



UNDERSØKELSER I DE SULFATFØRENDE SEDIMENTENE
FRA UNDERPERM I OMRÅDENE NORD FOR ISFJORDEN, SVALBARD

av

ØRNULF LAURITZEN

Norsk Polarinstitutts
Rølfstangveien 12
1330 Oslo Lufthavn

Norsk Polarinstitutts
Oslo 1981

INNHold

	Side
Summary	3
Innledning	4
Systematisk beskrivelse	6
Sulfatene	8
Karbonatbergartene	14
Diskusjon	19
Sammendrag	20
Litteratur	21

SUMMARY

An unusually well exposed 162 m thick continuous section through most of the Gipshuken Formation is seen at Trollfuglfjella north of Isfjorden. This formation consists of interbedded evaporites and dolomites, the evaporites showing highly varied modes of occurrence. Sulphatic beds tend to dominate the lower part of the section, passing up into a dolomite dominated unit. The sediments found represent deposition in arid lagoonal to supratidal environments, best compared with recent sabkhas. The petrography of the carbonate rocks is presented, based on thin-section studies; algae and algal lamination are important constituents of these carbonates throughout the succession. Even though dolomitization is extensive in most horizons sampled, primary structures can still be studied.

INNLEDNING

De sulfatførende sedimentene nord for Isfjorden finnes hovedsakelig i to stratigrafisk vel adskilte nivåer. Det underste nivået ble av GEE, HARLAND og McWHAE (1953) kalt "Lower Gypsiferous Series" og det øverste for "Upper Gypsiferous Series", men da stratigrafien for området ble revidert av CUTBILL og CHALLINOR (1965), ble det underste nivået plassert i Ebbadalen-formasjonen og delvis i Minkinfjellet-leddet (med andre ord, i mellomkarbon, i Bashkir og eldste del av Moscov). Det øverste nivået ble da til Gipshuken-formasjonen og tilhører underperm (Artinsk).

Det har alltid knyttet seg en viss økonomisk interesse til disse sulfatførende sedimentene, og det har vært de underpermiske sulfatene fra Gipshuken-formasjonen som har vært mest ettertraktet. Det ble for eksempel gjort forsøk på gruvedrift i Skansbukta (Fig. 1) i 1918, og forsøk ble også gjort i Tempelfjord-området på samme tid, da overflatemasser ble skrapet av for å nyttiggjøre seg gipsen. Det er imidlertid hevet over enhver tvil at disse sulfatene hovedsakelig er anhydritt og at gips bare er å finne som en tynn skorpe på overflaten eller i sprekkefyllinger og lignende. Dette ble da også bekreftet i gruen i Skansbukta, hvor anhydritten ble renere etter som massene ble drevet ut av fjellet.

De undersøkelser som her blir presentert er kun knyttet til Gipshuken-formasjonen, en formasjon som sedimentologisk er dårlig undersøkt. Årsakene til dette kan være mange, men mangel på fossiler og dårlig kjennskap til dannelsen av evaporitter må nok ta sin del av ansvaret. En annen viktig årsak er også at Gipshuken-formasjonen er dårlig blottet

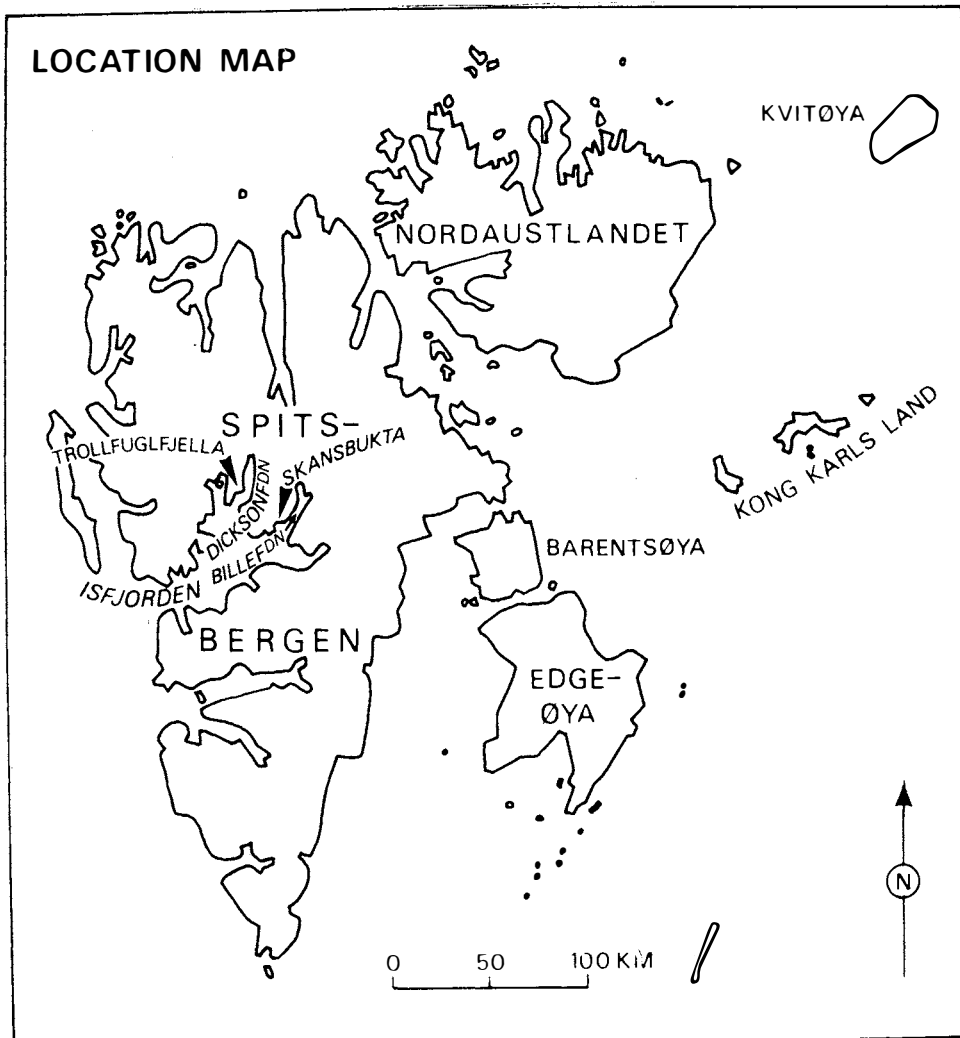


Fig. 1. Oversiktskart med angivelse av viktige lokaliteter i teksten.

der den er tilgjengelig, noe som har gjort at den ikke er så attraktiv som for eksempel den underliggende Nordenskiöldbreen-formasjonen og den overliggende Kapp Starostin-formasjonen.

De undersøkelser vi har å støtte oss til i denne sammenheng er GEE et al. (1953), BATES og SCHWARZACHER (1958) og CUTBILL og CHALLINOR (1965), og disse arbeidene er av en mer generell stratigrafisk karakter enn egentlig sedimentologisk. HOLLIDAY (1966) tok for seg gips/anhydritbergartene i Billefjord-området, men mesteparten av hans observasjonsmateriale var knyttet til de mellomkarbonske sulfatene i Ebbadalen-formasjonen. HOLLIDAY var imidler-

tid innom Skansbukta for å gjøre sammenligninger mellom sulfatene i de to formasjonene. Ut fra dette bakgrunns- materialet, ble det min oppgave å se litt nærmere på Gipshuken-formasjonen. LAURITZEN (1977) presenterte et klassifikasjonssystem for gips/anhydrittdannelser som skulle danne grunnlag for en videre beskrivelse av Gipshuken-formasjonens sulfater, selv om arbeidet den gang bare trakk generelle konklusjoner om avsetningsmiljø og diagenese.

Det som nå har skjedd senere er at flere opplysninger har blitt samlet inn om denne delen av lagrekken, for om mulig å danne seg et bedre bilde av avsetningsforhold, paleomiljø og sedimenttyper, og det ble ganske klart at dette ikke kunne bli gjort ut fra sulfatene alene. Karbonatene som er en meget viktig del av denne sedimentlagpakken, inneholder elementer som skal gi svar på noe av dette og ut fra en slik sammensatt undersøkelse av lagpakken, blir det nå (LAURITZEN in prep.) presentert en tolkning basert på dette materialet. I denne rapporten vil jeg imidlertid legge mer vekt på den geografiske utbredelsen i tillegg til mektigheter og sedimentologiske modeller, samt en del beregninger av sulfatinnhold, etc.

SYSTEMATISK BESKRIVELSE

Som nevnt innledningsvis er deler av Gipshuken-formasjonen dårlig blottet i store områder nord for Isfjorden, og bare på meget få steder kan en hevde å ha gode tilgjengelige profiler (snitt). Slike snitt finner vi for eksempel i Skansbukta, men der er det bare en meget begrenset del av lagrekken som er blottet. I Trollfuglfjella ved Dicksonfjorden (Fig. 2) finner vi imidlertid et usedvanlig godt blottet profil som LAURITZEN (in prep.) velger å fremme

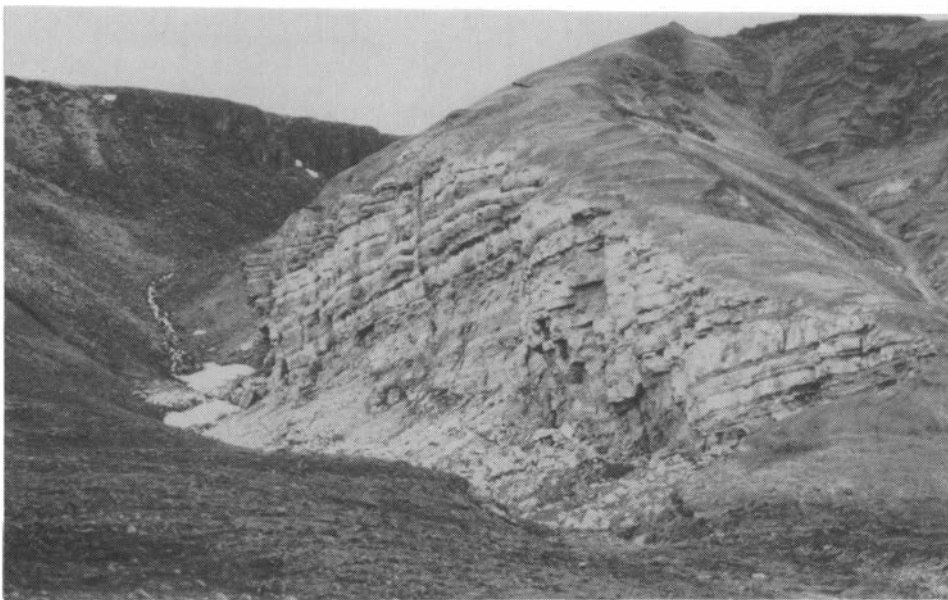


Fig. 2. Skjæringen gjennom de underste 162 meterne av Gipshuken-formasjonen, slik den finnes i Trollfuglfjella. Vi får her tydelig demonstrert de vekslende lagene av anhydritt og de mørkere lagene av dolomitt.

som et "typeprofil". Det egentlige typeprofilet for formasjonen er lansert av CUTBILL og CHALLINOR (1965) til å være i den sørvestlige delen av Cowantoppen.

I den samme publikasjonen sier CUTBILL og CHALLINOR (1965) at tykkelsen av Gipshuken-formasjonen varierer fra 211 til 353 meter. Egne observasjoner fra disse områdene viser imidlertid at tykkelsen ligger meget nær det første tallet, så dersom en vil sette opp et gjennomsnitt for området, skulle jeg tro at det ville ligge på omkring 200-210 meter. For profilet ved Trollfuglfjella, blir mektigheten for formasjonen satt til 210 meter.

Ved en gjennomgåelse av Gipshuken-formasjonen kan vi raskt fastslå at den kan deles i to nesten like store deler. Den underste delen blir dominert av tykke sulfatlag hvor vi finner dolomitt mellom sulfatlagene, og den øvre delen domineres av dolomitt, men hvor sulfat inngår som knoller og spredte, tynnere lag.

I Trollfuglfjella finner vi de underste 162 meterne av Gipshuken-formasjonen blottet i et godt snitt, og ut fra de observasjoner som der er gjort, kan vi også beregne fordelingen av massen i profilet. Det viser seg jo at de to hovedkomponentene i profilet, dolomitt og anhydritt, viser en tilnærmet syklisitet i sin opptreden, og andre bergarter som for eksempel mørke skifre, inngår bare som spredte og helt underordnede lag. Profilet gjennom lagpakken i Trollfuglfjella er her presentert som figurene 3-7.

Sulfatene

Sulfatene vi finner i Gipshuken-formasjonen i prøver fra Trollfuglfjella, er i alt vesentlig anhydritt og gips, men røntgenopptak (XRD) viser at det finnes mindre mengder av bassanitt ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) og cølestin (SrSO_4). Beregninger som er gjort på hele profilet (162 meter), viser at sulfatene utgjør omtrent 45% av massen. Dersom vi holder oss til de underste 70 meter av profilet, utgjør sulfatene hele 60% av massen. I disse tallene er imidlertid ikke den del av sulfatene som vi finner finfordelt eller spredt i dolomitten tatt med, en del som vanskelig lar seg beregne nøyaktig. Det er imidlertid hevet over enhver tvil at også denne massen er betydelig.

Den i alt overveiende del av sulfatene finner vi i sammenhengende lag av forskjellig tykkelse. De individuelle lagene varierer fra mindre enn 1 mm tynne laminasjoner opp til 5.5 meter tykke, massive benker. I lagpakken er det andre steder påvist tykkere lag enn dette, og LAURITZEN (1977) rapporterte opp til 15 meter tykke lag. Slike lag er imidlertid ikke gjenfunnet i profilet ved Trollfuglfjella. Årsaken kan være at så tykke lag ikke finnes der, eller at de på de observerte stedene inneholder tynne lag med dolomitt, lag som ikke lar seg observere på grunn av blottingens kvalitet.

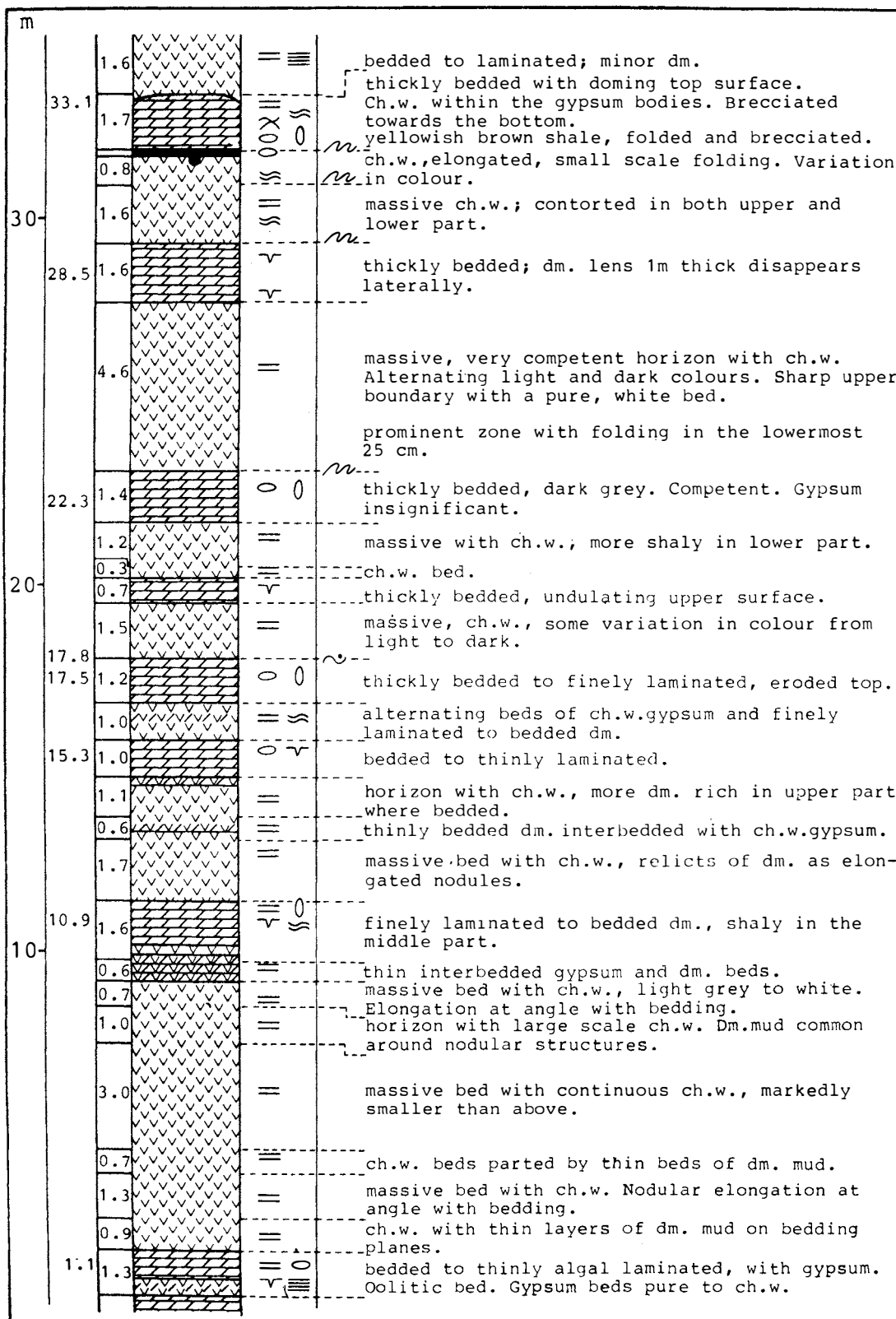


Fig. 3. Stratigrafisk søyle gjennom de underste 35 meterne i profilet gjennom Gipshuken-formasjonen i Trollfuglfjella. Tegnforklaring finnes på Fig. 7.

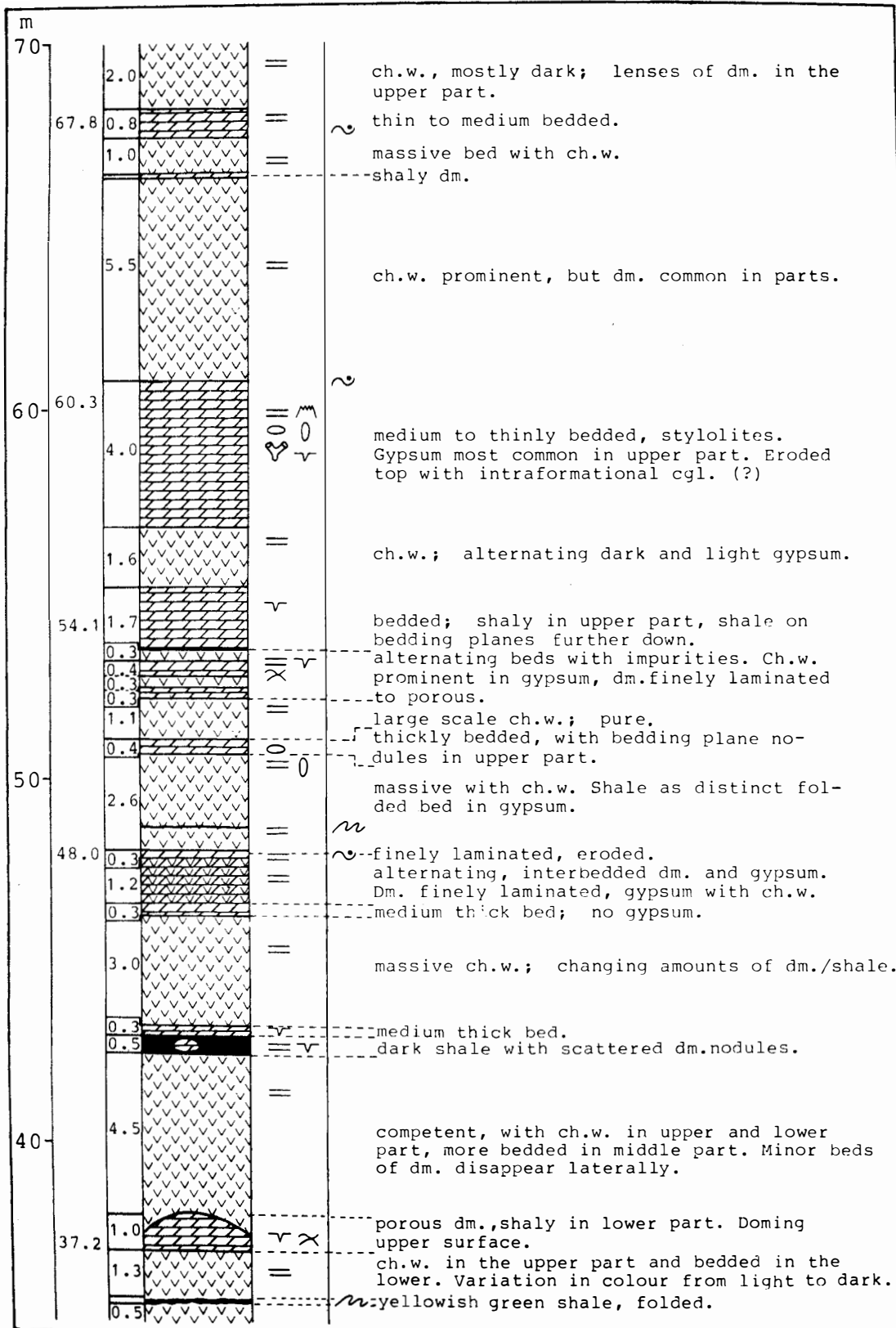


Fig. 4. Stratigrafisk søyle gjennom lagrekken mellom 35 og 70 meter over basis av Gipshuken-formasjonen i Trollfuglfjella. Tegnforklaring finnes på Fig. 7.

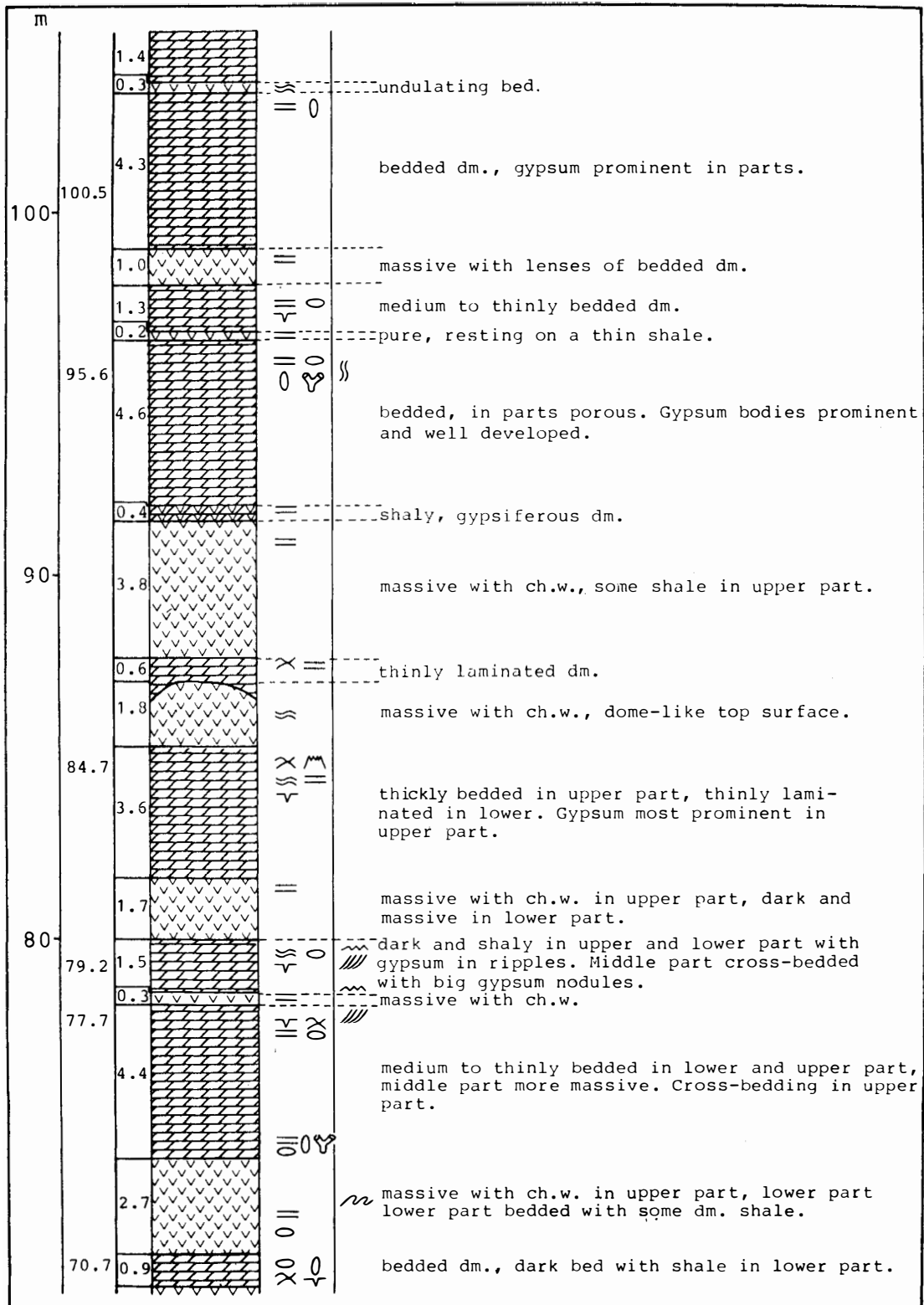


Fig. 5. Stratigrafisk søyle gjennom lagrekken mellom 70 og 105 meter over basis av Gipshuken-formasjonen i Trollfuglfjella. Tegnforklaring finnes på Fig. 7.

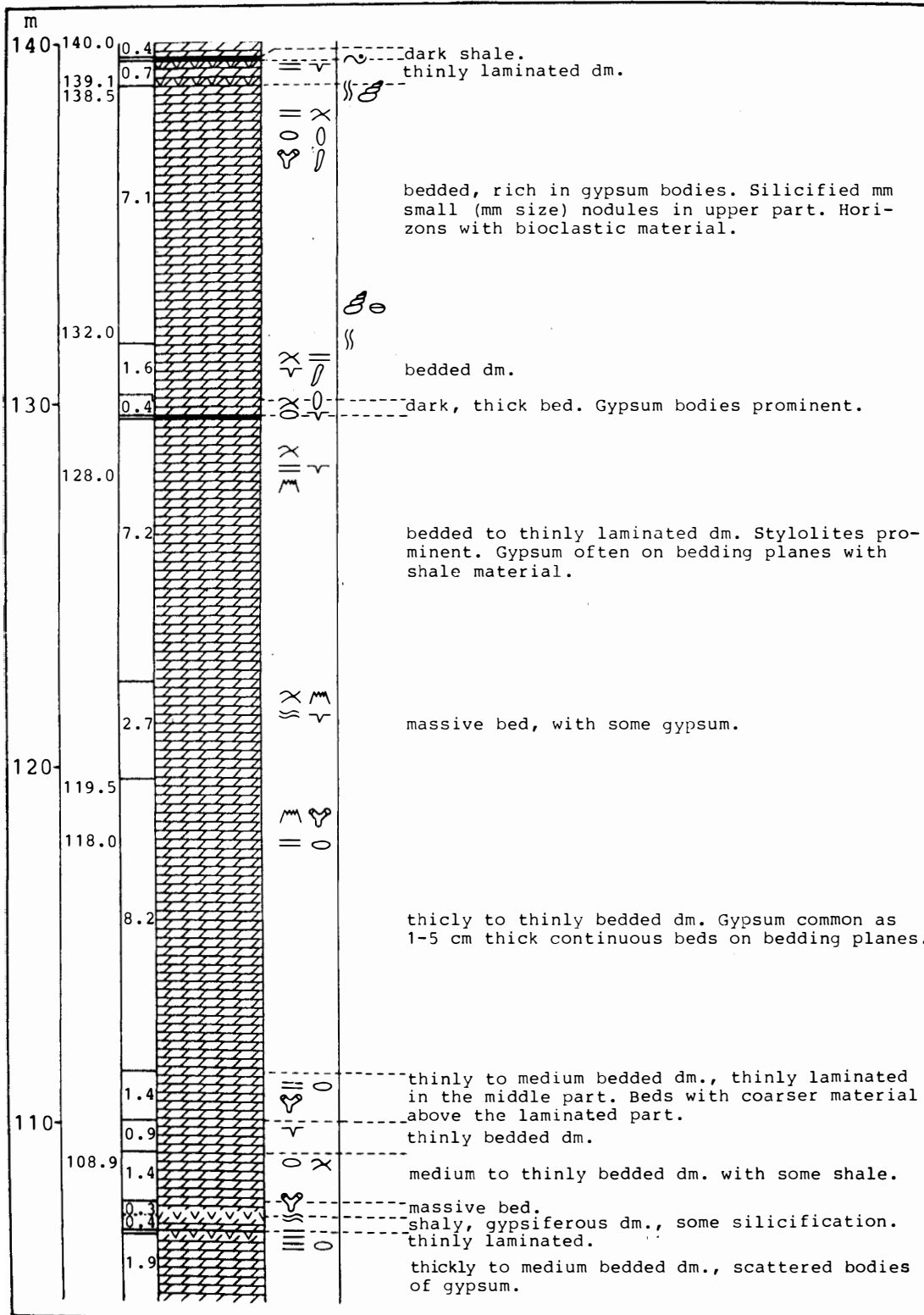
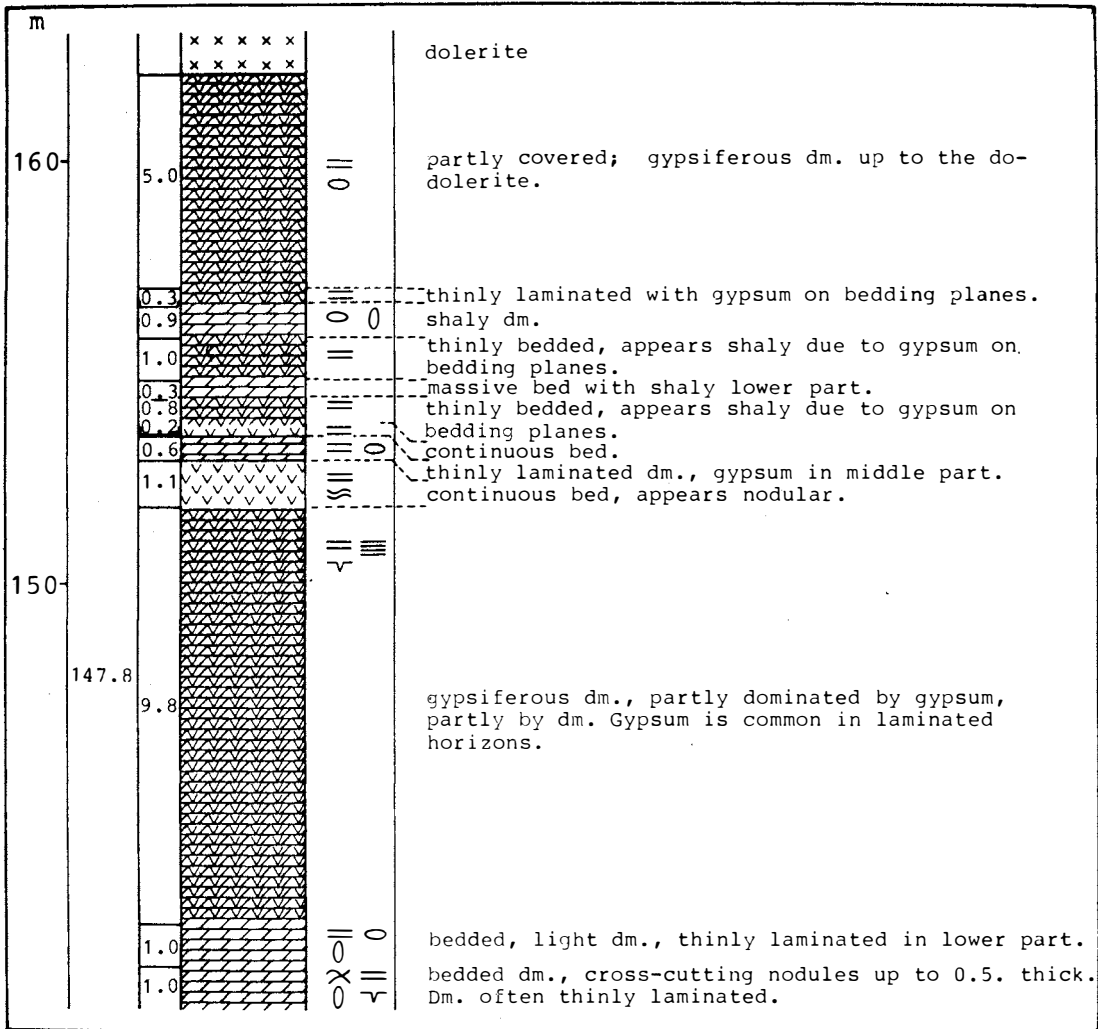


Fig. 6. Stratigrafisk søyle gjennom lagrekken mellom 105 og 140 meter over basis av Gipshuken-formasjonen i Trollfuglfjella. Tegnforklaring finnes på Fig. 7.



KEY TO THE SYMBOLS USED IN THE MEASURED SECTION

Rock types:		Organisms and organic activity:	
dolomite	Ia veins	bioturbation	
anhydrite/gypsum	Ib stylolites	gastropods	
gypsiferous dolomite	Ic undulating beds	bivalves	
shale	Id regular beds	algae; see comments and Table 1	
dolerite	Ie laminated beds	ch.w.: chicken wire	
Sedimentary structures etc.:			
horizons with or slumping	IIa bedding plane nodules		
cross-bedding	IIb cross-cutting nodules		
erosive surface	IIc tubes		
ripples	IId walls		
	IIIb small shale cracks		

Fig. 7. Stratigrafisk søyle gjennom den øverste delen av Gipshuken-formasjonen som er blottet i Trollfuglfjella, begrenset oppad av en intrusiv. Dannelsesformer av gips/anhydritt refererer til LAURITZEN (1977).

I tillegg til de mektige anhydritlagene, finnes det en rekke dannelsesformer i dolomittisk materiale. Slike former kan være knoller og linser, sprekkeinnfyllinger og lignende, noe som er forsøkt standardisert av LAURITZEN (1977). Ut fra denne systematiske inndelingen, har profilene (Figs. 3-7) fått en egen kolonne hvor de forskjellige dannelsesformene av sulfater er satt opp.

Sulfatenes farge varierer sterkt fra lag til lag, fra hvite, homogene lag, gjennom alle grader av grått til nesten svarte. Dette skyldes et varierende innhold av dolomitt som har forblitt i sulfatene som "forurensninger". Tydeligst kan vi se denne dolomitten i den såkalte hønsenettingstruktur (chicken wire).

Selv om vi idag finner en blanding av anhydritt og gips som overflatemineral, er det anhydritt som dominerer. Gips er i de fleste tilfeller å finne som en skorpe som kan variere både i tykkelse og renhet. Det er imidlertid anhydritt som er hovedmineralet, og dette kommer godt frem i friske prøver. Det er videre klart at det foregår en gipsifiseringsprosess også i dag, men da områdene det her er snakk om har permafrost, vil enhver form for sirkulasjon av vann bli sterkt begrenset, og en kan stort sett si at gipsifisering i dag foregår på overflaten eller meget nær denne. Det er derfor vanskelig å sammenligne med modeller av gipsifisering fra andre steder som normalt befinner seg i tempererte strøk.

Karbonatbergartene

Karbonatbergartene er totalt dominert av dolomitt hva karbonat angår, og de fleste prøvene inneholder da heller ikke noe annet karbonatmineral. Vi finner imidlertid små mengder av kalkspat i den øvre delen av profilet, men bare tre prøver inneholder mer enn ubetydelige mengder kalkspat (Tabell 1).

Sample ØL 77/ TFF	Rock type	Textural components (%)											Comments
		dolomite		calc.	quartz grains	chert	anhy. or gyps.	skeletal grains		pores			
		total micr.	sp/rh					total	algae indet				
147.8	dolomitized biomicrite	92		< 1	2			4					*) Microcodium
140.0	dolomitized intra-algal micrite	90		9	1			62				62	calc. as sparry cement
139.1	dolomitized algal micrite	97		2	< 1			42				40	sparry calc. in cracks
138.5	dolomitized part.silic.biomicrite	72		2			26	28				28*	*) most fossils silicified
132.0	dolomitized algal micrite	90						25				25	dolomoldic porosity
128.0	part. dolomitized biomicrite	74		23	3			30				7	*) mostly Microcodium
119.5	dolomitized algal micrite	91			4			5				*	*)algae as micrite
118.0	dolomicrite	99			< 1								some bitumen
108.9	dolomite	78		9	5			4					
100.5	dolomicrite	99			< 1								
95.6	dolomicrite	97			3			< 1				< 1	
84.7	part.gyp. dolomitized oosparite	61	*					36					*) mostly ooids and grains
79.2	part.gyp. dolomitized oosparite	50		23				50					cross-bedded
77.7	part.gyp. dolomitized oosparite	26		25*				74					*) mostly micro-spar
70.7	part.gyp. dolomicrite	70						30					poikilitic anhydrite
67.8	dolomicrite	88			< 1			9					poikilitic anhydrite
60.3	part.gyp. dolomitized oosparite	48	*					52					*) mostly grains
54.1	part.gyp. dolomicrite	74			< 1			25					poikilitic anhydrite
48.0	part.gyp. dolomicrite	69			8			20				3	
37.2	part.gyp. dolomicrite	40						55					
33.1	part.gyp. dolomicrite	54			< 1			43					fracture porosity
28.5	part.gyp. dolomitized biomicrite	89			1			10				3	
22.3	part.gyp. silty dolomicrite	62			10			28				10	
17.8	part.gyp. dolomicrite	48			1			51					
17.5	dolomitized part.silic. biomicrite	77			< 1		22					22*	*) some are gastropods
15.3	part.gyp.silty dolomicrite	70			20			10					
10.9	part.gyp.silty dolomicrite	54	*		21			25					
1.1	part.gyp. dolomitized oosparite	79						21					*) mostly ooids and grains

TABELL 1: Teksturelle komponenter i karbonatbergartene, slik de fremtrer i tynnslip.

De fleste av bergartene er av en mikrittisk type, og sparitter er sjeldne. Mikrittene vi finner her klassifiseres nå som dolomikritter, og de blir tolket til primært å ha vært biomikritter eller rene mikritter. Vi finner imidlertid et visst innhold av alger og algestrukturer i disse sedimentene, noe som har ført til at enkelte prøver har blitt klassifisert som alge-mikritter. Ser vi på innhold av dolomitt i de såkalte dolomittbergartene, ligger dette på gjennomsnittlig 73%, men varierer fra 26% til 99%.

De viktigste ikke-karbonatmineralene i dolomittbergartene er imidlertid sulfater, både anhydritt og gips, men da disse ofte vanskelig lar seg skille, føres de her opp samlet. Anhydritt dominerer. Atten prøver av tjueåtte inneholder gjennomsnittlig 30% evaporittmineraler, varierende fra 4% til 74% (Tabell 1). Vi finner mest evaporittmineraler i dolomittene i den underste delen av lagpakken, det vil si i samme del av lagpakken som domineres av tykke anhydrittlag.

Kvarts finner vi i de fleste prøver, men det er bare i tre av dem at kvartsinnholdet er 10% eller mer. Kvartskornene er i alt vesentlig av silt-størrelse, og er tydelig mer vanlig i den nedre delen av formasjonen. Det finnes imidlertid en del av profilet som tilsynelatende er kvartsfritt, mellom 70 og 85 meter over basis.

Til tross for at karbonatene er gjennom-dolomittisert, og mange av de primære strukturene utvilsomt har gått til grunne, er det en del teksturelle elementer som er bevart. Det er blant annet disse som legges til grunn for en inndeling av karbonatbergartene i hovedtyper, eller litofacies. Følgende typer må regnes som litofacies:

Litofacies A: *dolomikritt* (Pl. 1, A)

Mikro- til crypto-kornet slam, ofte med mikrokuler av anhydritt. Disse mikrokulene kan lett bli feiltolket som ooider i felt. De poikilittiske anhydritt-kulene inneholder mikro-kornet dolomitt, slik som i hovedbergarten. Rundt hver kule kan vi noen steder finne en skorpe av gips, og denne gipsen er i krystallografisk kontinuitet med anhydritten. Slike mikrokuler av anhydritt finnes spredt enkeltvis i bergarten, men også samlet i "klynger" (Pl. 1, E).

Litofacies B: *siltig dolomikritt* (Pl. 1, B)

Mikro- til crypto-kornet slam, nå gjennomdolomittisert. Kvarts-silt fordelt i hele bergarten, ofte med noe større tetthet på enkelte lagflater (også med bitumen). Sulfat kan forekomme i små knoller og i sprekker.

Litofacies C: *dolomittisert alge mikritt* (Pl. 1, C)

Mikro- til crypto-kornet, men med finlaminerte algestrukturer, nå totalt replassert av dolomitt. Noe "grovere" korn kan finnes mellom alge-laminasjonene. Alger kan også finnes som klumper. Sulfat er vanlig.

Litofacies D: *dolomittisert oosparitt* (Pl. 1, D)

Ooider, såvel som bioklastiske korn nå fullstendig dolomittisert. Den interpartikulære og oomoldiske porøsitet er ofte fylt av sulfat. Den ytre flaten på ooidene er dekket av en skorpe små dolomittkrystaller, replasserte aragonittnåler. Dette er den eneste "grain-stone" i profilet, og den kan være meget sulfatisert, slik at primære strukturer bare kan sees som ghosts (Pl. 1, F). Funn av strømrifler og krysslaminasjon viser høy energi under avsetningen.

Skallbærende fossiler er ikke vanlige i Gipshukenformasjonen, men de finnes. I prøver fra Trollfuglfjella finner vi gastropoder i TFF 17.5, og makrofossiler finner vi i nivåene mellom 132 og 139 meter over basis. Bioturbasjon er også observert i enkelte nivåer, men det er ikke vanlig.

Det vi med sikkerhet kan si er at alger er vanlig, men igjen mer vanlig i øvre enn i nedre del av profilet. En

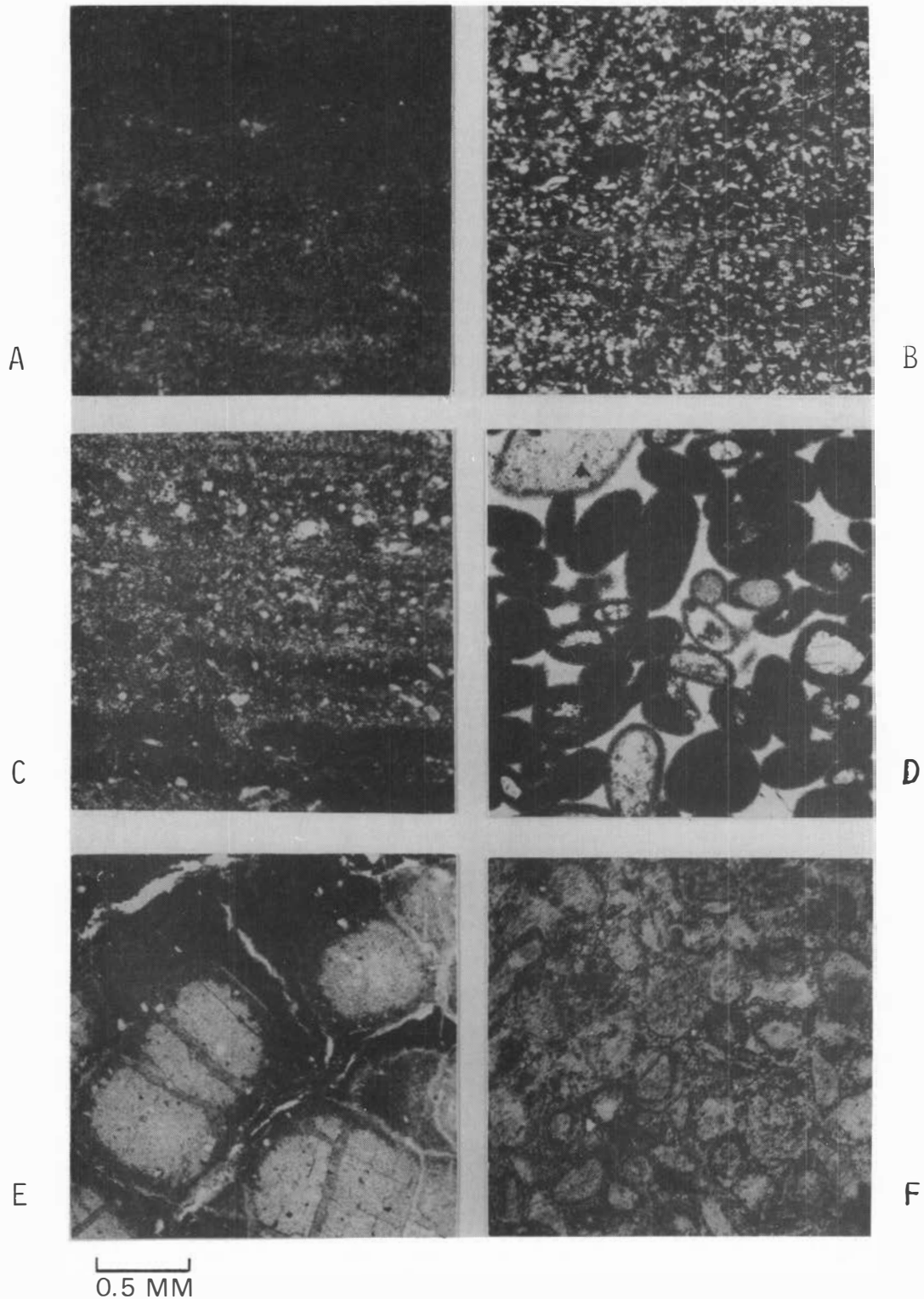


PLATE 1: De fire litofacies, A, B, C og D, er her avbildet i samme rekkefølge som angitt i teksten. De to nederste bildene viser diagenetisk omvandlede bergarter. E viser litofacies A med mikrokuler av anhydritt samlet i "klynger", mens F er litofacies D sterkt sulfatisert.

annen viktig observasjon er tilstedeværelsen av koraller i den øvre delen av formasjonen (som ikke er blottet i Trollfuglfjella), noe som tyder på normale marine (grunne) forhold under avsetningen av disse lagene.

DISKUSJON

Tidligere arbeider med Gipshuken-formasjonen, og de over- og underliggende formasjoner, har vært av en generell stratigrafisk karakter, og det har aldri vært hentet inn nok informasjon til å kunne gå i dybden. Dette fordi diagenesen er meget komplisert, men også fordi vi har manglet relevant litteratur til å kunne forstå problemene.

I de senere år har imidlertid arbeidet med evaporitter fått et oppsving, i og med at det blant annet ble oppdaget primær anhydritt på de såkalte sabkha-flatene ved den Persiske Gulf. Undersøkelsene av disse flate kystområdene umiddelbart over tidevanns-sonen, med ørkenklima og stor fordampning, har også ført til øket forståelse for "gamle" evaporitter, deriblant også dem vi finner på Svalbard i Gipshuken-formasjonen.

Betegnelsen *Sabkha* har blant geologer blitt brukt om Gipshuken-formasjonens sulfater i flere år, men hittil har det aldri blitt publisert. Vi sitter imidlertid nå inne med så mye nytt materiale om dette, at betegnelsen bør innføres.

Syklisiteten i lagrekken er meget iøynefallende, og med denne som utgangspunkt er det skilt ut ca. 30 såkalte sabkha-sykluser i den undre del av Gipshuken-formasjonen. Slike sabkha-sykluser er beskrevet ved at de begynner med en karbonat-enhet. Denne overleires av en ny karbonat-enhet som inneholder knoller av anhydritt. Øverst i syklusen finner vi så et sammenhengende anhydrittlag, gjerne med hønsenettingstruktur, og oppad er enheten begrenset av en erosjonsflate (se KENDALL 1979).

Tilstedeværelsen av slike sabkha-sykluser gjør at miljøet under avsetningen av evaporittene blir greit å tolke, og innslag av for eksempel ooider viser bare at oversvømmelser med friskt, marint vann har funnet sted, slik vi også finner det i resente sabkha-miljøer. Det viser seg også at karbonatene i denne delen av lagrekken er så godt som gjennom-dolomittisert. Dette er sannsynligvis produktet av en tidlig diagenetisk forandring, en forandring som er typisk for slike kystnære sabkha-områder ifølge KINSMAN (1969). Dolomittiseringen er imidlertid ikke av en slik type at alle primære strukturer i sedimentet har gått tapt, og derfor kan karbonatene brukes til å understøtte en tolkning av miljøet som en kystnær sabkha.

SAMMENDRAG

Den underste halvdel av Gipshuken-formasjonen representerer i området nord for Isfjorden et kystnært sabkha-miljø, så som evaporitter i form av sulfater i vekslings med dolomitter. Det er i den undre delen av formasjonen vi finner de tykke sulfatlagene, og i de underste 70 meterne av formasjonen utgjør sulfatene hele 60% av massen. Sulfatene er i alt overveiende grad anhydritt, og gips finner vi bare som skorper og sprekkefyllinger, gjerne som et overflatefenomen. Området i dag har permafrost, noe som gjør at gipsifisering normalt ikke finner sted. Dette er noe vi må ta i betraktning når vi skal vurdere sulfatene i en større økonomisk sammenheng.

LITTERATUR

- BATES, D.E.B. and W. SCHWARZACHER, 1958: The Geology of the Land between Ekmanfjorden and Dicksonfjorden in Central Vestspitsbergen. *Geol. Mag.* 95 :219-233.
- CUTBILL, J.L. and A. CHALLINOR, 1965: Revision of the Stratigraphical Scheme for the Carboniferous and Permian Rocks of Spitsbergen and Bjørnøya. *Geol. Mag.* 102 :418-439.
- GEE, E.R., W.B.HARLAND, and J.R.H. McWHAIE, 1953: Geology of Central Vestspitsbergen. Part I.: Review of the Geology of Spitsbergen with Special Reference to Central Vestspitsbergen. Part II.: Carboniferous and Lower Permian of Billefjorden. *Trans. R.Soc. Edinb.* 63 :299-356.
- HOLLIDAY, D.W., 1966: Nodular gypsum and anhydrite rocks in the Billefjorden region, Spitsbergen. *Norsk Polarinstitutt Årbok* 1965 :65-73.
- KENDALL, A.C., 1979: Continental and Supratidal (Sabkha) Evaporites. IN: Facies Models (Ed. R.G. WALKER). *Geoscience Canada, Reprint Series* 1.
- KINSMAN, D.J.J., 1969: Modes of formation, sedimentary associations, and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* 53 :830-840.
- LAURITZEN, Ø., 1977: Development patterns of gypsum/anhydrite in Lower Permian sediments of central Spitsbergen - a suggested classification. *Norsk Polarinstitutt Årbok* 1976 :21-41.
- (in prep.) The development of the Gipshuken Formation (Lower Permian) at Trollfuglfjella in Central Spitsbergen, Svalbard.
