

# NORSK GEOLOGISK FORENING

## INNBYDELSE TIL ET LANDSMØTE I NORSK GEOLOGISK FORENING

Det har fra Bergen ved professor Niels Henrik Kolderup vært fremholdt at det vilde være ønskelig om foreningen kunde avholde enkelte større møter, eventuelt slå sammen to ordinære møter, for derved å gi de utenbys boende medlemmer anledning til å reise inn til Oslo for å overvære foreningens møter.

Styret er fullt ut enig i dette. Norsk geologisk forening er som navnet uttrykker ingen Oslo-forening. Foreningen er et forum for landets geologer, og foreningens viktigste oppgave bør være å arbeide for en samlet innsats i den geologiske utforskningen av Norge.

Vi har i lengere tid vært inne på tanken om å avholde et årlig geologmøte med ledsagende ekskursjon. Vi mente, at møtet skulde strekke sig over flere dager og avholdes på forskjellige steder av landet hvert år. Det viser sig nu, at det er stor interesse for saken. Styret har derfor utarbeidet følgende foreløpige plan for et årlig landsmøte i Norsk geologisk forening.

I steden for to av de fire ordinære møter i vårsemesteret arrangeres, hvis forholdene tillater det, et landsmøte i forbindelse med en geologisk ekskursjon. Landsmøtet varer i flere dager og avholdes hvert år på forskjellige steder av landet. Der holdes foredrag om emner, som fortrinnsvis er av generell interesse for fag-geologer. Gjennom diskusjoner vil de felles problemer bli belyst av et større antall av våre aktive geologer. Gjennom de årlige ekskursjoner vil medlemmene bli kjent med de geologiske forhold på forskjellige steder av landet. Landsmøtet vil innen vårt land ha de samme oppgaver som de Nordiske geologmøter har for Skandinavia, og landsmøtene kan betraktes som en naturlig forberedelse til slike møter i Norge.

Avholdelsen av landsmøter vil kunne by på visse økonomiske vanskeligheter, men styret håper, at det i fremtiden skulde kunne skaffes tilveie et beløp til delvis eller hel dekning av reiseutgifter for fag-geologer, som ikke på annen måte kan få sine reiseutgifter godtgjort.

Styret har diskutert muligheten for å avholde et landsmøte våren 1941. Under de nuværende forhold kan det by på visse vanskeligheter å arrangere en ekskursjon, men på den annen side mener vi, at det i år er av spesiell

betydning for geologene å kunne møtes og diskutere felles problemer. Styret har derfor funnet det riktig å avholde et landsmøte i Oslo i forbindelse med generalforsamlingen 11.—13. februar 1941. Tanken har vunnet tilslutning i Bergen og Trondheim, hvor flere av geologene har gitt tilsagn om å komme.

Der er ikke fastsatt noget endelig program for møtet, men vi har foreløpig tenkt at det skulde strekke sig over tre dager, slik at vi første aften hadde et åpningsmøte med foredrag, annen dag foredrag på Blindern (sannsynligvis et om formiddagen og et om eftermiddagen), tredje dag generalforsamling og avslutningsmøte med selskaperlig samvær. Hovedtemaet for foredragene er: Geologiske undersøkelser og kartlegninger i fjellkjedestrukturene. Sannsynligvis vil der også bli holdt et eller flere foredrag om andre emner.

Program for møtet vil bli sendt ut i god tid.

Oslo 12. desember 1940.

*Leif Størmer,*  
formann.

*Trygve Strand,*  
sekretær.

## LANDSMØTET 11.—13. FEBRUAR 1941

### MØTE TIRSDAG 11. FEBRUAR KL. 18

Til stede 31 medlemmer og 15 gjester.

Formannen ønsket deltakerne velkommen og refererte hilsnings-skrivelse fra Dansk geologisk Forening.

#### **Innvalg.**

229. Assistent, landbr.-kand. GUNNAR SEMB, Norges landbrukshøgskole, Ås.  
Etter forslag av H. Rosendahl og T. Strand.
239. Konservator, ingeniør KRISTOFFER KRISTOFFERSEN, Geologisk museum, Oslo 45.  
Etter forslag av I. Oftedal og L. Størmer.
231. Direktør WORM HIRSCH LUND, Jacob Fayes veg 2, Bygdøy.
232. Bergingeniør WORM LUND, A/S Sydvaranger, Kongens gate 5, Oslo.  
Etter forslag av A. Rosenlund og H. Smith.
233. Cand. real. BRIT HOFSETH, Fagertunvegen 4, Bestun.
234. Mag. scient. IVAN T. ROSENQVIST, Vegdirektoratet, Schwensens gate 6, Oslo.
235. Bergingeniør ARTHUR O. POULSEN, Niels Henrik Abels veg 31, Blindern.
236. Stud. real. GUNNAR HENNINGSMOEN, Observatorie terrasse 56, Oslo.
237. Cand. real. ROBERT MAJOR, Kirkevegen 68, Oslo.  
Etter forslag av T. Strand og L. Størmer.

**Foredrag.**

NIELS HENRIK KOLDERUP: **Trekk av Sunnhordlands geologi.**

I Sundhordland finner vi fire bygningsled:

1. Grunnfjellet i Folgefonnhalvøya og Skånevik.
2. De kambrisk-siluriske lagseriene.
3. Migmatittstrøkene i Haugarlandet.
4. Eruptivmassivet i Tysnes—Stord—Bømlo.

Grunnfjellsbergartene, migmatittene og eruptivmassivets bergarter står best mot nedbrytningen, og lager derfor det høyeste landet. De kambrisk-siluriske skifrene står mest langs med og i fjordene.

De viktigste verk om Sunnhordlands geologi er Reusch: Bømmeløen og Karmøen, Oslo 1888.

#### Grunnfjellet i Folgefonnhalvøya og Skånevik

kjenner vi dessuten fra undersøkelser av Thomassen, Rekstad og Odd Mortensen (upublisert).

I den vestlige delen er det eruptiver, granitter, granodioritter, gabbroer, olivingabbroer og serpentiner. Dessuten er det særlig i Skånevik en serie vulkanitter, både sure og basiske. Yngre diabasganger setter gjennom hele komplekset.

I den midtre delen finner vi gneiser, granittgneiser og eruptive breksier. Det er et migmatittområde.

Nordligst og østligst på Folgefonnhalvøya er det en del sedimenter, mest kvartsitter og konglomerater. Sammen med dem er det også lyse gneiser og amfibolitter.

Disse bergartene er rimeligvis Telemarkformasjonens vestligste utløpere i Sør-Norge. Struktur-retningene faller ikke sammen med de kaledonske. Og grensen mellom kambro-siluren og grunnfjellet viser tydelig diskordans de fleste stedene.

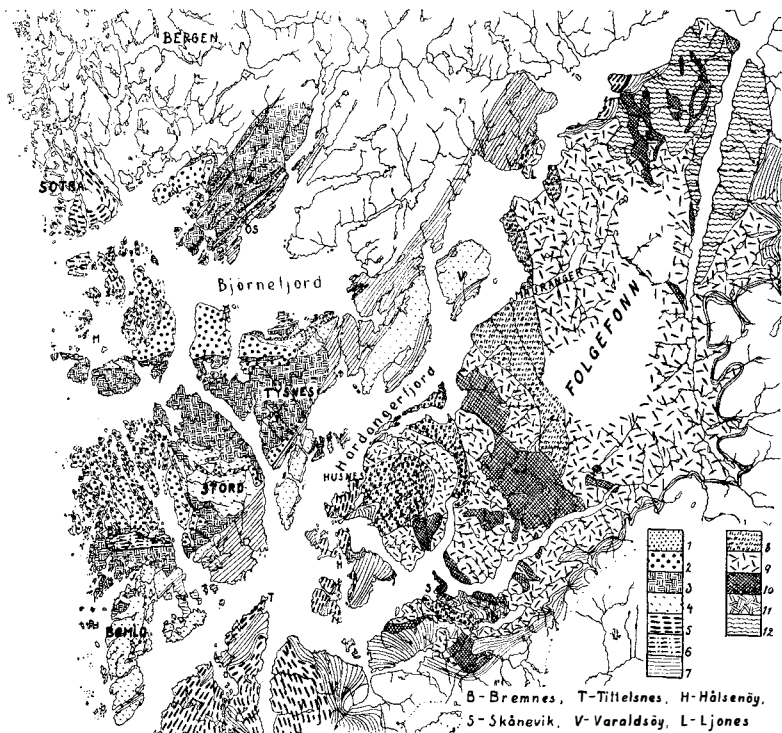
#### De kambrisk-siluriske lagseriene

er vel kjent fra Reusch's bok. Noe særlig nytt er ikke funnet siden. Det er alt overveiende glimmerskifer i forskjellige stadier. Det er dessuten en del kalkstein, og noen konglomerater, både grønt jaspiskonglomerat som svarer til Mobergkonglomerat og konglomerater av sure bergarter. Videre går adskillige vulkanitter, både sure og basiske, inn i lagseriene.

Skifrene er som regel svakt metamorfosert. Det fins nesten ikke granatskifer. Både Hardangerfjorden, Bjørnefjorden og det meste av Klosterfjorden er gravet ut i glimmerskifer.

#### Migmatittstrøkene i Haugarlandet

(som Reusch kalte Sveenhalvøen) er ganske sikkert et migmatittstrøk. Reusch's fine tegninger viser dette helt tydelig. Men det kan ikke være tvil om at det er et kaledonisk migmatittstrøk. Når en går fra glimmerskifrene, f. eks. nord på Tittelsnes, og sørover inn i gneisene, går en



- 1—7: Kaledon. 1. Trondheimitter. 2. Granitter. 3. Gabbroer. 4. Vulkanitter.  
5. Migmatitter. 6. Injeksjonsmetamorfe skifre innen eruptivmassivet.  
7. Kaledonske sedimenter, mest glimmerskifre. 8—12: Grunnfjell.  
8. Granodioritter. 9. Granitter og gneiser. 10. Gabbroer.  
11. Vulkanitter. 12. Sedimenter.

Målestokk: 1:1 000 000.

over gradvise overganger som skiller seg tydelig fra de skarpe formasjons-grensene på Folgefonnhalvøya. En kan følge med hvorledes injeksjonene gjør seg mer og mer gjeldende, hvorledes bergartene etter hvert blir til finkornede gneiser, og videre til granittgneiser og grove eruptive breksier. Haugarlandet ligger helt skilt fra grunnfjellet lenger øst. Det er for- modentlig det dypere partiet, som ligger mellom injeksjonsområdene i Stavanger-feltet i sør og Hålsnøy—Husnes i nord.

Eruptivmassiver i Tysnes—Stord—Bømlo, „Øerne udenfor Hardangerfjordens munding“ som det heter på Reusch's kart, er satt sammen av to granittfelter, to gabbrofelter, et vulkanittfelt og to flak av kambrisk-siluriske bergarter som er metamorfosert av eruptivene. Det er et meget vesentlig trekk at det nordligste granittfeltet

går kontinuerlig over i migmatittene lenger nord i Sotra og Øygaren, og at grensene mellom granittene og gabbroene overalt er uskarpe breksiegrenser, med granitten som det yngste.

#### Eruptivenes systematik.

Hvis vi forsøker å ordne eruptivbergartene i Sunnhordland inn i de tre kaledoniske stammene etter Goldschmidt, støter vi på store vansker.

En bredt anlagt sammenstilling av alle sikre kaledonske eruptiver i Sør-Norge, herunder også palingene eruptiver og vulkanitter, viser at det i all fall ikke er noen avgjørende hindring for å gruppere dem slik:

1. *De kaledonske intrusivers og effusivers stamme.* Til denne regner jeg både de grønne lavaers og intrusivers stamme og opdalitt-trondheimittstammen. Denne stammens bergarter ligger høgest i nivå, da mestedelen av bergartene er effusiver eller hypabyssiske intrusiver. De er også de yngste. En kan skille to grener i stammen, den natron-dominante og den kali-dominante.

2. *De store granittiske massivers stamme* er for en stor del palingene bergarter, hører i all fall til i stort dyp, og har sjelden effusive ekvivalenter som viser noen sammenheng i marken.

3. *Bergen—Jotunstammen* er også en abyssisk stamme, uten vulkanske bergarter. Den har to grener, en natron-dominant som vesentlig er de monomineralske anorthosittene, og en kali-dominant, som har jotunoritter, mangeritter, mangerittsyenitter og bjerkreimitter. Perthittiske feltspater er typisk for denne grenen.

I ordskiftet etter foredraget deltok L. Størmer, V. Goldschmidt, A. Bugge og foredragsholderen.

V. M. GOLDSCHMIDT: I anledning den genetiske inndeling av de kaledoniske eruptivbergarter, som professor Kolderup hadde anført, kan det bemerkes at trondheimitt-bergartene har karakteristiske trekk, som tyder på et kun hypabyssisk nivå, nemlig den sterkt utpregede og ofte rekurrente sonarbygning av plagioklasene. En sammenfatning av en rekke eruptivbergarter, som regel tydelig kali-betonte bergarter, til en egen stamme fra meget dypt nivå, vilde omfatte stort sett de grupper av bergarter, som i 1916 blev sammenfattet under betegnelsen „bergarter av ennu ukjent stamme-samband“, nemlig eruptivene fra Hitra og Smøla, øiegneisene omkring Trondheimsfeltets sparagmiter (inklusive tilhørende rapakivgranitter), en del av de mere kalirike granittiske bergarter i Stavangerfeltet, og de framskjøvnne plater av sure eruptiver i høg fjellet. Tydningen av disse framskjøvnne bergarters alder kunde da løses på en måte, som forener begge de eldre standpunkter, nemlig som rejuvenerte, framskjøvnne grunnfjellsbergarter. Særlig interessant er Kolderups resultater om migmatitter og injeksjonsbergarter på Haugesundshalvøya. De sydlige utløpere av dette område er på Stavangerkartet av 1920 tydet som grunnfjell, men observasjonene kan meget vel forenes med Kolderups tydning og denne gir et langt bedre tektonisk helhetsbillede ved at den store

foldningsgrøft fortsetter sydover i Haugesundshalvøyas injeksjons-sone. Det ligger da nær å anta, at også det formentlige grunnfjell vest for Stavanger, i Tananger, kunde tilhøre samme injeksjons-sone, likeledes en del bergarter på Jæren. Kalksteinsdraget ved Klep på Jæren, med tilgrensende grønne silikatbergarter kunde utmerket godt passe som en sydlig fortsettelse av Stavanger-feltets grønne bergarter med kalkstein. Det vilde være meget velkomment, om det fra Bergens museum kunde igangsettes inngående undersøkelser i disse sydligste områder av den kaledoniske fjellkjede i Norge.

**TOM. F. W. BARTH: Litt om Sørlandets anorthositer.**

I mange år har jeg samlet materiale fra det store anorthositområde ved Egersund for om mulig å komme under vær med den egentlige mekanisme ved anorthositenes opståen. Man har jo alltid gått ut fra, at de var eruptive bergarter; og da er vi straks ved spørsmålet om hvordan det tilsvarende magma var sammensatt. Allerede dette er et problem som ikke er lett å løse. En anorthosit består jo nesten utelukkende av plagioklas; det er en monomineralsk bergart, og da smeltepunktet for plagioklas ligger høgt, måtte et magna av samme sammensetning også ha et høgt smeltepunkt. For å få temperaturen av anorthositmagmaet trykket ned til en verdi, som kan stemme med andre geologiske iakttagelser, er det derfor nødvendig å postulere en tilblending av store mengder vann eller andre flyktige bestanddeler.

Så er det en ting til: anorthosit-feltspaten i Sør-Norge er en andesin med 40—45 An, men den er ikke i likevekt med en smelte av samme sammensetning. Tvertimot, smelten i likevekt med denne plagioklas vilde holde bare 10 An. Det er således en meget Na-rik smelte, som vilde svare til det restmagma, som blev igjen efter at anorthositen var krystallisert ut.

Imidlertid opptrer anorthositene aldri alene. Fra alle kjente forekomster viser det seg, at de er geografisk assosiert med bergarter av syenitisk, mozonitisk, eller granodioritisk sammensetning. Det har da videre vært antatt, at disse alkali-rikere bergarter er genetisk beslektet med anorthositene, og at de representerer derivater fra et felles stammagma.

Det eneste anorthositområde som har vært skikkelig undersøkt er imidlertid den meget store bergartsprovins i Adirondacks. Robert Balks (1) undersøkelser her er meget fullstendige og verdifulle og har ført til en plausibel forklaring på de petrogenetiske forhold: Et oprinnelig dioritisk magma beveget sig opover i jordskorpen. I likevekt med dette magma, og suspendert i det, var store mengder av plagioklaskrystaller og mindre mengder av mørke mineraler. Gjennom meget lange tidsrom utskiltes derved fra magmaet 3 forskjellige bergartstyper: gabbro, anorthosit, syenit. Gabbro og anorthosit kan derved forklares som krystaldifferentiat (akkumulasjoner av faste mineraler), mens syeniten må betraktes som moderluten eller rest-magmaet.

Det er mange iakttakelser som viser, at denne antakelse er riktig, men jeg kan ikke gå nærmere inn på dem her. Jeg vil bare nevne, at etter at jeg hadde studert Adirondacks-området og personlig var blitt overbevist om det korrekte i Balks forklaring, mente jeg selvfølgelig, at noe lignende måtte gjelde for anorthositområdet ved Egersund.

Men det er dessverre ikke så enkelt.

Jeg skal nevne en del ting som ikke stemmer med en slik antakelse:

(1) Forholdet mellom anorthosit og omgivende bergart.

Omkring hele anorthositområdet ligger der bergarter av granodioritisk type. Disse granodioriter kunde altså tenkes å representere en slags moderlut eller et rest-magma, hvorfra anorthositene krystalliserte sammen med de beslektede noriter og gabbroer. Men i motsetning til forholdet i Adirondacks er det på Sørlandet intet, som direkte tyder på noe slektskap mellom anorthosit og omgivende granodiorit. I Adirondacks kan en se hvordan enkelte plagioklas-krystaller har skilt seg ut fra hovedanorthositen og er ført langt utover i syeniten — overgang mellom anorthosit og syenit finnes også. Dette er helt annerledes i Syd-Norge; her er alltid en konform grense mellom anorthosit og granodiorit, men grensen selv er helt skarp, knivskarp, og aldri finnes der anorthositplagioklas inne i granodioriten. Hvis granodioriten hadde vært moderlut til anorthositen, skulde det jo være rart om ikke en eller annen av anorthositens krystaller hadde blitt igjen.

(2) De veldige dimensjoner av enkelte av anorthositens krystaller.

Anorthositen er ofte svært grovkrystallinsk, nevestore og hodestore krystaller er ikke sjeldne — på ett sted, hvor bergarten var særlig grov, har jeg iakttatt krystaller på 110 cm lengde. Karakteristisk for disse krystaller er, at de er temmelig homogene — zonarbygning finnes meget svakt utviklet. Man kan tenke sig hvad det vil si, at en plagioklas på over en meters lengde ikke viser zonarstruktur — det betyr at mineralene må ha krystallisert ut av smelten overordentlig langsomt; under nesten isothermiske betingelser må de i overordentlig lange tidsrom, uten bevegelser, ha vært i kontakt med den granodioritiske smelte — og så plutselig må krystaller og smelte være blitt skilt fra hinannen så effektivt, at det ikke blev en krystall igjen i restsmelten og ikke så meget som noen dråper av restsmelten igjen blandt de utskilte krystaller.

(3) Udeformerte porfyriske krystaller i en skifrig grunnmasse.

Anorthositen har på svært mange steder en utpreget foliasjon, somme steder er den skifrig, somme steder sogar rent mylonitisk. Porfykrystaller som ikke er mekanisk deformert har jeg funnet i en sterkt presset, mørk anorthosit. Porfykrystallene er da vakkert utformede, blåaktige eller hvite andesiner, som ligger i en grunnmasse

av helt gneislignende karakter. Det ser derfor her ut, som om disse store andesinkrystallene ikke er egentlige porfyrkrystaller (dannet ved tidlig utkrystallisasjon), for da måtte jo de i minst like høy grad som grunnmassen være deformert — de ser mere ut som porfyrblaster, altså metamorfe dannelser som vokste fram ved omkrystallisasjon av den gneislignende grunnmasse.

#### (4) Foldninger i anorthositen.

Jeg har nevnt, at anorthositen på svært mange steder viser foliasjon — alltid er dette tilfelle i de perifere deler hvor foliasjonen helt lovmessig stryker parallelt med grensene. Men på noen steder midt inne i området viser foliasjonen foldningsstrukturer, og en slik fold kan være omgitt av en helt massiv bergart. Det er vanskelig å skjønne, hvordan dette kan foregå, hvis ikke bergarten på en eller annen måte har gjennomgått en omkrystallisasjon.

#### (5) Ganger av anorthosit i anorthosit.

Ganger av anorthosit er ifølge litteraturen praktisk talt ukjente. Det er blitt satt i forbindelse med at et „anorthosit-magma“ ikke skulde finnes. Det er derfor av meget stor interesse, at ganger av anorthosit på Sørlandet slett ikke er så sjeldne. Slike ganger blev først iaktatt av C. F. Kolderup (2), de er ikke av granodioritisk sammensetning, men er ekte anorthositiske; de består nesten bare av plagioklas, men plagioklasen er noe surere enn den som finnes i anorthositmassivene. Slik som de optrer i feltet skulde man tro at disse ganger måtte representere det restmagma som anorthositen kom fra. Rent kjemisk sett synes dette også rimelig. Men da skulde altså ikke granodioritene omkring ha noe å gjøre med anorthositene.

#### (6) Kjemi.

En bearbeidelse av kjemiske analyser av anorthositer med tilhørende ganger, noriter og gabbroer på den ene siden, og omliggende granodioritiske bergarter på den annen side, synes ikke å tyde på noe særlig slektskap dem imellom. Anorthositene med tilhørende bergarter ligger for seg selv, skilt fra alle de forskjellige granodioritiske bergarter.

#### (7) Ganger utenfor området.

Hvad jeg hittil har sagt om anorthositene, vanskeliggjør en genetisk forklaring. Det kunde nesten tyde på, at anorthositene var metamorfe og ikke eruptive. Ikke minst gåtefulle er anorthositgangene; for en gang kan man jo vanskelig tenke seg dannet på annen måte enn ved, at et magma blev intrudert i en sprekk — altså tvinges man herved til å anta eksistensen av et anorthositmagma. Og nu viser det seg, at der også på andre steder i Syd-Norge finnes ganglignende anorthositforekomster, som muligens kan kaste mere lys over dannelsesprosessen.



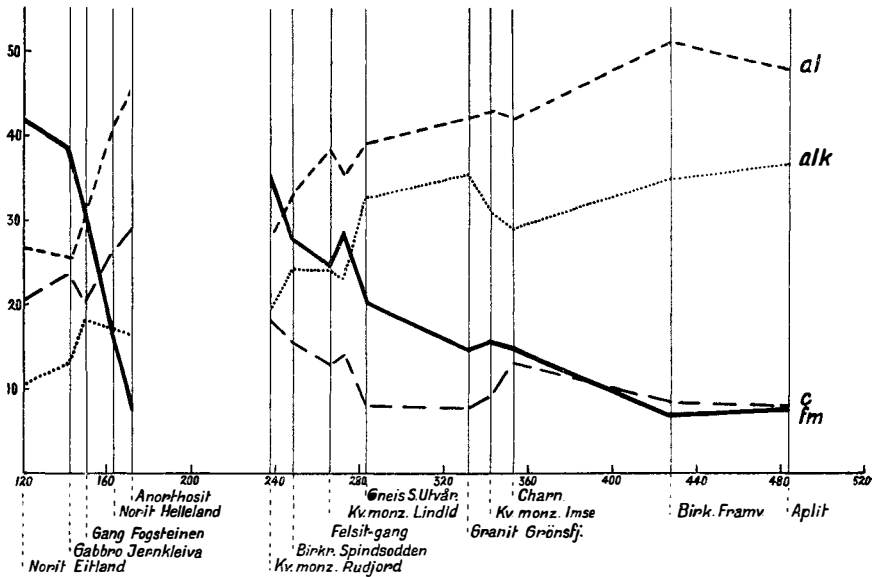


Fig. 1. Variasjonsdiagram for anorthositer og omgivende bergarter. Niggli-verdiene *al*, *fm*, *c*, *alk* er avsatt langs ordinataksen, *si* langs abscisseaksen. Det er tydelig at anorthositene med tilhørende noriter, gabbroer og ganger danner en gruppe for seg til venstre i diagrammet, mens de surere, omgivende bergarter danner en annen gruppe til høire i diagrammet.

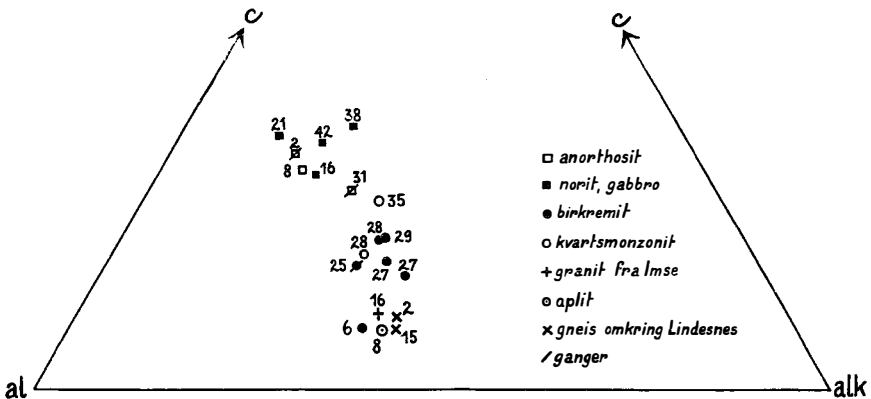


Fig. 2. Grafisk framstilling av analyseverdiene for anorthositer og omgivende bergarter. Projeksjonstriangelns hjørner representerer verdiene *al*, *c*, *alk*, tallene ved projeksjonspunktene angir den tilhørende *fm*-verdi.

På østsiden av de kaledonske eruptiver finnes der på enkelte steder irregulære masser av anorthosit som ofte er trukket ut til ganger som intruderer sidebergarten parallelt med skifriheten, altså som lagerganger. En slik gang fra Fron har W. Werenskiold (3) beskrevet. Den består av labrador og hypersthen. Gangmidten er en meget pen og massiv bergart, men langsefter grensen er den meget skifrig, ofte mylonitisk, og krystallene er her dradd ut og er sterkt deformerte. I denne grensezone ser bergarten ut som en snehvit taksifer. De mørke mineraler, som delvis optrer meget sparsomt, er mest hypersthen, men langs efter grensen er de forandret til klorit. Hele strukturen hos disse anorthositgangene viser at de må ha vært flytende under intrusjonen. Men temperaturen må ha vært lav, for noen kontaktvirkning på sidesteinen (som ofte er fyllit) kan ikke spores, frasett dannelsen av klorit. Vann er det eneste agens, som jeg kan tenke mig var istand til å trykke temperaturen av gangmagmaet til en så lav verdi, at det blir geologisk forståelig. Intrusjonsmekanismen synes derfor i dette tilfelle å kunne være slik som H. H. Hess (4) har antatt for enkelte dunit- eller serpentin-intrusjoner. For peridotit-intrusjoner har R. B. Sosman (5) kunnet påvise en intrusjonstemperatur på under  $600^{\circ}$ , men hvordan man skal forklare, at en bergart med peridotitens sammensetning kan intruderes ved så lav temperatur, er et problem, som må studeres ved laboratorie-eksperimenter.

Nærmere de centrale deler av den Kaledonske fjellkjede forekommer ganger og irregulære masser av en eiendommelig snehvit bergart som består av zoisit og albit. Prof. Holtedahl og jeg fant en slik gang ved Drivstuen, og stud. real. Hans Holtedahl fant et par slike forekomster lengere vest i Opdal. Kjemiske analyser av disse gangbergarter er, frasett det høyere vanninnhold, identiske med analyser av anorthosit, og de forekommer på samme måte som anorthositgangene f. eks. i Fron. Det er derfor rimelig å anta, at zoisitgangene representerer tidlig kaledonske eller pre-kaledonske ganger, som senere blev metamorfosert i grønskiferfacies under den kaledonske fjellkjedefoldnings tid. Det er neppe tvil om, at labrador under slike forhold vil omdannes til zoisit og albit.

Det store, uløste spørsmål er igjen, hvordan den oprinnelige anorthositgang kunde intruderes — for hvis den oprinnelige gangbergart krystalliserte ved lav temperatur fra et vandig magma, så burde man ventet zoisit dannet primært istedenfor labrador.

Jeg kan derfor bare slutte med å uttale, at anorthositganger, både friske og i omvandlet skikkelse, slett ikke er så sjeldne her i Norge — men hvordan man skal forklare deres dannelse, er for meg ennå en gåte.

#### Litteratur.

1. Balk, R.: Structural Geology of the Adirondacks Anorthosite, Min. Petrogr. Mitt. 41, 1931, s. 308—434.
2. Kolderup, C. F.: Die Labradorfelse des westl. Norwegens I, Bergens mus. årb. 1896, Nr. 5.

3. Werenskiold, W.: Et par gangbergarter fra strøket om Otta, Norsk geol. tidsskr., 3, 1916, s. 56—58
4. Hess, H. H.: A Primary Peridotite Magma, Am. Jour. Sci. 35, 1938, s. 321—344.
5. Sosmann, R. B.: Evidence on the Intrusion-Temperature of Peridotites, Am. Jour. Sci. 35 A, 1938, s. 354—359.

**ANDERS KVALE: Petrografisk-tektoniske undersøkelser i fjellkjeden mellom Bergens-buene og Voss.**

Det undersøkte område utgjør gradteig B 33 Aust, Bergsdalen, som ligger øst for gradteig Bergen. Her møtes Bergens-buene, foldningsgrøften og den sydlige del av den såkalte nordvesttavle, som tidligere blev ansett for grunnfjell.

Undersøkelsene faller i tre grupper: 1. petrografiske, 2. makro-tektoniske (strukturundersøkelser i feltet efter Cloos' metode), 3. mikro-tektoniske (undersøkelser over mineralkornenes orientering i orienterte tynnslip efter Sanders metode). Det tektoniske materiale fra de første tre års undersøkelser blev med stipendium fra Statens Forskningsfond av 1919 bearbejdet under vejledning av professor Ernst Cloos i Baltimore, U. S. A.

1. Petrografiske undersøkelser. I den største del av feltet faller bergartenes planstruktur mot SO. De dypeste nivåer finnes derfor i NV, de høyeste nær det SO hjørne. Bergartene kan regionalt og tektonisk inndeles i fire grupper:

a. I det dypeste nivå i NV er bergartene ensartede grå gneiser, typiske migmatitter. Sammensetningen er granittisk, til dels granodiorittisk.

b. Den neste gruppe ligger over migmatittene og under de kambro-ordovisiske glimmerskifer. Den består av omvandlede sedimenter og eruptiver. Sedimentene er vesentlig kvartsitt med litt kvartsskifer og konglomerat. Diagonallagning og bølgeslagsmerker er funnet. Av glimmerskifer finnes enkelte soner, de fleste er allochtone. Den optrer delvis i 1—10 m tykke striper, som til dels kan følges sammenhengende over flere mil. To slike striper går fra Vaksdal til Eksingedalen, hvor de forer sig med hovedsonen av glimmerskifer som kommer fra Sogn. Disse to striper danner skillet mellom migmatittene og bergartene over. De har fungert som skyvesoner for de store overskyvninger som har foregått i disse strøk.

Av eruptiver optrer både basiske og sure, både dagbergarter og dyppergerarter. Dagbergartene er finkornige amfibolitter, omvandlede kvartsporphyritter og omvandlede kvartsporfyre. De tilsvarende dyppergerarter er saussurittgabbro, kvartsdioritt og granitt. De to første er eldre enn de tilsvarende dagbergarter og eldre enn kvartsittene, men er ikke funnet i kontakt med kvartsporfyren. Granitten er yngre enn alle de øvrige bergarter, men sender aldri ganger inn i glimmerskiferen.

c. Over denne gruppe ligger foldningsgrøftens glimmerskifer. En forholdsvis mektig sone kommer inn fra Vossetrakten i kartets NO hjørne, går mot SSV, senere V og NV og forsvinner i sjøen ved Vaksdal. Den

blir smalere etter hvert. De siste 10—12 km er den slitt helt av og finnes bare stykkevis. Den dominerende bergart er kvarts-muskovitt-biotittskifer, sjelden med granat, undtakelsesvis med litt albitt eller oligoklas.

To andre felter med glimmerskifer og andre kaledoniske bergarter finnes i kartets SV og SO hjørne. I SV ligger Samnanger-feltet av ytre Bergensbue og i SO kommer inn det vi kan kalle Norheimsund-feltet, den nordligste del av Sunnhordlands kaledoniske sedimenter. De to felter har samme bergarter, nemlig glimmerskifer, grønskifer, polygent konglomerat, kvartsporfyrr, trondheimitt, saussurittgabbro og serpentin, altså temmelig forskjellige fra den første glimmerskifersone.

d. Over de tre felter av kaledoniske glimmerskifer og andre bergarter kommer en gruppe bergarter som ligger sterkt på den over migmatittene. Alle dennes bergartstyper gjenfinnes her, men gjennomgående mindre metamorfe. Denne fjerde gruppe svarer til høgfjellsetasjonen i det centrale Norge og henger sammen med den omtrent uten avbrytelse. Den annen, gruppe som ligger over migmatittene, er en del av høgfjellsetasjonen som er presset inn i glimmerskifrene og ikke over dem.

Aldersbestemmelsen byr på vanskeligheter. Glimmerskifrene med tilhørende effusiver og intrusiver er sikkert kaledoniske, overveiende ordoviciske. Migmatittene har fått fjellkjedens strukturetninger og må uten tvil være kaledoniske. I de to skyveflak av høgfjellsserien viser granittene sammenheng med migmatittenes granitter og er sikre kaledoniske. Det samme gjelder kvartsporfyrene. De andre bergarter er ulike de kaledoniske bergartene en kjenner fra Vestlandet og viser likhet med Telemark-formasjonen. Men diskordans mot kvartsporfyrene er kun funnet to steder, og den er ikke så sterk at den beviser en prekambrisk alder. Derfor er det mest sannsynlig at de er kaledoniske.<sup>1</sup>

I så fall må de opfattes som strand- og gruntvannsdannelser, en mellomting mellom fastlandseffusivene i det indre av Stord og glimmerskifrene med deres undersjøiske vulkanitter.

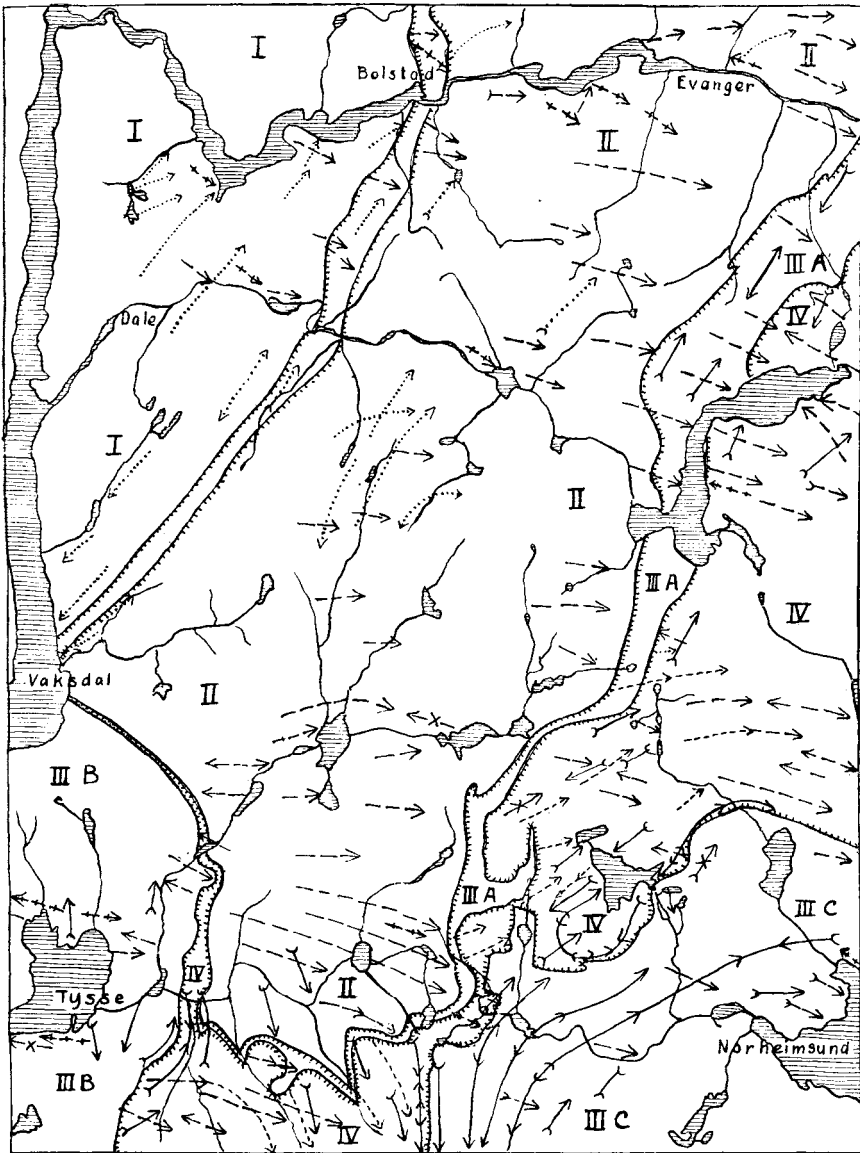
<sup>1</sup> Anm. januar 1942. Under feltarbeidet sommeren 1941 blev i det sikre grunnfjellsområde ved Eide i Hardanger funnet kvartsporfyritt og kvartsdioritt identiske med dem i skyveflakene. Dette gjør det overveiende sannsynlig, at skyveflakenes bergarter (undtatt granitt og kvartsporfyrr) er prekambriske. Kvartsporfyrene må da opfattes som vesentlig intrusive.

Tegnforklaring til strukturkartet på omstående side.

I Migmatitter. II Undre skyveflak. III A Glimmerskifer mellom skyveflakene. III B Samnangerfeltet. III C Norheimsundfeltet. IV Øvre skyveflak

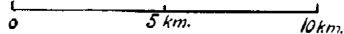
1. Strekning. 2. Foldningsakser. 3. Skjæringslinjer mellom skifrighet og kruskløiv. 4. Glidestriper. 5. Parallell skyvefronten. 6. Parallell skyveretningen. 7. Parallell avbøiet skyveretning. 8. Parallell fjellkjedens retning.

Pilespissene viser linjestrukturenes fallretning. Nr. 1—4 viser symbolene for de fire linjestrukturer når de er parallelle skyvefronten. Nr. 5—8 viser symbolene for strekning parallell de forskjellige retninger. Alle linjestrukturene 1—4 kan ha retningen 5—8. Symbolene blir da kombinasjoner av de to rekker.



- |         |             |             |           |
|---------|-------------|-------------|-----------|
| 1. ———→ | 2. >——→     | 3. —x——→    | 4. +++++→ |
| 5. ———→ | 6. - - - -> | 7. - - - -> | 8. ·····→ |

———— Skyveplan



2. Makrotektoniske undersøkelser. De strukturelementer som har vært undersøkt kan inndeles i planstrukturer, linjestrukturer og sprekkesystemer. Vi skal se på dypbergartene (plutonene) for seg og de andre bergarter for seg, og begynner med de siste.

*Planstrukturen* i disse bergarter er alltid sekundær i den forstand at dens nuværende tilstand skyldes metamorfose. Men i alle bergarter undtatt glimmerskifrene følger den bergartens primære planstruktur praktisk talt overalt hvor det kan kontrolleres. I glimmerskifrene er lagningen som regel forsvunnet. Hvor den finnes er den enkelte steder parallell skifriheten, andre steder blir den skåret av den. Sannsynligvis er skifriheten parallell akseplanet for en foldning. Planstrukturen er stort sett parallell i alle bergarter over største delen av feltet, med fall mot SO og OSO.

En egen type av planstruktur, fracture cleavage, eller kruskløiv, som Reusch kalte den, er adskillig utbredt. I motsetning til skifrihetsflater har det i den ikke foregått nogen nydannelse av mineraler, men eksisterende mineraler, særlig glimmere, er til en viss grad bøiet inn i den. Overalt hvor det kan kontrolleres er kruskløiven i dette felt parallell akseplanet for en foldning.

*Linjestrukturen* kan deles i fire typer: strekning, foldningakser, skjæringslinjer mellom skifrihet og kruskløiv, og glidestriper. Strekning viser sig ved strekning av konglomerater, ved parallellordning av mineraler, eller ved stripning på skifrihetsflater uten at man kan se en parallellordning av mineraler. Også i kvartslinser kan en se slik stripning, hvis retning faller sammen med strekningen av bergarten omkring den. Kvartslinser kan vise en eldre strekningsretning etter at den er ødelagt i selve bergarten, og de har vært til stor hjelp i arbeidet med å bestemme utbredelse og relativ alder av de forskjellige strekningsretninger. Skjæringslinjene trer fram som små rifler på skifrihetsflaten, og er synlige selv om en ikke kan se den kruskløiv som svarer til dem. Glidestripen tilhører i regelen en senere fase av deformasjonen enn de andre linjestrukturere, og er derfor meget viktige for utforskningen av feltets deformasjons-historie. En annen fordel er, at de viser den lokale bevegelsesretning.

Linjestrukturere er de viktigste for forståelsen av feltets tektonikk. På strukturkartet er de fire typer avsatt med forskjellige symboler (1—4). Nærliggende observasjoner er forbundet med linjer for å lette oversikten. Strukturkartet var til å begynne med temmelig broget. Men det lyktes å utskille fire grupper som er merket med forskjellige symboler (5—8). Først må dog nevnes litt om sammenhengen mellom linjestrukturen og bevegelsesretning.

På dette punkt er tektonikerne ikke enige. Sander, som har arbeidet mest med spørsmålet, hevder på grunnlag av erfaringer fra Alpene, at linjestrukturen som regel dannes loddrett bevegelsesretningen. Undertakelser er rent lokale, som f. eks. de fleste glidestripen. H. Cloos hevder at linjestrukturere også må kunne dannes parallelt bevegelsesretningen, og henviser til den kaledoniske fjellkjede i Skandinavia. Her

optrer ved siden av NO retningen en OSO retning, med strekning og foldningsakser parallelle retningen for de store overskyvninger. Th. Vogt har antatt at de er dannet under selve skyvingen parallelt dennes retning.

I det følgende skal vises at disse hypoteser ikke strekker til for å forklare linjestrukturere på gradteig Bergsdalen. Vi skal se litt nærmere på de fire grupper av linjestrukturer.

a. I kartets SO-del danner en skyvefront<sup>1</sup> grensen mellom høgfjellsetasjen og den underliggende glimmerskifer — grønskiferavdeling. Når denne skyvefront er bergarten på begge sider intenst foldet med akser, skjæringslinjer og delvis strekning parallelt frontens lokale retning.

b. Hist og her sees en retning OSO, som er foldet etter akser parallelt skyvefronten og følgelig er eldre enn denne. NV-over fra skyvefronten blir retningen OSO sterkere og etter hvert enerådende. Rullestener med dimensjoner ( $100 \times 3 \times 1$  cm) o. lign. viser at strekningen har vært meget intens. Denne strekning optrer i begge skyveflak og i glimmerskiferen mellom dem uten å forandre retning. Altså kan den ikke være eldre enn skyvingen. Forholdene ved skyvefronten viser at den er eldre enn foldingen med akser parallelle fronten. Den eneste mulige løsning blir at denne strekning er dannet under skyvingen parallelt dennes retning.

c. Den tredje gruppe optrer i høgfjellsetasjen i kartets SO-del. Her er høgfjellsetasjen et stykke meget smal, men blir bredere til begge sider. Den nevnte linjestruktur viser jevn avbøining fra OSO til henholdsvis S og ONO og blir tilnærmet parallell skyvefronten. Dette kan forklares slik: Hvor skyvedekket er minst og fronten ligger lengst tilbake, må skyvingen ha stanset først, mens den fortsatte på begge sider. Massene bak dette punkt blev fortsatt drevet framover, men blev tvunget til å forandre retning, inn i de tunger hvor bevegelsen fortsatte. En ny linjestruktur blev dannet parallelt disse avbøide skyveretninger. Disse retninger blir til dels parallelle skyvefronten, og da er det vanskelig å holde dem ut fra de retninger som er dannet langs denne. Et kriterium er det at den avbøide skyveretning framtrer vesentlig som strekking, mens det langs skyvefronten vesentlig har vært folding. Men selv om de to linjestrukturere enkelte steder kan falle sammen i retning, så viser forholdene andre steder at det virkelig er to strukturer med forskjellig opprinnelse.

Langs høgfjellsseriens grense mot Bergens-buene finner vi de samme forhold som langs SO-grensen: en eldre strekning omkring O til OSO,

<sup>1</sup> Skyveflak er en skjøvet bergartsmasse.

Skyveplan er en grenseflate for et skyveflak (i regelen ikke noen plan flate). Skyvefront er forreste grense av et skyveflak, altså ikke hvilken som helst skjæringslinje mellom et skyveplan og jordoverflaten. Slike skjæringslinjer er på kartet kalt skyveplan. Av skyvefronter er det to på kartet, nemlig mot Norheimsundfeltet i SO og mot Samnangerfeltet i SV, hvor forholdet for øvrig kompliseres av Bergensbuene.

som er foldet med akselinjer parallelle grensen. Nærmest grensen følger foldningen den slavisk, lenger fra blir akselinjene jevnere og foldene svakere. Langs det meste av grensen faller høgfjellsserien inn under Bergensbuene. Det kan tyde på at etter at høgfjellsseriens bevegelse var stoppet op, blev buene presset mot den og delvis over den. Men da det ikke foreligger detaljerte strukturundersøkelser over Bergens-buene, blir dette nærmest en gjetning.

d. Migmatittene har meget god strekning med retning NO, altså parallell fjellkjedens hovedretning. De er adskillig foldet, med akser parallelle strekningen. Migmatittene har ikke vært skjøvet, men er presset sterkt sammen. Materialet er veket unda i retningen for minst motstand. Strekning og foldningsakser er dannet omtrent loddrett sammenpressningsretningen, som igjen er omtrent parallell bevegelsesretningen i skyveflakene.

Meget viktig er overgangen mellom migmatittenes retning NO og skyveretningen OSO. Den viser seg å være jevn. Dette kan ikke forklares hvis vi fastholder at linjestrukturer bare kan dannes parallelt en skyvefront eller parallelt eller loddrett en skyveretning. For å finne en løsning må vi prøve å bestemme bevegelsesretningen i bergartene. Her har vi to indikatorer. Den ene er linjestrukturen i stripene av glimmerskifer fra Vaksdal til Eksingedalen, de som har vært skyvesoner under skyvingen av det undre skyveflak. Disse linjestrukturer har alle retningen OSO, altså parallell den alminnelige skyveretningen. Den annen indikator er glidestripene. De har i alle bergarter over hele kartbladet hovedretningen OSO. Andre retninger optrer bare helt lokalt. Glidestripene viser at bevegelsesretningen i feltet etter at bergartene var så faste at det ikke kunde dannes strekning i dem, overalt var OSO. Derfor er det overveiende sannsynlig at hovedretningen for bevegelsen, også i den tid linjestrukturane blev dannet, var OSO. De bergarter som fikk sin struktur i grenseområdene mellom de sammenpressede og de skjøvne masser har altså fått linjestrukturer hvis retning jevnt forandret sig fra dypere til høgere nivå og dannet jevnt varierende vinkler med bevegelsesretningen.

Retningen OSO i de smale glimmerskifersoner tyder på at skyvingen langs dem foregikk etter at de skjøvne masser hadde fått sin struktur. Det er forhold i denne forbindelse som krever nærmere undersøkelse, men hovedsaken er at de viser den samme bevegelsesretning som ellers.

Dette at linjestrukturen kan danne jevnt varierende vinkler med bevegelsesretningen er analogt forholdet i plutoner. H. Cloos har vist at i dem representerer linjestrukturen den lokale retning for maksimum av forlengelse, og linjestrukturens vinkel med magmas bevegelsesretning kan variere fra  $0^\circ$  til  $90^\circ$ .

Denne analogi mellom strukturen i plutoner og i disse metamorfe bergarter, kan bety at det også var en viss analogi i den fysiske tilstand i disse bergarter og i en delvis størknet pluton. Det vil føre for vidt å



komme nærmere inn på dette, men en undersøkelse av forholdet mellom deformasjon og krystallisasjon i disse bergarter vil forhåpentlig bringe klarhet i dette spørsmål.

*Plutonenes* strukturer må omtales ganske kort. Plutonene er konkordante, mer eller mindre linseformede masser. Deres planstruktur er over alt nær grensen parallell denne. Den er sterkest nær grensen og blir svakere mot midten. Den må være primær, dannet under størkingen. Deres linjestruktur er i regelen parallell de omgivende bergarters linjestruktur. Det viser at den blev dannet under innflytelse av de samme krefter som formet linjestrukturane i de omgivende bergarter. De må altså være dannet under skyvingen. Plutonene kan da ikke ha vært fullstendig størknet under skyvingen. På den annen side har de vært mer motstandsdyktige enn de omgivende bergarter. Disses planstrukturer er nemlig overalt parallelle plutonenes grenser, og i flere tilfelle er også deres linjestrukturer avbøiet nær grensene.

Om *sprekkesystemene* skal bare nevnes at tverrsprekker loddrett linjestrukturen er meget utbredt. De finnes overalt og har spillet en viktig rolle for utformingen av relieffet.

3. Mikrotektoniske undersøkelser. Foredragsholderen har utført over 50 Sander-diagrammer av mineralkornenes orientering i ca. 20 tynnslip. De viser mange interessante trekk, men har hittil ikke hatt den betydning for forståelsen av feltets historie som de makrotektoniske undersøkelser. Grunnen er delvis at Sanders skjema for tydning av diagrammene ikke passer. De fleste bergarter er av den type som Sander kaller B-tektonitter, med et tydelig symmetriplan loddrett den tektoniske B-akse, som faller sammen med den makrotektoniske strekning. Etter Sander skal bevegelsesretningen ligge i symmetriplanet loddrett B-aksen. Den klareste symmetri finnes i bergartene med sterk strekning mot OSO, og her viser at de makrotektoniske undersøkelser at strekningen er parallell bevegelsesretningen, mens de to retninger etter Sander skulde stå loddrett på hverandre. Dette viser tydelig, at en ikke som Sander kan trekke entydige slutninger om bevegelsesretningen bare på grunnlag av diagrammenes symmetri.

Et annet moment bør også nevnes. Det er almindelig antatt, at a-aksen i muskovitt stiller sig parallell bevegelsesretningen under deformasjon. Målinger i en av de sterkest strukne kvartsitter viser at muskovittenes a-akser er parallelle strekningen og således bekrefter resultatet av de makrotektoniske undersøkelser.

Når diagrammene er blitt gjennomarbeidet i lys av resultatene av de makrotektoniske undersøkelser, vil en utvilsomt få verdifullt materiale til klarleggelse av sammenhengen mellom bevegelsesretning og mineralkornenes orientering.

I ordskiftet etter foredraget deltok L. Størmer, V. Goldschmidt, Th. Vogt, T. Strand og foredragsholderen.

V. M. GOLDSCHMIDT: Det er meget gledelig, at de interessante bergarter og tektoniske forhold på gradteig-kartet Bergsdalen er så inngående undersøkt under anvendelse av de mest moderne metoder. Det vilde sikkert bringe verdifulle resultater, om undersøkelsene kunde bli utstrakt til områder lenger nord ved vestranden av foldningsgrøften. Spesielt mellom Fortun og Solvorn kunde man studere den diskordante overleiring av basalkonglomerat og alunskifer over sikre grunnfjellsbergarter i vestranden. Ved Solvorn overleires fylliten av skifrige grønne bergarter, som kanskje kunde svare enten til amfibolittene vestligst på kartbladet Bergsdalen, eller til de ordoviciske grønne bergarter. Meget interessant er også, på Sogndalsbladet, gangsystemene av tallrike smale trondheimitt-ganger, som er intrudert i tektonisk bestemte sprekkesystemer i labradorsteinmassene omkring Amble-bukten.

For mikrostudier over orienteringsforhold i pressede kvartskonglomerater vil Grønsennknipens konglomerat gi de beste betingelser, da man her har alle overganger fra upresset til meget sterkt deformert konglomerat i samme felt.

### MØTE ONSDAG 12. FEBRUAR KL. 11<sup>15</sup>.

Tilstede 33 medlemmer og 13 gjester.

#### Foredrag:

STEINAR FOSLIE: **Geologien syd for Ofotenfjorden.**

Trykt i Norges geol. unders. nr. 149.

THOROLF VOGT: **Trekk av Narvik—Ofoten-traktens geologi.**

Foredraget var ledsaget av lysbilleder og geologiske kartter i målestokk 1:50 000 over de strøk som blev omtalt, det var kartblad Narvik og den del av kartblad Ofoten som lå nord for Ofotenfjorden.

I Narvik—Ofotenfeltet har man en stor synklinal med fjellkjedesedimenter, svarende til min annen fjellkjedesynklinal av 1922. Tektonisk inntar Ofoten-synklinalen samme posisjon som f. eks. Trondheims-feltets hovedsynklinal lengre syd. I øst hviler fjellkjedesedimentene i Ofoten på et sikkert prekambrisk basalkompleks i Rombaks-vinduet i riksgrensetraktene øst for Narvik. I vest hviler de på Lødingen-granitten, som hører til „bunngranittene“. Vesentlige deler av „bunngranittene“ hører efter min mening til grunnfjellet, uten at jeg skal gå nærmere inn på dette her. Synklinalsedimentenes bredde er 40 til 50 km i de trakter, jeg har arbeidet. I det hele er kartprofilets øst—vestlige lengde omkring 80 km. I foredraget blir det bare mulig å ta med enkelte trekk av geologien innenfor dette område.

#### Grunnfjellet i Rombaks-vinduet.

De eldste prekambriske bergarter er representert ved et suprakrustalkompleks, som overveiende består av temmelig ensformige brune

finkrystallinske biotitt-kvarts-skifre. De kan delvis være rustne og noe kullstoff-førende, delvis kan de også bli så kvartsrike, at de kan kalles biotitt-kvartsitter. Spor av karbonatbergarter er også funnet. Denne sedimentserie inneholder på sine steder metamorfe lavaer av tilnærmet andesittisk karakter. Overalt er dette suprakrustalkompleks eldre enn de omgivende dyperuptiver. Det svarer åpenbart til de kvartsbiotitt-skifre, dolomitter m. v. som blev beskrevet fra Sjangeli-feltet, noe lengre syd, av Walfr. Peterson i 1897, til Kopparåsens (men ikke Vassijaures) arkeiske skifre, beskrevet av P. J. Holmquist fra traktene lenger mot øst i 1903, og også til Kjørri-fjells dolomitter m. v., omtalt av Foslie i 1922 fra traktene syd for Skjomen.

I alder kommer antakelig dernest en rekke finkornige gabbrobergarter etc., som optrer som større eller mindre inneslutninger i Rombaks-granitten og Hundals-syenitten i traktene nærmest riksgrensen.

Ennu yngre er Rombaks-granitten, som nærmest svarer til Vassijaure-granitten i Sverige, og som inntar det største areal i Rombaks-vinduet så langt dette er undersøkt. Hundals-syenitten er bare skilt fra denne granitten ved en differentiasjonsgrense, med gradvise overganger. Begge bergarter er grå og grovkornige og særdeles rike på mikroklin; syenittene og kvartssyenittene skiller sig mest fra granittene ved avtakende kvartsmengde og tiltakende mengde av biotitt og hornblende. En får inntrykk av en differentiasjon ved gravitasjon innenfor en batolitt, med granitt i de øvre og syenitt i de dypere liggende deler. Ved noen delvis brede sedimentstriper er Rombaks-granitten delt i et østlig og et vestlig felt. I det østlige felt er den delvis noe vekslende og optrer her også sammen med Hundalssyenitten, mens den er mere ensartet i det vestlige felt, som omfatter Beisfjorden og den del av Skjomen, jeg har undersøkt. Den mere ensartede type i vest svarer til hovedtypen i øst.

Antakelig nær sammenhengende med Rombaks-granitten, men yngre enn denne, er Sildvik-granitten, en mere finkornig mikroklinggranitt. Den optrer som vertikale eller steiltstående, delvis ganske brede injeksjoner i det østlige felt av Rombaks-granitt.

Det yngste ledd i grunnfjellet er etter alt å dømme en grovkornig biotitt-hornblende-gabbro, som optrer i et mindre felt ved Rombaksfjorden. Det har en utløper, som minner om en diabasporfyritt (se fig. 1).

Efter dette får en følgende aldersskjema for grunnfjellsbergartene i Rombaks-vinduet:

#### Dyperuptiver

5. Grovkornig biotitt-hornblende-gabbro (yngst)

4. Sildvik-granitt, finkornig mikroklinggranitt

3. Rombaksgranitt og Hundals-syenitt, grovkornige og mikroklinrike bergarter.

2. Finkornige gabbrobergarter etc.

Suprakrustal-kompleks (Bottnisk alder)

1. Biotitt-kvarts-skifre etc. med andesittiske lavaer (eldst).

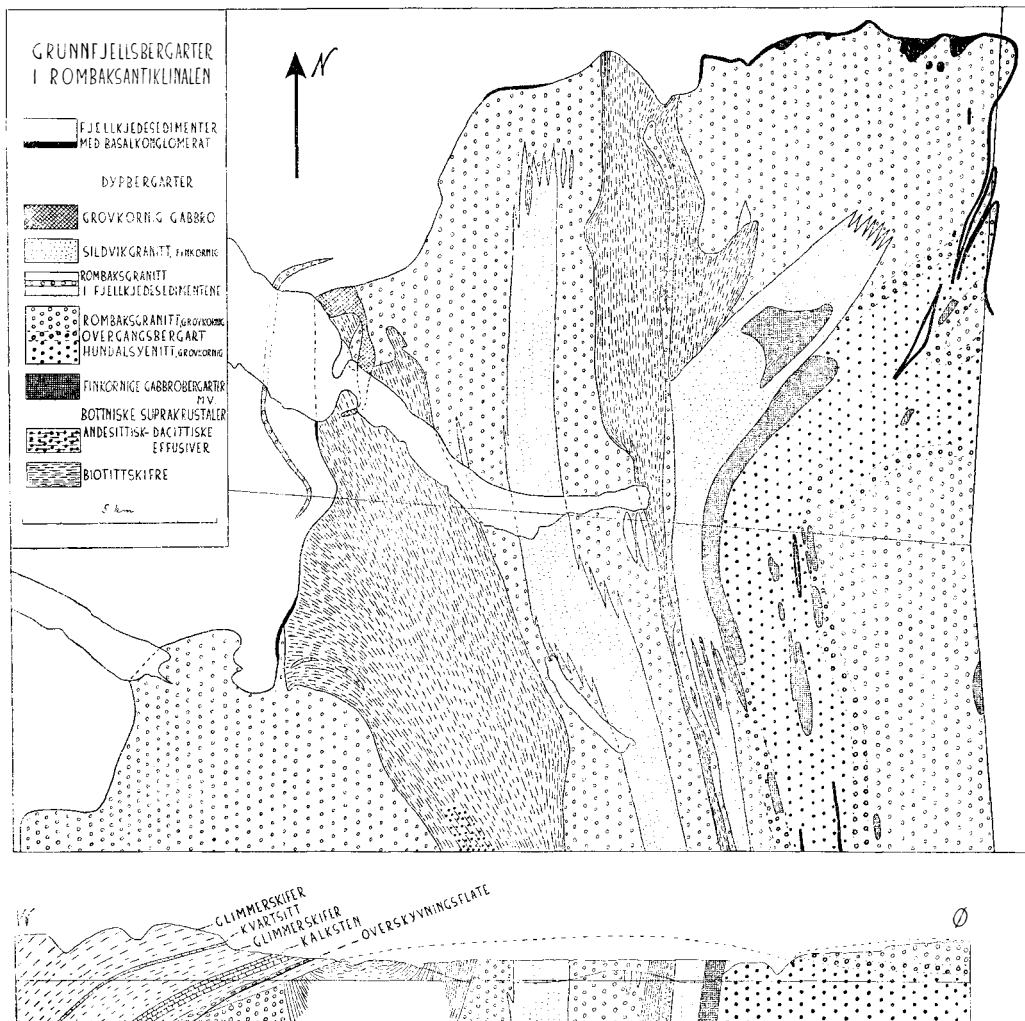


Fig. 1. Grunnfjellsbergarter i Rombaksantiklinalen øst for Narvik. Fjellkjedesedimentene er latt ubetegnet på kartet, undtatt basalkonglomeratet med basalkvartsitt (svart), mens de er tatt med på profilet. Eldst i grunnfjellet er det botnische supra-krustalkompleks, biotittskifer og biotittkvartsitt, med tilnærmet andesittiske effusiver ved kartets sydrand. Dernest kommer finkornige gabbrobergarter m. v. (hørende til urgranittserien?), så den grovkornige mikroklirikke Rombaksgranitt med den nær sammenhørende Hundal-syenitt (antakelig svarende til Revsundsgranitten), og videre den finkornige mikroklirikke Sildvikgranitt (muligens svarende til Skellefte-granitten). Yngst er antakelig en grovkornig glimmerrik hornblendegabbro. I fjellkjedeskifrene opptrer en overskjøvet plate av Rombaksgranitt med Sildvikgranitt.

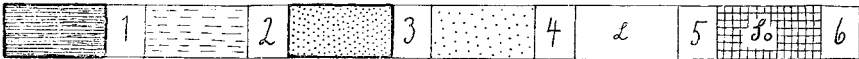
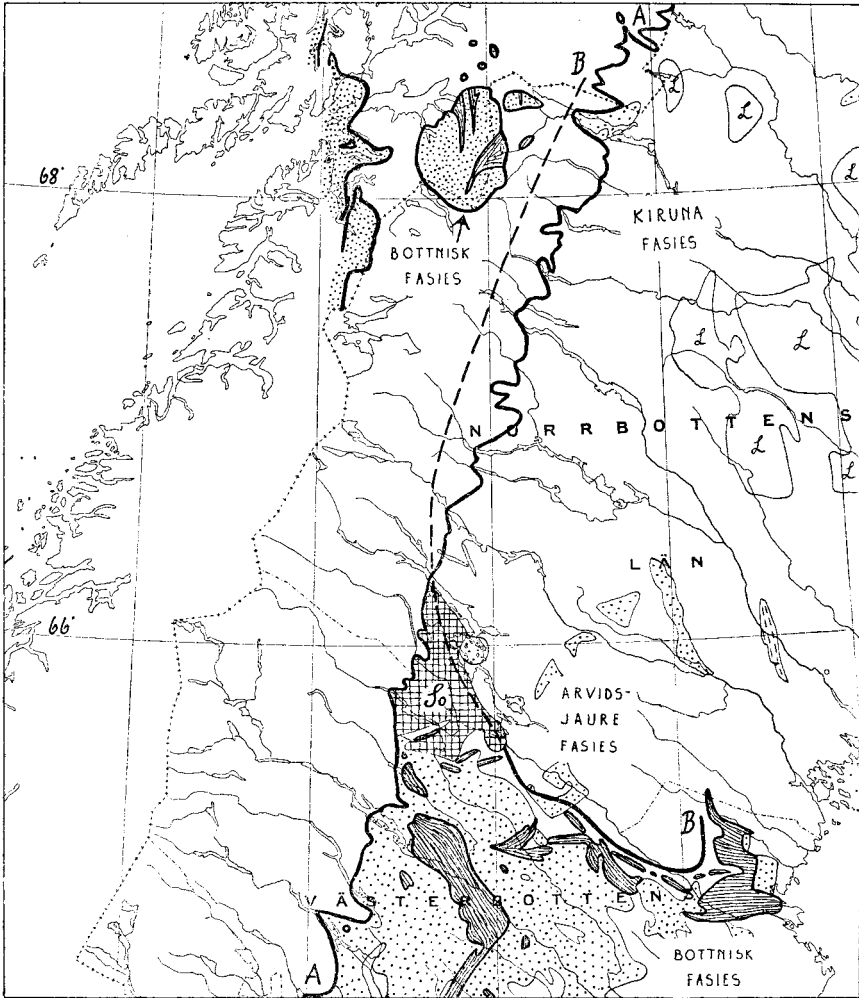


Fig. 2. Kart med trekk av fasiesutviklingen i de eldste prekambriske formasjoner i en del av Nord-Sverige og Nord-Norge.

1. Bottniske skifre.
2. Svartlå gråvakke.
3. a. Granitter m. v. i grunnfjellsvinduet øst for Ofotenfjorden. Antas å svare til Revsundsgranitt (Rombaksgranitt og Hundalsyenitt) og Skelleftegranitt (Sildvikgranitt).  
b. Bunngranitter (Tysfjordgranitt og Lodingengranitt m. v.) i formodete grunnfjellsvinduer lenger vest. Antas å være av samme alder.
4. Revsundsgranitt og Skelleftegranitt.
5. Linagranitt.
6. Sorselegranitt.

Vest og syd for linjen B—B: Bottnisk fasies.  
 Øst og nord for linjen B—B: Arvidsjåure-Kiruna fasies.  
 Linjen A—A representerer fjellkjedeforonasjonenes østgrense.

Her, som i Nord-Sverige, representerer suprakrustalkomplekset det eldste ledd i fjellbygningen. Rett i øst inne i Sverige er imidlertid suprakrustalserien (Kiruna-porfyrene m. v.) helt annerledes oppbygget. Vi må sydovert til Skellefte-feltet, som nylig er så utmerket undersøkt av svenske geologer, for å finne tilsvarende formasjoner. Her faller det overordentlig naturlig å sammenføre vår serie med de bottniske skifre m. v. tilhørende den sydlige fasies i Skellefte-feltet. I 1937 påviste Alvar Högbom en særdeles interessant og viktig fasies-forandring i suprakrustalserien her. I syd har man underst leptitter sensu stricto (= den undre vulkanske serie), og herover en mektig serie med bottniske skifre. I overgangssonen har man underst de samme leptitter s. s., overleiret av bottniske skifre, som avtar i mektighet mot nord, og som inneholder benker av dacittiske og andesittiske lavaer; skifer-serien overleires igjen av en porfyrittserie (= undre del av den øvre vulkanske serie). Ennu lenger mot nord, svarende til den nordlige faseutvikling, er de bottniske skifre kilet helt ut; nedenfra regnet har man leptitter s. s., porfyrittserien, og herover den forholdsvis sure serie av Arvidsjaura-porfyrer (= øvre del av den øvre vulkanske serie), som er utredet av Erland Grip i 1935. Vår serie fra Rombaks-vinduet svarer meget smukt til den sydlige bottniske skifer, med sine innleiringer av lavaer i overgangssonen. Ofte er Skellefte-feltets skifre grafittrike, men der finnes også tilsvarende skifre som i Rombaken, og lavaene er svært like. Jeg har vist endel av bergartene til Alvar Högbom, som fant likheten slående, og litt har jeg også sett selv av forholdene i marken i Skellefte-feltet.

Videre faller det overordentlig naturlig å sammenføre vår Rombaks-granitt med den grovkornete Revsunds-granitten, som inntar så store arealer i de sydlige områder. Muligens kan våre eldste finkornete gabbrobergarter med gneiser etc. svare til urgranitt-serien, og vår mere finkornete Sildvik-granitt til Skellefte-granitten, men dette blir mere usikkert.

Et led i korrelasjonen tør også være forekomster av gullførende arsenkis i Rombaksvinduet, særlig ved Kjørrisfjell i Skjomen. Selv om forekomsten ved Kjørrisfjell neppe er særlig stor, er den allikevel blitt betegnet, av Foslie i 1922, som den mest lovende arsenforekomst i Norge. Den tør være knyttet til en granitt som svarer til Rombaks-granitten. I Skellefte-feltet har man som vel kjent malmforekomster med assosiasjonen gull-arsenkis, først og fremst ved Boliden, men også på andre steder. Tidligere var man tilbøielig til å anta, at malmbringeren i det vesentlige var urgranittene (Jørn-granitten); Sven Gavelin og Olof Ödman oppfatter imidlertid Revsunds-granitten som malmbringeren, den siste forfatter bl. a. også for Bolidens vedkommende.

Når det gjelder Kiruna-suprakrustalene, paralleliserer Per Geijer en del av porfyrleptittformasjonen heroppe med effusivene i Arvidsjaura-porfyrrområde (= den øvre vulkanske serie), mens han finner liten likhet med det sydlige Skellefte-felts leptitter og skifre (hørende til den sydlige fasiesutvikling). En turde kunne sammenføre den opad stadig surere

effusivserie ved Kiruna: Kiruna-grønsten, [Kurravaara-konglomerat], syenittporfyr og kvartsporfyr med tilsvarende led ved Arvidsjaure: Basaltisk andesitt etc., [kvartsitter], andesitt, keratofyrer etc. og liparitt. Stort sett ser det ut til, at Arvidsjaure-fasies (= nordlig Skellefte-fasies) svarer til Kiruna-fasies. På den annen side har jeg pekt på ovenfor, at utviklingen i Rombaks-vinduet synes å svare til den sydlige Skellefte-fasies, med sin skiferutvikling. Et steds mellom Rombaks-vinduet og Kiruna-feltet måtte en da ha en tilsvarende fasiesovergang som i Skellefte-feltet. Det var mest rimelig, at fasiesovergangen var dekket av fjellkjedeforrasjonene i den første (østligste) fjellkjedesynklinale. Disse forhold blev demonstrert på et kart, hvorpå fasiesgrensen var markert (se fig. 2).

#### Kaledonisk tektonikk i grunnfjellsvinduet.

Over det prekambriske kompleks i Rombaks-vinduet kommer et basalkonglomerat, mest bestående av små kvartsrullestener, ofte også med benker av kvartsitt. Basalkonglomeratet er delvis meget godt bevart, særlig i innfoldete fliker av fjellkjedeskifer i traktene omkring Bjørnfjell. Basalkonglomeratet finnes som et sammenhengende lag lengst mot øst, men taper seg snart, når en kommer vestover, hvor det bare er iaktatt på enkelte steder. De vestligste kjente lokaliteter ligger mellom Rombaken og Beisfjorden. Det antas at dets forsvinnen skyldtes tektonisk påvirkning.

I den undre del av fjellkjedesedimentene på begge sider av Rombaken optrer en plate av presset granitt, som er helt forskjellig fra de granittiske bergarter (trondheimitter), som ellers er så alminnelige i denne del av fjellkjeden, og som også forekommer i feltet heromkring, om enn først noe lenger mot vest. Granittplatens bergarter har derimot den største likhet med Rombaks-vinduets grunnfjellsbergarter. Det meste er såvel for øiet som under mikroskopet helt likt den grovkornige Rombaks-granitt, men også den mere finkornige Sildvik-granitt var representert. Foredragsholderen kunde ikke anta annet enn at denne granittplate representerte et parti av det prekambriske basalkompleks, som var kommet inn i fjellsedimentene ved en overskyvning.

I de østlige trakter hadde man som nevnt skarpt innfoldete partier av fjellkjedeforrasjonene inn i grunnfjellet. Særlig klare var forholdene i området omkring Bjørnfjell og nordover. Disse synklinaler var invertert mot vest; de underliggende granitter etc. var sterkt forskifret særlig på synklinalenens østside. Det kunde nevnes at man hadde to helt forskjellige slags biotittskifer f. eks. i Bjørnfjellstrakten, nemlig biotittskifer hørende til de prekambriske skifer av bottenisk alder, og kaledoniske biotittskifer i den underste del av fjellkjedesedimentenes lagrekke. Men nettop ved Bjørnfjell var forholdene særlig klare på grunn av basalkonglomeratets opptreden.

Foredragsholderen antok, at også det store forskyvningsplan, som måtte ligge nær over basalkonglomeratet, var foldet med i de innfoldete

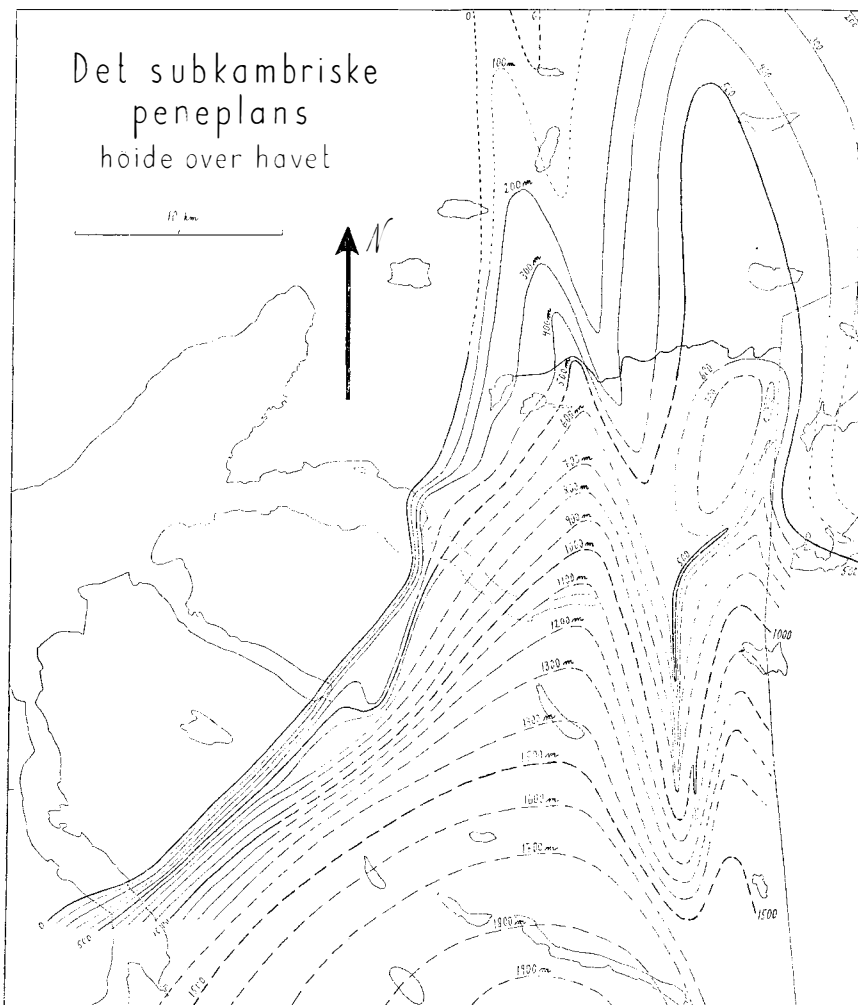


Fig. 3. Isobaser for det subkambriske peneplan i Rombaksantiklinalen øst for Narvik. Kartet omfatter kartblad Narvik med den nordligste del av kartblad Skjomen. Hvor en har et utgående av peneplanet, eller hvor dette er dekket av kambro-siluriske sedimenter, er linjene trukket opp helt (uten lengst mot nordvest). Hvor grunnfjellet ikke er dekket av yngre sedimenter, angir de brutte linjer peneplanets minimalhøide etter høiden av fjelltoppene.

I den nordlige del av området, hvor peneplanet i det vesentlige er dekket av fjellkjedesedimenter, stikker det opp små vinduer av grunnfjell, som viser at dette ligger flatt bølgende under et dekke av stort sett flattliggende fjellkjedesedimenter. Denne bygning fortsetter videre nordover, og er karakteristisk for store deler av det indre av Troms fylke („Bardo-stilen“).

På kartet legger en merke til to nord-syd-gående antiklinaler av annen orden, med en mellomliggende synklinal og en østlig synklinal, den siste på svensk side av Riksgrensen. I trakten ved Hundalen-Bjørnfjell (SO for midten av kartet, er de to annen ordens synklinaler forbundet ved en smal, skarpt innfoldet synklinal. Denne forbindelses-synklinal kan tenkes fremkommet ved de spenninger som oppstår når grunnfjellspartiet i vest beveger seg i retning mot syd i forhold til grunnfjellspartiet i øst.



synklinaler. Dette førte til, at en måtte anta to forskjellige epoker under den kaledoniske fjellkjedefoldning. Først en stor horisontal forskyvning mot øst, delvis forbundet med overskyvninger. (M. h. t. forskyvningsretningen her og senere, refererer den sig til den rigide grunnfjellsplate øst for Tornetråsk etc., som tenkes uten bevegelse. En annen sak er at denne faste plate i virkeligheten kan ha beveget seg vestover.) Etter at den store østlige forskyvning av fjellkjedeformasjonen har foregått, ser det ut til at det prekambriske underlag som helhet kommer med i bevegelsen. Trykket mot øst fra fjellkjedens centrale deler fortsetter, men nå er det underlaget selv som beveges. Herunder dannes antakelig grunnfjellsantiklinalen, og ihvertfall de skarpt innfoldete synklinaler. Disse viser, at underlaget er presset mot øst (foldene er invertert mot vest). Foldenes beliggenhet syntes videre å vise, at underlaget vestenfor de skarpe folder også hadde beveget seg litt i sydlig retning (når en antar at partiet i øst har ligget uten bevegelse). Et kotekart over det deformerte subkambriske peneplan innenfor den undersøkte del av Rombaks-vinduet blev demonstrert (se fig. 3).

#### Litt om fjellkjedesedimentene.

Innenfor de områder som behandles kan der stilles op følgende skjema for fjellkjedesedimentenes lagrekke:

Tabell I

#### Lagrekken nord for Ofotenfjorden.

Mektig glimmerskifer Butind kvartsitt Glimmerskifer	Niingen- serien
Bogen kalkstein Bogen jernmalm Glimmerskifer Laksåvatnets kalkstein Glimmerskifer Grønli kalkstein Grønli jernmalm, lokal Glimmerskifer Øvre Osmark kalkstein Glimmerskifer Osmark manganjernmalm Glimmerskifer Undre Osmark kalkstein Glimmerskifer Balteskar kvartsitt Glimmerskifer	Bogen-serien
Evenes kalksteiner med Leifset-marmor og dolomitt Evenskjær konglomerat	Evenes kalk



Fig. 4. Geologisk kart over traktene omkring Bogen i Ofoten.

8. Niingseriens glimmerskifer m. v. (øverst).
7. Bogenkalken underleiret av Bogen sedimentære jernmalm (svart på kartet, med punkter på profilene).
6. Bogenkalken uten kjent jernmalm.
5. Glimmerskifer, delvis med utkilende kalkstein.
4. Laksåvasskalken.
3. Glimmerskifer.
2. Grønlkalken.
1. Glimmerskifer (underst).

Profilene på fig. 5 er lagt etter linjene A—B, C—D og E—F.

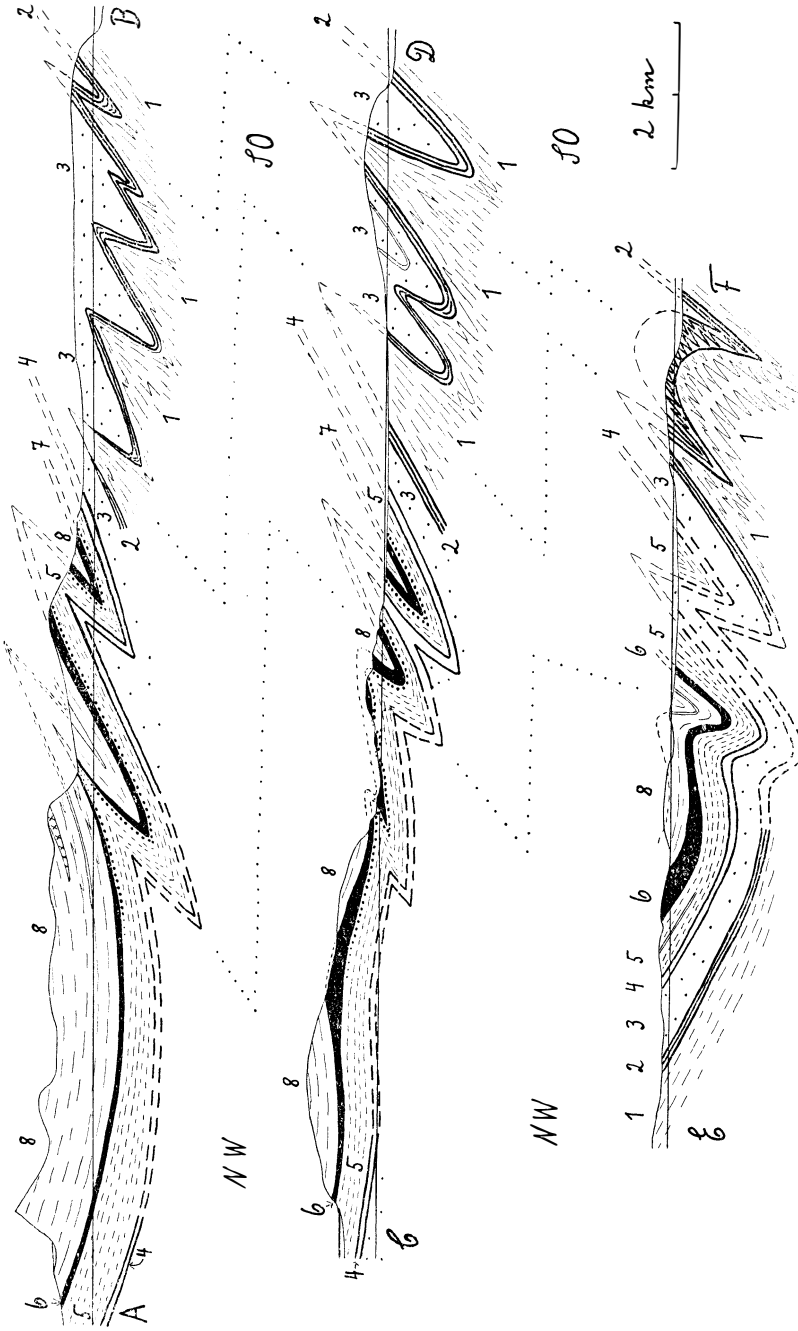


Fig. 5. Profiler fra traktene omkring Bogen i Ofoten.  
Se fig. 4.

Glimmerskifer Ballangen grafitt-skifer Glimmerskifer Narvik jernmalm Glimmerskifer Øyjord kalkstein Glimmerskifer Djupvik kvartsitt Glimmerskifer	Narvik-serien
Rombaks-kalksteiner med skifrer	Rombaks-kalk
Glimmerskifer m. lokal kvartsitt Laveste dolomitter og kalksteiner i nordøst Fyllitt og glimmerskifer Basalkonglomerat og sandstein	Rombaks-serien
Prekambrisk underlag	

Det er imidlertid å merke, at en møter store fasisforskyvninger fra område til område. En kan f. eks. se på Rombaks-kalksteinene. I nordøst, på den nordøstlige del av kartblad Narvik, var de tallrike og tilsammenlagt meget mektige, men avtok så gradvis i mektighet mot sydvest, til de ved Skjomen bare var representert av et ganske smalt kalklag. I vest, mot Lødingen-granitten, fantes ingen tilsvarende kalkstein i det hele tatt. De „laveste dolomitter og kalksteiner“ under Rombaks-kalken var i det hele tatt bare utviklet lengst mot nordøst. Evenes-kalkene var på den annen side mektigst i vest, og tok svært av mot øst, på Narvik-bladet. Baltskar-kvartsitten var kjent over hele området, men den vestlige gren tiltok svært i mektighet mot nord, mest nord for kartblad Ofoten (på kartblad Harstad). Ballangen grafitt-skifer og Narvik jernmalminnivå var kjent både i øst og i vest, nær Lødingen-granitten. Men hele den undre del av lagrekken (Rombaks-serien, Rombaks-kalken og Narvik-serien) var overordentlig sterkt redusert i vest. Dette kunde vel imidlertid også skyldes tektoniske forhold, men neppe disse alene.

En nærmere tektonisk analyse av det særdeles innviklede område omkring den nordre del av Tjeldsundet hadde vist at Evenskjær-konglomeratet måtte ligge under og ikke over Evenes-kalken, således som tidligere var antatt av forfatteren. Herved blir det også full overensstemmelse med lagrekken på Foslies Tysfjord-blad, hvor forholdene var enkle og klare.

Ellers blev foldningsteknikken mellom Veggfjell og Niingen, på den østlige del av kartblad Ofoten demonstrert. Man har her en serie svære isoklinale folder, med gjentakelse av lagrekken og inversjoner mot sydøst (se fig. 4 og 5).

## Tjeldsundets cirkulære forkastning.

Til slutt blev en forkastning, som synes å tilhøre en svært lite kjent type demonstrert. Den egner sig imidlertid ikke til beskrivelse uten illustrasjoner, og derfor skal bare hovedsaken gjengis.

Det måtte være klart, at det gikk en svær forkastning langs den trange del av Tjeldsundet omkring Sandtorg—Evenskjær etc. Denne forkastning måtte enten være en horisontalforskyvning, eller den måtte ha en svær horisontal komponent, siden nemlig lagene står omtrent vertikalt på begge sider av forkastningen uten å passe sammen. Den horisontale forskyvning kunde bestemmes til 3,5 km på et sted; det var partiet på vestsiden av forkastningen som var blitt skjøvet nordover. Videre var det klart, at forkastningslinjen på kartet måtte være buet og ikke rettlinj. Mot nord går den buede, delvis nordstrykende horisontalforkastning over i en mere øst—vestlig vertikalforkastning (eller forkastning med fremtredende vertikalkomponent). Her er partiet på nordsiden sunket inn.

Når det gjelder horisontalforskyvninger etter vertikale eller steiltstående flater, kan en lett overbevise seg om, at de mekanisk gunstigste flater er enten en plan flate (med en rett linje som skjæringslinje med horisontalplanet), eller en tilnærmet cylinderflate (med en cirkellinje som skjæring med horisontalplanet). Ved forskyvning langs andre flater vil der dannes større åpne rum, eller større sammenpressninger, etter at forskyvningene har foregått.

I det foreliggende tilfelle viser det seg at den buede forkastningslinje på kartet svarer meget nøie til en del av en sirkel med en radius på 13,5 km. Sektoren er omkring  $90^\circ$ . Ved modellforsøk kan en også vise forskjellige spesielle overensstemmelser, således den store vertikalkomponent hvor forkastningen går over fra å være cirkelformet til å bli mere rettlinj. Videre viser det seg, at man får et ekstra stort press mot den konvekse del av bruddet. Her har dette utløst seg i kompliserte foldninger; det synes i det hele å være dette press som regulerer hele foldningstektonikken i denne del av området.

Årsaken til disse tektoniske forstyrrelser er åpenbart en svær granittmasse (Horvik-granitten), som er presset frem fra syd eller sydvest, inn i fjellkjedesedimentene. Foran den framskjøvne masse er sedimentene stuert sammen med vertikale lagstillinger. Men mot sedimentplaten i øst måtte man få et brudd, siden bevegelsen var for stor til at den kunde utløse seg bare som plastiske deformasjoner.

I ordskiftet etter foredraget deltok L. Størmer, N. H. Kolderup, C. Bugge, V. Goldschmidt, H. Rosendahl, O. Holtedahl og foredragsholderen.

V. M. GOLDSCHMIDT: En sikker løsning av de problemer som knytter sig til aldersbestemmelsen av eruptivbergartene, spesielt granittene, i Ofoten—Tysfjord-området vil man kunne få ved måling av radioaktive grunnstoffers omdannelsesgrad. Til bestemmelse av Tysfjord-granitten

kunde man anvende uran—bly-forholdet, henholdsvis thorium—bly-forholdet i radioaktive mineraler fra Hundholmnes pegmatitt, særlig vil den av professor Vogt tidligere beskrevne friske (ikke metamikte) fergusonitt være utmerket skikket til en sådan aldersbestemmelse, og noen få milligram av dette mineral vil være tilstrekkelig for dette øiemed. Ellers vil man kunne benytte forholdet mellom rubidium og strontium ved atomvekt 87 til aldersbestemmelse, og her vilde man kunne benytte mineraler fra selve bergartene, nemlig biotitt og muskovitt, som erfaringsmessig er meget fattige på primært strontium. Også rubidiumrike pegmatittfeltspater vil være vel egnet for en sådan aldersbestemmelse. Der er truffet avtale om bygging av en masse-spektrograf for disse bestemmelser, leveringen fra utlandet er imidlertid utsatt på grunn av krigen. Man vil dog ved kvantitativ rubidium- og strontium-bestemmelse ved alminnelig spektrografi få maksimal-data for bergartenes alder, som vil kunne gi avgjørelsen mellom to geologiske alternativer.

THOROLF VOGT<sup>1</sup>: I anledning av Foslies forespørsel vilde han uttale, at han antok at de skarpe innfoldninger i grunnfjellsvinduet (Rombaksvinduet) øst for Narvik skyldtes en bevegelse i selve underlaget (grunnfjellet). Tenker en seg, at den store grunnfjellsplate inne i Sverige øst for Torneträsk har vært stasjonær og uten bevegelse (noe som ikke behøver å være tilfelle, den kan godt ha beveget seg mot vest) blir bevegelsen av grunnfjellsunderlaget i Rombaksvinduet østlig. I de overliggende kambrosiluriske formasjoner vil dette ytre seg som en bevegelse mot vest, de skarpt innfoldete synklinaler er jo også invertert mot vest. En får derved to faser i fjellkjedebevegelsen, en første fase med den svære henimot horisontale forskyvning av de overliggende kambrosiluriske formasjoner mot øst, og en senere fase med en østlig bevegelse i selve grunnfjellsunderlaget.

Når det gjelder alderen av de vestlige granitter, som Lødingen-granitten etc. er dette et ikke så helt enkelt problem. Kjemiske aldersbestemmelser vilde være på sin plass her. I Rombaksvinduet øst for Narvik er forholdene klare og entydige, særlig da i den østlige del. Her har en en serie av granitter, kvartssyenitter og syenitter som overleires klart av de skjønneste basalkonglomerater, endog med forvitring ned i underlaget. Her er dyperruptivenes prekambriske alder utvilsom og utenfor enhver diskusjon. Kommer en til den vestlige del av Rombaksvinduet, til Beisfjord og Skjomen, har en de samme granitter (Rombaksgranitten) som lenger i øst, skilt fra dem ved et prekambrisk sedimentfelt. Selv om jeg i vest bare har sett basalkvartssitter og ikke basalkonglomerater, kan det etter min mening ikke godt være tvil om, at også disse granitter er prekambriske. Det er alt sammen identiske, eller henimot identiske granitter, som ligger i den samme geologiske posisjon

<sup>1</sup> Diskusjonsinnlegget er utvidet siden det blev svært kort tid til diskusjon etter foredraget (middagsmaten ventet).

innenfor et og samme antiklinalfelt (Rombaks-vinduet). Så dekkes Rombaks-granitten av kambrosiluriske sedimenter i en synklinal på bare omtrent 15 km's bredde, for å komme op i dagen igjen i vest som Tysfjord-granitt, på Foslies geologiske kartblad Tysfjord. Etter hvad jeg har sett av Tysfjord-granitten omkring Hundholmen feltspatbrudd og andre pegmatittganger, likner den overordentlig de sikre grunnfjellsgranitter lengre øst. Det er grå, sterkt kalibetonte granitter, delvis med hastingsitisk hornblende; holder en håndstykker op ved siden av hverandre, er de så like, at de knapt kan skilles. Jeg kan ikke komme fra, at det eneste naturlige er å opfatte også Tysfjord-granitten som prekambrisk. Derimot er den røde Lødingen-granitt lenger nord, hvor jeg har arbeidet, makroskopisk nokså forskjellig fra den ekte grå Tysfjord-granitt, selv om begge er utpreget kalibetonte. Jeg har også sett litt på forholdene langs kysten på sydsiden av Ofotenfjorden; granittene her likner svært på Lødingen-granitten, og alt taler for, at det er en og samme granitt som optrer både nord og syd for det brede fjordgapet. Av samme mening er Foslie også. Jeg har tenkt meg muligheten av, at denne røde eller rødlig granitt var skarpt skilt fra den grå Tysfjord-granitt, i områder hvor jeg ikke hadde vært. Etter Foslie går imidlertid de to granitter gradvis over i hinannen og er å anse som et eneste granittfelt, geologisk sett. Dette synes heller ikke urimelig, petrografisk er forskjellen ikke stor. En måtte i så fall utvide den prekambriske alder til å gjelde også for Lødingen-granitten. Her i vest kommer en imidlertid til det eiendommelige, at kontakten mot den overliggende kambrosiluriske sedimentserie er en injeksjonskontakt. Dette har Foslie funnet på sydsiden av Ofotenfjorden og jeg på nordsiden. På sine steder kan dog kontakten være sterkt tektonisk påvirket. På sydsiden, og forsåvidt også på nordsiden, har Foslie påvist, at det er en forholdsvis lite mektig lagerinjeksjon av mere finkornig granitt etc., beliggende stort sett over Tysfjord-granitten og under de kambrosiluriske sedimenter, som er av sikker kaledonisk alder. Foslie nevner også, at det er stor petrografisk likhet mellom den kaledoniske lagerinjeksjon og den underliggende Tysfjord-granitt (begge bergarter inneholder bl. a. flusspat). Herav trekker Foslie den slutning, at også Tysfjord-granitten er av kaledonisk alder, mens altså jeg er kommet til en prekambrisk alder for Tysfjord-granittens vedkommende, en opfatning som for øvrig Foslie også tidligere hadde. Her kommer det an på, hvad en skal legge mest vekt på. For meg står det som det eneste naturlige å føre Tysfjord-granitten sammen med de sikre østlige grunnfjellsgranitter, så like som disse bergarter er, og så kort vei som skiller dem ad. Etter min mening er dette det centrale trekk. På Foslies Tysfjord-kart har han også den lagerformete kaledoniske granittinjeksjon i kontakten over Skjomen-feltets granitt, som jeg ubetinget må opfatte som prekambrisk. Men hvorledes skal da den intrusive lagergranitt langs kontakten tydes? Det ser jo ut til at den henger sammen med underlagets granitt på en eller annen måte. På nordsiden av Ofotenfjorden er der ingen særlig høy metamorfosegrad langs Lødingen-granittens kontakt

i vest. Jeg finner det derfor ikke særlig sannsynlig, at det har foregått en oppsmelting av de høgereliggende deler av grunnfjellsgranitten nær kontakten mot fjellkjedesedimentene. Derimot synes det rimelig å anta, at det kan ha foregått en differentiell oppsmelting av prekambrisk granittmateriale i dypere nivå, mer jo lengre vest en kommer. Poreløsningene kan være mobiliserte ved fjellkjede-stresset og den utpresste palingene magma intrudert østover langs kontakten mellom grunnfjellet og kambrosiluren. Dette vilde løse de vanskeligheter en møter med hensyn til „bundgranittene“ i Ofoten-området.

Jeg vil imidlertid være forsiktig med å trekke for umiddelbare slutninger ut fra det ovenstående, når det gjelder Lofot-bergartenes alder. Lofot-bergartene med sine hyperstensyenitter osv. er petrologisk helt forskjellige fra alle de granitter og syenitter jeg har sett i Ofoten. De opptrer nok innenfor bunngranittens område, men de behøver ikke å være av prekambrisk alder av den grunn, selv om deres alder nok kunde taes op til revisjon. På sine steder inneholder de mengdevis av innslutninger av marmor og skifre, deriblant også grafittskifre, og det er på det grunnlag min far og jeg for lang tid siden holdt dem for kaledoniske. En kan nok innvende at disse sedimenter kunde være av prekambrisk alder, og umulig er vel dette ikke. I Rombaks-vinduets grunnfjell har en jo prekambriske sedimenter, men riktignok av andre typer. Sedimentinneslutningene i Lofoten—Vesterålen er nærmest av kaledoniske typer. Videre kjenner jeg også helt upressede Lofot-syenitter som setter op gjennom sterkt pressede granitter av Ofoten-typen, noe som kunde peke i retning av kaledonisk alder. Alt tatt i betraktning synes jeg nok det er forskjellige ting, som peker i retning av, at Lofot-syenittene hører til kaledonidene, selv om en jo ikke kan avvise, at de kan høre til prekambrium.

På den annen side mener jeg, som framholdt alt i 1922,<sup>1</sup> at det kan være all grunn til å revidere all „bundgranitt“ i den nordnorske fjellkjede ut fra disse synspunkter. Det tør være meget, som kan tale for, at mange, kanskje de fleste av disse granittfelter kan bestå av prekambriske granitter, delvis med kaledoniske, kanskje palingene granittinjeksjoner langs kontaktene. Spørsmålet om en eventuell tiltakende palingenese mot vest er også noe, en antakelig bør ta op til undersøkelse.

I anledning av Holvedahls bemerkning, kan jeg ikke si annet enn at den opfatning jeg har idag ikke er så svært forskjellig fra den jeg hevdet i et foredrag for mange år siden i denne forening.<sup>2</sup> Etter å ha omtalt „bundgranittene“ i Nord-Norge, og at Foslie har antatt tilstedeværelse av en grunnfjellskerne under den kaledoniske injeksjonsgranitt i områdene syd for Ofotenfjorden, skriver jeg: „Man må altså tenke seg, at

<sup>1</sup> Thorolf Vogt: Bidrag til fjeldkjedens stratigrafi og tektonik. Geol. fören. förhandl. 44, 1922, s. 736.

<sup>2</sup> Trykt i Geol. fören. förhandl. l. c., se side 736.



Nordlands-synklinalen går op i luften over de uhyre brede granittfelter nord for Ofotenfjorden. Selv om granittkontakten mot sedimentene er en injeksjonskontakt, må man visstnok foreta en revisjon med henblikk på grunnfjellspartier i de mere centrale deler her.“ Noe liknende heter det også i et annet arbeide<sup>1</sup> fra samme tid, hvor det er tale om pegmatittgangen ved Hundholmen og Tysfjord-granitten: „Zwar liegt die Lokalität mitten in dem kaledonischen Faltungsgebirge, der Granit bildet aber hier einen Antiklinal, der zwischen meinen ersten und zweiten Hauptsynklinalen liegt. An dieser Stelle wurde dann die Unterlage des Faltungsgebirges von der Erosion erreicht, und der Granit ist wohl deshalb als ein Fenster aus älterem Gebirge aufzufassen. Es wäre insofern recht interessant, wenn sich der Hundholmen-Pegmatit als Grundgebirge aufzufassen ließe“ etc. Det kan også henvises til mitt geologiske oversiktskart over Nord-Norge, utgitt i 1924 av Norges geologiske undersøkelse, hvor det under fargeforklaringen står opført: „Fjellkjedens eruptivbergarter. Granitt (eventuelt med enkelte partier av grunnfjellsgranitt).“

Det er jo liknende synspunkter jeg framdeles hevder, jeg er bare blitt bestyrket i min oppfatning, etter hvad jeg har sett senere. Jeg skulde kanskje også være tilbøielig til å gå lenger på denne veg; således kan en ikke lenger være helt sikker på, at selv de granitter, som ligger oppe i den kambrosiluriske lagrekke, og hvis underside er blottet, alltid er av kaledonisk alder. I foredraget har jeg nevnt en smal granittplate i den undre del av kambrosiluren øst for Narvik, som jeg antar er av pre-kambrisk alder. Liknende overskjøvne partier tør kunne forekomme også lengre mot vest, det gjelder f. eks. muligens Horvik-granitten, som har frambragt cirkelforkastningen i Tjeldsund-trakten, uten at jeg kan gå nærmere inn på disse ting her.

Om aftenen var møtets deltakere innbudne til å overvære Geografisk selskaps møte med foredrag av direktør Th. Hesselberg og professor W. Werenskiold om „Klimaforandringer i Norge i vår tid“.

### MØTE TORSDAG 13. FEBRUAR KL. 14

Til stede 32 medlemmer og 7 gjester. Til møtet var Bergingenørforeningens medlemmer innbudne.

#### Foredrag:

C. W. CARSTENS: „Om geokjemiske undersøkelser av malmer.“

De elementer, som optrer i våre malmer, kan som bekjent inndeles i 1. de mineraldannende og i 2. de ikke mineraldannende elementer. Til den første type hører f. eks. Cu, Fe og Zn osv. Til den annen type hører f. eks. Co og Se i våre svovlkismalmer, V i våre jernmalmer, Cd i våre zinkmalmer osv.

<sup>1</sup> Thorolf Vogt: Thalenit, Benedicks. Videnskabselskabets Skrifter I. Mat.-Naturv. Kl. No. 1, 1922, se s. 22.

Bestemmelsen av de underordnede elementer i våre malmer, både de mineraldannende og de ikke mineraldannende, er imidlertid av meget stor interesse.

1. har flere av disse elementer ren praktisk økonomisk betydning, da de undertiden optrer i så store kvantiteter, at de kan nyttiggjøres. Jeg behøver bare å minne om Co i svovlkis og V i magnetitlig.

2. er disse elementer av stor genetisk betydning, idet elementfordelingen er forskjellig hos de forskjellige malmtyper. Vi kan si, at elementfordelingen er en funksjon av malmens genesis. Har vi først lært å kjenne elementfordelingen i forskjellige karakteristiske malmtyper av forskjellig genesis, vil vi altså ved å undersøke elementfordelingen av de underordnede elementer i en malm omvendt kunne slutte oss til malmens genesis, selv under forholdsvis kompliserte forhold. Og kjennskapet til malmens genesis er av stor betydning også for den praktiserende malmgeolog.

Utforskningen av lovene for elementfordelingen i de forskjellige bergarts- og malmtyper kaller vi som bekjent geokjemi. Og takket være professor Goldschmidt er Norge på geokjemiens område blitt et foregangsland. En rekke av hans arbeider er blitt av fremtredende betydning for studiet av våre malmers geokjemi.

Vi har i Trondheimsfeltet innenfor *Bymarkgruppens* grønstensområde 2 forskjellige kistyper: 1. vasskistypen = Leksdals-typen, representert av en mengde i økonomisk henseende verdiløse kislag av mektighet noen mm op til max. ca.  $\frac{1}{2}$  m, spredt omtrent over hele grønstensbenken, fra Rørosgruppen op til Hovin-gruppen, og 2. gangkistypen, representert bl. a. av Løkken hovedgrubens kisgang. I det følgende blir vesentlig kun disse 2 kistyper behandlet. Begge viser en forholdsvis svak metamorfosegrad og i kjemisk henseende i hovedtrekkene antakelig en primær karakter.

Vasskistypen er sedimentær, den har tett struktur og optrer i almindelighet i sterk veksellagring med svartfjell-lag, grafitskifer, jaspislag og grønstensskifer. Gangkistypen er hydrotermal. Den står i stedlig og genetisk forbindelse med gabbrobergarter. Den er som gabbrobergartene yngre enn grønstenen (og altså også yngre enn vasskislagene, som tilhører grønstensgruppens dannelsesetid). Gangkisen gjennomskjærer således vasskisen på en flerhet av steder (se Fig. 1).

Gangkisen er i strukturell henseende hvad vi i almindelighet vil kalle tett. Korndiameteren ligger gjennomgående mellom 50 og 200  $\mu$ . Men sammenligner vi gangkisens struktur med vasskisens struktur, finner vi imidlertid en betydelig forskjell. Vasskisens korndiameter i Løkkenfeltet ligger således gjennomsnittlig kun omkring 5  $\mu$  (se Fig. 2).

I almindelighet er det ikke vanskelig å adskille disse 2 kistyper. Men undertiden er vasskisen i sterkt metamorfe strøk omkrystallisert slik, at den strukturelt minner om gangkis. I slike tilfeller er en adskillelse vanskelig, såvel makroskopisk som mikroskopisk. Er det nu mulig å adskille disse 2 kistyper kjemisk? Vi har lenge visst, at vasskisen er omtrent kobberfri, d. v. s. kobbergehalten er i vasskisen som regel under

0,1 %, undtakelsesvis går den op til 0,2 % eller deromkring. Og i almindelighet holder gangkisen  $\frac{1}{2}$  % kobber eller derover. Men der finnes også gangkis med kobbergehalt ned til 0,1 %, så kobbergehalten kan kun vanskelig benyttes som skillemiddel. Den eneste norske kisforekomst i drift, som tilhører vasskistypen, er Stord. Og en generalanalyse av Stordkisen viser 0,01 % kobber. Kobber inngår i våre kisforekomster alltid i form av kobberkis.

Vasskisen har som regel en ganske betydelig kullgehalt, i de fleste tilfeller op til 1,5 % og tildels derover. Men der finnes også vasskiser med helt ubetydelig kullgehalt, særlig de omvandlede vasskiser viser undertiden en kullgehalt = omtrent null. Så kull kan heller ikke benyttes som skillemiddel. Kull inngår i vasskisen som grafit (eller bitumen).

Selengehalten er derimot av betydelig interesse. Gangkisene holder således alltid en betydelig mengde selen, mens de sedimentære jernsulfidforekomster, ifølge Goldschmidt og Strock, er meget selenfattige, respektive selenfrie. På laboratoriet på Løkken er det derfor blitt utført en rekke selenanalyser, dels av gangkis, dels av vasskis. Den gjennomsnittlige selengehalt i kobberfattig gangkis i grønstensområdet er 20 til 30 g/t. Vasskisis selengehalt er derimot i almindelighet absolut 0. Undtakelsesvis vil selengehalten kunne anføres som spor, hvilket tilsvarende en selengehalt av 1 g/t eller mindre. Ved hjelp av selengehalten er det derfor alltid mulig å holde vasskis fra gangkis, hvilket er av meget stor betydning for den praktiserende malmgeolog.

De kobberrike gangkiser viser alltid betydelig høiere selengehalt enn de kobberfattige. Dette forhold fremgår meget tydelig av nedenstående tabell.

	Cu i %	S i %	Se i g/t	S : Se
Svovlkiskonsentrat, Follidal .....	0,32	ca. 48	43	11 000 : 1
Kobberkiskonsentrat, » .....	16,26		182	
Svovlkiskonsentrat, Vigsnes .....	0,33	ca. 48	33	15 000 : 1
Kobberkiskonsentrat, » .....	21,26		104	
Svovlkiskonsentrat, Bjørkåsen .....	0,79	47,34	16	30 000 : 1
Kobberkiskonsentrat, » .....	18,12		93	
Svovlkiskonsentrat, Mofjellet .....	1,03	48,12	10	48 000 : 1
Kobberkiskonsentrat, » .....	23,23		30	
Kobberfattig kis, Løkken .....	0,28	ca. 30	7	42 000 : 1
Kobberfattig kis, » .....	0,75	ca. 30	18	17 000 : 1
Eksportkis, » .....	2,50	42,50	60	7 000 : 1
Kobberrik kis, » .....	3,83	ca. 46	90	5 000 : 1
Kobbermalm, » .....	6,08	ca. 46	120	3 800 : 1
Kobbermalm, rik, » .....	16,26	ca. 36	198	1 800 : 1

Fig. 3 viser kobber- og selengehaltene i 2 tverrslag i hovedgruben på Løkken. Prøvene er uttatt som gjennomsnittsprøver fra ligg til heng, hver prøve over en lengde av 5 til 10 meter. Vi ser, hvordan disse



Fig. 1.  $\frac{1}{3}$  naturlig størrelse. Til venstre gangkis, til høire vasskis med årer av gangkis.

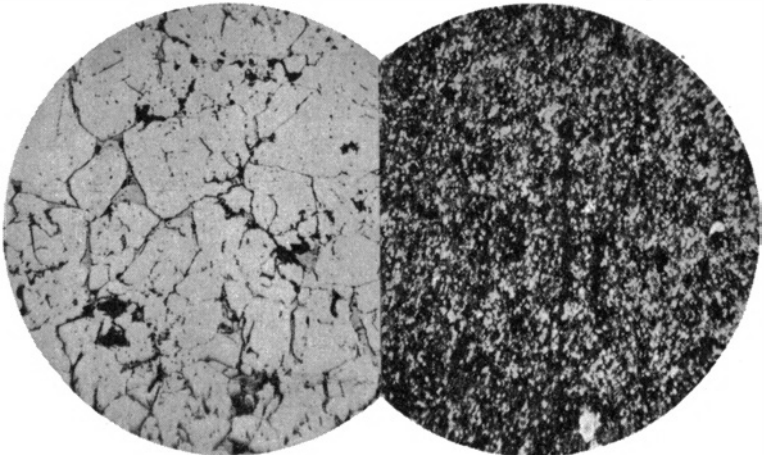


Fig. 2. Forstørrelse 80 ganger. Til venstre gangkis, til høire vasskis.

gehalter går påfallende proporsjonalt. Selengehaltens avhengighet av kobbergehalten er for de sedimentære sulfidforekomsters vedkommende også omtalt av Goldschmidt og Strock: „Zusammen mit Kupfer-Erzen werden demnach in sedimentären Sulfid-Lagerstätten größere Mengen von Selen, bezogen auf Schwefel, angereichert, als sonst in sedimentären Sulfiden“ (1).

Av en rekke selenanalyser av kobberfattige gangkiser fra Bymarkgruppen fremgår, at vektsforholdet S:Se i svovlkisen gjennomsnittlig ligger omkring 25 000:1. I svovlkis fra en pegmatitgang i Iveland er forholdet S:Se = 22 000:1 og i svovlkiskonsentrat fra Fosdalens jernmalforekomst er forholdet 23 000:1. Dette forhold svarer temmelig nøiaktig til det forhold, som Goldschmidt og Strock har funnet i svovlkis fra Grass Valley, California, som er antatt å være dannet hydrotermalt ved høiere temperaturer.

Den laveste kobbergehalt som vi hittil har iaktatt i gangkis med svovlgehalt 30 % eller derover, er omkring 0,10 %. Den laveste selengehalt, vi har iaktatt i meget kobberfattig gangkis, er 7 g/t. Sikkert er således i almindelighet gangkisen såvel kobberførende som selenførende.

Selen inngår i de forskjellige sulfider alltid isomorft som erstatning for svovl.

Man har lenge visst, at gangkisen er koboltførende. Koboltgehalten i f. eks. Løkkens eksportkis er 0,07 %. Og denne koboltgehalt er leilighetsvis blitt utvunnet og nyttiggjort. Foslie har i sitt arbeide om Norges svovlkisforekomster referert endel koboltgehalter i kis efter opgave fra grubene (2). Midlet av disse gehalter er ca. 0,06 %. Endel av analysene har imidlertid ved kontrollanalyser av moderne eksportprodukter vist sig å være mindre pålitelige, noen er for høie og noen er for lave. Men gjennomsnittsgelalten i norsk svovlkis, stykkis eller konsentrat, synes å ligge temmelig nær 0,06 %. Den høieste koboltgehalt, som jeg hittil har konstatert i norsk svovlkiskonsentrat, er i svovlkiskonsentrat fra Fosdalen jernmalforekomst. Her er koboltgehalten 0,22 %. Det er den samme gehalt som i Outokumpu, som er kjent for å være særlig koboltrik. Men Fosdalen regnes i genetisk henseende ikke til fjellkjedens kisforekomster, men til grunnfjelllets jernmalforekomster. Av omtrent samme størrelsesorden er også koboltgehalten i en svovlkiskrystall fra en pegmatitgang i Iveland.

	S i %	Co i %	Ni i %	Co: Ni
Eksportkis, Løkken .....	42,50	0,06	0,002	30:1
Svovlkis, Skorovas .....	51,56	0,06	spor	
Svovlkis, Sara gr. ....	41,60	0,06	0,00	
Svovlkis, Tårstad .....	52,47	0,05	0,00	
Svovlkisbølle, Sulitjelma .....	51,46	0,07		
Svovlkiskrystall, pegmatitgang .....	ca. 52,00	0,24		
Magnetkis, Mugg-gr. ....	ca. 30,00	0,04	0,00	
Svovlkiskonsentrat, Fosdalen .....	48,82	0,22	0,02	11:1

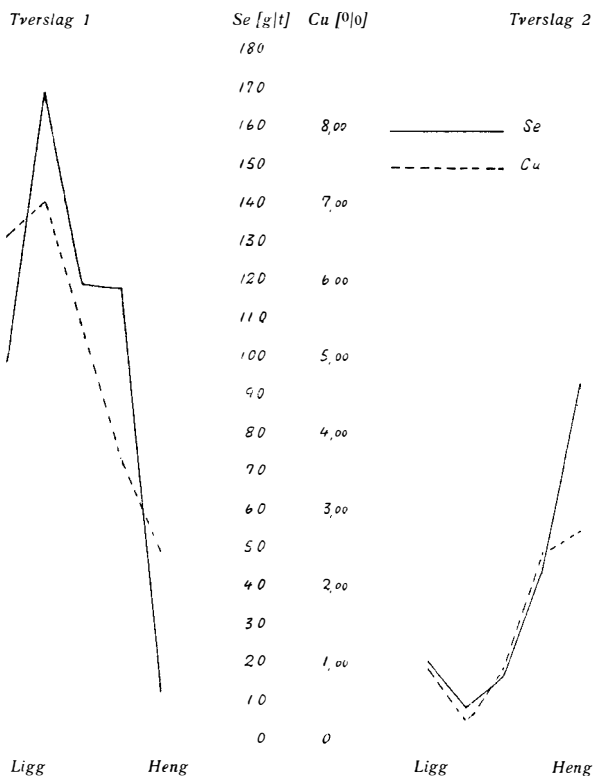


Fig. 3.

Der foreligger dessverre forholdsvis få nikkelanalyser av norsk kis. Fra Løkken har vi endel nikkelanalyser av eksportkisen, som viser at vektsforholdet Co : Ni i denne kis gjennomgående ligger omkring 30 : 1. Thorolf Vogt sier i sitt kisarbeide fra 1935, at typisk norsk svovlkismalm inneholder omtrent 0,02 % nikkel og 0,2 % kobolt (3). Begge disse tall er imidlertid sikkert for høie.

I den øvre jordskorpe er det gjennomsnittlige vektsforhold Ni : Co, ifølge Goldschmidt, 2,5 : 1 (4). I våre typiske magmatiske nikkelforekomster er ifølge British American Nickel Corporation forholdet Ni : Co = 20 : 1 (1921) og ifølge J. H. L. Vogt 12,5 : 1 (5). I våre gangkisforekomster synes altså dette forhold å være omtrent omvendt, således i Løkkens eksportkis 1 : 30. Kobolt er i motsetning til nikkel nesten utelukkende anriket i restopløsningene, derimot neppe noen gang i de først utkrystalliserte mineraler (G. Berg).

Alle våre gangkiser synes altså å være koboltførende. Kan nu kobolt benyttes som skillemiddel mellom gangkis og vasskis? Det viser sig ved

analyser av vasskisen i Trondheimsfeltet at koboltgehalten alltid er under 0,01 %, antakelig er den i almindelighet kun tilstede som spor. I Bymark-gruppens sedimentære svovlkisforekomster er således koboltgehalten som regel yterlig liten.

Kvalitative spektralanalyser av gangkiser og vasskiser, som på min anmodning velvilligst er utført av professor Goldschmidt ved ingeniørene Myhren og Kvalheim, har på en meget karakteristisk måte bekreftet min opfatning av de forskjellige kistypers koboltgehalt. Gangkisanalysene viser således svake til middels sterke koboltlinjer, mens samtlige vasskiser viser meget svake koboltlinjer. Både gangkiser og vasskiser viser meget svake nikkellinjer.

I en rekke av våre gangkisforekomster optrer som bekjent lokale anrikninger av magnetit. Vi kjenner slike magnetitpartier bl. a. fra Kjøli, Røstvengen, Løkken osv. I almindelighet er magnetitpartiene gjennomsett av årer og ganger av svovlkis, de er således med sikkerhet noe eldre enn kisen. Av interesse for disse magnetitpartiers genesis har jeg latt analysere et magnetitkonsentrat fra Løkken på kobolt. Det viste sig at magnetitkonsentratets koboltgehalt var 0,00 %. Spektralanalytisk undersøkelse av Goldschmidt har vist spor? Koboltgehalten i magnetit fra magnetitanrikning i hovedgruben på Løkken er således sikkert null eller meget nær null. Det er altså en vesentlig forskjell mellom koboltgehalten i kis og koboltgehalten i magnetit.

Kobolt inngår i svovlkisen alltid isomorft som erstatning for jern.

Man har lenge kjent til, at de norske gangkiser holder små mengder sølv og gull, som i almindelighet følger kobberkisen. Kobberholdig svovlkis (eller rettere: kobberkisholdig svovlkis) med et par % kobber holder i almindelighet omkring 0,2 g/t gull. Sølvgehalten er gjennomgående 80 ganger så høi. Vektsforholdet Cu : Ag ligger således i almindelighet omkring 1500 : 1 og vektsforholdet Cu : Au i de fleste tilfeller omkring 120 000 : 1 (d. v. s. bessemerskobber av norsk kis holder gjennomgående 0,6—0,7 kg/t sølv og omkring 8 g/t gull).

Av vasskis foreligger der dessverre forholdsvis få gull- og sølvanalyser. Materialet er for litet til, at vi kan trekke generelle slutninger. Men av det, som hittil foreligger, synes å fremgå, at både gull- og sølvgehaltenene gjennomgående er endel lavere i vasskis enn i gangkis.

Den kvalitative spektralanalyse er i overensstemmelse med denne opfatning. Analyser av gangkis viser således middelsterke til sterke sølvlinjer, analyser av vasskis viser meget svake til usynlige sølvlinjer.

Zinkgehalten ligger i de fleste tilfeller betydelig lavere i vasskis enn i gangkis. I vasskisen ligger den således antakelig gjennomgående under 0,25 %. I overensstemmelse dermed viser en generalanalyse av Stord-kisen 0,08 % zink. I gangkiser er derimot zinkgehalten sterkt vekslende — i almindelighet ligger den mellom 0,3 og 3 %. Analyse av Løkken grubes eksportkis viser ca. 1,7 % zink. Zink inngår i våre kisforekomster alltid i form av zinkblende.

Den gjennomsnittlige cadmiumgehalt i zinkblende i Bymark-gruppens gangkis synes efter det forholdsvis ubetydelige materiale, som foreligger,

å ligge mellem 0,20 og 0,30 %. Vektsforholdet Zn : Cd i zinkblenden er således gjennemgående omkring 200 : 1. I jordskorpens eruptivbergarter er vektsforholdet Zn : Cd = 80 : 1, i kisens zinkblende er således zink sterkere anrikt enn cadmium.

Zinkblendens jerngehalt er sterkt vekslende. I våre magnetkisle svovlkisforekomster (Løkken, Skorovass) er jerngehalten neppe mere enn 1 à 2 %.

Blygehalten er i begge kistyper alltid helt ubetydelig, i mange tilfeller absolutt null. Gjennemgående ligger den dog sikkert lavest i vasskisen, hvor bly som regel ikke kan påvises. I generalanalyser av eksportkis fra Løkken er bly kun angitt som spor. Men i enkelte gangkiser, således i gangkis fra Undals grube, når blygehalten helt op i et par % (ifølge generalanalyse av stykkmal). En slik blygehalt må imidlertid i norsk kis betegnes som usedvanlig høi. Bly inngår i våre kisforekomster alltid i form av blyglans.

Arsengehalten synes efter det foreliggende analysemateriale å være av omtrent samme størrelsesorden i begge kistyper. Arsengehalten i gangkisen ligger i de fleste tilfeller mellem 0,04 og 0,07 %. I vasskisen ligger den gjennemgående en ubetydelighet høiere, omkring 0,08 %. En enkelt generalanalyse av Stord-kisen viser en arsengehalt av 0,09 %, hvilket må betegnes som en relativt høi arsengehalt i norsk eksportkis.

Jordskorpens gjennomsnittlige arsengehalt er, ifølge Goldschmidt, 5 g/t. Mens våre nikkelmagnetkiser er meget arsenfattige, har der således i våre gangkiser funnet sted en arsenkonsentrasjon på 100 eller litt derover. Arsen er jo et element, som er særlig karakteristisk for restopløsningene.

Den relativt sterke konsentrasjon av arsen i de sedimentære kisforekomster er allerede tidligere konstatert av Goldschmidt og Peters. „In den Sedimentgesteinen wird Arsen nicht nur in Verknüpfung mit der Ausfällung von Eisenhydroxyden angereichert, sondern auch zusammen mit Sulfiden des Eisens“, sier Goldschmidt og Peters i „Zur Geochemie des Arsens“ (6). Arsen inngår antakelig isomorft i svovlkis som erstatning for svovl. Arsenkis kan i almindelighet ikke iakttas.

Gehalten av fosfor er i almindelighet lav i begge kistyper. Antakelig er den — likesom arsengehalten — gjennemgående litt høiere i vasskisen enn i gangkisen. Mens fosforgehalten i gangkis i en rekke tilfeller ligger omkring 0,01 %, litt over eller litt under dette tall, ligger den i vasskis i almindelighet mellem 0,02 % og 0,04 %, til dels også derover. Analyse av vasskis fra Leksdalen viser i overensstemmelse dermed 0,020 % fosfor. Generalanalyser av Stord-kisen viser betydelig høiere gehalter, 0,06—0,08 % fosfor.

Den gjennomsnittlige fosforgehalt i jordskorpens eruptivbergarter er ca. 800 g/t. Den gjennomsnittlige fosforgehalt i en rekke ler-sandsedimenter er, ifølge Goldschmidt, ca. 700 g/t (7). Alle våre gangkiser viser således en betydelig lavere fosforgehalt enn eruptivbergartene. Og våre vasskiser viser også i de aller fleste tilfeller en vesentlig lavere fosforgehalt enn ler-sandsedimentene. Mens de sedimentære jernoksydmalmer



i almindelighet viser en „anrikning“ av fosfor, viser altså de sedimentære jernsulfidmalmer i almindelighet en „fortynning“ av fosfor. Fosfor inngår i våre kisleforekomster antakelig alltid i form av apatit.

De geokjemiske undersøkelser av Trondheimsfeltets 2 interessanteste kistyper, gangkisen og vasskisen, har på alle punkter bekreftet den opfatning, som jeg tidligere på geologisk-petrografisk vei er kommet til, nemlig at gangkisen er hydrotermal, hydrotermal metasomatisk, og at vasskisen er sedimentær, sedimentær biokjemisk. Der finnes blandingsledd mellom disse 2 typer, fremkommet på den måte, at gangkisløsninger, som yngre oppløsninger, har trengt inn i og gjennomvevet vasskislagen som de eldre lag. Men *primært* er der 2 helt forskjellige, distinkt adskilte kistyper av forskjellig alder.

Jeg vil til slutning få bringe direktør Kiær, Løkken Verk, min beste takk for at han har tillatt offentliggjørelse av endel data fra Verkets kisleforekomster i Meldal.

#### Literatur.

- (1) V. M. Goldschmidt und L. W. Strock: Zur Geochemie des Selens, II, Göttingen 1935, S. 138.
- (2) S. Foslie: Norges Svovlkisleforekomster, N. G. U. Nr. 127, 1926.
- (3) Th. Vogt: Origin of the Injected Pyrite Deposits, N. T. H. Avhandl. 1935, S. 600.
- (4) V. M. Goldschmidt: De senere års utvikling av vårt kjennskap til geokjemien, 1938 (Naturen).
- (5) J. H. L. Vogt: Nickel in igneous rocks, Econ. Geol. Vol. 18, 1923, S. 130.
- (6) V. M. Goldschmidt und Cl. Peters: Zur Geochemie des Arsens, Göttingen 1934, S. 16.
- (7) V. M. Goldschmidt: Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente, IX, 1938, S. 51.

I ordskiftet etter foredraget deltok L. Størmer, V. Goldschmidt, S. Foslie, Th. Vogt, K. Kristoffersen og foredragsholderen.

H. H. SMITH, som ikke kunde være til stede på møtet, sendte inn en oppgave over analyser av norske malmer.

#### A/S Skorovas Gruber. 1913—1920.

##### Sammanställning över Arsenik- och Selen-Analyser.

Dato	Firma	Resultat
2. dec. 1913.	Norsk Kem. Bureau	As 0,030 %
20. aug. 1914.	—»—	Se spår
		As 0,012 -
		As 0,015 -
		As 0,018 -
		As 0,028 -
10. sept. 1914.	—»—	As 0,012 -
10. mars 1915.	—»—	As 0,023 -

Dato	Firma	Resultat
19. april 1915.	Kgl. Tekn. Högskolan, Stockholm . . . . .	As 0,005 % Se 0,005 -
17. mai 1915.	Lippman Bloch. Av Dr. Lewkowitz, Breslau. As. ganz geringen Mengen.	
21. mai 1915.	Edward Riley & Harbord, London . . . . .	As 0,042 - Se Nil.
27. mai 1915.	Sulman & Piccard, London. (By Marsh test)	As Trace Se Nil.
7. juni 1915.	Geo. Rudd Thompson, Newport . . . . .	As 0,0050 - Se 0,0079 -
10. juli 1915.	Edward Riley & Harbord, Londvn . . . . .	Se 0,0022 -
15. juni 1917.	Norsk Kem. Bureau . . . . .	As 0,0400 -
	General analys på prov från en rad borrhärdar, men här ingår ej kis från Nygruvan och Gamlegruvan. Det anmodades om bestämning på event. selen.	
7. juli 1920.	Olaf Røer . . . . .	As 0,038 -
30. juli 1920.	Edward Riley & Harbord, London . . . . .	As 0,020 -
	I ett senare insänd prov fann firman . . . . .	Se 0,0022 -

General prov tagna juli 1914. (H. H. Smith.) Gamlegruben, Stollen :

51,32	% S
0,40	» Cu
0,26	» Zn
0,012	» As
45,35	» Fe
1,93	» SiO <sub>2</sub>

samt obetydligt Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO och MgO.

Nygruben, Stollen :

% S	% Cu	% As	% Ouppl.
48,20	0,68		4,98
50,40	0,23	0,015	2,76
50,66	0,66		3,10
51,70	spår		1,80
51,60	0,05		1,72
51,76	spår		1,32
51,60	0,28	0,018	2,00
50,38	spår		3,64
50,88		0,028	2,40

Genomsnittsprov av borrhärdarna och i denna analys ingår ej kis från Nygruben och Gamlegruben samt all kis är medtagen som höll över 40 % S:

46,40 % S  
 0,98 - Cu  
 0,89 - Zn  
 0,04 - As  
 41,35 - Fe  
 1,52 - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 4,63 - SiO<sub>2</sub>  
 1,08 - CaO  
 1,32 - MgO

98,21 % + CO<sub>2</sub> och alkalier.

Provleverance på 340—450 ton Nygrube-kis sänt till Sverige sommaren 1915:

Analys av avbrand. Torkad vid 105° C.

	Svavel %	Jern %	Koppar %	Zink %	
Ströms Bruk .....	1,23	64,1	0,36	0,19	Kgl. Tekniska Högskolans Materialprovvningsanstalt
Öhrvikans A/B .....	2,7	64,9	0,31	0,15	Do.
Mackmyra .....	1,27			0,48	Do.
Hismofors .....	0,88				Do.
Do. ....	0,49	65,9	0,35	0,27	Do.
Ströms Bruk .....	1,14	64,6	0,29	0,276	3,48 % SiO <sub>2</sub> . P. icke spår. Norsk Kemisk Bureau

Av ett större parti kis från Nygruben blevo lika stora mängder sända till olika analysfirmor samtidigt för kontrollens skull, som även anges här nedanför.

*Analys utförd av Edward Riley & Harbord, London 21. mai 1915.*

*Sample dried at 100° C.*

Sulphur..... 50,73 %  
 Sulphuric Acid..... 0,60 -  
 Sulphate of Baryta..... Traces  
 Iron..... 44,36 -  
 Protoxide of Iron..... 0,54 -  
 Paroxide of Iron..... 0,91 -  
 Arsenic..... 0,042 -  
 Copper..... 0,30 -  
 Nickel..... 0,08 -  
 Lead..... Traces  
 Zinc..... »  
 Silica..... 1,25 -  
 Alumina..... 0,45 -  
 Oxide of Manganese..... Nil

Lime .....	0,12	%
Magnesia .....	0,30	-
Phosphoric Acid .....	0,014	-
Selenium .....	Nil <sup>1</sup>	
Carbon Dioxide .....	Traces	
Combined Water .....	0,40	-
	<hr/>	
	100,096	%
Equal to Total Sulphur .....	50,97	%
» » Total Iron .....	45,42	-
» » Phosphorus .....	0,006	-

*Analys utförd av Sulman & Piccard, London, 27. mai 1915.*

Insolubles .....	1,30	%
Sulphur (unoxidised) .....	51,00	-
Iron .....	45,50	-
Lime .....	0,12	-
Copper .....	0,30	-
Phosphorus (AsP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	0,056	-
Sulphur Trioxide (SO <sub>3</sub> ) .....	0,48	-
Oxygen, water, and loss .....	1,244	-
Arsenic (by Marsh test) .....	Trace	
Antimony. Tellurium .....	Nil	
Selenium .....	Nil	
Bismuth .....	Nil	
Fluorine .....	Nil	
	<hr/>	
	100,000	%

*Note:* 1,05 % of the iron was present in oxidised form probably as basic sulphate.

The total sulphur was 51,19 %: i. e. inclusive of SO<sub>3</sub>. Some water was still detected after drying at 100° C. for four hours.

*Analys utförd av Geo. Rudd Thompson, Newport, 7. juni 1915.*

*Mineral dried at 100° C.*

Iron .....	44,8000	%	} = Total Iron 45,35 %
Peroxide of Iron ...	0,6400	-	
Sulphur .....	51,3200	-	
Silica .....	1,5000	-	
Lime .....	1,0000	-	
Magnesia .....	0,4700	-	
Copper .....	0,2880	-	

<sup>1</sup> Selen kunde ej påvisas. I et senare insänd prov fann R. & H. 0,0022 % Se.

Phosporic Acid . . . . .	0,0090 % = Phosphorus 0,004 %
Arsenic . . . . .	0,0050 -
Selenium . . . . .	0,0078 -
Titanic Acid . . . . .	0,0170 -
Nickel, Cobalt, Zinc .	None
Baryta. Chromium . .	None
Lead . . . . .	Traces less than 0,005 %
Free Carbon . . . . .	None
Carbonic Acid . . . . .	Trace
	100,0569 %

Utom dessa fullständiga analyser, lät jag, under tiden jag hade befattning med Skorovas ännu en sådan utföras i Sverige, och som var min första.

*Analys utförd av den Kungl. Tekniska Högskolans Materialprovvningsanstalt, Stockholm, 19. april 1915.*

*På torrt prov.*

Svavel . . . . .	51,4 %
Järn . . . . .	45,7 -
Koppar . . . . .	0,31 -
Zink . . . . .	0,07 -
Kiselsyra . . . . .	1,3 -
Arsenik . . . . .	0,005 -
Selen . . . . .	0,005 -

#### Finbur kisförekomst.

Genomsnitts prov från dagskäringar på 1,5—2 m mäktighet och från året 1913.

S . . . . .	44,4 %
Cu . . . . .	0,8 -
Zn . . . . .	2,8 -
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> . . . . .	7,7 -
Ouppl. . . . .	6,8 -

Nedanstående analyser äro från synken på 13,25 m djup och över en mäktighet på kisen av 2,8 m. (H. H. Smith.)

	Häng	Midt	Ligg
Malmmäktighet . . . . .	1,3 m	1,0 m	0,5 m
	%	%	%
S . . . . .	45,05	46,50	42,91
Cu . . . . .	0,92	1,99	0,76
Zn . . . . .	0,93	1,42	5,06
Ouppl. . . . .	3,96	5,40	12,48

## A/S Rødfjelllets Kisgruber.

Prov på anstående kis i olika delar av gruvan mars 1918 (H. H. Smith).

A. ....	50,88 % S	3,20 % ouppl.
B. ....	49,60 - »	3,82 - »
C. ....	50,93 - »	3,72 - »

Proven visa, att Rødfjelllets kis är hittills den rikaste svavelkis, som Norge har anstående.

En seri prov analyserade och deras genomsnittsanalys höll:

År 15. mars 1917.

SiO <sub>2</sub> .....	1,71 %
Cu .....	0,51 -
Zn .....	1,08 -
Fe .....	45,25 -
S .....	50,50 -
As .....	0,014 -
	99,06 %
	+ lite Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO och MgO.

Generalanalys av 711 ton styckmalm skeppad 13. juni 1911. Analys utförd av Stockholms Bergtekniska Laboratorium.

Svavel.....	50,88 %
Selen .....	0,001 -
Arsenik .....	0,001 -
Järn .....	45,00 -
Koppar .....	0,66 -
Zink .....	1,04 -
Lerjord .....	0,50 -
Kalk .....	0,29 -
Magnesia .....	0,12 -
Kiselsyra .....	1,48 -

Kisavbrand (Mackmyra). År 13. januari 1917.

Fe .....	61,72 %
Cu .....	0,44 -
Zn .....	1,56 -
SiO <sub>2</sub> .....	5,03 -
S .....	2,41 -
P .....	Spor

Med undantag av skeppningsanalysen äro alla utförda av Norsk Kemisk Bureau.

## A/S Svanø Gruber.

Genomsnittshalten på råmalmen kan sättas till 15,5 % och 0,84 % Cu.  
Typiska analyser på exportmalmen visa: (H. H. Smith.)

S .....	44,03 %	och	44,90 %
Fe .....	40,10 -	»	37,90 -
Cu .....	2,05 -	»	1,84 -
Zn .....	2,61 -	»	4,22 -
As .....	0,009 -	»	0,015 -
Selen analys föreligger ej.			

## Kisförekomst Meldalen.

En provstuff, som innehöll turmalin i kis blev analyserad med resultat:

Svavel .....	45,20 %
Arsen .....	0,04 -
Silver .....	15 och 20 g pr. ton kis.

Analysen er utförd av Klüvers Kemiska Bureau, och provet av H. H. Smith.

## Bestämning av selen i kiser

av Peter Klason och Hjalmar Melquist.

Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi. Band 4. Nr. 29. Januari 1912.

I Norsk geologisk tidsskrift 15, 1935, p. 320—324 har jag redan tillåtit mig hänvisa till ovanstående artikel, och ber åter i dag få hänvisa till den i förbindelse med arsen och selen. Från artikeln citeras endast något lösryckt sålunda:

Anmärkningsvärdt är också, att Se-halten i bränderna är betydligt större vid koppar- och blyhaltiga kiser än vid kiser fria från dessa metaller, vilket torde bero derpå att selenet av bly och koppar är i hetta beständigare än av järnoxid. Ju renare således kisen är desto lättare och fullständigare avger den vid rostningen både sitt svavel och selen. Bränderna av de kopparhaltiga kiser voro dessutom mer eller mindre starkt sammansintrade i klumpar, under det att de kopparfria voro pulverformiga och ljusare till färgen. Vid en del kiser, som hade en synnerligen väl utbildad kristallinisk struktur som n:is 3 och 10, inträffade vid rostningen en stark volymökning av rostgodset. Alla de undersökta kiser höll arsenik och en del tellur.

Ytterligare anföres: Grabe och Petren funno i 8 st. generalprov av Falukis resp. 50, 50, 60, 100, 110, 120 och 130 g i medeltal 86 g selen pr. ton kis och i 8 st. prov av Norsk kis resp. 60, 60, 70, 140, 70, 70, 40 och 40 g i medeltal 67,5 g selen pr. ton kis. En kis från spansk fyndighet innehöll 70 g selen pr. ton. Såsom synes variera de av oss funna selenhalterna mycket mera i våra kisprov än i deras. Vi tro ock att i verkligheten varierar selenhalten i kiser mycket mera än som man

kunde ha anledning förmoda av deras analyser. Selenet är nämligen bundet vid särskilda bly- och vismuthaltiga mineral, som tydligen kunna finnas på mycket ojämnt sätt fördelad i kisen. Erfarenhet från sulfitt-cellulosafabriker talar också för en sådan variation. Detta anförande är från ett försök av Grabe och Petren.

## GENERALFORSAMLING OG MØTE TORSDAG 13. FEBRUAR KL. 18

Til stede 43 medlemmer og 8 gjester.

Formannen refererte hilsningsskrivelser fra Geologiska föreningen i Stockholm og professor Harry von Eckermann.

### GENERALFORSAMLING

#### Årsmelding for 1940.

Siden forrige generalforsamling er det utgått 2 medlemmer:

W. C. BRØGGER,  
JOHAN NORMANN

som begge er avgått ved døden.

I samme tidsrom er innvalt 13 nye medlemmer:

225. JENS A. W. BUGGE, Norges tekniske høgskole, Trondheim.
226. PER HOLMSEN, Norges geologiske undersøkelse, Oslo.
227. HENRICH NEUMANN, Norges geologiske undersøkelse, Oslo.
228. HANS C. HANSEN, Midtstua, Kihlsbakken, Kambo.
229. GUNNAR SEMB, Norges landbrukshøgskole, Ås.
230. KRISTOFFER KRISTOFFERSEN, Geologisk museum, Oslo.
231. WORM HIRSCH LUND, Jacob Fayes veg 2, Bygdøy.
232. WORM LUND, Kongens gate 5, Oslo.
233. BRIT HOFSETH, Fagertunvegen 4, Bestun.
234. IVAN TH. ROSENQVIST, Schwensens gate 6, Oslo.
235. ARTHUR O. POULSEN, Niels Henrik Abels veg 31, Blindern.
236. GUNNAR HENNINGSMOEN, Observatorie terrasse 56, Oslo.
237. ROBERT MAJOR, Kirkevegen 68, Oslo.

Medlemstallet er nu 142, hvorav 57 livsvarige og 85 årsbetalende medlemmer.

Det er som vanlig holdt 6 ordinære møter. Til gjengjeld for, at april møtet måtte innstilles, er det holdt 3 møter i høstsemesteret. Det samlede frammøte var etter møteprotokollene 189 personer. Søndag 2. juni blev det holdt en ekskursjon til Grefsenåsen under ledelse av O. Høltedahl. Det var ca. 20 deltakere, hvorav en del medlemmer av Geologisk amatørklubb.

Av tidsskriftet er i året utkommet bd. 19 h. 4 og bd. 20 h. 1—2.



**Regnskap for 1940.****Inntekt:**

Beholdning overført fra 1939.....	kr. 1 199,86
Medlemskontingent for 1938, 1939 og 1940 .....	» 320,00
Renter fra livsvarige medlemmers fond for 1940 .....	» 180,32
Tilskot fra staten .....	» 400,00
Tilskot fra Sulitelmafondet .....	» 3 100,00
Ekstra trykkingstilskot:	
Fra Nansenfondet til L. Størmer:	
Early Descriptions, bd. 20 h. 1—2 ..	kr. 400,00
Fra Nansenfondet til L. Størmer og Th. Vogt:	
Dictyonema Shales, bd. 20 h. 3—4..	» 350,00
	<u>» 750,00</u>
Abonnement og salg av tidsskriftet 1940 .....	» 219,00
Renter av bankinnskot 1940 .....	» 4,43
	<u>» 4,43</u>
	Kr. 6 173,61

**Utgift:**

<b>Tidsskriftet:</b>	
Trykking bd. 18 h. 4, rest .....	kr. 955,67
» bd. 19 h. 1 .....	» 1 891,03
» bd. 19 h. 2—3, avdrag .....	» 1 608,97
Tegnearbeide .....	» 4,50
	<u>kr. 4 460,17</u>
Klisjeer, bd. 19 h. 4, rest .....	kr. 16,16
» bd. 20 h. 1—3 .....	» 531,57
	<u>» 547,73</u>
Arbeidshjelp, porto, skrivesaker .....	» 398,49
Møter, representasjon .....	» 241,44
Rabatt på salg av tidsskriftet .....	» 53,67
Forvaltning av statsobl., livsv. medl. fond .....	» 5,00
Overført til 1941 .....	» 467,11
	<u>» 467,11</u>
	Kr. 6 173,61

**Status pr. 31/12 1941.**

<b>Livsvarige medlemmers fond. Urørlig kapital.</b>	
Statsobligasjoner .....	kr. 3 500,00
Bankinnskot .....	» 1 165,00
	<u>kr. 4 665,00</u>
Utestående kontingent .....	kr. 630,00
Beholdning .....	» 467,11
	<u>» 467,11</u>
	Kr. 1 097,11

Regnskapet var revidert av S. Føyn og H. H. Smith og blev godkjent etter bemerkninger av N. H. Kolderup, K. Münster Strøm, J. Helverschou, C. Bugge, Th. Vogt og formannen.

Regnskapsførerens løn for 1941, kr. 200,00 blev godkjent.

#### Valg av styre for 1941.

Formann .....	L. STØRMER
Redaktør .....	H. ROSENDAHL
Sekretær .....	T. STRAND
Styremedlemmer .....	K. MÜNSTER STRØM
	C. W. CARSTENS
Varamann .....	J. HELVERSCHEU

Revisorene H. H. SMITH og S. FØYN blev gjenvalt.

Til medlemmer av Reuschmedaljekomiteen blev valt A. BUGGE og TH. VOGT.

#### Reuschmedaljen.

Reuschmedaljen blev utdelt til lektor SVEN FØYN for hans avhandling: „The Eocambrian Series of the Tana District, Northern Norway“, Norsk geol. tidsskr. 17, 1937, s. 65—164.

Arbeidet gir mange viktige iakttakelser fra et stort og geologisk lite kjent område. Det bringer i stor utstrekning klarhet over de stratigrafiske forhold. Ved petrografiske iakttakelser er påvist interessante trekk, bl. a. ved tillittenes dannelses måte. Nye fossilforekomster er oppdaget og visse tektoniske hovedtrekk er klarlagt. Avhandlingens form er klar og konsis. Arbeidet tilfredsstillende således fullt ut de krav som statuttene for Reuschmedaljen stiller. — Det kan også nevnes at Reusch selv i sin tid arbeidet innen samme område.

FØYN takket for den påskjønnelse, som det var for hans arbeide, at medaljen var tildelt ham.

#### M Ø T E

##### Foredrag.

ARNE BUGGE: **En oversikt over arbeidet i det sydnorske grunnfjell.**

Nye iakttakelser — som ennå ikke er publisert — har jeg særlig gjort under kartlegging av Kristiansands rektangelblad og ved undersøkelse av enkelte kvartsitt- og kalkstensforekomster i traktene nordøstover fra Lillesand. Ennvidere har jeg foretatt en rekke undersøkelser av molybdenforekomster i det syd-vestlige Norge. Mellom Mjøsa og Randsfjorden har jeg ved et par korte befaringer gjort meg bekjent med bergartene på hver side av rivningsbreksjen nord for Brandbu.

Jeg fastholder den oppfatning, jeg i tidligere publikasjoner har framlagt om Kongsberg—Bamble-formasjonens dannelse, idet jeg hverken ved mine nyeste undersøkelser eller ved innvendinger, som er framkommet

fra andre geologer, kan finne noen faktiske opplysninger, som bringer meg i tvil om riktigheten av grunntrekkene i den opfatning som jeg har publisert om formasjonens tilblivelse.

Som hovedlinjene for mitt syn på grunnfjellsformasjonene kan jeg resumere:

Kongsberg—Bamble-formasjonen kan betraktes som et segmentformet utsnitt av et stort — nu forsvunnet — erupsjonsområde. Den ytre bue dannes av en linje fra Randsfjorden langs Oslofeltets vestgrense og Skagerakkysten til Kristiansand. Den indre begrensning dannes av den store rivningsbreksje, som går i en noget bøiet linje fra sydenden av Sperillen til Kristiansand (linjen er et kort stykke avskåret av Oslofeltet syd for Kongsberg). Fra sydenden av Sperillen bøier begrensningen over mot Jevnaker.

Jeg betrakter det ved de her nevnte linjer begrensede parti som et lite utsnitt av et erupsjonsområde som i de perifere deler har vært omgitt av en hydrotermal og pneumatolytisk randzone.

„Kongsberg-formasjonen“ betrakter jeg som en del av det indre erupsjonsområde og *Bamble-formasjonen* som en til dette hørende hydrotermal sone karakterisert ved en gjennomgripende metasomatose.

Idet jeg finner at begge bergartsgrupper hører til samme cyklus, har jeg samlet dem under navnet „Kongsberg—Bamble-formasjonen“.

Kongsberg—Bamble-formasjonens eruptiver anser jeg å være trengt fram i eldre bergarter, som jeg har samlet under navnet, båndgneis. Kun ved Kongsberg er der kjent partier av båndgneisen, som har kunnet utskilles i typer, som av Carl Bugge er beskrevet som effusiver og sedimenter.

Ved senere inntrengen av diorittisk og granittisk magma har bergartene tapt sin oprinnelige karakter og er mange steder forvandlet til migmatitter.

Under mine kartlegginger og befaringer har jeg, på strekningen mellom Randsfjorden og Kristiansand ikke sett noe parti i båndgneisen, som jeg har kunnet utskille som sikre suprakrustaler.

Da de utstrakte diorittinjeksjoner i båndgneisen var avsluttet, kom en inntrengen av noritt og gabbroganger (olivinhyperitt, vinordiabas, amfibolittganger) som i den indre del av erupsjonsområdet viser seg som større massiver og ganger og i den ytre del vesentlig som mer og mindre omvandlede gabbroklumper. (Olivinhyperitt og gabbroganger er der forholdsvis sjelden.)

I forbindelse med de små gabbromassivers framtrengen i den ytre sone begynte en veldig sirkulasjon først av høitemperaturopløsninger, senere av lavtemperaturopløsninger, som ledet til dannelsen av den efter min opfatning hydrotermale randzone, som har vært kalt Bamble-formasjonen.

I den tid da de forholdsvis høie temperaturer var enerådende er granittmagma størket i massiver og ganger. De siste omslutter mange steder gabbroklumpene samt den ved dem påbegynte metasomatose. I forbindelse med granittmagmaens framtrengen finner man flere steder palingent dannede overgangsbergarter som ofte er av charnockittisk type.

I den ytre sone oppfatter Jens Bugge sådanne overgangsbergarter som metasomatiske. (Arendalitter.)

Granittgangene viser — særlig ved gabbroklumpene — overgangstyper som i strukturen skifter fra aplittisk til pegmatittisk og kvartsmengden skifter langs strøket og tvers på strøket således at man med en overgang gjennom granittslirer langs strøket og tvers på strøket kommer over i urene kvartsitter og glimmerskifere.

I den ytre sone omkring de små gabbro- og granitt-massiver ser man ofte i den vestlige del av Bamble-formasjonen at der efter granittgangenes og massivenes størkning er trengt fram granittiske magmaopløsninger som er størknet som veldige pegmatittganger der ofte som svermer helt omslutter de centrale gabbro-granittkjerner.

Særlig i Bamble—Kragereø-trakten er det alminnelig at apatittganger, som er eldre enn pegmatittgangene omslutter gabbroklumpene.

Bor og klor har i rikelig mengde vært tilstede i gassartene og oppløsningene og man finner nu deres virkninger i store mengder turmalin og skapolitt. Turmalin i granitter, kvartsitter, glimmerskifere og pegmatitter. Skapolitt i gabbroer som skapolithornblendesten og i skarn-mineralene.

Jernmalm finnes som magnetitt i og ved de omvandlede gabbroers randsone i forbindelse med skarndannelse. Disse forekomster, som alltid optrer i forbindelse med — til dels omsluttende — granitter, er som påpekt av Th. Vogt noe manganførende, hvilket er naturlig på grunn av den nære forbindelse med granitt.

Granitten gjennomskjærer til dels skarnmineralene. Pegmatittgangene gjennomskjærer malm og skarn.

Jernglans og magnetitt forekommer sammen med magnesitt, dolomitt og kalkspat på Langø ved Kragereø i ganger som er yngre enn pegmatittgangene. Dessuten forekommer jernglans i den nordlige del i Modum, i kvartsitt på grensen mot gabbro.

Hvorvidt sedimentære kalkstener i båndgneisen har spillet noen rolle ved den eldste skarndannelse, kan jeg ikke uttale mig. Det er selvfølgelig mulig, men jeg har ikke sett noe bevis for at man ved jernmalforekomstene har forskarnede kalkstenslag av lignende type som beskrevet fra de mellomsvenske gruber. For øieblikket kan jeg ikke se at man sikkert kan avgjøre, *hvorfra* skarnforekomstene har fått sin kalk. Om de sirkulerende oppløsninger har fått sitt kalkinnhold fra sedimentære nu ukjente kalkstenslag eller de har fått det ved gjenopløsning av anortitt. Det forekommer meg dog å være naturlig å tenke seg, at kalkspat er dannet efter spilittreaksjonen, da man derved også får forklaring på de albittbergarter som man finner i den midtre del av det her behandlede hydrotermale område og den enorme albittgjennomvevning, som man finner i den nordlige del.

At også karbonater har forekommet i de oppløsninger, som har sirkulert før og efter pegmatittdannelsen mener jeg må være fastslått ved de til dels rene karbonatganger, som er kjent i og ved så mange av

Bamble-formasjonens gabbroklumper og olivinhyperitter. Kalkspattklumper i pegmatittganger er også kjent i den nordlige del av feltet. Ved Bjorvatn i Herefoss har kalkspat også vært ledsaget av kiseltsyreopløsninger som har avsatt rene kvartsmasser i et par meters bredde på hver side av ganglignende kalkspattansamlinger i og ved gabbromassiver. Kalkspattansamlingene kan ha en bredde av 7—8 m.

I den nordlige del av den hydrotermale sone (ved Gampehue i Sigdal) finnes en ren kalkspattforekomst i en omvandlet gabbro som er opfyllt av kalkspatt i små inneslutninger og småårer.

De største kalkspattansamlinger finner man på småøyene syd-vestover fra Grimstad. Særlig disse kalkstensforekomster ansees å være av sedimentær opprinnelse. Jeg kan ikke se, at de adskiller sig så meget fra kalkspattgangene i gabbro, at der er noen grunn til å sette dem i en særklasse, da også disse optrer ved de ofte sterkt epidotiserte amfibolitter som danner en fortsettelse av de gabbrobergarter, som ledsager jernmalforekomsten ved Arendal.

Når man betenker, at jeg ikke har sett skarnmineraler i kalkstenen og at ingen andre, som har beskrevet disse og andre kalkstensforekomster av samme type, har angitt finnesteder for skarnmineraler, så må man være på det rene med, at de må være meget sjeldne.

Det er da vanskelig å oprettholde en opfatning om, at de mange kalkstensforekomster ved gabbroklumper og til dels olivinhyperitter er rester av gamle sedimentære kalkstenslag.

Det faktum, at man kjenner eksempler på så gasfattige gabbromagmaer, at de ikke har dannet reaksjonsmineraler langs eldre kalkstenslag, kan neppe gi en tilfredsstillende forklaring av de manglende reaksjonsmineraler ved Bamble-formasjonens kalkstener, da denne formasjon er karakterisert ved sirkulasjon av gasrike oppløsninger, hvori klor har vært særlig framtrødende og har overalt ellers deltatt i skapolittdannelsen. Man skulle her nettop vente en utpreget skarndannelse og man skulle ikke vente i Bamble-formasjonen å finne undtakelse fra de erfaringer vedrørende arkeiske amfibolittganger, som Eskola uttrykker i „Die Entstehung der Gesteine“ 1938, hvor han resymerer, at de arkeiske amfibolittganger nesten bestandig har en kontaktrand av forskjellige kalksilikatmineraler ved grensen mot krystallinsk kalksten. Heller ikke skulde man vente å finne en så utpreget motsetning til forholdene ved mellomsvenske gruber, hvor man ifølge N. Magnusson alltid finner kalksilikater i kalkstener. F. eks. i Persberg malmtrakt, uttaler Magnusson, at kalkstener og dolomitter fører alltid som forurensninger større eller mindre mengder silikatiske og andre ikke karbonatiske mineraler, og videre, at det skarn som optrer i det vesentlige er bundet til grensene mot den omgivende leptitt.

Kalksten noenlunde fri for kalksilikater kan ved Persberg finnes i midten av større utvidelser av kalkstenslagene. De kan også finnes i betydelig avstand fra amfibolitt og gabbrofeltene, som f. eks. i det av N. Sundius beskrevne felt i Stockholms skjærgård.

Ser man karbonatene dannet ad metasomatisk vei, er det naturlig at der finnes overgangstyper mellom rene skarnansamlinger med litt kalkspatt og rene karbonatganger. En sådan overgangstype er nevnt av Jens Bugge i et lite felt ved Løddesøl.

Hvis man erkjenner, at de manglende reaksjonsmineraler viser, at eruptivene ikke kan være størknet i og ved kalkstenene, og man allikevel vil forsøke å forklare kalkstenene som sedimenter, må de tolkes som kalkstenslag, som i en tektonisk periode er slitt istykker og er ført fram til gabbroene og olivinhyperittene som ombøiede rester av de gamle lag. Det er da i og for sig påfallende, at kalkstensrestene overalt er ført fram til gabbrobergarter.

Dette kunde vel tenkes. Men det er en avgjørende hindring for denne opfatning, at der ikke har forekommet en sådan tektonisk periode *etter* at gabbro—granitt-injeksjonene var avsluttet. Som beviser herfor kan nevnes:

Amfibolittgangene — f. eks. ved Kongsberg — uten noen foldning eller forkastning, de mange gabbro—granitt-injeksjoner med omgivende upressede pegmatittsvermer, ufoldede apatittganger som til dels omslutter gabbromassiver, de upressede skarnmineraler, de skarpkantede granittbreksjer og gjennomvevninger såvel i Kongsberg- som i Bamble-formasjonen, de upressede skapolitthornblendefelser som en del av gabbroklumpene, albittgjennomvevningen og overalt manglende tværforkastninger av noen betydning, den friske kvarts uten undulerende utslukning.

Med bibehold av alle disse primære tilstander, kan det neppe tenkes at avslitte kalkstenslag kan være presset inn gjennom pegmatittsvermene og inn mod gabbroene.

Hvis man prøver å forklare Bamble-formasjonen som en randmetasomatose rundt det store indre eruptivområde, hvorav jeg anser Kongsberg-formasjonen som en rest, kan jeg ikke se annet enn at Bamble-formasjonens tilblivelse kan sees som en harmonisk utvikling, hvor man finner metasomatosisens dypeste deler sydligst ved Kristiansand og de nærmest dagen liggende deler nordligst i Modum og Snarum.

Følger man randsonen nordøstover fra Kristiansand, møter man først granitt og gabbroklumper omgitt av pegmatittsvermer og enkelte kalkspattforekomster, men forøvrig ingen mineralisering. Videre mot nordøst og nord viser den stadig økende mengde turmalin og skapolitt, at man mer og mer kommer op i de høiere nivåer hvor bor og klor har kunnet inngå i mineraldannelsen i de omgivende bergarter. Samtidig øker karbonatenes magnesiainnhold, således at man ved Kragerø finner dolomitter og på Snarum betydelige magnesittansamlinger. Rene kalkspatt-anrikninger sees også i utkanten av sonen. SiO<sub>2</sub>-anrikede bergarter øker sterkt etter hvert som man kommer nordover. Skarnmineraler og magnetitt særpreger den mtitre del, mens jernglans er jernmineralet i den nordlige del. Sydligst i sonen har man ikke de særpeggede albittbergarter, men i den mittre del begynner albittfelser av Kragerøtypen og nordligst finner man som rimelig er i de høiere nivåer av metasomatosen, at alle bergarter er gjennomvevde av albittganger og albittårer.

Samtidig med at turmalinmengden øker nordover mot Snarum, finner man også en jevn økning av kvartsittenes og glimmerskiferens sillimanittinnhold.

Hvis man går tverrprofiler fra Kongsberg-formasjonen over mot den østlige begrensning av Bamble-formasjonen finner man liknende profiler, som når man går langs sonen fra syd mot nord. I Bamble f. eks. treffer man først granitt—gabbro-injeksjoner og, — etterhvert som man går utover, en økende mengde pegmatitt. I granitt og båndgneis begynner en og annen kvartsittlire og båndformige kvartsittmasser å gjøre seg gjeldende. Senere kommer man over i de lange gangliknende kvartsitter (kvartspegmatitter) og de vanlige sillimanittkvartsitter og sillimanittglimmerskifere som karakteriserer bergartene i den ytterste del av sonen. Tvers på strøket fra vest mot øst finner man altså, likesom langs strøket fra syd mot nord, at man jevnt går over fra høitemperatur mot lavtemperatur områder hvor sirkulerende oppløsninger og gasarter har satt sitt preg på mineraldannelsen. De metasomatiske prosesser, som har ledet til tilførsel og bortførsel av stoff fra de eldre bergarter (båndgneisene), hvorved de lerjord- og magnesia-anrikede kvartsitter og glimmerskifere er framkommet, er beskrevet av Eskola, Geijer og Sundius. De av disse forskere givne forklaringer av de metasomatiske omvandlinger kan lett innpasses i den lange sone av Bamble-formasjonens bergarter. I Bamble-formasjonen må man i tillegg medta som et for den karakteristisk trekk de pneumatolytiske og hydrotermale prosesser rundt de mange små-eruptiver og man må der også regne med, at kvarts er dannet gangformig som egne kvartspegmatitter og som kvartsansamlinger i forbindelse med pegmatittganger.

Tom. Barth har som en forklaring av Bamble-formasjonens mineralisering antydnet muligheten av en metasomatose fra en underliggende migmatittfront. Jeg kan ikke se at dette resonnement fører fram.

Som tidligere nevnt er det ikke i noget tilfelle påvist, at yngre gabbroer (olivinhyperitter, vinordiabaser og amfibolitter), granitter og pegmatitter har vært utsatt for noen regional metasomatose. Breksjene og gjennomskjæringene er skarpe og uomvandlede og skarnmineralene som er eldre end granittene og pegmatittene, kan ikke sees å være berørt av noen senere omvandling. Dette gjelder granitter og gabbroer både i Bamble-formasjonen og Kongsberg-formasjonen. Dertil kommer som foran nevnt at de egentlige kalkstener er uberørt av nogen som helst metasomatose.

En opstigen av gass fra en dypere migmatittfront forklarer heller ikke den i mitt arbeide „Kongsberg—Bamble-formasjonen“ beskrevne og foran nevnte *sonare* utvikling av de ved metasomatiske prosesser dannede bergarter. Gassartene fra en dyp-migmatisering måtte virke mer regionalt og de kunne ikke i sin virkning orientere seg rundt de små eruptive felter.

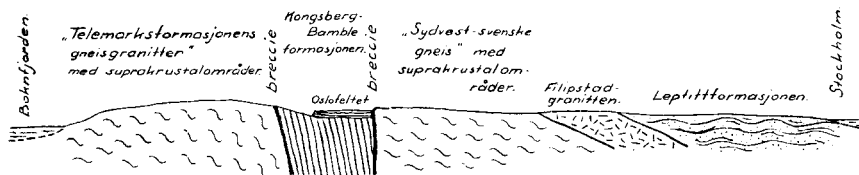
Ser man nu Kongsberg—Bambleformasjonen som et utsnitt av et stort erupsjonsområde, således som jeg her har beskrevet det, og vil i overensstemmelse med Th. Vogt søke å parallelisere den med tilsvarende

bergarter i Sverige, er jeg enig med Vogt i, at den til en viss grad kan innpasses i Magnussons svioniske cyklus, således at:

1. båndgneisene svarer til Leptittformasjoneenes bergarter,
2. diorittene svarer til urgranittene,
3. gabbroene (olivinhypertittene, vinordiabasene og de yngre amfibolitter) svarer til grønstenene, og
4. granitten svarer til Fellingsbro Stockholms-gruppens granitter.

Som en påfallende forskjell mellom de to cykler vil man bemerke, at de orogenetiske bevegelser i Mellomsverige har vært kraftigere enn i Norge. Foldningene og omvandlingene i forbindelse med urgranittens framtrengen har vært mer gjennomgripende enn ved de diorittiske bergarters framtrengen i Kongsberg—Bamble-formasjonen og en parallell til den metamorfose, som i Sverige gikk forut for Fellingsbro Stockholms-granittens framtrengen og ledet til dannelsen av Sørmlands-gneisen mangler helt i Kongsberg—Bamble-formasjonen.

Ser man på Kongsberg—Bamble-formasjonens forhold til de gneisformasjoner som omgir den mot øst og vest, vil man bemerke, at den er helt uberørt av den orogenese, som i den gotiske cyklus ledet til forgneising av det sydvestlige Sveriges og sydøstlige Norges grunnfjell og den er heller ikke berørt av den orogenese og migmatisering, som har omdannet store områder av Telemark-formasjonens bergarter mot vest.



I likhet med Th. Vogt finner jeg det naturlig å henføre Telemark-formasjonen med dens gneiser, granitter og suprakrustalområder til Magnussons gotiske cyklus. Således som ovenstående profil viser. Ut fra en sådan synsmåte står man foran å forklare det eiendommelige faktum at Kongsberg—Bamble-formasjonen ikke alene er uberørt av den Sørmlandske forgneising i den svioniske cyklus, men at den også med skarpe grenser ligger innklemt som en kile i det store syd-skandinaviske gneisområde, som har fått sin forgneising i den gotiske cyklus.

Migmatiseringen i den sydvestlige del av Telemark-formasjonen er som Tom. Barth har beskrevet det regional. Østover mot de store forkastningsbreksjer mellom Kongsberg og Gjøvik kommer man jevnt og i nivåer av Telemark-formasjonen, som må ha ligget nærmere dagen. Man finner der foldede og pressede bergarter, men mindre migmatisering.



Ved sydenden av Sperillen avsluttes den store rivningsbreksje ved Flå-granitten og kun kvartsbreksjen fortsetter inn i dette granittmassiv på samme måte som det er beskrevet ved breksjens gjennomskjæring av Birkeland-granitten.

Efter et hopp mot øst finner man atter rivningsbreksjen fra Onsberget og Brandbu ved Randsfjorden til Gjøvik. Jeg har ennå ikke hatt anledning til inngående å studere forholdene her ved breksjens nordlige avslutning. Under et par dages ekskursion høsten 1941 fikk jeg anledning til å gå op et profil langs landeveien på Mjøsas østside hvortil Magnusson har fulgt den „Värmlandske mylonittsonen“. Vest for Mjøsa kunde sonen følges nord—vestover gjennom Toten til henimot Einavattn. Lenger vest enn til den store rivningsbreksje kan mylonittsonen ikke følges. Vest for rivningsbreksjen finner man kun de vanlige Telemark-granitt-typer med nordøstlig strøkretning. Øst for rivningsbreksjen Brandbu—Gjøvik kommer man altså atter over i dypere nivåer av en forgneisingssone. Man har der mylonittgneiser, men ikke virkelige migmatitter som man finner i det sydvestlige Norge.

Det er sannsynlig, at gneisene øst for rivningsbreksjen tilhører samme gneisområde som gneisene vestenfor. Men at man på østsiden har gneiser fra et dypere nivå, som er skjøvet op i høide med de mindre omvandlede Telemark-gneiser.

Samtidig med opskyvingen av de østlige mylonittgneiser er det sannsynlig, at den av de orogenetiske bevegelser uberørte Kongsberg—Bamble-formasjon er kilt inn fra fjernere liggende trakter, hvor den har vært uberørt både av den svioniske og den gotiske forgneising.

Ved innkilingen av Kongsberg—Bamble-formasjonen måtte de sydlige deler av gneisområdene fjernes fra hinannen. Dette stemmer godt med de nordøstlige og nordvestlige strøkretninger som karakteriserer gneisene, henholdsvis vest øst og for Kongsberg—Bamble-formasjonens nordlige del.

Nesten flattliggende dype glidestriper, som ofte sees på glideflater i rivningsbreksjen og i parallellbreksjer i Kongsberg-formasjonen støtter opfatningen om en innskjøvet Kongsberg—Bamble-formasjon, da de viser at store horisontale forskyvinger virkelig har funnet sted.

Efter at Kongsberg—Bamble-formasjonen er bragt på sin nuværende plass, har Flå-granitten og Birkeland-granitten trengt fram og har brutt den gamle rivningsbreksje.

Efter at disse granittene er størknet, er de atter brutt op ved en senere bevegelse langs breksjen og er sammenbundet av gjennomflettende kvarts i ganger og årer. Ved denne siste opbrytning er bruddstykkene ikle mylonittiserte som i rivningsbreksjen og der har kun foregått forkhodvis ubetydelige glidninger.

Hvis man regner Telemark-gneisen til den gotiske cyklus, kan Flå-granitten og Birkeland-granitten innpasses sammen med Bohus-granitten og Karlshamn-granitten som de siste granittinjeksjoner ved orogenesens avslutning.

I mitt foredrag gav jeg også en kort orientering over geologien ved Knaben gruver og på et kart viste jeg også hvorledes dalene vestover fra breksjen er forholdsvis lite utpreget sålenge migmatitten vedvarer (altså til Undal). Lengre mot vest er granitten nesten enerådende og dalene er dypt nedskåret mellom høge fjell. Da det er min hensikt å utføre en mer inngående beskrivelse av molybdenforekomstene, medtar jeg her intet referat av denne del av mitt foredrag, men har i det foregående gitt et noget utvidet referat av den del av foredraget som omfattet Kongsberg—Bamble-formasjonen. Jeg fant det av interesse i forbindelse med min oversikt over Bamble-formasjonen å vise fram grubekarter fra Knaben, som viser en stadig skiften mellom yngre aplittisk granitt, pegmatitt og kvartsmasser som — omenn i mindre målestokk — minner om aplittene, pegmatittene og kvartspegmatittene i Bamble-formasjonen.

I ordskiftet etter foredraget deltok formannen, J. Bugge, C. Bugge, T. Barth, Th. Vogt, F. Isachsen, S. Foslie, V. Goldschmidt og foredragsholderen.

Ved aftensbordet var det taler av formannen for samholdet mellom de norske geologer, av Rosendahl om Henrich Steffens og hans planer for geologisk utforsking av Norge, av N. H. Kolderup, som innbød til det neste landsmøte i Bergen, dessuten av Holtedahl, Brækken, Carstens, Vogt og Münster Strøm. Ved kaffen leste Braastad Mikjel Fønhus' dikt om Spitsbergen.