse med bearbeidelse av pollenmaterialet. Dette arbeid skjer i samarbeid med Universitetet i Bergen og delvis med bidrag fra Norges almenvitenskapelige forskningsråd. Fem prøver er sendt til C 14-laboratoriet ved Norges tekniske høyskole for aldersbestemmelse. I årets løp er dessuten undersøkt til sammen 58 prøver av forskjellig art (pollen, diatoméer, treslag) for Universitetets geologiske og geografiske institutter og for Oldsaksamlingen. Dessuten har hun foretatt to befaringer for Oldsaksamlingen (en til Eidanger og en til Brunlanes).

Professor dr. Olaf Holtedahl har gjort tektonisk-geologiske studier med en mer detaljert kartlegging av fjellpartiet Grønsennknipa som ligger dels innen Slidre-, dels innen Gol-bladets område. Området er av stor viktighet i forbindelse med sentrale «fjellkjedeproblemer» slik det fremgår av V. M. Goldschmidts arbeide fra 1916: «Konglomeratene inden høifjeldskvartsen» (N.G.U. 77). Han har dessuten forsøkt å klarlegge om det ved Randsfjorden forekommer «varvige» leirer (som kan anvendes til årstilling) utover det som hittil er kjent. Reisen ble foretatt etter tilskyndelse av den svenske varv-spesialist fru Ebba Hult De Geer, og for boringsarbeidet hadde Vegdirektoratet stillet bil, folk og utstyr gratis til disposisjon.

Cand. real. Fredrik Huseby har fortsatt kvartærgeologisk detaljkartlegging av Trondheims omegn.

Lektor Torbjørn Fjellang har — som ledd i en regional oversiktsundersøkelse — gjort observasjoner over glacialmorfologi og deglaciasjonsspor i nordvestre del av Finnmarksvidda (Alta — Kautokeino).

I tillegg til annet geologisk feltarbeid har N G U's direktør og de fleste av geologene utført rekognoseringer som forberedelse til planlegging av ekskursionsjoner i forbindelse med den XXI Internasjonale geologkongress, som vil bli holdt i de nordiske land i 1960.

Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer

Birtavarre.

Redegjørelse for det malmgeologiske arbeid i Birtavarre er trykt og utgitt som NGU's publikasjon nr. 199 (Frank M. Vokes: The copper deposits of the Birtavarre district. Med sammendrag på norsk: Kopperforekomster i Birtavarre-området, Troms).

Grong-feltet.

I forbindelse med de generelle geologiske undersøkelsene ved dr. Oftedahl (se side 142) har NGU fortsatt med blokkleting i området. Som assistent medvirket stud. real. Torstein Våland. Forøvrig ble blokkletingen også i år drevet med seks mann, derav to av fjorårets folk.

Blokkletingen ble utstrakt til Bindalen, hvor det fra adskillig år tilbake har vært konstatert tilstedeværelsen av mange og store blokker av kopperholdig svovelkis, blokker som man ikke kjente opprinnelsen til. De to øvde blokkletere startet i Bindalen og klarte i løpet av arbeidssesongen å finne en klar blokkvifte fra Bindalen over fjell og dal tilbake til Joma som utgangspunkt for blokkene. En redegjørelse ved Oftedahl for resultatene av dette arbeid vil bli trykt i Årbok 1957. De fire nye folk arbeidet, etter å ha fått instruksjon, i Holmmofeltet vest for Tunnsjøfeltet.

Uranundersøkelser.

Feltundersøkelsene 1957 fordeler seg dels på en lang rekke befaringer i det sørlige Norge, dels på mer sammenhengende undersøkelser i to områder i det nordligste Norge.

Befaringene gjelder flere forekomster i Østfold, forekomst i Snarum, ved Kongsberg, ved Ulefoss, på Stokkeøen og Arøen i Langesundsfjorden, i Aust-Agder, i Vest-Agder, i Vang og Vestre Slidre og Bagn i Oppland, forekomster i Møre og Romsdal, og i Oppdals-feltet i Sør-Trøndelag. Befaringene ble utført av statsgeolog Finn J. Skjerlie, assistert av teknisk assistent Erling Eriksen. I Oppdals-feltet ble undersøkelsene gjort sammen med statsgeolog Per Holmsen i forbindelse med hans geologiske kartlegging av Oppdals-bladet.

De fleste av de lokaliteter som ble undersøkt var forekomster som var funnet av private, og hvorfra det hadde vært innsendt prøver som viste at lokalitetene var verd en noe nærmere undersøkelse. De aller fleste var pegmatitter. Undersøkelsene bekrefter at man neppe kan regne med å finne pegmatitter som for tiden gir grunnlag for drift på uran her i landet.

I Finnmark ble grunnfjellsområdet mellom sørenden av Porsangerfjorden og Skoganvarre undersøkt radiometrisk. Arbeidet, som ble utført av statsgeolog Finn J. Skjerlie og teknisk assistent Erling Eriksen, ble gjort i forbindelse med den geologiske kartlegging av berggrunn og løsavleiringer som ble gjennomført av statsgeolog Dwight F. Crowder og vitenskapelig assistent Harald Skålvoll. Det ble kontstatert at bakgrunnsstrålingen for det meste er svært lav innen hele området, og bare i noen få tilfelle kan en tale om svake anomalier. Imidlertid kunne det påvises at de forskjellige bergartene har en noe forskjellig bakgrunnsstråling, som altså er karakteristisk for vedkommende bergart i området. Det må betraktes som fastslått at det ikke opptrer drivverdige uranforekomster innen det undersøkte område.

Som oppdrag for en privatmann ble det ved statsgeolog Skjerlie og teknisk assistent Eriksen utført en undersøkelse i nærheten av Tromsø.

Geokjemisk prospektering.

I tiden 26. juni—13. juli foretok NGU geokjemiske undersøkelser i traktene ved Grua, Oppland, i samarbeid med Statens jordundersøkelser, Norges Landbrukshøgskole, ved prof. J. Låg.

Fra NGU deltok statsgeologene S. Skjeseth og F. Hagemann, kjemiingeniør B. Bruun, kjemiteknikerne frk. L. Bolkesjø og fru E. Padget, og laborant R. Larssen, fra Landbrukshøgskolen professor J. Låg og landbrukskandidatene Ø. Hvatum og O. Einevoll. Hensikten med disse undersøkelsene var i første rekke å skaffe best mulig rede på anvendbarheten av geokjemiske prospekteringsmetoder, og finne fram til fordeling av bly, zink og kopper i overflatevann, grunnvann, slam i bekker (silt), jordprofiler og i vegetasjonen i et begrenset område.

Området ved Grua er godt egnet til slike undersøkelser. Det ligger på grensen mellom Oslo-feltets dyperuptiver og Hadelands kambrosilur. I kontaktsonen mellom eruptiver og sedimenter finnes blyglans og zinkblendeforekomster, som har vært gjenstand for drift i flere perioder. Området ligger ved et vannskille med klare dreneringsforhold. Det kuperte terrenget, og bergartene som har vidt forskjellige hydrologiske egenskaper (kalkstein og eruptiver), passer godt til studier av grunnvannet. Større og mindre kilder opptrer i forbindelse med yngre mineraliserte forkastnings-soner og karstfenomener i kalksteinene.

Området deles i to naturlige felt etter hovedveg og jernbane. Øst for denne ligger de gamle Nysætergruvene langs øst-vestgående grense mellom granitt og steiltstående kalkstein. På vestsiden har en Mutta- og Skjærpemyrforekomstene på grensen mellom syenitter og flattliggende kalkstein.

Bekkevannet ble analysert fra Harestuvannet opp til forekomstene. De anomalierne en her kom fram til, ble jevnført med grunnvannprøver og orienterende prøver av jordsmonn.

De yngre forkastninger nær kontaktsonene kunne følges ved positive anomalier. To profiler på tvers av de mineraliserte soner, der en hadde de største anomalier, ble til slutt undersøkt i detalj. Prøver av forskjellige horisonter i flere jordprofiltyper (podsol, brunjord, myr) ble analysert i marken. Samtidig ble det samlet parallelle prøver til laboratorieundersøkelser som nå er igang ved NGU's laboratorium. Det ble også tatt prøver av vegetasjonen ved de enkelte prøvehull. Gran og or ble valgt til analyseforsøk.

Analyseresultatene fra laboratorium og felt vil gi opplysninger om geologiske faktorer en må ta hensyn til ved den geokjemiske prospekteringen. Noen av disse er: fjellgrunn (bergarter og tektonikk), karakter og mektighet av løsavleiringer, jordprofiltype, dreneringsforhold, grunnvannets bevegesretning og grunnvannspeilets nivå.

Diverse malm- og mineralforekomster.

Statsgeolog Arthur O. Poulsen har fortsatt undersøkelser av mineralforekomster på Sørlandet, spesielt feltspat- og kvartsforekomster. Arbeidet foregår i forbindelse med Utvalget for mineralundersøkelsene i Aust-Agder.

Sammen med eieren av bergrettighetene til Borrass-forekomstene i Alta besøkte statsgeolog dr. Tore Gjelsvik dette skjerp og enkelte sønnenfor som var antatt å tilhøre det samme drag. Kopper-koboltnikkel-mineraliseringen i Borrass er en interessant foreteelse, men den virket nokså tilfeldig og ubetydelig. Noe malmforråd av betydning kunne ikke påvises. Malmen viste seg å være ikke radioaktiv. En geologisk detaljkartlegging av Borrass-området kan være ønskelig, spesielt med sikte på å finne en sammenheng mellom mineraliseringen og strukturelle eller petrografiske trekk i bergbygningen forøvrig. (Geologisk kart over gradteigbladet Alta i målestokk 1 : 200000 foreligger fra før i NGU nr. 84.)

NGU's geologer har som vanlig under sine reiser leilighetsvis foretatt befaringer av forskjellige slags forekomster etter anmodning fra offentlige organer og private. NGU har dessuten i årets løp besvart en rekke forespørsler og avgitt uttalelser om prøver av malm og andre bergarter og løse avleiringer som er blitt innsendt eller innlevert til NGU.

Anleggsgeologi

NGU har som vanlig foretatt befaringer og avgitt uttalelser av anleggsgeologisk art.

Skred-undersøkelser

Etter avtale mellom NGU, Norges geotekniske institutt og Landbruksdepartementet (Naturskademidlene) er den systematiske forskning vedrørende fjellskred overtatt av Norges geotekniske institutt. Skredundersøkelser foretas av NGU derfor bare i forbindelse med andre geologiske arbeider i området, mens henvendelser om skredundersøkelser forøvrig oversendes til Norges geotekniske institutt.

Hydrogeologi

Statsgeologene S. Skjeseth og F. Hagemann har i løpet av året foretatt undersøkelser vedr. grunnvannforekomster og gitt vegledning om utnyttelse av disse. I tillegg til de områder som har vært besøkt tidligere, har statsgeolog Hagemann foretatt en orienterende reise til Troms — Finnmark i forbindelse med dypbrønnsboring der.

Den hydrogeologiske seksjon har sammen med teknisk assistent J. Wilhelmsen utført flere prøveboringer i løsavleiringer, til hjelp for planlegging og utbygging av rørbrønner. En kort beskrivelse av brønner i løsavleiringer og rørbrønner i Norge vil bli gitt i Årbok 1957.

De siste årene har seksjonen kartlagt og undersøkt naturlige kilder i landet. Til Årbok 1957 er skrevet en oversikt over forskjellige kilde typer fra fjell og løsavleiringer.

Innsamling av opplysninger om grunnvann i landet fortsetter på samme måte som tidligere, i samarbeid med Landbruksdepartementet, Landbruksteknisk forening og Statens institutt for folkehelse. En rekke av borfirmaene har velvilligst medvirket i dette arbeid. Materialet danner grunnlag for en regional kartlegging og undersøkelse av alle grunnvannforekomster, som nå vil bli tatt opp. Planen er å gi en regional beskrivelse av grunnvannets opptreden og bl. a. dets betydning for vannforsyning i de enkelte fylkene.

En avhandling av Steinar Skjeseth: Kvaliteten av grunnvann, ble trykt i NGU nr. 200, Årbok 1956.

Ansvarshavende for vannboringsarkivet er statsgeolog Steinar Skjeseth.

Lokaler

NGU hadde før krigen lokaler i Kronprinsensgt. 6, 8 og 10. Etter bombingene i 1942 måtte institusjonen flytte derfra og fikk da midlertidig administrasjonskontorer i Wergelandsveien 2 (Grotten) med en del kontor- og lagerplass i kjelleretasjen i St. Olavsgt. 35.

I 1946 flyttet NGU til Klingenberggt. 7. I 1947 måtte institusjonen igjen flytte og ble anvist lokaler i Josefinesgt. 34, hvor den nå holder til.

Josefinesgt. 34 består av en to-etasjes murbygning med en sidebygning. Det samlede gulvareal er ca. 500 m² netto. Lokalene er lite hensiktsmessige. Fra 1. september 1952 har NGU leiet laboratorie-plass og 4 provisoriske kontorrom i Universitetets geologiske museum,

Tøyen (ca. 200 m²). NGU har videre i 1957 fått bruke to kontorrom i en av brakkene på Blindern, tilhørende Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd. Etter fullføringen av Geologisk institutt på Blindern har NGU fått adgang til å disponere to kontor- og arbeidsrom i dette bygg, med adgang til bruk av laboratorier.

Til magasinering av bergartsprøver har NGU et kjellerrom i Sommerrogt. 15, et loftsrom i Trondheimsvn. 132 og kjellerrom i Oslo Katedralskole. En del av boksamlingen er magasinert i Josefinesgt. 37. Gjennom et transportbyrå har NGU leiet en del lagerplass i Kampens lagerhaller på Kampen.

Som nevnt i begynnelsen av årsberetningen har Industridepartementet oppnevnt en plankomité som skal forberede reising av nybygg for NGU på Østmarknesset i Trondheim, et bygg som forutsettes å stå ferdig til innflytning i 1961.

Bibliotek

Biblioteket har hatt en tilvekst på 1245 nummer og består av ca. 37900 nummer, bind og særtrykk tilsammen. En del bøker og serier som NGU fikk testamentert etter bergingeniør H. H. Smith har det hittil ikke vært tid til å registrere.

Som biblotekar har fungert statsgeolog Arth. O. Poulsen.

Bergarkiv

Bergarkivet omfatter ved årets slutt 3370 rapporter, hvorav 2901 behandler mutbare ertser og mineraler, mens resten, 469 nummer, behandler industrielle mineraler og bergarter.

Tilveksten i det forløpne år var 159 rapporter, hvorav 119 tilhører første gruppe og 40 annen gruppe. Tilveksten skyldes hovedsakelig bergingeniør H. H. Smith's etterlatte arkivsaker som han testamenterte NGU.

NGU har dessuten mottatt rapportmateriale etter bergingeniør A. Gurholt. Registreringen av dette materiale er ennå ikke avsluttet. Også som gave har institusjonen mottatt rapporter fra professor dr. W. Werenskiold.

Kartsamlingen er økt med 33 nummer og består nå av 1341 kart, og samlingen av tracinger er økt med 262 nummer og omfatter nå 1396 nummer.

Ansvarshavende for bergarkivet er statsgeolog Arth. O. Poulsen.

Laboratorier

NGU's kjemiske laboratorium har lokaler i Geologisk museum. I løpet av året har det utført 52 fullstendige silikatanalyser og ca. 330 andre analyser og oppdrag. Foruten analyser i forbindelse med NGU's eget arbeid er det utført oppdrag for Geologisk museum, A/S Norsk Nepheline, A/S Rana gruver. I juli deltok NGU's mobile kjemiske laboratorium i geokjemiske feltundersøkelser ved Grua.

Spektralanalysene er blitt utført ved Sentralinstituttet for industriell forskning.

Leder av det kjemiske laboratorium er laboratorieingeniør Brynjolf Bruun.

I *Jordartslaboratoriet* (Josefinesgt. 34) er det i det forløpne år foretatt 75 differensialtermiske analyser og 300 mekaniske analyser, som delvis har vært knyttet til kartbladsbearbeidelsen.

I forbindelse med vannforsyning fra kvartære avsetninger er det foretatt 12 oppdrag med ialt 30 reisedager.

Enkelte prøver for industri- og privatfolk er undersøkt, i et par tilfelle er det utført mer omfattende analyser. Dessuten har laboratoriet utført analyser for geologer i andre etater.

To ingeniører fra private bedrifter har en kortere tid hospitert ved laboratoriet for opplæring i diverse analysemetoder.

Ansvarshavende for jordartslaboratoriet har også i inneværende år vært teknisk assistent J. W. Wilhelmsen. To hovedfagsstuderende har gjennom hele året vært knyttet til jordartslaboratoriet som vitenskapelige assistenter i halvdags post.

Mikropaleontologisk laboratorium. Ved elskverdig imøtekommenhet fra Geologisk institutt har NGU fått anledning til å innrede et lite mikropaleontologisk laboratorium i et rom i kjelleren i Geologisk institutts bygning på Blindern, som ble ferdig og tatt i bruk ved utgangen av året.

Radiometrisk laboratorium (Josefinesgt. 34). Foruten bearbeidelse av eget innsamlet materiale fra feltundersøkelsene har laboratoriet undersøkt en stor mengde innsendte prøver, og besvart en lang rekke forespørsler, både innsendte og personlige, eller pr. telefon.

Den viktigste nyanskaffelse er en α -scintillasjonsteller til bruk sammen med tidligere anskaffet scaler. Telleren brukes til enkel og rutinemessig registrering av urans og thoriums opptreden som sporstoffer. Telleren kan også anvendes for grovere aldersbestemmelser av mineraler og bergarter.

Befaringene i marken foregår i stor utstrekning ved hjelp av NGU's Land-Rover, hvor det er montert Geiger-Müller-teller med registreringsapparat («Car Survey Equipment 1181 B»). Håndbårne Geiger-Müller-tellere og scintillometre medbringes.

I statsgeolog Thor Siggeruds fravær under studiereisen i U.S.A. og Canada, som varte praktisk talt hele året, har statsgeolog Finn J. Skjerlie vært leder av NGU's seksjon for uranundersøkelser og radiometrisk laboratorium.

Publikasjoner

I NGU's serie er i 1957 utkommet:

- Nr. 196. Steinar Foslie† og Trygve Strand: *Namsvatnet med en del av Frøyningsfjell*. Geologisk kart og beskrivelse. (S.) 82 s.
- Nr. 197. Rolf W. Feyling-Hanssen: *Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway*. (Sammendrag: Mikropaleontologi anvendt på geotekniske problemer i Norge.) 69 s.
- Nr. 199. F. M. Vokes: *The copper deposits of the Birtavarre district, Troms, Northern Norway*. (Sammendrag: Kopperforekomster i Birtavarre-området, Troms.) 239 s.
- Nr. 200. Årbok 1956. (Innhold: Tony Van Autenboer and Finn J. Skjerlie: *Brannerite, a new mineral in Norway*. (Sammendrag: Brannerit, et nytt mineral i Norge.) Brynjulf Dietrichson: *Valdressparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen*. (S.) Rolf W. Feyling-Hanssen, Per Chr. Sæbø and J. Wilhelmsen: *A clay sample from Tangen brickwork*. (Sammendrag: En leirprøve fra Tangen teglverk.) Per Holmsen: *De eokambriske lag under hyolithussonen mellom Čarajavrre og Časkias, Vestfinnmark*. (S.) Christoffer Oftedahl: *Jomafore-*

komstens blokkvifter. (S.) Steinar Skjeseth: *Kvaliteten av grunnvann.* (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.* (Sammendrag: Noen kopppermineralparageneser fra Raipasformasjonen i Nord-Norge.) F. M. Vokes: *On the presence of minerals of the linnaeite series in some copper ores from the Raipas formation of Northern Norway.* (Sammendrag: Om tilstedeværelsen av linnaeitemineraler i noen koppermalm fra Nord-Norge.) Direktør Sven Føyn: *Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1956.* Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 159 s.

Nr. 201. Per Holmsen, Peter Padget and Eero Pehkonen: *The precambrian geology of Vest-Finnmark, Northern Norway.* (Sammendrag: Vestfinnmarks prekambriske geologi.) 106 s.

Følgende geologiske manuskriptkart er under teknisk forberedelse til trykning i Norges geografiske oppmåling:

Rektangelbladene Trones, Tunnsjø, Sanddøla, Nordli, Jævsjø, Bjørkvassklumpen. Av Steinar Foslie. De tre førstnevnte foreligger ved årsskiftet som prøvetrykk.

De kvartærgeologiske landgeneralkart Ljørdalen og Østerdalen. Av Gunnar Holmsen.

I andre tidsskrifter er det i 1957 trykt 7 avhandlinger eller artikler av NGU's stab:

1. Tore Gjelsvik: *Pitchblende mineralization in the Precambrian plateau of Finnmarksvidda, Northern Norway.* Geol. För. Förhdl., Band 79, 1957, h. 3, pp. 572—580.
2. Tore Gjelsvik: *Geochemical and Mineralogical Investigations of Titaniferous Iron Ores, West Coast of Norway.* Econ. Geology, Vol. 52, No. 5, August 1957, U.S.A., pp. 482—498.
3. Fredrik Hagemann: *On the petrography of the Silurian shales from Hadeland, Norway.* Norsk geol. tidsskr., bd. 37, h. 2, 1957, pp. 229—246.
4. Chr. Oftedahl: *Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. XV. Origin of Composite Dikes.* Skr. utg. av Det Norske Vidensk. Akad., Oslo 1957. 17 s.

5. Chr. Oftedahl: *Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. XVI. On Ignimbrite and Related Rocks.* Skr. utg. av Det Norske Vidensk. Akad., Oslo 1957. 21 s.
6. Arth. O. Poulsen: *The occurrence of manganese in Norway.* Symposium sobre yacimientos de manganeso. XX. Congr. Intern. geol. Mexico, Tomo V, Europa, pp. 291—298, Mexico 1956.
7. Paul Reitan: *Pegmatite veins and the surrounding rocks, I. Petrography and structure.* Norsk geol. tidsskr., bd. 36, h. 3, 1956. 25 s.

Undervisning - Ekskursjoner i Norge

NGU's geologer har i løpet av året ved flere høve ledet ekskursjoner for forskjellige skoler og institusjoner her i landet, bl. a. for Oppland skogskole og Kongsberg skogskole. De har medvirket ved utenlandske geologers studiebesøk i Norge, således ved ekskursjoner for «Steno» (den danske geologiske studenterforening), Geologisk institutt ved Universitetet i Frankfurt (leder prof. K. Krejci-Graf), Geologisk institutt ved universitetet i Neuchatel (leder professor E. Wegmann), Geologisk institutt ved Universitetet i Cardiff (professor G. C. Anderson).

Under det geokjemiske feltarbeid ved Grua hadde NGU's gruppe besøk av professor H. V. Warren, University of British Columbia, Canada, og av professor R. H. Carpenter, Golden, Colorado, U.S.A.

Internasjonale geologmøter - Studiereiser i utlandet

3. og 4. januar deltok statsgeologene Thor Siggerud og Finn J. Skjerlie som representanter for NGU i et møte av nordiske urangeologer, som ble holdt i Stockholm etter innbydelse av Sveriges Geologiska Undersökning og av AB Atomenergi.

I tiden 9.—11. mai deltok statsgeolog Finn J. Skjerlie som representant for NGU gjennom Institutt for atomenergi i et møte om urangeologi i Madrid.

Som tjenestereise for Norges geologiske undersøkelse oppholdt statsgeolog Thor Siggerud seg fra midten av januar til slutten av november i U.S.A. Planene for oppholdet i U.S.A. ble lagt opp av U.S. Geological Survey, delvis i samarbeid med U.S. Atomic Energy Commission. Foruten lengre opphold ved U.S.G.S.'s hovedsentra i Washing-

ton D.C. og Denver besøkte Siggerud institusjonenes sentrum i Menlo Park, California, og en del andre avdelingskontorer av U.S.G.S og Atomic Energy Commission. Studieoppholdet omfattet også utstrakte reiser med besøk i områder med uranmineralisering, forekomster og igangværende gruver. Besøket gjaldt også endel forekomster og gruver i Canada, bl. a. Blind River-forekomstene. Hensikten med studieoppholdet var å bli fortrolig med metoder, laboratorie- og feltutstyr anvendt ved uranundersøkelser i U.S.A. og Canada.

Vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen deltok som representant for NGU i den V. INQUA-kongress (internasjonal kongress for kvartærgeologi) med ekskursjoner, som ble holdt i Spania i første halvdel av september.

Statsgeolog dr. Chr. Oftedahl foretok høsten 1957 med stipendium fra Det Videnskabelige Forskningsfond av 1919 en studiereise på ca. 2½ måned til Italia for å studere resent vulkanisme. Han besøkte vulkanstrøket Monte Laziale i nærheten av Rom, Vesuv, tuffstrøket vest for Napoli (Campi Flegrei), Ischia og Capri, Etna og de fire største av de lipariske øer, Salina, Stromboli, Lipari og Vulcano. Hensikten er ved studiet av resent vulkanisme å få bedre grunnlag for forståelse og tolkning av den paleozoiske vulkanisme i Oslofeltet og i den kaledonske fjellkjede.

Statsgeolog dr. Tore Gjelsvik deltok i ekskursjon gjennom de skotske kaledonider, 11.—24. september 1957, arrangert av: «Association pour l'étude géologique des zones profondes de l'écorce terrestre». Utgiftene ved dr. Gjelsviks reise ble dekket ved bidrag fra Sulitjelma-fondet.

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.) (Resumé) 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*: Graptolitførende 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 Hennungbygden, Grans prestegjæld. *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 prestegjælde i Smålenene 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 særligt hensyn til de viktigste jernmalm- og svovelkis-kobberkis-forekomster samt marmorlag. (Z.) 1890. Utsolgt.
4. *Hans Reusch*, med bidrag af *Tellef Dahll* og *O. A. Corneliussen*. 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 representerede grupper af jernmalforekomster. (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. Kr. 1,50.
9. *Amund Helland*: Jordbunden i Norge. (S.) 1893. Utsolgt.
10. *Amund Helland*. Tagskifere, heller og vekstene. 1893. Kr. 3,00.
11. *W. C. Brøgger*. Lagfølgen på Hardangervidda og den såkalte «høifjeldskvarts». (Z.) 1893. Kr. 2,50.
12. *Carl C. Riiber*. 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 existert store, isdæmmende indsjøer paa østsiden af Langfjeldene? *K. O. Bjørlykke*: Høifjeldskvartsens nordøstligste udbredelse. *J. P. Friis*: Utvinding af feldspat og glimmer i Smaalenene. *Amund Helland*: Dybderne i nogle indsjøer i Jotunfjeldene og Thelemarken. *E. Ryan*: Undersøgelse af nogle torvprøver. *Amund Helland*: Opdyrkning af lerfaldet i Værdalen.) 1894. Kr. 2,50.
15. *J. H. L. Vogt*. Dunderlandsdalens jernmalmsfelt 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 jernmalmsforekomst. (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. Aarvog 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*. Terrænundersøgelser og jordboringer i Størdalen, Værdalen og Guldalen samt i Trondhjem i 1894, 95 og 96. (S.) 1898. Kr. 1,00.
 28. Aarvog 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 sølvertsgange (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. Aarvog for 1900. (Indhold: 9 avhandlinger av *H. Reusch*. Nogle optegnelser fra Værdalen. (Det store Værdalskred m. m.) Jordfaldet ved Mørset i Stjørdalen. Høifjeldet 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 forståelsen af hvorledes Norges dale og fjelde er blevne til.) (S.) 1901. Kr. 3,00.

33. Aarvog for 1901. (Indhold: *H. Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1896—1900.) 1902. Kr. 2,00.
34. Aarvog for 1902. (Indhold: *Johan Kiær*: Etage 5 i Asker. (S.) *Reusch*, *Rekstad* og *K. O. Bjørlykke*: Fra Hardangerviddene. (S.) *J. Rekstad*: Iagttagelser fra bræer i Sogn og Nordfjord. (S.) *J. Rekstad*: Geologisk kartskisse over traktene omkring Velfjorden med beskrivelse. (S.)) 1902. Kr. 2,50.
35. *O. E. Schiøtz*. Den sydøstlige del af Sparagmit-kvarts-fjeldet i Norge. (S.) Med kart. Tillegg: *W. C. Brøgger*. *Agnostus gibbus*, Linns. var. *Schiøtzii*. 1903. Kr. 3,00.
36. Aarvog for 1903. (Indhold: *J. P. Friis*: Andøens kulfelt. (S.) *H. Reusch*: Nogle optegnelser fra Andøen. (S.) *H. Reusch*: Fra det indre af Finmarken. (S.) *H. Kaldhol*: Suldalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Fra høifjeldstrøget mellem Haukeli og Hemsedalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Skoggrænsens og sne-liniens større høide tidligere i det sydlige Norge. (S.)) 1903. Kr. 3,50.
37. Aarvog for 1904. (Indhold: *Jens Holmboe*: Om faunaen i nogle skjælbanker og lerlag ved Norges nordlige kyst. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om oversiluren i Brumunddalen. (S.) *Andr. M. Hanssen*: Litt om Mjøsjøkelen. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til kartbladet Dønna. (S.) *Johan Kiær*: Bemærkninger om oversiluren i Brumunddalen. (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. 3,50.
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 Nøstvettypen. Bidrag til kundskaben om ældre norsk stenalder. (Z.) 1905. Kr. 2,00.
43. Aarvog for 1905. (Indhold: *K. O. Bjørlykke*. Om Selsmyrene og Lesjandene. (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 optrædende malmudsondringer. (Z.) *J. Rekstad*: Iagttagelser fra Folgefondens bræer. (Z.) *J. H. L. Vogt*: Om Andøens jurafelt, navnlig om landets langsomme nedsynken under juratiden og den senere hævning samt gravforkastning. (Z.) *C. Bugge*: Kalksten og marmor i Romsdals amt. (S.) *J. Rekstad*: Fra Indre Sogn. (S.)) 1905. Kr. 3,50.
44. Aarvog for 1906. *Hans Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1901—1905. 1907. Kr. 2,50.
45. Aarvog for 1907. (Indhold: *J. Rekstad*: Folgefonnhalsvøens geologi. (S.) *C. Bugge*: Bergverksdriften i Norge 1901—1905. *H. Reusch*: Skredet i Loen

- 15de januar 1905. (S.) *C. Bugge*: Bemerkninger om norsk stenindustri. *Olaf Holtedahl*: 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 fjeldstrøkene mellem Jostedal-bræen og Ringerike. (S.) Med kart. 1908. Kr. 2,50.
48. *K. O. Bjørlykke*. Jæderens geologi. (S.) 1908. Kr. 2,50.
49. Aarvog for 1908. (Indhold: *H. Reusch*: Den geologiske undersøkelses opgaver. *V. M. Goldschmidt*: Profilet Ringsaker—Brøttum ved Mjøsen. (Z.) *G. Holmsen*: Geologiske iagttagelser fra Børgefjeld. (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. Aarvog for 1909. (Indhold: *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra strøket mellem 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 Børgefjeld og trakterne om Namsvandene. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til det geologiske kart over Bindalen og Leka. (S.) *Th. Vogt*: Om eruptivbergartene på Langøen i Vesteraalen. (Z.)) 1910. Kr. 4,00.
54. *Andr. M. Hansen*. Fra Istiderne. 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. Aarvog for 1910. (Indhold: *W. Werenskiold*: Fra Numedal. (S.) *A. Hoel*: Okstinderne. (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. 2,00.
59. Aarvog 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 Fron omraade. (S.) Med kart. 1911. Kr. 5,00.
61. Aarvog for 1912. (Indhold: *Gunnar Holmsen*: Oversikt over Hatfjelddalens geologi. (Z.) *C. Bugge*: Lagfølgen i Trondhjemsfeltet. (S.) *J. Rekstad*: Fra øerne utenfor Saltenfjord. (S.) *J. Rekstad*: En mytilus-fauna under moræne-masser 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 oversiktskart 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 mellem Sætersdalen og Ringerike. (S.) Med kart. 1912. Kr. 2,50.
67. *J. Rekstad*. Fjeldstrøket mellem 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 titanmalmsfelt i Solør og dets differentiationsprosesser. (S.) 1914. Kr. 3,00.
69. Aarbok for 1914. (Indhold: *J. Rekstad*: Fjeldstrøket mellem Lyster og Bøverdalen. (S.) *J. Oxaal*: Kalkstenshuler i Ranen. (S.) *J. Rekstad*: Kalksten fra Nordland. (S.) *H. Reusch*: Nogen bidrag til Hitterens og Smøøens geologi. (S.) *O. Holtedahl*: Fossiler fra Smøøen. (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 karter 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*. Brædæmte 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. Aarbok for 1915. (Indhold: *O. Holtedahl*: Iagttagelser 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 sjømalms 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. Aarbok 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. Aarbok 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. Aarbok for 1918 og 19. (Indhold: *G. Holmsen*: Gudbrandsdalens bræsjo. (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. Homsen*: 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. Aarbok for 1920 og 21. (Indhold: *O. Holtedahl*: Kalksten og dolomit i de østlandske dalfører. (S.) *Arne Bugge*: Nikkelgruber i Bamle. (S.) *S. Foslie*: Raana noritfelt. Differentiation ved «suqeezing». (S.) *J. Rekstad*: Et fund av skjelfførende 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 omraade. (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 syd-norske grundfjeld. (S.) 1922. Kr. 0,75.
96. *J. Rekstad*. Norges hevning efter istiden. (S.) Med kart. 1922. Kr. 1,25.
97. *Olaf Holtedahl* og *Jakob Schetelig*. Kartbladet Gran. (S.) Med kart 1923. Kr. 5,00.
98. Aarbok for 1922. (Indhold: 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. 1923. Kr. 1,00.

101. *Olaf Andersen*. Ildfaste oksydere fysikalske kjemi. Oversikt over nyere præcisionsundersøkelser. (S.) Statens råstoffkomite. Publ. nr. 1. 1922. Kr. 1,50.
102. *Olaf Høltedahl* 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 Råstoffkomite. (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. Johnson*. Glimmermineralernes betydning som kalikilde for planterne. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 8. 1922. Kr. 2,00.
109. *Erling Johnson*. 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 Røddland*. 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 glimmermineralerne 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 bearbeidet av *J. Bull*. (S.) S. R. K. Publ. nr. 17. 1923. Kr. 1,00.
118. *J. Bull*. Prøver med en herdeovn for kulstoffstaa. (Wild. Barfields patent.) Forsøk og undersøkelser utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Råstoffkomite. (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*. Sulitjelmafeltets geologi og petrografi. (S.) Med kart. 1927. Kr. 14,00.

122. Årbok for 1923. (Indhold: Direktørens årsberetning. Statsgeologenes årsberetninger.) 1924. Kr. 2,00.
123. *Gunnar Holmsen*. Hvordan Norges jord blev til. (S.) 1924. Utsolgt.
124. *J. Rekstad*. Hatfjeldalen. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1924. Kr. 8,00.
125. *J. Rekstad*. Træna. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1925. Kr. 8,00.
126. *Steinar Foslie*. Syd-Norges gruber og malmforekomster. Med kart i planformat. 1925. 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 kistraget 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 Braa. (S.) 1929. Kr. 1,50.
133. Årbok for femårsperioden 1924—28. (Indhold: 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 syd-norske grunnfjell samt om Fahlbåndene i Kongsberg ertsdistrikt.) 1929. Kr. 3,00.
134. *J. Rekstad*. 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*. Essexitrekkenes 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. *Volmer Marlow*. 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 gradteigkart Tysfjord. (S.) Med kart. 1941. Kr. 12,00.
150. *Steinar Foslie*. Hellemobotn 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 gradteigkart. (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*. Feltpat. 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 jordsmonn. (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 Oftedahl*. Om sparagmiten 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—1939. (S.) 1946. Kr. 3,00.
167. *Gunnar Holmsen* og *Per Holmsen*. Lerifall i årene 1940—1945. (S.) 1946. Kr. 4,00.
- 168a. *Tom F. W. Barth*. The nickeliferous Iveland—Eve amphibolite and its relation. Med kart. 1947. Kr. 5,00.
- 168b. *Harald Bjørlykke*. Flåt Nickel Mine. Med kart. 1947. Kr. 3,00.
169. *Steinar Foslie*. Melkedalen grube i Ofoten. Søndre Ofotens malmforekomster. 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 malmforekomster 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. Rosenvqist*: 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. Weren-skiold*: Isrand-dannelser ved Atnesjø. (S.) Direktør *Sven Føyn*: 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.) *Brunjulf Dietrichson*: Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. (S.) *Tore Gjelsvik*: Det nord-

- vestlige 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 fossilfynd i Susendalen, Nordland. (Z.) *Johs. Færden*: 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 Oftedahl*: Dekketektonikken i den nordlige del av det østlandske sparagmittområde. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Noen isavsmeltningsfenomener 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 Engenbræ, 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 undersøkelses 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*. Oppsprekning, 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 undersøkelses 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. 1956. 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*: Valdressparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen. (S.) *Rolf W. Feyling-Hanssen*, *Per Chr. Sæbø* and *John W. Wilhelmsen*: A Clay sample from Tangen brickwork. *Per Holmsen*: De eokambriske lag under hyolithussonen mellom Čarajavre og Časkias, Vestfinnmark. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Jomaforekomstens blokkvifter. (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 linnæite 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 undersøkelses publikasjoner og kart.) 1957. Kr. 9,00.
201. *Per Holmsen*, *Peter Padget* og *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 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. *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 Moscogaissa mines, Birtavarre, Troms. *Direktør Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1957. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1958. Kr. 10,00.

Småskrifter.

Av denne serie er utkommet:

- Nr. 1. *Olaf Andersen*. Norges Geologiske Undersøkelse dens oppgaver og virksomhet. 1922. Gratis.
- » 2. *Rolf Falck-Muus*. Avhandlinger og kart 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.

Thor Siggerud. Uran og uranleting. 1956. Kr. 5,00.

Geologi og Norges geologiske undersøkelse. Utgitt i anledning av Norges geologiske undersøkelses 100 års jubileum. 1958. Kr. 1,00.

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.
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.—	»
Gol	1939	Carl Bugge	153	» 8.— ²	
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			»
Linnjavre	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 Linnjavre.
- 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.—	»
Røros	1956	G. Holmsen	198	» 8.—	»
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 farge trykte geologiske kart et utsolgt:

	Trykningsår	Forfatter
Rektangelkart		
Bergen	1880	Th. Hiortdahl, 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. Hiortdahl og M. Irgens
Kristiania	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Levanger	1880—81	Th. Kjerulf og M. Bugge
Lillehammer	1899	Ths. Münster
Melhus	1879	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
Skjørn	1880—81	K. Hauan, Th. Kjerulf og M. Bugge
Stavanger	1921	V. M. Goldschmidt
Stenkjær	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 arkivseksemplarer av de utsolgte kartene.