

SEDIMENTASJON OG TEKTONISK UTVIKLING I KVAMSHESTENS DEVONFELT, VEST-NORGE

av

*Finn J. Skjerlie*¹⁾

Innhold.

Abstract	78
Innledning	79
Geologisk oversikt	80
Stratigrafi	81
1. Markavatnformasjonen	81
2. Heilefjellformasjonen	83
3. Litjehestenformasjonen	88
Autokton residualbrekksje sør for Keiservatn	92
Mektigheter	92
Transportretninger og transporterende agenser	94
Dannelsen av de rødfargede sedimenter i relasjon til bassengets utvikling	95
Tektoniske forhold	98
Foldninger	101
Skjærsprekker	101
Underskyvninger	102
Oppskyvninger	103
Steile forkastningsplan	103
Tensjonssprekker	103
Devonfeltets tektoniske utvikling	104
Vest-Norges utvikling i devonsk tid	106
Litteraturliste	107

¹⁾ Geologisk institutt, avdeling A. Joachim Friesgt. 1, Bergen.

Abstract.

The present paper deals with the Devonian rocks of the Kyamshesten district of western Norway. A strong E-W folding of the basement in late-Silurian or early-Devonian was followed by crustal uplift through Lower Devonian. At the beginning of Middle Devonian the uplift resulted in block faulting and graben formation.

The Devonian sequence consists of three formations: 1. *The Markavatn Formation*: Coarse polymict breccias and conglomerates are grading upwards into finer conglomerates interbedded with sandstones. The sediments are partly red, partly green. 2. *The Heilefjell Formation*: In the peripheral area alternating green and red siltstones and sandstones are interbedded with thin conglomerate zones; in the central area there are mostly green siltstones. There is a lateral transition from the peripheral to the central area. 3. *The Litjehesten Formation*: In the eastern area red breccias, conglomerates, siltstones and sandstones occur, while the western area is dominated by green conglomerates and green sandstones.

The different formations were deposited in the basin with primary lateral thickness variations.

Sedimentary structures within the sandstones include small and large-scale cross-stratification, graded bedding, symmetrical and asymmetrical ripple marks, channels, mudcracks, rain-pits and slumping structures. The sedimentological data suggest that the finer conglomerates and the sandstones were deposited by streams. The coarse breccias and conglomerates are talus- or mudflow-deposits. The sediments were transported into the basin from all directions.

The pigment in the red sediments is haematite. Primary red beds occur in the lower parts of the Markavatn Formation. The red-coloured coarse breccias and conglomerates represent detrital material oxidized in the source area before the formation of the graben. The red colour of the beds in the upper part of the Markavatn Formation and within the Heilefjell Formation is of post-depositional derivation, originating by oxidation of silicate minerals from green sediments. The Litjehesten Formation in the eastern area consists of secondary red beds which were derived by erosion of earlier deposited and oxidized Devonian sediments.

The basin was very shallow with a variable and irregular rainfall resulting in oscillations of the waterlevel. Periodically the area was developed as large flood plains with a central lake which never dried up. The oxidation of the post-depositional red beds took place in the dry periods when large areas of sediment were exposed.

The Devonian deposits were deformed by a north-south compression which produced a folding before or contemporaneously with the consolidation of the sediments. This deformation, in an early stage, led to the development of shear fractures in the partially consolidated rocks. Later on, most of the Devonian rocks were thrust northwards, although the lowermost parts of the Markavatn Formation were left behind. The northward movement was obstructed by ridges of Ordovician-Silurian rocks within the basin; these ridges, striking SW-NE, effected a further thrusting of the Devonian rocks in a more north-easterly direction, so producing a series of under-thrusts (low-angle thrusts) in the southern and western parts of the Markavatn Formation.

The rocks in the westernmost part of the area stopped against the ridges, and the compressional force gave rise to rupture and the development of two high-angle

faults striking SW-NE. The area between these faults was, for a short time, under the influence of a shear couple and a set of tension fractures was formed.

During the movements towards the north-east a series of upthrusts (high-angle thrusts) was formed, and parts of the deposits were torn off and left behind.

The complete sequence of events which started with the graben formation and ended with the post-depositional deformation of the Devonian sediments, is thought to be correlated with the Svalbardian disturbance (Vogt 1928).

Innledning.

Kvamshestens devonfelt ligger i området mellom Dalsfjord og Førdefjord i Sogn og Fjordane fylke. Det utgjør et areal omkring 80 km² stort. De devonske bergartene er meget motstandsdyktige, og feltet rager høyt opp i landskapet, ofte begrenset av steile og vanskelig tilgjengelige fjellvegger. Den markerte eggen mellom Rørviknipa og Heilefjellet ligger i gjennomsnitt noe over 1200 m o.h. med høyeste punkt Blegja 1320 m o.h. Feltet har fått navn etter fjellet Kvamshesten som har en høyde på mer enn 1200 m o.h.

Landskapet vest for devonfeltet har karakter av et peneplan med en gjennomsnittlig høyde på mellom 500 og 700 m o.h. Dette nivået faller sammen med grenseplanet mellom de devonske bergartene og deres underlag, og peneplanet må derfor være av pre-mellomdevonsk alder.

Kvamshestens devonfelt har tidligere vært besøkt av flere geologer, bl.a. av Naumann (1824), Irgens og Hiortdahl (1864), Reusch (1881), Helland (1881) og C. F. Kolderup (1923). Kolderup gjorde en rekke funn av plantefosiler og kom til den konklusjon at bergartene var av mellomdevonsk alder.

Forfatteren arbeidet i området somrene 1961–66 med bidrag fra Pre-micobligasjonsfondet, Bergens Museums Forskningsfond og L. Meltzers Høyskolefond. Disse arbeidene omfattet både Kvamshestens devonfelt og de underliggende bergarter mellom Dalsfjord og Førdefjord-Stavfjord, (Skjerlie 1969).

Området ligger i et av Norges mest nedbørrike strøk, og det medfører ofte store vanskeligheter ved arbeidene i feltet. Ofte er snømengdene om sommeren så store at feltarbeidet ikke kan komme i gang før langt ut på høsten. En detaljert undersøkelse av Kvamshestens devonfelt må derfor nødvendigvis ta lang tid. Forfatteren har av den grunn funnet det hensiktsmessig å gi en oversikt over de hittil vunne resultater.

De norske uttrykk som er anvendt for de forskjellige tektoniske begreper er en oversettelse av de termer som er brukt av Billings (1954).

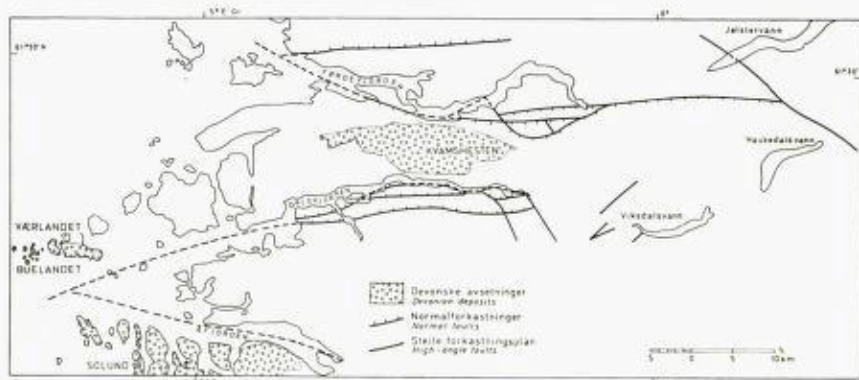


Fig. 1. Kart som viser grabenområdet med Kvamshestens og Buelandet—Værlandets devonfelter.

Map showing the graben area with the Kvamshestens and Buelandet—Værlandets Devonian deposits.

Geologisk oversikt.

Som det fremgår av oversiktskartet (fig. 1) har forfatteren påvist en rekke dislokasjonssoner i skifrene under devonfeltet. Langs dislokasjonene er bergartene sterkt oppkjust og forskifret, og de danner også et skille i bergartenes metamorfosegrad. Sonene stryker stort sett E-W og faller $45-60^\circ$ inn mot devonfeltet. Langs dislokasjonssonene har hele området som omfatter Kvamshestens og Buelandet—Værlandets devonfelter sunket inn. Innsynkningen er av en størrelsesorden på flere tusen meter i området omkring Kvamshestens felt. Også Bryhni (1964) konkluderer med at både Hornelens og Håsteinens devon ligger i områder som er sunket inn langs normalforkastninger. Nilsen (1968) gir en tilsvarende forklaring på dannelsen av Solunds devonfelt.

De vestnorske devonske avsetninger er utpreget kontinentale og stort sett avsatt i takt med innsynkningen av bassengene. Etter forfatterens mening kan det ikke være tvil om at det dreier seg om intramontane grabendannelser i forbindelse med en stor kulminasjon eller heving av den sentrale del av Vest-Norge.

De devonske avsetningene opptrer i store mektigheter og har vært oppfattet som den kaledonske fjellkjedes molasse. Imidlertid tyder forholdene i det store grabenområdet på at fjellkjeden i disse strøk var sterkt erodert, og at landskapet hadde karakter av et noe ujevnt peneplan før de store normalforkastninger inntreide.

Kulminasjonen av Vest-Norge kan sannsynligvis settes i forbindelse med en deformasjonsfase som startet i slutten av silur eller tidlig i undre devon (Skjerlie 1969). Den begynte som en dyptgripende foldning langs akser E-W, og fortsatte med hevning av området gjennom hele undre devon. Parallelt med hevingen foregikk en sterk erosjon i området, og på overgangen til mellomdevon inntrådte de store normalforkastninger.

Det geologiske kart (Pl. I) viser at Kvamshestens devonfelt er temmelig sterkt deformert. Sedimentene er foldet om akser E-W i åpne folder, og er gjennomsatt av en rekke forskjellige forkastninger. Feltet er alloktont og er forflyttet flere km i bassenget. Sør for Keiservatn opptrer det en tynn residualbreksje av devonsk alder. Denne er skilt fra de alloktone sedimentene ved et skyveplan.

Stratigrafi.

De devonske bergartene i Kvamshestens felt er lithostratigrafisk en gruppe — Kvamshestengruppen. Den kan videre deles inn i tre formasjoner. Disse er:

3. Litjehestenformasjonen.
2. Heilefjellformasjonen.
1. Markavatnformasjonen.

1. *Markavatnformasjonen*. Markavatnformasjonen er skilt fra de underliggende bergarter ved et tektonisk plan. T. Høisæter (hovedoppgave, 1969) har nord for Hestad påvist at deler av underlaget er forflyttet sammen med de devonske sedimentene. Underlaget består av charnockittiske bergarter som blir gradvis mer oppsprukket og går over i en residualbreksje av mektighet 5–10 m. Breksjen avløses gradvis av konglomerat.

Overalt ellers i feltet mangler den underste del av Markavatnformasjonen. Imidlertid har det laveste nivå av Markavatnformasjonen i områdets vestlige del ligget nær bassengets bunn. Bergartene er her utviklet som breksjer med store og små kantete og kantrundete blokker i en mellommasse av sand. Blokkene har ingen antydning til orientering, og det ligger nær å anta at breksjene er talus- og mudflowavsetninger. Fragmentenes størrelse varierer meget, og det er vanlig å finne blokker av alle dimensjoner opp til $\frac{1}{2}$ –1 m i diameter. En særlig grovklastisk breksje opptrer sørøst for Stordalsvatn hvor blokkene kan ha dimensjoner på flere m³.

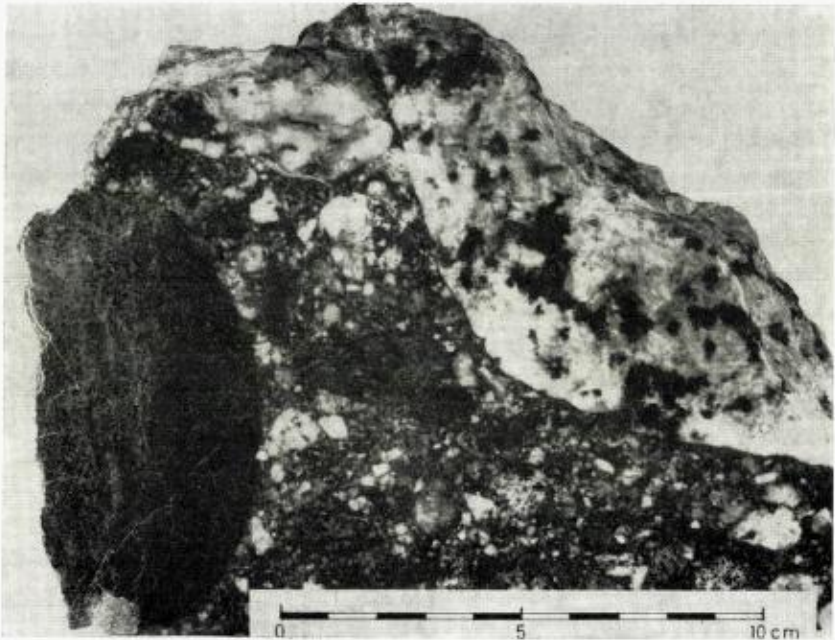


Fig. 2. Konglomerat med rød grunnmasse. Sør for Rørvik, Markavatnformasjonen.
Red conglomerate. South of Rørvik. The Markavatn Formation.

Breksjene avløses gradvis av konglomerat opp i lagrekken, og materialet får etter hvert preg av lengre transport (fig. 3). Bollematerialet blir stadig mer rundet samtidig som størrelsen avtar. Etter hvert begynner også lag av grus og sand å opptre. Denne delen av Markavatnformasjonen er fluviale dannelser, og det opptrer hyppig skråningslagning og gradert lagning i grus- og sandlagene.

Breksjene og konglomeratene har som nevnt en grunnmasse av sand. I realiteten er det alle overganger mellom små fragmenter som bare er bruddstykker av mineraler og opp til store blokker. Sandmaterialet er som regel grønnfarget, men røde konglomerater opptrer også (fig. 2). De største mektigheter av konglomerat med rød grunnmasse opptrer sør for Rørvik.

Av bollematerialet utgjør charnockittiske bergarter vanligvis mellom 50 og 80 %. I Norddalen opptrer derimot bare 10–20 % av charnockittiske bergarter, mens kvartsittfragmenter opptrer med inntil 74 %, (Høisæter, 1969). Andre bergarter som inngår i breksjenes og konglo-

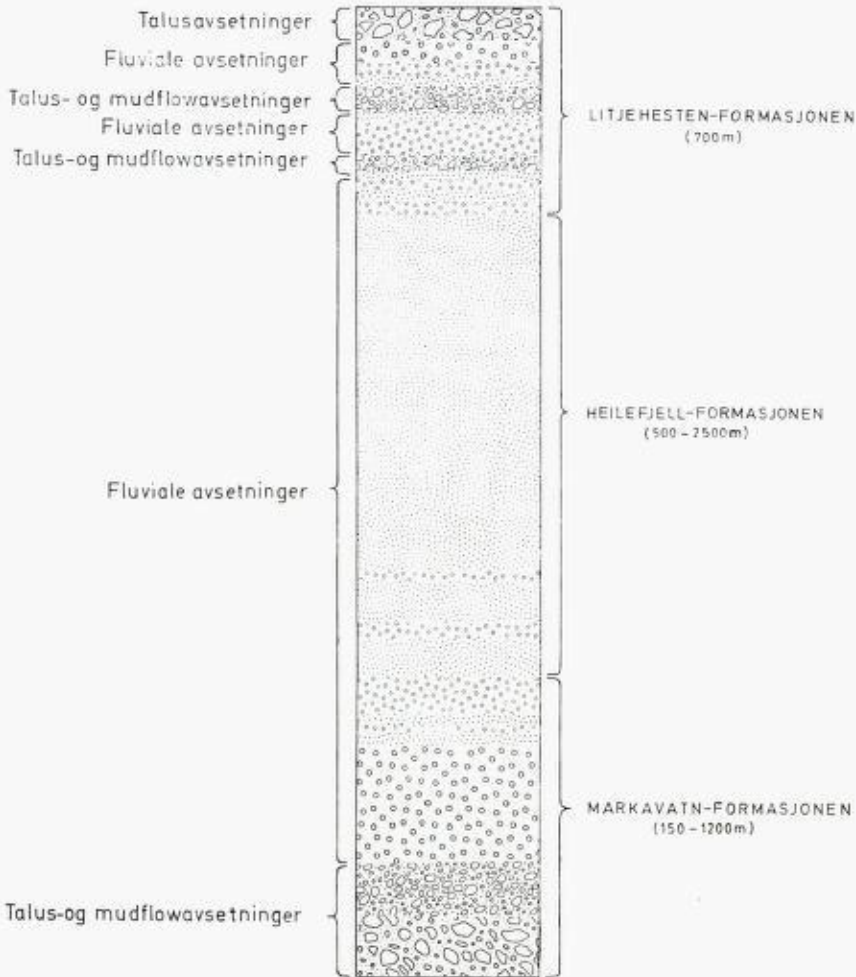


Fig. 3. Skjematisert profil av Kvamshestengruppen.
Schematized profile of the Kvamshesten Group.

meratenes bollemateriale er grønnstein, forskjellige gneiser, granitter, epidotfels, glimmerskifer og marmor.

Breksjenes og konglomeratenes grunnmasse er identisk med de grønne og røde sandsteiner i Heilefjellformasjonen.

2. *Heilefjellformasjonen.* Det er ingen tvil om at det primært er en gradvis sedimentær utvikling mellom Markavatn- og Heilefjellformasjonene. Dette er forsøkt anskueliggjort i fig. 3.

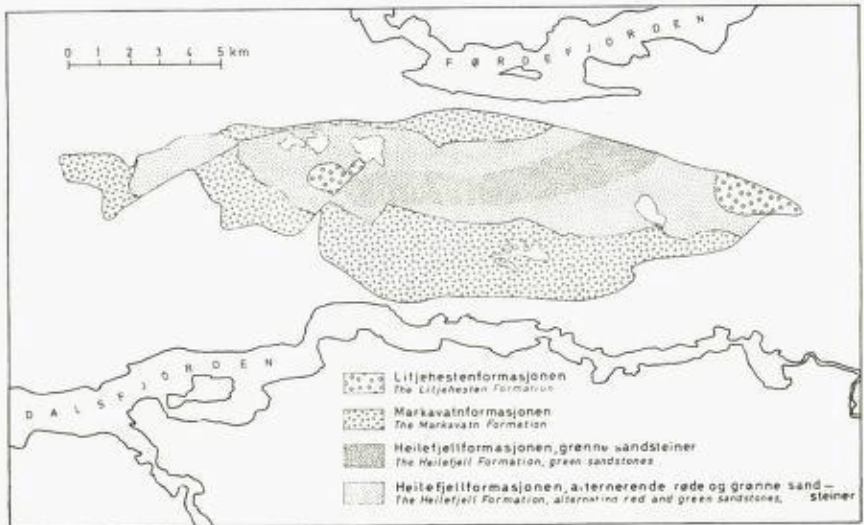


Fig. 4. Kart som viser det sentrale område med grønne sandsteiner. Heilefjellformasjonen.
 Map showing the central area with green sandstones. The Heilefjell Formation.

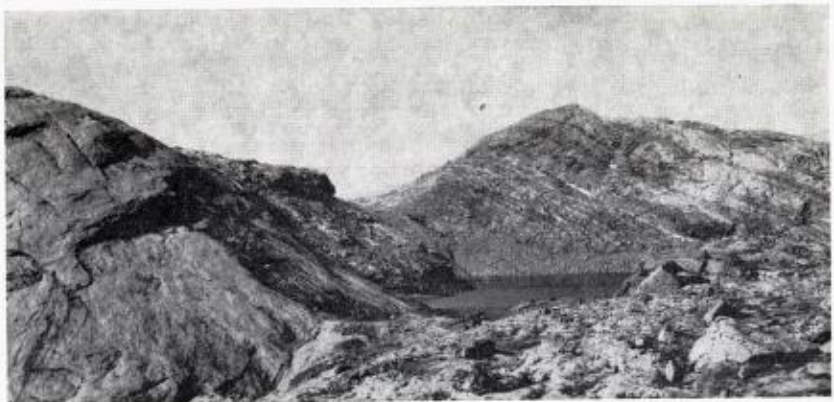


Fig. 5. Vestsiden av Selsvatn sett fra aust. Til venstre konglomerat (Markavatn-
 formasjonen), til høyre alternerende røde (mørke) og grønne (lyse) sandsteinslag
 (Heilefjellformasjonen).

Looking west across Selsvatn; to the left conglomerate (The Markavatn Formation),
 to the right alternating red (dark) and green (light) sandstone layers (The Heilefjell
 Formation).

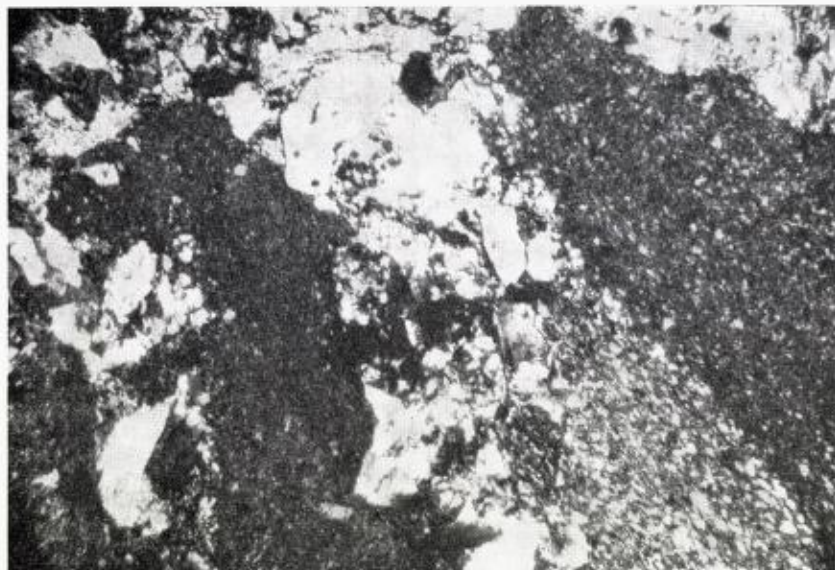


Fig. 6. Grønn sandstein med fragmenter av kalkrik mudstone. Mellom Blegja og Heilefjellet. Heilefjellformasjonen. (Kryssete nicols, 60 x).

Green sandstone with calcareous mudstone fragments. Between Blegja and Heilefjellet. The Heilefjell Formation. (Crossed nicols, 60 x).

Innen Heilefjellformasjonen kan en skille ut et sentralt område som strekker seg fra Blæggja over Blegja til Heilefjellet (fig. 4). I dette området opptrer det nesten utelukkende grønne sandsteiner, og røde lag forekommer bare meget sjelden. Det perifere område derimot er karakterisert ved en intens alternering mellom grønne og røde lag. Fig. 5 viser vekslingen mellom grønne og røde sandsteiner ved grensen mot Markavatnformasjonen.

Kolderup (1923) skilte det sentrale området ut som en selvstendig enhet (lagserien av grønne sandsteiner), og antok at denne lå stratigrafisk over det perifere området (lagserien av røde og grønne sandsteiner). Undersøkelsene har vist at denne oppfatning ikke er riktig. Mellom det sentrale området med grønne sandsteiner og det perifere området med alternerende røde og grønne lag er det en lateral utvikling, og de røde lag går relativt fort over i grønne inn mot det sentrale felt. De røde lag er for det meste utviklet som siltstein med en maksimal kornstørrelse på 0.2 mm. De grønne lag varierer derimot fra siltstein

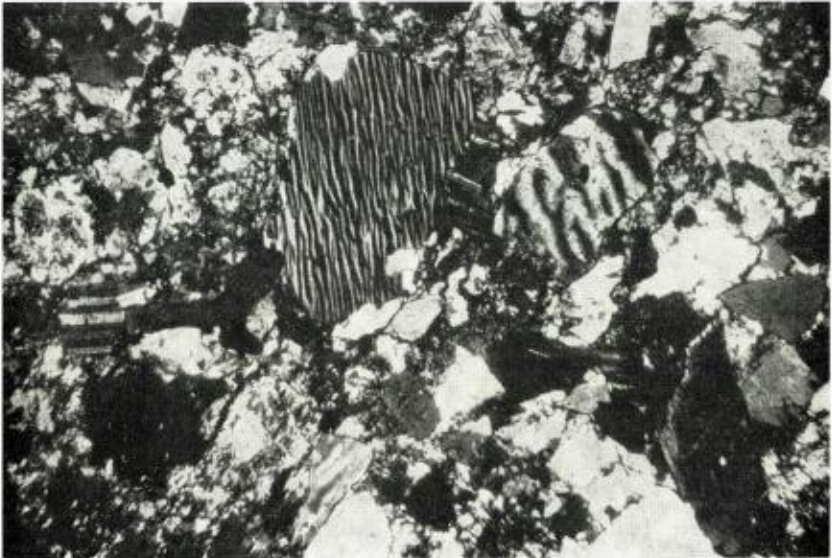


Fig. 7. Grønn sandstein med fragmenter av mesoperthitt. Nordvestlige ende av Krokavatn. Heilefjellformasjonen. (Kryssete nicols, 60 x).

Green sandstone with mesoperthite fragments. North-western end of Krokavatn. The Heilefjell Formation. (Crossed nicols, 60 x).

over sandstein til grus og konglomerat. Grus- og konglomeratlagene blir sjelden over 1 m mektige. De grønne silt- og sandsteinslag er gjennomgående mektigere enn de røde lag. De grønne lag kan bli opptil 100 m tykke, men har vanligvis en mektighet mellom 1 og 15 m. På den annen side har som regel de røde lag en tykkelse mellom 0.2 og 1.0 m, men kan en sjelden gang bli opptil 10 m mektige.

Det opptrer en rekke forskjellige sedimentære strukturer som samlet viser at Heilefjellformasjonen ble avsatt på grunt vann. De viktigste er skråskiktning, gradert lagning, «channels», assymetriske og symmetriske bølgeslagsmerker, slumpstrukturer, tørkesprekker og sjeldnere regndråpeavtrykk. Skråskiktning opptrer fortrinnsvis i grønne lag. Tørkesprekker og regndråpeavtrykk opptrer derimot både i røde og grønne lag i alle stratigrafiske nivåer av Heilefjellformasjonen, men er ikke blitt påvist i det sentrale område med grønne sandsteiner.

Både i det sentrale felt og i grønne sandsteinslag i det perifere område, kan en finne skarpkantete til kantrundete fragmenter av rød eller grønn «mudstone» i grovere sandstein (fig. 6). Fragmentene kan bli opptil

5 cm store. Innholdet kan bli så stort at bergartene må karakteriseres som «mudstone»-breksjer. Fragmentene kan ofte ha et betydelig innhold av karbonat, og det finnes alle overganger mellom rene mudstone- og kalkslamfragmenter.

Både de røde og grønne sandsteiner er feltspatiske gråvakker (Pettijohn 1957). Kvartsinnholdet er vesentlig mindre enn 75 %, det er mer feltspat enn bergartsfragmenter og detritisk grunnmasse er over 15 %.

De grønne sandsteinene har større korn av kvarts, feltspat og bergartsfragmenter i en finkornet grunnmasse. Feltspaten er mikroklin, mikroperthitt og plagioklas. En stor del av mikroperthitten er en mesoperthitt med lameller av oligoklas eller saussurittisert plagioklas (fig. 7). Bergartsfragmentene er for det meste charnockittiske varianter og kvartsitt. I grunnmassen opptrer vesentlig epidot, kloritt, biotitt, serisitt,

Tabell 1. Modalanalyser av fire sandsteiner fra Heilefjellformasjonen og av et fluvialt konglomerat fra Litjehestenformasjonen. *Modal analyses of four sandstones from the Heilefjell Formation and of one fluvial conglomerate from the Litjehesten Formation.*

	Grønn sand- stein nord for Grundeivatn. Heilefjell- formasjonen.	Grønn sand- stein nord for Kvandsvatn. Heilefjell- formasjonen.	Rød sand- stein syd for Markavatn. Heilefjell- formasjonen.	Rød sand- stein mellom Kvamshesten og Litjehesten. Heilefjell- formasjonen.	Finkornet rødt fluvialt konglomerat Litjehesten. Litjehesten- formasjonen.
Kvarts	20,2	19,1	20,7	18,5	3,9
Feltspat	46,8	43,3	44,0	51,5	17,5
Kloritt	6,1	6,5	0,8	2,5	6,6
Biotitt	1,1	0,6	0,0	0,0	x
Amfibol	x	1,9	0,0	0,0	1,3
Epidot	9,1	8,2	8,2	7,5	6,8
Muskovitt	4,4	1,6	0,3	6,5	0,7
Erts m/leucoxen	1,5	5,9	1,1	2,1	2,5
Titanitt	0,4	0,6	x	0,5	x
Hematitt	0,0	0,0	20,1	9,5	5,3
Karbonat	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0
Apatitt	0,4	0,8	x	0,5	x
Zirkon	0,1	0,4	x	0,2	x
Rutil	x	0,3	x	0,2	x
Bergartsfragm. .	9,9	5,2	4,8	0,5	55,4



Fig. 8. Rød sandstein med hematitt som er dannet ved oksydisk vitring av silikater. Kornet i sentrum er en nesten helt omvandlet kloritt. Heilefjelllets austlige del. Heilefjellformasjonen. (Planpolarisert lys, ca. 150 x).

Red sandstone with hematite formed by oxidation of silicate minerals. The grain in the centre is an almost completely transformed chlorite. The eastern part of Heilefjell. The Heilefjell Formation. (Plane polarized light, ca. 150 x).

amfibol og ilmenitt. Videre forekommer det som regel små mengder av leucoxen, rutil, zirkon, apatit og av og til karbonat. Epidot kan opptrre både som pistasitt, klinozoisitt og orthitt.

De røde sandsteiner skiller seg en del fra de grønne (Tabell 1). De fører betydelige mengder hematitt som fortrinnsvis opptrer fint fordelt, ofte som en mantel omkring de enkelte korn, men også som pseudomorfoser etter jernsilikater (fig. 8). Derimot opptrer kloritt i mindre mengder enn i de grønne lag, og biotitt og amfibol er sjelden tilstede.

Sandsteinenes sammensetning viser utvilsomt at de for en vesentlig del er dannet ved nedbrytning av charnockittiske bergarter. Det høye innhold av mesoperthitt og charnockittiske bergartsfragmenter er en klar indikasjon på dette.

3. *Litjebestenformasjonen.* Litjehestenformasjonen opptrer i to områder. Det ene som omfatter den østlige del av devonfeltet (Litjehesten)

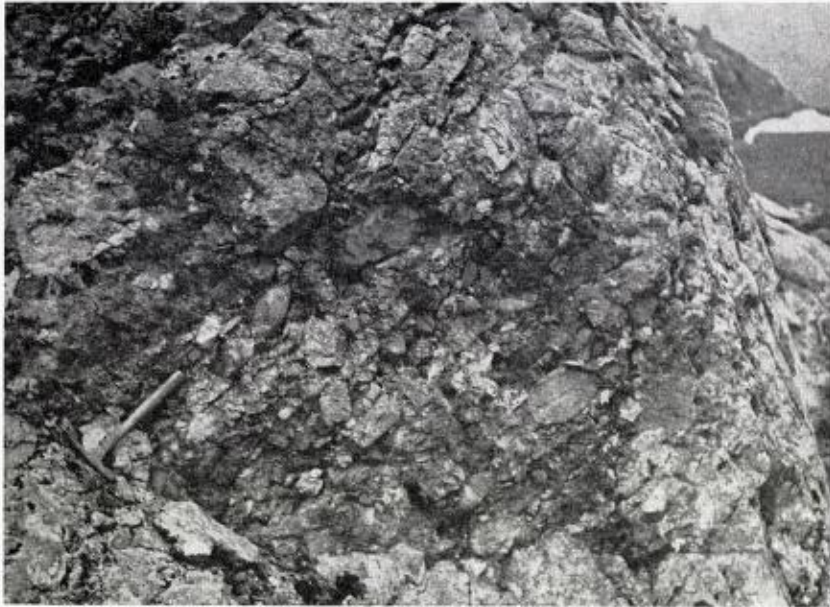


Fig. 9. Grønt konglomerat. Etrefjell. Litjehestenformasjonen. (Foto T. Høisæter)
Green conglomerate. Etrefjell. The Litjehesten Formation. (Photo T. Høisæter)

er skilt fra Heilefjellformasjonen ved en forkastning. Det andre området omfatter Etrefjellet, og Litjehestenformasjonen hviler her med en primær grense mot Heilefjellformasjonen. Kolderup (1923) antok at konglomeratet i Etrefjell hørte med til Heilefjellformasjonens sentrale område av grønne sandsteiner. Etter forfatterens undersøkelser ligger imidlertid Etrefjellets sedimenter stratigrafisk i samme nivå som sedimentene i Litjehesten og må korreleres med disse.

I Etrefjellet opptrer det et relativt storsteinet konglomerat med grønn grunnmasse. Det forekommer også grønne lag av grus og sandstein. Konglomeratet består av rundete eller kantrundete blokker opptil 0.5 m store (fig. 9). Bollematerialet er for en stor del charnockittiske bergarter, men det opptrer også gneiser, granitter, kvartsitt og epidotfels. Konglomeratets grunnmasse og de grønne sandsteinslag har en mineralogisk sammensetning som er identisk med de grønne lag i Heilefjellformasjonen.

I det østlige område er Litjehestenformasjonen karakterisert ved en alternering mellom røde konglomerater og røde silt- og sandsteinslag



Fig. 10. Alternierende lag av røde konglomerater (lyse) og røde sandsteiner (mørke).
Litjehestens sørvestlige del. Litjehestenformasjonen.
*Alternating layers of red conglomerates (light) and red sandstones (dark). The south-
western part of Litjehesten. The Litjehesten Formation.*

(fig. 10). Soner av breksjer med rød grunnmasse opptrer også (fig. 11). Grønne konglomerater og grønne sandsteiner opptrer en sjelden gang, men spiller stort sett en underordnet rolle. Breksjenes og konglomeratenes bollemateriale består for det meste av charnockittiske bergarter, men fragmenter av gneiser, granitt, kvartsitt, grønnstein og epidotfels forekommer også.

Den mineralogiske sammensetning av de finkornete siltlagene og av grunnmassen i de storsteinete breksjer er identisk med sammensetningen av de røde lag i Heilefjellformasjonen. De mer grovkornete sandsteiner og grunnmassen i de fluviale konglomerater er derimot ikke så sterkt rødfarget, og under mikroskopet viser det seg at det opptrer klastiske korn av kloritt, biotitt og amfibol i relativt stor mengde (Tabell 1). Dette viser enten at oksydasjonen av materialet ikke har foregått helt ut, eller at rødt materiale under transport er blitt blandet opp med nylig vitret ikke oksydert materiale.

Kvantitativt dominerer konglomerat over sandstein. I et profil med en mektighet på 346,5 m som Kolderup (1923) gikk opp i den vestlige



*Fig. 11. Rød brekksje. Litjehestens vestlige del. Litjehestenformasjonen.
Red breccia. The western part of Litjehesten. The Litjehesten Formation.*

del av Litjehesten, viste det seg at konglomerat og sandstein opptrer i forholdet 4,6 : 1.

I den østlige del av Litjehesten antok Kolderup et dekke av charnockittiske bergarter over devonsedimentene, men han antydte at det også kunne være et eller flere fjellstykker som var rast ut i bassenget. Forfatterens undersøkelser har vist at det utvilsomt dreier seg om en brekksje med bruddstykker av betydelige dimensjoner. De enkelte fragmenter kan ha en størrelse på mer enn 1000 m³, og brekksjen er sannsynligvis en meget grovklastisk talusavsetning. Grunnmassen er som regel oksydert. De store blokkene består utelukkende av charnockittiske bergarter, men blant de mindre fragmenter i grunnmassen opptrer det også gneiser, granitt, kvartsitt og epidotfels (fig. 12 og fig. 13).

Dannelsen av Litjehestenformasjonen må skyldes endrete topografiske forhold. Sonene av grovklastiske brekksjer antyder relativt brå innsynkninger av bassenget, og alterneringen av fluviale konglomerater og sandsteiner gjenspeiler et relieff som var temmelig likt det som eksisterte under avsetningen av den øvre del av Markavatnformasjonen.

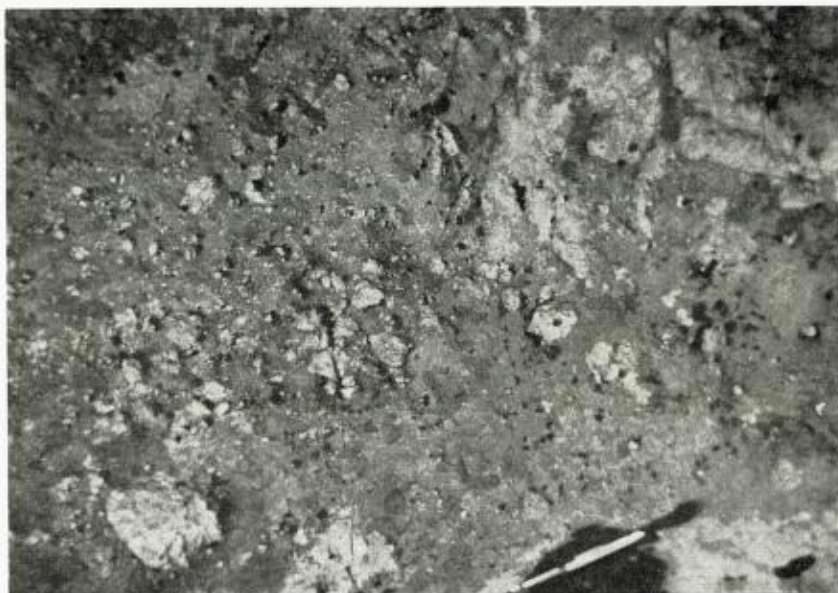


Fig. 12. Mellommasse av grus i breksje. Litjehestens austlige del. Litjehestenformasjonen. Gravel as matrix in breccia. The eastern part of Litjehesten. The Litjehesten Formation.

Autokton residualbreksje sør for Keiservatn.

Like sør for Keiservatn opptrer det en tynn sone av autokton residualbreksje under de alloktone devonsedimentene (fig. 14). Underlaget, som består av glimmerskifer og kvartsskifer, går gradvis over i en breksje med opptil hodestore, skarpkantete fragmenter av kvartsskifer og glimmerskifer i en finkornet mellommasse av rød sand. Residualbreksjen har en mektighet på omkring 20 m. Skilt fra breksjen ved et tektonisk plan opptrer rødt fluvialt konglomerat. Fragmentene i dette er godt rundet og består for en stor del av charnockittiske bergarter. Fremskyvningen av de alloktone sedimenter over residualbreksjen har ført til dannelse av mindre glideplan innen breksjen. Bevegelsene er imidlertid små.

Mektigheter.

Det er vanskelig å ha noen sikker mening om sedimentenes primære mektighet. Dels skyldes dette at den undre del av Markavatnformasjonen er slitt av under forflytningen av feltet, dels er de tilsynelatende mek-

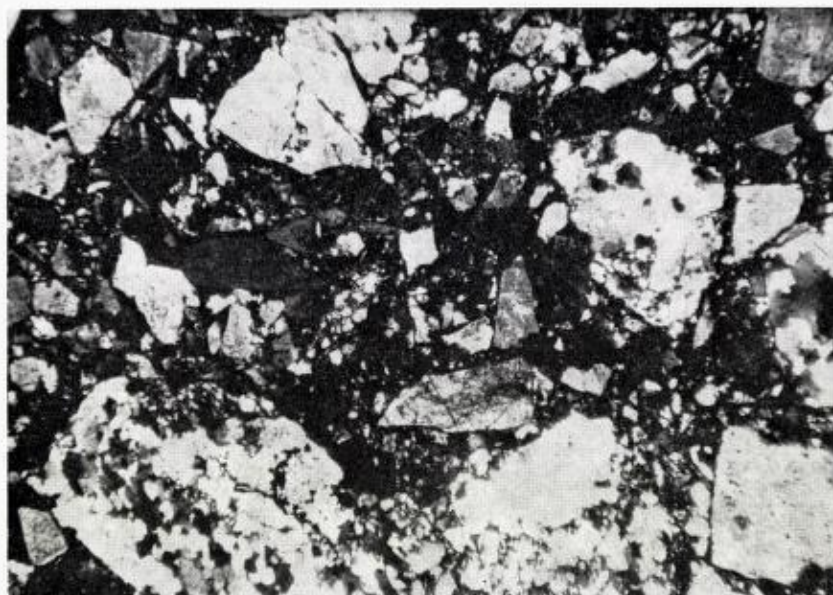


Fig. 13. Mellommasse i breksje. Litjehestens austlige del. Litjehestenformasjonen.
(Kryssete nicols, 35 x).

Matrix in breccia. The eastern part of Litjehesten. The Litjehesten Formation.
(Crossed nicols, 35 x).

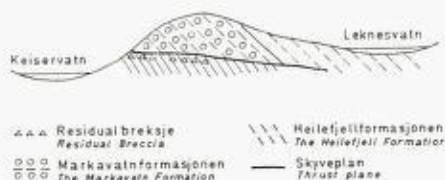


Fig. 14. Autokton residualbreksje under alloktone devonske sedimenter. Sør for
Keiservatn.

*Autochthonous residual breccia underlying allochthonous Devonian sediments. South
of Keiservatn.*

tigheter falske på grunn av interne skyvninger, og dels er det primært store laterale variasjoner i mektighetene.

Størst lateral variasjon i mektighet synes Markavatnformasjonen å ha hatt. Den maksimale mektighet som kan observeres i feltet er sør for Rørvik hvor den er noe over 1000 m. På den annen side er mektigheten

ved Markavatn bare omkring 150 m. Ved Markavatn må det være meget nær den primære mektighet idet det undre nivå er utviklet som en skarpkantet, grovklastisk breksje. Den store mektighet langs feltets sørside er bare tilsynelatende og det har foregått en rekke underskyvninger i konglomeratet. Sannsynligvis må den primære mektighet av Markavatnformasjonen ha variert mellom 150 og 1200 m.

Også innen Heilefjellformasjonen har mektigheten variert lateralt. Mellom Krokavatn og Etrefjell synes lagrekken å være relativt uforstyrret, og mektigheten er her omkring 500 m. Den største mektighet finner vi imidlertid i Heilefjellet hvor den er omkring 2200 m. Her er ikke bare Markavatnformasjonen, men også den undre del av Heilefjellformasjon slitt av under den tektoniske transport, og det er derfor sannsynlig å anta at den primære mektighet har vært omkring 2500 m.

I Litjehestenformasjonen kan bare den nåværende mektighet vurderes. Kolderup (1923) anslo den til omkring 700 m. Dette overslag er sannsynligvis tilnærmet riktig.

Transportretninger og transporterende agenser.

I det perifere område av Heilefjellformasjonen er «channels» og skråskiktning meget alminnelig. En undersøkelse av disse strukturer leder til den konklusjon at sedimentene må være transportert inn i bassenget fra alle kanter. Det samme tyder assymetriske bølgeslagsmerker på. Cand. real. Trygve Høisæter har som sitt hovedfagsarbeide (1969) foretatt et inngående studium av devonsedimentenes transportretninger. Han har lagt stor vekt på sedimentenes fabric. I konglomerater studerte han imbrikasjonsstrukturer og orientering av lengdeakser i konglomeratboller i lagningsplanet. I silt- og sandsteiner undersøkte han korn som tilfredsstillende bestemte krav til elongasjon og kornstørrelse. Undersøkelsene ble foretatt i slip parallelt lagningsplanet og i to plan loddrett på dette. Derved fikk han målt imbrikasjonsstrukturer og den fremherskende orientering av lengdeakser i sandsteinskornene. Høisæter trakk den konklusjon av sine undersøkelser, at på bakgrunn av en kombinasjon av alle transportretningsindikatorer, er det mest sannsynlig å anta en transport fra alle kanter inn mot et sentralt basseng.

Nilsen (1969) påviste at transporten av materialet inn i Buelandet—Værlandets devonfelt stort sett må ha foregått fra nord mot sør. Dette indikerer at det mellom de to feltene har vært et noe høyere land. Materiale som ble transportert fra horstområdene og ned til dette området

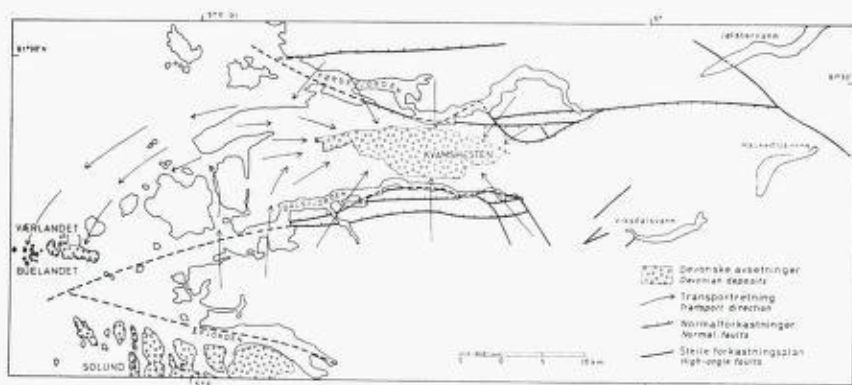


Fig. 15. Kart som viser sedimentenes transport inn i Kvamshestens og Buelandet—Værlandets avsetningsområder. (Skjematisert). Kartet er basert på undersøkelser av T. Høisæter (1969) og T. Nilsen (1969).

Map showing the transport direction of the sediments into the Kvamshestens and Buelandet—Værlandet depositional areas. (Schematized). The map is based on investigations by T. Høisæter (1969) and T. Nilsen (1969).

har dels blitt ført videre til Kvamshestens felt, dels til Buelandet—Værlandets felt (fig. 15).

De sedimentære strukturer og det faktum at en stor del av de rødfargete sedimentene er «post-depositional red beds» (klassif. av Kryniene, 1948), tyder utvilsomt på at Kvamshestens devonfelt er av kontinental opprinnelse. Det er ikke funnet noen trekk ved sedimentenes tekstur eller struktur som antyder at de kan være eoliske dannelser eller glaciale avsetninger. Bortsett fra den lokalt bevarte residualbreksje er de dårlig sorterte breksjer i den undre del av Markavatnformasjonen sannsynligvis talus- og mudflowavsetninger (fig. 3). Det samme gjelder også de skarpkantete breksjene i Litjehestenformasjonen. Det aller meste av Markavatn- og Litjehestenformasjonenes konglomerater er imidlertid fluviale avsetninger. De har godt rundet bollemateriale, er som regel lagdelte og fører svært ofte lag av sandstein med skråråskiktning og gradert lagning. Over alt i Heilefjellformasjonen tyder de sedimentære strukturer på at avsetningene er fluviale dannelser.

Dannelsen av de rødfargete sedimenter i relasjon til bassengets utvikling.

Det er hematitt som danner pigmentet i de rødfargete sedimentene i Kvamshestens devonfelt. Det opptrer som regel fint fordelt, ofte som

en mantel omkring de enkelte mineralkorn, men også som pseudomorfoser etter jernsilikater (fig. 8).

Krynine (1948) inndelte «Red Beds» i fire hovedgrupper:

- I «Primary Red Beds» er dannet ved diagenese av rødt vitringsmateriale. Oksydasjonen har foregått i vitringsområdet.
- II «Secondary Red Beds» er dannet ved erosjon og transport av eldre «Red Beds».
- III «Post-depositional Red Beds» er dannet ved oksydasjon av sedimenter i avsetningsområdet.
- IV «Chemical Red Beds» er dannet ved at ferrioksyd er utfelt av løsninger.

Før innsynkningen av det store grabenområdet har det allerede vært dannet vitringsmateriale som for en vesentlig del var oksydert. En indikasjon på dette er de rødfargete residualbreksjene nord for Hestad og sør for Keiservatn. Da innsynkningen begynte ble store masser av oksydert materiale ført ned i bassenget fra horstområdene («Primary Red Beds»). Etter hvert begynte også en hurtig denudasjon av det faste fjell, og en transport av ikke oksydert materiale ned i avsetningsområdet. Disse sedimentene danner det undre nivå i Markavatnformasjonen. Høyere oppe er konglomeratene alltid grønne, og bollematerialets størrelse avtar samtidig som rundingsgraden tiltar. Etter hvert begynner de første grønne lag av grus og sand å opptre. Det er tydelig at det topografiske relieff gradvis ble utjevnet og at transportlengden økte. Den øvre del av Markavatnformasjonen går gradvis over i Heilefjellformasjonen, og i konglomeratene opptrer det hyppig lag av grovkornete grønne og finkornete røde sandsteiner. De grønne lag som er avsatt under vann, viser ofte skråskiktning og gradert lagning. I de røde lag opptrer det tørkesprekker og regndråpeavtrykk, og av dette kan en slutte at bassenget må ha vært meget grunt. De finkornete røde lag er avsatt i perioder med lite nedbør og liten transportkapasitet hos elvene. Det tørre klima førte til at vannstanden i bassenget sank. Derved ble store arealer tørrlagt, og sedimentene utsatt for oksydisk vitring (Post-depositional Red Beds).

Under avsetningen av Heilefjellformasjonen har nedbøren vært meget variabel, og vannflaten har oscillert. Det resulterte i den intense alternering mellom grovkornete grønne og finkornete røde lag. Ofte har vannstanden endret seg så fort at de finkornete sedimenter ikke ble

oksydert, og i grønne sandsteinslag opptrer det hyppig tynne lag av grønn siltstein med tørkesprekker.

Den laterale utvikling fra røde sedimenter i det perifere til grønne i det sentrale felt viser at det i bassenget har eksistert et område som aldri ble tørrlagt. Enkelte røde lag forekommer imidlertid. Disse henger sammen med ekstremt tørre perioder, en etter datidens unormal lav vannstand og en sterkt «innskrumpet» sjø.

Under avsetningen av Heilefjellformasjonen har innsynkningen av bassenget stort sett foregått i takt med sedimentasjonen. Avsetningene av konglomerater og breksjer i Litjehestenformasjonen viser imidlertid at det har inntrådt en endring av det topografiske relieff. Endringen skyldes sannsynligvis en relativt brå innsynkning av grabenområdet. I Etrefjell er avsetningene grønne, men den helt overveiende del av sedimentene i Litjehesten er røde. Det viser at forholdene i denudasjonsområdet har vært forskjellig. I vest har erosjonen utelukkende brutt ned fast fjell, mens erosjonen i øst for en stor del har foregått i allerede oksydert materiale. Sannsynligvis har den spontane innsynkning for det meste fulgt de eldre normalforkastninger i områdets vestlige del. I øst derimot ble det dannet nye dislokasjoner innenfor grabenområdet som løp mer eller mindre parallelt med de eldre. Ved innsynkningen av hovedfeltet ble derved store masser av allerede avsatte sedimenter i de perifere områder tørrlagt og utsatt for erosjon. Materialet var oksydisk vitret før det ble erodert og igjen avsatt (Secondary Red Beds). Erosjonen har også her angrepet det faste fjell, og under transporten ble det røde materialet blandet opp med ikke oksydert materiale. Etter som nedbøren varierte er avsetningene utviklet fra siltstein til fluviale konglomerater. Lagene av siltstein er alltid mest rødfarget fordi de er avsatt i perioder med lite nedbør og synkende vannstand i bassenget. Avsetningene ble derved tørrlagt og utsatt for oksydisk vitring. De grovere sandsteiner og fluviale konglomerater er avsatt i perioder med stor nedbør og høy vannstand i bassenget. Oksydisk vitring kunne ikke foregå og disse avsetningene har derfor ved siden av hematitt også et visst innhold av jernsilikater som er karakteristisk for de grønne sandsteiner.

Under avsetningen av Litjehestenformasjonen har innsynkningen av bassenget foregått rykkvis, og hvert rykk førte til dannelse av grovklastiske, skarpkantete breksjer. Disse har ingen trekk som tyder på fluvial transport, og de er sannsynligvis talus- og mudflowavsetninger. Den ekstremt grovklastiske breksjen i Litjehestenformasjonens øverste nivå må være dannet ved en spontan og storstilet innsynkning. Det

oppsto steile fjellvegger omkring bassenget, og store fjellpartier løsnet og falt ned sammen med grus og sand.

Den sedimentære utvikling i Kvamshestens devonfelt indikerer at bassenget var avstengt og meget grunt. Nedbøren var meget variabel, vannets overflate har oscillert, og området må periodevis ha artet seg som store «flood plaines» med en sentral innsjø som aldri tørket helt inn. Avsetningene som er knyttet til de nedbørrike, henholdsvis nedbørfattige perioder, er som regel så tykke at de ikke kan gjenspeile årlige klimavariasjoner, men må være avsatt i perioder av mange års varighet.

Det kan ikke være tvil om at det er de klimatiske forhold som har vært den viktigste faktor ved dannelsen av de rødfarfagete sedimentene. De fleste amerikanske forskere har hevdet at ferrioksyd dannes i savanneområder og i høyland med varmt og fuktig klima, mens de fleste europeiske forskere på den annen side har fremholdt områder med arid klima og ørkenstrøk (Van Houten 1964).

Lie, Storetvedt, Gjellestad (1969) har utført paleomagnetiske undersøkelser i Kvamshestens devonfelt, og deres resultater indikerer at feltet lå omkring 6° sør for devonsk paleoekvator (tropisk klima). Det kan ikke være tvil om at de rødfarfagete sedimenter i Kvamshestens felt er dannet i perioder med liten nedbør. En må derfor trekke den konklusjon at den oksydiske vitring har vært betinget av et varmt og tørt klima. Det har imidlertid ikke vært ørkenforhold, og eoliske sedimenter er ikke blitt påvist.

Tektoniske forhold.

Kolderup (1923) påviste en sterk oppknusning langs devonfeltets undergrense, og antok at devonsedimentene var blitt forflyttet i forhold til de underliggende bergarter. I den sørøstlige vegg av fjellet Kvamshesten fant han også at skifre fra underlaget delvis var presset inn i konglomeratet.

At devonfeltet er alloktont kan det etter forfatterens mening ikke være noen tvil om (fig. 16). Ved siden av den sterke oppknusning langs sedimentenes undergrense, har forflytningen også ført til at de undre deler av sedimentene er blitt avslitt, mest i øst. De devonske bergartene ligger med en klar vinkeldiskordans mellom lagningsplanet og grenseflaten (fig. 17). Videre er sedimentene foldet om akser øst-vest med en stupning på gjennomsnittlig 15° østlig. Foldeaksene står altså diskordant på grenseflaten.

Som det fremgår av det geologiske kartet (Pl. I) er devonfeltet, for-



Fig. 16. Skyveplanet under Litjehesten.
The thrust plane below Litjehesten.



Fig. 17. Skyveplanet under fjellet Kvamshesten sett fra Litjehesten. Benkningen i Markavatnformasjonen er parallell med lagningen som er diskordant i forhold til skyveplanet.
The thrust plane below the mountain Kvamshesten seen from Litjehesten. The benching of the Markavatn Formation coincides with the layering which is discordant in relation to the thrust plane.



Fig. 18. Folding i Litjehesten sett fra vest. Brattveggen med alternerende lag av røde konglomerater (lyse) og røde sandsteiner (mørke) markerer «liggen» i forkastningsplanet som skiller Litjehestenformasjonen fra Heilefjellformasjonen.

Large-scale folding in Litjehesten seen from the west. The steep slope with alternating red conglomerates (light) and red sandstones (dark) marks the footwall of the high-angle thrust which separates the Litjehesten Formation from the Heilefjell Formation.



Fig. 19. Skjærsprekker og storstilet foldning i Heilefjellet sett fra fjellet Kvamshesten. Shear fractures and large-scale folding in Heilefjellet seen from the mountain Kvamshesten.



Fig. 20. Utsyn fra et punkt 1 km øst for Blegja mot fjellet Kvasmshesten. Snøstripene som følger lagningen i Heilefjellformasjonen markerer den åpne storstilte foldning. Outlook from a point 1 km east of Blegja towards the mountain Kvasmshesten. The stripes of snow which follow the layering in the Heilefjell Formation help to pick out the large-scale open folding.

uten å være foldet, også gjennomført av en rekke forskjellige typer forkastninger. De er innbyrdes av forskjellig alder og det er mulig å følge deformasjonen av feltet trinn for trinn.

Foldninger. Den første deformasjon som kan påvises var foldning, og alle forkastninger er yngre enn den. Bergartene er foldet i åpne parallelle folder etter akser øst-vest (fig. 18 - 19 - 20). Aksene har en stupning på ca. 15° mot øst, og foldene har relativt steiltstående akseplan. Intensiteten i foldningen varierer noe fra sted til sted. Stort sett kan en si at intensiteten avtar opp i lagrekken, og at den er noe større i vest enn i øst. Det har ikke forekommet brudd, oppsprekning eller rekrystallisasjon i forbindelse med foldningen. Det er derfor sannsynlig at foldningen av devonsedimentene har foregått før de var konsolidert, eller at foldning og diagenese foregikk omtrent samtidig.

Som tidligere nevnt er sedimentene avsatt i en graben med lengdeakse øst-vest. Som årsak til foldningen må en anta at sedimentene er blitt utsatt for en kompresjon normalt på grabenområdets akse, altså nord-syd.

Skjærsprekker. Etter foldning og diagenese gjennomgikk feltet ytter-



Fig. 21. Alternierende lag av grønne (lyse) og røde (mørke) sandsteiner i Kringlefjellet sett fra Blåeggja. Mindre bevegelser har foregått langs tidligere utviklede skjærsprekker. Alternating layers of green (light) and red (dark) sandstones in Kringlefjellet seen from Blåeggja. Smaller movements have taken place along earlier formed shear fractures.

ligere kompresjon, og dette førte i første rekke til utvikling av skjærsprekker (fig. 19). Det synes primært ikke å ha vært store bevegelser langs dem, men de har senere i deformasjonen blitt delvis benyttet som svakhetssoner hvor bevegelser lett kunne foregå (fig. 21). Skjærsprekkenes står som regel vertikalt, men i enkelte områder har de et steilt fall. Det skyldes senere blokkforkastninger. Kompresjonsretningen har under dannelsen av skjærsprekkenes ikke endret seg nevneverdig fra det den var under sedimentenes foldning.

Underskyvninger. Det neste trinn i deformasjonen førte til underskyvninger. De opptre i første rekke i de sørlige og vestlige deler av Markavatnformasjonen. I bevegelsesplanet er bergartene sterkt brekksjert, og det er ofte utviklet glideplan og glidestriper. Bevegelsesplanene stryker stort sett NW-SE, og fallet varierer mellom 30° og 45° mot NE (Pl. I, profil B og C). Det viser at kompresjonen på feltet har skiftet retning fra N-S til SW-NE. Devonsedimentene som var i bevegelse mot nord støtte etter en tid mot markerte rygger av ordovicisk-siluriske bergarter i bassenget. Ryggene som strøk i retningen SW-NE, hindret devon-

feltets bevegelse mot nord, og tvang den videre forflytning av feltet over i en nordøstlig retning.

Oppskyvninger. Ved oppskyvninger er devonfeltet delt opp i store blokker (Pl. I, profil C og D). Bevegelsesplanene er relativt steile. Planet som skiller Litjehestenformasjonen fra Heilefjellformasjonen faller omkring 60° mot vest og sør, mens de øvrige bevegelsesplan faller mellom 60° og 80° mot NE og ENE. Forkastningene trer klart fram ved brudd i foldeakser og ved sprang i bergartsgrenser.

Oppskyvningene ble dannet ved en bevegelse av devonsedimentene mot nordøst. De er markert yngre enn underskyvningene.

Steile forkastningsplan. I den vestlige del av Kvamshestens felt opptrer det en rekke steile forkastningsplan som ikke bare berører devonsedimentene, men som også griper temmelig dypt ned i underlaget (Pl. I, profil A og B). De er som regel tilnærmet vertikale, men et unntak danner forkastningen mellom Norddalen og Markavatn (Norrdalsforkastningen) som har et fall på omkring 50° mot NNW og NW. Bevegelsene har ofte vært av betydelige dimensjoner. Den vestligste blokken, begrenset av Norrdalsforkastningen og forkastningen som løper parallelt med Grundevatn, har sunket omkring 500 m ned i underlaget i den nordøstlige del. Resten av feltet har blitt forflyttet minst 4 km mot nordøst parallelt med Grundevatnforkastningen. Videre har en blokk begrenset av en forkastning langs Insteelva i øst og Grundevatnforkastningen i vest sunket omkring 300 m ned i underlaget i den sørlige del. Feltet øst for Insteelvforkastningen ble forflyttet ytterligere $\frac{1}{2}$ –1 km mot nordøst før all bevegelse stoppet opp.

Under innsynkningen av de store blokkene er de blitt brutt opp i mindre blokker som er beveget i forhold til hverandre. Disse bevegelsene har for en stor del fulgt de eldre skjærsprekker.

De vestlige deler av devonsedimentene har flere ganger kilt seg fast i ryggene av ordovicisk-siluriske bergarter, og feltets videre forflytning mot nordøst har derved stoppet opp. Trykket på bergartene var imidlertid så stort at deres elastisitetsgrenser ble overskredet. Dette førte til at de vestlige deler av devonfeltet sank ned i underlaget langs steile forkastningsplan samtidig som hovedfeltet fortsatte sin bevegelse mot nordøst.

Tensjonssprekker. Tensjonssprekker opptrer bare i området mellom Grundevatn- og Insteelvforkastningene. De er vertikale og det har foregått små horisontale bevegelser langs dem. Tensjonssprekkene er sannsynligvis dannet ved at devonsedimentene nord for Bjønnestigvatnet kille

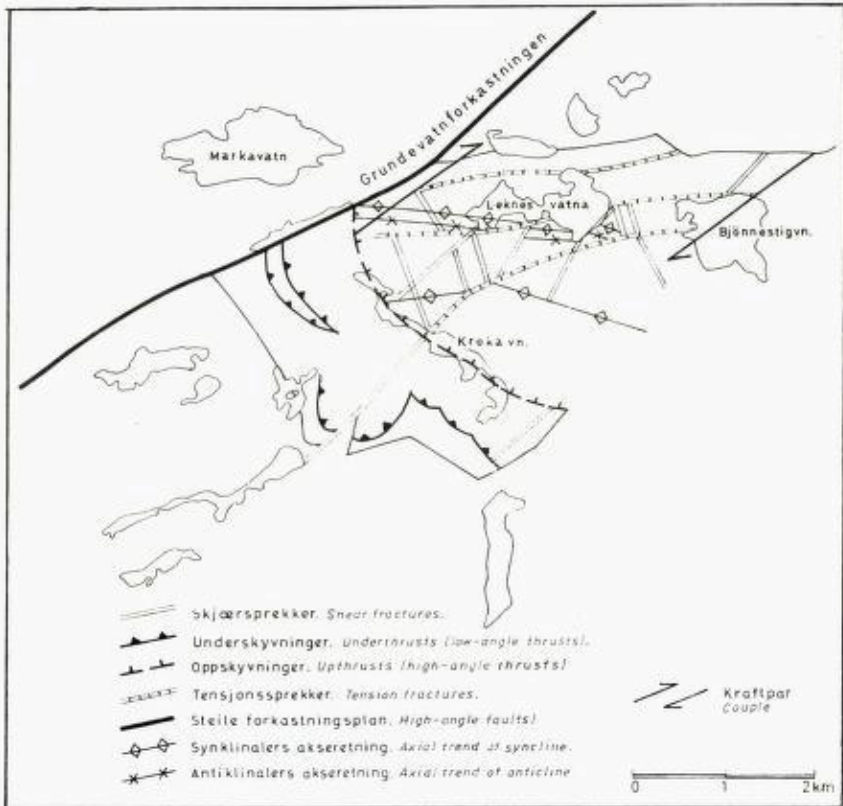


Fig. 22. Kart som viser utviklingen av tensjonssprekker idet området mellom Grundevatnforkastningen og Bjønnestigvatnet kom under innflytelse av et kraftpar.
 Map showing the development of tension fractures as the area between the Grundevatn Fault and Bjønnestigvatnet came within the influence of a couple.

seg fast, mens bergartene nord og nordvest for Leknesvatna til å begynne med har møtt mindre motstand. Dette førte til at området kom under påvirkning av et kraftpar (fig. 22).

Devonfeltets tektoniske utvikling.

Den tektoniske utvikling av Kvamshestens devonfelt kan sammenfattes i følgende 12 punkter:

1. En kulminasjon av den sentrale del av Vest-Norge førte til intramontane grabendannelser med retning øst-vest, og sedimentasjon i de innsunkne områder.

2. Devonsedimentene kom under endrete forhold og ble utsatt for en kompresjon nord-sør.
3. Sedimentene ble foldet langs akser øst-vest, sannsynligvis i ukonsolidert tilstand.
4. Sedimentene ble konsolidert, muligens i forbindelse med foldingen.
5. Kompresjonen nord-sør fortsatte, og det ble dannet skjærsprekker over hele området.
6. Feltet ble satt i bevegelse mot nord. Noe av sedimentene, mest i områdets nordøstlige del, ble liggende igjen idet hovedfeltet rev seg løs. Etter en kort forflytning støtte det mot ryggen av ordovicisk-siluriske bergarter i bassenget. Ryggene som strøk i retning SW-NE dannet en barriere. Devonfeltets videre forflytning mot nord ble derved hindret.
7. Hele devonfeltet ble skjøvet mot nordøst, og det førte til en rekke underskyvninger i Markavatnformasjonen tvers på bevegelsen.
8. Den vestlige del av feltet kilte seg fast og bevegelsen stoppet opp. Trykket på bergartene var så stort at deres elastisitetsgrenser ble overskredet, og den store Grundevatnforkastningen inntrådte.
9. Parallelt med innsynkningen av blokken nordvest for Grundevatnforkastningen ble hovedfeltet forflyttet omkring 4 km mot nordøst. Under bevegelsen har motstanden vært stor i NE, og feltet ble ved oppskyvninger delt opp i en rekke blokker samtidig som mer av sedimentene ble slitt av.
10. Etter en forflytning på omkring 4 km kilte devonsedimentene nord for Bjønnestigvatn seg fast mens bergartene nord og nordvest for Leknesvatna møtte mindre motstand. Dette førte til at området kom under påvirkning av et kraftpar, og det ble dannet tensjonssprekker. Samtidig eller noe senere ble Insteelvforkastningen dannet.
11. Parallelt med innsynkningen av blokken begrenset av Insteelv- og Grundevatnforkastningene ble resten av devonsedimentene skjøvet videre mot nordøst. Forflytningen var sannsynligvis av en størrelsesorden på mellom 0.5 og 1 km.
12. Etter at bevegelsen stoppet opp har feltet fortsatt vært utsatt for kompresjon. Det førte blant annet til at Laukelandshesten sank ned i underlaget langs steile forkastningsplan.

Det er tydelig at selv om en type forkastninger er dannet under en av de nevnte episoder, er ikke bevegelser langs dem begrenset til bare

denne episoden. Skjærsprekker er f.eks. blitt benyttet gjentagne ganger som svakhetssoner, og det er ofte en overgang mellom disse og andre typer forkastninger.

Vest-Norges utvikling i devonsk tid.

Kulminasjonen av Vest-Norge, som førte til utvikling av intramontane graben-områder, var en fortsettelse eller reaktivering av den deformasjon som forårsaket en dyptgripende foldning om akser E-W på overgangen silur-devon (Skjerlie 1969).

Det synes å være et generelt trekk at devonfeltene i et sent stadium har vært utsatt for kompresjon. Både i Solunds og Buelandet—Værlandets devonfelter har Nilsen (1968 og 1969) påvist foldning og forkastningstektonikk. I Byrknesøyenes og Holmengrås felter er de tektoniske forhold lite kjent, men Kolderup (1927 b) påviste at det hadde foregått forkastninger etter konsolideringen. Også i Håsteinens felt påviste Kolderup (1925) en intens forkastningstektonikk. Fra Hornelens felt beskrev Kolderup (1927 a) foldning og forkastningstektonikk, men Bryhni (1964) mente imidlertid at foldningen hadde sammenheng med bassengets innsynkning.

Kolderup (1923) gjorde en rekke funn av plantefossiler i Kvamshestens felt. Disse var dessverre dårlig oppbevart, men hans konklusjon var at floraen som helhet tydet på en mellomdevonsk alder. Kolderup fant også fossiler både i Hornelens og Buelandet—Værlandets devonfelter, og fossilene var her av en langt bedre kvalitet. Kolderup (1927 a) kom til at de fossilførende lag på vestsiden av Hyenfjorden tilsvarte den øverste del av mellomdevon. Også Jarvik (1949) kom til den samme konklusjon. I Buelandet—Værlandets felt antydet opptreden av Psilophyton (Kolderup 1916) en tidlig mellomdevonsk alder.

Fossilene i de forskjellige feltene er funnet i forskjellige stratigrafisk nivå. I Hornelens felt er fossilene funnet temmelig høyt i lagrekken, mens fossilene fra Buelandet—Værlandets felt er funnet i et relativt lavt nivå i sandsteinene. Det er derfor sannsynlig å anta at de vest-norske devonfelter omfatter avsetninger fra hele mellomdevon. Med den hurtige denudasjon og transport som de grovklastiske breksjer og konglomerater vitner om, er det trolig at avsetningen startet først ved innledningen til mellomdevon.

Hevningen av Vest-Norge gjennom hele undre devon favoriserte en sterk denudasjon i området med dannelse av et peneplan som fremdeles

er bevart i Kvamshestens store grabenområde. Ved innledningen til mellomdevon intrådte de store normalforkastninger, etter hvert en storstilet erosjon av Horstområdene og ansamling av store sedimentmasser i de innsunkne områder.

Vogt (1928) daterte Svalbardorogesen til lav overdevon. Han antok at foldningen hadde grepet dypt ned i underlaget overalt langs Norges vestkyst fra Vestlandet til Finnmark. Etter forfatterens undersøkelser er ikke dette riktig når det gjelder forholdene på Vestlandet. Den siste gjennomgripende deformasjon av devonsedimentenes underlag foregikk sannsynligvis i slutten av silur eller tidlig i underdevon svarende til den Eriske fase (Skjerlie 1969). Som et etterfølgende fenomen av denne orogese fulgte kulminasjon, grabendannelse, sedimentasjon og deformasjon av sedimentene uten nevneverdig foldning av underlaget. Forfatteren antar at denne prosess tilsvarende Vogt Svalbardorogese, det vil si en prosess som startet ved innledningen til mellomdevon og ble avsluttet på overgangen mellomdevon-overdevon eller i lav overdevon.

Litteraturliste.

BMA — Bergens Museums Aarbok.
 NGT — Norsk Geologisk Tidsskrift.
 NGU — Norges Geologiske Undersøkelse.

- BILLINGS, M. P., 1954: *Structural Geology*. Second Ed. New York, Prentice-Hall.
 BRYHNI, I., 1964: Relasjonen mellom senkaledonsk tektonikk og sedimentasjon ved Hornelens og Håsteinens devon. *NGU* 223, 10—25.
 HELLAND, A., 1881: Studier over Konglomerater. *Archiv for Matematik og Naturvidenskap for 1880*, 1—80.
 HOLTEDAHL, O., 1960: Geology of Norway. *NGU* 208, 285—297.
 HØISÆTER, T., 1969: Geologiske undersøkelser i og omkring Kvamshestens devonfelt. Hovedfagsoppgave (ikke publ.). Universitetet i Bergen.
 IRGENS, M. og HIORTDAHL, TH., 1864: *Om de geologiske Forhold på Kyststrækningen av Nordre Bergenhus Amt*. Universitetsprogram 2. Halvaar. Christiania 1864, 1—14.
 JARVIK, E., 1949: On the Middle Devonian Crossopterygians from the Hornelen Field in Western Norway. *BMA* 1948, *Naturvidensk. Række nr. 8*, 1—48.
 KOLDERUP, C. F., 1916: Buelandets og Værlandets konglomerat og sandstensfelt. *BMA* 1915—16, *Naturvidensk. Række nr. 3*, 1—26.
 — 1923: Kvamshestens devonfelt. *BMA* 1920—21, *Naturvidensk. Række nr. 4*, 1—96.
 — 1925: Haasteinens devonfelt. *BMA* 1923—24, *Naturvidensk. Række nr. 11*, 1—32.
 — 1926: Solunds devonfelt. *BMA* 1924—25, *Naturvidensk. Række nr. 8*, 1—73.
 — 1927 a: Hornelens devonfelt. *BMA* 1926, *Naturvidensk. Række nr. 6*, 1—56.

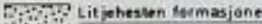
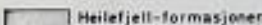

- 1927 b: Byrknesøyenes og Holmengraas devonfelter. *BMA 1926, Naturvidensk. Række nr. 8*, 1—18.
- KRYNINE, P. D., 1949: The origin of red beds. *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, 2, 60—68.
- LIE, L. G., STORETVEDT, K. M. and GJELLESTAD, G., 1969: The palaeomagnetism of the Kvamshesten Old Red Sequence, southwest Norway. *NGT, Nr. 3*, 241—249.
- NAUMANN, C. F., 1824: *Beyträge zur Kenntniss Norwegens*. Bd. 2. Leipzig.
- NILSEN, TH., 1968: The Relationship of Sedimentation to Tectonics in the Solund Devonian District of southwestern Norway. *NGU 259*, 1—108.
- 1969: Old Red Sedimentation in the Buelandet—Værlandet Devonian District, Western Norway. *Sedimentary Geology 3*, 35—57.
- PETTIJOHN, F. J., 1957: *Sedimentary rocks*. Harper and Brothers, New York.
- REUSCH, H., 1881: Konglomerat-Sandstensfelterne i Nordfjord, Søndfjord og Sogn. *Nyt Mag. f. Naturvidenskaberne, Bd. 26*, 93—170.
- SKJERLIE, F. J., 1969: The pre-Devonian Rocks in the Askvoll—Gaular Area, and adjacent Districts, Western Norway. *NGU 258*, 325—359.
- VAN HOUTEN, F. B., 1961: Climatic Significance of Red Beds in *descriptive Palaeoclimatology*. (Edited by Nairn, A.E.M.). Interscience Publishers inc., New York, V, p. 89—139.
- VOGT, TH., 1928: Den norske fjellkjedens revolusjonshistorie. *NGT 10*, 97—115.

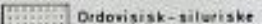
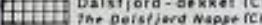

—
Første manuskript mottatt i mai 1970, revidert i oktober 1970.










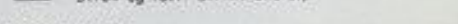
Geologisk kart over KVAMSHESTENS DEVONFELT

Geological map of the KVAMSHESTEN DEVONIAN DISTRICT

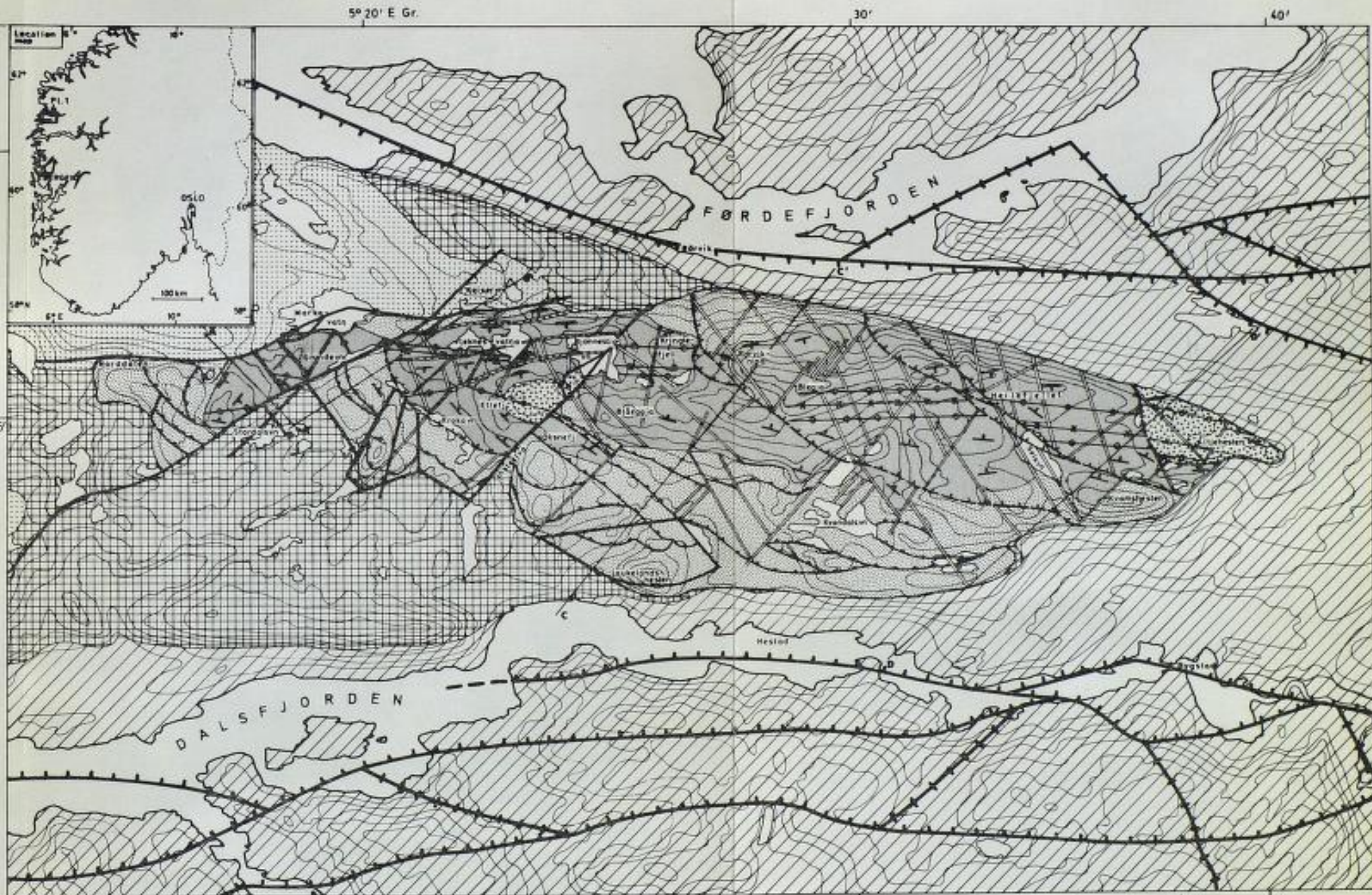
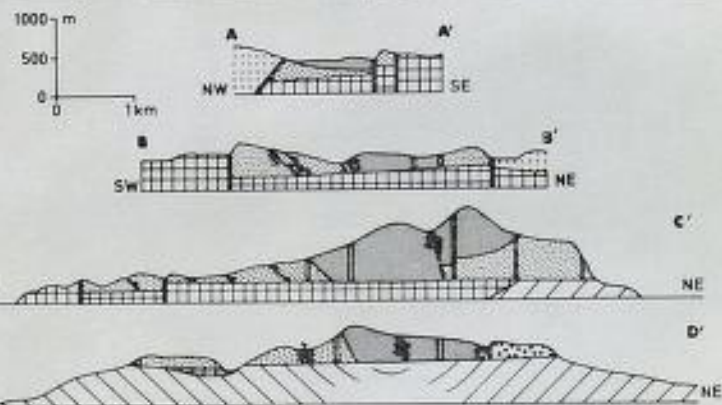
FINN J. SKJERLIE 1970

- DEVON
DEVONIAN**
-  Litjehestén-formasjonen
The Litjehestén Formation
 -  Heilefjell-formasjonen
The Heilefjell Formation
 -  Mørkaván-formasjonen
The Mørkaván Formation
- Vestlige område: Grønne konglomerater med lag av grønn sandstein.
Østlige område: Vesentlig røde konglomerater, røde silt- og sandsteiner, røde breksjer.
Western area: Green conglomerates interbedded with green sandstone.
Eastern area: Mainly red conglomerates, red silt- and sandstones, red breccias.
- Vesentlig grønne og røde silt- og sandsteiner.
Mainly green and red silt- and sandstones.
- Vesentlig breksjer og konglomerater.
Mainly breccias and conglomerates.

- UNDERLAG
BASEMENT**
-  Ordovisisk-siluriske bergarter over Dalsfjord-dekket.
Ordovician-Silurian rocks above the Dalsfjord Nappe.
 -  Dalsfjord-dekket (Charnokittiske bergarter)
The Dalsfjord Nappe (Charnokitic rocks)
 -  Prækambriisk-ordovisiske bergarter under Dalsfjord-dekket.
Precambrian-Ordovician rocks below the Dalsfjord Nappe.

- STRUKTUR-SYMBOLER
STRUCTURAL SYMBOLS**
-  Normalforkastninger. Normal faults.
 -  Vertikale forkastningsplan. Vertical faults.
 -  Steile forkastningsplan. High-angle faults.
 -  Skjærsprekker. Shear fractures.
 -  Tensjonsprekker. Tension fractures.
 -  Underskyvninger. Underthrusts (low-angle thrusts).
 -  Oppskyvninger. Uprthrusts (high-angle thrusts).
 -  Synklinalers akseretning. Axial trend of synclines.
 -  Antiklinalers akseretning. Axial trend of anticlines.
 -  Strøk og fall. Strike and dip.

A — Profiler. Cross sections.



61° 20' 5° 20' E Gr. 30' 40' 61° 20' Ekvidistanse (Contour interval): 100m 0 1 2 3 4 5 km