

27474

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 215

ÅRBOK

1961

UTGITT VED
HARALD BJØRLYKKE
DIREKTØR



OSLO 1962
UNIVERSITETSFORLAGET

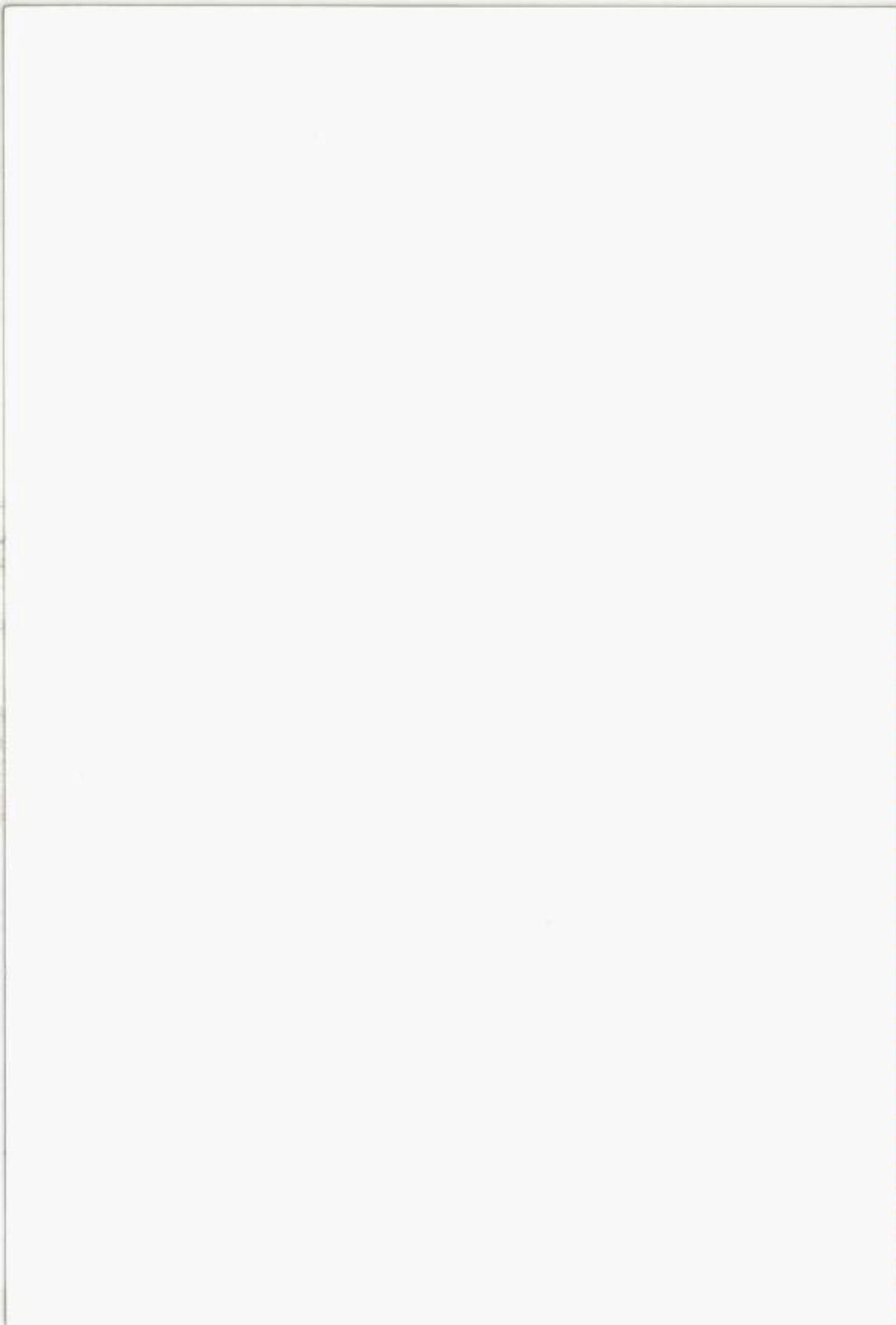


~~63~~/161

55(481)

Innhold.

Knut Ørn Bryn: Fortsetter Horrsjøbergets sedimentserie inn i Norge? Med 3 tekstfigurer. Abstract (in English)	5
Harald Carstens: A Post-Caledonian Ultrabasic Biotite Lamprophyre Dyke of the Island Ytterøy in the Trondheimsfjord, Norway. Med 6 tekstfigurer. Abstract (in English)	10
Arne Grønhaug: Some notes on a Compiled Gravimetric Map of Southern Scandinavia. Abstract (in English)	22
Audun Hjelle: Ultrabasisisk biotittførende lamprofyrgang ved Skabberud, Stange. Med 2 tekstfigurer. Abstract (in English)	30
M. Marthinussen: C ₁₄ -datings referring to shore lines, transgressions, and glacial substages in Northern Norway. (A supplement to Papers of 1960 and 1961 by the Author). With 2 plates	37
Dag Risdal: En undersøkelse av kvartære, økostratigrafiske soner i Drammen, på grunnlag av foraminiferer. Med 5 borprofiler og 1 stratigrafisk profil ..	68
Steinar Skjeseth og Tidemann Klemetsrud: Rørbrønner. Meddelelser fra Vannboringsarkivet nr. 12. Med 9 tekstfigurer	87
Steinar Skjeseth: «Trysilhevingen». Kambro-ordovisisk stratigrafi i Femundtraktene. Med 5 tekstfigurer. Summary	102
Thor Sverdrup: Feltspatundersøkelsene på Drag og ved Innhavet syd for Tysfjorden, Nordland fylke. (Foredrag holdt i Norsk Geologisk Forening, 10/6-60)	114
Jacques Touret: Geological Studies in the Region of Vegarshei—Gjerstad. Med 8 tekstfigurer	120
Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1961. Ved direktør Harald Bjørlykke	141
Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelser's publikasjoner og kart	167



Fortsetter Horrsjøbergets sedimentserie inn i Norge?

Av

Knut Ørn Bryn.

Med 3 tekstfigurer.

Abstract.

An erratic quartzitic boulder, rich in kyanite, was found at Storsjøen, N. Odal, Southern Norway. The boulder also contains lazulite, rutile, pyrite and svanbergite. Lazulite and svanbergite have not been reported from Norway before. The rock is of the same type which has been found at Horrsjøberget, Värmland, Sweden, about 80 km E of Storsjøen.

The fact that the erratic boulder was found at this locality, indicate that the sedimentary zone at Horrsjøberget continues against north – west and into Norway.

Sommeren 1959 fant jeg en egenartet løsblokk i Nord-Odal, Hedmark. Lokaliteten er vel 200 m.o.h., over den marine grense, ca. 4 km øst for Storsjøen og ca. 30 km nordvest for Kongsvinger, se fig. I og II. Størrelsen på blokken var ca. $\frac{1}{4}$ m³, med helt avrundete hjørner. Den var spaltet og bare den ene halvdelen ble funnet. Bruddet var friskt og en så her en lys bergart med sterke blå fargeflekker spredt omkring. Blokkene forøvrig i området består vesentlig av en svakt presset, grå granitt og skiftende gneisbergarter. Berggrunnen i området er grunnfjell, tilhørende mylonittsonen (Magnusson 1937).

Nærmere undersøkelser av løsblokken viste at bergarten var en sedimentær kvartsitt med omkring 40 % kyanitt som gir hele bergarten en svakt blågrønn farge. De sterkt blåfargete mineral Korn, som var skyld i at jeg tok med meg prøver av løsblokken, er etter alt å dømme kvarts oppblandet med lazulitt. Røntgen-pulverdiagram viste bare kvarts, mens spektrografisk undersøkelse, utført av cand.real. Jens Hysingjord, Institutt for Geologi, Universitetet i Oslo, ga foruten kvarts:

Betydelig PO₄.

Mye Al.

Endel Fe.

Mindre Mg.

Lazulitt har formelen: $Al_2 (Mg,Fe) (OH)_2(PO_4)_2$.

Et annet karakteristisk mineral er rutil, med kornstørrelse opp til ca. 4 mm kantlengde.

Et rødt mineralkorn er ved røntgen-pulverdiagram bestemt til å være svanbergitt. Hverken lazulitt eller svanbergitt er tidligere rapportert fra Norge.

Foruten den blågrønne kyanitt finnes det endel hvite, bløte plate-mineraler som ved røntgen-pulverdiagram også ble bestemt til kyanitt. Den er sannsynligvis i ferd med å forvitne.



Fig. 1. Nøkkelkart.

1. Finnested for løsblokken, Storsjøen, N. Odal, Norge.
2. Horrsjöberget, Värmland, Sverige.

Key map.

- 1 The place where the erratic boulder was found, Storsjøen, N. Odal, Norway.
- 2 The locality of Horrsjöberget, Värmland, Sweden.

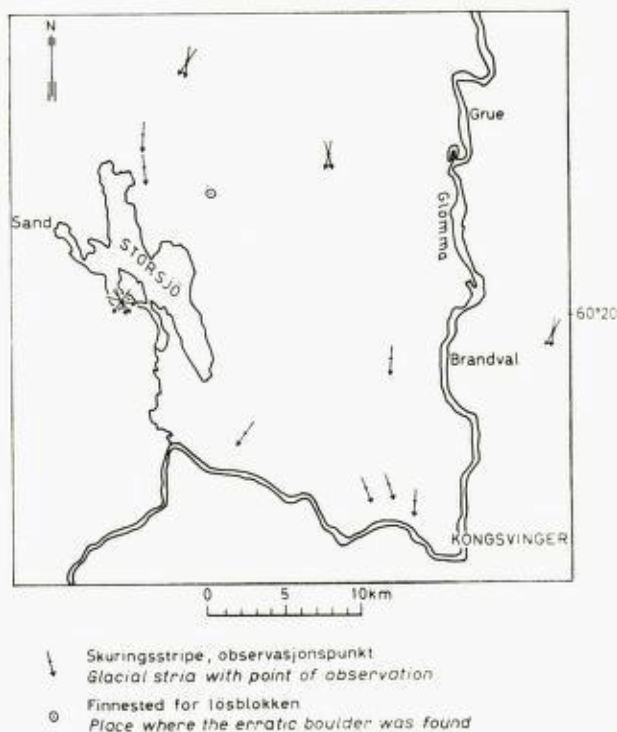


Fig. 2. Utdrag av kvartærgeologisk kart over Oppland (G. Holmsen, 1954).

Extract from the quaternary map of Oppland (G. Holmsen, 1954).

Små svovelkiskrystaller er spredt rundt i bergarten.

En lignende bergartstype er ikke tidligere kjent fra Norge, men den minner meget om kvartsitten i Horrsjøberget, Värmland, Sverige. Ygberg (1945 p. 1) beskriver den slik: «The dominating mineral, besides quartz, is kyanite which is present in a great amount and which gives the quartzite a typically bluish colour. This colour is still more pronounced in parts of the quartzite where the darkblue lazulite is abundant. Less frequent is pyrophyllite and only rarely found are diaspore and svanbergite. Besides these Al-minerals rutile is a characteristic mineral and occurs frequently as reddish brown patches in most parts of the quartzite».

Horrsjøberget er typelokaliteten til svanbergitt.

Horrsjøberget, Värmland, ligger ca. 80 km øst for der jeg fant løsblokken, se fig. I og III. Ifølge Holmsen (1954) har istransporten på

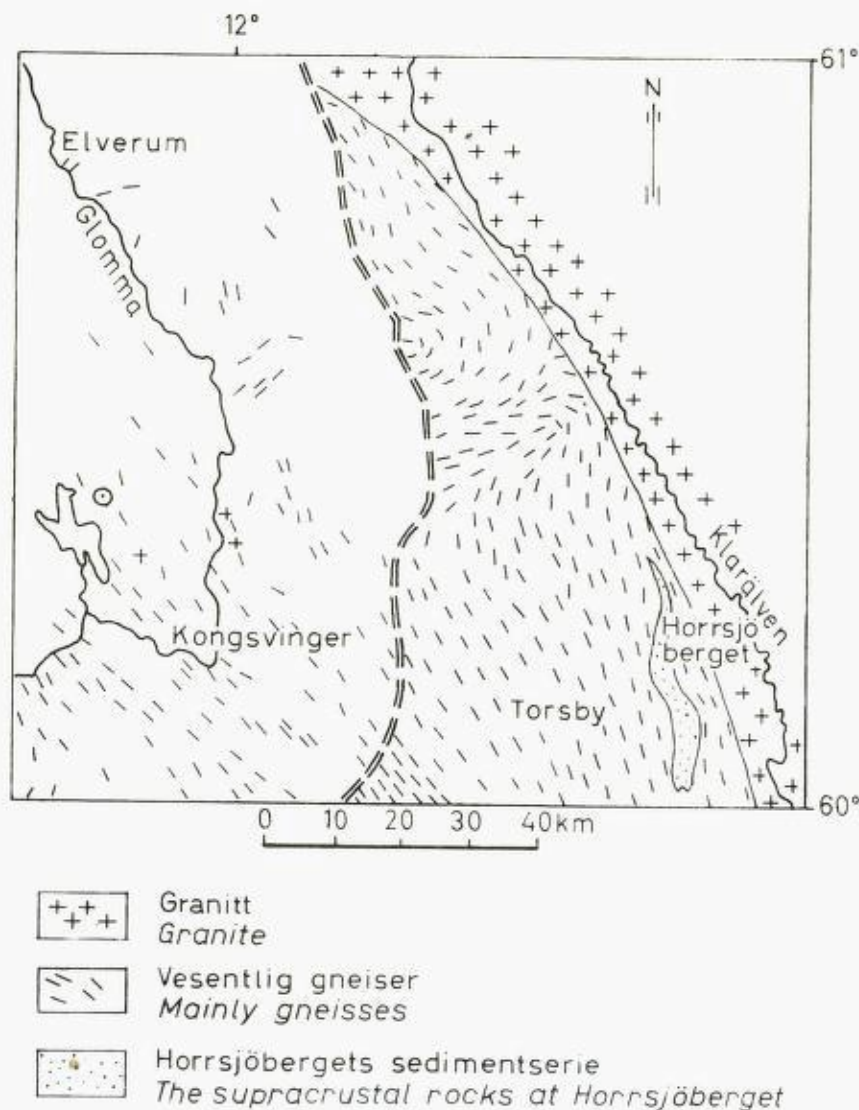


Fig. 3. Utdrag av geologisk kart over Sverige (Magnusson, 1958) og Norge (Holtedahl og Dons, 1960) og upubliserte data.

Extract from the geological map of Sweden (Magnusson, 1958) and Norway (Holtedahl and Dons, 1960) and some unpublished data.

norsk side i dette området vært nesten rett sydover, se fig. II. Dette tyder på at løsblokken stammer fra Norge. Ved å trekke linjene fra

«Karta över Sveriges berggrund» (Magnusson o.a., 1958) videre inn i Norge, finner en at det er mulig at Horrsjøbergets kvartsitt kan finnes i området øst for Elverum, se fig. III. Sommeren 1961 tok jeg en rundtur i dette området uten å finne kvartsitten i fast fjell eller som løsblokk. Området er imidlertid sterkt overdekket, både på svensk og norsk side av riksgrensen. Magnusson (1949, p. 78) skriver «... och Horrsjøbergets bergarter ha genom de senaste årens undersökningar kunnat följas långt mot söder. Detta tyder på att suprakrustala bergarter utgöra ett betydande inslag i centrala Värmlands gnejser».

Mot nord har jeg ikke hørt om at det er funnet noen fortsettelse, men det kan som tidligere nevnt skyldes den sterke overdekningen.

Hvis det er Horrsjøberget sedimentære kvartsitt som fortsetter mot nord-nord-vest og inn i Norge, vil vi kunne få en brukbar stratigrafisk ledehorisont innen et område hvor geologien er lite kjent. Videre har sonen en interessant mineralogisk sammensetning med flere mineraler som tidligere ikke er kjent fra Norge. Det er også muligheter for at sonen er så rik på kyanitt at den kan få økonomisk verdi.

På grunn av at bergarten har et så karakteristisk utseende, skulle det være håp om å finne sonen ved hjelp av ledeblokker.

Mineralbestemmelsene er utført av cand.mag. Per Chr. Sæbø, Røntgenlaboratoriet, NGU, og av cand.real. Sveinung Bergstøl, Røntgenlaboratoriet, Mineralogisk museum, Oslo. Jeg vil takke for all hjelp.

Litteratur.

- Holmsen, Gunnar*, 1954: Oppland. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. Norges geologiske undersøkelse, Nr. 187.
- Holtedahl, Olaf og Dons, J. A.*, 1960: Geologisk kart over Norge. Norges geologiske undersøkelse, Nr. 208.
- Magnusson, N. H.*, 1937: Den centralvärmländska mylonitzonen och dess fortsättning i Norge. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, Bd. 59, p. 205--228.
- 1949: Sveriges geologi. Berggrunden. Svenska Bokförlaget, Stockholm.
- Magnusson, N. H. og medarbeidere*, 1958: Karta över Sveriges berggrund. Sveriges geologiska undersökning. Ser. Ba. Nr. 16.
- Ygberg, E. R.*, 1945: Svanbergite from Horrsjøberg. Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi. Bd. 20 A. N:o 4.

A Post-Caledonian Ultrabasic Biotite Lamprophyre Dyke of the Island Ytterøy in the Trondheimsfjord, Norway

By

Harald Carstens

Abstract.

A lamprophyre having pronounced alnöitic – kimberlitic affinities is described. It is suggested that the intrusion of the dyke is connected with Permian rift faulting.

Introduction.

The island of Ytterøy lies about 50 km NNE of Trondheim in the middle of the fjord, fig. 1. It is 14 km long and elongated in a NE-SW direction. The island chiefly consists of greenschists and quartz-augengneisses representing various metamorphic volcanic rocks belonging to the Støren group – this being a lithostratigraphic unit in the Trondheim region comprising spilitic and associated nonfossiliferous sedimentary rocks. The age is considered to be Lower Ordovician.

A bed of limestone about 20 m thick occurs in the greenschists in the southern part of the island at Sandstad. The strike is E 40–50° S and the dip 10–20° NE. The limestone is a rather pure calcitic marble very low in magnesia. It is quarried by Meraker Smelteverk and used in the production of carbide.

The limestone is cut by a dyke which in the field is characterized by large phenocrysts mostly of biotite in a very finegrained, dark groundmass, fig. 2. It has the appearance of a completely fresh rock; the contacts with the limestone are hair-sharp and the dyke has obviously not been affected by Caledonian metamorphism. This lamprophyric rock is unique in several respects. The occurrence of a young dyke in this area was rather unexpected as the nearest post-Caledonian dykes are situated more than 300 km away. The composition is also uncommon as shown by the description that follows.

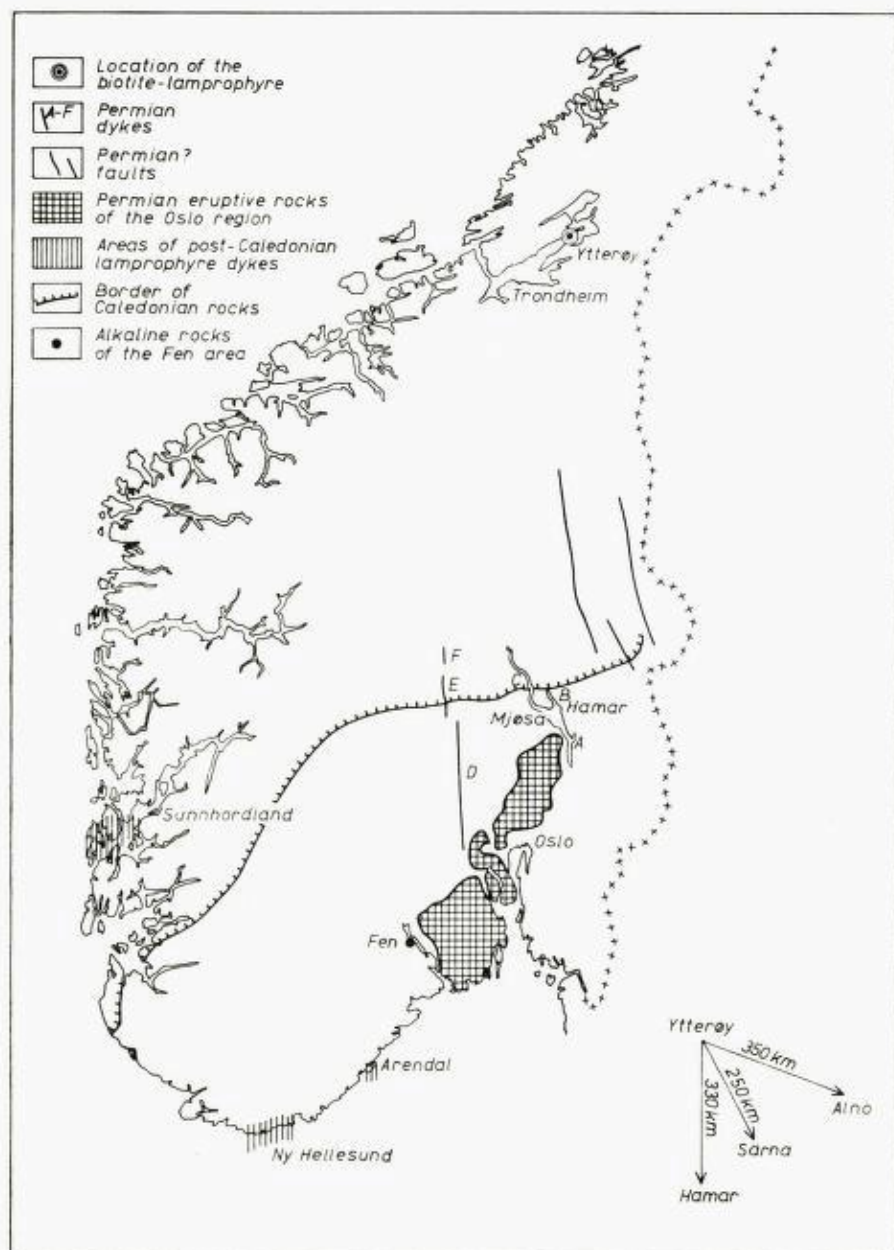


Fig. 1. Map showing the location of the biotite lamprophyre dyke of Ytterøy in relation to alkaline rock provinces. A - biotite camptonite dyke, Tangen. B - ultra-basic hornblende monchiquite dyke, Furuberget. C, E, F - diabase dykes. D - rhomb porphyry dyke.



Fig. 2. Biotite lamprophyre. Hand specimen. $\frac{3}{4}$ nat. size.

The thickness of the dyke is 80–90 cm, the strike N 60° E and the dip 70° towards SE. According to statements of the workers of the quarry, the exposed length was originally 10–15 m. Now only 3–4 meters of the dyke remains accessible for a detailed study. No continuation of the dyke was found in the greenschists, but very few outcrops exist in the surroundings.

Petrography.

Large plates of biotite are the most abundant porphyritic constituent. Phenocrysts of carbonate-chlorite pseudomorphs after olivine are less common, but it is sometimes difficult to distinguish such pseudomorphs from amygdales filled with calcite and a green chlorite substance.

The fine-grained groundmass consists mainly of biotite, clinopyroxene, calcite, analcite, and magnetite. Accessories are alkali-feldspar, pyrite and apatite.

White spots – ocelli – and patches consist chiefly of analcite (confirmed by X-ray powder analyses).

Thin carbonate veins, 1–2 mm wide, penetrate the rock in different directions. Most of them are parallel to the walls and occur on both sides

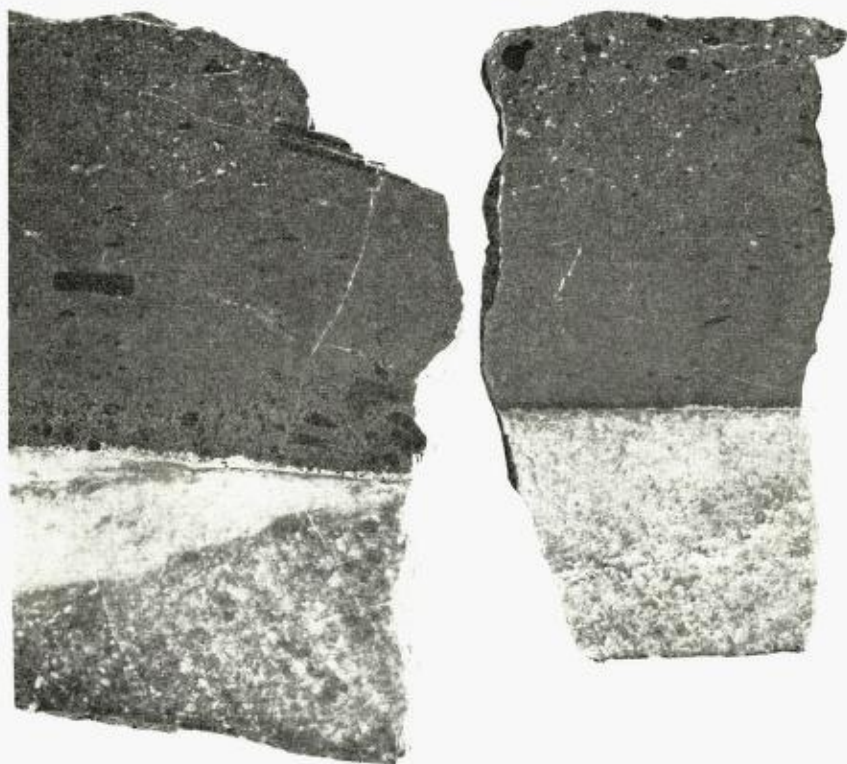


Fig. 3. Biotite lamprophyre — limestone contacts. Polished specimens. $\frac{1}{2}$ nat. size. The left picture (a) shows the porphyritic border facies, 15 mm wide. «Anomalous» large inlets of biotite above the discontinuity. To the right (b) is demonstrated fine-grained chilled margin and increase in the size and amount of phenocrysts from the contact. The white contact layer is seen in both pictures.

in a 10–15 cm broad zone beginning about 10 cm from the contacts. Calcite veins are in majority. Magnesite veins are bordered by thin chlorite — calcite zones. The veins commonly pass through the biotite inlets and seem to push the cleavage planes away from one another.

Xenoliths are very scarce. On careful inspection of a number of samples only two were found. Both are slightly reddish and discus-shaped with a diameter of 12–15 mm. They consist of quartz and calcite surrounded by a rim of green chlorite. The red colour is due to hematite dust. The quartz xenoliths were obviously derived from beds of red jasper which are commonly associated with the greenstones.



Fig. 4. Biotite lamprophyre. Photomicrographs, 26 X. Right: Phenocryst of biotite contiguous to an analcite ocellus. Left: Pseudomorphs after olivine.

The contact relations are illustrated in fig. 3. The phenocrysts, the minerals of the groundmass, and the ocelli may gradually increase in size away from the contact (fig. 3b), but usually a strongly porphyritic facies of the lamprophyre separates the non-porphyritic chilled zone from the limestone (fig. 3a). Thin offshoots from the dyke are always of the porphyritic type having phenocrysts of biotite and olivine pseudomorphs in a very fine-grained matrix which could not be resolved under the microscope. A thin, white layer (probably glassy) — 0,5–3,0 mm wide — is invariably present at the contacts. The limestone itself has been subjected to some alteration in a narrow zone — only 0,05–0,1 mm thick. Recrystallization and introduction of matter have resulted in a finegrained equigranular layer of pigmented calcite in which abundant regular isotropic or nearly isotropic crystals of low refractive index (analcite?) plus small cubes of pyrite occur.

The amount of phenocrysts varies greatly. Volumetric analyses show between 10 and 15 % of biotite and few percent of olivine pseudomorphs in the central parts. Olivine is, however, more abundant than biotite in some central parts of the dyke, fig. 4, and in the porphyritic marginal zone. Irregular patches of a leucocratic facies of the lamprophyre con-

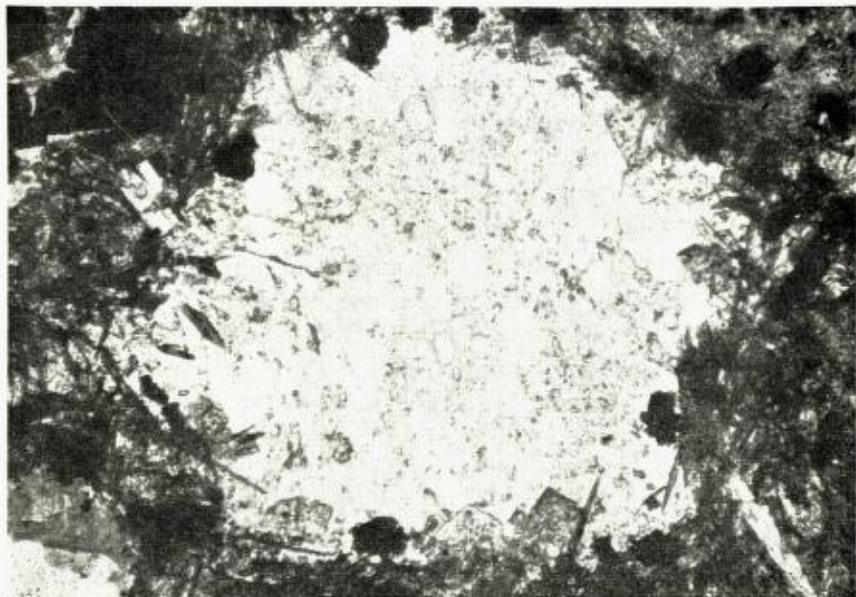


Fig. 5. Analcite ocellus in biotite-lamprophyre. Photomicrograph, 142 X.

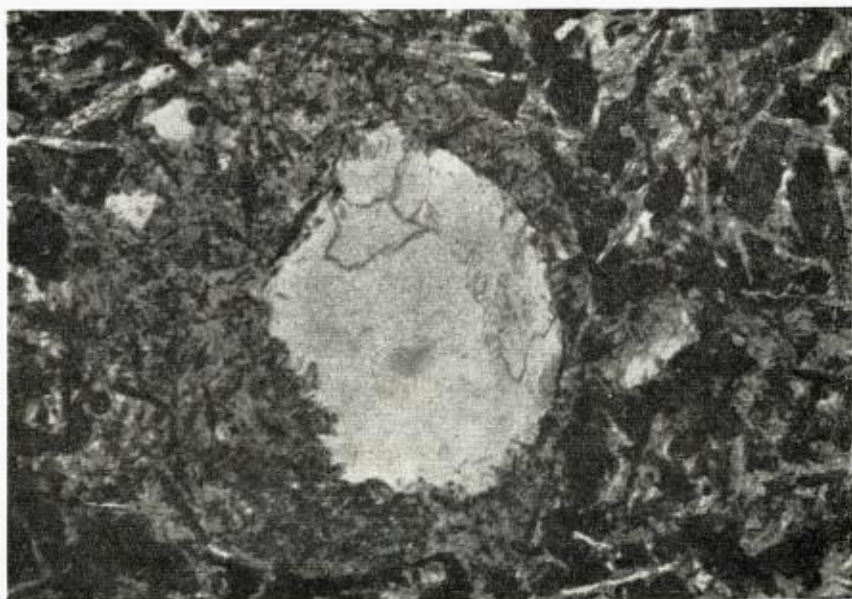


Fig. 6. Feldspar ocellus with analcite (upper part) and calcite in the central area. Camptonite Sunnhordland, Norway. Photomicrograph, 74.5 X.

tain no olivine and but a few biotite crystals. The biotite phenocrysts are usually well oriented parallel to the walls.

The discontinuity induced by the sudden appearance of phenocrysts at the selvage suggests that the dyke was formed by a multiple intrusion. This is, however, doubtful, and the writer has seen similar concentrations of olivine at the contacts in camptonitic and vogesitic lamprophyres.

The biotite phenocrysts display the usual dark borders so often noted in mica lamprophyres. The outline is hexagonal, rounded, or quite irregular. The refractive index $\gamma = 1.620 \pm 0.002$. A chemical analysis and the formula of the biotite are given in Table I. The biotite is close to phlogopite in composition and plots in the field of biotites from ultramafic rocks in the triangular diagram of E. W. Heinrich (1946). The formula was calculated on the basis of the cationic and anionic valence content of the unit cell = 44 (M. D. Foster 1961). The phlogopite is slightly deficient in (K + Na). This is partly compensated by the introduction of some Ba in the interlayer group, but the possibility of diadochic replacement of K by Mg is not suggested by the formula. Similar phlogopitic biotites also occur in biotite lamprophyres of the minette, the kersanite, and the alnøite type (H. Willams 1936, S. R. Nockolds 1947, W. C. Brøgger 1921).

The clinopyroxene forms thin, colourless laths ($0,2 \times 0,02$ mm); the composition is probably diopsidic.

The magnetite is a homogenous titan-magnetite. The content of TiO_2 in magnetite separated from the central part is 13,94 % (chemical analysis).

The analcite ocelli form approximately 8 % per volume in the central parts of the dyke. They commonly have a nearly circular outline as shown in fig. 5. Calcite often occurs in the periphery, and alkali feldspar may also be present. Biotite sometimes projects into the ocelli, but there is no tendency to a tangential arrangement of biotite around them. Large phenocrysts of biotite commonly lie contiguous to an ocellus, fig. 4. Related to the ocelli are the schlieren which consist of analcite, calcite, and magnetite. They are nearly devoid of phenocrysts. S. I. Tomkeieff (1952) explained the formation of similar analcite ocelli in a hornblende trachybasalt xenolith of the Traprain Law phonolite in terms of liquid immiscibility.

The mineralogical characteristics of the biotite lamprophyre: phenocrysts of biotite, olivine pseudomorphs, and abundance of calcite in the

matrix suggest a close relationship with alnöitic-kimberlitic rocks, although neither melilite nor perovskite have been found. The Ytterøy lamprophyre is similar to the so-called damtjernite of the Fen area, but more fine-grained. The identity of damtjernite and alnöite has been clearly established by H. von Eckermann (1958) who notes that alnöites and damtjernites are two different names for the same rock. According to Eckermann's (1948) classification the biotite lamprophyre of Ytterøy is a carbonatite alnöite or alvikitic alnöite. The resemblance to the analcite-bearing alvikitic alnöite (no. 67 in Eckermann's paper) must especially be pointed out. The writer would also like to emphasize the similarity with the so-called biotite-monchiquite of Magnet Cove, Arkansas, USA.

The analyses of the biotite lamprophyre presented in Table 2 confirm that the composition is close to the damtjernite. The high content of TiO_2 is a feature which the lamprophyre shares with potassic ultrabasic rocks of Uganda: katungites and their associates (R. A. Higazy 1954). The difference in content of Na_2O in 1a and 1b should be noted. 1b is a rather olivine-rich facies of the lamprophyre low in analcite. It is often associated with leucocratic analcite-rich segregations remarkably high in potash suggesting the presence of potash-analcite.

Extending the comparison between the biotite lamprophyre of Ytterøy and the alnöites it is suggested that the narrow belt of alteration in the limestone adjacent to the lamprophyre may correspond to the fenitization zone around the alnöitic dykes.

Post-Caledonian dykes.

Post-Caledonian basic dykes are extremely scarce in the Norwegian Caledonides. H. Reuch (1888) described young diabase and lamprophyre dykes from Sunnhordland on the west coast. The lamprophyres usually form narrow dykes which strike NNW-SSE and dip rarely vertically. According to observations by Reuch, A. Kvale (1937), A. J. Skordal (1948), and myself the lamprophyres comprise mostly vogesitic and camptonitic types. A single dyke of minette which, however, has not the same fresh appearance as the other lamprophyres, also occurs here. The vogesites have phenocrysts of augite and olivine pseudomorphs in a groundmass of augite, brown hornblende (kaersutite), alkali feldspar, chlorite, and calcite. Ocelli filled with alkali feldspar, analcite, calcite, and some brown hornblende are abundant, fig. 6. These correspond to the segregations of analcite in alkaline diabases described by G. W.

Tyrrell (1928), K. Yagi (1953), and others. The camptonites differ from the vogesites in having plagioclase in the groundmass instead of alkali feldspar, and in the absence of typical ocellar structures. Calcite amygdalae are, however, usually present. These lamprophyres from the west coast of Norway are similar to those along the southern coast (H. Carstens 1959) for which a Permian age has been proposed. Lamprophyres of the same kind occur in the Fen area as late magmatic dykes obviously related to the formation of this carbonatite province (S. Svinndal, personal communication). Age determinations indicate, however, an early Cambrian age of the Fen rocks (H. Neumann 1960).

Of considerable interest is the fact that some of the lamprophyre dykes of the Oslo region have distinct alnöitic character. W. C. Brøgger (1933) mentioned an occurrence of a mica camptonite at Gran, Hadeland, and a similar dyke was recently found by A. Hjelle (1960) south of Hamar at lake Mjøsa (A in fig. 1).

Attention is called to the high content of calcite in the biotite lamprophyre compared to the vogesites and the camptonites. The fact that the Ytterøy dyke is intrusive in limestone while the other lamprophyres in the Caledonides cut granites and non-calcareous metamorphics might be suggestive of limestone syntexis, but no other indications of assimilation have been observed. Lamprophyres are in general fairly high in CO_2 and other volatiles as H_2O , P, and S. Related to the abundance of volatile matter is the inherent property of lamprophyres to segregate ocelli or schlieren, thereby demonstrating a differentiation potential which under favourable conditions may give birth to more special rock types. The biotite lamprophyre of Ytterøy has affinities both with the above mentioned vogesitic and camptonitic dykes and with kimberlites. E. Sæther's (1957) suggestion that the alkaline rocks and the carbonatites of the Fen area originated from a kimberlitic – alnöitic magma thus ties up the carbonatite problem with the evolution of the lamprophyres.

The isolated occurrence of the biotite lamprophyre in relation to young dykes and larger alkaline provinces is remarkable, fig. 1. Did the magma ascend through a narrow fissure from deep in the earth's crust, or is the dyke a manifestation of a nearby (subsurface?) alkaline intrusion? Alkaline rocks are commonly associated with rift faulting, and it may be suggested that the Ytterøy dyke is connected with the same system of vertical faults as formed the Oslo graben. Permian faults and dykes – striking NNW-SSE – occur north of Mjøsa and may continue further north to the fjord at Trondheim.

Acknowledgments.

The writer expresses his thanks to Professor T. F. W. Barth and Dr. H. Neumann for critically reading the manuscript. C. O. Mathiesen has kindly corrected the language.

References.

- Brøgger, W. C.*: Das Fengebiet in Telemark, Norwegen. Videnskapselskabet's Skrifter. I. Mat.-naturv. Klasse. No. 9. 1920 (publ. 1921).
- Carstens, H.*: Comagmatic lamprophyres and diabases on the south coast of Norway. Beiträge zur Mineralogie und Petrographie, 6, 299–319, 1959.
- Eckermann, H. von*: The alkaline district of Alnø island. Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. Ca., No. 36, 1948.
- The alkaline and carbonatitic dikes of the Alnø formation on the mainland north-west of Alnø island. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens handlingar. Fjärde Serien. Band 7. Nr. 2. 1958.
- Foster, M. D.*: Interpretation of the composition of trioctahedral micas. Geol. Survey Prof. Paper 345-B, 1960.
- Heinrich, E. W.*: Studies in the mica group; the biotite-phlogopite series. Am. Jour. Sci., 244, 826–848, 1946.
- Higazy, R. A.*: Trace elements of volcanic ultrabasic potassic rocks of south-western Uganda and adjoining part of the Belgian Congo. Bull. Geol. Soc. Am., 65, 39–70, 1954.
- Hjelle, A.*: Grunnfjellet omkring Tangen, østsiden av Mjøsa. Norges Geologiske Undersøkelse, Nr. 211, 75–97, 1960.
- Kvale, A.*: Et kaledonsk intrusiv- og effusivfelt på Stord. Bergens Museum Årbok, Nat. rekke, Nr. 1, 1937.
- Neumann, H.*: Apparent ages of Norwegian minerals and rocks. Norsk Geol. Tidsskrift, 40, 173–191, 1960.
- Nockolds, S. R.*: The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. Am. Jour. Sci., 245, 401–402, 1947.
- Reuch, H.*: Bømmeløen og Karmøen med omgivelser. Udg. af Den geol. unders. Kristiania 1888.
- Skordal, A. J.*: Vulkanitter og sedimenter på den sørøstre del av Stord. Universitetet i Bergen Årbok, Nat. rekke, Nr. 2, 1948.
- Sæther, E.*: The alkaline rock province of the Fen area in southern Norway. Det kgl. norske videns. selsk., Nr. 1, 1957.

- Tomkeieff, S. I.*: Analcite-Trachybasalt Inclusions in the Phonolite of Traprain Law. Trans. Edinb. Geol. Soc., 15, 360-373, 1952.
- Tyrrell, G. W.*: Dolerite-sills containing analcite-syenite in central Ayrshire. Quart. Journ. Geol. Soc., London, 84, 540-569, 1928.
- Yagi, K.*: Petrochemical studies in the alkali rocks of the Morotu district, Sakhalin. Bull. Geol. Soc. Am., 64, 769-810, 1953.

Table 1.

Chemical composition and structural formula of biotite separated from the lamprophyre (central part).

	Weight percent ¹⁾	Cations per unit cell	Charge
SiO ₂	37.29	5.535	tetrahedral group = 8.000
		{ 2.465	
		{ 0.217	
Al ₂ O ₃	15.33	0.314	octahedral group = 5.634
TiO ₂	2.77	0.169	
Fe ₂ O ₃	1.48	0.650	
FeO	5.27	4.456	interlayer group = 1.835
MgO	20.16	0.004	
MnO	0.04	0.142	
Na ₂ O	0.49	1.693	+ 1.844
K ₂ O	8.94		
CaO	1.40		
CO ₂	1.08		
H ₂ O+	6.16		
	99.92		

- 1) Analysis of biotite contaminated with calcite.
Analyst: M. Varga.

FORMULA:

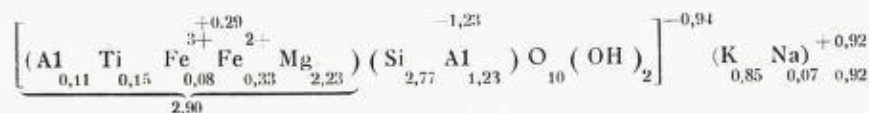


Table 2.

Chemical composition of biotite lamprophyre and damtjernite.
Weight per cent.

	1a	1b	2	3	4	5
SiO ₂	35.46	33.73	39.31	29.16	42.67	37.04
TiO ₂	4.60	4.22	3.25	4.15	2.08	3.16
Al ₂ O ₃	10.09	9.33	15.68	10.26	12.06	12.67
Cr ₂ O ₃	0.15	0.18				
Fe ₂ O ₃	5.40	5.58	3.63	6.38	3.57	4.53
FeO	7.81	8.70	7.26	8.55	6.83	7.55
MnO	0.21	0.15	0.21	0.14	0.26	0.20
MgO	7.25	10.82	8.21	8.03	5.60	7.28
CaO	12.79	10.16	12.50	16.34	11.93	13.59
BaO	0.28	0.19	0.42		0.03	
Na ₂ O	2.67	0.84 ¹⁾	0.35	0.83	2.26	1.15
K ₂ O	2.83	3.18 ¹⁾	4.93	2.72	4.14	3.93
H ₂ O÷	0.63	2.32	0.13	0.22	0.16	0.17
H ₂ O+	3.00	2.85	1.65	2.05	2.28	1.99
P ₂ O ₅	0.85	0.67	0.52	1.20	0.94	0.88
CO ₂	5.42	5.81	1.20	10.24	4.81	5.42
S	0.40	0.36	0.20	0.33	0.37	0.30
	99.84	99.09	99.45	100.60	99.99	99.86

- 1a. Biotite lamprophyre, selvage. Analyst: B. Th. Andreassen.
- 1b. Biotite lamprophyre, central part. Analyst: B. Th. Andreassen.
2. Damtjernite, boulder at Melteig, Fen (W. C. Brøgger 1921).
3. Damtjernite, Brånan, Fen (W. C. Brøgger 1921).
4. Damtjernite Ormen, Fen (W. C. Brøgger 1921).
5. Average of 2,3 and 4.

¹⁾ Leucocratic segregation: Na₂O = 2.75, K₂O = 5.37.

Some Notes on a Compiled Gravimetric Map of Southern Scandinavia

by

Arne Grønhaug

Abstract.

A gravity map of southern Scandinavia shows six main trends which are closely connected to geological structures. The Caledonian and Dalslandian directions with gravity minima of $\div 100$ mgal must be explained by the relatively light roots of the Caledonian mountain chain. The Gotian direction with «trough» down to $\div 20$ mgal must be caused by the Precambrian granites. The Oslofjord and Kattegat directions are «highs» that must be explained by an intrusion of the substratum, just the opposite one should expect from graben structures. The Danian direction is made up of parallell trends of highs which must reflect the structure of the base of the Mesozoic sediments. Many other anomalies which cover smaller areas are usually related to rock masses with different density from the surrounding bedrock.

Introduction.

During the last years much effort has been expended by the Norges geografiske oppmåling, Geodetisk avdeling, to map the gravity field in Norway.

At present gravity maps of the Oslo region and of the Egersund area are published and the work is still in progress to make the Bouguer gravity map of Norway as complete as possible. Meanwhile I have had the opportunity to use the still unpublished preliminary data from southern Norway. Measurements have been made along the main roads with a station interval of 5 km or less, and total over 3000 measurements. The measurements were carried out with a Worden gravimeter, geodetic type. I have also used unpublished measurements done by Scott B. Smithson in the Hallingdal and Sørlandet area. Terrain corrections that in certain places may be as high as $+ 10$ mgals, are not entered. Another error arises from the determination of the station heights, which is done by aneroid barometers checked by map points. They therefore may be

up to 10–15 m wrong, which will cause an error of 2–3 mgal. Stations near each other are, however, often subject to almost the same terrain effects. The regional trends and gradients therefore are not disturbed notably by these errors.

The gravity data of Sweden are taken from a publication by Wideland (1946) which contains a gravity map of Sweden with a contour interval of 5 mgal. The gravity map of Denmark is taken from the publications of Nørgaard (1939) and Saxov (1945). Their maps have contour intervals of 2,5 mgal.

The present map shows six regional trends.

1. The Gothic direction.
2. The Dalslandic direction.
3. The Caledonian direction.
4. The Oslofjord direction.
5. The Kattegat direction.
6. The Danish direction.

We may notice that the anomalies are small over the southeastern part of the Precambrian of Sweden and over Denmark. This area therefore is in good isostatic equilibrium. Over the Caledonian mountains, the Oslofjord area, and the Kattegat, however, there are big gravity anomalies.

These anomalies may be termed regional because of their size which exceeds 40–50 mgal and covers big area.

Besides the map shows many local anomalies some of which are described. Many of these anomalies can be explained in terms of the known geology.

In addition to presenting this map the purpose of this note has been to call attention to gravity anomaly maps that may be very useful for geologists in structural interpretation.

The Gothic direction.

This gravity trend runs parallel to the southsoutheastern strike of the Gothic gneisses. One may notice how intimate this connection is in the area of Borås. The almost constant strike of the gneisses in the area there curves into an arc and the isoanomaly contours trend exactly parallel to them. In this way an anomaly of $\div 10$ mgal is formed. In this area one might suspect a granite to be situated not too deep beneath the surface.

Younger Gotic granites are easily located on the gravity map. The Åmål granite is followed by an anomaly of $\div 10$ mgal. One may also notice a narrow positive trend crossing Vänern. This trend follows a tectonic border. The border between the Gotic gneisses and the Småland granites is followed by a negative trend.

The Dalslandic direction.

Over the Filipstad granite and the Dala sandstone in Värmland there is a gravity trough trending southeast. It goes down to $\div 70$ mgal in the central part. From the map one may see that this trough forks out from the Caledonian trough over the basin filled with Eocambrian arkoses. One trough is not cutting the other, because then there should be a gravity minimum at the intersection of the troughs. These structures are closely connected and might therefore be interpreted as being of the same age. To the northeast, however, we may see how closely the contours follow the border between the Dala sandstone and the porphyry. This fact implies that the anomaly is formed by the effect of different densities of the rocks on each side of the border. If this is true, the trough has to be of Gotian age. The most probable solution to this problem is that the trough was formed first in Gotian time. During crustal movements connected to the subsidence of the Eocambrian basin or connected to the Caledonian orogeny or both, it was deepened. The Dalslandic trough therefore apparently is caused both by structures in the crust and by structures at the surface. This is confirmed by the small gradient to the SSW-NNE.

The Caledonian direction.

In central Norway the gravity contours trend NNE, parallel to the strike of the Caledonian mountain chain. Along the thrust front of the Jotun nappes they form the bottom of a gravity «trough». The anomaly of the axis of the «low» descends to $\div 100$ mgal in three areas, viz. Eidfjord, Upper Hallingdal and the Helagfjället area. Besides there is an additional trough parallel to the main trend. It is found between Geiranger and Sunndal and has a minimum of $\div 90$ mgal. To the west the anomalies become gradually more positive according to the normal ocean effect, until they reach high positive values outside the coast. To the east the slope is much steeper, because the trough here is cut by the Oslofjord «high». The trough is also cut to the south by the high of the Norwegian channel (Den norske renne), an extension of the Oslofjord

high. Any continuation of the Caledonian trough to the south postulated by Collette is not distinct (Collette 1960).

From the map we will find that the lowest values of the trough are situated to the southeast of the front of the Caledonian nappes, in fact, over the foreland to all appearance undisturbed by the Caledonian orogeny. If we compare the map to a map showing the deformation of the Subcambrian peneplane (Goldschmidt 1912) we discover that the maps seem to have little in common. These two facts seem to contradict the theory that the trough is formed by the roots of the Caledonian mountain chain. We therefore at first will discuss two other possible causes of the gravity trough:

- 1) That it is formed by some post-Caledonian sinking of the crust.
- 2) That it is formed by the still uncompensated loss of weight of the icecap that covered the area during the last glaciation.

There is ample evidence that Scandinavia is rising above the sea level with a velocity that varies from zero in the southern part to 1 cm per year in the northeastern part. This upheaval is produced by the isostatic compensation of the mass deficiency that arose when the ice cap formed during the last glaciation melted. Negative anomalies of about 50 mgal in Finland are attributed by Niskanen (1939) to this mass deficiency. His calculations show that western Finland is going to rise another 200 m. If we, however, compare the gravity map with the map showing the land uplift for Southern Scandinavia we see that the contours do not fit at all. The Caledonian trough therefore must be explained by causes other than this supposed mass deficiency.

It is supposed that other crustal movements took place during the Tertiary period. Remnants of the so-called Paleic surface (Ahlmann 1919) have convinced geomorphologists that western Norway has been elevated some 100 m during this period. Because an elevation of the crust would make the anomalies higher, this uplift cannot be the cause of the trough.

Therefore there seems to be no other explanation to the gravity trough than that it is the effect of the light roots of the mountain chain. The deep roots of the Caledonids, therefore, have an horizontal effect which makes the anomalies of the foreland lower.

Certain anomalies of a more local nature complicate the structure of the Caledonian gravity trough. Some of the biggest may be mentioned.

1. *The Trondhjem area high.*

A high is found over the Trondhjem area syncline containing sedimentary rocks of lower metamorphic grade than the rocks around. The contours follow the borders of the syncline so exactly that it can scarcely be explained by other causes than the effect of the heavy greenstones in the sediment sequence.

2. *The Egersund area high.*

A syncline with rocks of noritic to monzonitic composition is here surrounded by anorthosites. The highest anomalies are found over the norite.

3. *The Hallingdal area high.*

Anomalies of + 50 mgal cut the Caledonian trend in the Hallingdal area. The bedrock consists of folded Cambro-Silurian sediments. Windows of Precambrian metamorphics show, however, that the sediment cover is not thick. Precambrian amphibolites may be responsible for this high.

4. *The Bamble high.*

In an area along the southeastern coast of Norway, there is found high positive anomalies. Near the coast it goes up to + 50 mgal. The anomaly has a constant gradient of about 1 mgal/km for about 40 km. This steep gradient begins near a fault trending parallel to the coast. This fault forms a border between the Telemark gneissgranites and the Bamble formation which is rich in quartzites and amphibolites. The high forms a continuation of the Oslofjord high. There may therefore be put forward three modes of formation of this high. It may be formed

1. by the same deepseated structure that produces the Oslofjord high.
2. by the heavy rocks in the Bamble formation,
3. or most probably by a combination of both effects.

The Oslofjord direction.

The Permian Oslo graben forms a very distinctive gravity high. This high is remarkable for two reasons.

First there is ample evidence that the Cambro-Silurian sediments were down-dropped over thousand metres during the Permian age so that Sialic rocks thus came in a level with the heavier substratum. A subsi-

dence of the lighter outer crust in a graben structure ought to normally lead to negative anomalies. (Bullard 1936). The Permian intrusive rocks, which make up the bulk of the rocks in the graben are relatively light rocks. One of the most abundant is nordmarkite, which has a specific gravity of about 2,6 g/cm³. The high therefore is neither explained by the relative weight of the exposed rocks in the area, nor by the graben structure.

Secondly, the symmetry of the anomaly surface does not fit the graben structure very well. Over the eastern shore of the Oslofjord which coincides with the big eastern fault, the gradient of the gravity field is little. On the contrary, the western side of the graben has a high gradient, even though the faulting here is inconsiderable.

Both facts are inconsistent with what should be expected from surface geology. The cause of this gravity high therefore is to be situated beneath the surface. Schwinner (1928) has explained this as follows: There was a melting deep in the outer crust. During the crystallization there was a differentiation concentrating the heavy constituents at the bottom and the light at the top. The heavy rocks at depth should thus be responsible for the high. This explanation can, however, not be correct. A separation as postulated would have none effect other than moving the point of gravity downwards, which in turn would lead to negative anomalies. Even if we consider the rock masses moved by erosion this is not enough to explain the Oslofjord high amounting to + 50 mgal.

There is another explanation which should fit the geological and geophysical data better. The graben structure may be underlain by a structure of the opposite kind, namely an upbending of the basaltic substratum. The crust was intruded and melted from beneath, and the eruptives stopped their way upwards, pouring out on the surface as lavas. or congealing near the surface, the basaltic substratum moved upwards and during the eruptions the upper sial subsided and formed the graben structure. This explanation should be consistent with both geological and geophysical evidence. The Oslofjord high seems to continue over the Norwegian channel (Den norske renne), a depression of the Skagerak floor, probably formed during Tertiary. (Holtedahl 1960).

The high is modified by a great many anomalies of smaller size, most of them resulting from a variation of densities of the Permian eruptives and the Cambro-Silurian sedimentary rocks or Precambrian gneisses. Some of the most distinct may be mentioned.

1. The nordmarkite low of about \div 20 mgal.
2. The Tyrifjord low about \div 20 mgal situated over the granite south of Tyrifjord.
3. The low over the southern larvikites.
4. The low over the Drammen granite.

The cause of some highs in the area is not so evident from the surface geology. They are:

1. The Kongsberg high.
2. The Asker high.
3. The Tyrstrand high.
4. The Holmestrand high.

The Kattegat direction.

The border between the Mesozoic rocks of Skåne and the Precambrium to the north is of tectonic nature. Törnquist (1928) pointed out that this tectonic border could be followed to the southeast through Poland, along the Dnestr to the Black Sea. Southwest of this border the rocks are folded on axes parallel to this border. The border forms the southwestern frontier of the Russian platform covered with underformed Mesozoic rocks.

The present map shows that there are high positive anomalies which follow the tectonic border to the northwest. This is remarkable because drillings show that the Mesozoic rocks were faulted down over 2000 m.

The map implies that the Törnquist line proceeds into the Skagerrak and disappears near the Norwegian coast. At the intersection with the Norwegian channel, this depression has its biggest depth, and most likely the anomalies have their highest value in the vicinity of this point.

The Danish direction.

Over Denmark there is an eastwest going gravimetric trend. These anomalies must reflect the structure of the basement as no other causes are revealed by the geologic map, which shows undeformed sedimentary rocks.

Litterature.

- Ahlmann* 1919: Geomorphological studies in Norway. *Geografiska Annaler* B 1.
Bullard 1936: Gravity measurements in East Africa, *Trans. Roy. Soc. Lnd. ser. A.* vol. 235 no. 757.

Tabell I.

Modalanalyser av tynnslip (500 punkttellinger pr. slip).
 I.: Diabasgang Skabberud, Stange. Ca. ½ m fra ganggrense.
 II.: — * — Ca. 2 m fra ganggrense.

	I	II
Plagioklas	27	27
Amfibol	24	28
Pyroksen	6	4
Erts	9	10
Kloritt	ca. 9	ca. 4
Epidot	* 7	* 1
Kalkspat	* 3	* 15
Titanitt	6	6
Olivin	6	3
Biotitt	2	1
Apatitt	1	1

Plagioklasen opptrer som uorienterte, listeformete krystaller, størrelse mest ca. $0,5 \times 0,05$ mm. $N = \text{ca. } 1,544$, opt. \div , 2V er stor. Den nøyaktige sammensetningen er vanskelig å bestemme, da plagioklasen vanligvis er omdannet, med uklare tvillinglameller p.g.a. inneslutninger. Utlukningsvinkelen i sonen (010) er imidlertid liten.

Amfibol forekommer vanligvis med god krystallbegrensning og tverrmålet er mest 1–3 mm, med enkelte større krystaller, opp til 15 mm. Fargen er brun med sterk pleokroisme. X = gul, Y = gulbrun, Z = mørk brun. Sonarbygning er alminnelig, ofte med sterkest farge i en indre kjerne og i en ytre relativt smal rand. I de mørkere delene kan sonar ertsutfelling forekomme. $N_x = 1.69\text{--}1.70$, $N_z = 1.71\text{--}1.72$. $Z \ C = \text{ca. } 22^\circ$. Med flammefotometer er alkaliinnholdet bestemt til 1.65 % Na_2O og 2.05 % K_2O . Amfibolen er sannsynligvis alminnelig hornblende med en barkevikittkomponent.

Pyroksen er fargeløs til svakt gul, med ubetydelig pleokronisme. Størrelsen av krystallene er vanligvis 1–2 mm, noen få har tverrmål opp til ca. 10 mm. $N_x = \text{ca. } 1.69$, $N_z = \text{ca. } 1.71$, $Z \ C = \text{ca. } 43^\circ$. Pyroksen er opt. $+$ og $2V = \text{ca. } 60^\circ$. De optiske data ligger således nær augittens. På samme måte som i amfibolen forekommer sonarstrukturer og klorittårer, og uregelmessige inneslutninger av kalkspat og epidot er alminnelige.

Kalkspat forekommer hovedsakelig i rundaktige klumper og hulromsfyllinger med tverrmål 1–15 mm, sammen med *epidot-klinozositt*.

Epidot-klinozoisitten er lys grønn med tydelig pleokroisme. X = fargeløs, Y = gulgrønn, Z = fargeløs til lys gul. $N_x = 1.73-1.74$, $N_z = \text{ca. } 1.76$, opt. \div , 2V er stor.

Biotitt. Mesteparten av denne finnes som relativt store, spredte fenokrystaller med heksagonalt omriss, opp til ca. 40 mm i tverrmål, og bergarten får ofte et utseende som kan minne om alnöitt eller damtjernitt. Biotittkrystallene er ofte klorittisert i randen. Som bestanddel av grunnmassen forekommer biotitt svært sparsomt og da mest som omvandlingsprodukt i randen av amfibol. Pleokroismen er sterk, X = lys gulbrun, Y-Z = rødbrun. $N_y = 1.635$ og indikerer et midlere Fe^{2+} -innhold, hvor $\text{Mg}/\text{Fe}^{2+} = \text{ca. } 1$.

Grå erts forekommer i relativt store mengder. Mesteparten av ertsen opptrer i nær kontakt med *titanitt* og er derfor trolig *ilmenitt*. I amfibol er observert grå ertskorn med regulær habitus, trolig *magnetitt*. I forbindelse med amfibol er også observert små mengder *svovelkis*. Kornstørrelsen for ertsen er vanligvis 0.01–0.1 mm, maksimum ca. 1 mm.

Olivinen er sterkt dekomponert og finnes ofte bare som enkelte rester i kloritt. Kornstørrelsen er mest 0.3–1 mm, maksimum ca. 5 mm.

Apatitt opptrer sparsomt som spredte korn, med tverrmål mest under 0,05 mm. I et enkelt håndstykke såes imidlertid en rundaktig, nesten dråpeformet apatittmasse, størrelse ca. 1×1.5 mm.

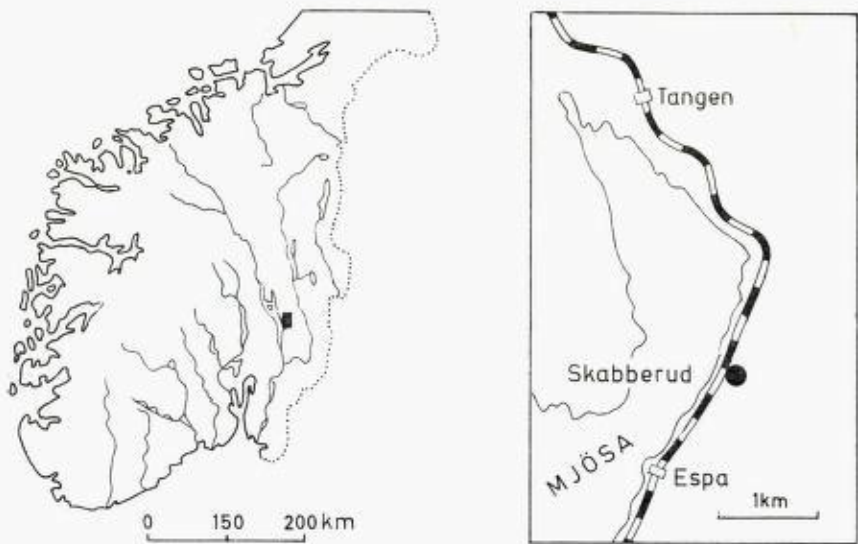


Fig. 1. Nøkkelkart.

Kloritt er bare sett som sekundært mineral i årer, og som randdannelser i amfibol, pyroksen, biotitt og olivin. Vanligvis forekommer kloritten i bladige aggregater med uregelmessig utslukning. Fargen er frisk grønn, med pleokroisme i gult og grønt. Mørke anomale interferensfarger i blått og blåfiolett, gir kloritten et nesten isotropt utseende. $Ny = 1.62$, kloritten er opt. + og det er sannsynligvis en prokloritt eller ripidolitt.

Etter undersøkelse i slip synes mineralene å ha krystallisert i følgende rekkefølge: Pyroksen, olivin, amfibol, erts, biotitt, kloritt, apatitt, epidot og kalkspat. Plagioklasen er trolig krystallisert relativt sent.

Tab. 2 viser kjemisk analyse av gangmassen. Det analyserte materialet er hovedsakelig tatt fra den indre, relativt grove delen av gangen. Området nærmest ganggrensen er ikke representert, da gangmassen her ofte inneholder små bruddstykker av den omgivende gneisen.

Tabell 2.

		%
	SiO ₂	42.60
	TiO ₂	3.25
	Al ₂ O ₃	14.64
Biotittførende lamprofyr.	Fe ₂ O ₃	6.01
Riksvei 50	FeO	5.34
ved Skabberud,	MnO	0.24
1,2 km N for Espa st.,	MgO	7.58
Stange, Hedmark.	CaO	10.16
Analysert av R. Solli,	K ₂ O	2.27
NGU.	Na ₂ O	3.14
	H ₂ O÷	0.37
	H ₂ O+	2.45
	CO ₂	1.56
	P ₂ O ₅	0.74
	<u>Sum</u>	<u>100.35</u>

Niggilverdiene er beregnet fra analysen og finnes i tab. 3. I samme tabell er Niggilverdiene for Oslo-feltets basiske gangbergarter og for alnöitt og damtjernitt avsatt. Kjemisk ligger gangen ved Skabberud mellom Oslo-feltets vanlige basiske gangbergarter og alnöitt-damtjernittgruppens bergarter. I k/mg-diagrammet, fig. 2, kommer dette tydelig frem.

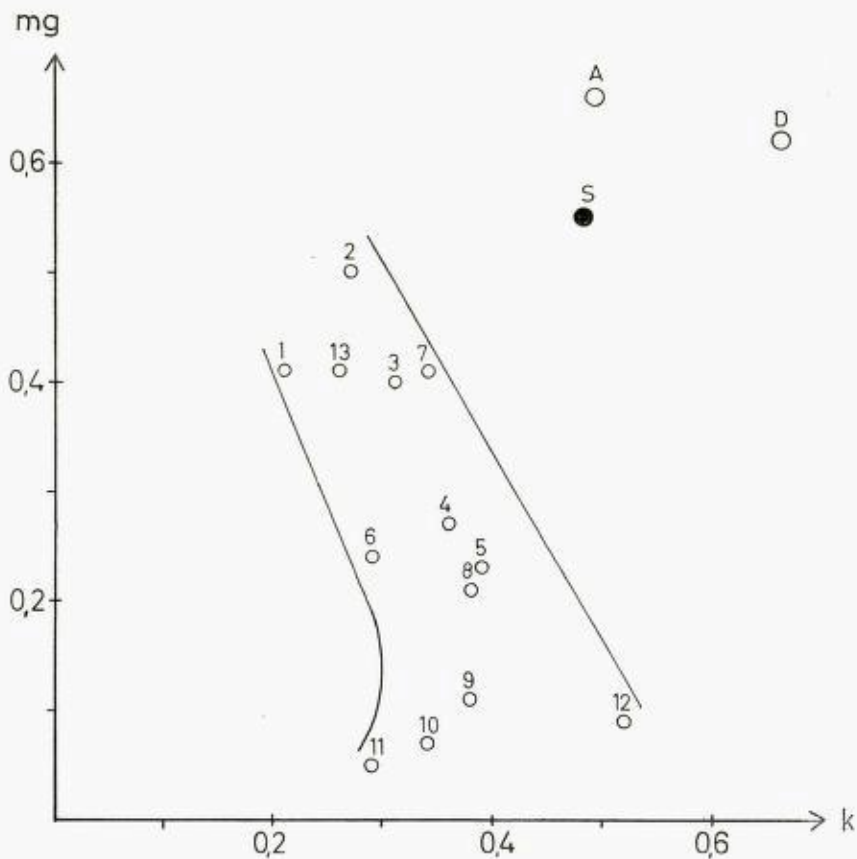


Fig. 2.

1–13: Gangbergarter Oslo-feltet. Beregnet etter analyser hos Brøgger (1933, p. 138–140).

1: Gj.sn. av 6 «aschiste» bergarter fra Oslo-essexittrekken.

2: Gj.sn. av 21 «diaschiste» bergarter fra Oslo-essexittrekken.

3: Gj.sn. av 6 kjelsåsittporfyrer.

4: Gj.sn. av 9 eldre larvikittporfyrer.

5: Gj.sn. av 5 yngre larvikittporfyrer.

6: Gj.sn. av 12 «aschiste» bergarter fra Lardallittrekken.

7: Gj.sn. av 6 bergarter fra pulaskittrekken.

8: Gj.sn. av 8 bergarter fra nordmarkittrekken.

9: Gj.sn. av 6 bergarter fra nordmarkitt-ekerittrekken.

10: Gj.sn. av 5 bergarter fra ekerittrekken (groruditter).

11: Gj.sn. av 4 bergarter fra ekerittrekken (ekerittporfyrer).

12: Gj.sn. av 4 bergarter fra granittrekken.

13: Gj.sn. av 11 av de yngste diabasene.

D: Gj.sn. av 4 damtjernittganger. Beregnet etter analyser hos Brøgger (1921, p. 186, 298, 303, 316 og 402).

A: Gj.sn. av 14 alnöittganger. Beregnet etter analyser hos Eckermann. (1948, p. 101–108).

S: Lamprofyr, Skabberud.

Tabell 3 — Niggilverdier.

	I	II	III	IV	V
si	96.5	72.0	49.0	127.5	133.6
al	19.5	13.8	8.4	21.9	25.3
fm	46.5	49.6	54.4	44.4	40.6
c	24.6	29.7	32.1	21.5	20.2
alk	9.4	6.8	5.0	12.3	13.9
k	0.48	0.66	0.49	0.24	0.26
mg	0.55	0.62	0.66	0.46	0.41

I: Biotittførende lamprofyr, Skabberud, Stange.

II: Gjennomsnitt av 4 damtjernittganger. Beregnet etter analyser hos Brøgger (1921, p. 186, 298, 303, 316 og 402.)

III: Gjennomsnitt av 14 alnöittganger. Beregnet etter analyser hos Eckerman (1948, p. 101–108).

IV: Gjennomsnitt av 27 ganger i Oslo-essexittrekken. Beregnet etter analyser hos Brøgger (1933, p. 138).

V: Gjennomsnitt av 11 yngre diabasganger i Oslo-feltet. Beregnet etter analyser hos Brøgger (1933, p. 140).

Konklusjon.

Gangen er av tydelig eruptiv opprinnelse, med en ytre finkornet avkjølingssone, halvporfyrisk struktur og bruddstykker av grunnfjellesgneis nær ganggrensen. Etter Burris og Niggli's inndeling (1945) vil sammen-setningen nærmest tilsvare et missourittisk-alnöittisk magma. Mineral-selskapet og sonarstrukturene hos amfibol, pyroksen og olivin tyder på krystallisasjon i varierende miljø, og omdannelsen av pyroksen, amfibol, biotitt og plagioklas, med nydannelse av sekundære mineraler, viser at det etter krystallasjonen har foregått en retrograd metamorfose.

Den absolutte alder av erupsjonen er usikker. Langs Mjøsstranden går en NNV-lig forkastningssone forbi Espa og Skabberud, og den antatte fortsettelse av denne mot NNV har forkastet underordoviciske sedimenter (Skjeseth 1955). Grunnfjellsbergartene langs riksveien/jerbanen ved Espa—Skabberud er ofte sterkt oppbrutt, sannsynligvis som følge av forkastningen. Tilsvarende deformasjon er ikke sett i gangen ved Skabberud, som derfor trolig er yngre enn underordovicium. Avstanden til Oslo-feltet fra Skabberud er ca. 5 km og det er mest nærliggende å tenke seg en permisk alder av gangen.

Litteratur.

- Brøgger, W. C.* (1920). Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. IV. Das Fengebiet in Telemark, Norwegen. Vidensk. Selsk. Skr. I, No. 9.
- (1933). Die Eruptivgesteine des Oslogbietes. VII. Die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine des Oslogbietes. Vid.Akad. Skr. I, No. 1.
- Burri, C.* (1959). Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage.
- Burri u. Niggli* (1945). Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens I. Publ. fra «Vulkaninstitut Immanuel Friedlaender», Zürich.
- Eckermann, H. von* (1948). The Alkaline District of Alnö Island (Alnö alkaline område). Sveriges geol. unders. Ser. Ca, No. 36.
- Hjelle, A.* (1960). Grunnfjellet omkring Tangen, østsiden av Mjøsa. Norges geol. unders. Nr. 211, p. 75–98.
- Skjeseth, S.* (1955). Geological map of the Mjøsa District. (Ikke publ.).

**C₁₄-datings referring to shore lines, transgressions, and
glacial substages in Northern Norway.**

(A supplement to Papers of 1960 and 1961 by the Author).

By

M. Marthinussen

With 2 plates.

Contents.

Introduction.

Driftwood series.

Evidences of marine transgressions.

The Main substage or the Tromsø-Lyngen substage.

Shell series of Older Dryas and of Allerød ages at Sandstrand.

Brief report on the shore line displacements at Ramså (Andøy).

A few remarks on the described glacial substages and on the results of
the C₁₄ datings.

References.

Sammendrag. C₁₄-dateringer som angår strandlinjer, transgresjoner og
brerandstadier i Nord-Norge.

Introduction.

The present paper gives essentially a brief account of some C₁₄-
datings carried out by R. Nydal in the Radiocarbon dating laboratory
in Trondheim. In the main it comprises a series of dating reports which
soon will appear in Trondheim Natural Radiocarbon Measurements III,
a reprint from Am. J. of Science, 1962, V. 4 (Radiocarbon Supplement).
Some of the datings mentioned in the following have formerly been
published by Nydal in 1960 (p. 86) and Marthinussen in 1960 (pp. 418
and 424).

The subjects dealt with here will to a certain extent be incorporated
in a more comprehensive paper that will soon be ready for printing. As
for the completion of the latter, more datings of material on hand as
well as supplementary soil stratigraphic investigations are needed.
Therefore a publication of a preliminary review of the obtained results
was considered convenient.

The present paper includes a great many facts regarding shore lines, stratigraphic circumstances etc.; but because of the lacking data, the discussion of the problems will here be restricted to a brief report on the shore line displacements at Ramså (Andøy) and to the mention of certain main points concerning glacial substages as well as the appurtenant C_{14} -datings. Special reference is made to the chapters on observations, to the table (Pl. 1), and to the literature (including that in papers formerly published by the author).

The altitudes of the various finds and the shore levels have all been levelled and the basis of the height measurements has been the seaweed boundary (*Fucus vesiculosus*), see Marthinussen, 1960, Pl. 16 (the explanation).

The field work was made possible by grants from Norges Almenvitenskapelige Forskningsråd.

Driftwood series.

Driftwood occurs at the base of numerous peat bogs in the coastal areas, especially in Western Finnmark and in the Vesterålen – Lofoten Archipelago. The examination of a great many bogs at different levels above the present sea-shore seems to indicate that no driftwood (nor pumice accumulations) occurs above the so-called Tapes limit in these areas¹ (the Tapes I–IV shore lines described in the system of Marthinussen 1945 (Pl. I and II) and 1960 (Pl. 16)). The driftwood samples here reported have been collected mainly at altitudes closely corresponding to the Tapes I–IV lines and to the younger N_4 and N_2 lines, and the C_{14} -datings therefore approximately indicate the ages of these shore lines². To avoid misunderstandings as regards the vertical distribution of driftwood in relation to the Tapes I–IV lines, it should be pointed out that in the outer coastal region the sequence (altitude-age) of the said lines is inverse to that in more central parts of the area concerned (Marthinussen, 1960, Pl. 16).

The driftwood occurrences in the various localities dealt with here are as follows³:

¹ See Marthinussen, 1945, p. 257 and 1960, p. 426.

² In some few cases samples of peat overlying the logs have been collected, but C_{14} -datings and pollen-analyses of this material have not yet been carried out.

³ During printing two datings of driftwood from the Ramså region were received. They are marked out in Pl. 2.

Djupdalen, Finnmark (T-185 6350 ± 150).

Driftwood of *Pinus* (identified by O. A. Høeg) from Djupdalen, Ingøy, Måsøy, Finnmark. Found at the base of a peat bog, 8,9 m above sea level. The thickness of the overlying layer of peat is 1,4 m. Comment: Assumed date about 4800 yrs. or older. An age of 4800 yrs. would correspond to the Tapes IV level (cp. T-126), at which the driftwood was found (cp. loc. Steinvika, Ingøy, Marthinussen 1960, Pl. 16). The dating, however, was made in an attempt to identify rather old drifts from levels below the Tapes IV line in the *outermost* districts, where a transport upwards may have taken place because of positive shore-level displacements. The result so far is satisfactory as it points to a shore line between 2 and 6 m, i. e. between Tapes I and II (See Marthinussen 1960, p. 424 (Table), p. 426 and loc. Steinvika, Ingøy, Pl. 16).

Nord-Mjele, Nordland (T-267 6250 ± 200).

Driftwood of *Picea* (identified by O. A. Høeg) from Nord-Mjele, Andøy, Nordland. Found at the base of a peat bog at altitudes of 5,0 to 5,3 m. The overlying layer of peat is 1,7 to 2,0 m thick. Comment: The altitude of the driftwood points to a shore level coinciding with the N₃ line as well as with the much older Tapes II line, (see Pl. 2 and Marthinussen, 1960, Pl. 16). The dating seems to indicate an approximate age of the latter. In contrast to the Djupdalen case reported above (cp. T-185) the driftwood here has somehow been prevented from following the continued positive shore-line displacement up to its maximum position at the Tapes IV level¹ (a shore-line diagram similar to that of Pl. 16, Marthinussen 1960, is being prepared).

Børfjordbotn, Finnmark (C I) (T-183 5500 ± 150).

Børfjordbotn, Finnmark (C II) (T-184 5700 ± 150).

The driftwood samples of *Picea* (identified by O. A. Høeg) are from Børfjordbotn, Sørøy, Finnmark. The logs were found at the base of peat bogs situated some 20 m apart and at altitudes of 10,5 to 11,0 m above sealevel (Marthinussen 1960, pp. 424 (Table) and 425). The peat layers overlying the driftwoods are 1,5 to 1,8 m thick. Comment: Assumed date some 4800 yrs. or older. In this locality the Tapes lines II, III and IV are

¹ This may be due to the development of peat layers (covering the driftwood) during a regression phase which succeeded the Tapes II shore-level maximum, see pp. 44 and 50.

at about the same level (as at the locality Børstrand, Marthinussen 1960, Pl. 16). The dating results, 5500 and 5700 yrs., most probably refer to the Tapes III line, as the age of the Tapes II line seems to be about 6250 yrs. (cp. T-267) and that of Tapes IV line about 4500–4800 yrs. according to the two datings, T-126 and T-266, mentioned below.

Oldervik, Finnmark (T-126 4820 \pm 160).

Driftwood of *Picea* (identified by E. Mork) from Oldervik, Seiland, Finnmark. Found at the base of a bog peat, 15 m above sealevel, corresponding to a shore level of early Sub-Boreal time («the youngest Tapes level», Tapes IV, described in the system of Marthinussen 1945). Comment: Assumed date, about 4600 yrs., corresponds fairly well with the C₁₄-dating reported. See Nydal 1960, p. 86, and Marthinussen 1960, p. 424 and Pl. 16 (cp. a locality close to Stjernøyholmen).

Nøss, Nordland (T-266 4500 \pm 150).

Driftwood of *Picea* (identified by O. A. Høeg) from Nøss, Andøy, Nordland. Found at an altitude of 7,4 m, on a deposit of sand overlain by a layer of peat 1,0 m thick. The Tapes shore bar outwards is nearly 9 m a.s.l. Comment: The corresponding shore level seems to have been at 7,0 to 7,5 m a.s.l., and coincides with the Tapes IV line, the age of which has earlier been fixed at c. 4800 yrs. (cp. T-126 above). It was believed that the dating result would either correspond to the age of the said line, or, possibly it might reveal older drifts (cp. T-185). The result obtained points to the former alternative. The dating, however, shows a divergence of about 300 yrs. as compared to the previous date of the Tapes IV line, which may indicate that the shore level represented by this line has been stable for a comparatively long time (a shore-line diagram similar to that in Pl. 16 (Marthinussen, 1960) is being prepared).

Saraberget, Finnmark (T-186 4100 \pm 100).

Driftwood of *Larix* (identified by E. Mork) from Saraberget, Ingøy, Måsøy, Finnmark. Found at the base of a peat bog at an altitude of 6,5 m. The overlying layer of peat is here 1,5 m thick. Comment: The altitude of 6,5 m corresponds to the N₄ line and the dating result indicates the age of this line (cp. Pl. 2). The assumed date, about 3800 yrs., agrees fairly well with the result obtained (See loc. Steinvika, Ingøy, Pl. 16 and p. 424 (table), Marthinussen 1960).

Lyngpollen, Finnmark (T-244 4100 \pm 150).

Driftwood of *Larix* (identified by E. Mork) from Lyngpollen, Magerøy, Måsøy, Finnmark. Found at the base of a peat bog at an altitude of 7,8 m. The thickness of the overlying layer of peat is 1,2 to 1,4 m. Comment: Assumed age: 4000—4500 yrs. The wood seems to have drifted ashore at a shore level corresponding to the N₄ line, and the dating in this case (4100 yrs) is in accordance with the result of T-186 (a shore-line diagram for this area, as yet unpublished, is similar to that of Pl. 16 in Marthinussen 1960).

Austbotn, Finnmark (T-243 2450 \pm 100).

Driftwood of *Picea* (identified by O. A. Høeg) from Austbotn, Kobbefjord, Måsøy, Finnmark. Found at the base of a peat bog at an altitude of maximum 6,0 m. The thickness of the overlying layer of peat is 1,2 m. Comment: Assumed date: 2500—3000 yrs. The altitude of nearly 6,0 m for the driftwood log corresponds at this locality to the N₂ line (Marthinussen 1945 (Pl. II) and 1960 (Pl. 16)), and the dating result indicates the age of the line (See the end of the comment for T-244).

Skallelv, Finnmark (T-245 850 \pm 80).

Driftwood of *Larix* (identified by O. A. Høeg) from south of Skallelv, Nord-Varanger, Finnmark. The log was found at an altitude of 3,5 m, partly covered by sand and overlain by a layer of peat 0,5 to 0,8 m thick. Comment: As the locality is strongly exposed to attack by the sea, the shore level corresponding to the altitude of the driftwood log seems to have been no more than 2,0 to 2,5 m above the present sea-shore. The youngest shore line recognized by the author, the N₁ line, is nearly twice as high at this place as the dated level (accord. to a diagram not yet published).¹ Because of the low altitude (and with due regard to the stratigraphic circumstances) the log was assumed to be quite young.

From the above it appears that the datings of the driftwood series were made in order to establish the approximate ages of the said younger shore lines and to discover drifts of logs older than the Tapes IV line in the outer coastal region.

The result of the tests seems reliable and logical.

¹ The N₁ line is here about 4,5 m a.s.l., see Marthinussen 1945, Pl. I (cp. a locality which in the diagram is about 1,3 cm to the left of No. 35).

Evidences of marine transgressions

The report of the driftwood series seems to tell of positive as well as of negative shore-line displacements in the outer coastal districts during the Tapes I-IV time, cp. the cases of Djupdalen (T-185) and of Nord-Mjele (T-267). In the following we are dealing with evidences of transgression phenomena consisting of occurrences of peat overlain by marine gravel or sand deposits.

*Tomaselv, Finnmark (T-182 7750 ± 150)*¹.

Peat from Tomaselv, Vadsø, Finnmark. Taken from the upper part of a layer of peat 8 cm thick at an altitude of 24,5 m. The peat, which occurs just inside the crest of the Tapes shore bar, is overlain by a layer of marine shore gravel 1 m thick and rests on slightly sea-washed gravel, primarily of glacial origin. Comment: The stratigraphy proves a marine transgression. The corresponding maximum shore level is represented by the above mentioned shore bar, at altitudes of 25,5 to 26,0 m, and coincides with Tapes I line (Marthinussen 1960, Pl. 16),² the age of which is assumed to be about 6600 yrs., see p. 50. As the said transgression undoubtedly is younger than the age found for the peat, a top layer of the peat must be presumed removed by marine abrasion (Marthinussen 1960, p. 424 and 1945, Pl. I (loc. No. 33)).

Ramså-profile I series, Nordland.

The dates represent ages of some peat samples from the deposits of the Ramså-profile I, Ramså, Andøy, Nordland.³ The section of this profile, which overlies rock, ranges from altitude 0,1 to about 9,3 m a.s.l., and shows the following stratigraphic sequence from below upward: 0,1 m (a.s.l.): rock surface, 0,1 to 0,55 m: gravel, probably shore gravel, 0,55 to 0,80 m: coarse-grained sand and fine-grained gravel with a zone of vascular plant remnants (straw) in the lower part and with two very thin layers of peat near the top (T-271), 0,80 to 1,0 m: a zone of thin layers of alternate peat and sand, 1,00 to 1,20 m: a similar zone, but here the peat is far more dominating (T-294), 1,20 to 1,25 m: a thin

¹ A lately revised date, as to the previous one, see Marthinussen, 1960, p. 424 (inter al. the table).

² A diagram of this area, similar to that of Pl. 16, Marthinussen 1960, has not yet been published.

³ At this place a corresponding section has previously been investigated by Holmboe, see Holmboe 1903, pp. 107-109.

layer of sand, 1,25 to 1,85 m: a layer of peat, in the middle and lower parts rich in wooden plant fragments (T-295 and T-270: samples from the base and the top of the layer respectively), 1,85 to 2,10 m: shore gravel (containing pebbles) that rests on the peat, 2,10 to about 9,30 m: marine sand deposits including the surface peat. The latter, about 0,3 to 0,8 m thick, consists of alternating zones of peat and eolian sand. This thick sand deposit must primarily be of marine origin, but in the uppermost part a redeposition as eolian sand may have taken place. The dated peat samples, especially marked out in Pl. 2, are as follows:

T-270	1,8	m a.s.l.	(c. 7,5	m below soil surface)	7400 ± 150
T-295	1,3	"	(* 8,0	" " " ")	9450 ± 250
T-294	1,05	"	(* 8,25	" " " ")	9900 ± 200
T-271	0,75	"	(* 8,55	" " " ")	10600 ± 250

Comment: The marine shore gravel at 1,85 to 2,10 m a.s.l. overlain by sand and resting on peat directly tells of a marine transgression. The maximum shore level of this transgression phase (here about 4 m a.s.l.) seems to be represented by the Tapes I line, the age of which is assumed to be about 6500–6600 yrs (cp. Sandegren 1931 and 1952). The age of the peat here concerned (T-270) is 7400 yrs. The difference of the ages pointed to (7400 and about 6500 yrs. respectively) must be explained in the same way as in the case of Tomaselv (T-182), see Marthinussen 1960, p. 424. The position (altitude) of this layer of peat (T-270) in relation to the continual shore-level displacement is seen from Pl. 2. In a subsequent chapter the other peat samples T-295, T-294 and T-271, are dealt with, and special attention is there paid to the sample T-271 (pp. 48–49).

As for a more detailed discussion of this profile, more datings as well as pollen-analyses of the peat are needed.

The above mentioned marine sand deposit culminates in an important shore bar at altitudes of 9,0 to 9,5 m¹. The latter seems to correspond to the youngest Tapes transgression, the maximum sealevel of which is represented by the Tapes IV line, about 4500 to 4800 yrs. old, cp. T-126, T-266 and Marthinussen 1960, p. 425.

¹ The marked Tapes shore bars on Andøy have formerly been investigated by Reusch (1896 and 1903), Holmboe (1903), Holmsen (1924), Undås (1938), Grønlie 1940 and 1951 and lately also by E. Bergstrøm (unpubl., pers. comm.). The transgressive and complex character of these shore bars has been pointed to, especially by Holmsen (1924, pp. 80–83) and Holmboe (1903, pp. 106–109).

Ramså-profile II series, Nordland.

As the investigation of this profile has not yet been brought to an end, only a particular part of it is here dealt with.

Ramså-profile II, Nordland (T-296 6100 ± 150).

Peat from the deposits of the said profile, Ramså, Andøy, Nordland. Found at an altitude of 4,05 m in a thin layer of peat at the top of a deposit 1,15 m thick of mainly coarse-grained sand with some thin layers of peat, especially in the middle and lower parts of it. The layer of peat, at 4,05 m a.s.l., is overlain by a sand deposit of marine origin 1,2 m thick. Comment: The stratigraphy reveals a marine transgression. According to the dating result the latter obviously is of younger age than that of the Ramså-profile I series, previously pointed to. The peat in question probably coincides with a regression phase which followed the Tapes II transgression maximum, see Pl. 2. We do not know the minimum sealevel of this regression, but the shore level contemporaneous with the deposition of the peat may have been no more than 2,0 to 2,5 m above the present sealevel, probably lower. The succeeding transgression of the shore level, indicated by the sand deposit overlying the peat, reached a maximum position primarily corresponding to the Tapes III line, and finally to the Tapes IV line (Pl. 2), cp. T-183, T-184 and Marthinussen 1960, pp. 424—425.

The Main substage or the Tromsø-Lyngen substage

At the localities mentioned below there are big clay formations which contain shells of *Portlandia arctica*. Inside these formations (partly close by and partly at some distance) there are important end moraine systems which were assumed to have been deposited by glaciers of Younger Dryas age, at a time when also the fauna is believed to have been alive. The following datings support the probability hereof.

Saltenfjorden, Nordland (T-246 10550 ± 250).

Shells of *Portlandia arctica* from the brick-yard of Rønvik, Bodø, Nordland. Found at altitudes between about 7 and 10 m in the middle and upper part of a large deposit of blue clay, the thickness of which seems to be at least 7 to 8 m. The clay, including the upper part of it, is quite rich in *P. arctica*, and is overlain by a Post-glacial shellbed (Holtedahl 1953, p. 714). Comment: Assumed date 10000—10500 yrs. The age obtained shows that the shells are contemporaneous with the Younger Dryas period. The corresponding shore line possibly lies a little below

the shore-level zone of the Main line, the altitude of which at this locality seems to be approximately 85 to 90 m a.s.l. (Pl. 1). The end moraines of the corresponding glacial substage in this district have not yet been localized with certainty. They must be situated somewhere east of the town of Bodø, presumably in the Skjerstadvjorden area (Holtedahl 1953, p. 710 and Fig. 317; Marthinussen 1961, Fig 17).

Djupvik, Troms (T-187 10350 ± 300)¹.

Shells of *Portlandia arctica* from Slottet, about 1 km north of Djupvik, Lyngen, Troms. Found at altitudes between 4,5 and 9,0 m a.s.l. in a clay deposit, the maximum thickness of which above the present sea-level is about 11 m. The clay is partly overlain by Post-glacial shellbeds. The locality is situated outside an important terminal moraine (at Spåkenes) belonging to the substage in question (Marthinussen 1960, p. 418). Comment: Assumed date 10000—10500 yrs. The date obtained probably indicates the minimum age of the said moraine and seems to coincide with the closing phase of the Younger Dryas period (p. 54). The contemporaneous shore level represented by the Main line, So (P₁₂), is at this locality 65—66 m a.s.l. (Holtedahl 1960, pp. 414—415; Marthinussen 1960 p. 418 (and Fig. 144) and 1961, Fig. 17; Nydal 1959, p. 77 and 1960, pp. 85—86).

Steinsdal, Helgeland (T-124 10300 ± 250).

Shells of *Portlandia arctica* from Steinsdal, Sømme, Helgeland. Found in «Yoldia clay», 8 to 10 m a.s.l. at a locality about 8 km in front of a terminal moraine system at Harangsfjord, probably belonging to the Main substage (the Tromsø-Lyngen substage) or the Ra substage respectively. Comment: The assumed date, about 10500 yrs, agrees fairly well with the C₁₄-dating. The latter approximately dates the said moraine system, which accordingly may be correlated with the marked substage mentioned above (pp. 55—56). The date probably refers to the minimum age of the substage and to the closing phase of the Younger Dryas period. The contemporaneous shore level, here about 122 m a.s.l., coincides with the Main line, S₀ (P₁₂). Ref.: Nydal 1960, p. 86, Holtedahl 1960, p. 415, and Marthinussen 1961, Fig 17.

The clay deposits (and their fauna) here dealt with correspond in a general way to the «Yoldia clay» of Brøgger's system in the South of

¹ A recently revised date, as to the previous one see Marthinussen 1960, p. 418 and Holtedahl 1960, p. 415.

Norway (Holtedahl 1960, p. 375) and were assumed to be of Younger Dryas age. The datings of the shells — from widely separated areas of Northern Norway — strikingly confirm this view.

Shell series of Older Dryas and of Allerød ages at Sandstrand

The locality is situated just outside a marked terminal moraine at the mouth of Astafjord, south-east of Harstad. This moraine, which by the author lately has been termed «the Outer Astafjord moraine¹», was presumed to be somewhat older than the Younger Dryas period, because of certain traces of the sea (shore marks, shells, and fossil faunas of foraminifera) at altitudes *above* the assumed maximum shore level of the said period. The datings of shells seem to confirm this view.

Sandvatnet (I), Troms (T-269 12300 ± 250).

Shells of Macoma calcarea near the lake Sandvatnet, Sandstrand, Skånland, Troms. Found near the surface of a small deposit of sandy clay (or clayey sand) at an altitude of 69,0 m. Comment: The shells probably date the said «Outer Astafjord moraine», which consequently must be of Older Dryas age. It should here be mentioned that at Renså, about 5 km east of (and inside of) this moraine, there is another moraine ridge² apparently of Younger Dryas age in the standard chronological system (Nydal 1960, p. 86)³. The maximum shore level of Younger Dryas time at Sandstrand seems to be about 68 to 70 m a.s.l., and the shore-level zone of the Older Dryas period⁴, the S₄-S₂ lines, probably lies between about 73,5 and about 80 m (Marthinussen 1960, Fig. 144 and Pl. 16, and 1961, p. 133). A shore-line diagram of this area, similar to that of Pl. 16 (Marthinussen 1960), is as yet unpublished.

Sandvatnet (II), Troms (T-316 11700 ± 250).

Shells of *Mya truncata* (fragments only) near the lake Sandvatnet, Sandstrand, Skånland, Troms. Found imbedded in a layer of shore gravel

¹ This moraine seems to belong to the so-called Repparfjord substage (pp. 58–59).

² The moraine ridge is situated in front of a small (tributary) valley adjoining the Astafjord.

³ Some time during the Main substage the frontal part of the Astafjord glacier may possibly have extended as far out in the fjord area as a km or two inside the said «Outer Astafjord moraine».

⁴ In accordance with the *actual* positions of the corresponding shore levels, this zone seems approximately to range from the middle of the S₁-S₂ interval to well above the S₃ line, cp. also Pl. 16 (Marthinussen 1960).

25 cm thick at 73,2–73,4 m a.s.l. Comment: The age reported coincides with the Allerød period of the standard time-table, and the altitude of the shells seems to point to a corresponding shore level at about 73,0 to 73,5 m a.s.l. The S_1 line, assumed to be of Allerød age, is here about 71 to 72 m a.s.l., see the comment to T-269 and Pl. 1.

Sandstrand (III), Troms (T-214 11400 ± 250).

Shells of *Mya truncata* from the brick-yard of Sandstrand, Sandstrand Skånland, Troms. Found at an altitude of 30,5 m at the very base of a deposit of blue clay 5 to 8 m thick, which rests on sand and is overlain by thick layers of sand. The shells occur in the transition layer between the clay and the underlying sand. In the blue clay itself practically no shells are seen, except some extremely scarce and scattered species of *Portlandia arctica* (recently the skeleton of a whale, *Balaena mysticetus*, has been found in the clay at 32 to 35 m a.s.l.). Comment: The clay was assumed to correspond to the «Yoldia clay» of Brøgger's system and to be of Younger Dryas age. Consequently the shells from the said transition layer were assumed to be somewhat older. The correctness of this view seems proved by the dating in so far as the age of the shells coincides with the Allerød period of the general chronology. A climatic oscillation, probably corresponding to the transition Allerød-Younger Dryas time, seems to be reflected in the fossil faunas of foraminifera from the said transition layer and the overlying clay (identified by R. W. Feyling-Hanssen), which reveal subarctic and arctic climatic conditions respectively. Foraminifera from near the base of a banded clay at the lake Sandvatnet, altitude about 74 m, show arctic climatic conditions. According to the altitude this clay may possibly be of Older Dryas age.

Brief report on the shore-line displacements at Ramså (Andøy)

For a general view the numerous facts and results here presented have been put up in a table (Pl. 1). To demonstrate shore-level displacements in this part of Norway a curve which refers to the locality of Ramså (Andøy) has been drawn up. It is preliminary, however, because of the comparatively few datings at hand. From the previous chapters it appears that the curve is based on data partly from Ramså and partly from other localities of this area as well as from Finnmark and Troms. Material of fundamental importance for the construction hereof are the

shore-line diagrams of Finnmark, inter al. Pl. 16 (Marthinussen 1960)¹, and that of the Ofoten-Andøy area (unpublished). On the basis of these diagrams the various datings and altitudes referring to shore levels and transgressions from widely separated localities are used for building up the curve shown in Pl. 2.

The altitudes of shore lines and transgression limits etc. at Ramså, specified in the table (Pl. 1), are mainly deduced from the diagrams, but more sporadically also observed in the field.

Regarding the shore-line displacements for the last 13000 yrs. at Ramså, indicated in Pl. 2², the main features are as follows: A marked Late-glacial regression of the shore line seems to have been going on until some part of the Older Dryas period (cp. foot-note 3 below). During the Allerød age the mean rate of the regression was probably considerably slower than before. Of great interest in this connection is an observation by Grønlie, referring to the traces of a transgression at 12 m a.s.l. on Andøy (Grønlie 1924, p. 111). According to the height reported, this transgression must be of Late-glacial age. Without knowing the exact position of the locality in question (not mentioned in the paper referred to) nothing more definite can be said regarding the age³. The shore-line displacements during Younger Dryas time have not yet been fully ascertained. The two alternative curve sections (Pl. 2) representing this period, may both be characterized as preliminary and more or less hypothetical. Nevertheless, there is a possibility of a considerable shore-line oscillation, as indicated by one of the said curve sections, because of some known and comparatively reliable data. In this connection it is referred to the occurrence of peat at 0,75 m a.s.l. (and 10600 yrs old) and to the altitude of the Main line at Ramså, about 8,5 m a.s.l. The age

¹ The only complete diagram of this area as yet published by the author, cp. also Marthinussen, 1945, Pl. I and II.

² As to the «absolute» sealevel displacements (independent of the isostatic recovery of previously depressed areas) it is referred to some recent papers by Shepard and Suess (1956, pp. 1082–1083), Godwin, Suggate and Willis (1958, pp. 1518–1519) and by Fairbridge (1961, pp. 99–185). Of special interest is the last-mentioned paper (inter al. Fig. 15) as compared with the shore line movements at Ramså.

³ The possibility therefore exists that at times during the Older Dryas and Allerød periods the shore-level movement (including eventual oscillations) may have been somewhat different from that expressed by the curve (Pl. 2). Thus, during Allerød time some fluctuation may have occurred, and as for the coincidence of the sealevel with the S₁ line this probably has been restricted to a comparatively short interval only (see p. 47 and Pl. 1).

of this line is probably about 10200–10300 yrs., cp. the table (Pl. 1) and Marthinussen 1960, Fig. 144. In the case considered, the peat must naturally be assumed to be of autochthonous origin. If not, the shore line movements during this period may possibly have been in the form of a slow regression, cp. the corresponding section of the curve (Pl. 2).

A shore level oscillation of Younger Dryas age also seems to have occurred in Iceland (cp. Thorarinsson, 1951, pp. 81–83 and Fig. 66.)¹ Reports from other areas, e. g. Ireland and the Great Belt area of Denmark, tell of Late-glacial shore levels (here to be considered) which were below the present sealevel. In Ireland this was the case during Younger Dryas time (cp. Donner, 1959, p. 21 and Stephens, 1958). As regards the Great Belt area it has been established that the shore line during Post-glacial (Boreal) time as well as some time during the Late-glacial period has been at least 25 m *below* the present one (Krog, 1960, p. 130). The said low Late-glacial shore level may possibly coincide with Younger Dryas time².

The initial stage of the Post-glacial shore-level movements in this locality seems to have been a marked regression mainly coinciding with the successive development of the P₁₁-P₁ lines (Pl. 2 and Marthinussen 1960, Pl. 16). Also in parts of Southern Norway and Sweden a corresponding rapid rise of the land is traceable (Fægri 1944, Fig. 12, Hafsten 1960, figs. 151 and 152, Hessland 1943, Fig 62, Sandegren 1931, Fig. 36 and 1952, Fig. 46 etc.). The minimum level of this regression at Ramså, presumably at least 2-3 m below the present sealevel, was probably reached during the Boreal period (Pl. 2)³. During the interval between about 9900 and about 7500 yrs. B. P. the shore line seems all the time to have been below the present shore. This view is based on the altitudes and on the ages of some peat samples from the Ramså-profile I, i. e. T-294 (9900 yrs), T-295 (9450 yrs), and T-270 (7400 yrs), see pp. 42–43 and the table (Pl. 1). It should be added that pollen-analyses of the peat samples (by K. Egede Larssen) are not contradictory to the shore

¹ This view seems later to have been somewhat modified, see Thorarinsson 1955, Fig. 4 and 1956, Fig. 6.

² The question, however, is whether marked shore line oscillations actually have occurred in the cases concerned.

³ The transition Boreal-Atlantic time in Pl. 2 is based on investigations by K. Egede Larssen (unpublished).

line movements expressed in the curve section which represents the said time interval (Pl. 2)¹.

The following Post-glacial rise of the shore level coincides with the so-called Tapes transgression, the successive limits of which correspond to the Tapes I–IV lines (p. 38). During this long-lasting and mainly transgressive phase the positive shore line movements were interrupted by one main regression and probably also by a couple of minor ones. The two main transgression maxima, before and after the said regression, were reached in middle Atlantic and early Sub-Boreal time respectively (Pl 2).

More detailed, the events are as follows: During the rise of the shore level from the Boreal minimum position the peat layer at Ramså (T-270) was submerged (possibly about 7000 yrs. ago (Pl. 2)). Later, presumably 6500–6600 yrs. B. P. (Sandegren 1931 and 1952), the shore level reached a preliminary upper limit corresponding to the Tapes I line, in widespread areas a very marked shore line, the sealevel of which consequently must have remained stable for a comparatively long time. Then, at first probably interrupted by a slight regression, the shore level continued to rise to the maximum limit of the said middle Atlantic transgression phase. The transgression limit coincides with the Tapes II line, here about 6,2 m a.s.l., the age of which seems to be about 6250 yrs. B. P. according to datings of driftwood, p. 39 (T-267). The transgression phase here dealt with is, as previously pointed out, first followed by a marked regression and then by still another transgression phase (which was going on until early Sub-Boreal time). This view is based on the stratigraphy of the Ramså-profile II, see p. 44 and the table (Pl. 1). Here a peat layer at 4,0 m a.s.l. and 6100 yrs. old overlain by a thick deposit of marine sand directly tells of an emergence of the land after the middle Atlantic maximum level as well as of a following marked submergence (p. 44). The shore line contemporaneous with the development of the peat (T-296) may have been no more than about 2 m above the present shore². The minimum shore level during the emergence considered is unknown, but from the above it must be presumed that the said regression

¹ During this interval similar conditions seem to have existed in Scotland (Donner, 1959, Fig 5). To be noticed are also the other common main features as regards the shore level displacements in Scotland and the Ramså region, compare Pl. 2 with Fig. 5 of Donner (Donner, 1959).

² As regards the eventual existence of a basin with threshold at the critical altitude, no positive indication hereof has been registered.

phase represents a negative displacement of the shore line of at least 4 m (cp. Fægri 1944 a, Fig. 12).

The following transgression, the second main phase of the Post-glacial rise of the shore level, was limited upwards primarily by the Tapes III level (altitudes 7,0 to 7,5 m and age 5500–5700 yrs.), and finally by the Tapes IV level, about 4500–4800 yrs. old. The latter, which coincides with early Sub-Boreal time, represents the uppermost shore level during the last ten thousand years at this locality (8,0–8,2 m a.s.l.) as well as everywhere else in the outermost coastal regions. The shore line oscillation just pointed to also seems to be reflected in certain circumstances concerning the occurrence of driftwood at Nord-Mjele, p. 39 (T-267). At Skagen on Langøy, another locality in the Archipelago of Vesterålen, definite traces of corresponding regression and transgression phases have been observed by Grønlie (Grønlie 1924, p. 112). Also in Southern Fennoscandia direct proofs of such intermediate oscillation exist, inter al. provided by Fægri (Fægri 1944 a, pp. 42–45 and Fig. 12, Hafsten 1960, pp. 452–456), cp. also the Malmø curve of shore line displacements (Granlund and Lundqvist 1949, p. 319).

The maximum shore level of Sub-Boreal time (Tapes IV line) just mentioned, probably preceded by an insignificant shore-line oscillation (in the Tapes III-IV interval), was followed by a long-lasting and in the main a negative movement of the shore, which presumably has been going on until the last centuries¹. True, immediately before the time of the N_4 line (about 4000 yrs. old) a small emergence and a corresponding submergence of the land also seems to have taken place (Marthinussen 1960, p. 423). Thus, the Post-glacial shore-line oscillation (except for the first and last parts) in the outer coastal regions, e. g. at Ramså, possibly consists of five phases, viz. two main phases and three minor ones included in the former (Pl. 2). The corresponding shore level maxima, the Tapes I–IV and N_4 lines, were formerly by the author assumed to be the successive upper limits of actual transgressions because of pumice accumulations at these levels, and especially because of a find at Ingøy of peat overlain by a pumice layer at an altitude which coincides with the N_4 line (Marthinussen 1945, p. 239, and 1960, p. 423). In the areas con-

¹ The curve section of Pl. 2 which represents the last 4500–4800 yrs. is based on data concerning driftwood finds from Finnmark (and one find from Nöss, Andøy (T-266)). It shall be added that two datings of driftwood from the Ramså region, received during printing, have also been marked out in Pl. 2.

cerned the existence of several transgressions, presumed by a successive and somewhat variable rise of the sealevel, seems to be a reality, reflected inter al. in the said upward transport of driftwood (p. 39) as in the deposition of thick masses of sand and fine-grained gravel, which in places build up the marked Tapes shore bars (p. 43 and Martinussen 1960, p. 425). It is an essential question, however, whether a regression has actually occurred in all of these cases. This has not yet been fully ascertained, but at least after the Tapes II, Tapes IV, and N_4 maxima there is evidence of regressions. As for the Tapes I–II and III–IV intervals, we have no direct proof of negative shore level movements, but also here the possibility remains¹. Regarding this extreme complexity of the Post-glacial (Tapes-Litorina) shore line oscillation² at Ramså (and possibly also elsewhere in the outermost coastal areas of Northern Norway), this has been traced also in other regions, e. g. in Denmark and in Southern Sweden. In Denmark evidences of four transgression phases during the Atlantic and Sub-Boreal times have been registered by Iversen (Iversen 1937 and 1943). In Southern Sweden three oscillations (and transgression maxima) during this time have been pointed out, e. g. at Malmö and Öland (Granlund and Lundquist 1949, p. 319). Judging from the said paper (p. 319) the three maxima of the Litorina sea in Southern Sweden – LG I, LG II and LG III – seem in a general way to correspond to the transgression limits at Ramså as represented by the Tapes I, II and IV lines respectively. Also the relative altitudes of the three successive maxima at Malmö and at Ramså show fairly good accordance.

The actual rise of the shore level from the Boreal regression minimum to the Sub-Boreal transgression maximum (Tapes IV line) seems at Ramså to range between 10 and 12 m (Pl. 2). As in this peripheric district the isostatic uplift of the land during the said transgression period must be assumed to have been quite small, possibly about 2 m only, the *total eustatic* rise of the sealevel does not much differ from the value given

¹ A comparison of the Tapes I – N_4 oscillations (Pl. 2) with the corresponding «absolute» sealevel displacements as illustrated by Fairbridge (Fairbridge 1961, Fig. 15) seems to indicate a fairly good conformity. This would especially be the case if the curve section (Tapes I – N_4) had been slightly displaced within the range of the C_{14} -ages concerned.

² According to Fægri the complexity of the corresponding shore line movements at Bømlo and Jæren seems confined to two main phases (Hafsten 1960, Fig 151).

above¹. Between 12 and 14 m would probably be about correct. According to Fægri the corresponding total sealevel rise at Bömlo is 8–9 m (Fægri 1944, p. 49). Assuming, like Fægri, that the transgression in question is mainly due to eustatic changes of level, the difference of the said total positive displacements in the two widely separated areas (12–14 m and 8–9 m respectively) is a result of a difference in the isostatic uplift, this component having been somewhat stronger at Bömlo than at Ramså. Consequently, the corresponding isostatic uplift at Bömlo may have been rather greater than estimated by Fægri (Fægri 1944, p. 49)². Otherwise it appears that in both areas the second main transgression maximum reaches higher than the first one, cp. Pl. 2 with Fægri 1944, Fig. 12.

Also during the last 4000 yrs. some slight oscillations of the shore line may have occurred, but material which might give informations hereof has not yet been worked out. C₁₄-datings just received (not incorporated in this paper) seem to indicate oscillations before as well as after the time of the N₂ line, cp. Pl. 2³.

The shore level history for the last 13 000 yrs. at Ramså, indicated in Pl. 2, has naturally not yet been definitely established. Supplementary study of the stratigraphic profiles of this locality and datings of a great many peat, driftwood, and shell samples on hand are still needed. No radical changes are expected, however, from these investigations.

A few remarks on the described glacial substages and on the results of the C₁₄ datings

Traces of several glacial stages during the last deglaciation period have been recognized in Northern Norway (Marthinussen 1960, pp. 417–418, and 1961 pp. 161–162 and 167–168). Of these the three, rat-

¹ This estimate is based on the supposition that the eustatic level of today is approximately equal to that of the Boreal period (cp. Fægri 1944, p. 49).

² It shall be added that the «absolute» rise of sealevel during the said Boreal – early Sub-Boreal time interval seems to have been at least 18 m according to Fairbridge (1961, Fig. 15). If correct, this sealevel rise exceeds by far those assumed by Fægri and by the present author, 8–9 and 12–14 m respectively. From the above-mentioned it can be concluded that the corresponding isostatic recovery of the regions concerned may have been rather greater than was originally supposed.

³ As regards the «absolute» sealevel oscillations during this late period, see Fairbridge 1961, Fig. 15. Supplementary remarks: a comparison of the Post-glacial shore line displacements (Pl. 2) with the corresponding «absolute» sealevel movements (Fairbridge 1961, Fig. 15) gives to some extent an idea of the contemporaneous isostatic recovery at Ramså (which in a later paper will be commented on).

her marked late ones are in chronological order: the Outer (Yt.) Porsanger, the Repparfjord, and the Main substages (Marthinussen 1961 Fig. 19 and pp. 161 and 168). Only the two latter, for which C_{14} datings have been made, will be commented on in the present.

The most prominent system of end moraines in this part of Norway is that of the Main substage or Tromsø-Lyngen substage (cp. Marthinussen 1961, Fig. 17). The latter term was introduced by Grønlie, who, like Vogt and Tanner, assumed these moraines to be contemporaneous with the Ra substage in Southern Norway (Grønlie inter. al. 1940 pp.45, 46 and 51). The theory seems now verified through C_{14} datings of material from various places in Troms (and Nordland), collected by Andersen¹ and by the author. Andersen's results will not be discussed here. It should be noticed, however, that the age given for some of his samples exceeds that assumed for the moraines in these northern districts, which are actually contemporaneous with the Ra substage (Holtedahl 1960 pp. 414–415). Of the author's dated shell samples it is first of all the T-187, Djupvik, Lyngen (Pl. 1) which confirms the contemporaneity of these substages in Northern- and Southern Norway. The shells in this case are of *Portlandia arctica* (see p. 45) from a thick clay accumulation immediately outside a marked terminal moraine (at Spåkenes), deposited by the big Lyngen glacier². It seems reasonable that this particular shell-bearing clay-zone was deposited while the glacier bordered on Spåkenes and not later³. The age arrived at, 10350 yrs., should thus correspond to some phase of this substage, presumably the closing one. The moraine of the Lyngen glacier at Spåkenes — in Grønlie's opinion a typical section of the Tromsø-Lyngen substage — is therefore from Younger Dryas time. The same is true for the Ra substage. Further, the marine limits at the distal and proximal slopes of this moraine, 66,0 and 63,5 to 64,0 m a.s.l. respectively, prove that a regression of the shore level was going on as the Lyngen glacier receded from this marginal zone. The former altitude corresponds to the Main line (S_0 (P_{12})), which in the form of rock terraces is distinctly recognized outside the

¹ Cp. Nydal 1959 and 1960.

² This moraine and especially the lateral end moraines inside (on the east side of the Lyngenfjord) reveal a complexity of the substage (see inter al. p. 58).

³ Some observations from this area, inter al. concerning marine limits, seem to indicate that the ice-skrinkage, which followed the substage in question, possibly has been remarkably rapid.

moraine¹, but – as it might reasonably be expected – is absent in the fjord inside. The condition observed here is noticeable in several areas, possibly most distinctly seen on the south-eastern shore of the Porsangerfjord, where the rock terrace of the Main line ends close to the very distal part of the glacial deposits belonging to the Main substage. No traces of rock terraces are found in the fjord inside (Marthinussen 1961, Fig. 19).

As for the contemporaneous end moraine series in other districts of Northern Norway, only that of the southernmost part of Nordland, i. e. in the Bindalsfjord area of Helgeland, will be mentioned. Here the author in 1958 made some investigations on the Pleistocene geology, mainly in connection with the shore lines.² A few data are given in the following. First, the find at Steinsdal of *Portlandia arctica* (10300 yrs. old) will be recalled, cp. T-124 (p. 45 and Pl. 1). Shells of this species occur also at Sør-Horsfjord on the island of Austra, about 10 km south of Steinsdal³. The age of the Steinsdal find, as well as of that from the Lyngen area (T-187), corresponds to the closing phase of the Younger Dryas period. Marginal moraines to be considered here are found inter. al. at Harangsfjord (Gaupen), about 7 to 8 km south-east of (and inside) Steinsdal. This moraine system, which consists of two or three ridges, probably represents the Main substage (the Tromsø-Lyngen substage). The correlation is based mainly on the investigations of shore lines, especially of the Main line. In this area the line to great extent manifests itself by marked rock terraces⁴, which here, like in Finnmark and Troms

¹ Due to the marked character, the Main line has long ago been noticed by several investigators, in Finnmark inter al. by Bravais (1840 and 1842), Chambers (1850) and Tanner (1906–1907, 1907 and 1930), cp. the «upper line» of Bravais and Chambers, and the I_E shore-line system as well as the f-line of Tanner.

² Earlier studies of shore lines in this area: Øyen 1896, Rekstad and Vogt 1900, pp. 66–71, Rekstad 1910, pp. 8–11 and 1917, pp. 70–72 and Grønlie 1940 and 1951).

³ Due to the scarcity of material no C₁₄ datings have been made.

⁴ The tilt of this shore level is about 1,0 to 1,1 m per. km in the direction West 20–25° North, as based on numerous height measurements, inter. al. at Torghattan (113 to 114 m), at Skillbotn and Mardalsfjell (120 m), at Aarsetfjord (123,0 to 123,5 m), at Sør-Horsfjord (124,5 m), and at the Lysfjord moraine or the «Lysfjordmana» (128,5 to 129,0 m). The latter altitude, which corresponds to the Main line, most probably indicates the shore level during the deposition of this moraine (cp. Rekstad 1910, p. 10 and 1917 p. 71, Grønlie 1951, p. 38, and Svensson 1959, p. 206).

(pp. 54–55), seem present only outside the ice margin of the Main sub-stage. According hereto, the corresponding Bindalsfjord glacier has probably occupied the entire inner fjord basin to the strait at Skauvik¹. The position of the frontal part of this glacier corresponds to the Harangsfjord moraines (at Gaupen) and to a lateral glacial deposit high up in the mountain slope above Skauvik, to the south-west of the strait². The said occurrence of *Portlandia arctica* at Steinsdal probably reflects the climatic conditions during a late phase of this glacier stage. Corresponding ice margins have been traced south-west of Bindalsfjord, e. g. near the mouth of Lysfjord and in the area of Aarsetfjord – inner part of Kjella. Observations on moraine accumulations also support this view. To the south and west Lysfjord is encircled by end moraine ridges which extend to the very mouth of the fjord. To be mentioned are the previously described Lysfjord moraine, the «Lysfjordmana»³, and a south-north directed lateral moraine ridge (at the eastern slope of Hegbærnesfjell) which is a direct continuation of the former. The corresponding Lysfjord glacier seems to have reached the mouth of the fjord⁴. In the other area – inter al. between Valen, near the head of Aarsetfjord, and Haalup, at Kjella – are some scarce glacial deposits, and east of Kjella, immediately north of the lake Lysfjordvatn, there are faint ridge-formed accumulations of morainic material. The glacial deposits of this area are assumed to coincide with the outer margin of an ice lobe which moved north by north-west and covered the innermost part of the Kjella fjord. At that time a small area between the moraines at Lysfjordvatn and the «Lysfjordmana» was ice-free, and also here the sea was in direct contact with the ice margins of the two glaciers, which is especially noticed on the «Lysfjordmana» side. Here it should be pointed out that the latter moraine (of the Lysfjord glacier) has certainly not been deposited by a glacier moving from south, as was assumed by

¹ The rock terrace of the Main line, not seen in this fjord area, occurs west of and closely outside the Skauvik promontory.

² Here the depth of the fjord is 350 to 400 m, whereas somewhat inside and outside it is 600 to 700 m and 450 to 500 m respectively.

³ Cp. Rekstad and Vogt 1900 p. 63, Rekstad 1910 p. 16, and 1917 pp. 68–69, and Svensson 1959 inter al. pp. 205–207.

⁴ Except a moraine at the Hegbærnes promontory also very faint traces of a submarine ridge seem here to occur, cp. Chart No. 224 of the Norwegian Coast. The Hegbærnes moraine may possibly partially be somewhat older than the stage described.

Rekstad (Rekstad 1910, p. 16 and 1917, pp. 68–69)¹. The Lysfjord and Aarsetfjord – Kjella glaciers extended from the big Bindalsfjord glacier on the north and south side respectively of the Hildiringsfjell – Heilhorn – Lillehorn mountain massif. The former glacier extended westward across the isthmus of Bindalseid and the latter south-westward, west, and finally north-westward through the depressions of Sørfjord and of Aar-sand-Kjella.

The contemporaneity of the ice margins at Bindalsfjord, Lysfjord², and at Aarsetfjord — Kjella and their relation to the Main or Tromsø-Lyngen substage seem ascertained through the studies of the Main line and the marginal moraines. Of special interest here are the Main line rock terraces, which occur partly closely outside the strait of Bindalsfjord and partly on the western slope of Hegbærnesfjell, immediately outside the Lysfjord, as well as outside the inner part of the Kjella fjord. In this connection the *Portlandia arctica* find at Sør-Horsfjord, 2 to 4 km in front of the said moraine accumulations of this area, should be recalled³.

For a more complete picture of the ice margins and marginal moraines of the region, belonging to the substage in question, it is referred to the investigations by Svensson, which to some extent support the author's results. A series of end moraines and other glacial deposits to be considered here, have been recognized by him (Svensson 1959, inter al. Fig. 72). According to position and character, they must belong to the same series as reported by the author. The most important moraine or moraine system is that on the eastern slope of the Heilhorn-Lillehorn massif, at an altitude of about 40–50 m. (Svensson 1957, figs 2 and 3, and 1959, Fig. 85). This, and other, belong to Svensson's Middagttind — Heilhorn stage, which surely must be correlated with the Tromsø-Lyngen or Main substage (as with the Laurå and the Ra substages), especially because of the shore-line indications pointed to above (cp. Marthinussen, 1961, Fig. 17). The possibility of such correlation has also been discussed by

¹ The character of the material as well as the morphology of this moraine contradict an interpretation as that advanced by Rekstad.

² As a marginal moraine of the Lysfjord glacier, the «Lysfjordmana» is evidently included, cp. Svensson 1959, pp. 205–207, 223–233 and 235.

³ Also an other shell find in this area should be mentioned, i. e. of *Macoma calcarea*, *Chlamys islandica* and *Mya truncata* embedded in sand and gravel near 100 m a.s.l. on the southern slope of the «Lysfjordmana» moraine. The samples have not yet been dated.

⁴ See Holtedahl, 1928. Also in this area the Main line rock terraces seem to occur only outside the end moraines of the substage.

Svensson. Neither by the shore-line chronology nor by estimation of the climatic snow line and glaciation limit respectively, has he been able to reach a final conclusion (Svensson 1959 pp. 234—236), but on the basis of the characteristic prominence of the moraines in question he arrived at the same opinion as that expressed above (Svensson 1959 pp. 236—237 and 260).

The climatic and glacial conditions during the Main substage will also be recalled. The authors studies of moraines and drainage phenomena within the corresponding marginal zone, inter al. in western Finnmark, showed this glacial stage to be characterized by alternate active and passive phases, the former indicated by marked moraine ridges, inter al. push moraines, and the latter by dead-ice topography and especially by traces of a more or less intensive subglacial melt-water drainage (Marthinussen 1961 Pl. 2, Fig. 20, and pp. 157, 169). According to the observations from this region and from other parts of Finnmark the climate of Younger Dryas time seems to have been rather variable and of a more complex character than generally assumed.

As regards the said other glacial substage prior to the Main substage (Pl. 1) in these northern regions, it is referred mainly to the described Outer Astafjord moraine (p. 46) and to the moraines in the Repparfjord area of Finnmark. For the former dating of shells points to the Older Dryas age (T-269, Pl. 1). The Repparfjord moraines are a series of marked end moraines, the glacial substage of which has by the author been termed the Repparfjord substage (Marthinussen 1961). Studies of the ice-shrinkage that followed in the Repparfjord area, showed a period of intensive ice-melting between this substage and the later Main substage. The period was therefore assumed to correspond to Allerød time, and the Repparfjord substage consequently to Older Dryas time (Marthinussen 1961 pp. 133 and 165). True, the final proof hereof, which should naturally be directed to the purpose of showing the contemporaneity of the moraines in the said two areas, was still lacking. For this, however, the correlation of shore lines seemed of essential importance, in so far as the assumed chronological correspondence was verified by comparing the shore level zone of the Repparfjord substage (the S_4 - S_2 lines, cp. Marthinussen 1960, Pl. 16, and 1961 inter al. p. 119) with the corresponding zone outside the Outer Astafjord moraine (p. 46). In relation to the Main line (S_0 (P_{12})), the conformity of the two zones is nearly complete. Consequently, the Outer Astafjord moraine and the end moraines of the Repparfjord area (see Marthinussen 1961, Pl. 1)

seem to represent the same glacial substage: *the Repparfjord substage*, the age of which coincides with the Older Dryas period. Corresponding end moraines and other glacial deposits have been recognized by the author in practically all parts of Finnmark¹ here considered, and to some extent also in Troms, whereas in Nordland no moraines have as yet with certainty been classified as belonging to this category.

From a general view of the regional extent of the marginal zones of the Repparfjord and Main substages² it appears that the distance between the two zones shows great variations from one area to the other. This must be thought due to the varied topography, e. g. with deep and shallow fjords alternating. The conditions pointed to are well illustrated in the areas of Altafjord and Porsangerfjord in Finnmark, the former being a deep fjord and the latter mostly a very shallow one (Marthinussen 1961, Fig. 19). The obvious explanation hereof is that the outlet glaciers from the ice cap during the Main substage, in contrast to those of the older substage, have locally not been large enough to compensate for the terminal loss of ice through the calving caused by the great depth of some fjord basins. In such cases the distance between the two marginal zones must naturally be comparatively wide. Conditions corresponding to those in Western Finnmark are also met with in Troms. In the Kvenangenfjord area, like in Altafjord, the two zones are far apart, as the end moraines of the Main substage are found near the head of the fjord and those of the older substage not far from its mouth. The position of the latter has been confirmed through data referring partly to observations by Undås (Undås 1938 pp. 111—115 and Fig. 16) and partly to the author's investigations in the adjacent area inside. In more southern districts of Troms, on the other hand, especially south of Lyngen, the two moraine zones are comparatively close to each other, in parts very close, which is seen inter al. in the previously described Astafjord area in the southernmost part of Troms (p. 46).

To this brief review of the regional extent of the ice margins it will be added a few remarks on the vertical extent or thickness of the corresponding ice masses. Informations hereof are based on the occurrence of lateral end moraines and other traces of the upper ice margin along the mountain slopes. The ice surface during the Main substage is in many districts roughly indicated by the altitudes of numerous lateral

¹ As regards Western Finnmark, see Marthinussen 1961, Fig. 19.

² It is here referred to the outer margins of the continental ice cap and its extensions respectively, and not to those of the local glaciers outside.

end moraines. As regards the older substage, similar traces of the ice margin — as indication of the ice thickness — are as yet known only in parts and extensive investigations are still needed. A few of the known data, mainly from the Repparfjord and the Stabbursdal area of Western Finnmark, will here be recalled. In the former area there are traces of the older substage and in the latter both of the older and the younger substage (Marthinussen 1961 Pl. 1 and 2). Pl. 1 to some extent gives a picture of the Repparfjord glacier, the surface of which gradually rose inwards and within the map area reached a maximum altitude of 500 to 550 m a.s.l. The second area, the Stabbursdal (Pl. 2), is to the east flanked by a high mountain massif which includes one of the highest peaks of Finnmark, the Cuokkarassa (1139 m a.s.l.) At an altitude of about 1000 m this peak is encircled by a marked moraine zone presumably contemporaneous with the Repparfjord substage. A few km to the west of Coukkarassa there are distinct lateral end moraines about 650 to 700 m a.s.l., belonging to the Main substage. In view of the fact that the valley floor of Stabbursdal to the west is about 350 to 400 m a.s.l., the above data seem to suggest a thickness of the ice masses here during the older substage approximately twice that during the younger substage, namely 600 to 650 and 300 to 350 m respectively. This result regarding the relative thickness of the ice masses during the two stages — even though it does not hold everywhere within the former glacier domains of these northern districts — still it gives some indication of the conditions in general.

In the middle and southern part of Finnmark, mainly between 69 and 70° N. Lat., the surface of the ice cap during the Main substage reached to 650 to 700 m a.s.l. in the district some 10 km inside the heads of Porsangerfjord and Altafjord, and to about 1100 m in the southern part of «Finnmarksvidda». The corresponding altitudes for the Repparfjord substage were about 1000 m and 1400 to 1500 m respectively. The altitudes 650 to 700 m and 1000 m, in the outer area, have been directly observed, whereas those in the inner area, 1100 m and 1400 to 1500 m, have been tentatively calculated and estimated as based on the reasonable assumption of very slight rising gradients of the ice surfaces in a southerly direction, presumably no more than 4 to 5 ‰¹. Consider-

¹ Cp. the gradients of the sloping surfaces of the Stabbursdal and Porsangerfjord glaciers (of the Main substage), 8 and 13,5% respectively, Marthinussen 1961, pp. 134 and 166 (As for the corresponding gradients during the older substage, see the paper referred to p. 125).

ring that the existing medium heights for the underlying land surface in the two areas are about 350 to 400 m¹ and 500 m, the corresponding thicknesses of the ice cap were 300 to 350 m and 600 to 650 m (in the outer area), and about 600 m and 900 to 1000 m (in the southern part of «Finnmarksvidda») respectively.

As seen above, the Repparfjord substage has in Finnmark been represented by an extensive and heavy ice cap, which — except in the extreme western part bordering on Troms — has covered nearly all land inside the marginal zone, including the highest mountains (Marthinussen, 1961, p. 125)². Outside this ice cap a more or less ice-free³ coastal zone existed in Finnmark as well as in Troms (and Nordland). The transversal extent of this zone, reaching to the outermost projections of the land mass, has been comparatively small, between about 30 and 80 km. For comparison it should be mentioned that the distance between a moraine series near Göteborg, corresponding to the Repparfjord substage, and the outer limit of the Würm ice-sheet near Limfjord (in Denmark) is about 250 km. Although otherwise incomparable because of eventual difference in the conditions in these widely separated areas, the facts reported above nevertheless indicate that the outer ice margin in northernmost Norway during the last glacial maximum (the Würm), probably extended far outside the coast line bordering on the Arctic sea (cp. Marthinussen 1960 p. 421, and 1961 pp. 161 and 167—168).

Referring to the above it is of interest to notice that this rather marked glacial event (the Repparfjord substage) took place only 12 000 to 12 500 yrs. ago, a fairly late date as compared to the preceding long-lasting phase of the last glaciation epoch (the Würm-Wisconsin glaciation), which probably commenced more than 60 000 yrs. ago. During this long phase, at some time characterized by the undoubtedly most unfavourable climatic conditions of the last ice age, the accumulation of ice has obviously by far exceeded that during the Repparfjord substage, and must periodically have been of such dimensions that all land in Finnmark (and probably also all of Northern Norway except the outermost part of the Lofoten Archipelago) has been entirely covered by ice. The time of this event, naturally uncertain, may possibly correspond to that of the maximum extent of the ice-sheet on the Continent, which

¹ The figures 350 to 400 m do not hold for the area near the Altafjord.

² The Cuokkarassa and possibly also one or two other peaks in central Finnmark reached above the ice surface.

³ Cp. the occurrence of some local glaciers.

occurred in early «Main Würm» (about 20 000 to 24 000 yrs. ago). Or it may have happened much earlier, e. g. at the time of the maximum extent of the ice in England, which coincided with the maximum of «Older Würm», about 50 000 yrs. ago (cp. Coope, Shotton, and Strachan 1961 p. 382 and Table 1).

As regards Finnmark, the above view on a total glaciation is, as will be stated elsewhere, supported by the author's observations on the degree of weathering, the occurrence of erratics, glacial striae etc. as well as by study of the shore lines. The assumption of ice-free refuges during the last, and also earlier, glaciations in this part of Norway, especially maintained by botanists (Nordhagen and Dahl), is in the author's opinion highly improbable.

References:

- Bravais, A.*, 1840: Sur les lignes d'ancien niveau de la mer dans le Finmark. C. R. Ac. Sc., T. X, p. 691 (Paris 1840).
- 1842: Sur les lignes d'ancien niveau de la mer dans le Finmark. Voyages en Scandinavie, en Laponnie, au Spitzberg et aux Feroë pendant les années 1838, 1839 et 1840 sur la corvette la Recherche. I. part (Paris 1842).
- Chambers, R.*, 1850: Personal observations on terraces and other proofs of changes in the relative level of sea and land in Scandinavia. The Edinburgh Philosophical Journal, V. XXXXVIII. (Edinburgh 1850).
- Coope, G. R., Shotton, F. W. and Strachan, I.*, 1961: A late Pleistocene fauna and flora from Upton Warren, Worcestershire. Phil. Trans. B, 244 pp. 379–421.
- Donner, J. J.*, 1959: The Late- and Post-glacial Raised Beaches in Scotland. Ann. Acad. Scient. Fennicae, Ser A., III. Geologica-Geographica 53.
- Fairbridge, R. W.*, 1961: Eustatic Changes in Sea Level. Physics and Chemistry of the Earth, Vol 4.
- Fægri, K.*, 1944 a: Studies on the Pleistocene of Western Norway III, Bømlø, Bergens Mus. Årb. 1943.
- Godwin, H., Suggate, R. P. and Willis, E. H.*, 1958: Radiocarbon dating of the eustatic rise in ocean-level. Nature, V. 181, pp. 1518–1519.
- Granlund, E. och Lundqvist, G.*, 1949: Sveriges Geologi.
- Grønlie, O. T.*, 1924: Contributions to the Quarternary Geology of Novaya Zemlya. Published by Videnskapsselskapet i Kristiania.
- 1940: On the Traces of the Ice-Ages in Nordland, Troms, and the South-western Part of Finnmark in Northern Norway. N. G. T. 20.
- 1951: On the Rise of Sea and Land and the Forming of Strandflats on the West Coast of Fennoscandia. N. G. T. 29.
- Hafsten, U.*, 1960: Pollen-analytic investigations in South Norway, in Geology of Norway, N. G. U., No. 208.
- Hessland, I.*, 1943: Marine Schalenablagerungen Nord-Bohusläns. Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. 31.

- Holmboe, J.*, 1903: Planterester i norske torvmyrer. Vidensk.-Selsk. Skr., Math.-Naturv. Kl., No. 2 (Kristiania).
- Holmsen, G.*, 1924: Kvartærgeologiske iakttagelser på Andøen. N.G.U., Årbok for 1923.
- Holtedahl, O.*, 1928: Om landisens bortsmeltning fra strøkene ved Trondhjemsfjorden. N. Geogr. T., bd. II, H. 2.
- 1953: Norges Geologi, bd. II, N. G. U. nr. 164.
 - 1960: Remarks on some Western and Northern Parts of Norway, in *Geology of Norway*, N. G. U. nr. 208.
- Iverson, J.*, 1937: Undersøgelser over Litorinatrangresjoner i Danmark. Medd. Dansk geol. Foren. 9, H. 2.
- 1943: Et Litorinaprofil ved Dybvad i Vendsyssel. Medd. Dansk geol. Foren. 10, H. 3.
- Krog, H.*, 1960: Post-glacial Submergence of the Great Belt dated by Pollen-analysis and Radiocarbon. Report Intern. Geol. Congr., XXI Sess., Norden, 1960. Part IV.
- Marthinussen, M.*, 1945: Yngre postglaciale nivåer på Varangerhalvøya. N. G. T., 25.
- 1960: Coast- and fjord area of Finnmark etc., in *Geology of Norway*, N. G. U. nr. 208.
 - 1961: Brerandstadier og avsmeltningforhold i Repparfjord–Stabbursdal-området, Finnmark etc. N. G. U. nr. 213. (Summary: Marginal substages and drainage during deglaciation in the Repparfjord–Stabbursdal area, Western Finnmark).
- Nydal, R.*, 1959: Trondheim Nat. Radiocarbon Measurements I (A. J. S. Rad. Carb. Suppl., V. 1, 1959 pp. 76–80).
- 1960: Trondheim Nat. Radiocarbon Measurements II (A. J. S. Rad. Carb. Suppl., V. 2, 1960 pp. 82–96).
- Rekstad, J. og Vogt, J. H. L.*, 1900: Søndre Helgeland. N. G. U. 29.
- Rekstad, J.*, 1910 a: Beskrivelse til det geologiske Kart over Bindalen og Leka. N. G. U. 53.
- 1917 b: Vega. Beskrivelse til de geologiske generalkart. N. G. U. 80.
- Reusch, H.*, 1896: Fra Andøen. Naturen (Bergen), 1896, s. 273.
- 1903: Nogle optegnelser fra Andøen. N. G. U., Aarbog for 1903, s. 26–37.
- Sandegren, R.*, 1931: Beskrivning til kartbladet Göteborg. S.G.U. Ser. Aa. N:o 173.
- 1952: Beskrivning til kartbladet Onsala. S. G. U. Ser. Aa, N:o 192.
- Shepard, F. P. and Suess, H. E.*, 1956: Rate of Postglacial Rise of Sea Level. *Science* 123, pp. 1082–1083.
- Stephens, N.*, 1958: The Evolution of the Coastline of North-east Ireland. The advancement of Science, 56.
- Svensson, H.*, 1957: Ra-moräner vid Helgelandskusten? N. G. T. 37.
- 1959: Glaciation och Morfologi etc. Medd. från Lunds Universitets Geogr. Institution. Avhandl. XXXVI.
- Tanner, V.*, 1906–1907: Studier öfver kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. I. Till frågan om Ost-Finmarkens glaciation och nivåförändringar. Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 18 (Helsingfors 1906–1907).
- 1907: Studier öfver kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. II. Nya

- bidrag till frågan om Finmarkens glaciation och nivåförändringar. *Ibid.*, No. 21. (Helsingfors 1907).
- 1930: Studier över kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. IV—*Ibid.*, No. 88 (Helsinki — Helsingfors 1930).
- Thorarinsson, S., 1951: Laxárgljúfur and Laxárhraun. *Geogr. Ann.* XXXIII H. 1–2. Stockholm.
- Thorarinsson, S., 1955: The *Nucella* Shore Line at HUNAFLOI etc. *Náttúrufræðingurinn*, Vol. 25, pp. 172–186.
- 1956: The Submerged Peat in Seltjörn, *Náttúrufræðingurinn*, Vol. 26, pp. 179–193.
- Undås, I., 1938: Kvartærstudier i Vestfinnmark og Vesterålen. N. G. T. 18.
- Øyen, P. A., 1896: *Skilbotn*. *Arch. f. Math. og Naturv.* 8.

SAMMENDRAG

C₁₄-dateringer som angår strandlinjer, transgresjoner og brerandstadier i Nord-Norge.

Denne publikasjon er en foreløpig meddelelse som i det vesentlige dreier seg om en serie C₁₄-dateringer utført av R. Nydal ved Laboratoriet for Radiologisk Datering i Trondheim. Dateringene synes å gi viktige opplysninger om alderen av bl. a. visse strandlinjer og av et par brerandstadier, henholdsvis Repparfjordstadiet og Hovedtrinnet eller Tromsø-Lyngen stadiet. Det daterte materiale, av drivved, torv og skjell, er med hensyn til funnforhold, høyde og alder etc. nærmere omtalt i flere avsnitt (s. 38–47). Resultatene er videre sammenstillet i en tabell (Pl. 1). Drøftingen av resultatene er her sterkt begrenset og omfatter hovedsakelig en kort utredning angående strandforykningen ved Ramså på Andøy (s. 47–53) samt visse heterogene og fragmentariske bemerkninger vedrørende de anførte brerandstadier (s. 53–62). Nevnte strandforykning er illustrert ved en kurve (Pl. 2), som er konstruert ved hjelp av data dels fra Ramså og dels fra en rekke andre lokaliteter. Sammenstillingen av de ulike data i Pl. 2 er basert på en serie strandlinjediagrammer fra forskjellige strøk av Finnmark og Troms/Nordland (jfr. bl. a. Marthinussen, 1960, Pl. 16). Tilsammen gir plansjene 1 og 2 en konsentrert oversikt over en del resultater fremkommet ved undersøkelser av stratigrafiske profiler, strandlinjer og brerandstadier, og ved radiologiske dateringer. Fremstillingen her er ellers et supplement til et par tidligere publikasjoner (Marthinussen, 1960 og 1961).

Hva strandforykningskurven fra Ramså angår (Pl. 2) er denne i visse henseender av foreløpig karakter. Foruten enkelte supplerende

studier av profiler ved Ramså gjenstår det her også en serie C_{14} -dateringer av prøver av torv, skjell og drivved. Undersøkelser av torvprøvenes innhold av pollen og diatomeer er naturligvis av betydning for mer pålitelige slutninger vedrørende nivåforandringenes gang. Når slike undersøkelser kan bli utført og i hvilken utstrekning materialet egner seg dertil, er ennå uvisst. De påtenkte studier og dateringer vil formodentlig ikke medføre vesentlige endringer i det foreliggende resultat, men de antas å ville kunne verifisere visse forhold som ennå er usikre, og ellers komplettere bildet av strandforskyvningene ved Ramså ytterligere. I senglacial tid, før Yngre Dryas tid, har strandens negative bevegelse muligens ikke vært så regelmessig som kurven (Pl. 2) gir inntrykk av. Det er iallfall muligheter for at visse oscillasjoner kan ha forekommet (s. 48). I en særstilling står den antydende markerte svingning av stranden under Yngre Dryas perioden, en svingning som forøvrig ennå ikke er helt fastslått (s. 48—49). Hva de postglaciale forandringer angår er hovedtransgresjonsfasens komplekse karakter først og fremst verd å merke seg (s. 51). Det er forøvrig interessant å kunne konstatere at strandens bevegelser her (se Pl. 2) utviser trekk som generelt såvel som også mer spesielt — iallfall i visse henseender — synes å ha likhetspunkter med tilsvarende fenomener i andre områder i og utenfor Fennoskandia, f. eks. i Sørvest-Norge, Sør-Sverige, Danmark, Island, Skottland og Irland (se bl. a. s. 49 og 50). Sammenlikningen viser også innbyrdes divergerende utviklingsforløp, som imidlertid i de fleste tilfelle må antas å være relative, betinget av ulike isostatisk forhold.

Omtalen av brerandstadiene, Hovedtrinnet (Tromsø-Lyngen stadiet) og Repparfjordstadiet, er temmelig fragmentarisk og angår hovedsakelig områder hvor det foreligger C_{14} datert materiale som har tilknytning til brerandavsetninger av vedkommende kategorier, f. eks. Bindalsfjord-, Astafjord- og Lyngenfjordområdene. Ellers er det bl. a. referert til tidligere undersøkelser av de nevnte stadier, først og fremst i Vest-Finnmark, jfr. Repparfjord — Stabbursdalområdet (Marthinussen, 1961).

Hovedtrinnets (the Main substage) eller Tromsø-Lyngenstadiets samtidighet med Ra-stadiet synes nå å være verifisert, bl. a. ved hjelp av C_{14} -datert materiale fra en skjellforekomst umiddelbart utenfor Lyngenmorenen (ved Spåkenes). Ellers er den regionale korrelasjon av hithørende brerandavsetninger i Nord-Norge bare mer unntagelsesvis basert på C_{14} -dateringer. Til gjengjeld gir randmorenenes morfologiske karakter og særlig utbredelsen av Hovedlinjens bergterasser ofte verdifulle opplysninger om isens maksimale utstrekning under vedkommende sta-

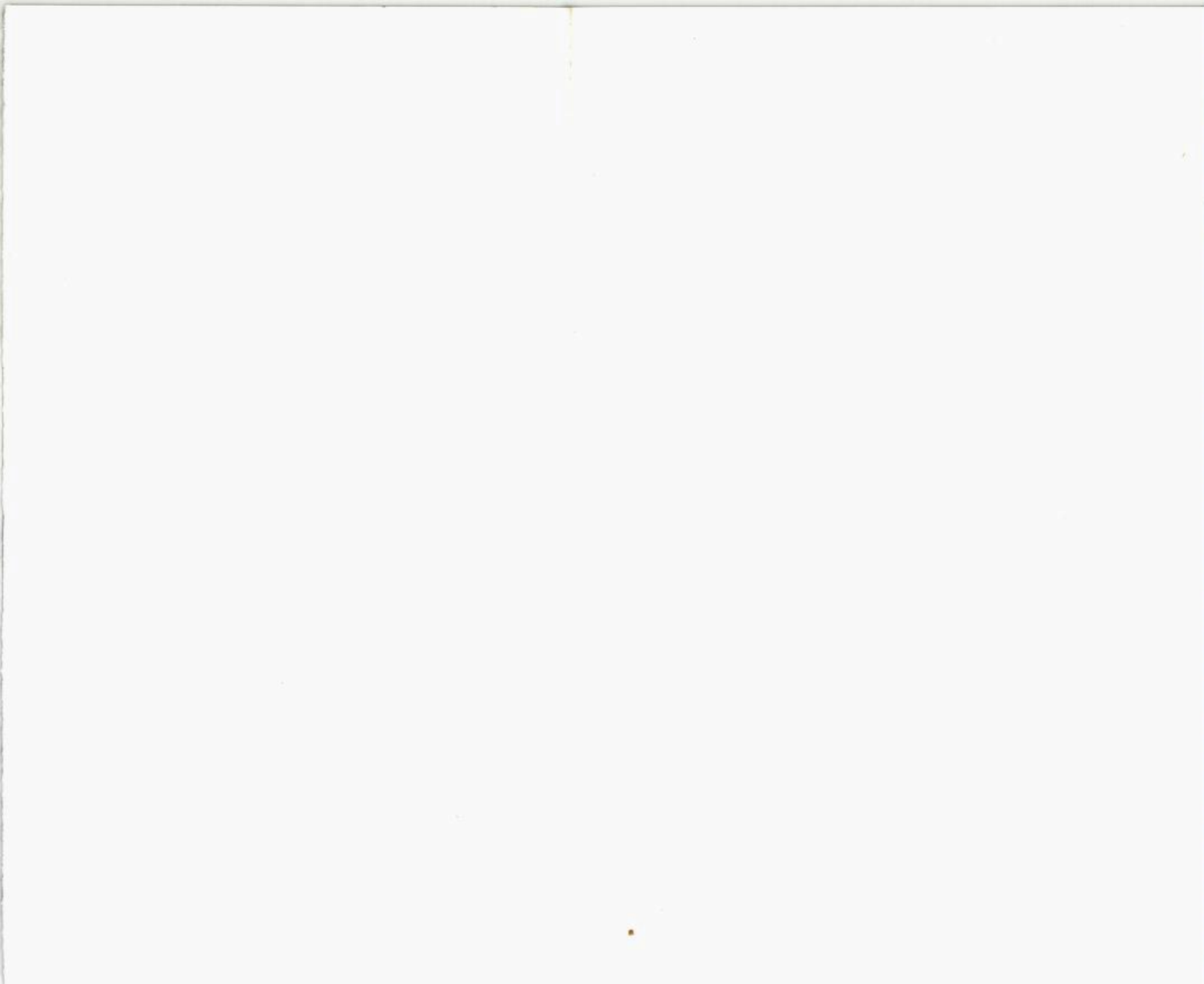
dium (se s. 54–55 og Marthinussen, 1961, Fig. 17). Hovedtrinnets morenesystem utviser i mange områder en utpreget kompleks karakter, som gjenspeiler suksessive aktive og passive brefaser betinget av tilsvarende variasjoner i Yngre Dryas-tidens klima (s. 58).

Hva Repparfjordstadiet angår må her først og fremst nevnes de brendavsetninger som forekommer i Astafjord- og Repparfjordområdene. Ifølge C_{14} -datering synes den såkalte Ytre Astafjordmorene å tilhøre Eldre Dryas-perioden (s. 46). En korrelasjon basert på strandlinjesystemer synes ellers å vise at et hovedmorenesystem i Repparfjordområdet, som representerer Repparfjordstadiet, også tilhører nevnte periode (s. 58). Den regionale utstrekning av det korresponderende bredekke er påvist i vidstrakte områder her nord. For Finnmarks, spesielt Vest-Finnmarks, vedkommende er såvel isens utstrekning som dens vertikale mektighet noe nærmere presisert (s. 59–61 og Marthinussen, 1961, Fig. 19). Bortsett fra en kystzone av varierende bredde var da praktisk talt hele den innenforliggende landmasse dekket av en mektig iskappe. Med dette som utgangspunkt berøres så kort diverse grunner for antagelsen av en total nedising iallfall av Finnmark under en eller annen tidligere periode av siste istid.

Table of C₁₄-datings referring to shore lines, transgressions and glacial substages etc.¹

Ref. Nos. Rad. Dat. Lab. in Trondheim Norway	Locality	Material	Species and (or) genera	Altitude of the finds a.s.l. (m)	Age of the material B.P.	Corresponding climatic periods, assumed	Glacial substages
T-269	Sandvatnet (I) Troms	Shells	<i>Macoma calcarea</i>	69,0	12300 ± 250	Older Dryas (partly Bølling?)	The Repparfjord substage (Finnmark) ²
T-316	Sandvatnet (II) Troms	•	<i>Mya truncata</i>	73,2–73,4	11700 ± 250	Allerød (<i>Betula</i> phase)	
T-214	Sandstrand (III) Troms	• (from transition layer between sand and overlying «Yoldia clay»)	•	30,5	11400 ± 250	Allerød (<i>Pinus</i> phase)	
T-271	Ramsåprofile I series Andøy, Nordland	Peat ³ (from a very thin layer)		0,75	10600 ± 250	Younger Dryas	The Main substage ² or the Tromsø-Lyngen substage
T-246	Rønvik, Bodø, Nordland	Shells (from «Yoldia clay»)	<i>Portlandia arctica</i>	c. 7,0–10,0	10550 ± 250	•	•
T-187	Djupvik, Lyngen, Troms	•	•	c. 4,5–9,0	10350 ± 300	•	•
T-124	Steinsdal, Helgeland, Nordland	•	•	c. 8,0–10,0	10300 ± 250	•	•
T-294	Ramsåprofile I series Andøy, Nordland	Peat (from a zone of thin altern. peat and sand layers)		1,05	9900 ± 200	Pre-Boreal	
T-295	•	Peat (from the base of a layer of peat 60 cm thick)		1,3	9450 ± 250	Transition Pre-Boreal–Boreal time?	
T-182	Tomaselv, Vadsø, Finnmark	Peat (overlain by a shore bar)		24,5	7750 ± 150	Atlantic	
T-270	Ramsåprofile I series Andøy, Nordland	Peat (overlain by marine shore gravel and sand)		1,8–1,85	7400 ± 150	•	
T-185	Djupdalen, Ingøy, Finnmark	Driftwood	<i>Pinus</i>	8,9	6350 ± 150	•	
T-267	Nord-Mjele, Andøy, Nordland	•	<i>Picea</i>	5,0–5,3	6250 ± 200	•	
T-296	Ramsåprofile II series Andøy, Nordland	Peat (from thin layers overlain by a marine sand deposit)		4,1	6100 ± 150	•	
T-184	Børfjordbotn (G. II) Sørøy, Finnmark	Driftwood	<i>Picea</i>	10,5–11,0	5700 ± 150	•	
T-183	Børfjordbotn (G. I) Sørøy, Finnmark	•	•	•	5500 ± 150	•	
T-126	Oldervik, Seiland, Finnmark	•	•	15,0	4820 ± 160	Sub-Boreal	
T-266	Nøss, Andøy, Nordland	•	•	7,4	4500 ± 150	•	
T-186	Saraberget, Ingøy, Finnmark	•	<i>Larix</i>	6,5	4100 ± 100	•	
T-244	Lyngpollen, Magerøy, Finnmark	•	•	7,8	4100 ± 150	•	
T-243	Austbotn, Kobbefjord Finnmark	•	<i>Picea</i>	6,0 (max.)	2450 ± 100	Transition Sub-Boreal–Sub-Atlantic time?	
T-245	Skallelv, Nord-Varanger Finnmark	•	<i>Larix</i>	c. 3,5	850 ± 80	Sub-Atlantic	

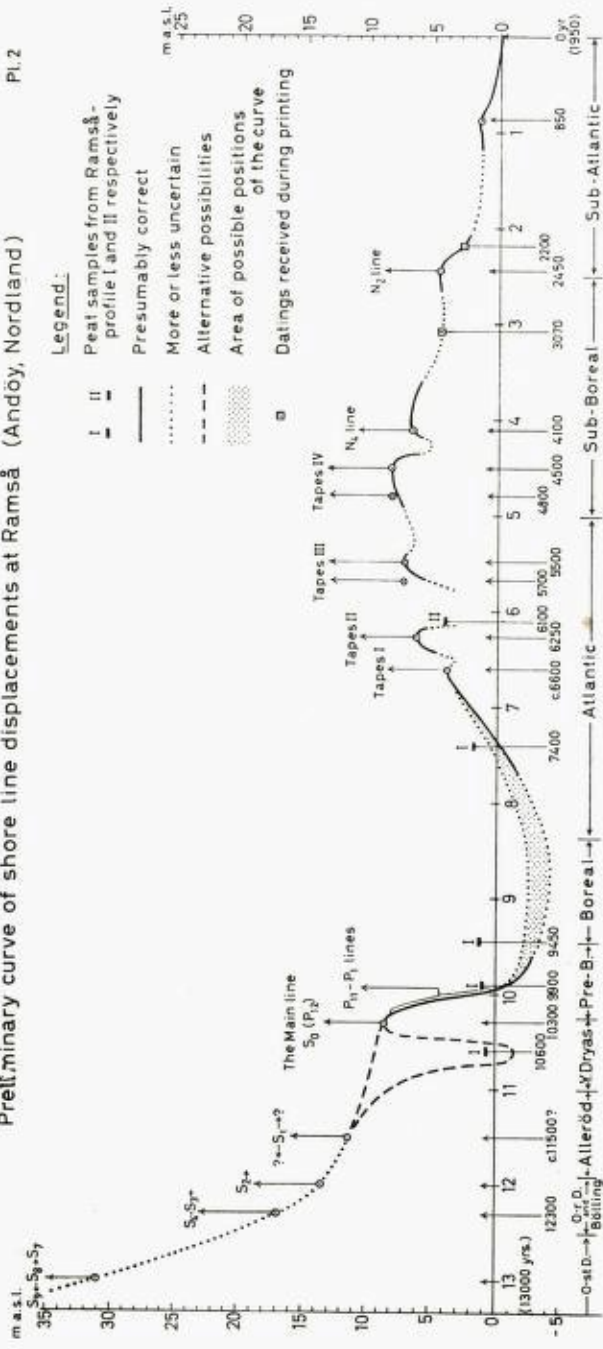
¹ Cp. Marthinussen, 1960, Pl. 16. – ² See Marthinussen, 1961. – ³ Cp. pp. 42–43 and 48–49.



Terminal moraines	Corresp. shore-levels or shore-level zones (and transgression limits).	Altitudes of shore levels or shore-level zones at the localities of finds. m a.s.l.	Approx. ags of shore levels or shore-level zones B.P.	Altitudes of shore lines at Ramså. m.a.s.l.
The Outer Astafjord moraine	S ₁ -S ₂ shore-level zone (see p. 48).	Between c. 80 and c. 73,5	12350-11900 ?	S ₁ -S ₃ = c. 18,0 - 15,5 and S ₂ = c. 13,5
	S ₁ level and a part of the interval S ₁ -S ₂ (see p. 48).	Between c. 73,5 and c. 70,5	11900-11000 ?	c. 12,0-10,0
In the Andøy area moraines deposited by small local glaciers represent the substage	Shore level probably considerably lower than the Main line, S ₀ (P ₁₂)? (at the locality of find)	At least c. 1,0 m <i>below</i> the present sealevel.	c. 10600	At least c. 1,0 m <i>below</i> the present sealevel
Probably the end moraines situated in the Skjerstadvjord area.	Shore level probably a little <i>below</i> the shore-level zone of the Main line (at the locality of find), cp. p. 45.	85-90 the shore-level zone of the Main line.	10550	?
The Lyngen (Spåkenes) end moraine.	The Main line	65,0-66,0	10300-10200	c. 8,5
End moraines of the Bindalsfjord area, inter al. at Harangsfjord.	The Main line	About 122,0	10300-10200	c. 8,5
	Probably a little <i>lower</i> than the present sealevel (at the locality of find)	1,0-1,5 m <i>below</i> the present sealevel (?)	9900	÷ 1,0 ?
	Certainly <i>lower</i> than the present sealevel (at the locality of find).	Possibly c. 2,0-4,0 m <i>below</i> the present sealevel	9450	÷ 3,0 ?
	The subsequent transgression limit = Tapes I line	25,0	c. 6500-6600	3,5-4,0
	The subsequent transgression limit = Tapes I line	3,5-4,0	c. 6500-6600	3,5-4,0
	Tapes I-II (found at Tapes IV level = 8,2 m)	Between c. 2,0 and c. 6,0	6350	between 3,7 and 6,2
	Tapes II line	4,5-4,8	6250	6,2
	Shore level between c. 3,0 m and the present sealevel (at the locality of find).	1,0-3,0 ?	6100	1,0-3,0 ?
	Tapes III line	11,0-11,5	5500-5700	7,0-7,5
	Tapes III line	11,0-11,5	5500-5700	7,0-7,5
	Tapes IV line	15,0	4800-4500	8,1
	Tapes IV line	7,0-7,5	4800-4500	8,1
	N ₁ line	c. 6,5	4100-3900 ?	6,4
	N ₁ line	7,0-7,5	4100-3900 ?	6,4
	N ₂ line	5,0-5,2	2450	4,7
	Half the altitude of the N ₁ line (at the locality of find)	2,0-2,5	850	c. 1,5

Preliminary curve of shore line displacements at Ramså (Andøy, Nordland)

Pl. 2



En undersøkelse av kvartære, økostratigrafiske soner i Drammen, på grunnlag av foraminiferer

Av

Dag Risdal

Med 5 borprofiler og 1 stratigrafisk profil.

Forord.

Dette arbeidet ble utført for Norges geologiske undersøkelse i samråd med daværende statsgeolog Rolf W. Feyling-Hanssen.

Materialet har jeg dels hentet selv under et par ukers opphold i Drammen og omegn sommeren 1958, dels mottatt fra Norges Geotekniske Institutt, som har drevet grunnboringer i vedkommende distrikt. Undersøkelsen er vesentlig begrenset til å gjelde selve byområdet i Drammen, da de fleste boringer var foretatt nettopp her.

Oppgaven tok ikke sikte på å gi en generell kvartærgeologisk oversikt over Drammensområdet, men er konsentrert om den fossile foraminiferfaunas opptreden og sammensetning i de senkvartære, marine avsetninger.

Jeg vil få rette en hjertelig takk til Feyling-Hanssen for veiledning og råd under arbeidet, og til professorene A. Heintz og L. Størmer for verdifull kritikk. Videre en takk til Norges geologiske undersøkelse ved daværende direktør S. Føyn, for den økonomiske støtte.

I. Innledning.

1. Tidligere undersøkelser i området.

Av den eldre litteratur over Østlandets marine kvartæravsetninger, skal først og fremst nevnes W. C. Brøggers store arbeide fra 1900–1901, der han etablerte en stratigrafisk soneinndeling på grunnlag av den fossile molluskfauna.

Brøgger karakteriserte de senglaciale leiravsetninger innenfor Svelvik-

morenen ved deres fattige innhold av mollusker. Dette tilskrev han det spesielle marin-økologiske miljø som oppstod da den mektige Svelvikmorenen, på grunn av landhevingen, delvis kom til å hindre det salte havvann i å trenge inn fjorden, samtidig med at smeltevannet ble demmet opp.

En beskrivelse av området, som inngår i det kvartærgeologiske landgeneralkart Oslo, er gitt ved G. Holmsen (1951).

2. Mikropaleontologisk innføring.

Foraminiferene er encellede skalldyr, tilhørende rekken *Protozoa*. Primitive grupper av foraminiferer har ytterst et skall av det organiske stoffet tektin. Mange andre grupper har utenpå tektinlaget fått utskilt et nytt skallag, enten ved sekresjon av en uorganisk forbindelse, eller ved agglutinasjon av fremmede partikler, som for eksempel sandkorn. Hos den langt overveiende del av foraminiferene består dette ytre skallaget av kalsitt.

Foraminiferenes skall består av ett eller flere kamre. Kamrene kan være geometrisk forskjellig anordnet innen skallet, og denne kammeranordningen, kombinert med skallmaterialets kjemiske sammensetning og forskjellige skallstrukturer, danner grunnlaget for den systematiske inndeling.

Foraminiferene er hovedsakelig en marin dyregruppe. Bare en ubetydelig del av dem har tilpasset seg brakkvannsmiljøet. Av de marine arter er den alt overveiende del benthoniske, som vanligvis lever i de øvre 4–5 mm i bunnslammet, der de ernærer seg av det organiske detritus som faller ned mot bunnen.

Økologiske studier viser at foraminiferene har tilpasset seg vidt forskjellige biotoper innen det marine miljø. Miljøfaktorer som temperatur, salinitet, oksygeninnhold og kornstørrelse synes, ved siden av næringsstofftilførselen, å være av stor betydning for de enkelte foraminiferarters opptreden og utbredelse. Dette forhold utnyttes ved de økostratigrafiske studier, der man vil kunne registrere faunale forskyvninger og fluktuasjoner i lagrekken på grunn av kronologiske variasjoner av de marin-økologiske betingelser. På den annen side kan synkront avsatte sedimenter innen et større område, for eksempel en fjord, fremvise vidt forskjellige foraminiferfacies, som følge av at det marine miljø i en slik makrobiotop er meget heterogent. Dermed vil kombinasjonene av de enkelte miljøfaktorer variere fra sted til sted.

I Norge er mikropaleontologien som forskningsgren meget ung. Først

nylig er arbeidet tatt opp av Feyling-Hanssen (1950, 1954 a, b og c, 1957 a og b), som har benyttet foraminiferene som grunnlag for økostratigrafiske undersøkelser innen de sen- og postglaciale marine leiravsetninger i Oslofjordområdet.

Ved siden av foraminiferer, opptrer det i de senkvartære leiravsetninger enkelte arter av Ostracoda, og mere tilfeldige eksemplarer av Thecamøba og Radiolaria. Men i denne artikkel benyttes termene *mikropaleontologi* og *mikrofossiler* kun i forbindelse med foraminiferer.

3. Metodikk.

Den mikropaleontologiske teknikk, som her er benyttet, er beskrevet av Feyling-Hanssen (1958 b), og vil således ikke bli gjentatt her.

Nærværende undersøkelse grunner seg på leirprøver med vekt opp til 100 gram, som ble kuttet ut av de respektive borkjerner, med 0,5 meters mellomrom. Etter prøvenes forbehandling i laboratoriet, ble foraminiferinnholdet studert i et binocularmikroskop. Under mikroskoperingen ble hvert foraminifereksemplar identifisert, og artens navn og hyppighet avmerket. Ved fattige prøver, med et antall mindre enn 400 eksemplarer, ble hele faunaen registrert, og symbolene for absolutt hyppighet er benyttet på vertikalfordelings skjemaene (se tab. 1, venstre kolonne).

Ved rike prøver ble 400 eksemplarer tallet opp, og hyppigheten av hver art er omregnet i prosent. Symbolene for prosenthyppighet er da benyttet på skjemaene (se tab. 1, høyre kolonne). Til slutt ble det foretatt et overslag over det samlede individantall i prøven, som også er angitt på vertikalfordelings skjemaene.

De maksimale lineære dimensjoner av en del eksemplarer innen hver art, ble målt ved hjelp av et okularmikrometer.

Ved plasingen av artene på vertikalfordelings skjemaene, er det tatt hensyn til følgende faktorer:

- a) Stratigrafiske hensyn — arter som opptrer på det største dyp i borkjernen, er plasert lengst til venstre på skjemaene.
- b) Kvantitative hensyn — arter som er representert ved stor hyppighet, er plasert til venstre for arter med liten hyppighet.
- c) Systematiske hensyn — arter av samme slekt er i størst mulig grad plasert ved siden av hverandre.
- d) Konvensjonelle hensyn — artene er i størst mulig utstrekning plasert i samme rekkefølge på skjemaene. Til høyre for foraminiferartenes plasing, er det anmerket opptredende muslinger.

SYMBOLS					
Indicating		number	Indicating		percentage
·	1	2 specimens	·		1.0 per cent
×	3	5	×	1.1	5.0
○	6	20	○	5.1	10.0
□	21	50	●	10.1	20.0
●	51	100	■	20.1	40.0
■	101	150	●	40.1	60.0
●	151	250	■		60.0
■		250			
		■ more frequent than ■			

Tab. 1. Symbolforklaring. (Etter Feyling-Hanssen 1958 b).

På grunnlag av vertikalfordelingsskjemaene, er de tilsvarende borkjerner inndelt i stratigrafiske soner, i overensstemmelse med de opptredende arter og den relative hyppighet mellom dem, basert på det inndelings-system som er etablert av Feyling-Hanssen (1957, 1958 a og b).

II. Foraminifersonene i Drammen.

1. Innledning.

Av de fem mikropaleontologiske sonene C, D, E, F og G, som Feyling-Hanssen (1957 og 1958 a) har etablert for indre del av Oslofjordområdet, er de fire sistnevnte også påvist i Drammen, på grunnlag av de ti borkjerner som ble stillet til disposisjon for denne undersøkelsen.

Vi skal i det følgende behandle foraminifersonene fra Drammen, slik de fremkommer på vertikalfordelingsskjemaene. Videre skal det antydes en mulig korrelasjon mellom disse soner og Brøggers mollusksoner, samt bli foretatt en vurdering av de marin-økologiske betingelser, etter det man i dag vet om de opptredende foraminiferarters økologi.

2. Sone D.

Den eldste foraminifersonene vi med sikkerhet finner i Drammen, er sone D. Foraminiferartene i denne sone kan leses ut av figurene 1-5.

Som det herav vil fremgå, er *Elphidium incertum clavatum*, *Cassidulina crassa* og *Quinqueloculina stalkerii* dominerende.

Artsantallet i en prøve på 100 gram kan variere noe, som det fremgår av venstre kurve på figurene. Det ligger i det store og hele i intervallet 3–10, men kan være helt nede i 1–2. Eksemplar – eller individantallet pr. prøve kan nå opp til 600, men ligger vanligvis i intervallet 25–200 (sml. fig. 4 og 5).

På fig. 5 er muslingen *Portlandia* (= *Yoldiella*) *lenticula* angitt til høyre for foraminiferartene, og dette kan muligens tyde på at sone D i Drammensområdet, liksom i Oslofjordområdet for øvrig, svarer til Brøgger's portlandialeire (sml. Feyling-Hanssen 1957, s. 13).

På grunnlag av den fossile foraminiferfauna i sone D, kan man til en viss grad trekke slutninger angående de marin-økologiske betingelser i denne avsetningsperiode. Flere faktorer peker her i samme retning, nemlig at det må ha vært brakt vann i Drammensfjordbassenget i dette tidsrom (sml. Feyling-Hanssen 1957, s. 13; O. Holtedahl 1960, s. 388).

For det første indikeres dette av opptreden av enkelte brakkvannsarter, som for eksempel kalkskallarten *Elphidium excavatum* (sml. Pokorny 1958, s. 132). Arten forekommer på fig. 4.

For det annet tyder det ubetydelige artsantallet i sone D på brakt miljø (sml. Hiltermann 1949).

For det tredje er skalldimensjonene av en rekke opptredende foraminiferarter i denne sonen som regel mindre enn de som er angitt som det normale i litteraturen (sml. Remane 1934, s. 62; Feyling-Hanssen 1954 c).

Det skal her anføres eksempler fra de tre hyppigst opptredende arter, og de to tallkolonnene refererer seg henholdsvis til angitte skalldimensjoner (lengde eller diameter) i litteraturen, og målte dimensjoner fra sone D i Drammen.

Elphidium i. clavatum D: 0,23 til 0,70 mm – 0,19 til 0,37 mm.

Cassidulina crassa D: opp til 1 mm – 0,19 til 0,29 mm.

Quinqueloculina stalkerii L: 0,26 til 0,57 mm – 0,24 til 0,31 mm.

Dette er i overensstemmelse med det som er påvist for *Elphidium i. clavatum*'s vedkommende av Feyling-Hanssen (manus.), som i yoldialeire hadde betydelig større gjennomsnittsdiameter enn i sone D-prøver.

Når det gjelder vanntemperaturen i Drammensfjorden i dette tidsrom, må den antas å ha vært lav, da de tre dominerende artene, som overfor er angitt, i dag har sin hovedutbredelse i arktiske farvann.

Sone D er mektig i Drammen. Fig. 4 viser en mektighet på 21 meter,

men da sonen ikke er gjennomboret, er den sannsynligvis mektigere. Til sammenligning skal nevnes at den største mektighet som er påvist av sone D i Oslo-området, er 11 meter (pers. medd. av Feyling-Hanssen). Den betydelige mektighet av sone D i Drammensområdet, tyder på at sedimentasjonshastigheten må ha vært stor, og dette må igjen sannsynligvis sees i sammenheng med stor smeltevannstilførsel til området. Nå viser kurven over eksemplarantallet fra sone D (fig. 4) et meget ujevnt forløp. Under forutsetning av at foraminiferproduksjonen pr. flate- og tidsenhet har vært konstant i denne periode, er det imidlertid ikke utelukket at disse store svingninger, med hensyn på eksemplarantallet, kan henge sammen med variasjoner i sedimentasjonshastigheten (sml. Lankford 1959, s. 2094).

3. Sone E.

Den mikropaleontologiske sonegrensen mellom D og E, som samtidig markerer overgangen mellom sen- og postglacial tid, fremkommer på figurene 1, 2 og 3. Av disse vil det fremgå at det må ha funnet sted en immigrasjon av en del nye arter, som altså ikke forekom i sone D, bl. a. *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis*, *Cassidulina laevigata* og *Elphidium incertum*.

Artsantallet pr. 100 gram prøve er meget større enn i sone D. Fig. 1 viser at det kan nå opptil 30, mens det i sone D maksimalt kunne bli halvparten. Mens individantallet i sone D vanligvis ligger i intervallet 25–200, ligger det i sone E stort sett i intervallet 250–600, men det kan også nå opp i et antall av 800.

Den påtagelige økingen av arts- og individantallet på overgangen fra sone D til E, kan tyde på en forbedring av de marin-økologiske betingelser. Smeltevannstilførselen har sannsynligvis avtatt betraktelig i denne periode, med den følge at både saliniteten og temperaturen ble noe høyere. Ved dette tidsavsnitt må Svelvikmorenens høyderugg fremdeles ha ligget under havnivået, slik at det salte sjøvannet har kunnet trenge inn Drammensfjorden.

Et annet forhold som muligens kan bekrefte at saliniteten har vært høyere under avsetningsperioden for sone E enn for D, er skjærfasthetskurvenes forløp på overgangen mellom de to soner (se figurene 1, 2 og 3). Som det herav fremgår, får skjærfastheten en markert og plutselig øking nettopp på overgangen mellom de to mikropaleontologiske soner (sml. Feyling-Hanssen 1957, 1958 a).

Sone E er i Oslofjordområdet for øvrig, parallellisert med mytilus- og cyprinaleiret, samt deler av cardiumleiret (O. Holtedahl 1960, s. 388). Brøgger (1901, s. 477) kom ved enkelte teglverk i Drammensområdet over et leire like under isocardialeiret, med en noe mere termofob (kaldtelskende) molluskfauna enn i dette, bl. a. med *Mytilus edulis*. Sannsynligvis var det mytilus- og cyprinaleiret Brøgger her påviste. Selv analyserte jeg en leirprøve fra en lokalitet like i nærheten av et av disse angitte teglverkene, fra et snitt der det var rikelig med eksemplarer av muslingen *Cyprina islandica* (= *Arctica islandica*). Prøven viste en typisk E-fauna. Sannsynligvis svarer derfor sone E, også i Drammensområdet, noenlunde til mytilus- og cyprinaleiret.

4. Sone F.

Sone F fremkommer på figurene 1 og 3. Som det herav sees, er grensen mellom E og F ikke så markert som mellom D og E. Særlig har det vært vanskelig å trekke grensen på fig. 1, der det mangler to leirprøver fra et dyp av omkring 13 meter, så faunaen der ikke kunne bli undersøkt. Av den grunn er det her satt spørsmålsteget på vertikalfordelingsskjemaet. Men i det store og hele har jeg latt grensen mellom E og F gå der *Elphidium i. clavatum* avtar og *Bulimina marginata* tiltar i relativ hyppighet. Dessuten opptrer det en del nye arter i sone F, som ikke forekom i sone E, bl. a. *Ammonia beccarii* (se fig. 3).

I undre del av sone F ligger artsantallet i hver prøve stort sett i intervallet 20–30, mens det i øvre del av sonen ligger under 10, til dels under 5. Et tilsvarende forhold finner vi med hensyn til individantallet i prøvene, som i undre del av sone F kan nå opp i 2000, mens det i øvre del ligger til dels under 100 (sml. fig. 1).

Den rike fossile foraminiferfauna, i hvert fall fra undre del av sone F, kan tyde på meget gode betingelser.

Sone F svarer sannsynligvis i Drammensområdet, likesom i Oslofjordområdet, i store trekk til Brøggers isocardialeire (sml. O. Holtedahl 1960, s. 388). Som en støtte for denne antagelse, skal nevnes at det ble påvist et juvenilt eksemplar av muslingen *Isocardia cor* (= *Glossus humanus*) i en prøve fra sone F (se fig. 3).

Mens det som antydnet, har vært gode marin-økologiske betingelser i Drammensfjorden under eldste del av sone F's avsetningsperiode, synes enkelte faktorer å tyde på at en forverring av disse betingelser må ha

funnet sted fra midtre del av F-perioden, som sannsynligvis må sees i sammenheng med landhevningen.

For det første viser det ubetydelige arts- og individantallet i øvre F, at saliniteten, og muligens også oksygeninnholdet må ha blitt noe lavere. For det annet forekommer arten *Ammonia beccarii* i øvre F (se fig. 3), som ved recente undersøkelser finnes på grunt vann, med lav salinitet (sml. Pokorny 1958, s. 132).

For det tredje tyder den sterke tilbakegangen av *Bulimina marginata* i øvre F (se fig. 1 og 2) på en oppgrunning, da denne arten vanligvis trives på noe dypere vann (Høglund 1947, s. 228).

Den markerte foraminiferfaunistiske uttynning i denne periode, synes å være av lokal natur. I Oslo-området finner man ikke noen tilsvarende reduksjon av arts- og individantallet i øvre del av sone F (sml. Feyling-Hanssen 1958 b, s. 44, fig. 4). Man må med andre ord anta at Drammensfjorden nå begynte å få mere preg av å bli et stagnerende basseng, på grunn av landhevningen, og den dermed tiltagende avstengning av det indre fjordområdet ved Svelvikmorenen (sml. Strøm 1936).

5. Sone G.

Sone G er den yngste foraminifersone i den stratigrafiske rekkefølge, og fremkommer på figurene 1 og 3. På grunn av de spesielle marin-økologiske forhold allerede i øvre halvdel av F-perioden i Drammensfjorden, finner man her en mere gradvis, faunistisk overgang mellom sone F og G enn i Oslo-området (sml. Feyling-Hanssen 1958 b, s. 44, fig. 4). Jeg har imidlertid latt sone G begynne der de agglutinerende artene *Protonina fusiformis*, *Verneulina media* og *Miliammina fusca* plutselig opptrer (se fig. 3).

Artsantallet er omtrent som i øvre del av sone F, og ligger under 5. Individantallet er også svært lite, nemlig omkring 20.

De opptredende arter i sone G, og deres ringe hyppighet, kan tyde på en tiltagende oppgrunning av fjordbassenget, kombinert med det forhold at det muligens har funnet sted en temperaturdepresjon. Det siste indikeres av tilsynekomsten av de termofobe artene *Quinqueloculina stalkerii* og *Nonion labradoricum* (se fig. 1). Dog skal det bemerkes at to arter er et noe spinkelt grunnlag å basere antagelsen av en temperaturdepresjon på. Imidlertid er det fra paleobotanisk hold påvist en klimaforverring på overgangen mellom subboreal og subatlantisk tid (Blytt 1876). Om det er den tilsvarende klimaforverringen som her har gjort seg gjeldende for

foraminiferenes vedkommende er foreløbig et åpent spørsmål, men sannsynligheten kan tale for dette (sml. Feyling-Hanssen 1957, s. 14). Fremtidige radiologiske dateringer vil kunne bringe mere klarhet i dette spørsmålet.

På grunnlag av borprofilene som fremkommer på figurene 1, 2 og 3, samt et eldre dybdeprofil over Dramselva, er det tegnet et stratigrafisk profil (fig. 6). (Se også vedlagt bykart, hvorpå rette linjer forbinder de lokaliteter der de tilsvarende borer er foretatt).

Da jeg desverre mangler en del leirprøver fra borkjerne 2, er forløpet av sonene F og G i dette profilet ukjent. Mektigheten av sone D, er heller ikke kjent.

6. Sone C.

I det indre Oslofjordområdet opptrer også sone C, som ved siden av å inneholde de dominerende artene *Elphidium i. clavatum* og *Cassidulina crassa*, er særpreget ved *Virgulina loeblichii* og *Cassidulina teretis* (Feyling-Hanssen 1958 a, s. 7).

I de undersøkte borkjerner fra Drammen, har jeg ikke funnet noen leirprøver med en foraminiferfauna svarende til sone C i Oslo-området. Selv de dypeste prøver i borprofil 2, som er tatt fra et dyp av 35 meter under overflaten, inneholder en typisk D-fauna. Men dertil er jo selvsagt det å bemerke, at man heller ikke her har nådd ned til fast fjell, slik at den eventuelle sonegrense mellom C og D kan ligge ennu dypere. Materialet fra eventuelle dypboringer, vil kunne bringe sikkerhet i dette spørsmål.

III. Diskusjon.

Ved studier av mikrofossiler er det, på grunn av det letthet hvormed disse lar seg transportere, viktig å ta det forhold i betraktning at det kan foreligge faunale blandinger. Den primære, autochtone komponent fra en biotop, kan ha fått tilførsel av en sekundær, allocton komponent fra en annen biotop, enten ved slamstrømmer («turbidity-currents»), eller ved hjelp av andre transportmidler i vann (Phleger 1960, s. 295). Phleger (1954, s. 606) påpeker at levende foraminiferindivider kan transporteres like lett fra en biotop til en annen, ved hjelp av bunnstrømmer, som døde, tomme skall. Derved kan en biotop komme til å bestå av former som vanligvis ikke inngår i dens foraminiferassosiasjon.

I glaciasjonsperioder synes transport av foraminiferskall også å kunne foregå ved drivende is (sml. H. Holtedahl 1959).

I områder med kvikkleire, kan ras og utglidninger lett forårsake forstyrrelse i den primære lagdeling (sml. Feyling-Hanssen 1957). Finner man derimot samme rekkefølge av sonene i borkjerner tatt spredt fra et større område, som tilfellet har vært i Drammen, kan man imidlertid anta at sedimentene ligger in situ der boringene er foretatt. Et ennu sikrere kriterium på at det må foreligge primær lagdeling i de undersøkte borkjerner fra Drammen, er det forhold at rekkefølgen av de suksessive soner der, er identisk med den som er etablert innen Oslofjordområdet for øvrig (sml. Feyling-Hanssen 1957). På den annen side, finnes det ingen sikker garanti for at det ikke kan ha foregått interne ras innenfor en av sonene, for eksempel i sone D.

Et sentralt problemkompleks innen mikropaleontologien, er tolkningen av foraminiferersonene. Representerer de reelle økostratigrafiske soner som gir et adekvat bilde av de marin-økologiske fluktuasjoner i kronologisk rekkefølge, eller er de å betrakte som bathygrafisk betingede facies av foraminiferfaunaen. Spørsmål av denne art, med henblikk på de norske, kvartære foraminifersoner, blir for tiden studert av forfatteren under en pågående undersøkelse av den recente foraminiferfauna i Oslofjorden, og vil bli nærmere behandlet på et senere tidspunkt.

IV. Summary.

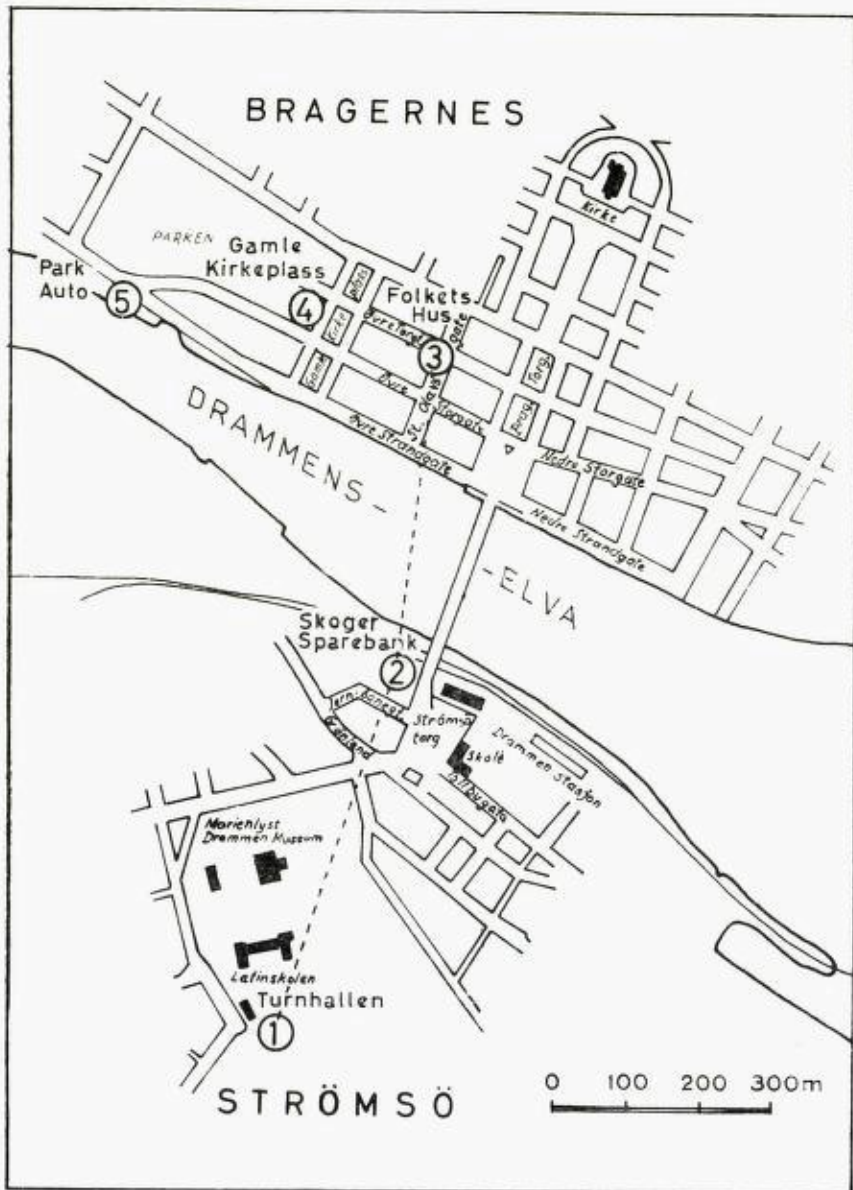
1. The present paper is a report on a quantitative study of the fossil, benthonic foraminifera of Late- and Post-Glacial clay samples from Drammen, Norway.
2. On the basis of their content of foraminifera, it has been possible to divide the marine clays in the Drammen area into four ecostratigraphical zones, D, E, F and G, in accordance with the zonation established by Rolf W. Feyling-Hanssen from the Oslofjord area, of which D being of Late-Glacial age; E, F and G of Post-Glacial age.
3. An attempt has been made to correlate the foraminiferal zones in Drammen with W. C. Brøgger's classical division based on Mollusca.
4. The reduced foraminiferal fauna from D, indicating originally brackish environments, combined with thick sediment deposits from the same period, may be seen in connection with a large supply of melt-water to the area, and a partial closing of the inner fjord basin by the Svelvik moraine.
5. The sharp faunistic transition between the zones D and E, must be the result of a climatic amelioration, as for the whole Oslofjord area.

6. Comparisons made between F in the Drammen and Oslofjord area, show that the fauna is more reduced in the upper part of the zone in the former area, probably because of a lowering of the salinity. This lowering may be caused by a further closing of the inner Drammensfjord basin by the Svelvik moraine, resulting from the land-uplift after the ice-recession.
7. A sharp discontinuation of the shear strength at the transition between D and E appears, which corroborates the relation between the ecostratigraphical zones and the geotechnical properties of the corresponding clay deposits, pointed out by Feyling-Hanssen.

Litteraturliste.

- Blytt, A.*, 1876. Essay on the Immigration of the Norwegian Flora during alternating rainy and dry Periods. Christiania.
- Brøgger, W. C.*, 1900–1901. Om de sen-glaciale og post-glaciale nivåforandringer i Kristianafeltet (Molluskfaunan). — Norges Geol. Unders. Nr. 31, s. 1–731. Kristiania.
- Feyling-Hanssen, R. W.*, 1950 Foraminiferer og foraminiferforskning. — Naturen. Nr. 9, s. 271–279. Bergen.
- 1954 a. Late Pleistocene Foraminifera from the Oslofjord area, Southeast Norway. — Norsk Geol. Tidsskr. 33, s. 109–152. Bergen.
 - 1954 b. The Stratigraphic position of the quick clay at Bekkelaget, Oslo. — Norsk Geol. Tidsskr. 33, s. 185–196. Bergen.
 - 1954 c. *Elphidium clavatum* Cushman from the Late-Glacial of Romerike, Norway. — Norsk Geol. Tidsskr. 33, s. 228–229. Bergen.
 - 1957. Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. Norges Geol. Unders. Nr. 197, s. 1–69. Oslo.
 - 1958 a. Stratigrafi og skjærfasthet, et geoteknisk problem geologisk belyst. — Naturen. Nr. 1, s. 5–19. Bergen.
 - 1958 b. Mikropaleontologiens teknikk. — Norges Geol. Under. Nr. 203, s. 35–48. Oslo.
- Hiltemann, H.*, 1949. Klassifikation der natürlichen Brackwässer. — Erdöl und Kohle, 2. Jahrg. Nr. 1, s. 4–8. Hamburg.
- Holmsen, G.*, 1951. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. — Norges Geol. Unders. Nr. 176, s. 1–62. Oslo.
- Holtedahl, H.*, 1959. Geology and Paleontology of Norwegian Sea Bottom Cores. — Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 29, No. 1, s. 16–29.
- Holtedahl, O.*, 1960. Stratigraphy based on foraminifera. — Norges Geol. Unders., Nr. 208, s. 387–389.
- Høglund, H.*, 1947. Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerak. — Zoolog. Bidr. Från Uppsala. Bd. 26. Uppsala.

- Lankford, R. R.*, 1959. Distribution and Ecology of Foraminifera from East Mississippi Delta margin. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 43, No. 9, s. 2068–2099.
- Phleger, F. B.*, 1954. Eology of Foraminifera and Associated Micro-Organisms from Mississippi Sound and Environs. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 28, No. 4, s. 584–647.
- 1960. Sedimentary Patterns of Microfaunas in Northern Gulf of Mexico. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., s. 267–301.
- Pokorný, V.*, 1958. Grunzüge der zoologischen Mikropaleontologie. Band I — Veb deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin.
- Remane, A.*, 1934. Die Brackwasserfauna. — Verh. Dtsch. Zool. Ges. 36. Zool. Anz. Suppl. 7. Leipzig.
- Strøm, K.*, 1936. Land-locked waters. — Skr. Norsk Vid. Akad. i Oslo. I. Mat. — Nat. Kl. Nr. 7. Oslo.



Kart over Drammen sentrum.
Tallene refererer seg til de respektive borprofilers figurumre.

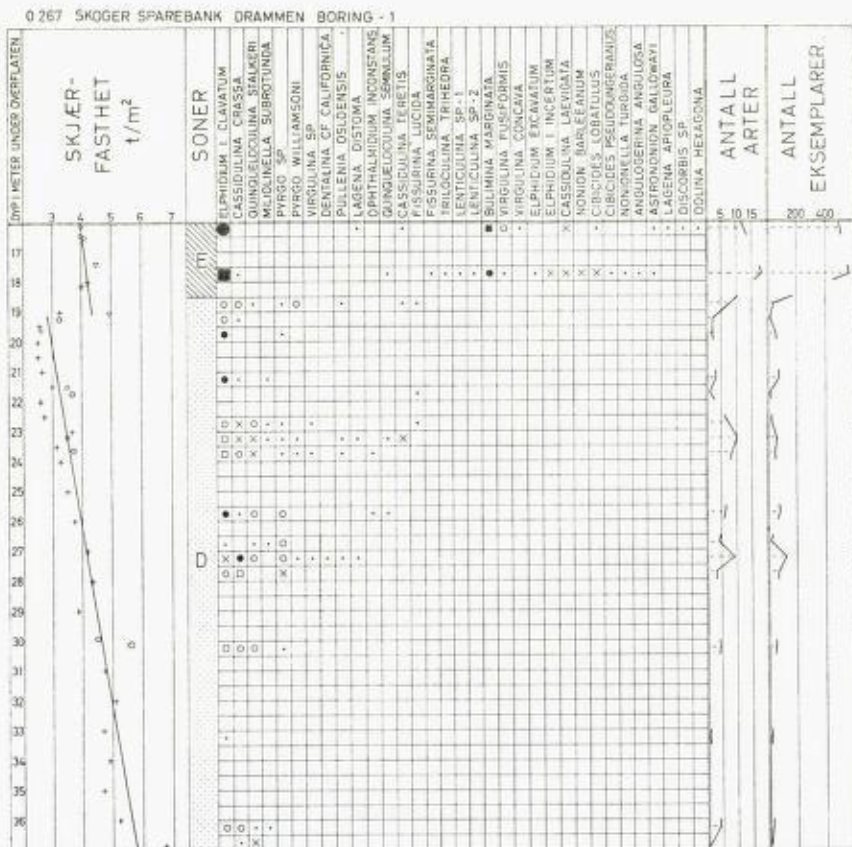


Fig. 2

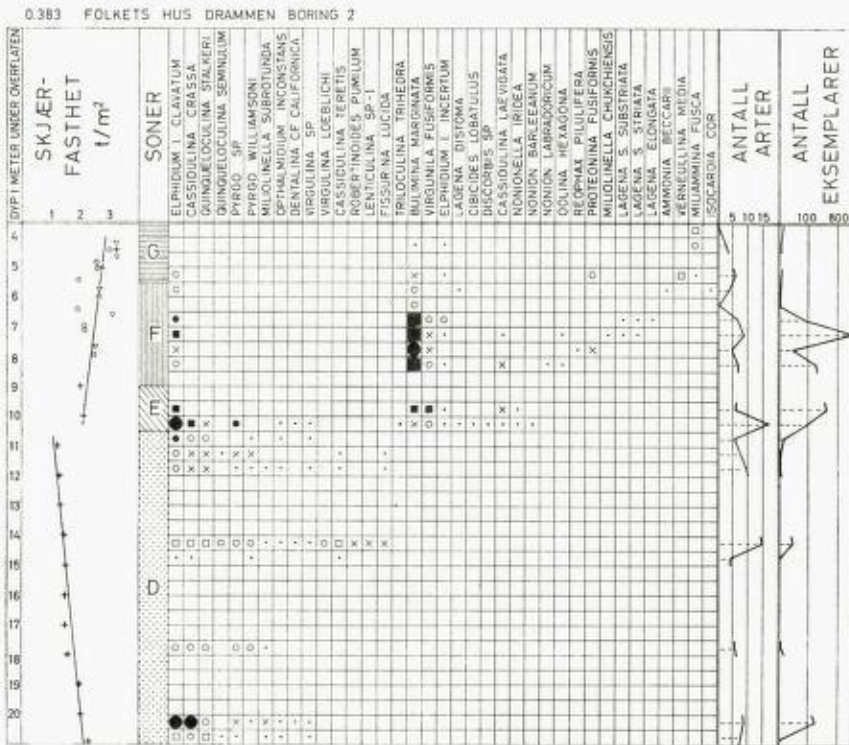


Fig. 3

Q373 GAMLE KIRKEPLASS DRAMMEN BORING 4

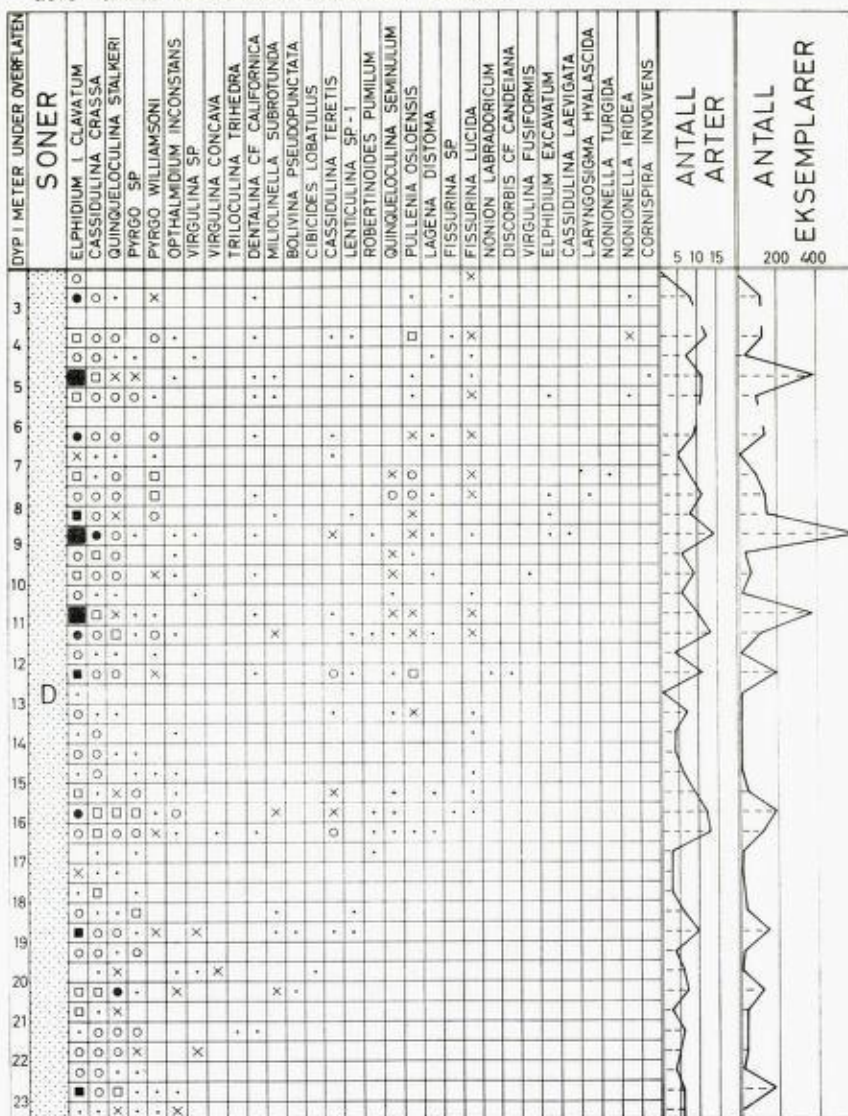


Fig. 4

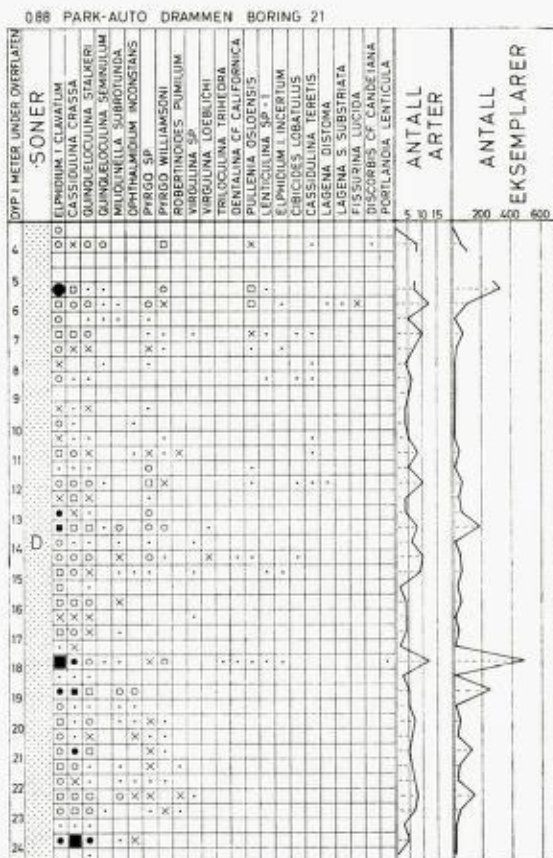


Fig. 5

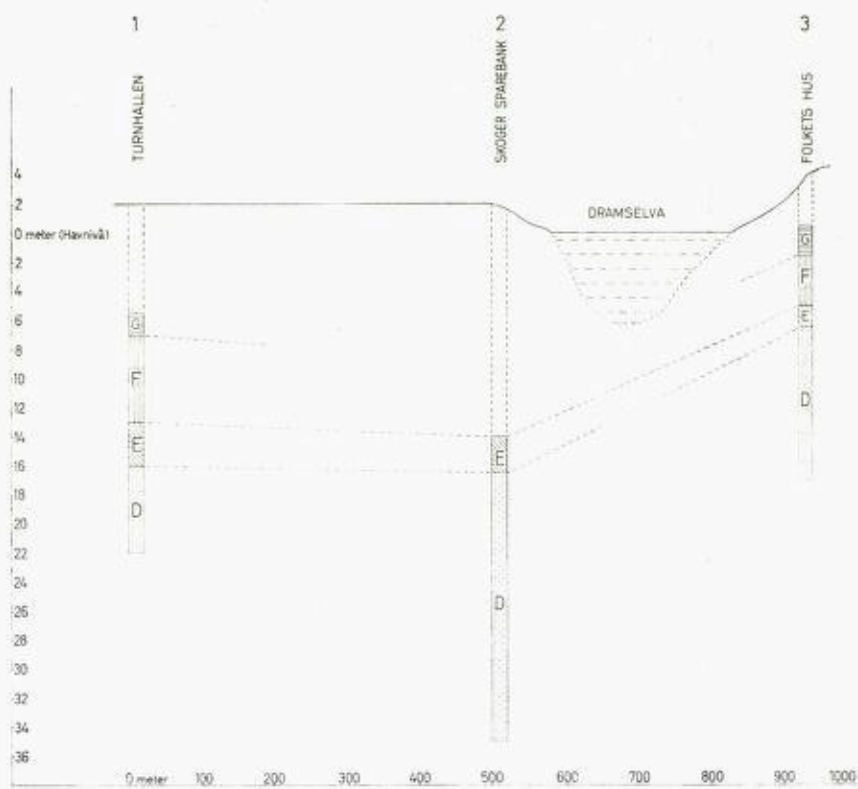


Fig. 6

Rørbrønner

Meddelelser fra Vannboringsarkivet nr. 12.

Av

Steinar Skjeseth og Tidemann Klemetsrud.

Med 9 tekstfigurer.

I Meddelelser fra Vannboringsarkivet er tidligere gitt en orientering om grunnvann i grus og sand og en beskrivelse av de første rørbrønnene i landet.

De glacifluviale avsetningene langs vassdragene byr på de beste mulighetene for grunnvannsanlegg. Samtidig er løsavleiringene en viktig reguleringsfaktor for vann til vassdragene våre, særlig ved lav vannføring. Det vil derfor være av stor betydning å få kartlagt grunnvannsforekomstene og skaffe bedre kjennskap til disse. I forbindelse med utførelse av vannforsyningsanlegg har vannavdelingen ved NGU foretatt orienterende undersøkelser av grunnvannsforholdene for planlegging av anleggene. På Romerike er det satt i gang omfattende grunnvannsundersøkelser i de utstrakte løsavleiringene der.

I samarbeid med Vassdragsvesenets hydrologiske avdeling er det påbegynt systematiske registreringer av grunnvannsforholdene langs Rendalen og Glomdalen med sikte på å utrede grunnvannsforholdene langs vassdragene.

Det primære ved en grunnvannsundersøkelse er kartlegging av de geologiske forhold, fordeling, karakter og utstrekning av forskjellige jordarter. Jordartene og deres fordeling, kornstørrelse og sorteringsgrad er bestemmende for magasineringssevne og hvor hurtig vannet beveger seg gjennom massen. På fig. 1 er vist en kartsnis og snitt gjennom et dalføre med sandavsetninger i dalbunnen, mens dalsidene består av fjell og bunnmorene.

Nedbør og vann fra dalsidene trenger ned i løsavleiringene og fyller porene mellom kornene. Under et bestemt nivå er alle porene fylte med

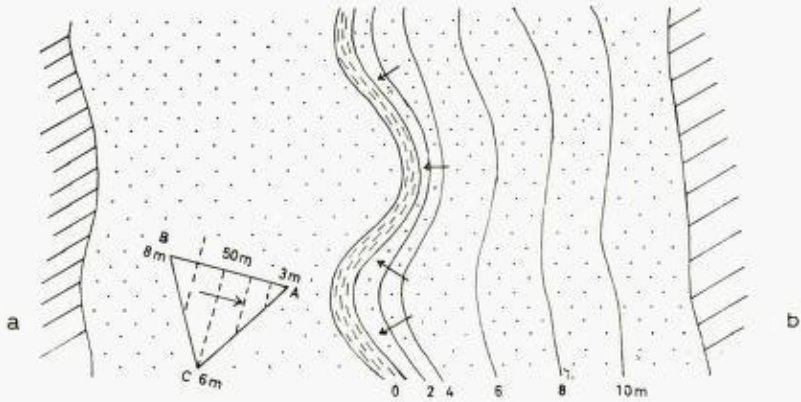


Fig. 1. Bestemmelse av grunnvannets bevegelsesretning (til venstre) og grunnvannspeil-høydekurver (til høyre).

Determination of the direction of ground water movement (left) and water table map with contours (right).

vann. Dette nivået kalles grunnvannsspeilet, og alt vann under det er grunnvann. I grunnvannspeilet er trykket lik atmosfærens trykk. Grunnvannspeilet følger stort sett terrengoverflaten, med fallende høyde mot elven. Fallet på grunnvannspeilet, eller gradienten, viser tilnærmet hvor hurtig vannet beveger seg. Et steil grunnvannspeil er betinget av fin-kornete jordarter som forårsaker langsom bevegelse. I grovkornete jordarter er vannspeilet som regel flatt på grunn av hurtig grunnvannsbevegelse.

Ved grunnvannsundersøkelser i et dalføre er det viktig å kartlegge grunnvannspeilets høyde, for derved å finne ut hvilken vei grunnvannet strømmer. I et mindre område er det nok å finne ut grunnvannstanden i tre punkter ABC — ved nedsetting av peilerør i punktene (fig. 1) Grunnvannstrømmens retning er loddrett på linjer som forbinder i samme

grunnvannshøyde. Ved tilstrekkelig mange observeringsrør kan en konstruere et grunnvannspeilkart med koter (grunnvannshøydekurver)). En kan også finne hvilken vei grunnvannet beveger seg ved tilsetning av salt eller fargestoff.

Det er innlysende at jordartenes karakter og sammensetning er avgjørende for hvor meget vann som kan opptas og magasineres. Jordartenes samlede porevolum kalles porøsitet. En del av vannet er bundet til jordpartiklene og er derfor ikke tilgjengelige. Det vannet som avgis under innvirkning av tyngdekraften kalles effektiv porøsitet. En finkornet jordart, f. eks. leire og finsand, har en større porøsitet enn grus; men vannet er sterkt bundet.

Permeabilitet angir jordartens evne til å slippe vann igjennom. Grus og sand er permeable jordarter, mens leire nærmest er impermeabel.

Jordartenes kornstørrelse, sortering, lagring og kornform er avgjørende for deres porøsitet og permeabilitet.

En må skille mellom fritt og stengt grunnvann. I et dalføre med veksling mellom permeable og impermeable lag kan grunnvann bli stengt under vannstansende lag. Vannet står der under trykk. Trykkehøyden er avhengig av utbredelsen av det vannstansende lag. Ved gjennomboring av dette vil vannet trykkes opp. Vi sier at grunnvannet er artesisk. Ved å binde sammen punkter der en har samme trykkehøyde kan en i dette tilfelle konstruere et imaginært grunnvannspeilkart.

Franskmannen Darcy utledet ved forsøk en formel til beregning av vannets hastighet i forskjellige jordarter. I et kar lot han vann med bestemt trykk strømme gjennom forskjellige jordartsprøver. (Fig. 2). Han fant at

$$Q = K \cdot F \cdot \frac{h}{l}$$

der Q = gjennomstrømmende vannmengde i m^3/sek , F = filterflate i m^2 , h = trykkehøyde i m , l = filterlengde, k = gjennomstrømningskoeffisient (permeabilitetskoeffisient) i m/sek . k er avhengig av jordartene.

Vannet bevegelseshastighet er:

$$v = \frac{Q}{F} \quad \frac{Q}{F} = k \cdot \frac{h}{l}$$

$$v = k \cdot \frac{h}{l}$$

Vannets hastighet er proporsjonal med fallet.

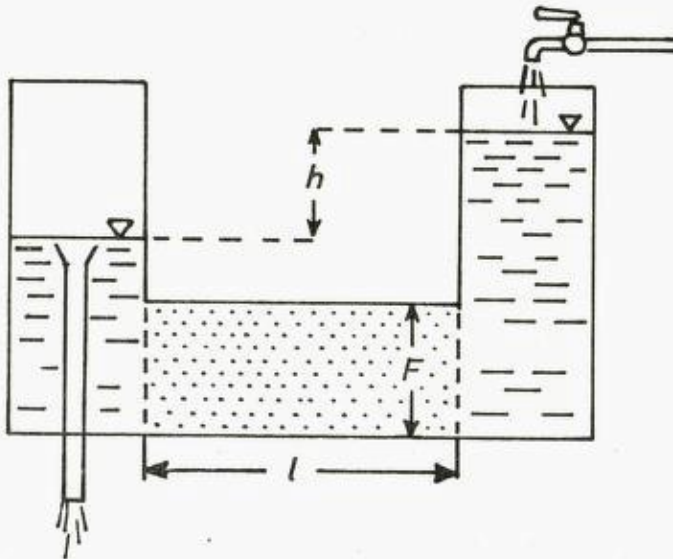


Fig. 2. Darcys apparatur for bestemmelse av vannets hastighet gjennom jordarter.

Darcy's apparatus for determination of permeability etc.

Permeabilitetskoeffisienten kan bl. a. bestemmes ved mekanisk analyse av sedimentene eller ved hydrologiske undersøkelser, f. eks. ved pumpeforsøk av brønn.

Jordartenes sammensetning bestemmes ved mekanisk analyse og kan leses ut fra kornfordelingskurve. De fineste partiklene er bestemmende for materialets hydrologiske egenskaper.

I sammenheng med dette er innført betegnelsen effektiv kornstørrelse, som er korndiameter ved 10 % gjennomfall i en siktekurve.

Hazen viste eksperimentelt at $K = 0,0116 d_{10}^2$, der d_{10} er den virksomme kornstørrelse. Formelens anvendelsesområde er betinget av sorteringsgrad. Heterogenitetskoeffisient, definert som kvotienten mellom 60 % og 10 % gjennomfall i siktekurven må være mindre enn 5.

Ved pumping av brønn vil vannet senke seg traktformet omkring brønnen. (Fig. 3). I tilfelle stillestående grunnvann vil trakten danne en rotasjonsflate. Traktens form kan bestemmes ved nedsetting av peilerør i forskjellig avstand fra brønnen. Største radius i trakten ligger i det opprinnelige grunnvannsnivå og kalles brønnens virkningsradius. Ut fra vannsenkningen i brønnen og senkningstraktens form kan en beregne lagenes permeabilitetskoeffisient ut fra ligningene.

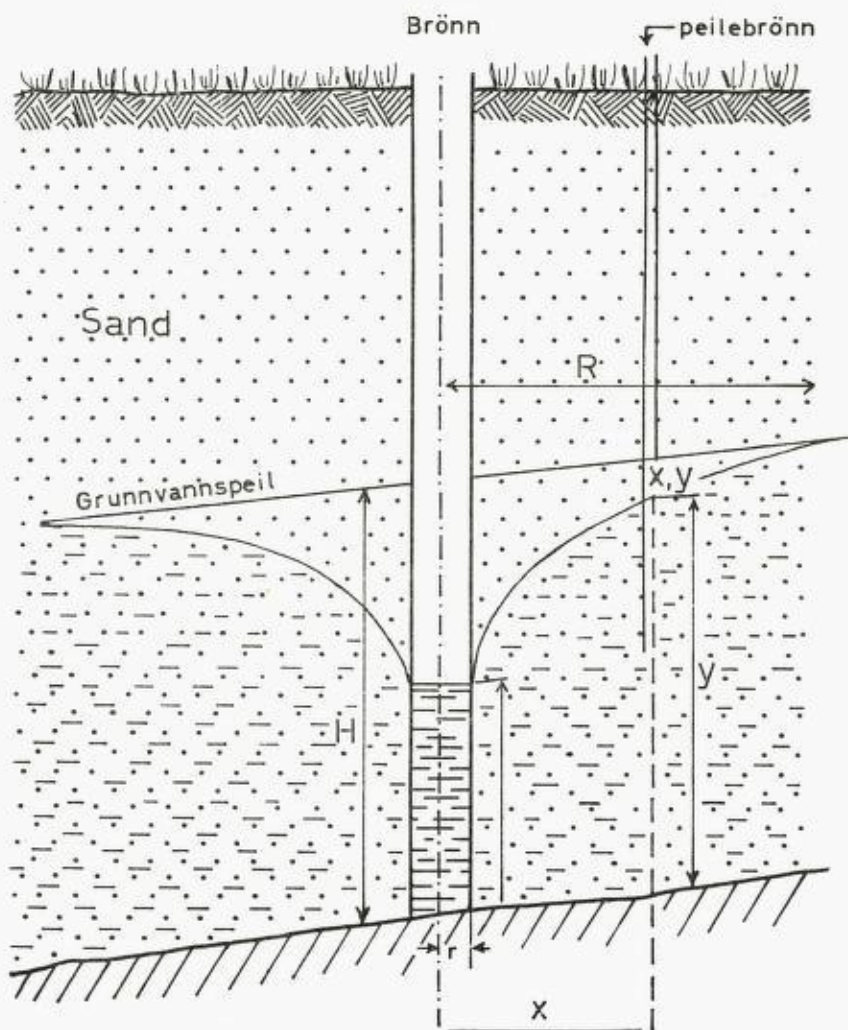


Fig. 3. Snitt gjennom brønn med senkningstrakt.

Section through water-table well, with cone of water-table depression.

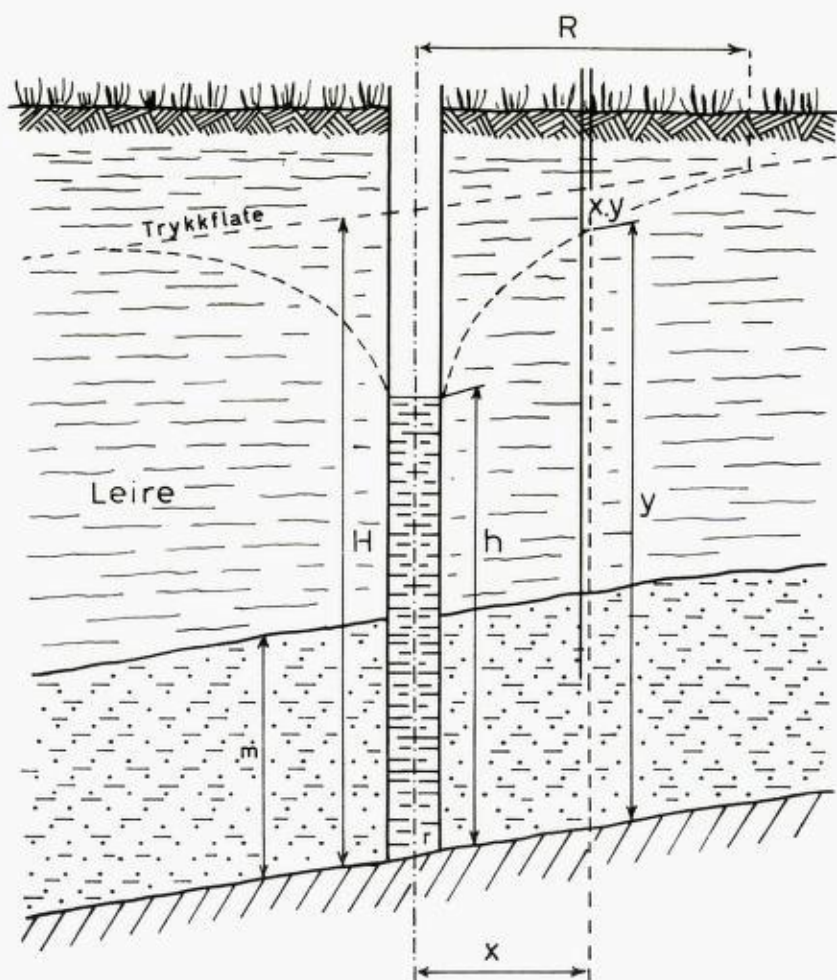


Fig. 4. Senkningstrakt ved brønn som tapper stengt grunnvann.

Section through well tapping confined ground water.

$$Z^2 \div h^2 = \frac{q}{\pi k} \quad (\ln x \div \ln r)$$

$$H^2 \div h^2 = \frac{q}{\pi k} \quad (\ln R \div \ln x)$$

$$H^2 \div Z^2 = \frac{q}{\pi k} \quad (\ln R \div \ln x)$$

$$k = \frac{q (\ln x \div \ln r)}{\pi (y^2 \div h^2)}$$

Ved stengt grunnvann som står under trykk (Fig. 4) får en:

$$Z \div h = \frac{q}{2 \pi mk} \quad (\ln x \div \ln r)$$

$$H \div h = \frac{q}{2 \pi mk} \quad (\ln R \div \ln r)$$

$$H \div z = \frac{q}{2 \pi mk} \quad (\ln R \div \ln x)$$

Vannføringen er her proporsjonal med det vannførende lagets tykkelse.

Senkningstrakten vil bli steil i finkornete jordarter og flat i grovkornete, da det skal større trykkehøyde til for å overvinne motstanden i fine jordarter.

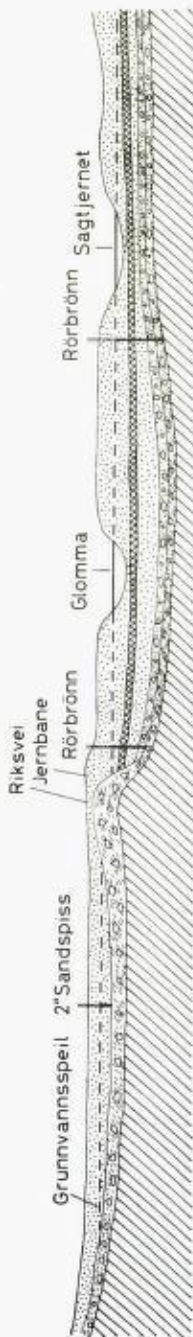
Hastigheten av vannet tiltar mot brønnen, da samme vannmengde her må strømme gjennom mindre areal. I periferien av brønnens virkningsradius er hastigheten av vannet normal. Brønnens yteevne (proporsjonal med innstrømning) avtar med senkningen. Vanntilstrømningen vil tilta med senkningen av vannspeilet. Ved å sammenholde kurvene for brønnens yteevne og tilstrømningen, vil en i skjæringspunktet for kurvene ha et mål for brønnens maksimale kapasitet og den maksimale vannhastighet. Dette betegner den beste utnyttelse av brønnen.

For å øke brønnens kapasitet kan en forlenge inntaksflate (filterflate) eller øke overflaten ved gruskasting. Ved innføring av ett eller flere konsentriske lag med filtergrus omkring filterrøret kan en øke permeabilitet og filteroverflate. Filtergrusen må tilpasses nøye til lagene omkring.

Eksempler på rørbrønner i Norge.

Østerdalen: — Grunnvannsanleggene ved Rena og Elverum er beskrevet tidligere. Det er nå bygget supplerende brønner på begge steder.

Den nye brønn til Rena kartongfabrikk gir 5000 l/min. Her ble det



foretatt grunnboringer. Ut fra grusprøvene ble det beregnet at en brønn kunne yte inntil 10 000 l/min. Grusprøvene var svært gunstige uten særlig finstoff. Det ble nytt et 14" slissefilter med 4×25 mm spalteåpning. Brøndiameter er 16,5", og filterlengde 7,5 m. Ved prøvepumping ble det tatt ut 7000 l/min. uten senkning av vannspeilet. Kontinuerlig uttak av ca. 20 000 l/min. fører ikke til merkbar senkning av grunnvannspeilet i området. Vannspeilet følger vannstanden i Glomma, men ligger over denne.

Elverum: – Rørbrønnen som ble bygget 1958 ved Sagtjernet har siden forsynt stedet med vann. I 1961 ble det besluttet å bygge en brønn på vestsiden av Glomma. Det ble foretatt grunnboringer i området ved garden Grindal. Nær jernbanen består de øvre 12 m av finsand. Fra 12–19 m og fra 21–28 m er det grov ensgradert sand. Disse to lag er adskilt ved lag med finsand. Det ble bygget en 16,5" brønn med filterlengde 7,5 m og filterdiameter 13". Etter tiltrekking av filteret ga brønnen 2500 l/min. med 4,5 m senkning av vannspeilet. Vannet fra brønnene pumpes direkte inn på vannledningsnettet. Pumpene er elektrisk drevet med automatisk inn- og utkobling. Den nye brønn på vestsiden av Glomma er plassert i et gammelt elveløp for Glomma. Det uttørrede elveløpet strekker seg fra Velfa i nord til ca. 500 m syn for Grindalen. Mot vest er løpet avgrenset av en bratt moreneskråning. Vest for denne overleires morenen av ca. 8 m finsand. Vannspeilet i disse sandavsetningene ligger på grunn av den lite permeable bunnmorenen ca. 10 m høyere enn ved Grindalen. Sandflaten omfatter Terningmo-området. (Profil fig. 5). Her er det gunstige forhold for uttak av vann

Fig. 5. Skjematisk profil som viser grunnforholdene og plassering av rørbrønnene ved Elverum.

Section across the valley at Elverum and the situation of the wells.

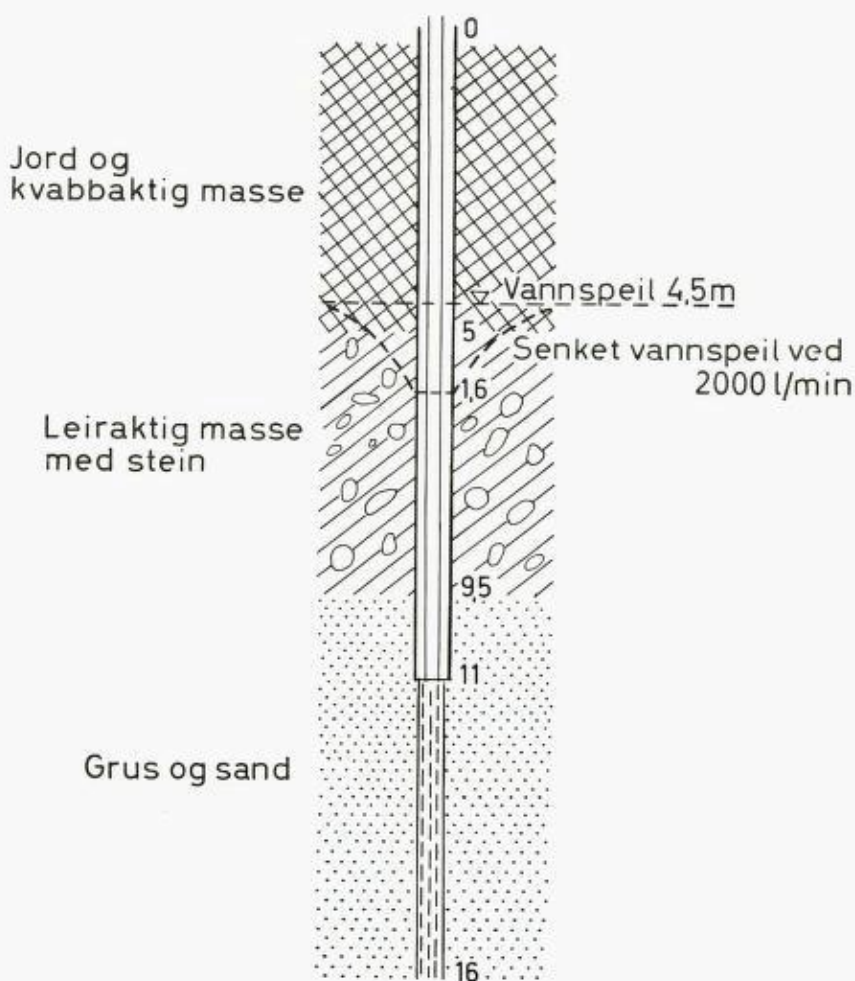


Fig. 6. Snitt gjennom rørbrønner ved Gausdal Ysteri.

Section through the well in glacialfluvial material at Gausdal.

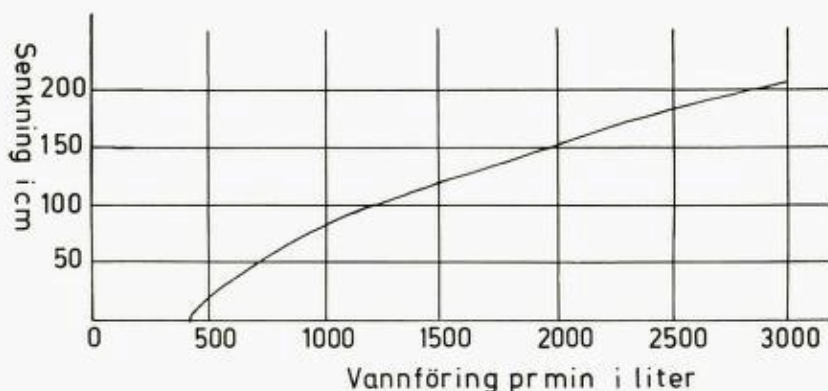


Fig. 7. Grunnvannsenkning ved prøvepumping av rørbrønn ved Gausdal Ysteri.

Drawdown during pumping test at Gausdal.

gjennom sandspisser. Grunnvannet strømmet mot Prestfossen i syd.

Gausdal: I dalbunnen i Østre Gausdal er det mektige glacifluviale avsetninger. Gausdal Ysteri har siste år bygget en rørbrønn i disse avsetningene. Tidligere fikk ysteriet sitt vann fra Vesleelven. Vannet var av dårlig kvalitet. Vest for elven er det en rullesteinsås. Ved grunnboringer ble bunnmorenen påtruffet på 16 m dyp. Her ble det bygget en 12" rørbrønn med 10" grusfilter fra 10—15,5 m. Brønnen ga 500 l/min. Vannspeilet lå ca. 0,5 m under vannstanden i Vesleelven. Dette tyder på infiltrasjon fra elvebunnen.

Vannet i brønnen var sterkt jernholdig. For om mulig å unngå jerninnholdet ble det siste år boret lenger vest langs nordsiden av veien til Vestre Gausdal, nærmere Gaussa. Her er det noe myrlendt. Dette skyldes at en i de øvre meter har en leirblandet masse som hindrer nedtrengning. En får på denne måte et hengende grunnvann. (Fig. 6).

Fra 9—16,5 m er det jevn grov sand med gruslag. Vannspeilet er ca. 6 m fra terrengoverflaten. Prøvepumping viste at vannet var av god kvalitet. I den nye brønn ble det nytt 5,5 m langt 10" slissefilter, med åpninger 4×25 mm, fra 11—16 m. Brønndiameter er 16,5" og senkningen i hovedbrønnen med kontinuerlig uttak av 2000 l/min. er 150 cm (Fig. 7).

Lillehammer — Hovemoen, Fåberg. — Vannavdelingen ved NGU har foretatt hydrogeologiske undersøkelser i området fra riksvei 50 syd for Stor-Hove landbruksskole, og i de glacifluviale avsetningene ved Hovemoen ned mot Mjøsa.

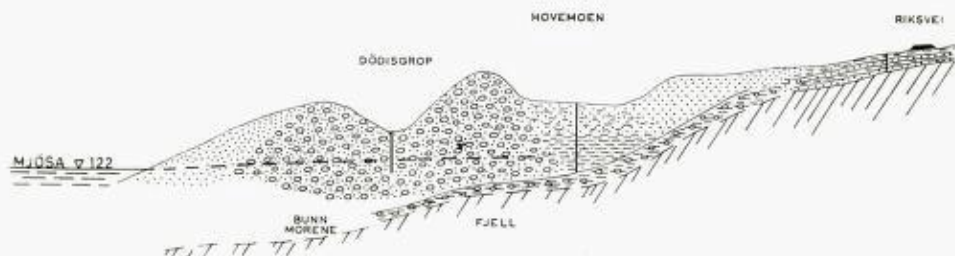


Fig. 8. Skjematisk profil fra riksvei 50 nord for Lillehammer over rullesteinsås på Hovemoen.

Simplified section from the main road north of Lillehammer through well in an esker at Hovemoen near Mjøsa.

Nord for Lillehammer er det langs riksveien laterale sandavsetninger over en leirholdig bunnmorene. Flere oppkommer er der betinget av grensen mellom sandlagene og den impermeable bunnmorenen. — Ved Lillehammer meieri er det dype sandfylte erosjonsfurer i bunnmorenen. En gravet brønn ca. 7 m dyp med innfangningsgrøfter ga der mere enn 10 000 l/time. De laterale sandavsetningene tiltar i dybde ned mot sandtak på nedsiden av jernbanelinjen. (Fig. 8).

Hovemoen er bygget opp omkring en svær rullesteinsås som strekker seg parallelt med dalen fra Lågen nedenfor Hovemoen mot Mjøsa. Asen inneholder store steinblokker som tildels ligger på overflaten. Dette sammen med dype dødisgropene viser at åsen er dannet subglacialt. I en av disse gropene ble bygget en rørbrønn. Bunnen av gropen er helt tørt med furuskog. Dette tydet på permeable avsetninger. Helt ned til 25 m dybde er det rullestein uten særlig finere materiale. Grunnvannspeilet ligger på 17 m dyp. Rørbrønnen er her utført nær kjernen av rullesteinsåsen, der det er mulighet for uttak av store vannmengder.

Mellom rullesteinsåsen og dalsiden østenfor er det en flate med fin-kornete sedimenter. Midt på flaten er det en veksling mellom finsand, mo og leire ned til 40 m dybde der bunnmorenen ble påtruffet ved boring.

Dokka: — Dokka vannverk hadde tidligere sitt vanninntak i Dokka-elven ca. 500 m ovenfor veibroen til Etnedal. Store temperatursvingninger og underkjølt vann om vinteren medførte unormalt stort vannforbruk og frysing av vannledningene i vinterhalvåret. En regnet med at det ville være en stor fordel å få grunnvann med konstant og høyere temperatur inn på nettet.

Det ble først bygget en rørbrønn nær Dokkaelven. Massen der var dårlig sortert, og brønnen ga lite vann. Videre undersøkelser ble foretatt på flaten østenfor. Her støter flaten sammen med skråningen av en øvre terrasse og delta ved Dokka. Det øvre delta viser en tydelig skrånning med fall mot Dokka-bebyggelsen. Ved foten av skrenten er det ca. 10 m løst pakket sand og grus. Vannspeilet er 2 m fra terrengoverflaten. En 16,5" brønn med 12" slissefilter, 4×25 mm ga 1200 l/min. med 1,50 m senkning. Vannet var litt jernholdig. Temperaturen av vannet ble målt i løpet av et år og varierte fra 5–7° C. Anlegget ble tatt i bruk vinteren 1961–62.

Etne, Sunn-Hordland. Etne ligger på en sandterrasse som er begrenset av fjell på sidene. Terrassen ligger 8–9 m over sjøen ved Etne og strekker seg ca. 1 km inn i landet, der den støter mot høyereliggende terrasser. Terrassen gjennomskjæres av Etne-elven.

Sommeren 1960 ble det foretatt grunnundersøkelser for å finne muligheter for grunnvannsforsyning til Etne meieri og bebyggelsen på stedet. Meieriet ligger nær sjøen og hadde sin vannforsyning fra en 3 m dyp brønn. Vannstanden var ca. 1/2 m over havnivået. Ved stort uttak av vann fra brønnen med senking av vannspeilet fikk en brakkvann. Ved boring fant en at ferskvannlaget var ca. 4 m dypt. Grunnvannet var dessuten svært jernholdig og uegnet til de fleste formål. Vannspørsmålet lot seg ikke løse ved boring nær meieriet. Det ble forsøksvis boret lenger inne på terrassen ca. 500 m fra sjøen i 8–9 m høyde over havet nær Etne-elven. En fant der at de 22 øvre meter besto av løst lagrete sedimenter som ligger på et fast underlag. De øvre 3 m besto av en dårlig sortert masse med stein. Fra 3–9 m var det sand, og fra 9–14 m sand og grus i løs lagring. Så fulgte et tett lag med sinstoff fra 14–18 m. Under dette laget var det igjen et 4 m tykt gruslag. (Fig. 9).

Etter sonderboring ble det foretatt prøvepumper og utspyling av jordartsprøver fra forskjellig dybde. Det vannførende lag fra 6–14 m hadde en gunstig kornfordeling. Vannet var dessuten av god kvalitet. Laget fra 14–18 m inneholdt leire og er impermeabelt. Fra 18–22 m ble det konstatert brakkvann av samme type og kvalitet som brakkvannskiktet ved meieriet.

Høsten 1960 ble det bygget en 8" rørbrønn med 6" filter påstøpt filter-sand, fra 8–13,5 m dyp. Brønnen gir ca. 400 l/min. Det er muligheter for uttak av langt større vannmengder.

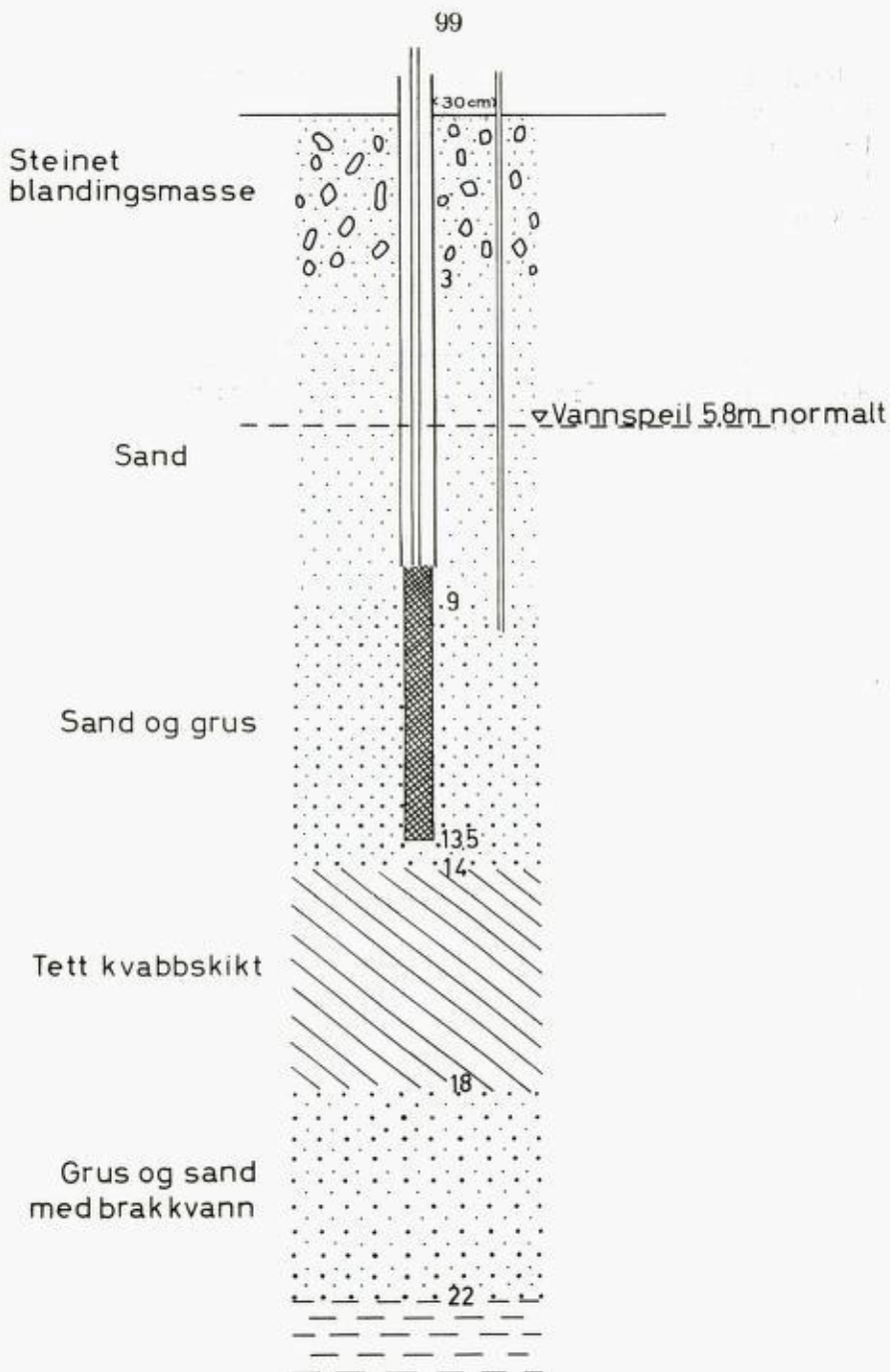


Fig. 9. Snitt gjennom rørbrønn ved Etne i Hordaland.

Section through well in delta at Etne in Hordaland.



Forsøksboringene og brønnen ved Etne gir en orientering om de muligheter som finnes for grunnvannsanlegg i delta-avsetningene nær utløpene av flere elver. Billige vannanlegg kan på denne måten lages til bebyggelse og til industrianlegg som finnes eller aktes reist på disse stedene.

Summary.

Screened wells.

During the last years several screened wells are build in glacifluvial deposits in different valleys in Norway. The yield of the wells are 1000—7000 l/min. The quality of the water is very satisfactory.

«Trysilhevningen»

Kambro-ordovicisk stratigrafi i Femundtraktene.

Av

Steinar Skjeseth

Med 5 tekstfigurer.

Norges geologiske undersøkelse har i løpet av de siste årene foretatt undersøkelser etter blymineralisering i de autoktone og paraautoktone lag langs sydøst-randen av fjellkjeden fra Hardangervidda over Gjøvik til Femund. Flere steder er det påvist blyglans. Den mest lovende forekomst ble funnet i Vardal nord for Gjøvik, der øvre del av Ringsakerkvartsitten er mineralisert over et relativt stort område.

I 1957 fant statsgeologene P. Holmsen og Chr. Oftedahl blyglans i en basalkvartsitt på grunnfjell i Løvbekken lengst nord i Engerdal. Da svenskene påviste store malmmengder i en kambrisk sandstein ved Vassbo – nær riksgrensen – (Grip, 1960 s. 155) var det av største interesse å få undersøkt tilsvarende avsetninger på norsk side. Ut fra geologiske betraktninger var det sannsynlig at den blyglansførende kambriske formasjon var utbredt over det prekambriske peneplan i området Søndre Femund–Vurrusjø–Engerdal. Terrenget er sterkt overdekket. Det var derfor nødvendig å foreta diamantboringer. I 1960 ble det boret 5 borehull av Geofysisk Malmleting, Trondheim. Fire av disse boringene nådde ned til Prekambrium og ga gode opplysninger om den autoktone lagserie i området. Det finnes flere brudd i lagrekken. Under typisk orthocerkalk opptrer en mørk, tildels mektig blåkvartsformasjon som i alder nærmest svarer til undre *Didymograptus*-skifer i Oslo-feltet. Formasjonen parallelliseres med blåkvartsen på Hardangervidda og oppfattes som et resultat av de hevinger og denudasjoner som foregikk i området i underordovicisk tid. Disse forhold er beskrevet av O. Holtedahl (1921) fra Rømundfjell og Høgberget i Trysil. Vogt innførte betegnelsen Trysil-

hevningen på de epirogene hevingene. Den nevnte blåkvartsformasjon ligger med erosjonsdiskordans på over- og underkambriske lag.

Tidligere undersøkelser.

Femundtraktens geologi er særlig blitt kjent ved dr. G. Holmsens kartlegging og utgivelsen av kartbladene Nordre Femund (1935) og Søndre Femund (1937) med geologiske beskrivelser. Nabokartbladet mot nord, Aursund, er utarbeidet av Falck-Muus, mens kartblad Engerdal med geologisk beskrivelse er gitt ut av O. Høltedahl (1921). På grunn av overdekning er det vanskelig å utrede fjellgrunnsgeologien.

Det beste snitt gjennom den autoktone lagserie er beskrevet fra Høgåsen, mellom Midtdalen og Hodølsgård nedenfor Tufsingdal blygruve (G. Holmsen, 1935 s. 7). Over en ca. 20 m tykk forvittringsarkose ligger et polymikt basalkonglomerat, som er utviklet som en basaltillit. Så følger ca. 10 m kvartskonglomerat som helst ekvivalerer Ringsakerkvartsitt. Videre opp skråningen er det grafittskifer og en blåkvartsformasjon som danner underlaget for de oversjøvne Kvitvolabergartene. Ved de gamle gruvene fant jeg en kalkstein som etter utseende og stratigrafi må henføres til orthocerkalk. G. Holmsen parallelliserer fyllittformasjonsens blåkvarts med blåkvartsen i Valdres. Fyllittformasjonen med blåkvarts synes å ha en vid regional utbredelse i traktene og er påvist flere steder, bl. a. ved Femundens nordøst-side hvor den kan følges inn på kartblad Aursund.

På østsiden av Femund finnes fyllitt-blåkvartsformasjonen i Valdalen og bl. a. i Båthusberget (G. Holmsen, 1937, s. 16), Lillesjøberget, Storsjøberget og i Sorkevola. Her er kiler av grunnfjell delvis skjøvet over formasjonen.

Nær Lillebo nord for Vurrusjø fant Schiøtz orthocerer i kalksteinsblokker. Like i nærheten, ved gården Trengsrud, er det en mørk sandstein i fast fjell. G. Holmsen fører denne bergart til grå sparagmitt og sier at samme bergart er blottet flere steder lenger syd, bl. a. ved Kvislen og mellom de to Hovdbekker langs Engerdalsveien. Her antar Holmsen at bergarten ligger direkte på Trysilgranitt.

Like sønnenfor har O. Høltedahl beskrevet kambrosilur. I Løvbekken finnes autoktone kambriske lag. På nordsiden av fjellet Knappen påviste O. Høltedahl orthocerkalk, og lengst i øst ved Nysæter nær riksgrensen er kontakten grunnfjell—Kambrium blottet.

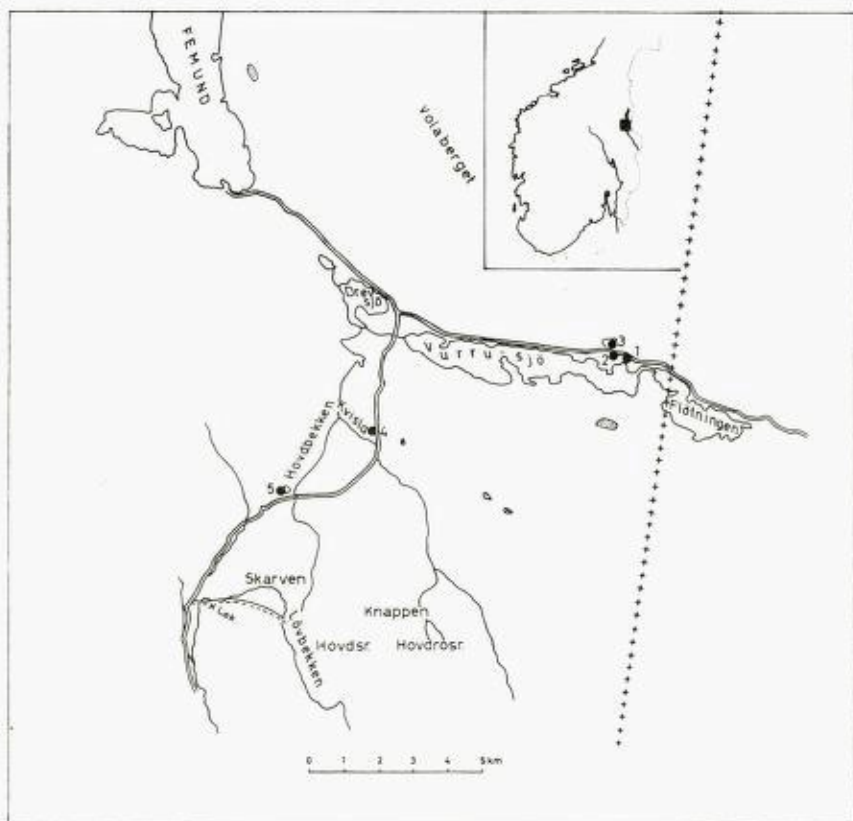


Fig. 1. Oversiktskart som viser beliggenheten av borhullene ved Vurrusjø-Engerdal.
 Map showing the situation of the diamond drillings near lake Femund.

Løvbekken — Nysæter.

Sæterveien til Hovdsæter passerer Engerdalsforkastningen. Ved inn-synking av vestsiden er her Kvitvolafyllitter bragt i nivå med prekambrikk granitt. Like på nordsiden av veien betinger forkastningen en foss i Løvbekken. Grensen mellom Prekambrium (Trysilgranitt) og de kambrikk basallag sees på begge sidene av fossen. Fra denne og oppover bekken er lagene godt blottet (fig. 2). Over forvitret granitt ved fossehodet, ligger en ca. 2 m mektig kvartsittisk benk. Denne kvartsitten er impregnert med blyglans. Mineraliseringen er særlig knyttet til kvartsårer i bergarten. Kvartsittbenken er svakt foldet og lokalt skjøvet over en ca. 1 m tykk overliggende grå leirskifer. Over denne følger en konglomerathorisont. På vestsiden av fossen består konglomeratbollene av fel-



Fig. 2. Stratigrafien ved Løvbekken i Engerdal.

The stratigraphy at Løvbekken in Engerdal.

sittiske bergarter av samme type som grunnfjellsbergartene øst for Hovdsæter. Konglomeratet skifter karakter lenger opp i bekken og er der utviklet som en 20–30 cm grovkornet spargmitt, som kan minne om Moelv-spargmitt. Bergarten er impregnerert med kismineraler, særlig kopper- og svovelkis, og litt blyglans. Videre er blottet 7–8 m av en grå kalkholdig skifer. I denne ble det funnet fragmenter av ollenellider (*Holmia?*). Skiferen svarer helst til etasje 1b ved Mjøsa. Over skiferen ligger overskjøvet en mektig hvit kvartsitt, svarende til Ringsakerkvartsitt i kvarts-sandsteinsdekket.

Ved Hovdsæter er det kambrisk alunskifer. Langs stien fra sætervangen til nordsiden av Knappen står orthocerkalk. I denne fantes i øvre del et intraformasjonalt kvartskonglomerat. Over kalksteinen er det leirskifer med kalklinser som inneholder godt bevarte fossiler, bl. a. *Ogygiocaris dilatata*. I nordskråningen mellom Knappen og Nysæter ble det flere steder funnet kambrisk skifer. Det prekambriske peneplan heller her med svakt nordlig fall inn under autokton lagserie på flaten mot Vurrusjø. Dette ble bekreftet ved de utførte diamantboringer. Fig. 1 viser beliggenheten av boringene. Borhullene 1, 3, 4 og 5 nådde ned til grunnfjell. Over forvitret grunnfjell følger arkose og en tynn kvartsittrik sandstein med konglomeratiske lag. I borhull 1, 3 og 4 kommer så en karakteristisk grå skifer med kalklag og linsler. Disse inneholder fullt av ollenellidfragmenter og *Volborthella* sp. Formasjonen overleires av en tett fin-kornet kalkstein. Svart skifer av mellom- eller overkambrisk alder er bevart i borhull 3.

Over de kambriske lag følger med erosjonskontakt en blåkvartsarkosebergart av forskjellig mektighet og utvikling. Kornene består overveien-

de av røkkvarts. Bergarten inneholder betydelige mengder feltspat. Konglomeratbollene består bl. a. av porfyr og kvartsitt. Matrix i sandsteinen er kullstoffholdig. Skiferlag og lameller gjennomvever sandsteinen. I øvre del ble det i kullstoffholdige skiferlag funnet ubestembare graptolitter. Formasjonen overleires av en mektig (ca. 40 m) kalkstein av samme type som orthocerkalken ved Lillebo. Blåkvartsformasjonen svarer mest sannsynlig til etasje 3b i Oslo-feltet. Den er blottet ved borhull 5, 3 og 1.

Bergartene som er blottet syd for Vurrusjø tilhører antakelig samme formasjon. Lagene ligger flatt og relativt uforstyrret. Ved Lillebo er blåkvartsen skjellformet overskjøvet over skifer.

Kambrium.

Den sandige basalserien over forvitningsarkosen er parallelisert med etasje 1 a $\alpha\beta$ og de kalkholdige lagene med etasje 1 b $\alpha\beta$. Utviklingen er typisk littoralfacies, med transgresjoner og regresjoner i avsetningsperioden.

Fra Fløtningen på svensk side beskriver Schiøtz en kalkstein med ollenellidfragmenter og Volborthella. Litt lenger nord ved Skärvägen er det fossilførende mellomkambriske lag.

Ved Vassbo er det kalkholdige lag underst. Så følger kalksandstein og derover kryss-skiktet sandstein. Skikting, bølgeslagmerker og strømrifler viser en materialtransport fra øst mot vest. Dette kan forklare at formasjonen tynner ut mot Vurrusjø—Engerdal.

Ordovicium.

Blåkvartsformasjonen som er parallelisert med undre Didymograptus-skifer er en typisk lithostratigrafisk enhet. Den har sin største mektighet i vest (ca. 40 m) og er konglomeratisk lengst øst ved Vurrusjø. Formasjonen må være oppstått etter en periode med epirogene hevinger og etterfølgende denudasjon. Denudasjonen har nådd ned til grunnfjellet ved borhull 5. Profilet ved Hovdsæter-Knappen tyder på at også overkambriske og muligens underordoviciske lag var avsatt før hevingen satte inn.

Korrelasjoner.

I det klassiske profil ved Høgberget i Trysil ligger fossilførende orthocerkalk på eokambrisk Vardalsparagmitt. Nederst i profilet der, er det en grovkornet sparagmitt (Moelvsparagmitt?). Over denne er det en oppknust skifer svarende til Ekreskifer. Det er tydelig at det er foregått

skyvebevegelser på skiferen, som danner skyveplanet for kvarts-sandsteinsdekket. Øvre del av Vardalsparagmitten er forvitret og går delvis over i orthocerkalk. I dette profil er kambriske lag og Ringsakerkvartsitten denudert. Det er naturlig å anta at dette materialet er opphavet til den ordoviciske sandsteinsformasjonen lenger øst.

Ved kartlegging siste sommer (1961) fant P. Holmsen en flyttblokk av mørk sparagmitt som inneholdt en *Endoceras* i sparagmitt. Dette viser at blåkvarts-arkoseformasjonen er en litho-stratigrafisk enhet som ihvertfall kan omfatte deler av orthocerkalken. I Flagstadelven, like nedenfor Tørbustilen i Vangsåsen, fant jeg en stor orthocerkalk-flyttblokk som i undre del er utviklet som en ren arkosebergart. De siste funn tyder på at arkose-sandsteinformasjonen er utbredt også mot syd. Den store likhet som formasjonen har med sparagmittformasjoner, særlig Brøttumspargmitten, vil komplisere kartlegging av fjellgrunnen i distriktene.

Stratigrafien på Hardangervidda danner en parallell til Femundtraktene. Over det subkambriske peneplan ligger det en underkambrisk basalserie. Så følger en ca. 40 m mektig svart skifer som i øvre del inneholder *Dictyonema flabelliformis*. Skiferen overleires av opptil 60 m blåkvarts, kalkstein og en mektig fyllittserie. Blåkvartsen er antatt å forekomme i Bøverdalen. Det ville ha vært av stor betydning å få utført detaljerte stratigrafiske undersøkelser i Gausdal-Torpa, som danner overgang fra Vidda til Oslofelt-utvikling. Fra Dokfjellvann beskriver Münster et profil der det under en tynn orthocerkalk finnes skifer med kvartsittiske lag.

Trysilhevningen.

Formasjonen ved Femunden og Vidda-blåkvartsen har sin utbredelse langs sydøststranden av fjellkjeden og må oppfattes som et resultat av epirogene hevinger. På grunnlag av forholdene ellers ble dette brudd tidligere satt til etasje 3c. Senere parallelliserer Vogt Trysilhevningen med Trondheimfasen. Denne tidlige ordoviciske fase kan spores over hele Europa. Det er mye som tyder på at bruddet også her i Norge kan settes til post-Tremadoc som i England.

Hevningene i fjellkjedens randområde kan gi en naturlig forklaring på sedimentasjonsforholdene og sedimentene som dannes på forlandet i 3 b-tid. Bevegelsene førte til at en fikk et mer eller mindre avstengt bekken der den Undre *Didymograptus*skifer ble dannet. Mot øst går graptolittskiferfacies over i kalk-litoralfacies. På Gotland, i Estland, Bornholm og lengst syd i Oslo-feltet ved Langesund, er det brudd i lagrekken før

avsetning av othocerkalk. Landryggen over Bornholm—Langesund—Telemark skilte Oslo-området — Skåne fra et sedimentasjonsområde i Polen — Tyskland der en på mange måter finner en parallell til utviklingen i Norge.

I Polen er det påvist en kambrisk lagserie som faunistisk er svært lik den norske. Under denne serie ligger lenger syd en mektig «Eokambrisk» serie som er henført til Riphaen.

Fra Sandomeriez, syd for Warschawa, beskriver Samsonowics hvordan underordoviciske lag med *Thysanotus siluricus* ligger med vinkeldiskordans på henholdsvis under-, mellom- og overkambriske lag. Han regner med at diskordansen skyldes folding i en «Sandomiransk fase» på overgangen Kambrium—Ordovicium. Området regnes til den miogeosynklinale sone.

Lenger syd i Sudetene finnes en parallell til Trondheims-feltet. Her er det beskrevet eruptive bergarter fra kambrisk-ordovicisk tid. Dette skulle svare til det eugeosynklinale beltet. Bruddet Kambrium—Ordovicium er påvist også i Barandium i Tsjekkoslovakiet.

Boringer i Tyskland har gitt opplysninger om utviklingen av Kambrium-Ordovicium. (Sdzuy, 1960 s. 110). Den såkalte Dubraukvartsitt ved Lausitz blir regnet til undre Tremadoc. Kvartsitten er ca. 200 m mektig og konglomeratisk i undre del. Formasjonen har en mulig ekvivalent syd for Leipzig, der det er en serie med kvartsittisk sandstein og skifer med konglomeratlag. Den største mektighet av de underordoviciske lag er påvist ved Hohen Venn sydøst for Köln, der det er en ca. 1000 m mektig skifer som i øvre del blir sandig. I undre del er funnet *Dictyonema flabelliformis* (Eichwald).

De siste årene har forløpet av den Kaledonske geosynklinale og avgrensingen av den Russiske plattform mot vest vært diskutert. R. von Gaertner (1960) gir to alternative tolkninger av forbindelsen mellom den Skandinavisk—Engelske geosynklinale og fortsettelsen i Mellom-Europa.

Den stratigrafiske, tektoniske utvikling tyder på at vi har en avgrensning av geosynklinale over Stavangerområdet via Danmark til Nord-Tyskland og Polen. En slik antakelse styrkes av det nord-sydgående forløp av den eugeosynklinale sone fra Bergen til Stavangerområdet. Strukturene, bl. a. Bergensbuene, kan muligens forklares ut fra en todeling av geosynklinale og ombøyningen av den sydgående synklinale.

Senere faser i den Kaledonske fjellkjede setter også sitt preg på sedimentene i den miogeosynklinale sone og på forlandet. Den såkalte Føllinge—Holmsjø-facies av lagene over orthocerkalk i Jämtland i Sverige

LØVBEKKEN

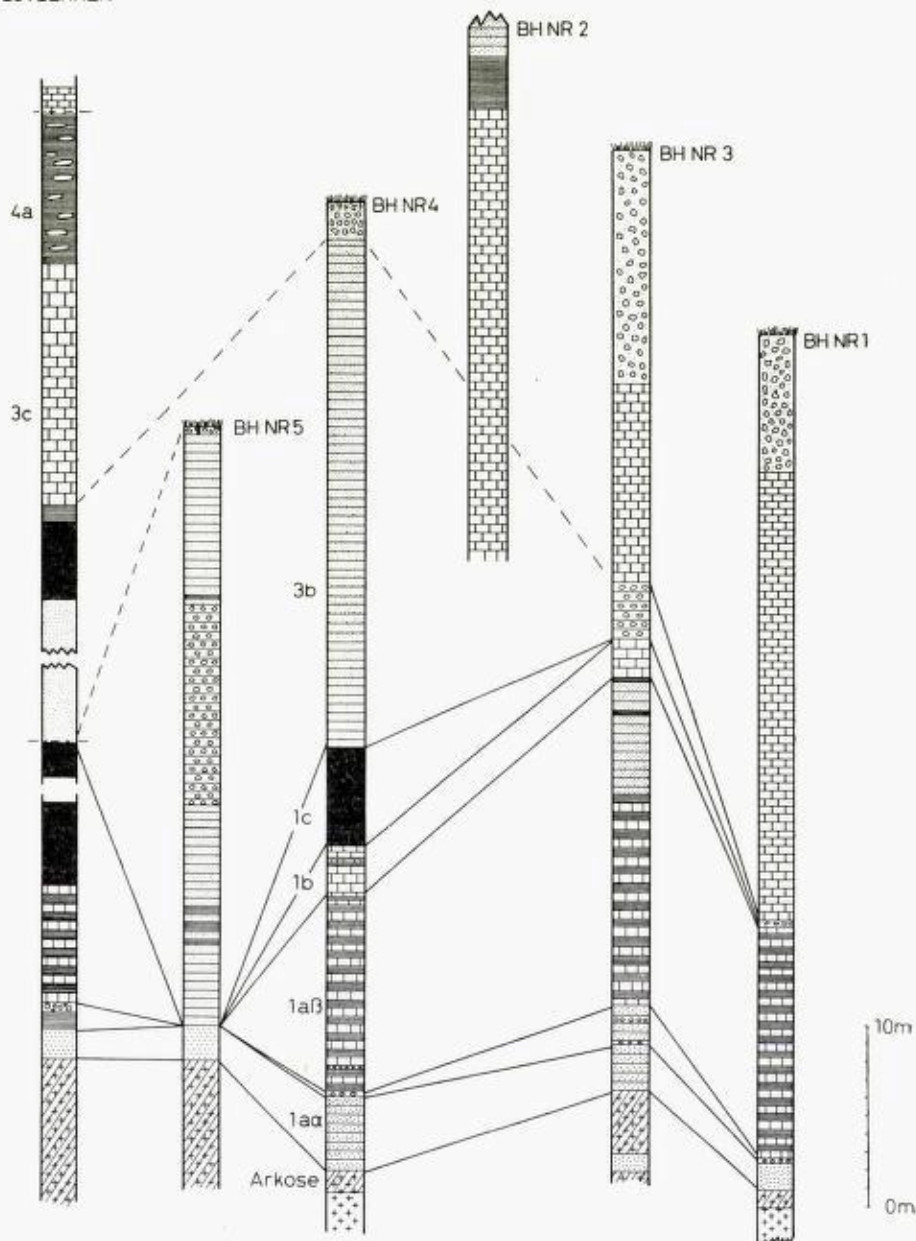


Fig. 3. Stratigrafien ver borhullene (1-5) Vurrusjø-Engerdal og Løvbekkens profil.

The stratigraphy at the drillings (1-5) Vurrusjø-Engerdal, and the profile in Løvbecken.

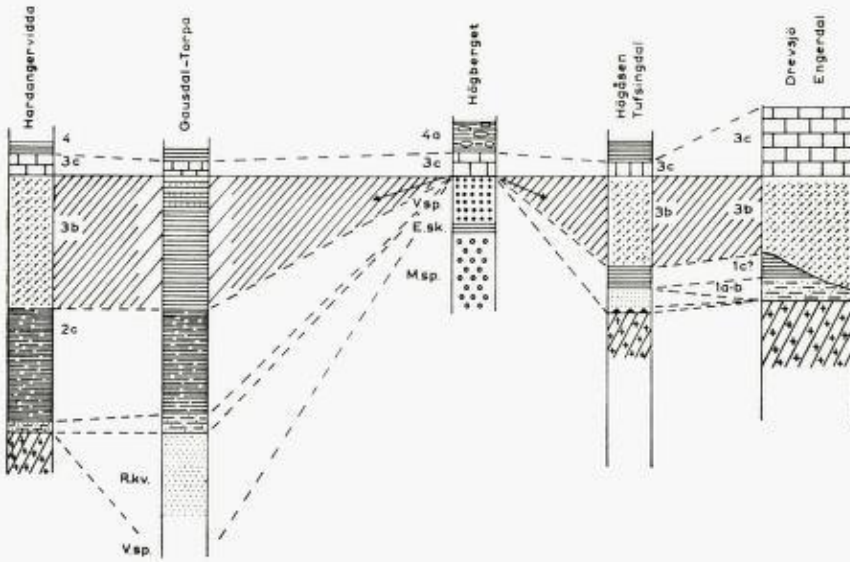


Fig. 4. Stratigrafisk korrelasjon langs den miogeosynklinale sone fra Hardangervidda til Femund.

Stratigraphical correlation along the miogeosynclinal zone from Hardangervidda to Femund.



Fig. 5. Paleogeografisk kart i 3b-tid og det antatte forløp av den kaledonske geosynklinal (etter von Gaertner 1960).

Paleogeographical map in 3b-time and the assumed trend of the caledonian geosyncline. (von Gaertner 1960).

(Asklund—Thorslund 1935) er på flere måter en senere parallell til 3 b-utviklingen beskrevet fra Femund. I Norge finner en på samme måte sandige sedimenter over graptolitt-skifre i Valdres (Melsennavdelingen) og i Gausdal.

I en senere fase fikk en dannet Valdressparagmitt som muligens delvis ekvivalerer de undersiluriske sandige sedimentene som følger etter bruddet Ordovicium—Silur ved Mjøsa. Denne utvikling har en sannsynlig parallell i Offerdalkonglomerat og Phacopskvartsitt i Jämtland i Sverige.

Summary.

«The Trysil Disturbance».

Cambro-ordovician stratigraphy in the vicinity of lake Femund in Østerdalen, Norway.

Diamond drillings carried out 1960 in the vicinity of lake Femund, near the Swedish border (fig. 1.) gave new informations about the cambro-ordovician stratigraphy in the south-eastern miogeosynclinal belt of the Caledonian geosyncline in Norway.

An arkosic sandstone rest with erosional discordance on different Cambrian horizons (fig. 3.) The stratigraphical position of the formation and finds of graptolites indicates that it corresponds to the Lower Didymograptus Shale (3b.) in the Oslo Region.

Prior to the deposition of the formation, the region in question must have been disturbed by epirogenetic movements. This disturbance mentioned by O. Holtedahl has been called the «Trysil Disturbance». It can be traced along the Caledonian miogeosynclinal belt from Femund to Hardangervidda (fig. 4). The movement along the margin of the geosyncline led to the formation of a more or less closed basin with graptolite facies on the foreland from the Oslo Region to Scania in Sweden (fig. 5). The stratigraphical development of the Eocambrian?, Cambrian and Ordovician in Norway and Poland indicates a close connection between the areas in early Palaeozoicum.

Litteratur.

- von Gaertner, H. R. (1960). Über die Verbindung der Bruchstücke des kaledonischen Gebirges im nördlichen Mitteleuropa. Report of the Twenty-First Session Norden. Part XIX.
- Grip, Erland, (1960). The Lead Deposits of the Eastern Border of the Caledonides in Sweden. Report of the Twenty-First Session Norden. Part XVI, Genetic Problems of Ores. Copenhagen 1960.

- Holmsen, G.*, (1935). Nordre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. NGU nr. 144. Oslo 1935.
- (1937). Søndre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. NGU nr. 148. Oslo 1937.
- Holtedahl, O.* (1921). Om Trysilsandstenen og sparagmitavdelingen. NGT Bd. VI.
- Müster, Ths.*, (1901). Kartbladet Lillehammer. NGU nr. 30, Kristiania 1901.
- Skjeseth, S.*, (1952). On the Lower Didymograptus Zone (3b) at Ringsaker, and Contemporaneous Deposits in Scandinavia. NGT 30. Oslo 1952.
- Samsonowics, Jan.*, (1960). The Lower Cambrian of the Llinontow Anticlinorium. Report of the Twenty-First Session Norden. Part VII. Proceed of Sect. 8. Copenhagen 1960.
- Sdzuy, Klaus.*, (1960). Das Kambrium von Deutschland. Report of the Twenty-First Session Norden Part VIII. Copenhagen 1960.
- Thorslund, P. og Asklund, B.* (1935). Stratigrafiska och tektoniska studier inom Föllingeområdet i Jämtland. SGU ser C. No. 388. Stockholm 1935.

Feltspatundersøkelsene på Drag og ved Innhavet, syd for Tysfjorden, Nordland fylke

(Foredrag holdt i Norsk Geologisk Forening, Oslo 6/10 1960).

Thor Sverdrup.

Feltspatundersøkelsene i distriktet ble utført med henblikk på oppsetting av flotasjonsanlegg.

Norge har i flere år hatt en ganske stor produksjon av feldspat. Produksjonen i de siste 35 år har svinget mellom 15 og 50 000 tonn. Det vesentlige av produksjonen er blitt eksportert, i 1948 til en verdi av over 2 millioner kroner, i 1959 til en verdi av over 3 millioner kroner. Dette fordeles seg på prima, annen og tredje sort feltspat. Produksjonen har foregått fra granittpegmatitter.

Da en må regne med at forrådene av første sort feldspat på pegmatittene er begrenset, har en i lengre tid vært på jakt etter en bergart som ved foredling kan gi første sort feltspat. Denne jakten foregår, ikke bare her i landet, men overalt hvor mulighetene er tilstede. Anrikningen av feltspat fra en granittisk bergart er løst i og med at en kan skille feltspat fra kvarts og glimmer ved hjelp av vaskebord og flotasjon, men dermed kan man ikke gå igang å flotere en hvilken som helst granitt. Det er nemlig fremdeles umulig å skille feltspatene fra hverandre på en økonomisk og lønnsom måte. Det endelige feltspatprodukt bør ikke ha over 1 % CaO, samtidig må Fe₂O₃-innholdet helst være under 0,1 %. Den frie kvartsmengden bør være så liten som mulig. Å finne en bergart som tilfredsstillende disse krav er ikke helt enkelt. Områdene rundt Drag og Innhavet i Nordland fylke har i de siste somre vært undersøkt med henblikk på å finne en bergart som egner seg for utvinning av feltspat ved flotasjon. Hundholmenpegmatitten som ligger innen dette området, er kjent fra tidligere undersøkelser (I). Hundholmen ble drevet kontinuerlig fra 1907 til 1960. Totalproduksjonen i bruddet til driftens opphør i september 1960 var 137 180 tonn feltspat og ifølge produksjonssta-

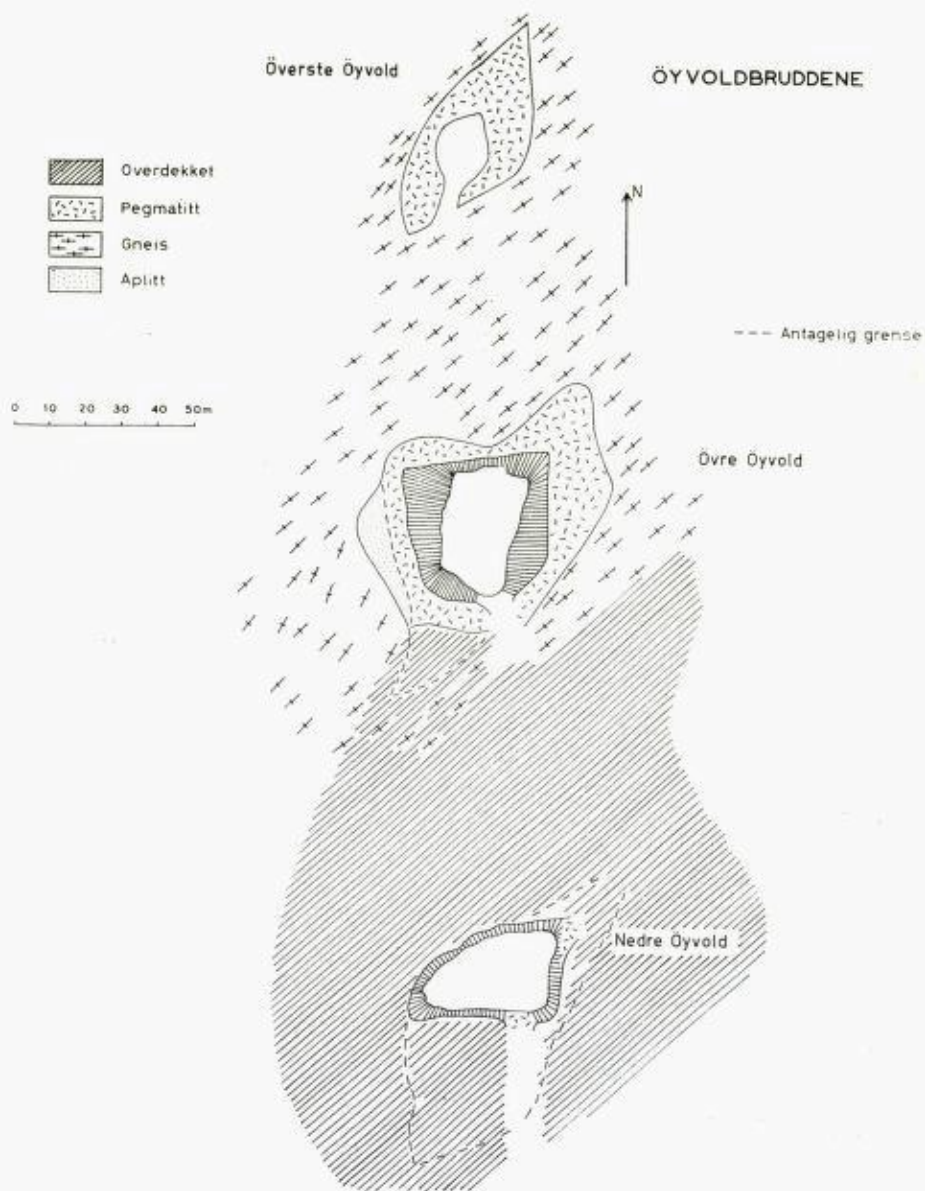


Fig. 1. Typepegmatitter ved Drag.

tistikken fra 1926 til 1960, 46 495 tonn kvarts. Produksjonstallene for kvarts før 1926 er ikke kjent. Tallene er gitt av firma Harald Stange & Co. A/S. Pegmatitten ligger helt i havkanten, og arbeidet foregikk ca. 80 meter under havnivået. Innsiget av sjøvann var meget stort, og 2 pumper arbeidet kontinuerlig døgnet rundt for å holde sjøvannet ute.

Feltspatproduksjonen på Drag startet omtrent samtidig, 1908, men driften har ikke vært så regelmessig som på Hundholmen. I 1958 søkte grunneierne på stedet om penger fra Utbygningfondet for Nord-Norge for å få forekomstene geologisk undersøkt. Der finnes store reserver feltspat i området, men samtlige forekomster er omgitt av en mektig krans av en finkornet (tintpreget) bergart, ofte med et svakt gneispreg. De viktigste forekomstene på Drag er: Jennyhaugen, Jennykalven, Eivolden (3 brudd), Øvre- og Nedre Lapplegeret og Littlebakken. Disse pegmatittene opptrer som steiltstående linsjer, og det er av den grunn nødvendig å bryte meget av den tildels oppsprukne overflatebergart, som er sukkerkornet, for å komme frem til den fastere grovkornete pegmatitt. Driften ville lettes sterkt om denne sukkerkornete bergart kunne nyttes, og det var derfor naturlig at grunneierne søkte om geologisk assistanse. Feltarbeidet i distriktet ble utført somrene 1958 og 1959. Sommeren 1958 deltok Per Chr. Sæbø og i 1959 deltok Viggo Wiik en kortere periode i dette arbeidet.

Det er tydelig at pegmatittene i området Drag og Innhavet er sterkt dirigert av den bergart de ligger i. Bergarten i distriktet er den såkalte Tysfjord-granitten. (1). Denne har imidlertid svært forskjellig utseende på Drag og Innhavet. På Drag har granitten et svakt gneispreg, strøk 250–260° med steilt fall. Rundt Innhavet er bergarten av en mer skifrig karakter. Strøket ca. 140–160°, fall 30–50°. Videre er fargen helt forskjellig på bergartene ved Innhavet og ved Drag. Granitten på Drag er gråhvit med et svakt rødlig skjær, mens den ved Innhavet er sterkt rød. Mineralogisk er imidlertid granittene meget like, bortsett fra meget større magnetittinnhold i gneisbergartene rundt Innhavet enn granitten på Drag. Det er mulig fargen skyldes en oksydering av jernet i Innhavet-området. Analysene av de rene feltspatprodukter er meget nær identisk på begge lokaliteter.

Ser en på pegmatittene på begge disse steder, finner en at ved Drag opptrer pegmatitten som typisk linsjer med lengdeutstrekning parallellt gneisgranittens skifrihet og nesten vertikalt fall, men det er her observert at pegmatittene svakt skjærer strukturen i sidebergarten mot dypet

OTTERÅ FELTSPATFOREKOMST

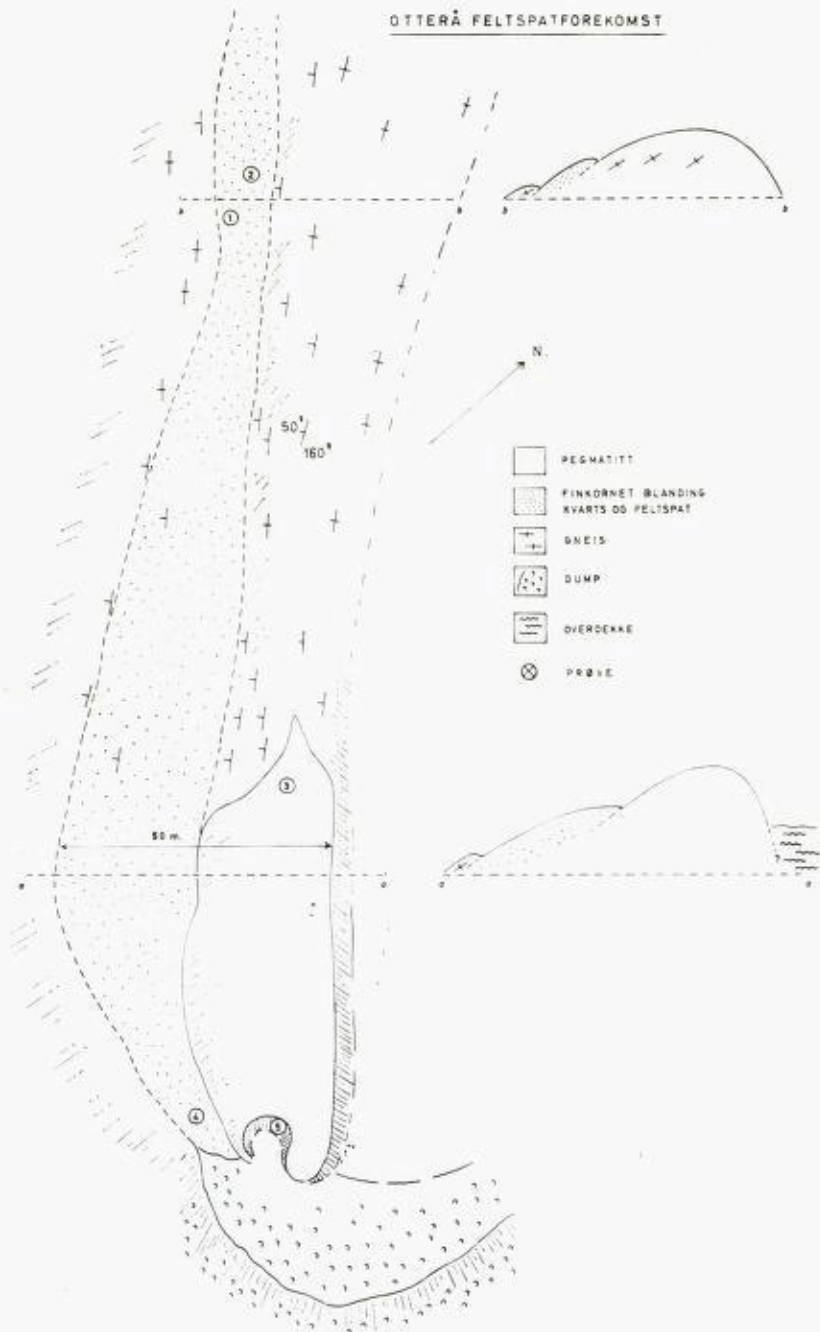


Fig. 2. Typepegmatitt fra Innhavet-distriktet.

Kontaktene er skarpe. I pegmatittene, spesielt i den sukkerkornete krans rundt hovedpegmatitten, ses en tydelig flytestruktur.

Pegmatittene rundt Innhavet er helt annerledes i utseende. En har her lange drag av vesentlig sukkerkornet (aplittisk) utseende med ujevne konkresjoner av grovere pegmatitt som her og der utnyttes for produksjon av stykkfeltspat og kvarts. I disse pegmatittene ser en også en markert struktur i den sukkerkornete bergart parallellt gneisstrukturen. (Det samme forhold gjør seg gjeldende innen pagmatitten som utenfor). Både innenfor og utenfor pegmatitten har man nemlig et forholdsvis høyt innhold av magnetitt. Magnetitten ligger i bånd, parallellt foliasjonen. Det har vist seg at denne magnetitt lar seg skille fullstendig ved en magnetseparasjon. Analyse av typisk sukkerkornet materiale fra Littlebakken viser etter magnetseparasjonen:

3,49 % Na₂O
 10,20 % K₂O
 0,14 % CaO
 0,03 % Fe₂O₃

Dette gir:

29,57 % albitt
 60,36 % mikrolin
 0,70 % anortitt.

Sum 90,63 % feltspat

En gjennomsnittsanalyse beregnet ut fra 5 feltspat – kvartsanalyser fra Ottrå feltspatforekomst ved Innhavet gir:

9,59 % K₂O
 4,91 % Na₂O
 0,35 % CaO
 0,044 % Fe₂O₃

Skal man bygge et flotasjonsverk, er det nødvendig med en stor påsetning for å få en økonomisk produksjon, og det er de færreste pegmatitter som alene kan gi nok gods. Innenfor Dragområdet ligger forekomstene meget konsentrert, ved Innhavet ligger de mere spredt. På den annen side er forekomstene rundt Innhavet jevnt over meget større i dagen.

Skal et flotasjonsverk være lønnsomt, med salg av bare feltspat, må en

regne med en produksjon på minst 20–30 000 tonn/år. Med flotasjon må en regne med ca. 15 % avgang (knuse- og slamtap m.m.). Det totale tap kan settes til ca. 20 %. Videre må en for disse sukkerkornete bergarter regne med et gjennomsnittlig forhold kvarts til feltspat omtrent 1–3. D.v.s. at av påsatt gods vil en etter dette få mellom 50 og 60 % (1. sort) feltspat og ca. 20 % kvarts. Det vil igjen si at en må regne med en påsetning på ca. 50 000 tonn pr. år. Med en nedskrivning av anlegget på ca. 20 år må en med andre ord ha ca. 1 million tonn sikker rågodsmengde.

For å få et grunnlag for masseberegninger, ble det først utført en målebåndskartlegging av hver enkelt forekomst. Når det gjelder forekomstene på Drag, kan en regne med en minste dybde av pegmatittene for beregning av rågodsmengden, da disse forekomstene tidligere er drevet på feltspat. Det viste seg at man bare på Drag har en sikker rågodsmengde større enn 1 million tonn. Rundt Innhavet, hvor vi har mere homogene sukkerkornete pegmatittdrag, er det svært vanskelig å angi gangenes forløp mot dypet og beregningene må her baseres på tonn pr. meter avsenkning. For å konstatere hvor dypt disse forekomstene stikker, er det nødvendig å foreta borer. Med en gjennomsnittsdybde av ca. 10 meter vil imidlertid de fire største, Lagmannsvik, Otterå, Karlsøy og Håkonhalspegmatittene gi mer enn 1 million tonn feltspat-kvartsblanding.

Videre ble det tatt rikelig med prøver for slip og kjemiske undersøkelser. Etter resultatene av kjemiske analyser, måtte noen områder sjaltes ut p.g.a. for høy kalkgehalt, men de fleste prøver besto av en sukkerkornet bergart med granittisk sammensetning og en meget sur plagioklas. Hovedmineralene er mikroklin, kvarts og albitt med litt biotitt og muskovitt. CaO-innholdet er meget lavt, vanligvis under 0,7 %. Fe₂O₃-innholdet var mindre enn 0,1 %, og forholdene Na₂O: K₂O ca. 1:2. Feltspatproduktet er således forholdsvis natriumrikt.

Det ble også sprengt ut større prøver som ble sendt til Oppredningslaboratoriet ved N.T.H. for flotasjonsforsøk. Ved nedknusning til 20 mesh oppnådde man et bra flotasjonsgodt, under forutsetning av at godset før eller etter flotasjon passerte en magnetseparator for å skille ut små forurensninger av biotitt og magnetitt. Forsøkene ble utført av dosent Digre, N.T.H., og det ferdige konsentrat viste seg å bestå av 98,99 % feltspat og 1,01 % kvarts. Før magnetsepareringen var Fe₂O₃-innholdet 0,2 %, mens analysen etter magnetseparasjonen viste 0,07 % Fe₂O₃. Et så rent produkt som dette kan en imidlertid ikke vente i industriell målestokk, men dosent Digre mener at en kan regne med et produkt med konstant kvartsinnhold på ca. 5 % i det ferdige produkt.

Det vil spille en vesentlig rolle for produksjonens lønnsomhet om det lar seg gjøre å selge de 6–7000 tonn kvarts en får ved siden av feltspaten. I dag vil dette kanskje være spesielt avgjørende i og med konkurransen fra nefelin. Nefelinverket i Nord-Norge vil bli en meget hard konkurrent for produksjon av flotasjonsfeltspat, og enhver som tenker på å gå i gang med flotasjon av feltspat bør derfor gjøre grundige markedsanalyser før byggingen av slike anlegg settes ut i livet.

Konklusjon.

Om Drag-Innhavet-området kan en i dag si:

1. Det er påsetningsgods nok for drift av flotasjonsverk.
2. Man kan oppnå et produkt med under 0,1 % Fe_2O_3 etter nedknusing og magnetseparering.
3. CaO-innholdet er lite, under 1. %

For flotasjon som har vært meget vellykket under forsøkene må man regne med nedknusing av råstoffet til 20 mesh. Det vanskeligste står likevel tilbake, nemlig å finne marked for mellom 20 og 30 000 tonn feltspat, og de 6–7000 tonn kvarts som blir produsert. Grundige markedsanalyser er derfor nødvendig så en er sikker på å ha faste kjøpere i flere år fremover.

Tilgangen på elektrisitet er god, det samme gjelder tilgangen på ferskvann. Videre er havneforholdene på stedet meget gode.

Regner en den gjennomsnittlige norske produksjon av feltspat til ca. 50 000 tonn pr. år i årene fremover, vil et flotasjonsverk øke dette kvantum med 1/3. Samtidig med denne økningen av kvantumet, vil en imidlertid få en effektiv kontroll av det feltspatproduktet som selges, og kan gi full garanti for kvaliteten. Dette har hittil vært den største svakhet med vår feltspateksport og har svekket vår stilling på det utenlandske marked.

Litteratur.

- Steinar Foslie:* Tysfjords geologi. N.G.U. 149, 1941.
- Thor L. Sverdrup:* Rapport over undersøkelse av kvarts-feltspatforekomstene på Drag i Tysfjord. N.G.U.'s bergarkiv 1958.
- Rapport over feltspatundersøkelsene rundt Innhavet og Drag, Nordland fylke. N.G.U.'s bergarkiv 1959.
- Oppredningslaboratoriet N.T.H.:* Rapport vedrørende flotasjon av feltspat fra Drag i Tysfjord. Februar 1960.

Geological studies in the region of Vegarshei — Gjerstad

By

Jacques Touret (1)

Introduction.

The region investigated covers an area of about 700 km² on the borders of Sørlandet and Telemark. The nearest town is Arendal, 50 km southwards, while Risør lies 20 km eastwards (Fig. 1).

From a geological point of view, this area belongs to two classical zones: the Kongsberg-Bamble and the Telemark. These two zones are separated by a big breccia which can be followed all through the south of Norway, from Kristiansand to the Oslo region, for about 300 km. However, in the area investigated, the breccia does not seem to play a fundamental part and the formations lying on both sides are of a similar nature, at least on the scale of a few kilometers. The big breccia represents a late episode, which may have occurred at a recent period, but it dissected an essentially homogenous region. Kongsberg-Bamble and Telemark are terms of regional geology, which can only be used on a much larger scale than the one chosen in this study.

Historical.

The South of Norway is a particularly suitable place to study granitisation and metamorphism. The conditions of exposure are good, even perfect at times. The geology however is complicated, certain facies are not classical ones and it was not easy to find a general and logical classification. The main workers in the area have been J. A. W. Bugge and T. F. W. Barth. Barth and J. A. Dons (1960) recently published a paper

¹⁾ — Present adress: E.N.S. Géologie, B.P. 452, NANCY (M. & M.) France.

in «Geology of Norway» giving the latest views on the geology of the region, to which the reader is referred.

The region of Vegarshei – Gjerstad.

The general features of the geology of Southern Norway are now fairly well known, but little had been done in the region of Vegarshei-Gjerstad itself. A few hints can be found in several publications by A. Bugge, J. A. W. Bugge and Barth. These are mainly only brief accounts and the only suitable map was published by Barth in «Geology of Norway» (1960).

Thus the present work has been first and foremost a field investigation on the scale of 1/50 000, sometimes 1/20 000, constituting a form of background for further studies. The present paper deals with some results of the field work and must be considered as an «introduction».

The problem considered was primarily the genesis of augen gneisses, but it was of course necessary to study all the facies occurring in the region. We will therefore present a brief description of the main characteristics of these facies, keeping to the classification defined by J. A. W. Bugge, which corresponds, for the main features at least, to the chronological order of geological events.

The following will be studied in turn:

The old group:

- The banded gneisses.
- The quartzites.
- The amphibolites.

The younger complex (migmatites).

- The metatexites (anatexites).
- The augen gneisses.
- The granites (Orientated granite and normal granite).
- The pegmatites.

The mylonites and the breccia.

The diabase dyke (non metamorphic).

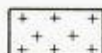
L E G E N D

The rocks

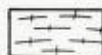
Diabase dyke (non métamorphic).



Mylonites and breccias belonging to the «Great breccia».



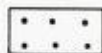
Telemark granite.



Orientated granite (tardimigmatique).



Normal augen gneisses (Types I and II).



Charnockitic augen gneisses.



Undifferentiated metatexites.



Zones, where amphibolites are predominant.



Zones, where quartzites are predominant.

The limits (Further comments in text).

Fault zones (corresponding to the mylonites and breccias).



Sharp petrographic limit, possibly emphasised by late tectonic movements.



Progressive transition limit between two formations of the Younger complex specially augen gneisses and metatexites).



Petrographic limits, possibly sharp, not completely followed on the fields.



This limit only indicates zones where a rock type from the old group – i. e. quartzite or amphibolite – is particularly abundant.

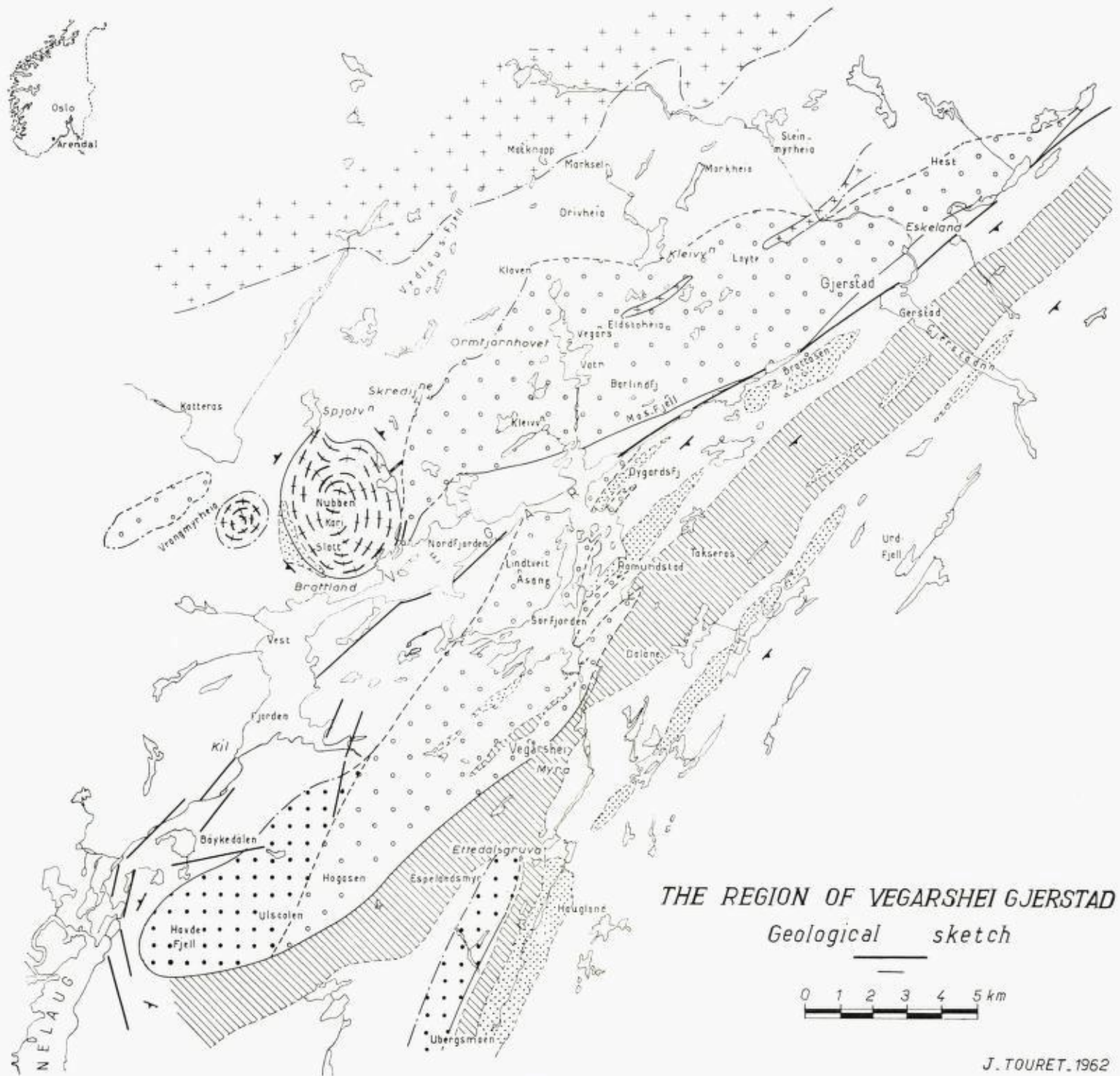


Fig. 1

The old group.

The banded gneisses.

In the area as a whole a few typical banded gneisses, with undisturbed structure, occur.

Most of them, however, were mobilized during the second period of metamorphism and now belong to the migmatites. Nevertheless, as for instance in the region of Lunde, rather important patches of typical banded gneisses may still be observed.

These rocks are very similar to the gneisses of the Randesund area, which have been studied recently in great detail by R. Dietrich. An important point which Dietrich mentioned and which is also evident here, is that the banded structure is not only an alternation of quartzitic and amphibolitic layers, but all kinds of intermediate composition may occur, amphibolite and quartzite being the two extreme poles.

No cyclic or regular sequence can be found and the conclusions reached by Dietrich concerning this rock type, i. e. recrystallisation controlled by supracrustal sedimentation, seem definitely to be the most acceptable.

As no limit exists to the thickness of the layers, the rocks considered below, quartzites and amphibolites, belong in fact to the banded gneisses. But field evidence suggest that they may be distinguished and studied separately. They may therefore form important occurrences, sometimes several hundred meters thick and are very typical rocks of the group. Besides, their chemical composition and mineral evolution are particularly interesting.

The quartzites.

Numerous exposures of quartzites and quartzitic rocks are to be found over the whole of the Vegarshei-Gjerstad region.

As appears on the map, most of these rocks lie south of the breccia and are disposed in two different belts, striking roughly N. 60., parallel to the main strike of all the formations in the district. One of them is close to the breccia and the body of augen gneisses and runs from Romunstad to the banks of lake Gjerstavatn. In the area close to the augen gneisses, there are numerous patches of quartzites that will be considered later.

The second belt is roughly parallel to the first. It lies more to the south and is mostly apparent in the region of Ubergsmoen.

North of the breccia, it is not possible to recognize any belts. However, the region of Brattland is remarkable for very pure quartzites, some of them lying curiously above orientated granite.

Mode of exposure.

The mode of exposure is interesting. The rocks consist of elongated layers, which seem to be concordant with the strike of the migmatites. The beds are very thick at times — a hundred meters or so — but more often they are thin, even very thin. It is possible to follow some fairly thin layers over several kilometres, but, generally speaking, only a series of elongated patches displayed at intervals following a common strike can be observed. As Bugge and Barth have already observed, this general outline suggest the remains of an ancient formation which, in the past, was much more important. The study of the mineralogical composition further supports this view.

Mineralogical composition.

The quartzites may be composed of a single mineral, i. e. quartz, as for instance near Brattland. This is not very common and rocks of this type never make important exposures. There are generally present micas, whose parallel orientation emphasizes the structures, while, feldspars are often noticeable under the microscope. However the total quantity of these two latter minerals never exceeds a few %, so the name of quartzite is perfectly justified.

The main associations are the following ones:

— Quartz-muscovite: This is the most common association. The quartz, occurs as crystals with interlocking boundaries, frequently showing an undulatory extinction. The crystals are generally elongated in a direction which can be different from the one indicated by the muscovites. At some distance from the body of augen gneisses, these rocks hold no feldspars, but, as we come nearer, they contain larger and larger quantities of microcline.

— Quartz-biotite and quartz-biotite-muscovite: These varieties are also frequently found. The contrast between the shape of biotite and muscovite crystals is striking. While the muscovites are highly corroded and indented, the biotites remain absolutely sound, free from any corrosion. Pleochroism is obvious, showing a dark brown hue, except for a few varieties, according to their characters, could be compared to ferrimusco-

vites. They may hold garnets, which are always surrounded by a rim of biotite crystals.

– Quartz-muscovite sillimanite and quartz-muscovite-sillimanite-microcline. Sillimanite is not abundant in the Vegarshei district, but in the second belt near Ubergsmoen, there are quartzites holding large quantities of sillimanite, sometimes associated with muscovite and microcline. These rocks are very similar, and probably related, to the well known sillimanite bearing rocks from Søndeled.

The amphibolites

As with the quartzites, the outline of the amphibolite suggests the remains of an older formation in the midst of the migmatites. However they are much more abundant. The rocks which were changed into amphibolites may have been initially more important or they may have resisted the granitization processes better.

They occur everywhere in the region of Vegarshei-Gjerstad, but they are mostly found in a wide belt immediately to the south of the augen gneisses of Vegarshei. The orientation is similar to that of the quartzites and of the migmatites, i. e. N.N.E. The most striking exposures occur in the region of Takserås-Kvisli, where the very coarse grained amphibolites may hold garnets 10 cm in size.

Among the migmatites, the amphibolitic layers are often deformed, broken into boudins and agmatites. But the most important layers – sometimes many meters thick – seem to have been but little altered during the phase of migmatitisation. These rocks apparently resist the processes of granitization very easily.

Mineralogical composition.

The mineralogical composition, appearance and structure of the rocks vary. Their study is more difficult than in the case of the quartzites, as the only determinative criteria are a very dark coloration and, under the microscope, a total amount of dark mineral exceeding 50 %; these minerals may be amphiboles, micas or pyroxenes.

However it is possible to identify a few main types:

– The most common amphibolite is a rock containing 45 to 50 % amphibole (common green hornblende with sometimes a bluish coloration) and 40 to 45 % plagioclase. The plagioclase is normally rather calcic (An 30 to 40); but in some cases a different kind of feldspar, more albitic

and frequently untwinned, may be noticed. The rest of the rock, i. e. 5 to 10 %, consist of apatite, epidote, ore minerals and now and then a little quartz. Sphene, which is often lacking, may in a few cases appear in rather large quantities. In addition pyrope-almandine garnets, sometimes of considerable size, may be present.

– Another type is very similar to the above, but the amphiboles are associated with biotite crystals and it is often possible to notice as common orientation of the crystallographical elements in both minerals.

– The third type is different. In addition to amphiboles, micas and feldspars, it contains monoclinic pyroxenes belonging to the diopside-hedenbergite series. The plagioclases are more calcic (An 40), but the accessory minerals are similar to those of the preceding types.

The structure is rather peculiar. The planar orientation is sometimes unnoticeable and the shape of the pyroxenes and amphiboles reminds us of a gabbroic structure. These rocks can certainly be compared with the «hyperites», gabbroic rocks well known in the south of Norway through the publications of Brøgger.

– The last type is not an amphibolite, but a true pyroxenite. The only minerals are plagioclase and monoclinic pyroxene, without any traces of uralitisation. In the field, this type can be distinguished from amphibolites by its very dark colour and its fine grain size.

Conclusion.

Now, the question of the origin of the rocks belonging to the «old group» is no longer controversial. They are rests of an ancient formation and have apparently suffered very little change in their bulk composition during metamorphism. This phase of metamorphism is thus «topochemical», without any significant metasomatism.

Concerning the region of Vegarshei-Gjerstad, it can be noted that all the mineralogical associations met with belong to the amphibolite facies.

The younger complex.

During a second phase of metamorphism, all the rocks we have just considered were transformed into units belonging to the «Younger complex». Here the phenomena of anatexis, palingenesis, metasomatism play a fundamental part. The structure, which had been preserved till then, became completely disturbed. All these rocks are now migmatites.

Unfortunately, the term migmatite has assumed so broad a signifi-

cance that it is hardly possible to use it: all the rocks in the south of Norway are in fact migmatites, even the rocks of the old group which constitute their paleosome.

Thus the different types of migmatites will be studied from a purely descriptive point of view, without any petrogenitic consideration:

- The metatexites.
- The augen gneisses.
- The granites.
 - Normal granites.
 - Orientated granites.
- The pegmatites.

The metatexites.

Under the heading of metatexites will be examined rocks whose general features do not differ basically from those of the old group. However the general structure becomes more complex and layers of quartzofeldspathic material can be noticed which tend to cut the general plane of foliation. This notion of intersection is fundamental, as it is simply impossible to distinguish concordant layers produced by migmatitisation from layers of similar composition but resulting from the ectinitic recrystallisation of an appropriate sediment (for instance a metaarkose). Besides, the total amount of granitic material is not sufficient to produce important bodies, so that the thickness of granitic beds never exceeds some meters.

As regards their shape and appearance the metatexites can be considered as intermediate steps between rocks from the old group and the more advanced products of granitization as, in the region of Vegarshei, augen gneisses, orientated granites and granites.

Description.

From what has just been said, it is obvious that the most interesting features of the metatexites are structural ones. The hard task of describing completely these structures will not be attempted — this work is ably done in Bugge's publication (1943) and in «Geology of Norway», (see specially the drawing by Schaer and Wegmann). Here only a few comments concerning the region of Vegarshei-Gjerstad will be made.

Two different types of deformation are noticeable:

1) A plastic style, which is the general case. The structures, at the scale of the exposures, look very much deformed, faulted. The orientation of the faults seems to vary very rapidly; but, at least in the region of Vegarshei, this complexity does not subsist on a larger scale. Here the structure of the rocks belonging to the old group is very simple; general strike N. 60 E., dip East. Plotting the orientation of faults axes the metatexites on a stereographic net, a similar direction clearly appears. Moreover, on the aerial photographs, a single orientation comes out, either in the «old group» or in the metatexites. As a conclusion, it seems that the complexity of deformation for the metatexites is much greater at the scale of 10 or 20 metres than at the scale of a kilometer or so.

As Barth many times pointed out, it is also clear that feldspars tend to develop in fields where the pressure is comparatively weak. This is particularly visible in the picture shown in figure 2.

2) A cataclastic style is sometimes noticeable. It may be amphibolitic layers apparently broken to give agmatites. These shapes may occur at the hinge of an anticline.

It is possible to relate these cataclastic features to a quartzofeldspatic network generally occurring in the amphibolites. The veins are very thin (a few cm) and straight. They could correspond to a primitive stage of migmatitisation and might be venites according to the definition of Scheumann.

Mineral Facies of the metatexites.

Degree of evolution.

From a petrographical point of view, the mineralogical associations of the neosome correspond to the assemblages found in the rocks of the paleosome: the neosome consists of quartz, feldspars – plagioclases and microcline, – occasionally a few micas or amphiboles. All these associations are typical of the amphibolite facies. Excepting certain local phenomena of retromorphosis, which generally correspond to the phase of mylonitisation, nowhere has there been found any traces of rocks belonging to another facies. It will be interesting to compare this fact with those concerning the augen gneisses.

This uniformity does not avoid the necessity of defining a «degree of evolution» of the metatexites; this notion is a very subjective one and depends only on the relative amount of granitic material in the metatexi-



Fig. 2: The «metatexites».



Fig 3: The «sharp contact»
of the augen gneisses near
Vegarshei.
Note the system of joints.

tes. It can hardly be denoted by any number but is probably familiar to any geologist having worked in the Precambrian. In the region of Vegarshei-Gjerstad, it is clear that there is no discontinuity at the breccia, but that this «degree» is higher northwards than southwards. South of the breccia, it increases the west. It must be noted that this «degree of evolution» is utterly independant of the mineral fecies.

The «augen gneisses».

The «augen gneisses» form the most interesting and typical rocks in the Vegarshei-Gjerstad district. Of course the facies «augen gneisses» is not rare in the south of Norway, but the gneisses of Vegarshei are more widely distributed than in any other part of Sørlandet. Moreover, they are remarkable for very large feldspar porphyroblast, whose size can reach ten centimeters or more. Thus they are similar to the «Riesen Augengneisse» in the Hohe Tauern.

The gneissic structure is often obvious; it may be less distinct at times, so that it has been possible to apply the term «granite» to these rocks. But too many features are different from real granites for this term to be retained.

Mode of exposure.

The gneisses appear in two different elongated bodies of comparable size occuring on either side of the breccia. The gneisses of Vegarshei, which are the only augen gneisses mentioned in the litterature, occur to the south of the breccia, while the very similar gneisses of Gjerstad lie to the north. The two bodies are not in direct contact with the breccia, except at one point ,northeast of Gjerstad. Here it can be seen that the augen gneisses are themselves brecciated and mylonitized. It is thus clear that at least the last movements came after the «mise en place» of the gneisses. This point will be dicussed further below.

The gneisses of Vegarshei.

As regards the general shape of the body, the important point to notice is a striking difference between the southern and northern boundaries.

The southern boundary, which runs from Hovdefjell to Vegarshei sta-

tion, is very sharp. The contact with the metatexites is emphasized by a topographical depression which has been used for the railway line, so that it can be followed meter after meter for a distance of ten kilometers (Fig. 3).

Traces of movements are noticeable along the plane of contact and the question is whether this contact is only tectonic or whether it has a more petrographical origin. This problem is difficult to answer, but two arguments support the petrographical view.

1) The body of augen gneisses ends near Vegarshei station. In the direction of the contact, no traces of deformation are noticeable among the migmatites. Moreover, fine exposures in the station enable the contact between the augen gneisses and the migmatites to be studied accurately. The transition is sharp, but progressive. Patches of augen gneisses appear in the metatexites, giving the impression of scattered wisps apparently bearing no relation to one another. The rocks are but little deformed, and no signs of tectonic movements are visible.

2) In the region of Hovdefjell the metatexites surround the body of augen gneisses. The contact here is particularly sharp and the surface of the contact becomes more and more curved. The structure of the migmatites remains parallel to the contact and goes around the augen gneisses. These features are very similar to those of some diapyric granites.

The northern contact is very different from the southern one. The transition is very progressive, occurring in a broad zone which always exceeds several hundred meters. Different processes can be observed:

— The total amount of feldspar porphyroblasts decreases regularly within a single horizon. The gneissic structure often disappears at the same time (Fig. 4).

— Some other beds retain a typical augen gneissic appearance, but are surrounded by considerable thicknesses containing no feldspars porphyroblasts. The thickness of these beds gradually decreases, but the features of the augen gneisses are still noticeable when they are a few centimeters thick. This kind of augen gneiss is common in the whole Sørlandet and in the region of Randsund we visited an exposure kindly indicated by Dietrich which was absolutely similar to those of Vegarshei.

To sum up, the limits of the body of augen gneisses seem to present intermediate features between those of common migmatite formation and those of typical granites.



Fig. 4: The «progressive limit» of the body of augen gneisses.
An example.

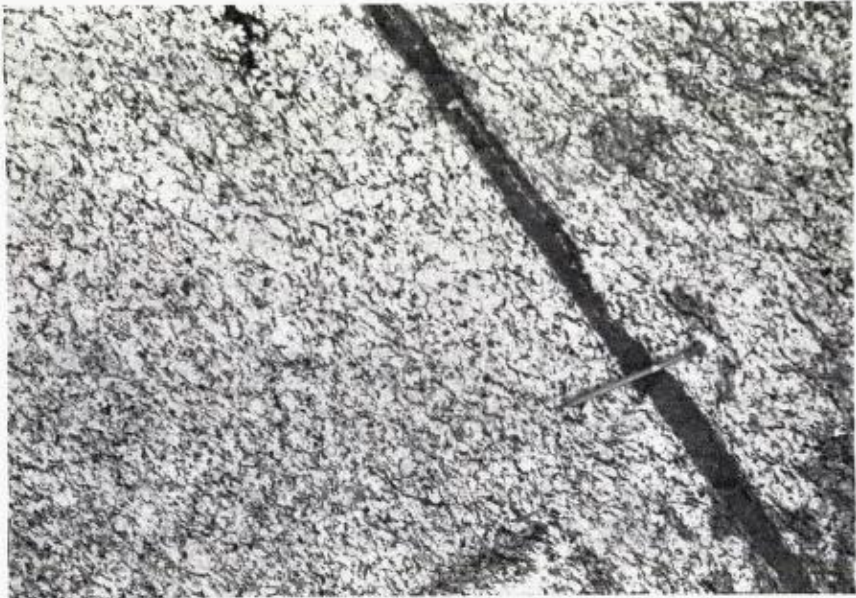


Fig. 5: Amphibolitic xenolith in the augen gneisses (Gjerstad).

The gneisses of Gjerstad

The features of the body are very similar to those of the Vegarshei gneisses. There is again a sharp southern limit and a much more gradual northern one. The sharp limit occurs very close to the big breccia but is usually separated by a thin layer of metatexites, as can nicely be seen near lake 207, between Mo and Gjerstad. As has been mentioned, the gneisses are themselves brecciated where in contact with the breccia.

Petrographical study of the gneisses.

Only a few details about the augen gneisses will be given here, as a more important paper will be devoted to this question. Generally speaking, three different types can be distinguished.

— Two types can be called «normal», as they belong to the same mineral facies as the metatexites. They appear in the two bodies of Vegarshei and Gjerstad, and are very similar in both districts: Considering a hand specimen, it is impossible to say whether it comes from one region or from the other.

— A third type appears chiefly southwest of the Vegarshei body, in the region of Hovdefjell. It shows similarities with rocks belonging to the granulite facies, which are well known in the south of Norway and are numerous in the region of Arendal. It will be termed the «charnockitic augen gneisses».

Normal gneisses.

These gneisses make a continuous series between two types, one acid and the other basic.

The acid variety (Type I) contains big porphyroblasts of microcline, small crystals of plagioclase and one dark mineral: biotite. Quartz is abundant. Few accessory minerals, except some ore minerals and apatite.

The basic variety (Type II) contains porphyroblasts of microcline, but it also contains porphyroblasts of plagioclase. The dark minerals are not only biotite, but also amphiboles in larger quantities. Accessory minerals are more abundant: sphene, apatite, epidote, allanite, ore minerals. Quartz, if present, is obviously secondary.

Fig. 6: Skialith (near Öy-gardslia).



Fig. 7: Quartzitic xenoliths in normal augen gneisses near Barlindfjell.



Both varieties hold xenoliths, consisting solely of quartzites and amphibolites similar to those belonging to the old group (Fig. 5, 7). Numerous amphibolitic xenoliths more or less «digested» (skialiths) are also found (Fig. 6). Quartzites are mostly found in places where gneisses of type I are particularly abundant. As appears on the map, these places correspond to the prolongation of one of the quartzitic belts we have already mentioned in this paper. In the same way, basic gneisses of type II are very typical in the prolongation of the amphibolitic belt.

Though the petrographical composition suggest similarities with the rocks of the old group, it is impossible to find any continuous boundary between the gneisses of type I and those of type II, as between the quartzites and the amphibolites of the old group. It seems that, during the feldspathisation processes, the old structure were completely deformed. This important point will also be the subject of a later paper.

Charnockitic gneisses.

These curious rocks appear mainly in the region of Hovdefjell. In addition, a rather important band, separate from the body of Vegarshei, is found south of the Vegarshei gneisses, in the region of Ubergsmoen.

The rocks look very dark, nearly black. The colour however is not due to any dark minerals, but to feldspars, which have a typical «malgachitic» coloration. Under the microscope, are found porphyroblasts of feldspar, which can be plagioclase (An 35) or microcline, but also typical Carlsbad twinned orthoclase. Dark minerals are present: biotite, amphibole, but also monoclinic and orthorhombic pyroxenes and garnets. Biotite is very often associated with hypersthene and garnets.

From their appearance and mineral composition, these rocks definitely belong to the granulite facies.

It is not possible to distinguish in these gneisses different varieties similar to the types I and II. But many xenoliths can be found which can be paralled with the amphibolitic and quartzitic xenoliths in the normal gneisses.

Thus it is thought that the charnockitic gneisses are not genetically different from the normal gneisses: they are similar rocks which have undergone different conditions of metamorphism. These rocks must be compared to the «arendalites», for which Bugge reached similar conclusions.

Structure of the gneisses

All the gneisses, the normal ones as well as the charnockitic ones, are highly deformed rocks. The typical structure is that of a «harnischmylonite», with veinlets of recrystallized quartz around the feldspar porphyroblasts. Many features, e.g., curved twinning planes of the feldspars, undulatory extinction of quartz or even feldspars, prove that the rocks have suffered postcrystalline deformation. In some cases however, microcline porphyroblasts seem to be much less deformed than the rest of the rock: so the growth of the feldspars was a true recrystallisation after a first period of deformation.

Thus the augen gneisses at least seem to have gone through several stages of deformation, the last period being that of the «great breccia». But as Wegmann (in *Geology of Norway*, 1960, p. 6), for instance, has pointed out, the movements of the great breccia are but the last episodes of a much older tectonic activity.

Conclusion

The different observations that have been presented concerning the augen gneisses are not conclusive. However, certain points can be made:

The general direction of the gneissic bodies are more or less parallel to the structure of the rocks belonging to the old group. Thus if one considers the gneisses as a simple recrystallisation of a potassium rich unit of the paleosome, tuffs for instance, it must be admitted that there is a lateral variation of facies. On the other hand, this lateral change does not agree very well with the similarities found between the gneisses and the surrounding rocks; specially noteworthy is the fact that the gneisses hold many quartzitic xenoliths in the prolongation of the belts where quartzites are particularly abundant and many amphibolitic xenoliths in the prolongation of the amphibolites.

So, from some field observations only, it seems that the most logical interpretation of the genesis of the augen gneisses is to admit a local introduction of potassium during the second phase of metamorphism. This hypothesis will be further developed in a later paper.

The granites.

North of the breccia occur different granites, which cut all the other formations, even those belonging to the younger complex.

A) *Telemark granite:*

The whole northern part of the area investigated is covered by a granite which certainly belongs to the «Telemark granite». This rock is a very typical potassic granite, holding plagioclase (An 20), much microcline, and a little biotite as the only dark mineral. The main granitic body occurs far from the augen gneisses, but several dykes of a very similar rock, large enough to be plotted on the map, occur near Gjerstad in the augen gneisses. This granite very clearly cuts the foliation of the «augen gneisses», thus coming after the «mise en place» of the gneisses.

B) *Orientated granite:*

Another type of granitic rock occurs very close to the breccia, near the northern bank of lake Vegår.

It appears on the map as several circular bodies, one of them being specially important. This regular shape is visible on the aerial photographs and clearly suggest a «diapiric» mode of occurrence. But, contrasting with many diapiric granites described by Wegmann, the «granites» and the surrounding migmatites are *concordant*. Near the contacts of a body, the «granite» thus shows a strong foliation, which is absolutely parallel to that of the migmatites. The orientation of this plane changes regularly and follows the circular outline of the contact. The foliation progressively disappears and the rock becomes more and more massive near the middle of the body. At the same times the mineralogical composition varies: dioritic on the border (only amphiboles, a few micas, and relatively calcic plagioclases (An 35–40 %), it holds microcline and becomes more and more potassic near the middle. These interesting granite bodies, very similar to Eskola's «mantled domes», have not yet been completely investigated but it could be seen that they look like a text book example of Raguin's «granites tardimigmatiques».

The pegmatites.

Only a few words will be said concerning the pegmatites, which constitute a problem in themselves. They occur in every kind of rock, whether it belongs to the old group or to the younger complex. Statistically the largest occurrences are found in amphibolites, which is the general rule in the south of Norway. In the augen gneisses, many examples are met with of a fact mentioned by Barth, which can have a major genetic importance: the complete similarity and the progressive passage between the augen and certain dykes of pegmatite.

The «great breccia» and the mylonites.

It is clear from our description of the augen gneisses that the great breccia was the last episode of a tectonic activity in the region of Vegarshei-Gjerstad. Typical breccia is rare, but does occur in the district between Mo and Gjerstad. The cement of the breccia is always very pure quartz. The rocks brecciated and mylonitised belong to all the formations of the region: amphibolites and quartzites, metatexites, even augen gneisses at the end of the body of Gjerstad. The rocks are often so crushed and transformed that it is hardly possible to recognize the original facies, but generally speaking, it seems that the major change has been a general quartzification of the rocks. Dykes of hydrothermal quartz, which must not be confused with sedimentary quartzites, are abundant in and near the breccia. All the mylonites hold much quartz and there can even be seen, in the region of Brattlan, «quartzified» quartzites, with drops and veinlets of secondary quartz in a matrix of quartz.

The outcrop of the «great breccia» is easily recognizable by the abundant occurrence of mylonites. But the mylonites are not restricted to this zone and many thin horizons, generally parallel to the direction of the breccia, occur all over the district.

The diabase dykes

Mention will be made of only two dykes of diabase occurring north of the breccia, in the gneisses of Gjerstad. The two dykes are very straight, 500 meters long, 20 to 50 centimeters thick, and they occur very close each other. However while one is massive, the other exhibits a strong orbicular texture. The rock is a typical diabase, holding many thin crystals of pyroxene in a vitreous matrix. No sign of the slightest metamorphism is noticeable. Rocks of this type are common along the coast of Sørlandet but are rarely found so far inland.

Epilogue.

This very brief description clearly establishes that much more work is necessary to give a satisfactory answer to many problems. Nevertheless, the district of Vegarshei-Gjerstad, seems to be a particularly convenient place to study the sequence of migmatitic metamorphism and to elucidate the condition of formation of the augen gneisses which, by their intermediate characteristics, are very important links of this sequence.

Acknowledgments.

This investigation was carried out during four summers spent in Norway. It deals with a thesis project done in Nancy under the direction of professor Marcel Roubault.

Professor T. F. W. Barth suggested the Vegarshei-Gjerstad region as a base area for a study of the augen gneisses, gave me advice and suggestions whenever I desired and in many ways helped me to carry on the study.

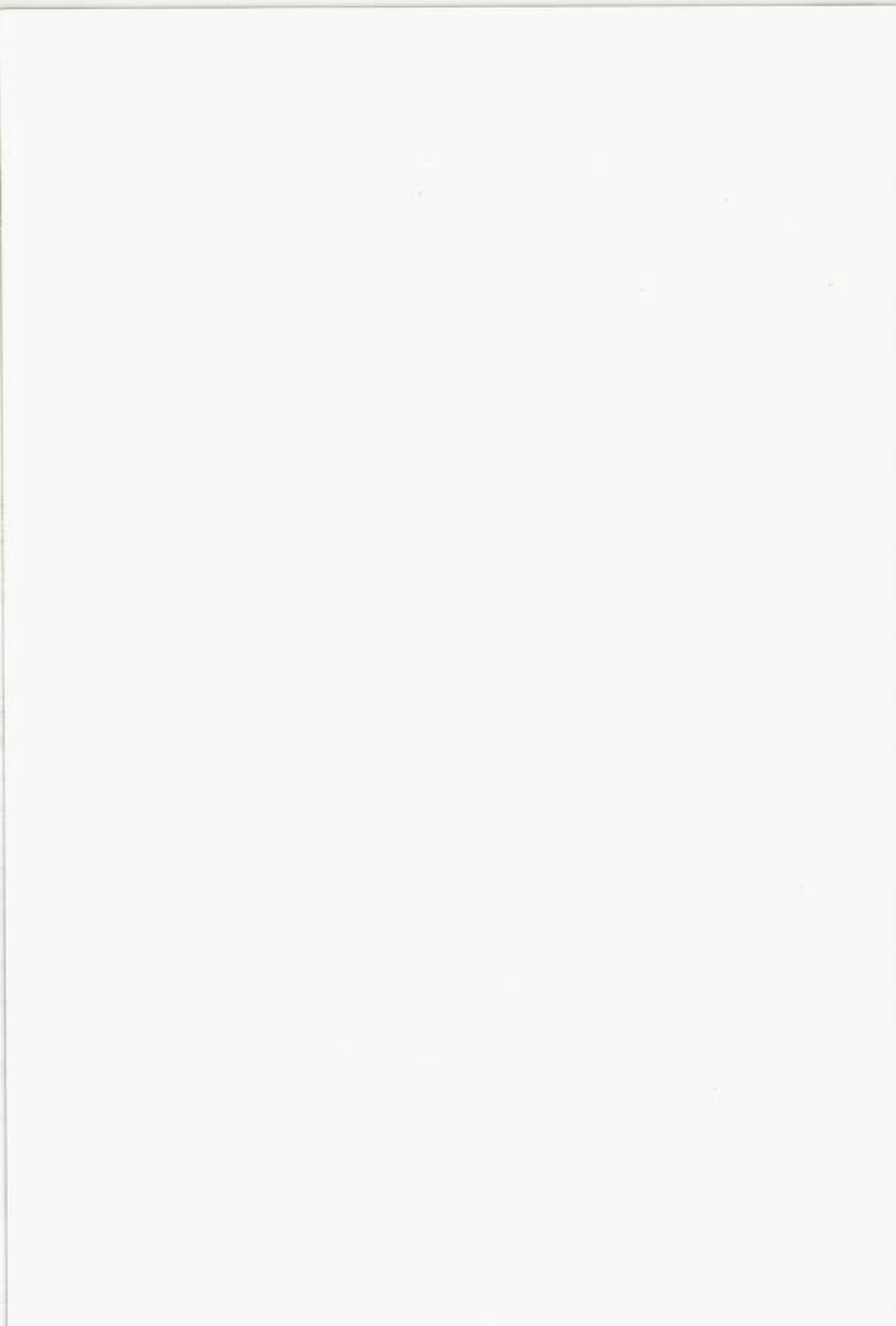
Part of the field expenses were contributed by Norges Geologiske Undersøkelse and I am much indebted to Director Harald Bjørlykke for his very comprehensive support. I wish also to thank Dr. J. P. Schaer, with whom I had the pleasure and the change to spend many weeks in the field during my first stay in Norway, Professor R. Dietrich for very interesting suggestions and stimulating discussions and, in Nancy, Dr. Rocci, who read the manuscript and made many pertinent observations.

My work in the field was made most agreeable due to the charming hospitality of Disponent and Mrs. Christoffersen (Sønge) and of Kaptein and Mrs. Marcussen of Tvedestrand.

It is a great pleasure for me to acknowledge gratefully all these contributions to the study.

Bibliography.

- Barth T. F. W.* 1947 – The Birkeland granite, a case of petroblastesis. *Compt. Rend. Soc. Geol. Finlande*, 20, p. 173.
- 1952 – *Theoretical Petrology*. John Wiley. Sons. New York.
 - 1955 – *Température de formation de certains granites précambriens de Norvège méridionale*. *Sciences de la terre*, numéro spécial, Colloque C.N.R.S. 68, Nancy 1955, p. 119.
- Barth T. F. W. and Dons J. A.* 1960 – Precambrian of southern Norway, in «*Geology of Norway*», N.G.U., no. 208, p. 6.
- Bugge A.* 1928 – En forkastning i det syd-norske grunnfjell, N. G. U. 130.
- Bugge J. A. W.*, 1943 – Geological and petrographical investigations in the Kongsberg-Bamble formation, N.G.U. 160.
- Dietrich R. W.* 1959 – Geological reconnaissance of the area between Kristiansand and Lillesand, N.G.U. 205.
- 1960 – Banded gneisses of the Randesund area, N.G.T. 40, p. 39.
- Selmer-Olsen R.*, 1950 – Om forkastninger og oppbrytningssoner i Bamble formasjonen, N.G.T., p. 171.



NORGES GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE

ÅRSBERETNING FOR 1961

VED
HARALD BJØRLYKKE
DIREKTØR

Innhold.

	Side
NGU's administrasjon	145
Personale	145
Regnskap og budsjett	148
Geologisk kartlegging	148
Spesiell kvartærgeologisk kartlegging	156
Spesielle undersøkelser	157
Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer	157
Anleggsgeologi	159
Hydrogeologi	159
Bibliotek	160
Bergarkiv	160
Laboratorier	160
Publikasjoner	162
Undervisning – Ekskursjoner i Norge	162
Internasjonale geologmøter. Studiereiser i utlandet	163
NGU's nybygg og overflytting til Trondheim	163

Årsberetning for 1961.

NGU's administrasjon.

Direktør, bergingeniør Karl Ingvaldsen har siden 1. januar 1958 vært adm. direktør for Institusjonsgruppen Norges geologiske undersøkelse, Geofysisk malmletning og Statens råstofflaboratorium.

Personale.

Avskjed:

Kontorfullmektig Signe Øverland sluttet den 1. mars 1961.

Kontorfullmektig Eva Andersen sluttet den 1. juli 1961.

Kontorassistent Karen Elisabeth Otterbech sluttet den 14. april 1961.

Permisjoner:

Statsgeolog II Kari Egede Larssen har permisjon u/lønn fra 1. august 1961.

Vitenskapelig assistent Christian Dick Thorkildsen vikarierer i hennes stilling fra 1. september 1961.

Midlertidig vitenskapelig assistent Per Christian Sæbø har permisjon u/lønn fra 1. august 1961.

Cand. real. Jens Hysingjord vikarierer i hans stilling fra 15. august 1961.

Tilsetninger:

Vitenskapelig assistent Magne Gustavson ansatt oktober 1960, tiltrådt 1. januar 1961.

Bibliotekar Christian Horneman ansatt 1. januar 1961.

Sekretær Laura Møller ansatt den 1. april 1961.

Teknisk assistent Ellen A. Fekjær ansatt den 7. september 1961.

Midlertidig laborant Edvard P. Aarsland ansatt i fast stilling den 1. mars 1961.

Laborant Harald Hatling ansatt den 1. februar 1961.

Kontorassistent Anne Margrethe Weisser ansatt den 1. mai 1961.

Ved utgangen av året 1961 hadde NGU følgende personale i hel-dagsstilling:

Direktør:

Bjørlykke, Harald, dr. philos., a. 1. august 1958.

Statsgeolog I:

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

Holmsen, Per, cand. real., a. 1. juli 1939.

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

Feyling-Hanssen, Rolf W., cand. real., a. 1. april 1956.

Hagemann, Fredrik, cand. real., a. 1. mars 1957.

Færden, Johannes, cand. real., a. 1. oktober 1959.

Statsgeolog II:

Larsen, Kari Egede, cand. real., a. 1. juli 1953, t. fri.

Sverdrup, Thor Lorch, cand. real., a. 16. november 1958.

Bryn, Knut Ørn, cand. real., a. 1. januar 1959.

Hjelle, Audun, cand. real., a. 7. desember 1959.

Wolff, Fredrik Christian, cand. real., a. 16. februar 1960.

Midlertidig statsgeolog:

Poulsen, Arthur O., cand. min.

Vitenskapelige assistenter:

Thorkildsen, Christian Dick, cand. real., a. 1. februar 1960.

Gustavson, Magne, cand. real., a. 1. januar 1961.

Skålvoll, Harald, cand. real., midl. t.fri.

Kollung, Sigbjørn J., cand. real., midl.

Hysingjord, Jens, cand. real., vikar.

Laboratorieingeniør:

Solli, Roar, sivilingeniør, a. 1. februar 1959.

Kontorsjef:

Gundersen, Per Kristian, cand. jur., a. 1. oktober 1960.

Bibliotekar: Horneman, Christian, cand. real., a. 1. januar 1961.

Sekretær:

Møller, Laura, a. 1. april 1961.

Konstruktør II:

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

Tekniske assistenter:

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

Fekjær, Ellen A., a. 7. september 1961.

Preparant:

Jacobsen, Knut, a. 1. januar 1945.

Preparantassistent:

Jacobsen, Tom, midl.

Laboranter:

Aarsland, Edvard P., a. 1. januar 1959.

Hatling, Harald, a. 1. februar 1961.

Tegnere: Engelsrud, Dagny, a. 15. oktober 1925.

Vikholt, Halfrid, a. 1. mars 1955.

Nergaard, Lajla, midl.

Kontorassistent:

Weisser, Anne Margrethe, a. 1. mai 1961.

Bud og kontorassistent:

Tscherning, Ida, midl.

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

NGU har videre i deltidstilling eller timelønt: 1 pensjonert statsgeolog, 4 rengjøringshjelpere og 1 tegne- og kontorassistent.

En del geologer ved andre institusjoner og viderekomne studenter har vært knyttet til NGU som vitenskapelige medarbeidere under sommerens markarbeid.

Regnskap og budsjett.

	1961	1961
	Budsjett	Regnskap
Statsbudsjettets kap. 2509		
Inntekter:		
1. Salg av kart og publikasjoner	Kr. 10 000,00*)	Kr. 25 640,01
2. Oppdrag hydrogeologi	» 60 000,00	» 36 352,02
3. Andre oppdrag	»	» 2 500,03
	<hr/> Kr. 70 000,00	<hr/> Kr. 64 492,03
Statsbudsjettets kap. 551.		
Utgifter:		
1. Lønninger	» 677 100,00	» 647 548,52
2. Kontorutgifter	» 65 000,00	» 65 757,73
3. Markarbeid	» 90 000,00	» 91 317,58
4. Trykning av kart og publikasjoner	» 100 000,00	» 43 416,05
5. Anskaffelser av instrumenter, inventar ..	» 25 000,00	» 24 470,25
6. Driftsutgifter ved laboratorier m. v.	» 25 000,00	» 25 264,63
7. Oppdrag hydrogeologi	» 60 000,00	» 37 390,43
8. Ekstraordinære anskaffelser av inventar og teknisk utstyr	» 300 000,00	» 299 682,83
9. Flytting	» 130 000,00	» 151 951,82
10. Ymse	» 14 000,00	» 10 165,01
11. Tilskudd og lån til boliger	» 240 000,00	» 208 710,50
	<hr/> Kr. 1 726 100,00	<hr/> Kr. 1 605 675,35
Statsbudsjettets kap. 555. Malmundersøkelser.		
Utgifter	Kr. 312 000,00	Kr. 185 753,22

*) Sum post 1 og 3 er kr. 10 000,00.

Geologisk kartlegging.

Norges geologiske undersøkelse har i sin over 100-årige eksistens hatt som hovedoppgave å utarbeide geologiske kart med beskrivelser over Norge. Etter siste krig har kartleggingsarbeidet vært hemmet av mangelfulle lokaler og et knapt personell som for en stor del har måttet disponeres for mer dagsaktuelle oppgaver. Utgivelsen av geologiske kart er på det nærmeste stagnert.

En del av de utarbeidede kart i målestokk 1:100 000 er utsolgt og mange er foreldet og trenger revisjon.

Etter at Norges geologiske undersøkelser nå er flyttet inn i ny tidsmessig bygning i Trondheim og får koordinert sitt arbeide med Geofysisk Malmleting og Statens Råstofflaboratorium, skulle mulighetene ligge

godt til rette for å gjennomføre en geologisk kartleggingsplan. Nye og tidsbesparende hjelpemidler kan nå settes inn i det geologiske kartleggingsarbeidet.

I løpet av året ble det ved institusjonen utarbeidet en plan for den fremtidige geologiske kartlegging.

Plan for den geologiske kartlegging.

I. Innledning.

Den plan som ble lagt frem går i korthet ut på å dekke hele landet med geologiske kart i målestokk 1:250 000 i løpet av en 20 års periode. Geologisk viktigere deler av landet forutsettes kartlagt i større målestokk, med utgivelse av trykte geologiske kart i målestokk 1:50 000.

Topografiske kart i målestokk 1:250 000 vil foreligge for hele landet i løpet av 1963. Kart i målestokk 1:50 000 vil også bli utarbeidet for hele landet.

Utarbeidelsen av geologiske kart med beskrivelse er den grunnleggende arbeidsoppgaven for Norges geologiske undersøkelse. Den danner grunnlaget for den øvrige mere praktiske betonte virksomhet ved institusjonen.

De geologiske kart er og vil i fremtiden være et nødvendig hjelpemiddel for andres virksomhet og angår landets næringsliv i høyeste grad. Et best mulig kjennskap til geologien i landet har stor betydning for jord- og skogbruk. De geologiske kartene skal danne grunnlag for forskjellige ingeniørarbeider, som vassdragsutbygging, veg- og jernbanebygging og ellers annen bygge- og anleggsvirksomhet. Hydrogeologien har stort behov for slike kart. Geologiske kart danner grunnlaget for og vil lette videre prospektering for malm- og steinindustri. Områdeplanlegging, lokale tiltaksråd m. fl. vil trenge geologiske kart.

Den geologiske kartlegging ved Norges geologiske undersøkelse danner grunnlaget for geologisk forskning ved andre institusjoner, universiteter og høyskoler.

De planlagte geologiske kart vil lette vårt internasjonale geologiske samarbeide, f. eks. ved utarbeidelse av internasjonale geologiske kart.

Sist, men ikke minst, vil geologiske kart ha avgjørende betydning for allsidig kjennskap til vårt lands oppbygging og naturgrunnlag og for en bedre folkeopplysning på dette felt.

En gjennomføring av nærværende plan forutsetter nyansettelser av 15 geologer og nødvendig hjelpepersonale over en 5 års periode.

I de fleste andre land har de innsett betydningen av geologiske kart og har intensivert arbeidet med geologisk kartlegging. I Finland har Geologiska Forskningsanstalten som tilsvarende NGU i Norge, for tiden 17 geologer som utelukkende driver geologisk kartlegging. De søker nå om en betydelig utvidelse av denne stab.

Det nåværende svake tempo i den geologiske kartleggingen her i landet vil, om det skal fortsette, uvegerlig få meget uheldige følger. De midler som skal til for innen en overskuelig tid å kartlegge Norge geologisk, er uten tvil en nødvendig og forsvarlig investering som ledd i utbyggingen av landet.

II. Kartgrunnlag, målestokk.

A. Det foreslåes utarbeidet et geologisk enhetlig kartverk i oversiktsmålestokk 1:250 000 som skal omfatte hele landet.

B. Det foreslåes at det samtidig blir utgitt geologiske kart i målestokk 1:50 000 over områder som det er nødvendig å kjenne meget nøyaktigere og mere detaljert enn det lar seg gjøre å fremstille kartmessig i oversiktsmålestokken.

Det gjøres oppmerksom på at spesialkart nødvendig for enkelte spesialformål, som for eksempel malmleting eller råstoffinvestering, ikke omfattes av denne plan.

De geologiske kart som utgis skal danne grunnlaget for vår forståelse av landets geologiske oppbygging og for den stadig videre utforskning av dets ressurser i videste forstand.

De valgte målestokker er begrunnet deri at det vil foreligge topografiske kart, nemlig NATO-kartene, i disse målestokker innen en overskuelig fremtid. Ifølge opplysninger fra NGO vil 250 000-kartene være utgitt i løpet av 1963, og 50 000-kartene vil også foreligge innen en rimelig tid. Det er derfor meningen at NATO-landene i fremtiden skal danne det topografiske grunnlaget for de geologiske seriekarter som vil komme i en berggrunnsutgave og en kvartærgeologisk utgave.

Norge omfatter henvend 45 kartblad i målestokk 1:250 000. Av disse er et antall bare for en liten del landområde i Norge, mens størstedelen omfatter hav eller naboland. Ved å utvide kartrammen litt på tilstøtende kartblad, kan slike små landområder få plass på nabokartene når de skal utgis som geologiske kart, og det fremtidige geologiske oversiktskart vil derfor kunne omfattes av et antall blad, ca. 35. En detaljert plan for

hvilke blad som på denne måte skal slås sammen vil bli utarbeidet i forbindelse med en trykningsplan, se pkt. IV.

Oversiktsmålestokken 1:250 000 er valgt av flere grunner. Blant annet må den ansees for å være *geologisk overkommelig* for hele landet i løpet av en overskuelig fremtid av anslagsvis 20—25 år, mens 50 000-målestokken neppe er gjennomførbar overhodet innen en overskuelig fremtid.

Betydningen av å få et geologisk oversiktskart over hele landet i målestokk 1:250 000 vil være mangesidig.

III. *Det geologiske grunnlagsmateriale, flyfotos.*

Det nødvendige geologiske kjennskap tenkes skaffet til veie på tre måter:

- Ved foreliggende trykte og utrykte geologiske kart.
- Ved å benytte rapporter, skisser og beskrivelser som beror i arkiver og institusjoner i inn- og utland, samt trykte bøker.
- Må skaffes til veie ved nye geologiske undersøkelser i marken, det vil si ved «geologisk kartlegging».

I forbindelse med innsamling av det geologiske grunnlagsmateriale opprettes et arkiv. Arkivkartene består av nedfotograferte NATO-kart. På disse kort inntegnes, etterhvert, ved hjelp av tegn, symboler og farger, geologisk undersøkte områder med henvisning til hvor originalmaterialet er å finne.

Flyfotoarkivet gjøres komplett etterhvert og utbygges felles for NGU, SR og GM med tilhørende tjeneste.

Flyfotos er blitt et av geologens aller viktigste hjelpemidler i utforskningen av både fjellgrunn og jordsmonn, og det må forutsettes at geologene i sitt arbeid gis anledning til å benytte flyfotos såfremt slike overhodet kan skaffes, samt at nødvendige hjelpemidler til å studere dem blir anskaffet (stereoskop).

IV. *Kvartærgeologiske kart.*

Planen går ut på en kartlegging av så vel de Pre-kvartære formasjoner (det faste fjell) som de kvartære (løsavleiringene). Da det ikke er mulig for samme person samtidig å foreta begge slags arbeider, og heller ikke mulig å fremstille de kvartærgeologiske enkeltheter på et berggrunnskart i målestokk 1:250 000, faller kvartærplanen naturlig i to deler.

Gjennomføringen av den kvartærgeologiske plan bør i tid ligge noe

etter berggrunnsplanen, bl. a. fordi berggrunnen må være kjent før visse sider av de kvartærgeologiske undersøkelser kan gjennomføres.

På dette punkt må innskytes en liten orientering om utdannelsesmulighetene for kvartærgeologer i Norge. Studiet av våre løsavleiringer ligger delvis inn under andre fag og andre lærestalter enn de geologiske. Landbrukshøyskolen har således ansvaret for undervisningen i jordbunnsføre, Geografisk institutt ved Oslo universitet gir undervisning i fysisk geografi og morfologi. Studenter og kandidater (lektorer) med fysisk geografi (realfag) som hovedfag utdannes i stort antall ved sistnevnte institutt, og det er disse NGU i den nærmeste fremtid må basere seg på i vesentlig grad når medarbeidere søkes. NGU har for tiden et nært og godt samarbeide med Geografisk institutt i Oslo når det gjelder hovedfagsoppgaver i områder hvor NGU utfører kvartærgeologiske undersøkelser.

Lektorer med fysisk geografi som hovedfag utdannes i stort antall. Dette gjør det mulig å utføre et kvartærgeologisk kartleggingsprogram med vesentlig flere engasjerte ulønnete medarbeidere enn for berggrunnens vedkommende. Dog må NGU ha en stab av fast ansatte kvartærgeologer (bl. a. spesialister) *til å lede dette arbeide.*

Utdannelsen av kvartærgeologer ved universitetene er i støpeskjeen nu, og der kan skje forandringer i rekrutteringsmulighetene innen en ikke fjern fremtid.

V. *En analyse av det foreliggende geologiske materiale.*

En kvalitativ bedømmelse av det foreliggende geologiske kartmateriale fører til at enkelte deler av landet kan plasseres i en av følgende tre kategorier:

- A. Tilstrekkelig kjent til utgivelse i målestokk 1:250 000.
- B. Delvis kjent, men trenger revisjon og/eller supplering.
- C. Trenger nykartering i vesentlig grad.

Den vanskeligste del av planen er gjennomføringen av berggrunnskartene. Prioritetsrekkefølgen vil neppe bli helt den samme for berggrunnskartene som for de kvartærgeologiske, dessuten vil det foreløpig neppe bli aktuelt å utgi på nytt de områder østenfjells som dekkes av de kvartærgeologiske landgeneralkart som nylig er utgitt. Med disse reservasjoner vil imidlertid den kvartærgeologiske plan kunne gjennomføres i *tilknytning* til berggrunnsplanen, og ved den nedenstående skisserte plan for sistnevnte blir dermed også den kvartærgeologiske planen skissert. Like-

ledes vil de geokjemiske og geofysiske oversiktskarter naturlig følge denne, jfr. pkt. VII.

Analyse av det foreliggende materiale sett under trykningssynsvinkel, vil gjøre det mulig å utpeke 3—4 av samtlige ca. 35 geologiske 250 000-kartblad som vil kunne trykkes uten særlig omfattende suppleringer og i noenlunde nær fremtid. Videre er det mulig å stille opp en liste med prioritetsrekkefølge over de nærmest følgende kartblad. En omtrentlig timeplan kan også oppstilles for når de enkelte kartblad vil foreligge trykkeferdige, inndelt etter 2-års perioder. Ca. 10 år etter at geologgruppen er blitt fullt utbygget, skulle det være mulig å ha gjennomført utgivelsen av det geologiske oversiktskart over omtrent halvdelen av landet. Den annen halvdel, som krever den relativt største del av helt ny-kartering, vil deretter med økt innsats kunne fullføres i løpet av den neste 10-års periode.

VI. Forslag til prioritetsrekkefølge for de første kartblad.

Det henvises til nøkkelkart over NATO-kartene i 1:250 000.

Følgende blad vil i det vesentlige kreve omtegning og annet geologisk kart-redaksjonelt arbeid. Dog må der først utarbeides en geologisk tegnforklaring som kan anvendes for hele kartverket: NP 35, 36 8 (Kirkenes), NQ 33,34 13 (Grong).

Følgende kartblad er så vidt godt kjent at man kan ha en oversikt, så noenlunde, over omfanget av de nødvendige supplerende undersøkelser: NP 31,32 8 12 16 (Røros, Lillehammer, Hamar). NO 32 2 5 (Skien, Arendal). NO 31 3 6 (Haugesund, Stavanger). NP 31,32 6 10 14 (Ulstein, Måløy, Bergen). NR 33,34 10 11 (Svolvær, Narvik).

For Nordland foreligger oversiktskart i målestokk 1:250 000.

VII. Kartenes utstyr, trykningsmuligheter.

Det forutsettes at de geologiske kartene gis en *høyest mulig* kvalitet trykningsmessig sett, slik at de enkelte detaljer lar seg fremstille. Mengden av de ting som skal fremstilles er i virkeligheten meget stor, og det er derfor nødvendig at kartene trykkes i flere farger og at der utføres et omhyggelig litografarbeid. I den utstrekning det lar seg gjøre og/eller er hensiktsmessig, bør det utarbeides en felles tegnforklaring for kartverket. Dette lar seg lettest gjennomføre for en rekke konvensjonelle tegn, men der kan også med fordel utarbeides visse hovedretningslinjer for fargeanvendelse. Til hvert kart utgis en trykt beskrivelse, noe kort-

fattet og med kildehenvisninger. Det utarbeides aktuelle geologiske profiler, skisser og geologiske detaljkart. Alt dette, samt beskrivelsen skal normalt følge som bilag til kartene.

De utførte geofysiske målingene bør også fremstilles i kartform og vil da bli av betydning for de geologiske tolkninger. Geofysiske oversiktskart bør utarbeides i transparent i samme målestokk som de geologiske kart, slik at de legges dekkende over sistnevnte.

Lignende geokjemiske oversiktskart kan utarbeides i hvert fall for enkelte sporelementer. De geokjemiske mønstre eller anomalier som der ved vil fremkomme, vil således lettest kunne tydes og vurderes i samband med tolkningen av de geologiske kart.

Til å gjennomføre planen trengs geologer av to kategorier ansettelsesmessig sett:

- A. En fast gruppe geologer som har gjennomføringen av kartleggingsplanen som sitt helårsprogram og som kan planlegge og lede de nødvendige supplerings- og kartleggingsundersøkelser i marken.
- B. Engasjerte geologer som ikke er årslønnet, men engasjert for arbeidet med enkelthetene ved gjennomføringen av kartleggingsprogrammet, både (kanskje særlig) for markarbeidet og for selvstendige deler av tolknings- og bearbeidelsesforskningen.

Angående rekruttering til de to kategorier geologer, må det bemerkes at *gruppen A forutsetter geologer* som blir i en årrekke her i landet, m.a.o. man må basere seg på norske geologer som i den nærmeste tid uteksamineres fra universitetene (og muligens) høyskolene. Tilgangen pr. år vil antagelig være begrenset til et utvalg blant 4—5 pr. år. På grunn av de ganske spesielle krav det geologiske kartleggingsarbeidet stiller til utøveren, vil utvalget sannsynligvis ytterligere være begrenset.

Etter hvert som oppbyggingen skjer, må det søkes om å oppnå en så allsidig sammensatt gruppe som mulig, slik at alle grener av de geologiske fagområder er representert.

Rekrutteringen til gruppe B. Det bemerkes først at denne inndeling i to kategorier ikke berører spørsmålet om faglig kompetanse. Blant gruppen B vil man forhåpentlig kunne finne, også i fremtiden, representanter for universitetenes og høyskolenes fremste vitenskapsmenn, tillike med hovedfagsstudenter, licensiater og ferdige kandidater som har annen hovedstilling men som ønsker å fortsette sitt geologiske arbeid under

sommerferien. Dessuten vil der finnes utenlandske vitenskapsmenn og studerende av ofte høyt nivå. De medarbeidere som engasjeres for bestemte perioder eller oppdrag vil således kunne rekrutteres fra mange kanter. Medarbeiderskapet forutsetter en kontakt med universitetene og høyskolene som utdanner geologene, slik at f. eks. tildeling av hovedoppgaver søkes innpasset i NGU's kartleggingsprogram.

Ytterligere en gruppe geologer vil være til stede og som det er mulig å benytte seg av, nemlig de utenlandske geologer som arbeider i Norge uten noen form for godtgjørelse fra norsk hold. Disse bør søkes trukket inn i et samarbeide med NGU med henblikk på kartleggingsplanen i større utstrekning enn hittil har vært tilfelle.

Generell geologisk kartlegging.

I løpet av sommeren 1961 har NGU foretatt geologisk kartlegging innen følgende områder:

Det syd-øst-norske grunnfjellsområdet.

Kongsvinger-Mjøsa. Flere geologer med assistenter har fortsatt kartleggingen av kartbladene Hamar og Torsby (1:250 000). I områdene nord for Kongsvinger er kartleggingen kombinert med spesielle undersøkelser av hyperittforekomster. Undersøkelsene er foretatt av statsgeologene T. Sverdrup, F. Chr. Wolff, Chr. Dick Thorkildsen, vit.ass. H. Skålvoll, cand.mag. O. Gvein, vit. ass. M. Gustavson, preparant K. Jacobsen og laborant Hatling. Statsgeologene K. Ø. Bryn og A. Hjelle har gjort detaljkartlegging i grunnfjellet syd-øst for profilet Minnesund-Tangen.

Det syd-norske grunnfjellsområdet.

Rauland. Statsgeolog O. A. Broch har gjort supplerende iakttagelser til beskrivelse av granitt-typenes petrografi og tektonik.

Froland. Statsgeolog O. A. Broch har kartlagt på kartbladets nordre del.

Vinje. Cand.real Gerd Brevik Liestøl assistert av cand.real Olav Liestøl fortsatte kartleggingen.

Scott Smithson, Wyoming University, USA, har fortsatt undersøkelsene av Flå-granitten i området Ådal—Hallingdal—Sør-Aurdal.

Hunnedal. Statsgeolog Chr. Dick Thorkildsen har fortsatt kartleggingen.

Sparagmittområdet.

En gruppe hovedfagsstudenter under ledelse av statsgeolog S. Skjeseth har fortsatt kartleggingen av bergartene i området Rena—Mjøsa—Gausdal—Ringebu med tanke på utgivelse av kartblad Lillehammer (1:250 000). Medarbeidere er:

Amot. Stud.real K. Bjørlykke.

Synnfjell. Stud.real Brit Løberg.

Gausdal. Stud.real H. Chr. Seip.

Gausdal-Fron. Stud.real J. O. Englund.

Lillehammer. Stud.real Kirkhusmo.

Trysil. Statsgeolog P. Holmsen har studert de geologiske forholdene i traktene omkring Osen.

Oppdal. Statsgeolog P. Holmsen har foretatt supplerende undersøkelser.

Trondheimsfeltet.

Landgeneralkartene Røros og Trondheim. (1:250 000). I forbindelse med malmløting som utføres for A/S Røros Kobberværk og Killingdal Grubeselskap har statsgeolog Johs. Færden og medarbeidere fortsatt kartleggingen i områdene.

Trollhetta. E. C. Hansen (Yale University) har fortsatt kartleggingen.

Nordland. Børgefjell. Stud.real Aug. Nissen har arbeidet i kartbladets vestre del.

Troms. Salangen. Kartlegging ved cand.real M. Gustavson og stud.real P. R. Lund.

Finnmark. Skoganvarre og Jiesjokka. Fortsatte undersøkelser ved H. Skålvoll.

Spesiell kvartærgeologisk kartlegging.

Jotunheimen. Under ledelse av statsgeolog P. Holmsen har den kvartærgeologiske kartleggingen av landgeneralkartbladet fortsatt med følgende medarbeidere: Cand. mag. J. Mangerud (Fron og Vinstra), cand.-mag. O. F. Bergersen (Fron og Øyer), stud.real P. Jørgensen (Vågå søndre del og Sjødalen) og cand.mag A. Tollan (Vågå nordre del).

Finnskog. Lektor O. K. Ihle har påbegynt kartlegging i samarbeide med dr. Gunnar Holmsen.

Toten, Eina, Tangen og Elverum. (1:50 000). Det kvartærgeologiske kartleggingsarbeidet ble fortsatt fra tidligere år i samarbeid med amanu-

ensis R. Selmer-Olsen. Arbeidet er utført av statsgeolog K. Egede Larssen, konstruktør J. Wilhelmsen og stud.real P. Jørgensen.

Finnmark. Lektor T. Fjellang har kartlagt i området Jiesjavre—Skoganvarre og i Kautokeino-området.

Lektor M. Marthinussen har fortsatt kartleggingen av morener.

Spesielle undersøkelser.

Foraminifer-undersøkelser.

Statsgeolog R. W. Feyling-Hanssen har fortsatt de mikropaleontologiske undersøkelser, først og fremst innen Oslofjord-området. Over 2000 borkjernepøver er nå undersøkt og sammenstillingen av materialet er i gang. Borkjernematerialet er skaffet til veie fra Norges Geotekniske Institutt, Statsbanenes Geotekniske kontor, Veglaboratoriet og Norsk Teknisk Byggekontroll.

To rapporter over mikropaleontologiske undersøkelser av marine avsetninger i Namdalen ble i beretningsåret utarbeidet og oversendt Norges Geotekniske Institutt.

Pollenundersøkelser.

Statsgeolog Kari Egede Larssen har foretatt befaringer i Hedmark og Vestfold for innsamling av materiale for pollenundersøkelser. Hun har dessuten fortsatt de pollenanalytiske undersøkelser av materiale fra Vestfold og Hedmark.

Geologiske aldersbestemmelser.

Statsgeolog O. A. Broch har fortsatt arbeidet med geologisk aldersbestemmelse med hjelp fra det Sovjetrussiske laboratorium for slike bestemmelser.

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

Malmforekomster.

Direktør H. Bjørlykke har foretatt en kort befarings av Hovind koppergruve i Telemark. Han har også foretatt en reise til Trøndelag og Nord-Norge med befarings av en rekke malmforekomster, særlig i Grong og Mosbergvik.

Statsgeolog Johs. Færden har foretatt befaringer i Telemark, Aust- og Vest-Agder, Nordland og Troms. Han har undersøkt bly-, sink-, kis-

molybden- og jernmalmforekomster og har dessuten satt i gang diamantboringer i Kollsvik gullfelt, Bindalen.

Statsgeolog Johs. Færden har også deltatt som konsulent ved A/S Røros Kobberverks og Killingdal Grubeselskaps malmletingsarbeider som foregår innen landgeneralkartet Røros.

I forbindelse med denne kartleggingen har stud.real Oluf Olsen foretatt undersøkelser av blokkflytningen i Røros-feltet.

Stud.real J. Hultin har begynt med en undersøkelse av Feragen kromforekomst.

Vit.ass. M. Gustavson har sammen med cand.real P. R. Lund fortsatt undersøkelsene av de manganholdige jernmalmen på kartblad Salangen. Gustavson har også sammen med vit. ass. H. Skålvoll befart Rago Sinkbly forekomst i Sørfold.

Statsgeolog F. Chr. Wolff har ledet de malmgeologiske undersøkelsene ved Mosbergvik bly-sink forekomst.

Cand.real Haldis Bollingberg har undersøkt kontaktforekomster i Oslofeltet.

Førstekonservator J. A. Dons har sammen med cand.real A. Grønhaug undersøkt gruver og skjerp innen kartblad Kviteseid.

Mineralforekomster og bygningsstein.

Direktør H. Bjørlykke har foretatt befaringer av forekomster av hyperitt og beryllium-mineralet phenakit ved Kragerø og av forekomster av skandium-mineralet thortveitit i Iveland-Evje.

Statsgeolog Johs. Færden har fullført undersøkelsene av Gildeskål-Oppsal kvartsittforekomster. Han har dessuten undersøkt kvarts- og kvartsittforekomster en rekke andre steder i landet.

Statsgeolog T. Sverdrup har sammen med vit.ass. P. Chr. Sæbø, vit.ass. J. Hysingjord og cand.mag. F. Sommerud fortsatt undersøkelsene av hyperitforekomster i Solør.

Statsgeolog T. Sverdrup har kartlagt hyperitforekomster ved Kragerø sammen med statsgeolog Chr. Dick Thorkildsen.

Statsgeolog T. Sverdrup har sammen med vit.ass. J. Hysingjord befart en rekke feltspatforekomster i Østfold og Aust-Agder. De har også sammen befart granittfeltet ved Engeren.

Statsgeolog Chr. Dick Thorkildsen har befart Bodin kvartsforekomst og diverse mineralforekomster på Rødøy. Han har dessuten avsluttet kartleggingen av Kjerringøy.

Statsgeologene T. Sverdrup og F. Chr. Wolff har undersøkt en kvartsforkomst på Stadtlandet.

Vit.ass. J. Hysingjord har befart kvartsitt ved Heddalsvann. Han har også foretatt en mindre befarings til et kvartsfelt ved Nisservann. Sammen med statsgeolog T. Sverdrup har han kartlagt grønnsteinsbruddet ved Moholdt.

Cand.real. B. Nilssen har påbegynt en undersøkelse av feltspatforekomster i Agder-fylkene.

Statsgeologene S. Skjeseth og F. Hagemann har undersøkt kalksteinsforekomster i Bærum, Mjøndalen og på Toten.

Statsgeolog K. Ø. Bryn har kartlagt 2 områder i Akershus i forbindelse med planlagte steinbrudd.

Statsgeologene har videre befart en rekke mindre malm- og mineralforekomster etter anmodning fra offentlige organer og private personer. NGU har dessuten i løpet av året besvart et stort antall muntlige og skriftlige forespørsler og bestemt innsendte prøver av malmer, mineraler, bergarter og jordarter.

Anleggsgeologi.

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

Hydrogeologi.

De fire statsgeologene ved avdelingen har vært opptatt med befaringer, særlig i forbindelse med borebrønner i fjell. En har søkt å fordele oppdragene distriktsvis, slik at den enkelte geolog skaffer seg best mulig lokalkjennskap til mulighetene for boring etter vann.

Statsgeolog K. Ø. Bryn har slik særlig arbeidet i Østfold—Akerhus, statsgeolog F. Hagemann i Vestfold-Sørlandet, statsgeolog A. Hjelle på Vestlandet og statsgeolog S. Skjeseth har Hedmark-Oppland som hoveddistrikt. Geologene har dessuten foretatt enkelte befaringer til Trøndelag og Nordland-Finnmark.

I løpet av året har tekniker T. Klemetsrud utført grunnundersøkelser for å bringe på det rene mulighetene for grunnvannforsyning fra sand- og grusavsetninger. Bygging av rørbrønner har løst vannforsyningen på en enkel måte flere steder i landet. Undersøkelsene er særlig utført for tettbebyggelser og industribedrifter.

Geologene har også siste år hatt hydrogeologiske oppdrag i forbindelse

med vassdragsregulering. Avdelingen har innledet samarbeidet med Vassdragsvesenets hydrologiske avdeling.

Det er satt i gang omfattende regionale undersøkelser av grunnvannsforholdene i løsavleiringene i Romeriksområdet.

Registreringsarbeidet ved Vannboringsarkivet utføres av fru Aase Walderhaug.

Avdelingens leder er statsgeolog S. Skjeseth.

Bibliotek.

Biblioteket har hatt en tilvekst på 1139 bøker, inklusive separater og periodika. Biblioteket omfattet ved årets utgang i alt 43 845 bøker.

Flytningen medførte at biblioteket til delt var ute av funksjonen i 1961.

Cand.real Chr. Horneman har hatt den daglige ledelse av biblioteket. Pensjonert statsgeolog Arth. O. Poulsen har fortsatt hatt ansvaret for registreringer av inngående tidsskrifter og bytteforbindelser.

Bergarkivet.

Tilveksten har vært 89 rapporter, hvorav 16 behandler malmforekomster. Rapportsamlingen består nå i alt av 3749 rapporter, hvorav 3149 gjelder erts- og malmforekomster.

Kartsamlingen inneholder 1486 kart fra 349 forskjellige gruver og forekomster. Tilveksten er 31 kart.

Samlingen av tracinger består av 1582 stk. fra 349 gruver og forekomster. Tilveksten er 92 stk.

Pensjonert statsgeolog Arth. O. Poulsen har fortsatt som ansvarshavende for bergarkivet.

Laboratorier.

Kjemisk laboratorium.

I løpet av året er det utført 12 fullstendige silikatanalyser og 65 andre analyser og oppdrag.

I forbindelse med flytningen var det stans i all analysevirksomhet fra ca. 1. juli til ca. 15. november.

For ekstrabevilgning i forbindelse med flytningen er det bl. a. gjort følgende nyanskaffelser: 1 sentrifuge, 2 vannbad, 2 glødeovner, 2 platinaskåler og 1 spektrofotometer.

Leder for det kjemiske laboratoriet er laboratorieingeniør R. Solli.

Jordartslaboratoriet.

Det er foretatt 150 differensialtermiske analyser og ca. 80 mekaniske analyser. Analysene er hovedsakelig utført i forbindelse med kartleggingen av Mjøsområdet.

Meget tid er gått med til demontering og pakking av utstyr i forbindelse med flytningen.

Ansvarshavende for Jordartslaboratoriet har vært konstruktør J. Wilhelmssen.

Mikropaleontologisk laboratorium.

Det er i 1961 opparbeidet ca. 500 leirprøver for mikropaleontologisk undersøkelse. I mangel av fast laborant, har arbeidet foregått leilighetsvis, utført av stud.real J. Nagy. Laboratoriet har i stor utstrekning vært stillet til disposisjon for studenter og forskere. Laboratoriets leder har vært statsgeolog R. W. Feyling-Hanssen.

*Mineralogisk avdeling.**Radiometrisk laboratorium.*

Undersøkelsene av prøver innsamlet på Sør- og Vestlandet, og bearbeidelse av materiale fra Salangen har fortsatt. Videre er det foretatt radiometriske bestemmelser av prøver innsamlet av NGU's geologer. Laboratoriet har besvart forespørsler, undersøkt innsendte prøver og lånt ut Geiger-Müllertellere.

Antallet av innsendte prøver har sunket sterkt i 1961.

Daglig leder av laboratoriet er statsgeolog Chr. Dick Thorkildsen.

Røntgenlaboratoriet.

Typefilmer fra røntgenlaboratoriet på Geologisk Museum er avfotografert. Dette arbeidet er nå avsluttet og laboratoriet vil om kort tid ha et utmerket filmkartotek for videre arbeider.

I løpet av året har en anskaffet et universal røntgenkamera fra Nederland og en høytemperaturovn (1400°).

Over 150 forespørsler og innsendte prøver er besvart.

Daglig leder er i P. Chr. Sæbø's permisjonstid vit.ass. J. Hysingjord.

Separasjonslaboratorium.

Etter flytningen er det opprettet et separasjonslaboratorium. Utstyret er magnetseparator og separasjon med tunge væsker.

Statsgeolog Chr. Dick Thorkildsen har i løpet av året separert ut biotitt fra 25 prøver for aldersbestemmelse. Tilsammen er nå 68 prøver sendt til aldersbestemmelse.

Avdelingens leder er statsgeolog Thor L. Sverdrup.

Publikasjoner.

I NGU's serie er i 1961 utkommet:

212. Excursions in Norway. 17 guide-books prepared for the XXI International Geological Congress 1960. Editor: J. A. Dons.
213. Årbok 1960. (Innhold: Knut Ørn Bryn: Grunnvann øst for Oslo-feltet. Meddelelse fra Vannboringsarkivet. Nr. 10 (S). Kari Egede Larssen: Et pollen-diagram fra Høydalsmo, Telemark. (S). Fredrik Hagemann: Grunnvann i Vestfold. Meddelelse fra Vannboringsarkivet. Nr. 11. (S). Audun Hjelle og Knut Ørn Bryn: Kullblendeførende breksje ved Hof, Solør. Abstract (in English). Audun Hjelle: Forsøk på kromatografisk bestemmelse av (Ca, Mg)-karbonater. Abstract (in English). Gunnar Henningsmoen: Remarks on stratigraphical classification. Gunnar Henningsmoen: Cambro-Silurian fossils in Finnmark, Northern Norway. Olaf Holtedahl: Grensen fyllit-Valdressparagmitt i strøket sydøst for Grønsennknipa, Vestre Slidre. (S). Gunnar Holmsen: Jordartsregioner i Norge. (S). M. Marthinussen: Brerandstadier og avsmeltningsforhold i Repparfjord-Stabbursdal-området, Vest-Finnmark. Et deglaciasjonsprofil fra fjord til vidde. (S). Thor Siggerud: Radioaktivitets-undersøkelse av bergartsprøver i magasinene på Mineralogisk geologisk museum, Universitetet i Oslo. (S). Finn J. Skjerlie and Tek Hong Tan: The Geology of the Caledones of the Reisa Valley Area, Troms-Finnmark, Northern Norway. F. M. Vokes: Supergene Alteration of Norwegian Sulphide deposits — a query. J. Westerweld: The Manganese vein of Mount Brandnuten, Botnedal, South Norway. Abstract (in English). Regler for norsk stratigrafisk nomenklatur. Direktør Harald Bjørlykke: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1960. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelsers publikasjoner og kart. 1961.

I andre tidsskrifter er det i 1961 trykt følgende artikler av NGU's stab:

1. O. A. Broch: Quick identification of potash feldspar, plagioclase and quartz for quantitative thin section analysis. *The American Mineralogist*, Vol. 46, May-June.
2. K. Ø. Bryn: Vann — Naturen s. 46-51.
3. P. Chr. Sæbø: Contribution to the Mineralogy of Norway. No. 11. On lanthanite in Norway. *N.G.T. Bd. 41*, p. 311-317.
4. P. Chr. Sæbø and H. Neumann: Contribution to the Mineralogy of Norway. No. 10. On synchisite in Norway. *N.G.T. Bd. 41*, p. 247-254.

Undervisning — Ekskursjoner i Norge.

Flere av statsgeologene har i løpet av året hatt noe undervisning ved Universitetet og Norges landbrukshøyskole. Dessuten har NGU's geologer i løpet av året ved flere anledninger ledet ekskursjoner for forskjel-

lige skoler og institusjoner her i landet. De har også medvirket ved utenlandske gologers studiebesøk i Norge.

Statsgeologene har holdt en rekke foredrag om geologi, bl. a. i Norsk Rikskringkasting og i faglige foreninger.

NGU deltok med en egen avdeling på Bergverksutstillingen i Mo i Rana: «Berget gjemmer, berget gir». Utstillingen ga en populær innføring i geologi og viste NGU's virksomhet. Plansjer m. v. var utarbeidet av tegner Lajla Nergaard.

Internasjonale geologmøter — Studiereiser i utlandet.

I forbindelse med utarbeidelsen av det geologiske Europakartet, deltok direktør H. Bjørlykke og statsgeolog S. Skjeseth i et møte i Hamburg den 31/8—1/9 1961.

Fra 3.—11. april deltok statsgeolog R. W. Feyling-Hanssen som innbudt foredragsholder i Fridtjof Nansen Gedächtnis-Symposien über Spitzbergen i Würzburg i Bayern. Han holdt foredrag om: «Ein Holozän — Aufschluss von der Talavera in Barentsøya» og «Die junge Landhebung Spitzbergens.»

18.—20. oktober deltok statsgeolog Johs. Færden i en konferanse i Stockholm angående jernmalms-kartet til Det Internasjonale Geologiske Kartverk. Han deltok også i det III Nordiske Geofysikermøte i Helsingfors.

NGU's nybygg og overflytting til Trondheim.

Norges geologiske undersøkelse har ført en meget omflakkende tilværelse i sin 104-årige eksistens som vitenskapelig institusjon.

I de første år holdt institusjonen til i bestyrerens arbeidsværelse i Universitetets midtbygning. Senere fikk NGU lokaler i Petersborgkomplekset i Kronprinsens gate, men måtte her flytte fra bolig til bolig for tilslutt å ende i nr. 6, 8 og 10. Under krigen ble lokalene ødelagt ved bombing, og institusjonen måtte flytte til St. Olavs gate og Wergelandsveien. I 1946 fikk institusjonen bra kontorforhold i Klingenberg gate 7, men allerede etter 1 år flyttet NGU inn i Josefines gate 34. Her lå «hovedkontoret» og i tillegg ble det benyttet lokaler på Blindern, Tøyen og Eilert Sundts gate 32. Samlingene var spredt på forskjellige lagerrom i Oslo.

Ved Stortingets vedtak av 28. februar 1957 ble det besluttet å flytte Norges geologiske undersøkelse til Trondheim. I samme vedtak ble det

bestemt at Industridepartementet skulle avgjøre spørsmålet om NGU skulle plasseres i nybygg for Geologisk institutt ved Norges tekniske høgskole eller på Østmarkneset hvor statsinstitusjonene Geofysisk malmleting og Statens råstofflaboratorium lå. Dermed var det satt punktum for NGU's tilhold i Oslo. I regjeringskonferanse den 14. mai s. å. ble det bestemt at nybygget skulle legges på Østmarkneset. Industridepartementet oppnevnte den 2. desember 1957 en plankomité for NGU's nybygg. Komitéen hadde følgende sammensetning:

Direktør Karl Ingvaldsen.

Arkitekt Tycho Castberg.

Direktør Sven Føyn.

Sekretær i Industridepartementet Arne Parmann.

Riksarkitekt K. M. Sinding-Larsen.

Som sekretær for komitéen har fungert kontorsjef Rolf Skjetne. Da Føyn sluttet som direktør ved NGU i august 1958 inntok direktør Bjørlykke hans plass i plankomitéen.

Etter 8 måneders arbeid, la plankomitéen frem et prosjekt for institusjonsbygget. Det endelige utkast var kalkulert til 4,3 mill. kroner og i september 1958 ble det fremmet forslag om bevilgning til byggearbeidene.

Etter forutgående forhandlinger med Trondheim kommune ervervet staten 70 dekar eiendomsgrunn for institusjonene, videre 25 dekar tilliggende areal regulert til offentlig bebyggelse slik at det er muligheter for senere utvidelser.

Den 19. februar 1959 oppnevnte Industridepartementet følgende byggekommité:

Adm. direktør Karl Ingvaldsen, formann.

Direktør Harald Bjørlykke.

Arkitekt Tycho Castberg.

Som sekretær for byggekommitéen har fungert Rolf Skjetne.

Graving på tomten tok til den 2. november 1959 og i juli 1961 inntok de første tjenestemenn ved NGU sine plasser i nybygget. Da hadde allerede arbeidet med flyttingen av institusjonen fra Oslo til Trondheim pågått siden begynnelsen av mars måned 1961. Statsgeolog Johs. Færden foresto ledelsen av arbeidet med assistanse av de fleste tjenestemenn ved institusjonen. Til pakking og flytting av samlinger, utstyr, kontormøbler m. v. ble engasjert et flyttebyrå. I slutten av juli måned 1961 var denne del av flyttingen gjennomført, og senere på sommeren var de fleste av

tjenestemennene på plass i nybygget etter endt feltarbeid. Flyttingen av tjenestemennene medførte selvsagt problemer med å skaffe disse boliger. Ved velvillig imøtekommenhet fra Trondheim kommunes side er imidlertid spørsmålet løst på tilfredsstillende måte for de 20 faste medarbeidere som flyttet fra Oslo til Trondheim, idet kommunen har stilt tomter og leiligheter til disposisjon for institusjonen. Videre har staten bevilget ca. kr. 250 000,00 i boligstønnad i form av nedskrivningsbidrag og rentefrie lån.

Da det inntil videre er opprettholdt en hydrogeologisk seksjon i Oslo, har endel av tjenestemennene fortsatt sitt tilhold i Eilert Sundts gate 32.

Den høytidelige innvielse av bygget ble foretatt den 13. november 1961 kl. 13.. Til innvielsen var det innbudt representanter fra Storting, sentraladministrasjon, lokale myndigheter, universitet og høyskoler, institusjoner og organisasjoner, det samlede personale og endel tidligere medarbeidere, samt presse og kringkasting. Videre var det innbudt representanter fra søsterinstitusjonene i de nordiske land. Medregnet institusjonenes egne medarbeidere deltok i alt 180 personer i innvielseshøytideligheten.

Adm. direktør Karl Ingvaldsen ønsket velkommen og redegjorde for nybyggets historie. Som formann i byggekomitéen overleverte han bygget til staten ved departementsråd Skjerdal. Denne takket for bygget og overdro det til institusjonen ved adm. direktør som på vegne av Institusjonsgruppen NGU-GM og SR uttrykte takk til myndighetene for det nye hus som ble stilt til disposisjon. Direktør Bjørlykke takket på vegne av Norges geologiske undersøkelse for den prektige bygning og forsikret at alle ved institusjonen ville gjøre sitt beste for å utnytte de gode arbeidsforhold de nå hadde fått.

En av de utførende arkitekter, Roar Tønseth jr. takket for samarbeidet under byggeperioden.

Etter innvielseshøytideligheten var det en enkel servering og tilslutt fikk innbudte og medarbeidere anledning til å se seg om i nybygget. Bygget er sammensatt av en hovedblokk og en mindre fløy for administrasjonens personale. Hovedblokken inneholder kontorer og laboratorier, de siste konsentrert i blokkens søndre ende over 3 etasjer. I en sokkeletasje er det 2 store samlingsrom og i kjelleren et stort magasin. Dette siste kunne realiseres fullt ut takket være at bygget under modningen av planene to ganger ble hevet i forhold til terrenget, i alt 1,1 m. Herved ble utgravningsarbeidene sterkt redusert. Noe ute i byggeperioden kunne

komitéen også finne muligheter for installasjon av heis nr. 2. Rundt vestibylene er det gruppert fellesrom som bibliotek med bokmagasin, frokostrom kombinert med møtesal, underliggende garasjer, tilfluktsrom og rom for teknisk anlegg. I administrasjonsfløyen er det et konferanserom i sokkelen. Til inventar, teknisk utstyr og instrumenter er det i alt bevilget kr. 400 000,00.

Nybygget utgjør i alt 17 800 m². Etter den økonomiske oversikt som man har i dag, viser det seg at bygget er realisert innenfor bevilgningsrammen på 4,3 mill. kroner. Den totale gulvflate utgjør vel 5000 m² og prisen pr. m² er ca. kr. 850,00 eller vel kr. 240,00 pr. m³.

Som utførende arkitekter for bygget har vært engasjert Sverre Schjetlein og Roar Tønseth jr. og som byggeleder arkitekt Thorstein Øren.

Innvielsesmiddagen fant sted på hotell «Prinsen» om kvelden samme dag. Denne ble arrangert i fellesskap med Norges tekniske høgskole i forbindelse med innvielsen av nye instituttbodygg ved NTH's bergavdeling. Medregnet NTH's gjester deltok i alt 250 personer ved middagen. Fra NGU's side deltok stort sett de samme gjester som ved innvielseshøytideligheten om formiddagen. Gjestene ble ønsket velkommen til bords av direktørene Karl Ingvaldsen og Karl Stenstadvold som formenn i henholdsvis byggekomitéen for NGU's nybygg og for geologi- og gruve driftsbyggene ved NTH. Festtalene ble holdt av departementsråd Skjerdal og professor Arne Hofseth. Øverdirektør Lindbergson hilste fra Sveriges Geologiske Undersøkning. Middagen ble hevet ved at professor Kolderup takket for maten. Etter middagen var det selskapeleg samvær.

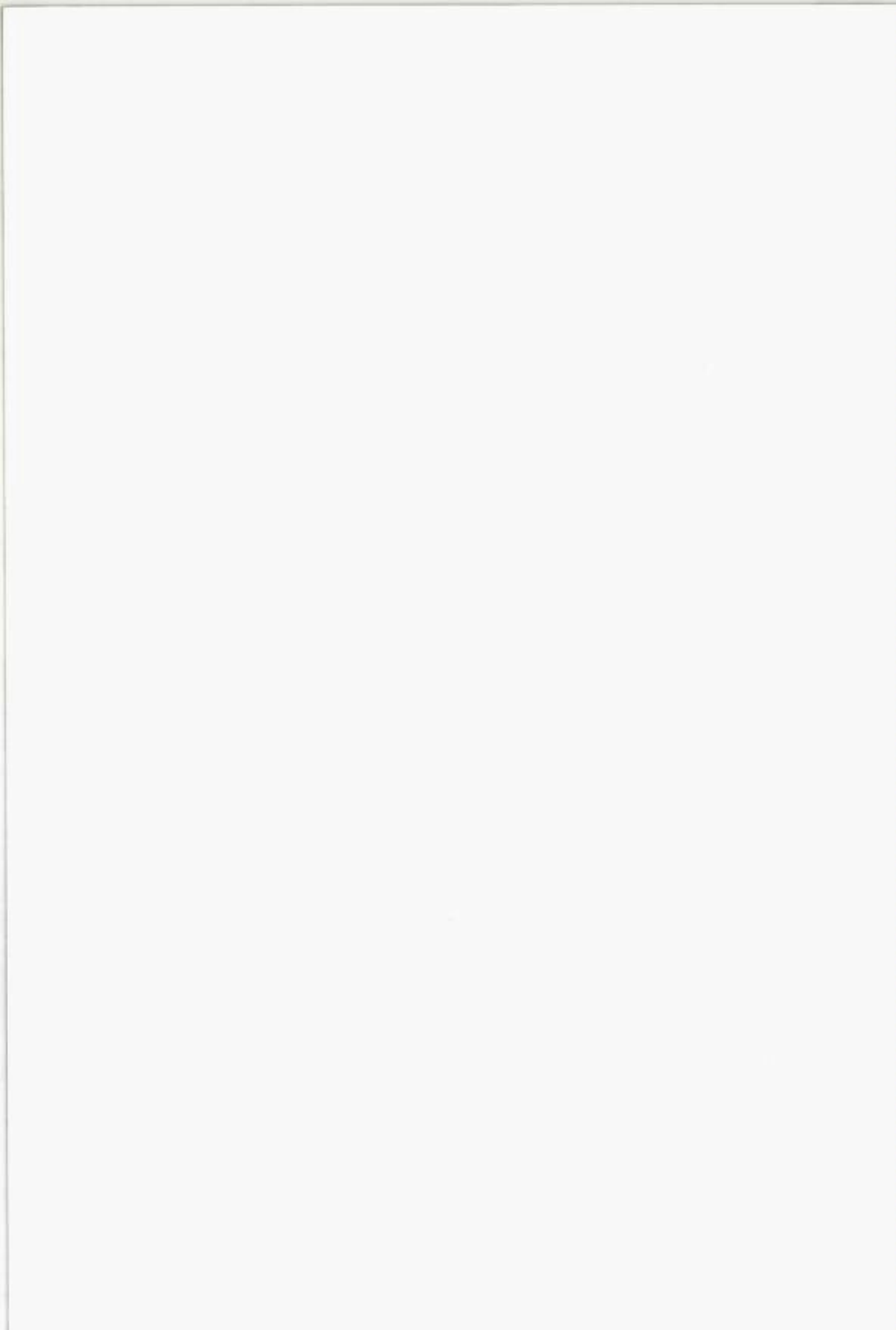
Den offisielle del av festen ble avblåst kl. 24.00 og dermed var den dagen til ende som markerer en viktig milepel i NGU's historie. For første gang på 100 år har institusjonen fått sitt eget hus.

Diskusjonen om NGU's flytting og plassering vil vel holde seg en tid fremover innen geologkretser. Slik som byggesaken nå er løst må det være enighet om at mulighetene for gode arbeidsforhold ligger vel til rette for de ansatte.

FORTEGNELSE
OVER
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 Universitet-forlaget i Oslo:

1. Aarbog for 1891 (Indhold: *K. O. Bjørlykke*: Graptolittførende skifere i vestre Gausdal. *Th. Münster*: Foreløbige meddelelser om reiser i Mjøsegnene udførte for Den Geologiske Undersøgelse sommeren 1889. *Joh. C. Andresen*: En nyfundne flek av primordial i Hennungsbygden, Grans præstegjæld. *Hans Reusch*: En dag ved Areskutan. *S. A. Houglund*: Bergartsgange ved Sand i Ryfylke. *G. E. Stangeland*: Bemærkninger om endel myrstrækninger i Bergs og Rakkestads præstegjælde i Smaalenene samt om myrene paa Jæderen. *J. Johnsen*: Svenningsdals sølvgruber. *J. P. Friis*: Feldspat, kvarts og glimmer, deres forekomst og anvendelse i industrien. *Hans Reusch*: Granitindustrien ved Idefjorden. *Hans Reusch*: Skuringsmærker og morænegrus eftervist i Finmarken fra en periode meget ældre end «istiden». (S.) Kr. 3,00.
2. *C. H. Homan*. Selbu. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Selbus omraade. (S.) 1890. Kr. 2,00.
3. *J. H. L. Vogt*. Salten og Ranen, med særlig hensyn til de vigtigste jernmalm- og svovelkis-kobberkis-forekomster samt marmorlag. (Z.) 1890. Utsolgt.
4. *Hans Reusch*, med bidrag af *Tellef Dahll* og *O. A. Corneliusen*. Det nordlige Norges geologi. (S.) 1891. Utsolgt.
5. *G. E. Stangeland*. Torvmyrer inden kartbladet Sarpsborgs omraade. (S.) Med kart. 1892. Kr. 2,00.
6. *J. H. L. Vogt*. Om dannelsen af de vigtigste i Norge og Sverige representende grupper af jernmalforekomster. (Z.) 1892. 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. 3,00.
9. *Amund Helland*. Jordbunden i Norge. (S.) 1893. Utsolgt.
10. *Amund Helland*. Tagskifere, heller og vekstene. 1893. Kr. 5,00.
11. *W. C. Brøgger*. Lagfølgen på Hardangervidda og den såkaldte «høifjeldskvarts». (Z.) 1893. Kr. 4,50.
12. *Carl C. Riiber*. Norges granitindustri. (S.) 1893. Kr. 3,00.
13. *K. O. Bjørlykke*. Gausdal. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Gausdals omraade. (S.) 1893. Kr. 2,00.
14. Aarbog 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 existeret store, isdæmmende innsjøer paa østsiden af Langfjeldene?

- K. O. Bjørlykke: Høifjeldskvartsens nordøstligste udbredelse. J. P. Friis: Udvinding af feldspat og glimmer i Smaalenene. Amund Helland: Dybderne i nogle indsøer i Jotunfjeldene og Thelemarken. E. Ryan: Undersøgelse af nogle torvprøver. Amund Helland: Opdyrkning af lerfaldet i Værdalen.) 1894. Kr. 5,00.
15. J. H. Vogt. Dunderlandsdalens jernmalmfelt i Ranen, Nordlands amt, lidt søndenfor polarkredsen. (Z.) 1894. Kr. 4,00.
 16. Amund Helland. Jordbunden i Jarlsberg og Larviks amt. 1894. Kr. 6,00.
 17. J. H. L. Vogt. Nissedalens jernmalforekomst. (I Thelemarken.) (Z.) 1895. Kr. 3,00.
 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 litteratur vedkommende Norge 1890-95.) 1896. Kr. 3,00.
 22. J. H. L. Vogt. Norsk marmor. (Z.) 1897. Kr. 10,00.
 23. Amund Helland. Lofoten og Vesteraalen. 1897. Kr. 10,00.
 24. G. E. Stangeland: Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. II. (S.) 1897. Kr. 5,00.
 25. K. O. Bjørlykke. Geologisk kart med beskrivelse over Kristiania by. 1898. Utsolgt.
 26. K. O. Bjørlykke. Norges Geologiske Undersøgelser udstilling i Bergen. (S.) 1898. Kr. 2,00.
 27. J. P. Friis. Terrængeundersøgelser og jordboringer i Stjørdalen, Værdalen og Guldalen samt i Trondhjem i 1894, 95 og 96. (S.) Kr. 3,00.
 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. 4,00.
 29. J. H. L. Vogt. Søndre Helgeland. Morfologi. Kvartærgeologi. Svenningsdalens sølvværgange. (Z.) 1900. Kr. 5,00.
 30. Ths. Münster. Kartbladet Lillehammer. Tekst. (Z.) 1900. Kr. 2,00.
 31. W. C. Brøgger. Om de senglaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet. (Molluskfaunaen.) (S.) 1900-01. Kr. 15,00.
 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 mundning. En forekomst af kaolin og ildfast ler ved Dyldland nær Flekkefjord. Skjærgaarden ved Bergen. Oplysninger til Blakstads jordbunds-kart over Trondhjems omegn. Nogle bidrag til forstaaelsen af hvorledes Norges dale og fjelde er blevne til. (S.) 1901. Kr. 5,00.
 33. Aarvog for 1901. (Indhold: H. Reusch. Geologisk litteratur vedkommende Norge 1896-1900.) 1902. Kr. 4,00.

34. Aarboeg 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 kartskeisse over tragtenen omkring Velfjorden, med beskrivelse. (S.) 1902. Kr. 5,00.
35. *O. E. Schiøtz*. Den sydøstlige del af Sparagmit-Kvartsfjeldet i Norge. (S.) Med kart. Tillegg: *W. C. Brøgger*. *Agnostus gibbus*. Linrs. var. *Schiøtzii*. 1903. Kr. 5,00.
36. Aarboeg 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*: Suldalsfjellene. (S.) *J. Rekstad*: Fra høifjeldstrøget mellem Haukeli og Hemsedalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Skoggrændsens og snelinjens større høide tidligere i det sydlige Norge. (S.) 1903. Kr. 5,00.
37. Aarboeg for 1904. (Indhold: *Jens Holmboe*: Om faunaen i nogle skjælbanker og lerlag ved Norges nordligste kyst. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om oversiluren i Brumunddalen. (S.) *Andr. M. Hansen*: Litt om Mjøsjsøkelen. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til kartbladet Dønna. (S.) *Johan Kjær*: 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. 6,00.
38. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. III. (S.) 1904. Kr. 4,00.
39. *K. O. Bjørlykke*. Det centrale Norges fjeldbygning. (S.) Med kart. Tillegg: *Chas. Lapworth*. Notes on the Graptolites from Bratland, Gausdal, Norway. 1905. Kr. 15,00.
40. *Hans Reusch*. Voss. Fjeldbygningen inden rektangelkart Voss's omraade. (S.) 1905. Kr. 4,00.
42. *W. W. Brøgger*. Øxer av Nøsttvettypen. Bidrag til kundskaben om ældre norsk stenalder. (Z.) 1905. Kr. 4,00.
43. Aarboeg for 1905. (Indhold: *K. O. Bjørlykke*: Om Selsmyrene og Lesjasandene. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om ra-ernes bygning. (S.) *J. H. L. Vogt*: Om relationen mellem størrelsen af eruptivfelterne og størrelsen af de i eller ved samme 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. 6,00.
44. Aarboeg for 1906. *Hans Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1901—1905. 1907. Kr. 4,00.
45. Aarboeg for 1907. (Indhold: *J. Rekstad*: Folgefonnshalvøens geologi. (S.) *C. Bugge*: Bergverksdriften i Norge 1901—1905. *H. Reusch*: Skredet i Loen 15de januar 1905. (S.) *C. Bugge*: Bemærkninger om norsk stenindustri. *Olaf Holte-dahl*: Alunskiferfeltet ved Øieren. (Z.) 1907. Kr. 5,00.
46. *J. H. L. Vogt*. De gamle norske jernverk. (Z.) 1908. Kr. 3,00.
47. *Hans Reusch*. Tekst til geologisk kart over fjeldstrøkene mellom Jostedalbræen og Ringerike. (S.) Med kart. 1908. Kr. 4,00.

48. K. O. Bjørlykke. Jæderens geologi. (S.) 1908. Kr. 5,00.
49. Aarborg for 1908. (Indhold: H. Reusch: Den geologiske undersøgelses 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 nordligste 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. 6,00.
52. A. Grimnes: Jæderens Jordbund. (S.) Beskrivelse til A. Grimnes: Kart over Jæderen 1:50 000. 1910. Med kart. Kr. 8,00.
53. Aarborg for 1900. (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 paa Langøen i Vesteraalen. (Z.) 1910. Kr. 6,00.
54. Andr. M. Hansen. Fra Istiderne. Vest-Raet. 1910. Kr. 5,00.
55. Daniel Danielsen. Bidrag til Sørlandets kvartærgeologi. (S.) 1910. Kr. 4,00.
56. Carl Bugge. Rennebu. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Rennebus omraade. (S.) Med kart. 1910. Kr. 6,00.
57. Aarborg for 1910. (Indhold: W. Werenskiold: Fra Numedal. (S.) A. Hoel: Oks-tinderne. (R.) J. Rekstad: Geologiske iagttagelser fra ytre del av Saltenfjorden. H. Reusch: De formodede strandlinjer i øvre Gudbrandsdalen. (S.) 1910. Kr. 5,00.
58. W. Werenskiold. Fornebolandet og Snarøen i Østre Bærum. (S.) Med kart. 1911. Kr. 4,00.
59. Aarborg for 1911. (Indhold: J. Oxaal: Fra Indre Helgeland. (S.) J. Rekstad: Geologiske iagttagelser fra nordvestsiden av Hardangerfjord C. W. Carstens: Geologiske iagttagelser fra Mo præstegjeld i Nordlands amt. (Z.) Rolf Marstrander: Svartisen, dens geologi. (S.) 1910. Kr. 5,00.
60. W. Werenskiold. Søndre Fron. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Søndre Frons omraade. (S.) Med kart. 1911. Kr. 6,00.
61. Aarborg for 1912. (Indhold: Gunnar Holmsen: Oversigt over Hatfjelddalens geologi. (Z.) C. Bugge: Lagfølgen i Trondhjemsfeltet. (S.) J. Rekstad: Fra øerne utenfor Saltenfjord. (S.) J. Rekstad. En mytilus-fauna under moræne-masser i Smaalenene. (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. 6,00.
62. J. Rekstad. Bidrag til Nordre Helgelands geologi. (S.) Med kart. 1912. Kr. 5,00.
63. Olaf Holtedahl. Kalkstensforekomster i Kristianiafeltet. (S.) 1912. Kr. 4,00.
64. Hans Reusch. Tekst til geologisk oversigtskart over Søndhordland og Ryfylke. (S.) Med kart. 1913. Kr. 4,00.
65. K. O. Bjørlykke. Norges kvartærgeologi. (S.) 1913. Utsolgt.

66. *W. Werenskiold*. Tekst til geologisk kart over strøkene mellom Sætersdalen og Ringerike. (S.) Med kart. 1912. Kr. 4,00.
67. *J. Rekstad*. Fjeldstrøket mellem Saltdalen og Dunderlandsdalen. (S.) Med kart. 1913. Kr. 4,00.
68. Aarbog for 1913. (Indhold: *J. Oxaal*: Den hvite granit i Sogn. (S.) *O. E. Schiøtz*: Om isskillet i trakten omkring Fæmund. (S.) *H. Reusch*: Fra Trysil. (S.) *S. Foslie*: Ramsøy titanmalmfelt i Solør og dets differentiationsprosesser. (S.) 1914. Kr. 5,00.
69. Aarbog 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. 5,00.
70. Fem avhandlinger, skrevne i anledning Norges Jubileumsutstilling 1914. (Indhold: *H. Reusch*: Norges Geologiske Undersøkelse. (S.) *W. Werenskiold*: Tekst til geologisk oversiktskart over det sydlige Norge. (S.) *Th. Vogt*: Geologisk beskrivelse til kartet over Nordland. (S.) *J. H. L. Vogt*: Norges Bergverksdrift. (S.) *J. Oxaal*: Den norske stenindustri. (S.) 1914. Kr. 2,00.
71. *Carl Fred. Kolderup*. Egersund. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Egersunds omraade. (Z.) Med kart. 1914. Kr. 8,00.
72. *J. H. L. Vogt*. Gronggruberne og Nordlandsbanen. (Z.) 1915. Kr. 4,00.
73. *Gunnar Holmsen*. Brædæmte sjøer i Nordre Østerdalen. (S.) Med kart. 1915. Kr. 5,00.
74. *Gunnar Holmsen*. Tekst til geologisk oversiktskart over Østerdalen-Fæmundsstrøket. (S.) Med kart. 1915. Kr. 4,00.
75. Aarbog for 1915. (Indhold: *O. Holtedahl*: Iagttagelser over fjeldbygningen omkring Randsfjordens nordende. (S.) *O. Holtedahl*: Nogen foreløbige meddelelser fra en reise i Alten i Finnmarken. (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 kyststrand. (S.) *J. H. L. Vogt*: Om manganrik sjømalm i Storsjøen, Nordre Odalen. (Z.) 1915. Kr. 6,00.
76. *Johan Oxaal*: Norsk granit. (S.) 1916. Utsolgt.
77. *V. M. Goldschmidt*. Konglomeratene inden høifjeldskvartsen. (Z.) 1916. Kr. 3,00.
78. *J. Holmgren*. Naturstenens anvendelse i husbyggingen i Skotland. (S.) 1916. Kr. 2,50.
79. Aarbog for 1916. (Indhold: *G. Holmsen*: Rendalens bræsjø. (S.) *G. Holmsen*: Sørfolden-Riksgrænsen. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Kyststrøket mellom Bodø og Folden. (S.) *H. Reusch*: Litt om Jutulhugget. (S.) 1917. Kr. 4,00.
80. *J. Rekstad*: Vega. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1917. Kr. 8,00.
81. Aarbog 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. 5,00.
82. *Carl Bugge*. Kongsbergfeltets geologi. (S.) Med kart og plancher. 1917. Kr. 15,00.
83. Årbok for 1918 og 19. (Innhold: *G. Holmsen*: Gudbrandsdalens bræsjø. (S.)

- S. W. Carstens: Geologiske undersøkelser i Trondhjems omegn. (Z.) H. Reusch: Noen kvartærgeologiske iagttagelser fra det Romsdalske. (S.) J. Rekstad: Geologiske iagttagelser fra strekningen Folla-Tysfjord. (S.) Med kart. G. Holmsen. Nordfollas omgivelser. (S.) 1919. Kr. 3,50.
84. *Olaf Holtedahl*. Bidrag til Finmarkens geologi. (S.) 1918. Kr. 8,00.
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. 8,00.
87. Årbok for 1920 og 21. (Innhold: *O. Holtedahl*: Kalksten og dolomitt i de østlandske dalfører. (S.) *Arne Bugge*: Nikkelgruber i Bamle. (S.) *S. Foslie*: Rana noritfelt. Differentiation ved «squeezing». (S.) *J. Rekstad*: Et fund av skjelførende leir i Lørenskog. (S.) *R. Falck-Muus*: Brynestensindustrien i Telemarken. (S.) *H. Reusch*: Efterhøst. (S.) *A. L. Rosenlund*: Fæøp grube.) 1922. Kr. 6,00.
88. *J. Rekstad*. Eidsberg. De geologiske forhold innen rektangelkartet Eidsbergs område. (S.) Med kart. 1921. Kr. 6,00.
89. *Olaf Holtedahl*. Engerdalen. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Engerdalens område. (S.) Med kart. 1921. Kr. 6,00.
90. *Gunnar Holmsen*. Torvmyrenes lagdeling i det sydlige Norges lavland. (Z.) 1922. Kr. 7,00.
91. *J. Rekstad*. Kvartære avleiringer i Østfold. (S.) 1922. Kr. 1,00.
92. *J. Rekstad*. Grunnvatnet. 1922. Kr. 2,00.
93. *J. H. L. Vogt*. Tryktunneler og geologi. Med et avsnit: Spændinger i fjeldet ved tryktunneler, av *Fredrik Vogt*. (Z.) 1922. Kr. 3,00.
94. *Ole T. Grønlie*. Strandlinjer, moræner og skjelfforekomster i den sydlige del av Troms fylke. (S.) 1922. Kr. 2,00.
95. *Arne Bugge*. Et forsøk paa inndeling av det sydnorske grundfjeld. (S.) 1922. Kr. 1,00.
96. *J. Rekstad*. Norges hevning under istiden. (S.) Med kart. 1922. Kr. 2,50.
97. *Olaf Holtedahl* og *Jacob Schetelig*. Kartbladet Gran. (S.) Med kart. 1932. Kr. 6,00.
98. Årbok for 1922. (Innhold: Direktørens årsberetning. Statsgeologenes innberetninger.) 1923. Kr. 3,00.
99. *Gunnar Holmsen*. Vore myrers plantedække og torvarter. (Z.) Med kart. 1923. Kr. 7,00.
100. *J. Rekstad*. Hans Reusch. Nekrolog og bibliografi. Kr. 2,00.
101. *Olaf Andersen*. Ildfaste oksydens fysikalske kjemi. Oversikt over nyere præsiionsundersøkelser. (S.) Statens råstofkomité. Publ. nr. 1. 1922. Kr. 2,00.
102. *Olaf Holtedahl* og *Olaf Andersen*. Om norske dolomiter med bemerkninger om den praktiske anvendelse av dolomit. (S.) S. R. K. Publ. nr. 2. 1922. Kr. 2,00.
103. *Olaf Andersen*. En forekomst av ren kvarts i Krødsherred. (S.) S. R. K. Publ. nr. 3. 1922. Kr. 1,00.
104. *J. Bull*. Elektrisk Metalsmelting. Forsøk og undersøkelse utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Råstofkomité (S.) S. R. K. Publ. nr. 4. 1922. Kr. 1,00.
105. *The. Lindeman*. Torv. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 5. 1922. Kr. 1,00.

106. *Carl Bugge og Steinar Foslie*. Norsk arsenmalm og arsenikfremstilling. (S.) S. R. K. Publ. nr. 6. 1922. Kr. 1,00.
107. *V. M. Goldschmidt*. Om fremstilling av bariumlegeringer. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 7. 1922. Kr. 1,00.
108. *V. M. Goldschmidt og E. Jonson*. Glimmermineralernes betydning som kalikilde for planterne. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 8. 1922. Kr. 3,00.
109. *Erling Jonson*. Om tilgodegjørelse av kalifeltspatens kali-innhold. (S.) S. R. K. Publ. nr. 9. 1922. Kr. 3,00.
110. *Carl Bugge*. Statens apatitdrift i rationeringstiden. (S.) S. R. K. Publ. nr. 10. 1922. Kr. 1,00.
111. *J. Gram*. Undersøkelser over bituminøse kul fra Spitsbergen og Andøen. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 11. 1922. Kr. 1,00.
112. *J. Gram*. Den kjemiske sammensætning av Spitsbergen-Bjørnøykul. (S.) S. R. K. Publ. nr. 12. 1923. Kr. 1,00.
113. *Andreas Rødland*. Oljefremstilling av Kings Bay-kul og kul og skifer fra Andøen (Z.) S. R. K. Publ. nr. 13. 1921. Kr. 1,00.
114. *B. Hansteen Cranner*. Om vegetationsforsøk med glimmermineralenes biotit og sericit som kalikilde. (Z.) S. R. K. nr. 14. 1922. Kr. 2,00.
115. *J. v. Krogh*. Undersøkelser over norske lerer. I. (S.) S. R. K. Publ. nr. 15. Kr. 1,00.
116. *Brynjulf Dietrichson*. Undersøkelser over norske lerer. II. (S.) S. R. K. Publ. nr. 16. 1923. Kr. 2,00.
117. *W. Guertler*. Kort oversikt over kobberets indflydelse paa jern og staa. Forkortet og bearbejdet av *J. Bull*. (S.) S. R. K. Publ. nr. 17. 1923. Kr. 1,00.
118. *J. Bull*. Prøver med en herdeovn for kulstofstaa. (Wild. Barfields patent.) Forsøk og undersøkelser utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Raastofkomité. (S.) S. R. K. Publ. nr. 18. 1923. Kr. 1,00.
119. *J. v. Krogh*. Undersøkelser over norske lerer. III. (S.) S. R. K. Publ. nr. 19. 1923. Kr. 1,75.
120. *Brynjulf Dietrichson*. Undersøkelser over norske lerer. IV. (S.) S. R. K. Publ. nr. 20. 1924. Kr. 2,00.
121. *Thorolf Vogt*. Sulittjelmafeltets geologi og petrografi. (S.) Med kart. 1927. Kr. 14,00.
122. Årbok for 1923. (Innhold: Direktørens årsberetning. Statsgeologenes årsberetninger.) 1924. Kr. 3,00.
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. 1928. Utsolgt.
127. *Steinar Foslie*. Norges svovelkisforekomster. 1926. Utsolgt.
- 128a. *Olaf Andersen*. *Feltspat*. I. Feltspatmineralenes egenskaper, forekomst og praktiske utnyttelse med særlig henblikk på den norske feltspatindustri. (S.) 1926. Utsolgt.
- 128b. *Olaf Andersen*. *Feltspat*. II. Forekomster i fylkene Buskerud og Telemark, i

- flere herreder i Aust-Agder og i Hidra i Vest-Agder. *Tom F. W. Barth*. Feltspat. III. Forekomster i Iveland og Vegusdal i Aust-Agder og i flere herreder i Vest-Agder. (S.) 1931. Kr. 5,00.
129. *Gunnar Aasgaard*. Gruber og skjerp i kisdraget Øvre Guldal—Tydal. (S.) 1927. Kr. 5,00.
130. *Arne Bugge*. En forkastning i det syd-norske grunnfjell. (S.) 1928. Kr. 5,00.
131. *J. C. Torgersen*. Sink- og blyforekomster på Helgeland. (S.) 1928. Kr. 4,00.
132. *Gunnar Holmsen*. Lerfaldene ved Kokstad, Grotnes og Baa. (S.) 1929. Kr. 3,00.
133. Arbok 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 sydnorske 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. 3,00.
138. *W. C. Brøgger*. Essexitrekkens erupsjoner, den eldste vulkanske virksomhet i Oslo-feltet. (Z.) 1933. Kr. 4,00.
139. *W. C. Brøgger*. Om rombeoporfyrgangene og de dem ledsagede forkastninger i Oslo-feltet. (Z.) 1933. Kr. 2,00.
140. *Gunnar Holmsen*. Lerfall i årene 1930—32. (S.) 1934. Kr. 2,00.
141. *Olaf Anton Broch*. Feltspat. IV. Forekomster i Akershus og Østfold øst for Glomma. (S.) 1934. Kr. 4,00.
142. *J. C. Torgersen*. Sink- og blyforekomster i det nordlige Norge. (S.) 1935. Kr. 3,00.
143. *Arne Bugge*. Flesberg og Eiker. Beskrivelse til de geologiske gradavdelingskart F. 35 Ø. og F. 35 V. De løse avleiringer ved *A. Samuelsen*. (S.) Med kart 1937. Kr. 10,00.
144. *Gunnar Holmsen*. Nordre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 6,00.
145. *Wolmer Marlow*. Foldal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 6,00.
146. *Arne Bugge*. Kongsberg—Bambleformasjonen. (S.) 1936. Kr. 4,00.
147. *Steinar Foslie*. Kisdistrikt 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. 6,00.
149. *Steinar Foslie*. Tysfjords geologi. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart Tysfjord. (S.) Med kart. 1941. Kr. 15,00.
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 gradteigskart. (S.) Med kart. 1938. Kr. 6,00.
135. *Carl Bugge*. Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter E. 32 V. og E. 32 Ø. (S.) Med kart. 1939. Kr. 12,00.
154. *Harald Bjørlykke*. Feltspat. V. De sjeldne mineraler på de norske granitiske pegmatittganger. (S.) 1939. Kr. 4,00.
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 ver 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. 10,00.
157. *Brit Hofseth*. Geologiske undersøkelser ved Kragerø, i Holleia og Troms. (S.) Med kart. 1942. Kr. 4,00.
158. *Per Holmsen*. Geologiske og petrografiske undersøkelser i området Tynset-Femunden. (S.) 1943. Kr. 3,00.
159. *Trygve Strand*. Et gneis-amfibolit-kompleks i grunfjellet 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 sparagmitten og dens skyvning innen kartbladet Øvre Rendal. (S.) 1943. Kr. 2,50.
162. *Henrich Neumann*. Silver deposits at Kongsberg. (The mineral assemblage of a native silver-cobalt-nickel ore type.) 1944. Kr. 4,50.
163. *Brynjulf Dietrichson*. Geologiske undersøkelser i Espedalen. Gradteig Vinstra og tilgrensende høifjell. (S.) 1945. Kr. 3,00.
164. *Olav Holtedahl*. Norges geologi. Med 24 plansjer, derav et berggrunnskart og et glacialgeologisk kart over Norge, samt 485 tekstfigurer. Bind I-II 1953. Utsolgt.
165. *Gunnar Horn*. Karsthuler i Nordland. (S.) 1947. Kr. 7,00.
166. *Gunnar Holmsen*. Lerfall og ras i årene 1933-39. (S.) 1946. Kr. 3,00. .
167. *Gunnar Holmsen* og *Per Holmsen*. Leirfall i årene 1940-1945. (S.) 1946. Kr. 4,00.
- 168a. *Tom F. W. Barth*. The nickeliferous Iveland-Evje amphibolite and its relation. Med kart. 1947. Kr. 5,00.
- 168b. *Harald Bjørlykke*. Flåt Nickel Mine. Med kart. 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. Oftedahl 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 tilgrensede 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 område. II. Røyken og Håøy. (R.) Med kart. 1952. Kr. 7,00.
183. Årbok 1951. (Innhold: *Ivan Th. Rosenqvist*: Kaolin fra Hurdal. (S.) *Trygve Strand*: Biotit-sövitt på Stjernøy, Vest-Finnmark. (S.) *Trygve Strand*: Raipas og kaledon i strøket omkring Repparfjord, Vest-Finnmark. (S.) *W. Weren-skiold*: Isranddannelser 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 Skjeth*: Meddelelser fra Vannboringsarkivet. Nr. 2. Vannboringer utført i traktene omkring Mjøsa og Randsfjorden 1950–52. (S.) *Brynjulf Dietrichson*: Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. (S.) *Tore Gjelsvik*: Det nordvestlige gneissområde 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 sydøstlige del av Helgeland. (S.) *Gunnar Kautsky*. Et fossilfund 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. 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*: Dekketelektikken 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-perioditten. (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 Helgelandsgeologi. (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-silurbergarternes hydrogeologi i Mjøstraktene. (Medd. fra Vannbøringsarkivet nr. 3.) (S.) *Per Holmsen*: Oppsprekning, topografi og vannføring i massive dypbergarter. (Medd. fra Vannbøringsarkivet 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 Frøyningsfjell. Geologisk rektangelkart og beskrivelse. (S.) 1956. Kr. 8,00.
197. *Rolf W. Feyling-Hansen*. Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. 1957. Kr. 5,00.
198. *Gunnar Holmsen*. Røros. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. Kr. 8,00.
199. *F. M. Vokes*. The Copper Deposits of the Birtavarre District. 1957. Kr. 15,00.
200. Årbok 1956. (Innhold: *Tony van Autenboer* and *Finn J. Skjerlie*: Brannerite, a new mineral in Norway. *Brynjulf Dietrichson*: Valdresparagmitten og det så-

- kalte gabbrokonglemerat i Sjødalen. (S.) *Rolf W. Feyling-Hansen, Per Chr. Sæbø* and *John W. Wilhelmsen*: A Clay sample from Tangen brick-work. *Per Holmsen*: De eokambriske lag under hyolithussonen mellom Carajavvne og Cas-kias, Vestfinnmark. (S.) *Christoffer Oftedal*: Jomaforekomstens blokkskifer. (S.) *Steinar Skjeseth*: Kvaliteten av grunnvann. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 5). (S.) *Steinar Skjeseth* og *F. M. Vokes*: Blyglansforekomst på Krækkjæheia, Hardangervidda. (S.) *F. M. Vokes*: Some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway. *F. M. Vokes*: On the presence of minerals of the linnaeite series in some copper ores from the Raipas formation of Northern Norway. *Direktør Sten Føyen*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1956. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1957. Kr. 9,00.
201. *Per Holmsen, Peter Padget* and *Eero Pekhonen*: The Precambrian Geology of Vest-Finnmark, Northern Norway. Med kart. 1957. Kr. 12,00.
202. *Christoffer Oftedal*. Oversikt over Grongfeltets skjerp og malmforekomster. (S.) 1958. Kr. 6,00.
203. Årbok 1957. (Innhold: *Brynjulf Dietrichson*: Variation Diagrams supporting the stratiform, magmatic origin of the Jotun Eruptive Nappes. *Rolf W. Feyling-Hanssen*: Mikropaleontologiens teknikk. (S.) *Tore Gjelsvik*: Epigenetisk kopper-mineralisering på Finnmarksvidda. (S.) *Tore Gjelsvik*: Albittrike bergarter i den karelske fjellkjede på Finnmarksvidda, Nord-Norge. (S.) *Christoffer Oftedal*: 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.) *Steinar Skjeseth*: Uran i kambrisk alunskifer i Oslofeltet og tilgrensede 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 pyrrotite from the Moscogaissa mines, Birtavarre, Troms. *Direktør Sten Føyen*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1957. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1958. Kr. 10,00.
- 204b. *Arthur O. Poulsen*. Norges gruver og malmforekomster. II. Nord-Norge. Navneliste over kart in plano 1:1 000 000. 1959. Kr. 17,50.
205. Årbok 1958. (Innhold: *Knut Ørn Bryn*: Geologien på søndre del av kartblad Essandsjø. (S.) *Dwight F. Crowder*: The Precambrian Schists and Gneisses of Lakselv Valley, Northern Norway. *Ricard V. Dietrich*: Geological Reconnaissance of the Area between Kristiansand and Lillesand. *Rolf W. Feyling-Hanssen*: Marine kvartær-fossiler fra Seimsjøen i Sør-Odal. (S.) *Fredrik Hagemann*: Vannboring i Øst- og Midt-Finnmark. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 9). (S.) *Olaf Holtedahl*: Noen iakttagelser fra Grønsennknipa i Vestre Slidre, Valdres. (S.) *Christoffer Oftedal* and *J. J. C. Geul*: On the formation of a carbonatebearing ultrabasic rock at Kviteberg, Lyngen, Northern Norway. *Thor Siggerud*: Uranundersøkelser i Trøndelag. (S.) *Thor Siggerud*: Fotogeologi. (S.) *Steinar Skjeseth*: Rørbrønner på Rena og Elverum. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 8.) (S.) *Per Chr. Sæbø, Paul H. Reitan* and *J. J. C. Geul*: Stilbite, stellerite, and laumontite at Honningsvåg, Magerø, Northern Norway.

- Per Chr. Sæbø and Paul H. Reitan*: An occurrence of zeolites at Kragerø, Southern Norway, *Per Chr. Sæbø and Thor L. Sverdrup*: Note on stilbite from a pegmatite at Elveneset, Innhavet in Nordland county, Northern Norway, *Trygve Strand*: Valdres-sparagmittens stratigrafiske stilling. (S.) *Gunnar Holmsen*: Norges geologiske undersøkelse gjennom 100 år. Direktør *Harald Bjørlykke*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1958. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1959. Kr. 15,00.
206. *Gunnar Holmsen*: Ljørdalen. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1958. Kr. 6,00.
207. *Knut S. Heier*: Petrology and Geochemistry of High-Grade Metamorphic and Igneous Rocks on Langøy, Northern Norway. 1960. Kr. 15,00.
208. Geology of Norway. Editor: Olaf Holtedalil. With Geological (bedrock) Map of Norway, Glacial Map of Norway and 19 Plates, separately in cassette. 1960. Kr. 90,00.
209. *Gunnar Holmsen*: Østerdalen. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1960. Kr. 12,00.
210. *Bjørn Grothaug Andersen*: Sørlandet i sen- og postglacial tid. (S.) Med kart. 1960. Kr. 15,00.
211. Årbok 1959. (Innhold: *Harald Bjørlykke*: Supergene anrikninger av kopper i våre kisforekomster. (Abstract in English.) *Knut Ørn Bryn*: Et funn av pseudotachylitt i S. Trøndelag, og en teori for dannelsen. (S.) *Magne Gustavson*: Den manganholdige siderittmalm i Rubben, Troms. Undersøkelser sommeren 1959. (S.) *Magne Gustavson* og *Arne Grønhaug*: En geologisk undersøkelse på den nordvestlige del av kartbladet Børgefjell. (S.) *Audun Hjelle*: Grunnfjellet omkring Tangen, østsiden av Mjøsa. (Abstract in English.) *Paul H. Reitan*: Refleksjoner over betydningen av høye punkt-temperaturer på overflater i forbindelse med bevegelser i bergarter. (Abstract in English.) *Thor Siggerud*: Måling av den radioaktive stråling fra bergarter i Norge. (S.) *Thor Siggerud*: Radioaktiv stråling i anlegg i fjell. (S.) *Harald Skålvoll*: Noen kvartærgeologiske iakttagelser i Lakselvdalen, Finnmark. (S.) *Thor L. Sverdrup*: The pegmatite dyke at Rømteland a Description of the minerals and a discussion of the mineral paragenesis, especially within the system (Fe, Mn) O-TiO₂-Y₂O₃-(Nb, Ta)₂O₅-SiO₂. *Thor L. Sverdrup* og *Per Chr. Sæbø*: Pegmatittene ved Liverud og Gulliksrud ca. 5 km øst for Kongsberg, Øvre Eiker. (Meddelelse nr. 1 over typer av norske feltspatkvartarsforekomster.) (S.) *Per Chr. Sæbø*, *Thor L. Sverdrup* and *Harald Bjørlykke*: Note on «birds-eye» textures in some Norwegian pyrrhotitebearing ores. *Fredrik Chr. Wolff*: Foreløpige meddelelser fra kartbladet Verdal. (S.) Direktør *Harald Bjørlykke*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1959. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1960. Kr. 15,00.
212. Norwegian guide-books. International Geological Congress. XII session. Norden 1960.
213. Årbok 1960. Innhold *Knut Ørn Bryn*: Grunnvann øst for Oslo-feltet. Medd. fra Vannboringsarkivet. Nr. 10. (S.) *Kari Egede Larssen*: Et pollendiagram fra Høydalsmo, Telemark. (S.) *Fredrik Hagemann*: Grunnvann i Vestfold. Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 11. (S.) *Audun Hjelle* og *Knut Ørn Bryn*: Kullblendeførende breksje ved Hof, Solør. Abstract in English.) *Audun Hjelle*:

Forsøk på kromatografisk bestemmelse av (Ca, Mg)-karbonater, (Abstract in English.) *Gunnar Henningsmoen*: Remarks on stratigraphical classification. Sammendrag. *Gunnar Henningsmoen*: Cambro-Siluria in fossils in Finnmark, Northern Norway. Sammendrag. *Olaf Holtedahl*: Grensen fyllit-Valdres-sparagmitt i strøket sydøst for Gjønsennknipa. Vestre Slidre. (S.) *Gunnar Holmsen*: Jordartsregioner i Norge. (S.) *M. Marthinussen*: Brerandstadier og avsmeltningsforhold i Repparfjord-Stabbursdal-området, Vest-Finnmark. Et deglasiasjonsprofil fra fjord til vidde. (S.) *Thor Siggerud*: Radioaktivitetsundersøkelse av bergartsprøver i magasinene på Mineralogisk geologisk museum, Universitetet i Oslo. (S.) *Finn J. Skjerlie* and *Tek Hong Tan*: The Geology of the Caledonides of the Reisa Valley Area, Troms-Finnmark, Northern Norway. Sammendrag. *F. M. Vokes*: Supergene Alteration of Norwegian Sulphide deposits — a query. Sammendrag *J. Westerveld*: The Manganese vein of Mount Brandnuten, Botnedal, South Norway. (Abstract in English). Regler for norsk stratigrafisk nomenklatur. Code of stratigraphical nomenclature for Norway. Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1960. Ved direktør *Harald Bjørlykke*. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1961. Kr. 15.00.

Småskrifter.

- Nr. 1. *Olaf Andersen*. Norges Geologiske Undersøkelse, dens oppgave og virksomhet. 1922. Gratis.
- 2. *Rolf Falek Muus*. Avhandlinger og karter utgitt av NGU systematisk ordnet. 1922. Gratis.
 - 3. *Gunnar Holmsen*. Erfaringer om jordskaden ved innsjøreguleringer. 1927. Kr. 0,50.
 - 4. *Gunnar Holmsen*. Grunnvannbrønner. 1940. Kr. 0,50.
 - 5. Geologi og Norges geologiske undersøkelse. Utgitt i anledning av Norges geologiske undersøkelses 100 års jubileum. 1958. Kr. 1,00.
 - 6. *Thor Siggerud*. Uran og uranleting 1959. Kr. 5,00.
 - 7. *Harald Bjørlykke* og *Thor L. Sæverdrup*. Feltspat. 1962. Kr. 4,00.

**Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av
Norges geologiske undersøkelse.**

	Kartets utgivnings- 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. 4,45
Aursunden	1936	Rolf Falck-Muus			»
Bjørkvasklumpen	1959	Steinar Foslie			»
Dunderlandsdalen	1915	John Oxaal	86	» 8,—	»
Egersund	1914	C. F. Kolderup	71	» 5,—	»
Eidsberg	1919	J. Rekstad	88	» 5,—	»
Eiker	1935	Arne Bugge	143	» 8,— ¹	»
Engerdalen	1921	O. Holtedahl	89	» 5,—	»
Flesberg	1935	Arne Bugge	143	» 8,— ¹	»
Foldal	1936	Wolmer Marlow	145	» 5,— ²	»
Gol	1939	Carl Bugge	153	» 8,—	»
Gran	1923	O. Holtedahl og J. Schetelig	97	» 5,—	»
Hellemobotn	1936	Steinar Foslie	150	» 8,— ³	»
Hemsedal	1939	Carl Bugge	153	» 8,— ³	»
Jævsjø	1959	Steinar Foslie			»
Kongsberg	1927	W. C. Brøgger og J. Schetelig			»
Kvitseid	1960	J. A. Dons			»
Linnajavre	1936	Steinar Foslie	150	» 8,— ³	»
Namsvatnet	1956	Steinar Foslie	196	» 8,—	»
Narvik	1950	Th. Vogt			»
Nordli	1960	Steinar Foslie			»
Nordre Etnedal	1939	Trygve Strand	152	» 5,—	»
Nordre Femund	1936	G. Holmsen	144	» 5,—	»
Rennebu	1910	Carl Bugge	56	» 5,—	»
Rjukan	1960	J. A. Dons			»
Sandøla	1958	Steinar Foslie			»
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,—	»
Sørli	1960	Steinar Foslie			»
Trones	1960	Steinar Foslie			»
Tunnsjø	1958	Steinar Foslie			»
Tynset	1950	Per og Gunnar Holmsen	175	» 6,—	»
Tysfjord	1931	Steinar Foslie	149	» 12,—	»
Tønsberg m. Larvik ..	1926	W. C. Brøgger og J. Schetelig			»
Voss	1905	H. Reusch	40		»
Ytre Rendal	1956	Per Holmsen og Chr. Oftedahl	194	» 15,— ⁴	»
Øvre Rendal	1950	Chr. Oftedahl og G. Holmsen	177	» 6,—	»

¹ Med publikasjonen følger kartene Eiker og Flesberg.

² Med publikasjonen følger kartene Gol og Hemsedal.

³ Med publikasjonen følger kartene Hellemobotn og Linnajavre.

⁴ Med publikasjonen følger kartene Ytre Rendal og Stor-Elvdal.

**Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av
Norges geologiske undersøkelse.**

	Kartet's tryknings- år	Forfatter	NGU's publ.nr.	Pris for:	
				Kart m. beskr.	Kart uten beskr.
Landgeneralkart					
Målestokk 1:250 000					
Hattfjellidal	1925	J. Rekstad	124	Kr. 8,-	Kr. 7,10
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. 7,10
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,-	»
Ljørdalen	1958	G. Holmsen	206	» 6,-	» 4,-
Østerdalen	1960	G. Holmsen	209	» 12,-	
Oversiktskart					
Målestokk 1:1 000 000					
Berggrunnskart over Norge	1960	O. Holtedahl og J. A. Dons	208		» 25,-
Glacialgeologisk kart over Norge	1960	O. Holtedahl og B. G. Andersen	208		» 15,-
Gruver og malm- forekomster i Nord- Norge	1959	Arth. O. Poulsen	204 B		» 17,50

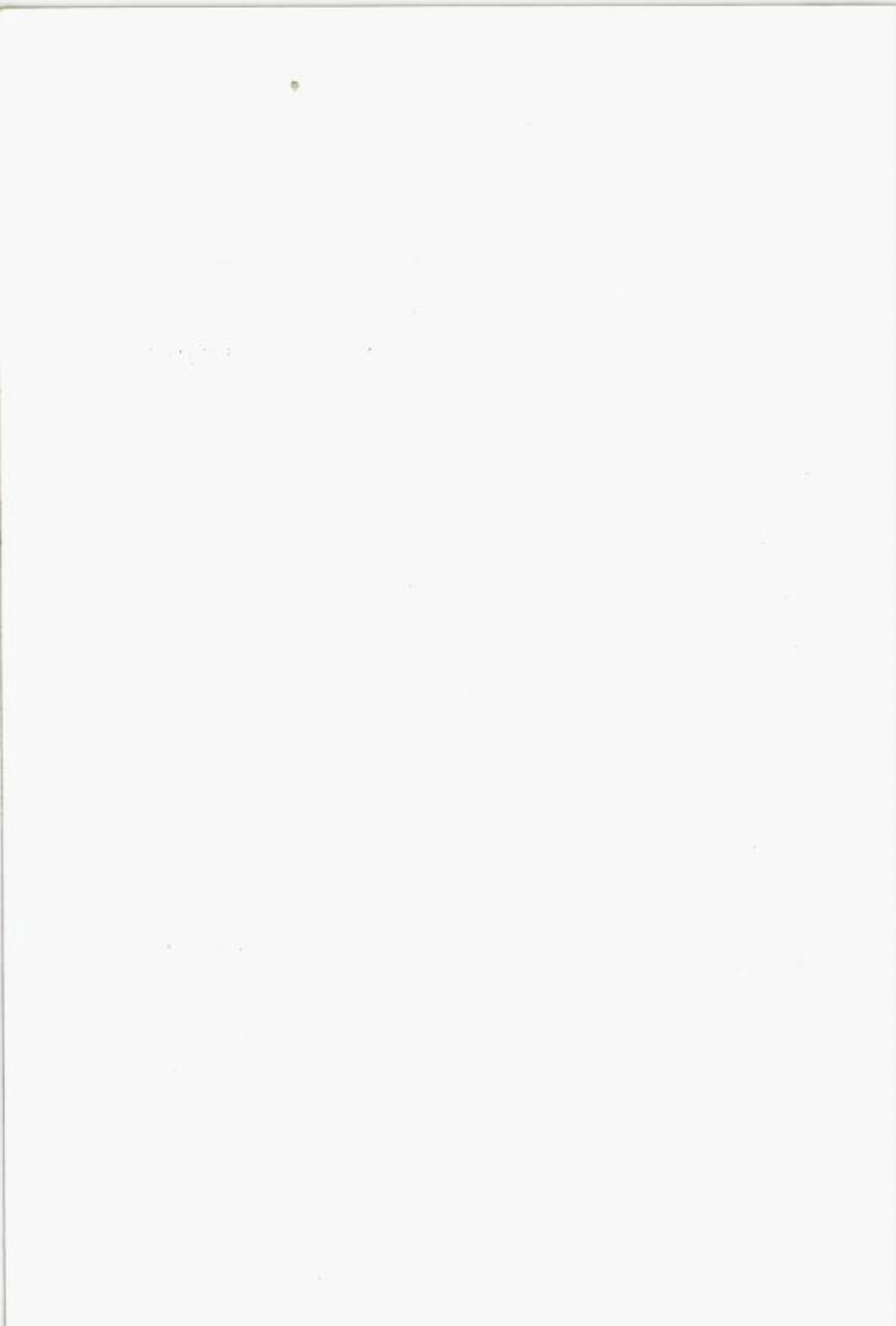
**Publikasjonene og kartene selges gjennom bokhandlerne.
Omsetningsavgiften er inkludert i de oppgitte priser.**

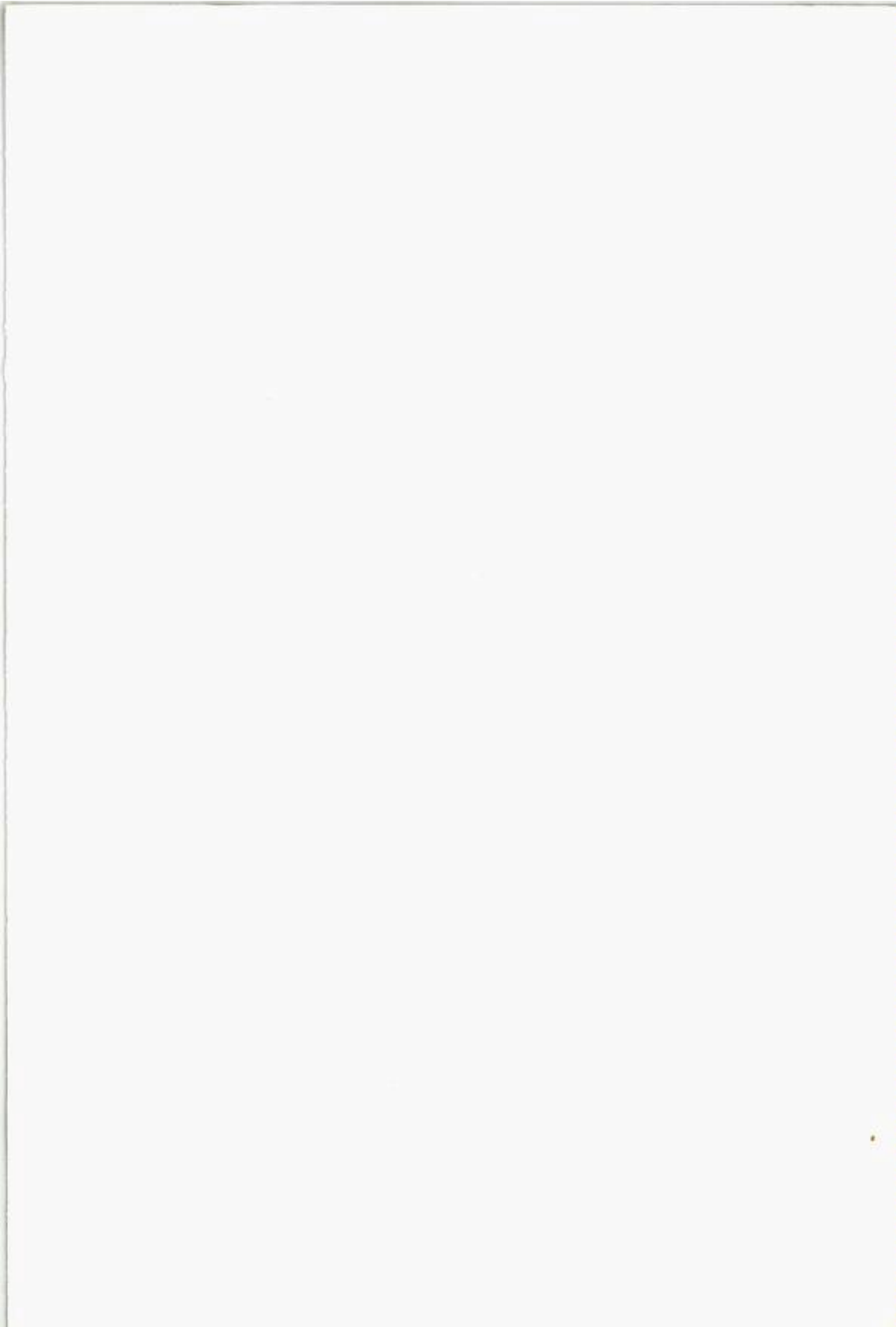
Følgende farge trykte geologiske kart er utsolgt:

	Trykningsår	Forfatter
Rektangelkart:		
Bergen	1880	Th. Hjortdahl, Th. Kjerulf og J. Friis
Eidsvold	1889	Ths. Münster, Th. Kjerulf og P. Krohn
Fet	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Gausdal	1891	K. O. Bjørlykke
Gjøvik	1884	Th. Kjerulf, P. Krohn og O. Hagen
Hamar	1884	Th. Kjerulf, Alfred Getz, P. Krohn, J. Vogt m.fl.
Haus	1880	Th. Hjortdahl og M. Irgens
Hønefoss	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Kristiania	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Levanger	1880—81	Th. Kjerulf og M. Bugge
Lillehammer	1899	Ths. Münster
Melhus	1897	Th. Kjerulf, M. Bugge, C. Schulz og J. Vogt
Meraker	1883	Th. Kjerulf, M. Bugge, O. Hagen m.fl.
Moss	1926	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Nannestad	1885	J. H. L. Vogt og T. Ch. Thomassen
	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	M. Bugge
Steinkjer	1883	Th. Kjerulf og M. Bugge
Stjørdal	1880—81	
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
Norge (Berggrunns- kart)	1960	O. Holtedahl og J. A. Dons

Ved henvendelse til Norges geologiske undersøkelse er det høve til å studere arkiv-eksemplarer av de utsolgte kartene.

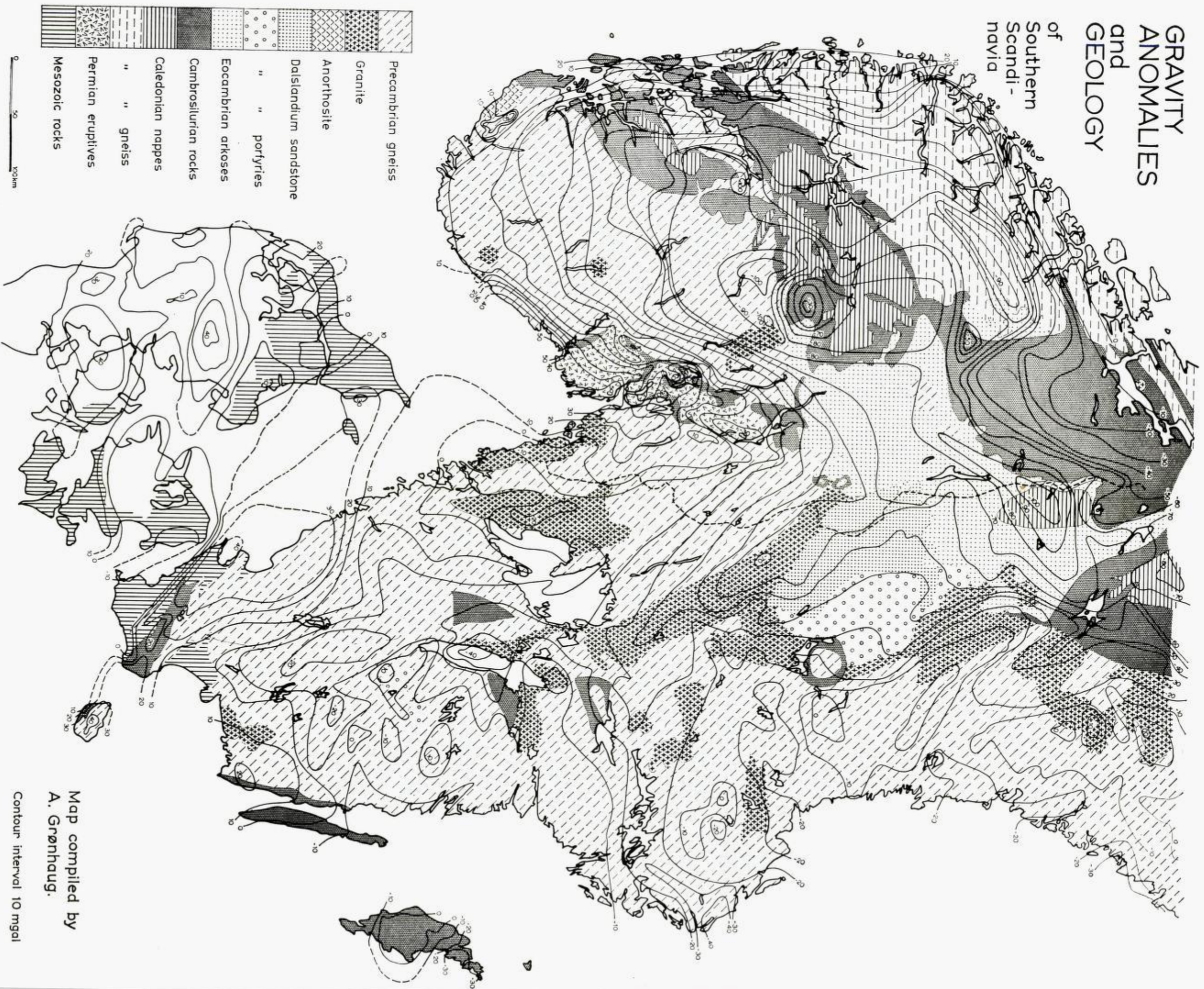
Papers in Norwegian marked with an (S.) after the title have summaries in English. Papers marked with (Z.) (Zusammenfassung) or (R.) (Resumé) have summaries in German or French, respectively.





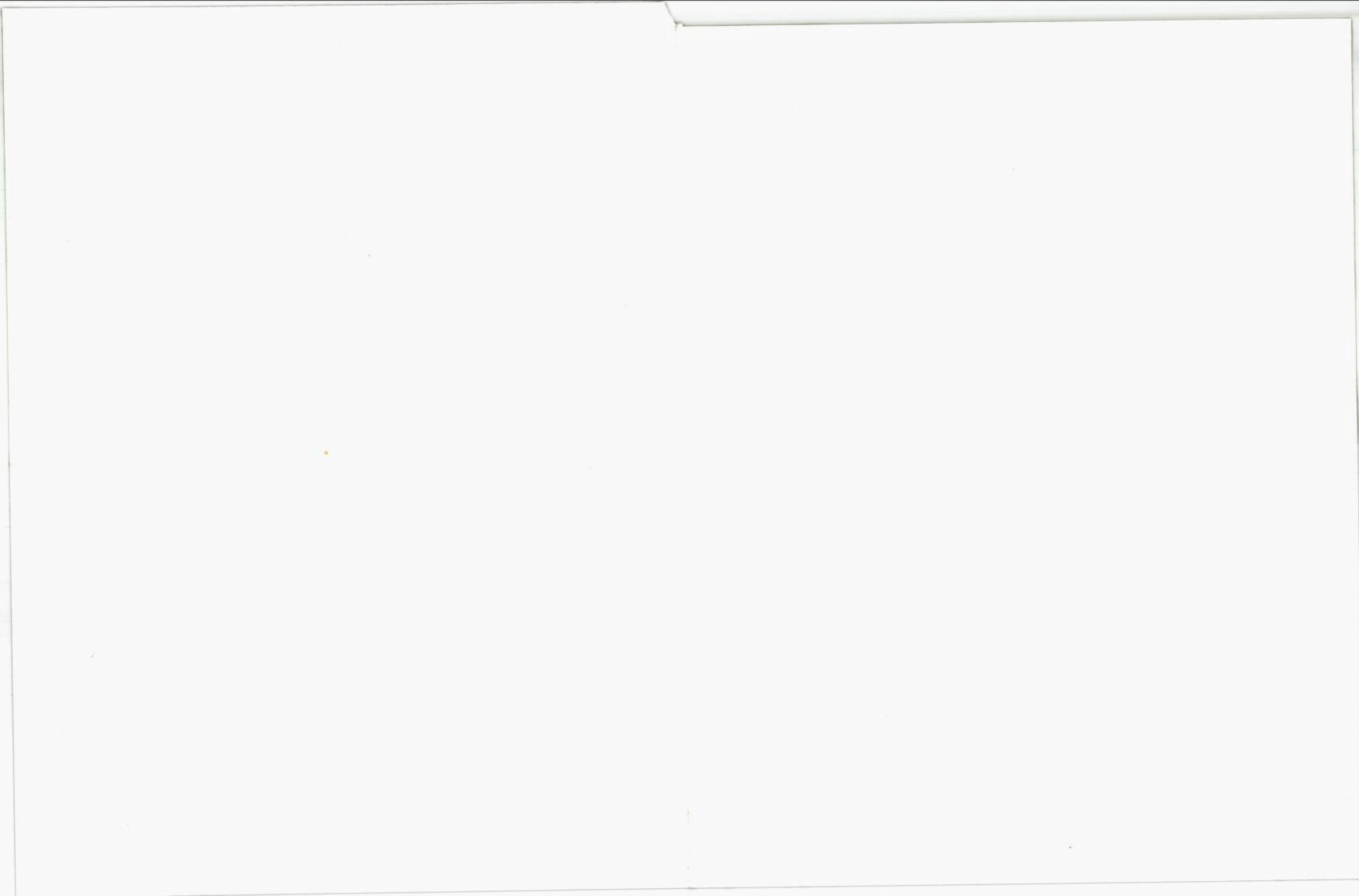
GRAVITY ANOMALIES and GEOLOGY

of Southern Scandi-navia



Map compiled by
A. Grønhaug.

Contour interval 10 mgal



Ultrabasisk biotittførende lamprofyrgang ved Skabberud, Stange

Med 2 tekstfigurer.

Av

Audun Hjelle

Abstract.

An ultrabasic dyke from the Precambrian area east of lake Mjøsa, South Norway, is described. The chemical and mineralogical composition of the dyke shows close relations to rocks of the alnöitic-missouritic group. Structural features seem to indicate a post-Lower Ordovician age of the dyke, and the close vicinity to the Oslo Area, makes a Permian age probable.

Grunnfjellet langs østsiden av Mjøsa ligger nær Oslo-feltet og yngre eruptivganger, gjennomsetter flere steder gneisene. Gangbergartene er vanligvis lite metamorfe diabaser, til dels med overgang til mænaittiske typer. Ved riksveien, 2,2 km N for Espa st. (fig. 1) finnes en gang som kjemisk og mineralogisk avviker endel fra de gangene som ellers er undersøkt i området (Hjelle 1960).

Gangen er observert i ca. 20 m skjæring i veien og ligger her tilsynelatende nesten flatt. Den omgivende bergart er plagioklasgneis og bruddstykker av denne finnes i den finkornete gangmassen nær ganggrensen. Undre begrensning av gangen er ikke synlig og mektigheten er derfor usikker. Synlig mektighet ved veien er ca. 4 m, og da gangen ikke er sett lenger vest mot jernbanen og Mjøsa, er total mektighet trolig under 10 m.

Teksturen i gangmassen er halvporfyrisk, med en fin til middelskornet grunnmasse av hovedsakelig plagioklas, amfibol og erts. I grunnmassen ligger fenokrystaller og bruddstykker av amfibol, pyroksen og olivin, samt fenokrystaller av biotitt. Rundaktige hulrom, helt eller delvis fyllt med kalkspat og epidot, er alminnelige. Tab. 1 viser modalanalyser, basert på tellinger i tynnslip. Slipene inneholder ikke fenokrystaller av biotitt og dette mineralet er derfor noe underrepresentert i tabellen. En del av mineralene, særlig kalkspat og kloritt, opptrer ofte i finkornete, vanskelige bestembare aggregater, og tabellen gir her bare omtrentlige verdier.

- Collette* 1960: The gravity field of the North Sea; Gravity expeditions 1948–58 V. 5, Netherlands Geodetic Comm., Delft.
- Holtedahl* 1933: Eine unterseeische Dislokationslinie ausserhalb der norwegischen Küste. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin.
- Holtedahl* 1933: Eine unterseeische Dislokationslinie ausserhalb der norwegischen mass in Cenozoic time. Geology of Norway, Norges geol. undersøkelse no. 208.
- Niskanen* 1939: On the upheaval of land in Fennoscandia, Publ. Isos. Inst. IAG no. 6, Helsinki.
- Nörsgaard* 1939: Einige Schwereverhältnisse in Dänemark. Geodætisk Inst. Medd. no. 2, København.
- Saxov* 1945: Some gravity measurements on the Island of Bornholm. Geodætisk Inst. Medd. no. 19, København.
- Schwinner* 1928: Geologische Bemerkungen zu den norwegischen Schweremessungen, Gerl. Beitr. z. Geophys. Bd. 19.
- Törnquist* 1910: Geologie von Ostpreussen, Berlin.
- Wideland* 1946: Relative Schweremessungen in Süd und Mittelschweden in den Jahren 1943–44. Rikets Almänna Kartverk, Medd. no. 9, Stockholm.