

## **Relasjonen mellom senkaledonsk tektonikk og sedimentasjon ved Hornelens og Håsteinens devon.**

Av

INGE BRYHNI

### **Innledning.**

Devonfeltene på Vestlandet ble besøkt av en rekke geologer i årene mellom 1860 og 1880. Irgens og Hiortdahl, Keilhau, Reusch og Helland besøkte hver for seg devonfeltene og offentliggjorde sine observasjoner og tanker om bergartenes dannelse. Senere ble devonfeltene beskrevet av C. F. Kolderup i en rekke monografier som kom ut i tidsrommet 1916–1927. Bortsett fra noen spesialarbeider om fossilene fra Hornelens devon er feltene i nyere tid bare berørt ved oversiktsartikler i Høltedahls store arbeider om Norges Geologi.

Da devonavleiringene ennå byr på mange facinerende problemer og sikkert ennå rommer meget av generell geologisk interesse, kan det være på tide å gjøre feltene gjenstand for en detaljundersøkelse. Jeg har derfor utvidet mine undersøkelser i underlaget nordenfor Håsteinens devon til søndre del av Hornelens devon. I dette store, ulendte og regnrrike område vil en detaljundersøkelse måtte ta meget lang tid, men jeg synes at resultatet av de to siste somres feltarbeide langs sydgrensen av Hornelens devon fortjener å bli tatt opp til diskusjon.

De første til å gi et geologisk kart over devonfeltene på Vestlandet var Irgens og Hiortdahl (1864). Reusch (1881) ga et bedre kart som ikke bare viste devonfeltenes begrensnng, men også strøklinjer og fordelingen av konglomerat (breksje) og sandstein innen hvert felt. Alle devonfeltene har mektige avsetninger av sedimentære breksjer, konglomerat og/eller sandstein som synes dannet i tektonisk betingede bassenger ved avslutningen av den kaledonske fjellkjedefoldning. Devonavleiringene har derfor vært oppfattet som den kaledonske fjellkjedes *molasse*.

Håsteinens felt er bygget opp av overveiende grovklastisk breksje med en anslått mektighet på over 1000 m (Kolderup 1925, p. 28). Hornelens felt har overveiende grønn sandstein med en antatt mektighet på 20–25000 m (Kolderup 1927 a, p. 41). Det siste mektighetsoverslaget er rent utrolig høyt, særlig når vi betenker at serien består av utpregede gruntnvannssedimenter, – og at hvis lagene ble avsatt rett ovenpå hverandre, ville de dypeste ha vært nede i et dyp som svarer til 2/3 av jordskorpens nåværende tykkelse. Ved et så stort dyp måtte vi vente en betydelig omdannelse, men erfaringen viser at devonsedimentene i bunnen og toppen av serien ikke har påviselig forskjell i metamorfose.

Den store mektigheten er litt av et tankekors, og jeg har forsøkt å finne forkastninger eller andre tegn på repetasjoner av lagserien, men hittil har jeg ikke funnet noe som i nevneverdig grad kan redusere Kolderups mektighetsoverslag. Spørsmålet er bare om alle lagene virkelig ble avsatt direkte vertikalt over hverandre.

Den første som diskuterte dette problem var Reusch (1881, p. 163). Reusch kom til at devonfeltene var gamle delta-avsetninger og *at den hellende lagstillingen var et primært trekk*. Han sammenlignet det regelmessige østlige fall i Hornelens devon med skråskiktningen i kvartære delta og fremmet den tanke at mektigheten ikke burde regnes vinkelrett lagflatene. Kolderup (1927, p. 41) var inne på det samme idet han hevdet at devonbassenget må ha hatt en største dybde på minst 1300 m (beregnet ved topografisk høyde over underlaget av høyeste fjelltopp innen devonserien).

Det var en dristig tanke at den hellende lagstillingen kunne være primær, men de tallrike flater med bølgeslagmerker eller tørresprekker i devonserien viser at lagene opprinnelig må ha blitt avsatt på en horisontal flate som siden er blitt vippet ned mot øst. Tanken om at lagene i devonserien opprinnelig *ikke* ble avsatt vertikalt over hverandre synes imidlertid å være den eneste fornuftige forklaring på devonseriens tilsynelatende enorme mektighet. I området syd for Hornelens devon har jeg påvist flere betydelige dislokasjonssoner som kan gi både en mulig forklaring på devonfeltenes store mektigheter og et mer nyansert bilde av samspillet mellom senkaledonsk tektonikk og sedimentasjon. I fig. 1 er gitt et geologisk kart som viser beliggenheten av de viktigste dislokasjonssonene i forhold til Hornelens og Håsteinens devon.

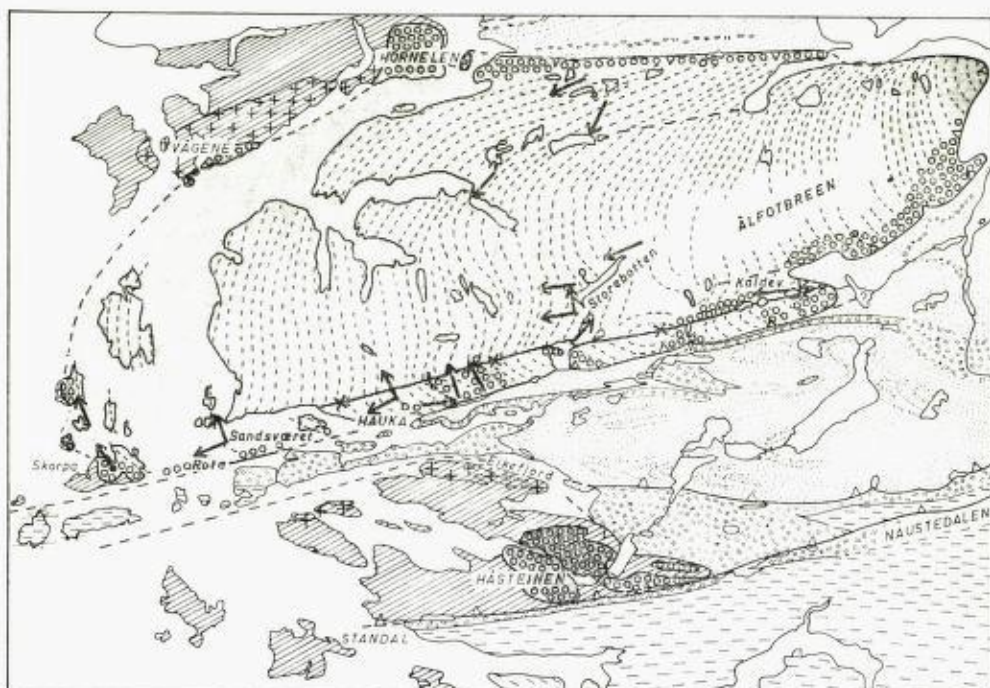


Fig. 1. Forenklet geologisk kartskisse over området ved Hornelens og Håsteinens devon.

*Simplified geologic map from the Hornelen and Håsteinen districts.*

Sammenstilt bl. a. ved data fra C. F. Kolderup (1912), (1927 a), N.-H. Kolderup (1928), og Reusch (1881).

### Dislokasjonssoner i nordre Sunnfjord.

Topografien i nordre Sunnfjord er karakterisert ved en rekke trange fjorder og skar i retning ENE-WSW. Lange vatn ligger ofte i rekke og

rad på grensen mellom forskjellige bergartkomplekser, og det har vist seg at bergartene er mylonittisert i opptil flere hundre meters bredde. Det er mest naturlig å oppfatte de topografiske linjene som geologiske dislokasjonssoner. Den mest betydelige er «Standal-linjen» som går fra Standal i øst-nordøstlig retning til Naustedalen. Lengst i vest er kambro-ordoviciske skifre ved denne dislokasjonssonen brakt i kontakt med meta-anorthositt og basalgneis. Denne sonen omfatter østre skråning av Håsteinens fjellmasse og sydsiden av Standalsheia hvor Kolderup (1925, p. 26) påviste en forkastning. En annen betydelig dislokasjonssone er «Eikefjord-linjen» som ved Eikefjorden skiller mellom kambro-ordoviciske skifre og meta-anorthositter eller beslektede bergarter. «Haukå-linjen» er en tilsvarende dislokasjonssone på grensen mellom Hornelens devon og underlagets kvartsitter og meta-anorthositter. At det har vært bevegelse langs denne sonen ble konstatert allerede av Reusch i 1881 på grunnlag av studier på Rota ved Florø.

Ved dislokasjonssonene synes området under de to devonfelter å ha blitt delt opp i blokker som kan ha sklidd mot hverandre. Håsteinens devon med underlaget av skifer utgjør f. eks. en blokk som ved dislokasjonssoner i nord, øst og syd er blitt brakt i kontakt med meta-anorthositt. Hornelens devon hører sannsynligvis med til en tilsvarende blokk, men her er skiferunderlaget blitt bevart bare i vest og nordvest.

I de brede mylonittsonene er det ikke mulig å se spor etter relativbevegelse mellom bergartsblokkene. De fleste dislokasjonssonene synes å ha middels steilt fall ( $35-60^\circ$ ) i nordlig retning, og det er naturlig å tenke på oppskyvninger. Det viser seg imidlertid at blokkene på oversiden av dislokasjonssonene hører hjemme i stratigrafisk høyere nivå enn bergartene under, og det er mere sannsynlig at dislokasjonen artet seg som en normalforkastning. Imidlertid er det flere underordnede mylonittsoner og forkastninger som kan antyde at dislokasjonen også har hatt en betydelig sidelengs komponent, men størrelsen av denne har det ennå ikke vært mulig å bestemme.

### **Devonseriens lagstilling.**

Det har lenge vært kjent at Hornelens devon ligger med diskordant, normal overleiringskontakt i vest og med tektonisk grense mot underlaget i øst (Reusch 1881, Kolderup 1927, Holtedahl 1953, p. 464). Underlaget på Skorpa består av feltspatrik glimmerskifer, øyegneis, grønnskifer, kvartsskifer og konglomerat. Ved grensen har underlaget

sprekkefyllinger av den samme røde sandstein som finns som matriks i breksjen, og aller underst i breksjen består de største fragmentene av underlagets bergart. Det er derfor klart at devonens underlag var noe oppspaltet og ga det første materialet til basalbreksjene. Men like over grensen opptrer overveiende kvartsitt og kvarts i 10–15 cm store fragmenter. Kvartsitt opptrer i store massiver på fastlandet lenger øst, men er ikke påvist i nevneverdig mengde på Skorpa eller de omgivende øyer. Kvartsittbreksjens karakter tyder på relativt kort transport, og det må derfor antas at materialet i breksjen er avledet fra landområder som nå er erodert eller sunket i havet.

Forlater vi det vestlige område finner vi at både underlagets bergarter og devonseriens lag er diskordante mot grensen. Underlagets bergarter synes tvunget inn til nesten parallellstilling med devonfeltets grenser i nord og syd, men detaljert kartlegging viser at parallellstillingen ikke er fullstendig. Grensene er her betinget av dislokasjonssoner som faller inn under devonserien på begge sider.

Av meget stor interesse er at selve devonserien også ligger skjevt i forhold til grensen. Det er *ikke* riktig at lagningen i konglomeratet og sandsteinen i Hornelens felt følger feltets omriss slik som ble hevdet av Irgens og Hiortdahl (1864, p. 12) og senere forfattere. Kolderup (1927 a, p. 47–48) var klar over at det var en tektonisk diskordans langs grensene i nord og syd, men dimensjonene har ikke blitt viet fortjent oppmerksomhet. Et mål for omfanget av denne diskordans får vi ved å betrakte grensen ved Haukå og Kaldevatn. Hvis vi regner avstanden mellom Haukå til grensen syd for Kaldevatn til 28 km og at devonserien her faller gjennomsnittlig 20° ser vi at breksjen ved grensen syd for Kaldevatn hører hjemme ca. 10 km høyere oppe i lagserien enn sandsteinen og breksjen ved Haukå. Dette er en tektonisk diskordans av et rent fantastisk omfang og det må ha meget stor prinsipiell geologisk betydning å finne ut hva som har hendt ved denne grensen.

Både Irgens og Hiortdahl (1864, p. 12) og Reusch (1881) var klar over at breksje og konglomerat vesentlig opptrer langs grensene av Hornelens felt. Jeg har kartlagt alternasjonen av breksje og sandstein langs sydsiden av feltet og har funnet at de grovklastiske bergarter opptrer som linser eller «fisker» som kiler ut et stykke fra grensen. I fig. 2 og 3 har jeg gitt et bilde og en tolkning av alternasjonen mellom breksje og sandstein øst for Gronedalen. Breksjesonene opptrer tydelig lenger østover desto høyere opp i lagserien de hører hjemme.



Fig. 2. Alternasjon av konglomerat (lys) og sandstein øst for Grønedalen.  
Sett mot syd. Konglomeratlagene ligger forskjøvet mot øst  
i høyere stratigrafiske nivåer.

*Alternation of conglomerate (light) and sandstone east of Grønedalen.  
Seen towards south. The conglomerate beds occur further east  
the higher up in the series.*

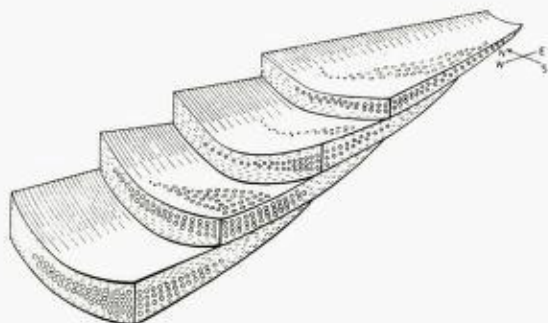


Fig. 3. Tolkingsbilde av alternasjonen av konglomerat og sandstein  
øst for Grønedalen.

*Interpretative illustration of the alternation of conglomerate and sandstone  
east of Grønedalen.*

### Omdannelse av devonsedimentene.

Fra tidligere er det kjent at bindemidlet i de grønne skifrene og sandsteinene har epidot og kloritt som antas dannet på bekostning av klastisk amfibol eller glimmer (Helland 1881, p. 36, Kolderup 1923, p. 67). Det har også vært kjent at den sandige matriks i breksje eller konglomerat som oftest er så kompakt at bergarten spalter på tvers av de innesluttede fragmentene (Helland 1881, p. 36). Det har imidlertid ikke vært mulig å påvise noen forskjell i diagenese eller metamorfose i bergartsprøver fra bunnen og fra toppen av lagserien.

Ved grensene og i andre sterkt tektoniserte soner i devonfeltene har det funnet sted en mekanisk metamorfose med vridning eller oppspaltning av bergartsfragmenter og mylonittisering. I disse sonene opptrer kvarts, kalkspat, epidot og kloritt som nydannete mineraler. Ved vestsiden av Vassetvatn virker breksjen umetamorf, men ved nærmere inspeksjon viser det seg at matriks mellom fragmentene er fyllonittisert. I mikroskopet viser matriks oppknusning av klastiske korn og nydannelse av sericitt og kloritt i sprekker, langs korngrenser og i skjærsoner. Bindemidlet i denne breksjen kan derfor betegnes som en metamorf bergart.

### Sedimentære strukturer.

I Hornelens felt opptrer rikelig med sedimentære strukturer som alle viser at sandsteinen ble avsatt i meget grunt vann.

*Skråskiktning* er meget vanlig og fins avbildet i Reusch (1881) og Kolderup (1927). De skråtskiktete enhetene er av forskjellig type. Mest vanlig er linseformete skråskikt («lenticular» type etter Shrock 1948, p. 245) hvor enhetene er  $\frac{1}{2}$ –1 m brede og kiler ut til begge sider. Mere tabulære enheter kan lokalt være meget fremtredende og lamellene er da ofte diskordant også mot undre grense for laget («torrential» skråskiktning). De tabulære enheter er vanligvis 20–30 cm tykke, men kan nå opp i over en meters tykkelse ved konglomeratlag med internal skråskiktning.

*Bølgeslagsmerker*, som lokalt kan være meget vakkert utviklet, er mest av den assymetriske typen som dannes ved sterk strøm. Halvmåneformete (linguoid) bølgeslagsmerker er også iaktatt.

*Torresprekker* fremtrer som polygoner av sandsteinsganger i lag av skifer eller saltstein. Polygonene er mest omkring  $\frac{1}{2}$  m brede og er begrenset av 2–5 cm brede ganger av sandstein.

*Kaotiske strukturer* dannet ved internal glidning i et sandsteinslag er meget vanlig i Hornelens devon. Disse strukturer («slumping-strukturer») er noen steder betinget av plastisk foldning i det vannmettede sediment, andre steder ved uregelmessige intraformasjonale forkastninger. Slike strukturer er dannet ved deformasjon under eller umiddelbart etter avsetningen av sedimentene.

Lagflater med spor etter tørresprekker eller bølgeslagsmerker og derfor beviselig engang har vært plane, er ofte bukket i skje-formete  $2 \times 1$  m brede og 30–50 cm dype fordypninger. Disse undulasjoner av lagflaten kan sees i sammenheng med en struktur som i snitt er karakterisert ved diapiraktig opptrengning av sandstein i et overliggende grovere lag. Av og til er det øvre lag brukket opp og gjennomtrengt av den underliggende sandstein. Slike strukturer synes være dannet fordi sandlagene hadde forskjellige mekaniske egenskaper umiddelbart etter avsetningen og artet seg forskjellig ved ulikevektig påleiring av sedimenter.

### **Sedimentær transport.**

Helland (1881, p. 60) antok at sedimentene i devonbassengene ble transportert fra kantene inn mot de midtre partier, mens Kolderup (1927, p. 42) antok at materialet til sandsteinene i Hornelens felt ble transportert fra landmasser som lå i vestlig eller nordvestlig retning. Disse antagelser var imidlertid lite mer enn gjetninger, og ved en fornyet undersøkelse av devonsedimentene bør vi forsøke å utrede strømretningene fra variasjoner i sedimentær facies og fra sedimentære strukturer som imbrikerte og ens orienterte boller i konglomerat, asymmetriske bølgeslagsmerker, skråskikt osv.

De sedimentære strukturer er ikke like pålitelige for utledning av strømretning eller sedimentær transport. Imbrikerte boller kan være brukbare dersom de ligger tett opptil hverandre som i fig. 4, og dersom bollenes lengste dimensjon har en utpreget foretrukket orientering. Asymmetriske bølgeslagsmerker har ikke vært til særlig nytte for meg i Hornelens devon hittil, – dels fordi de ikke opptrer hyppig nok til å gi et statistisk materiale, dels fordi de deduserte strømretninger varierer sterkt innen et lite område. Linseformete skråskikt viser som oftest varierende transportretning innen et lite område. I snitt sees ofte «fiskebensmønster» som angir at to påfølgende skråskikt er dannet ved motsatt strømretning. Ved et stort antall observasjoner vil det nok være mulig å utrede den fremherskende strømretningen på grunnlag av de linseformete skråskikt,





Fig. 4. Imbrikerte boller i konglomerat, Fanøy.

*Imbricate pebbles in conglomerate, Fanøy.*

men jeg har funnet at skråskikt av tabulær type som oftest viser konstant strømretning og er langt å foretrekke. De fleste bestemmelser av retningen for sedimentær transport er derfor utledet på grunnlag av tabulære skråskikt med diskordant øvre og nedre grense.

Utledning av retningen for sedimentær transport blir ofte vanskelig gjort ved at strukturen bare sees i snitt og da bare i noen få tilfelle kan bestemmes indirekte ved konstruksjon på stereografisk nett. De retninger som er tegnet inn på kartet i fig. 1 er basert på et varierende antall målinger, som alle er tatt innen et relativt lite område. Ved hver lokalitet ble den regionale lagning bestemt ved måling av en eller flere store flater med tørresprekker, bølgeslagsmerker eller finkornet skifer. Under behandlingen av materialet på et stereografisk nett ble hver observasjon rotert en vinkel som svarer til rotasjon av den regionale lagning til horisontalplanet. I fig. 5 er gitt noen eksempler på de diagrammene jeg har benyttet.

Det materialet som hittil er samlet i Hornelens devon er for lite til å kunne gi noe nyansert bilde av sedimentstrømmen i bassenget, men det er sikkert at sedimentstrømmen har variert fra sted til sted. Utkilingen av konglomerat- eller breksjesjonene langs feltets sydside viser at sedimentstrømmen gikk inn mot det indre av bassenget og de sedimentære

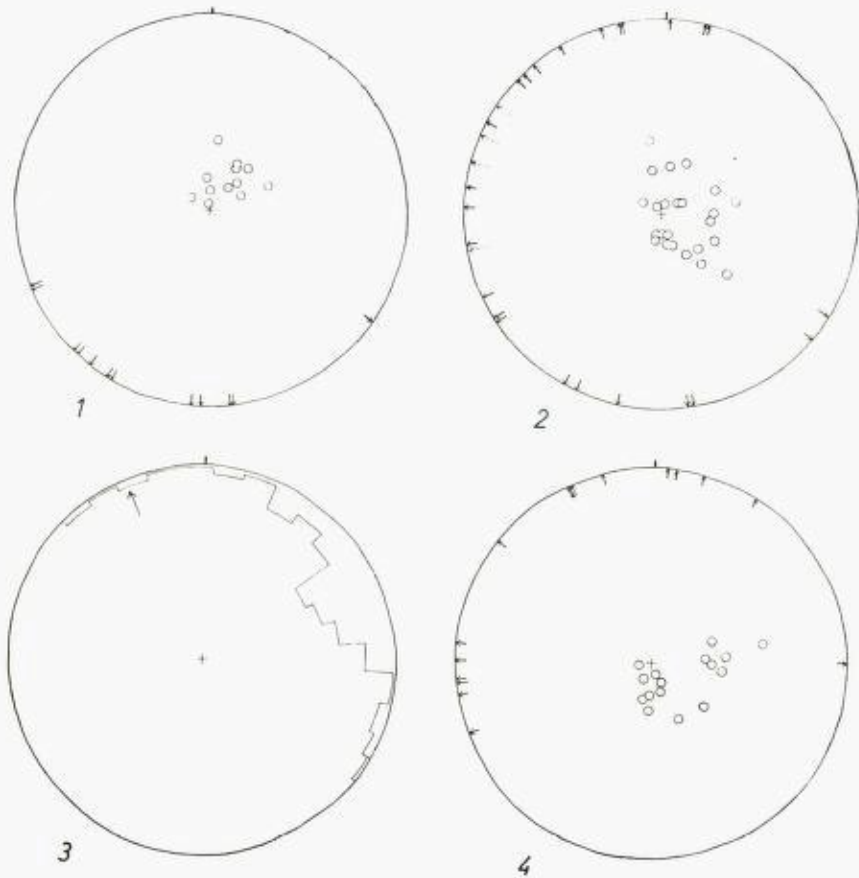


Fig. 5. Noen eksempler på utledning av retningen for sedimentær transport.

Regional lagning er dreiet til horisontal posisjon:

1. Lite tjern under Svelgsvatn, Svelgen. 12 skrårskikt.
2. Sandsværet, nordvest for Florø. 24 skrårskikt. Strekede piler angir strømretning dedusert fra 4 bølgeslagsmerker og akser for sedimentære folder.
3. Sydvest-siden av Børevatn. Lengderetningen av 110 boller i konglomerat.
4. Vestsiden av Storebottenvatn. 16 skrårskikt.

*Some examples of deducing the direction of sedimentary transport.*

*Regional bedding is rotated into the horizontal position.*

strukturene nær grensen viser som regel overensstemmelse med dette. Et stykke innenfor grensen gjør også en longitudinal retning seg gjeldende. Dette sees best ved Storebotten vatn, hvor to transportretninger gjør seg tydelig merkbare. Den retning som helst kommer til uttrykk ved «torren-

tial) skråskikt viser transport fra øst mot vest. Hvis vi legger til grunn den vanlige oppfatning om et enhetlig sedimentasjonsbekken, er dette nokså merkelig, for Storebotnen ligger meget lengre fra østgrensen enn fra sydgrensen.

### Diskusjon.

Enhver hypotese for avsetningsforholdene for de sedimentære bergartene i Hornelens devon må kunne gjøre greie for følgende kjenns-gjerninger:

1. De individuelle lag i den 20–25 000 m mektige lagserien ble opprinnelig avsatt noenlunde flatt. Dette fremgår av at sandsteinen har lag av skifer med tørresprekker og bølgeslagsmerker. Hvor lagning kan iakttas i grovklastisk breksje eller konglomerat, har lagningen samme orientering som skiferflatene.

2. Det er ikke noen merkbar forskjell i metamorfose i bunnen og toppen av lagserien.

3. Vekslingen av breksje, konglomerat og sandstein viser at serien er en grunnvannsavsetning. De sedimentære strukturene bekrefter dette.

4. Vidt utbredte sedimentære strukturer viser at sedimentene ble deformert under eller umiddelbart etter avsetningen («slumping», «penecontemporaneous deformation»).

5. Serien ligger med primær vinkeldiskordant avleiringskontakt over underlaget lengst i vest, mens grensene forøvrig viser tektonisk diskordans. Den tektoniske diskordansflaten kutter lagene både i underlaget og i devonserien. Devonseriens lag ved grensen lengst i øst hører hjemme mange kilometer høyere opp i lagserien enn lagene ved grensen ved fastlandet i vest.

6. Likevel er breksje og konglomerat begrenset til feltets perifere deler. De nåværende grenser er derfor ikke langt fra bekkenets primære grenser.

7. Konglomerat eller breksje har form som lange linser eller «fisker» som ligger i stadig høyere stratigrafisk nivå jo lenger østover vi kommer i feltet.

8. Sedimentene i et område i det indre av feltet (Storebotnen) synes å ha blitt transportert fra øst mot vest.

9. En bred, åpen synklinal, Grønedalssynklinalen, går parallellt med sydgrensen for feltet. Små forkastninger kan opptre lokalt langs akse-tracen.

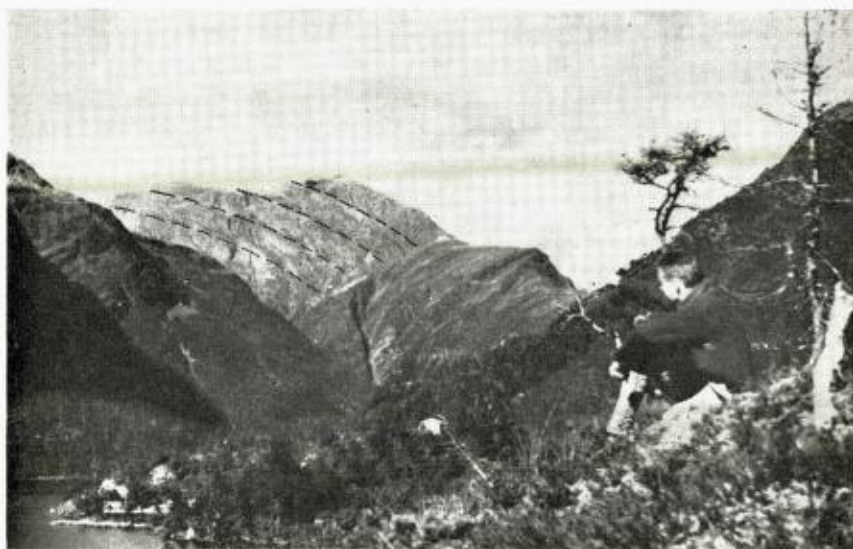


Fig. 6. Østgrensen av Hornelens devon ovenfor Hope, Hyen.  
Sett mot nord.

*Eastern boundary of the Hornelen series at Hope, Hyen.  
Seen towards north.*

10. Denne synklinal er parallell med sterkt mylonittiserte soner i underlaget. Mylonittiseringen synes å være en følge av betydelige dislokasjoner.

Den store mektigheten av Hornelens devon kunne kanskje forklares ved tektoniske repetasjoner innen lagserien. Holtedahl (1960, p. 293) er inne på denne tanke idet: (oversatt fra engelsk) «vi får inntrykk av at de østlige steinmasser har beveget seg (glidd?) vestover over underlaget mens de vestlige har beholdt sin normale undre kontakt».

Det var derfor naturlig å lete etter skyvekontakter i de østre deler av Hornelens devon, men hittil har jeg ikke funnet sikre tegn på dislokasjon andre steder enn i grensen mot underlaget. Østgrensen faller ca. 30–35° mot nordvest og viser utpreget mylonittisering. I fig. 6 er det tydelig at de overliggende strata står skjevt på denne grensen.

Så lenge det ikke er påvist skyvekontakter innen selve devonserien, må vi la i bero teorien om tektonisk repetasjon som forklaring på den store mektigheten. Selve østgrensen med utpreget tektonisk vinkeldiskordans er også vanskelig å forene med hypotesen om lag som har glidd vestover og stuvet ovenpå hverandre.

Begrensningen av grovklastiske bergarter til feltets periferi og østlengs forflytning av konglomerat og breksje i høyere stratigrafiske nivåer tyder på at bassenget ble flyttet østover under avsetningen av sedimentene. Det er naturlig å sette dannelsen av bekkenet og flytningen østover i forbindelse med dislokasjonssonene langs devonseriens grenser.

Alternasjonen av konglomerat, breksje og sandstein langs sydsiden av feltet viser at relieffet i området utenfor bassenget undergikk forandringer. Det er naturlig å se dette i sammenheng med en bevegelse i «rykk og napp» langs dislokasjonssonene.

Etterhvert som sedimentasjonsområdet ble flyttet østover, ble de tidligere avleirete strata vippet ned mot øst og lokalt kanskje revet løs fra underlaget og skjøvet østover. Bevegelesene langs bekkenets kanter kan ha ført til forstyrrelser av sedimentene umiddelbart etter avsetningen og forklarer de hyppige kaotiske strukturene i sandsteinen.

Grønedalssynklinalen har sikkert en nærmere sammenheng med dislokasjonssonene enn bare felles retning. Ved normal bøyningfoldning av en meget tykk lagserie vil vi vente at foldens profil vil være meget forskjellig i de dypeste og de høyeste lagene. Ved Grønedalssynklinalen kan profilet forandre seg innen en relativt kort strekning, men stort sett er det ikke meget forskjell på profilet ved Terdal lengst i vest og Kaldevatn lengst i øst. Det er lettest å forklare dette ved at synklinalen ble dannet ved foldning av en allerede skråttstilt lagserie under feltets innsynkning.

Den østlengs forflytning av sedimentasjonsområdet ved forkastninger langs grensene for Hornelens devon synes å være analog med forholdene ved dannelsen av Ridge Basin i California (Crowel, personlig meddelelse 1962). Crowel har påvist at sedimentasjonsområdet flyttet seg progressivt samtidig som de tidligere avleirete lag ble vippet. Vandringen av sedimentasjonsområdet gikk hånd i hånd med bevegelse langs strøket av San Gabriel fault som begrenser Ridge Basin i sydvest.

### Summary.

#### *Relation between late Caledonian tectonics and Devonian sedimentation in the Hornelen and Håsteinen districts.*

The Old Red in western Norway form very thick "molasse" deposits. The Håsteinen district is made up of coarse breccia with an estimated thickness of more than 1000 m and the Hornelen district has mainly sandstone with an estimated thickness of 20–25 000 m. The apparent enormous thickness of the latter series is difficult to reconcile with normal

sedimentation in a vertically sinking basin. Reusch (1881) called attention to the regular eastern dip of the Devonian deposits, and suggested that the position might be primary, – like the foreset of a delta deposit.

However, the eastward dipping attitude of the Hornelen series cannot be primary because numerous mud-cracks and ripplemarks in the bedding surfaces reveal that the sediments were deposited in a state that was not far from horizontal.

In this preliminary paper attention is called to major dislocation zones in the area between the Devonian deposits. These dislocation zones contain mylonitized rocks and often separate major geologic units. Most of them strike WSW.–ENE. and dip 35–60° towards north, and it is believed that they represent normal faults with some strike-slip movement towards east.

The Hornelen series rests with normal angular unconformity on Cambro-Ordovician schists in west and display tectonic boundaries in north, south and east. Both the Devonian strata and the underlying rocks are oblique to the boundary surface. The Devonian strata which abuts against the boundary surface in south-west is situated several thousand metres stratigraphical below the strata on the border in south-east.

In spite of this striking truncation of the strata, the present outline of the Hornelen series is not far from the primary basin boundaries. This is borne out by wedges or "fishes" of conglomerate and sedimentary breccias which occur near the border of the series.

The conglomerate and breccia intercalations occur higher up in the stratigraphical sequence the further east they are located. This is illustrated in the photo fig. 2 and the interpretational illustration fig. 3.

The intergranular matrix of the sandstones and schists contain epidote and chlorite which are formed by decomposition of clastic amphibole or mica. It has, however, not been possible to find any difference in diagenesis or degree of metamorphism in samples from the top and bottom of the Hornelen series.

Torsion, fracturing and mylonitization have taken place on the borders and in other strongly tectonized zones. In the matrix of the sedimentary breccia west of Vassetvatn, sericite and chlorite are formed on grain boundaries and along shear-zones, and the matrix here might thus be characterized as phyllonitic.

The Hornelen series has abundant sedimentational structures which indicate deposition in shallow water. *Cross-lamination* is found every-

where in the sandstones, and the units are mainly of the lenticular or the tabular type. *Water current ripple-marks*, *interference ripplemarks* and *mud-crack-fillings* are found on large, often silty faces in the sandstone. Small faults or irregular folds within a sandstone layer are common and indicate *penecontemporaneous deformation (slumping)*. A structure which is frequently seen might be characterized as "*sandstone diapirs*". In section these structures appear to buckle and partial penetrate over-lying somewhat coarser layers. The bedding surface then might have abundant spoon-formed depressions 1–2 m wide and 0,3–0,5 m deep. These structures might have formed by differential compaction immediately after the deposition.

Current directions might be deduced from tabular cross-laminated units, imbricate pebbles, ripplemarks, etc. This work is yet in the beginning, but the information available from the border zone indicate sedimentary transport from the borders into the basin. Further away from the contact a longitudinal direction is evident. At Storebotten lake the main sedimentary transport appear to have been from east towards west.

At present no evidence of tectonic repetition by thrusting has been found inside the Hornelen series. The great thickness of the series might be explained by deposition in a basin which was progressively displaced eastwards by fault movements on the borders. The original flat beds become tilted towards east at the same time as the locus of sedimentation moved eastwards. This mechanism is the same as that proposed by Crowel (personal information, 1962) for the about 15 000 m thick sedimentary series at Ridge Basin in California.

#### Etterskrift.

Jeg vil benytte anledningen til å takke professor Olaf Hortedahl for stimulerende samtaler om devon-avleiringene og for den levende interesse han viser for mitt arbeid. Professor Anders Kvale gjorde meg først oppmerksom på tilsvarende mektige sediment-avleiringer i California og jeg har hatt meget nytte av å ha kommet i kontakt med professor John C. Crowel, som har gitt meg de aller siste resultater av sine undersøkelser i Ridge Basin.

Jeg vil også takke for økonomisk støtte fra Premieobligasjonsfondet (i 1961) og fra Norges Geologiske Undersøkelse (i 1962). Ingolf Iversen og Wilhelm Ruud var hyggelige følgesvenner i felten.

## Referanser.

- Crowell, J. C.*, 1962: Personlig meddelelse.
- Helland, A.*, 1881: Studier over Konglomerater. Archiv for Matematik og Naturvidenskyp for 1880, p. 1-80.
- Holtedahl, O.*, 1953: Norges Geologi. Norges Geol. Unders. nr. 164, I, p. 455-486.
- 1960: Geology of Norway. Norges Geol. Unders. nr. 208, p. 285-297.
- Irgens, M. og Hiortdahl, Th.*, 1864: Om de geologiske forhold paa kyststrækningen af Nordre Bergenhus Amt. Universitetsprogram for andet halvår 1864.
- Kjerulf, Th.*, 1879: Udsigt over det sydlige Norges Geologi. Fabritius, Christiania 1879, 262 p.
- Kolderup, C. F.*, 1912: Sogneskollens og Bremangerlandets granodioriter. Bergens Mus. Aarb. 1911, nr. 18.
- 1916: Bulandets og Værlandets konglomerat- og sandstensfelt. Bergen Mus. Aarb. 1915-16. Naturvidensk. Række nr. 3.
- 1923: Kvamshestens devonfelt. Bergens Mus. Aarb. 1920-21, Nat.vidensk. Række nr. 4.
- 1925: Haasteinens devonfelt. Bergens Mus. Aarb. 1923-24. Nat.vidensk. Række nr. 11.
- 1926: Solunds devonfelt. Bergens Mus. Aarb. 1924-25. Naturvidensk. Række nr.
- 1927 a: Hornelens devonfelt. Bergens Mus. Aarb. 1926. Naturvidensk. Række nr. 6.
- 1927 b: Byrknesøyenes og Holmengraas devonfelter. Bergens Mus. Aarb. 1926, Naturvidensk. række nr. 8.
- Kolderup, N.-H.*, 1928: Fjellbygningen i kyststrøket mellom Nordfjord og Sognefjord. Bergens Mus. Aarb. 1928, Naturvidensk. række nr. 1.
- Reusch, H. H.*, 1881: Konglomerat-sandstensfelterne i Nordfjord, Søndfjord og Sogn. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne Bd. 26, p. 93-170.
- Shroch, R. R.*, 1948: Sequence in layered rocks. McGraw-Hill 1948, 507 p.