

# Sen-Elster smeltevandsler – en mulig ledehorisont i det vestlige Jylland

JØRN BO JENSEN



Jensen, J. B.: Sen-Elster smeltevandsler – en mulig ledehorisont i det vestlige Jylland. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1984*, side 21–35, København, 28. februar 1985.

In the western part of the Limfjord area a stratigraphic unit of glaciolacustrine clay has been investigated.

Two localities, Nygård Hage and Toftum Bjerge have been selected for a general description.

According to glaciostratigraphic investigations the glaciolacustrine clay is found below a Warthe (Saale II) till and a younger unit of Weichselian meltwater deposits. The glaciolacustrine clay unit is correlated to late Elsterian age.

Sedimentological investigations indicate that the glaciolacustrine clay unit at Nygård Hage is deposited in the deeper wave dominated part of a glacial lacustrine basin, whereas at Toftum Bjerge distal delta deposits are found in addition to the glacial lacustrine clay. The glaciolacustrine clay unit is distributed over a large area of the western part of Jutland and may probably be used as a stratigraphically significant marker horizon.

A more precise distribution and a closer identification of the glaciolacustrine unit would be of great value in the understanding of the stratigraphy of the Quaternary.

Jørn Bo Jensen, Geokon AIS, Rustenborgvej 7, 2800 Lyngby. 25. oktober 1984.

Kvartærstratigrafiske undersøgelser i Venø Bugt-området i den vestlige Limfjord har bl.a. vist tilstedeværelsen af en smeltevandsler-enhed med stor lateral udbredelse (fig. 1).

Blandt lokaliteterne med smeltevandsler-enheden er udvalgt 2 lokaliteter, Nygård Hage og Toftum Bjerge, hvor de primære sedimentære strukturer er rimelig bevaret, og hvor der samtidig er blottet en så mægtig lagsøjle, at en tolkning af aflejringsmiljøet kan gives.

Ved en tidligere undersøgelse (Jensen & Knudsen, 1984) er de kvartærstratigrafiske forhold ved lokaliteterne Gyldendal og Kås Hoved (fig. 1) beskrevet.

Resultaterne fra de glacialstratigrafiske undersøgelser ved Nygård Hage og Toftum Bjerge er vist i Data-arkene (fig. 2 og 5), der er udarbejdet på samme måde som i Jensen & Knudsen (1984).

## Nygård Hage

Lokaliteten (fig. 1) indeholder op til 7 m smeltevandsler overlejret af indtil 10 m moræneler (fig. 2). Begge enheder er dislocerede.

Smeltevandsler-enheden består af horisontalt

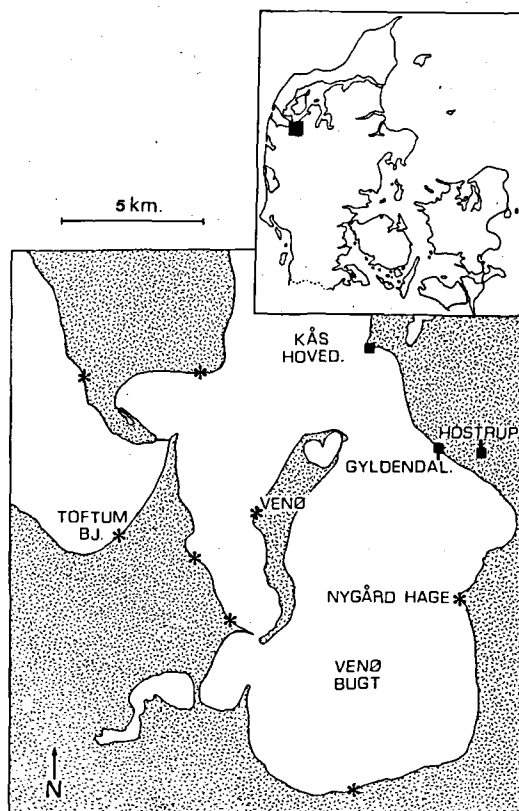


Fig. 1. Kort med de omtalte lokaliteter. Lokaliteterne afmærket med stjerne er undersøgte lokaliteter, som indeholder smeltevandsler-enheden.

Locality map. Meltwater clay is contained in the localities marked with a star.

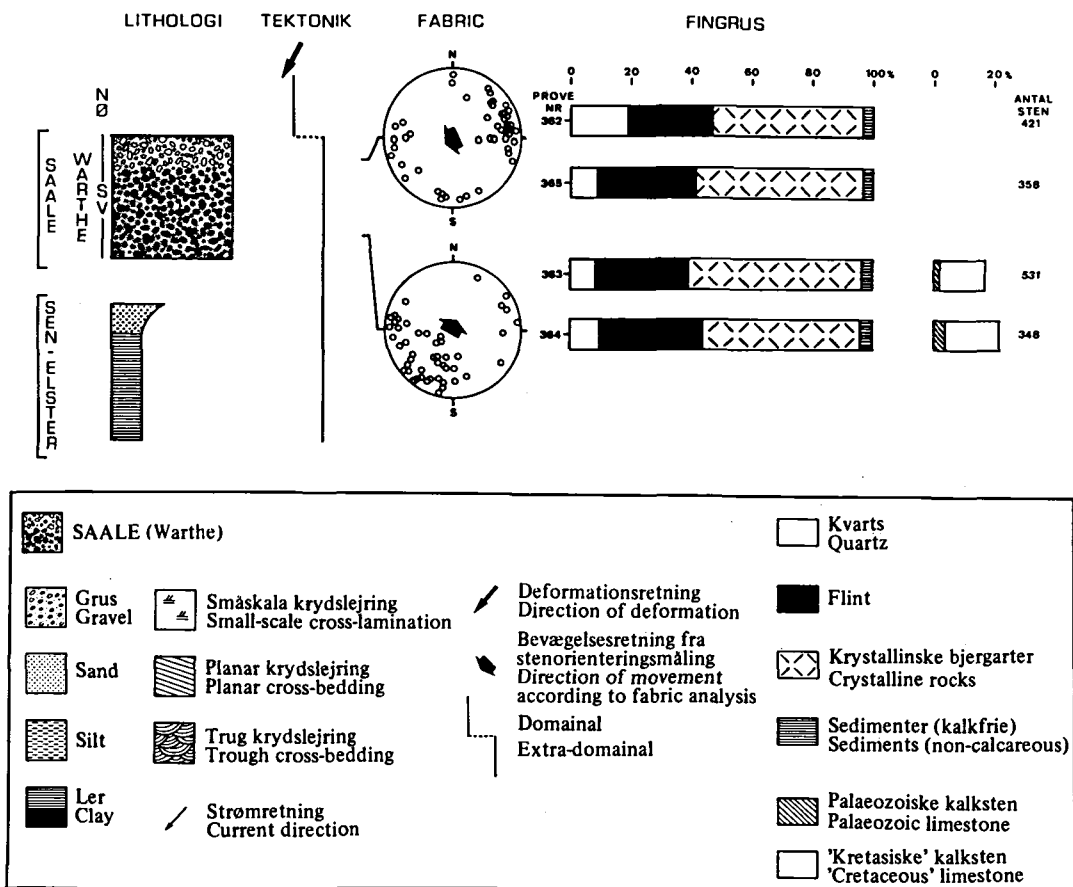


Fig. 2. Glacialstratigrafiske data fra klinten ved Nygård Hage.

The glacial stratigraphy of the cliff at Nygård Hage.

aflejrede vekslende silt og lerlag. Da enheden kun er svagt deformeret, er de primære strukturer bevaret og en sedimentologisk analyse dermed mulig (se siderne 26–29).

Morænen er en massiv, kompakt og mørkegrå moræneler, der er udvasket og brunlig forvitret i de øverste ca. 2 m.

Fingrus analyserne (fig. 2) viser et bemærkelsesværdigt lavt indhold af kvarts, ca. 10%, et flintindhold på ca. 30%, et indhold af krystallinske bjergarter på ca. 55% og ca. 5% kalkfrie sedimentære bjergarter. I den uforvitrede del ses et indhold på ca. 5% palaeozoiske kalksten og omkring 15% kretasiske kalksten. Desuden kan det nævnes, at der er observeret lerrullesten i fingrusfraktionen i et antal af 10–15% (ikke medregnet i fingrus diagrammet).

Fabricundersøgelsen (fig. 2, nederste diagram), viser langaksedyk hovedsagelig mod SV,

antydende isbevægelse fra SV. I den øvre del af moræne-enheden dykker langakserne mod NØ (fig. 2, øverste diagram) og antyder en gennemgribende mobilisering og følgende reorientering af stenene ved en isbevægelse fra NØ.

#### Glacialtektonik

Moræne-enheden og smeltevandsler-enheden er dislocerede. Målinger af foldeakser, lagorienteringer og forkastningsplaner er indtegnet på (vinkeltro) Wulff-net og på de detaljerede udsnit af klintprofilen (fig. 3). Mellem 35–55 m ses en tydelig overskydning med tilhørende slæb i form af folder og mindre forkastninger (fig. 3 og 4). Samtlige data antyder isbevægelse fra NNV–NØ.

#### Kineto-stratigrafi

Ved Nygård Hage er det muligt at inddеле lagfølgen i 2 kineto-stratigrafiske enheder (fig. 2).

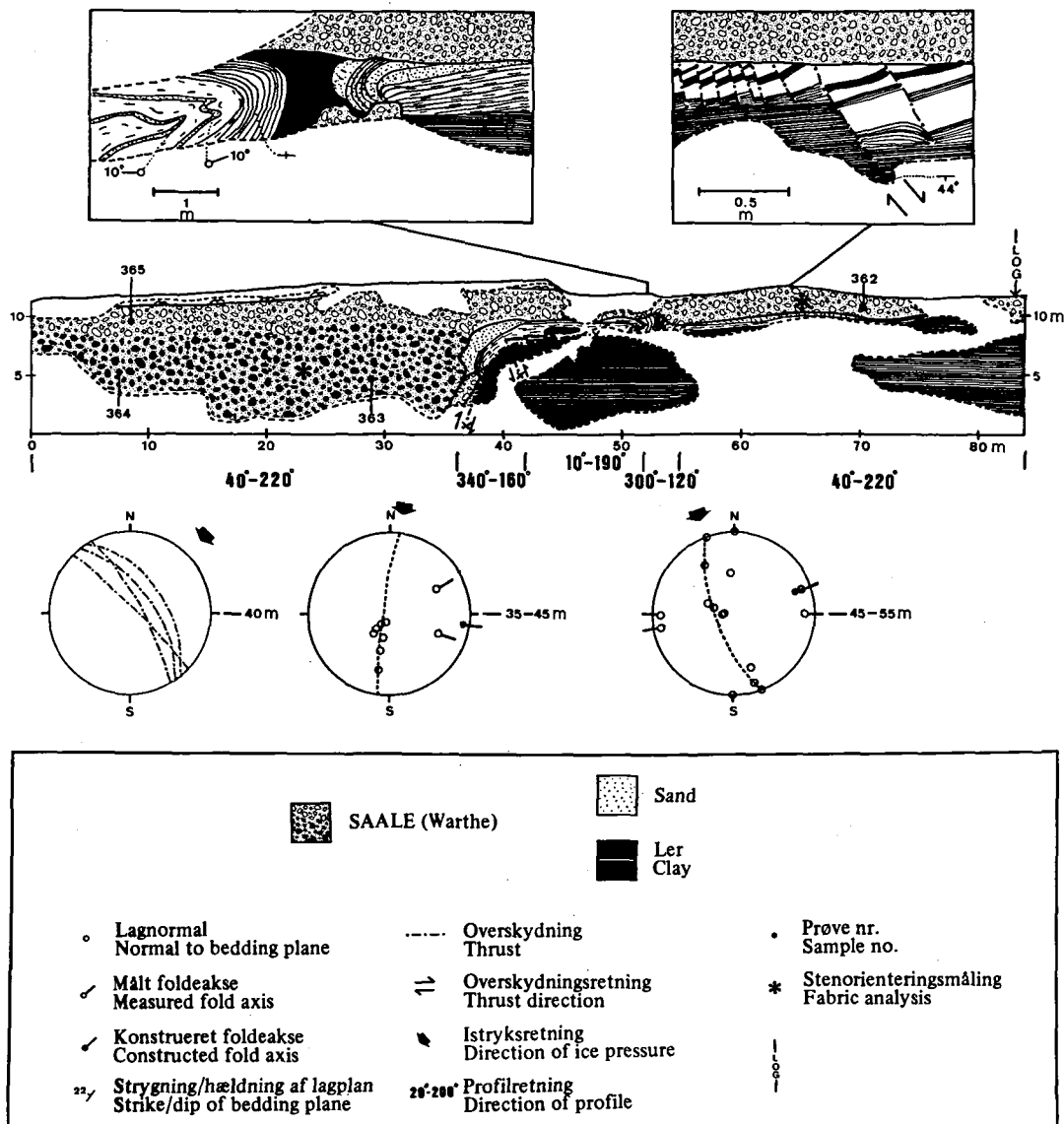


Fig. 3. Kystklinten ved Nygård Hage.

The coastal cliff at Nygård Hage.

Morænen danner en SV-enhed, dislocationerne i klinten og reorienterede fabric i øverste del af moræne-enheden viser tilstedeværelsen af en yngre kineto-stratigrafisk enhed fra NØ. Enheden af smeltevandsler, som underlejrer SV-enheden, kan ikke henføres til nogen kineto-stratigrafisk enhed.

Toftum Bjerge

Lokaliteten (fig. 1) indeholder nederst indtil 28 m vekslende smeltevandsler og sand. Herover

følger en moræne-enhed på indtil 8 meters tykkelse og øverst en enhed af smeltevandssand og grus på 5 m (fig. 5). Enhederne er dislocerede.

Smeltevandsler-enheden består af vekslende lag af smeltevandsler og sand. Sandlagene er ofte opbygget af en sekvens, der typisk findes i distale delta aflejringer (se iverigt siderne 29-30).

Morænen har en mægtighed på mellem 1 og 8 m. Det er en massiv, kompakt, mørk grå og kalkholdig moræneler, der er brunlig kalkforvitret i den øverste del.



Fig. 4. Mindre forkastninger ved Nygård Hage, antydende isbevægelse fra nord. Se desuden fig. 3.

Minor faults at Nygård Hage.

Fingrusanalyserne (fig. 5) viser et kvartsindhold på mellem 10 og 16%, et flintindhold på ca. 25% og et indhold af krystallinske bjergarter på ca. 55%. Indholdet af sedimentære bjergarter er ca. 5% og i den uforvitrede del er der et indhold af paleozoiske kalksten på indtil 4%, medens

indholdet af kretasiske kalksten er mellem 2 og 8%. Yderligere er observeret et indhold af ca. 5% lerrullesten (ikke medregnet i fingrus diagrammet).

På grund af udbredt flagetektonik i den centrale del af profilet, der er 1 km langt, er fabricundersøgelserne (fig. 5) foretaget i den NØ-ligste del af klinten, hvor morænen ligger med en horizontal til subhorizontal orientering. Fabricundersøgelsen i den nederste uforvitrede del (fig. 5, nederste diagram) viser langaksedyk hovedsagelig mod S, antydende isbevægelse fra S.

Fabricundersøgelsen i den øverste del af morænen (fig. 5, øverste diagram) viser langaksedyk mod NØ, hvilket tolkes som frembragt af en senere isbevægelse fra NØ, der fuldstændig har reorienteret klastorienteringen. Tidligere er der ved Korsør (Nielsen, 1982) påvist reorienteringer af samme type.

#### Glaciale tektonik

Af den 1 km lange klint ved Toftum Bjerger er der udvalgt et repræsentativt klintafsnit i den SV-lige del af klinten (fig. 6). Målinger af foldeakser, lagorienteringer og orienteringer af overskydningsplaner er indtegnet på vinkeltro Wulff-net. Klintafsnittet viser, at samtlige enheder er disloceret af et senere isfremstød. Der ses store flageopskydninger, hvor moræne-enheden og den overlejrende smeltevandssand og grus-enhed er flyt-

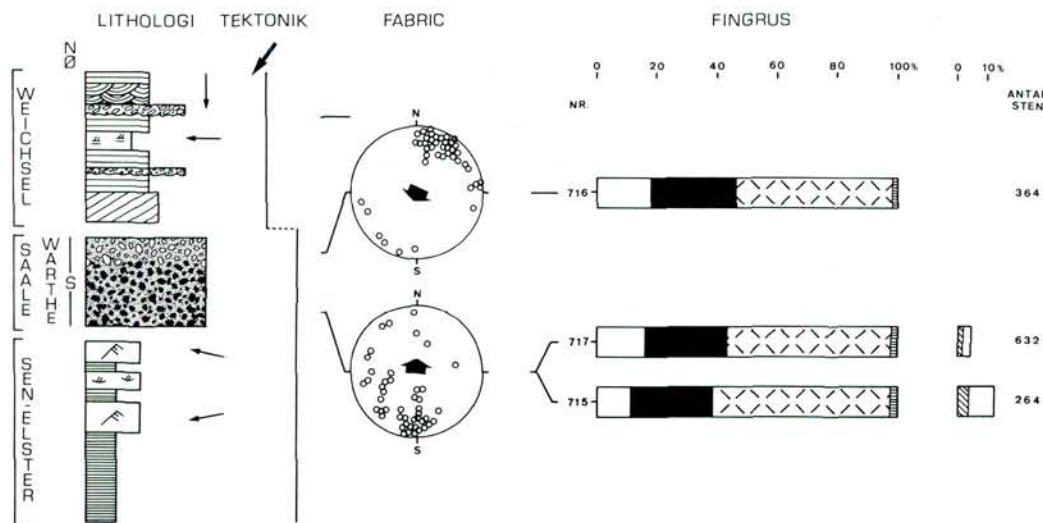


Fig. 5. Glacialstratigrafiske data fra klinten ved Toftum Bjerger. Signaturer som i fig. 2.

The glacial stratigraphy of the cliff at Toftum Bjerger. Legend as in fig. 2.

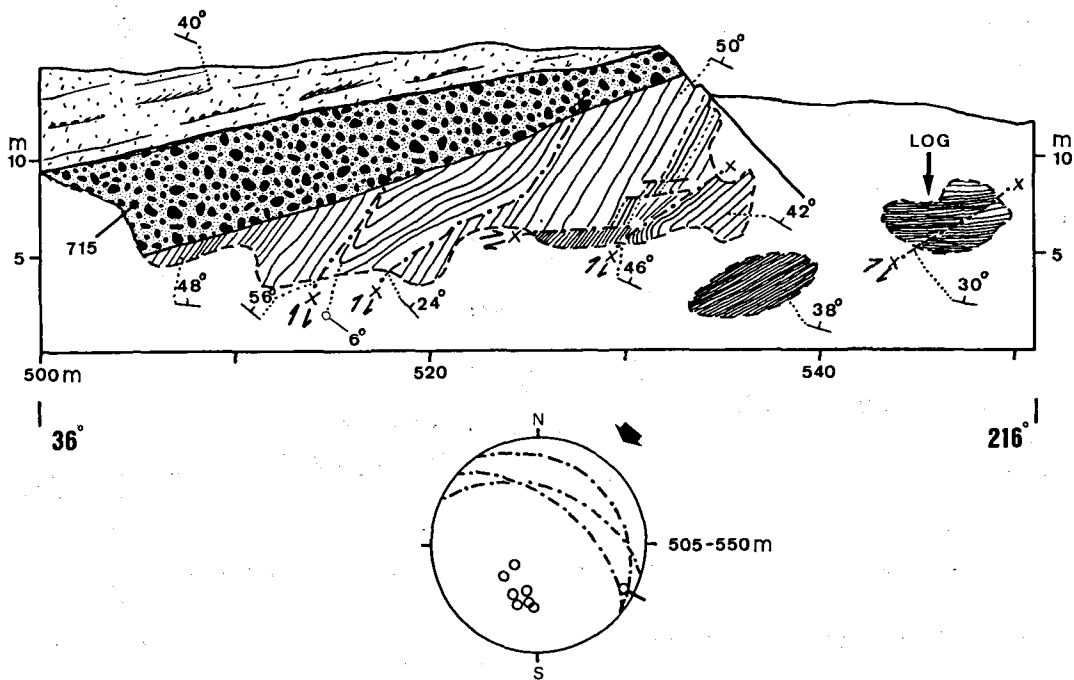


Fig. 6. Kystklinten ved Toftum Bjerge. Signaturer som i fig. 3.

The coastal cliff at Toftum Bjerge. Legend as in fig. 3.

tet *en bloc*, medens den nederste enhed (smeltevandsleret) er gennemsat af adskillige overskydninger med tilhørende slæb.

Lagplanorienteringerne viser hældning mod NØ, overskydningsplanerne hælder mod NØ, og endelig er akseretningen for slæbfolderne SØ-NV orienterede. Alle disse data antyder istryk fra NØ.

Den tektoniske stilart ved Toftum Bjerge ligner meget den beskrevne fra Halk Hoved (Jessen, 1930) og Lønstrup Klint (Jessen, 1916).

**Kineto-stratigrafi**

Ved Toftum Bjerge er det muligt at inddele lagfølgen i 2 kineto-stratigrafiske enheder (fig. 5). Fabricanalysen viser, at moræne-enheden er afsat fra syd. Dislocationerne i klinten og den reorienterede fabric i den øverste del af moræne-enheden viser tilstedeværelsen af en yngre kineto-stratigrafisk enhed fra NØ. Smeltevandssand og grus-enheden tolkes til at tilhøre den kineto-stratigrafiske enhed fra NØ, da enheden viser strømretningen fra NØ-Ø mod SV-V. Smeltevandsler aflejringerne, som underlejrer morænen, kan ikke henføres til nogen kineto-stratigrafisk enhed.

**Glacialstratigrafisk opbygning**

Ved begge lokaliteterne Nygård Hage og Toftum Bjerge findes smeltevandsler-enheden som ældste aflejringer overlejret af en moræne. Ud fra fingrusindholdet og fabricanalyserne (fig. 2 og 5) må det antages, at der er tale om samme moræne-enhed. Specielt viser flint/kvarts forholdet (fig. 7 og 8) stor overensstemmelse.

Ved en tidligere undersøgelse (Jensen & Knudsen, 1984) er der ved Gyldendal (fig. 1) undersøgt en moræne-enhed, som kan korreleres med ovennævnte moræne-enhed specielt med hensyn til flint/kvarts forholdet (fig. 7, 8, 9). Et yderligere fællestræk for moræne-enheden er indholdet af 5-10% lerrullesten, som ses ved alle tre lokaliteter. Disse lerrullesten er sandsynligvis oparbejdet materiale fra smeltevandsler-enheden. Moræne-enheden er ved Gyldendal (Jensen & Knudsen, 1984) tolket som en Warthe (Saale II) moræne. På Venø (fig. 1) er smeltevandsler-enheden fundet underlejrende en moræne, som er tolket som en Drenthe (Saale I) moræne (Jensen, 1984).

Ovenstående data viser, at smeltevandsler-enheden er ældre end Drenthe (Saale I), og da smeltevandsler-enheden er en issøaflejringer (si-

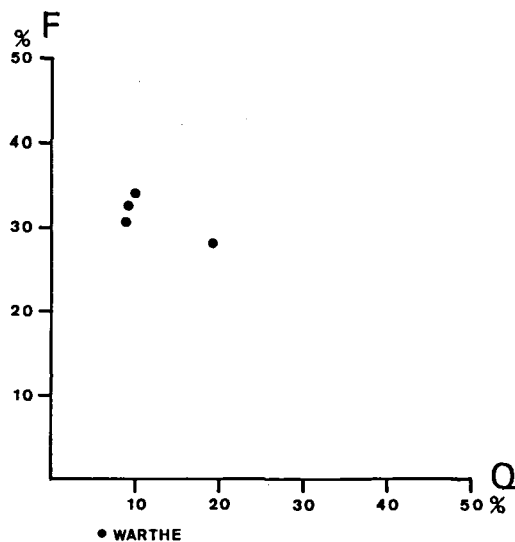


Fig. 7. Fingrusprøverne fra Nygård Hage ordnet efter kvarts/flint forholdet.

Fine gravel analyses from Nygård Hage organized according to the ratio of quartz and flint.

de 27) af en dimension, som kun kan dannes i en senglacial periode, anses smeltevandslæret med det nuværende kendskab til Saale glacialstratigrafien for at være af sen-Elster oprindelse.

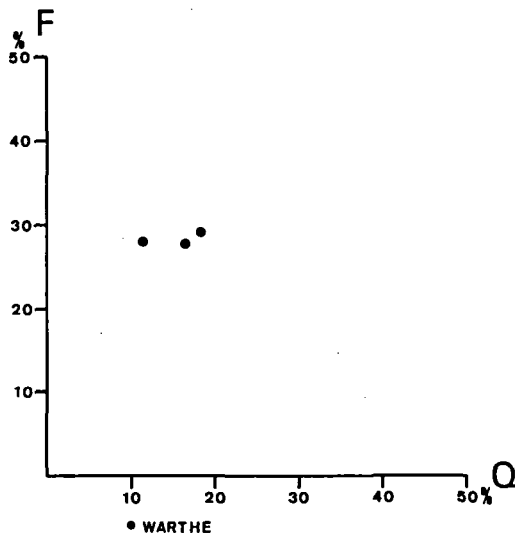


Fig. 8. Fingrusprøverne fra Toftum Bjerger ordnet efter kvarts/flint forholdet.

Fine gravel analyses from Toftum Bjerger organized according to the ratio of quartz and flint.

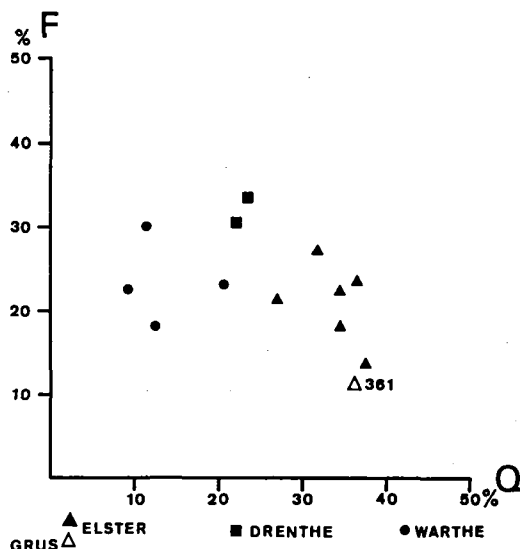


Fig. 9. Fingrusprøverne fra Gyldendal ordnet efter kvarts/flint forholdet.

Fine gravel analyses from Gyldendal organized according to the ratio of quartz and flint.

At smeltevandslæret er af sen-Elster alder underbygges yderligere ved Gyldendal (fig. 1), hvor der findes en marin kystnær sekvens (Jensen & Knudsen, 1984), som er indirekte dateret til at være af sen-Elster alder.

Smeltevandssand og grus-enheden som ses ved Toftum Bjerger er den yngste glaciæle aflejring. Denne enhed er dannet kort før dislokationerne og formodentlig foran Weichsel isfremstødet til Hovedopholdslinien. Det er karakteristisk for området, at der kun ses ét Weichsel isfremstød. Dette isfremstød kom fra NØ og har som oftest mobiliseret dele af den underliggende ældre moræne-enhed uden selv at aflejre nogen moræne. Moræne af Weichsel alder findes dog i området, men kun pletvis og med meget ringe mægtighed som et ufuldstændigt overtræk.

#### Sedimentologisk beskrivelse af smeltevandslærenheden

##### Nygård Hage

Smeltevandslærenheden er blottet i en mægtighed op til ca. 7 m. Lagene er horisontalt aflejrerede og kun svagt tektonisk deformerede. Et mindre klintafsnit er opmålt sedimentologisk og inddelt i faciestyper (fig. 10).

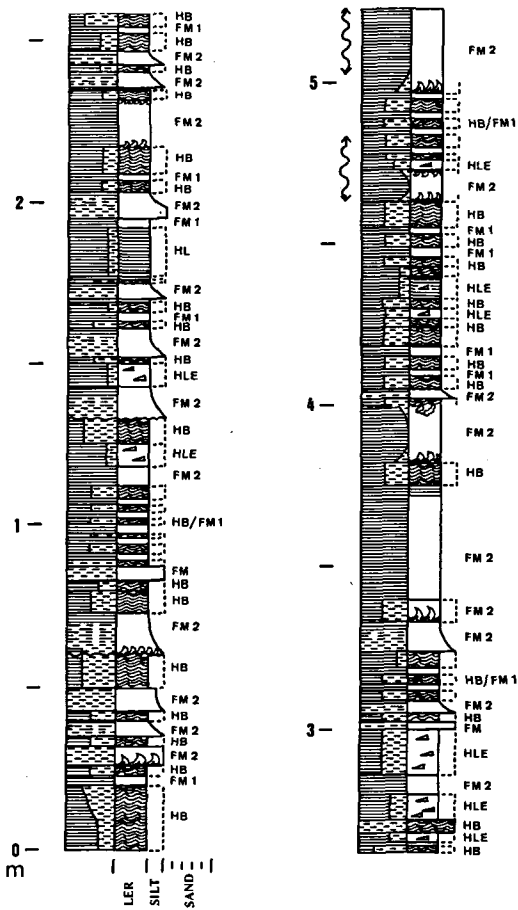


Fig. 10. Sedimentologisk log fra Nygård Hage: Facies FM 1, massive, lerlag. FM 2, massive, silt-ler bænke. HL, lamineret, ler-silt, heterolitisk. HLE, lentikulær lagdeling, silt-ler, heterolitisk. HB, bølgeribber + draped lamination, silt-ler, heterolitisk.

Sedimentological log from Nygård Hage: Facies FM 1, massive, claybeds. FM 2, massive, silt-clay benches. HL, laminated, clay-silt, heterolithic. HLE, lenticular bedding, silt-clay, heterolithic. HB, waveripples + draped lamination, silt-clay, heterolithic.

**Faciesbeskrivelse**

**Facies HB**, bølgeribber + draped lamination. Kornstørrelse silt-ler, heterolitisk (de enkelte lamina består af skiftevis ler og silt). Sættykkelsen er 2-40 cm. Den horizontale udbredelse er flere hundrede meter. Det kan være svært at erkende, at det er bølgeribber og ikke småskala strømribber, men chevronstrukturer, bundtvis opbygning af forsets og off-shoots, tyder på bølgeribber (fig. 13, 14, 15) og migrationsretningen er bestemt til at være mod vest. Bølgeribberne går jævnt over i bølgede lamina og draped lamination. Draped lamination (Gustavson & Ashley, 1973) er ikke afbildet som særskilt facies på grund af den ringe mængde.

Karakteristisk for denne facies er ler, silt eller sand lamina aflejret fra suspension, draperende den underliggende bundform med uændret konstant tykkelse af lamina over både symmetriske og asymmetriske bundformer.

**Facies FM 1**, massive, grå lerlag. Ligger som draperinger på facies HB.

**Facies FM 2**, massive, grå silt-ler bænke, ofte normal graderede. Disse bænke er 10-30 cm tykke og tit forstyrrede i bund og top (fig. 13 og 14). I bunden enten medtrukne lag (roll-up strukturer) eller convolute bedding (fig. 13 og 14). I toppen ses ofte belastningsstrukturer. Den laterale udbredelse er mindst hele profilets længde.

**Facies HLE**, lentikulær lagdeling. Heterolitiske silt-linser i leralamina (fig. 13). Der er varierende forhold mellem silt og ler-mængden. Tykkelsen af sæt ca. 10-30 cm. Den horisontale udbredelse er 10-50 cm.

**Facies HL**, lamineret, gråt ler og silt heterolitisk, med varierende ler-silt (fig. 13). Lagtykkelsen 10-30 cm. Den horisontale udbredelse er 10-50 cm.

Lignende faciessekvenser er blandt andet fundet i sub-recente glaciolacustrine aflejringer i Alaska (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973) og i fossile aflejringer, som er tolket glaciolacustrint (Clemmensen & Houmark-Nielsen, 1980). Smeltevands aflejringer ved Nygård Hage, kan meget vel tolkes glaciolacustrint. Sandsynligvis har bassinet ved Nygård Hage dog været større end de ovennævnte, idet de mange lag med bølgeribbelamination tyder på større bassindominans (større bølgeenergi), som sandsynligvis skyldes et stort frit stræk.

**Tolkning**

**Facies HB**, tolkes som den distale del af en turbidit understrøm (hyperpycnal strøm), som er dannet af sedimentladet smeltevand, som strømmede fra topset ud over forset. Det er således bundset aflejringerne, som man ser her, modificeret af bølgeaktivitet i søen. De fleste siltaflejringer er bølgepåvirkede, hvilket viser, at det lacustrine miljø har været uroligt med høj bølgeenergi (i rolige perioder aflejredes draped lamination). Ofte er glaciolacustrine aflejringer varvige og de distale turbidit aflejringer er klatrende ribber uden bølgepåvirkninger.

**Facies FM 1, HLE og HL** dannedes i de stille perioder mellem aflejringerne fra turbidit understrømmene og er således de egentlige lacustrine aflejringer dannet hovedsageligt af materiale i suspension (Pickrill & Irwin, 1983).

**Facies FM 2**, tolkes som debris strømme af mudder, som stammer fra aflejringerne på det distale delta, der blev ustabil og satte sig i bevægelse. Denne siltede mudderstrøm har forårsaget convolut bedding og andre forstyrrelser i dannelsesrummet. Aflejringer er nor-



Fig. 11. Oversigtsbillede ved Nygård Hage set fra nord mod syd.

View from Nygård Hage north to south.

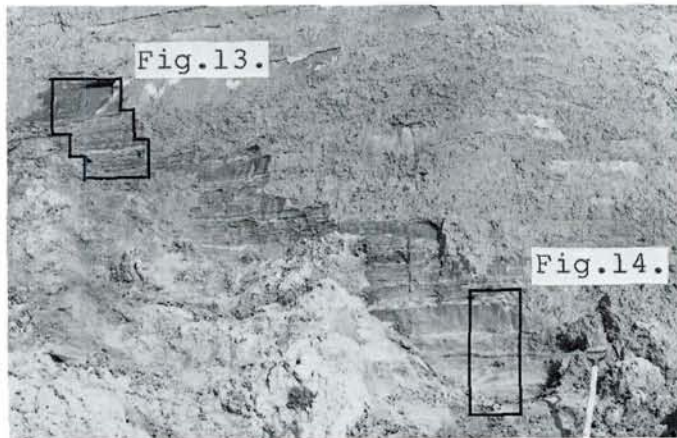


Fig. 12. Udsnit af smeltevandsler-enheden ved Nygård Hage. Placeringen af billedserierne fig. 13 og 14 er indtegnet.

Section of the meltwater clay-unit at Nygård Hage. The position of the photos figs. 13 and 14 are shown.



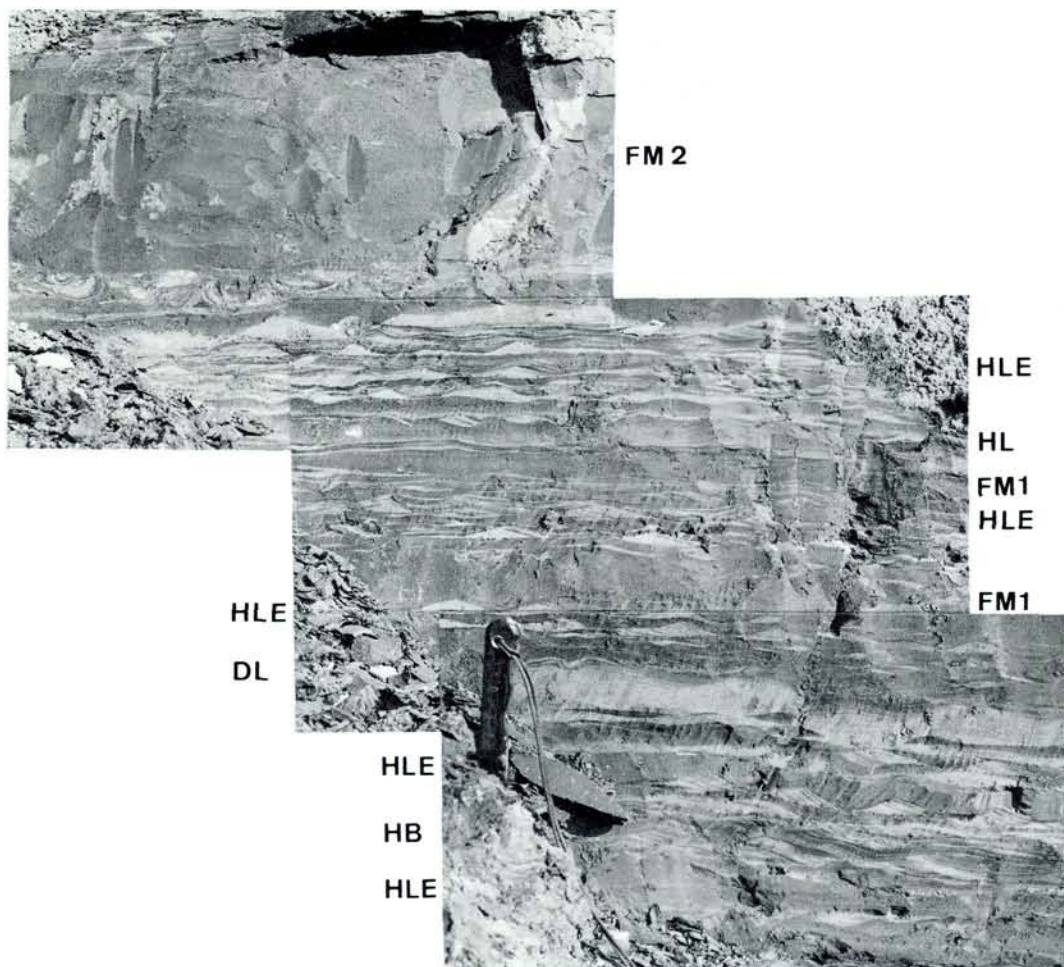


Fig. 13. Billedserie af faciestyper i smeltevandsler-enheden ved Nygård Hage: Facies FM 1, massive, lerlag. FM 2, massive, silt-ler bænke. HL, lamineret, ler-silt, heterolitisk. HLE, lentikulær lagdeling, ler-silt, heterolitisk. HB, bølgeribber, silt-ler, heterolitisk. DL, draped lamination, silt-ler, heterolitisk. I bunden af øverste FM 2 facies ses convolut bedding.

Photos showing the faciestypes in the meltwater clay-unit at Nygård Hage: Facies FM 1, massive, claybeds. FM 2, massive, silt-clay benches. HL, laminated, clay-silt, heterolithic. HLE, lenticular bedding, clay-silt, heterolithic. HB, waveripples, silt-clay, heterolithic. DL, draped lamination, silt-clay, heterolithic. In the bottom of the uppermost FM 2 facies, convolut bedding can be seen.

malgraderet silt til ler, som var vandmættet, hvorfor overlejrende siltaflejringer senere har fremprovokeret belastningsstrukturer. Lignende aflejringer er ofte før set i glaciolacustrine aflejringer (Rasmussen, 1965 og Harrison, 1975).

#### Toftum Bjerge

Flageopskydningerne har bevirket at smeltevandsler-sand-enheden er blottet i betydelig mægtighed (tilsyneladende op til 28 m). Men den oprindelige enhed har en betydelig mindre nettomægtighed, idet den er gennemsat af overskyd-

ninger, der giver en tilsyneladende større tykkelse. Enheden veksler mellem mørk grå ler-silt aflejringer og lyse, gule finsandsaflejringer.

I den syd-vestlige del af klinten (fig. 6) er de primære strukturer delvis bevaret, og det har været muligt at foretage sedimentologisk analyse.

#### Faciesbeskrivelse

Faciestyperne HB, FM 1, FM 2, HLE og HL er beskrevet ved Nygård Hage (side 27) og er identiske med de tilsvarende faciestyper ved Toftum Bjerge. Desuden findes yderligere følgende faciestyper ved Toftum Bjerge (fig. 16).

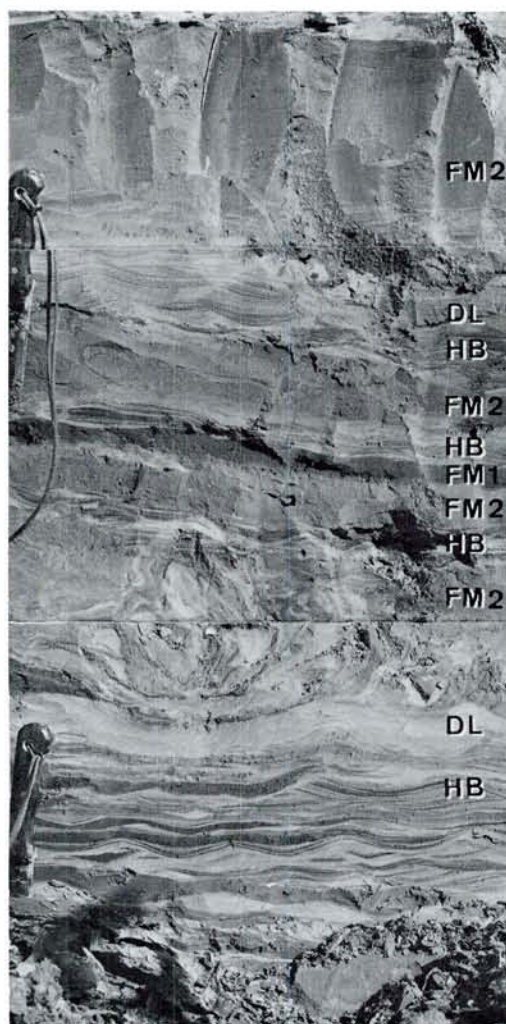


Fig. 14. Billedserie af faciestyperne i smeltevandsler-enheden ved Nygård Hage: Facies FM 1, massive, lerlag. FM 2, massive, silt-ler bænke. HB, bølgeribber, silt-ler, heterolitisk. DL, draped lamination, silt-ler, heterolitisk. I nederste FM 2 facies ses roll-up strukturer.

Photos showing the faciestypes in the meltwater clay-unit at Nygård Hage: Facies FM 1, massive, claybeds. FM 2, massive, silt-clay benches. HB, waveripples, silt-clay, heterolithic. DL, draped lamination, silt-clay, heterolithic. In the lowest FM 2 facies roll-up structures can be seen.

*Facies HF*, flaser lagdeling. Heterolitisk ler-sand. Sættykkelse få cm.

*Facies SM*, massivt sand. Fin til mellemkornet, gult sand, med slump strukturer. Lagtykkelse ca. 20-60 cm.

*Facies SL*, horisontallamineret sand. Fin til mellemkornet, gult sand. Sættykkelse 40 cm.

*Facies SR*, ribbekrydslejret sand. Trugkrydslejret eller tabular krydslejret. Finkornet, gult sand. Strømretning mod vest. Sættykkelse 10-50 cm.

*Facies (SR, KL)*, klatrende ribbekrydslejret sand. Finkornet, gult sand med strømretning mod VNV. Type B med stødsiden bevaret, type A, hvor stødsiden ikke er bevaret (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973; Ashley, Southard & Boothroyd, 1982). I den klatrende ribbekrydslejret sekvens indgår draped lamination, med samme lithologi.

*Facies (SR, B)*, ribbekrydslejret sand-ler med bølgeribber. Finkornet, gult sand. Sættykkelse 10-20 cm.

#### Tolkning

De ved Nygård Hage beskrevne faciestyper er typiske for glaciolacustrine aflejringer (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973; Harrison, 1975 og Clemmensen & Houmark-Nielsen, 1981), medens de ved Toftum Bjerge beskrevne grovere faciestyper tyder mere på distale delta aflejringer (Shaw, 1973). Således viser faciestyperne HF, SR, og (SR, KL), at der er tale om strømmende vand og ikke bølgeaktivitet. Facies (SR, B) viser dog, at der også i de distale deltaaflejringer har været en bølgeaktivitet.

Faciestyperne SR og (SR, KL) tolkes som aflejret af turbidit understrøm (hyperpycnal strøm) dannet, da sedimentladet smeltevand strømmede fra deltaets topset ud over forset. Denne strøm har aflejret ribbekrydslejret sand. Den typiske aflejringstype er klatrende ribber.

Ved Toftum Bjerge er fundet en sekvenstype (fig. 17 og 18), som er helt identisk med typesekvensen fra glaciolacustrine, distale delta aflejringer i Alaska (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973) (fig. 19).

Et om vinteren aflejret lerlag adskiller sedimentations cyklerne. Typesekvensen begynder med aflejring af en tynd enhed af draped lamination. I den komplette sekvens bliver laget af draped lamination overlejret af tynde lag af type B klatrende ribber, efterfulgt af et relativt tyndt lag af type A klatrende ribber. Denne del er sandsynligvis udtryk for en stigning i densitets-understrømmens hastighed og en tilsvarende stigning i bedload transport i forhold til suspensions transport. Type A klatrende ribber afløses igen af type B klatrende ribber, hvilket antyder et fald i densitets-understrømmens hastighed, og dermed mere sediment transporteret i suspension i forhold til i bedload. Øverst i sekvensen viser aflejringen af draped lamination, at bedload transporten er ophørt. Ovenpå draped lamination aflejringerne er sekvensen ofte forsejlet af et vinter lerlag.

Det må antages, at den klatrende ribbesekvens er aflejret i løbet af få timer (ved forsøg er lignende mægtigheder aflejret på ca. 10 timer (Ashley, Southard & Boothroyd, 1982)). Hele sekvensen inklusive de to lerlag kan dog meget vel repræsentere et helt år, for selv om turbidit-understrømmen må regnes for at være kontinuær i sommerhalvåret, vil understrømmens laterale migration bevirke, at det kun er i korte tidsrum, der aflejres materiale på et givet sted.

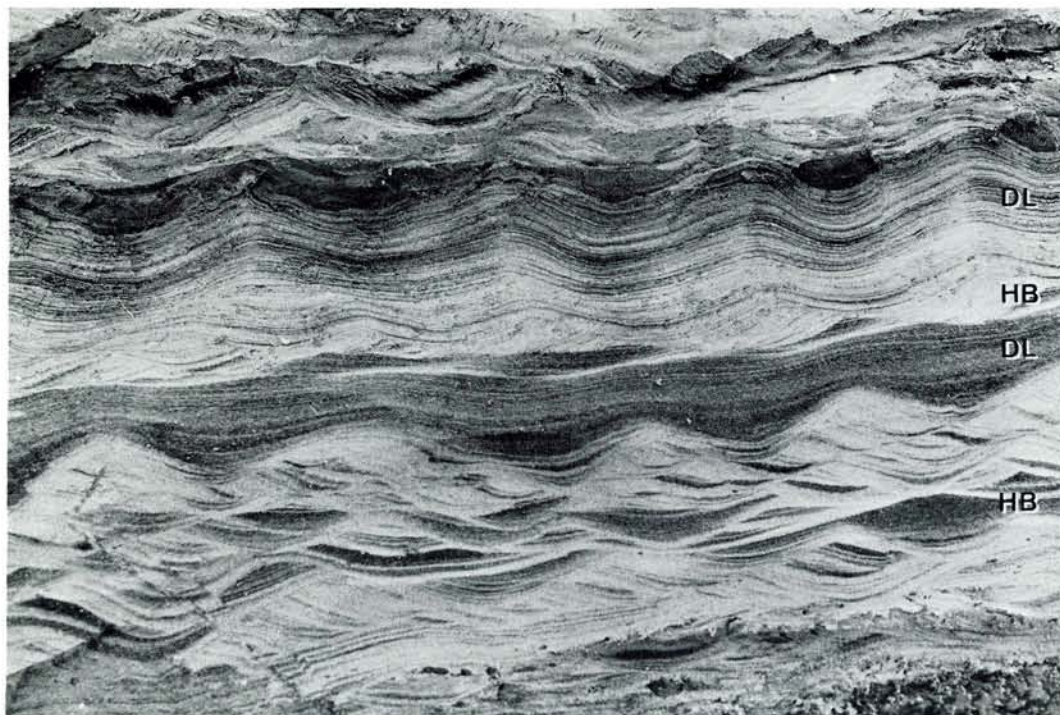
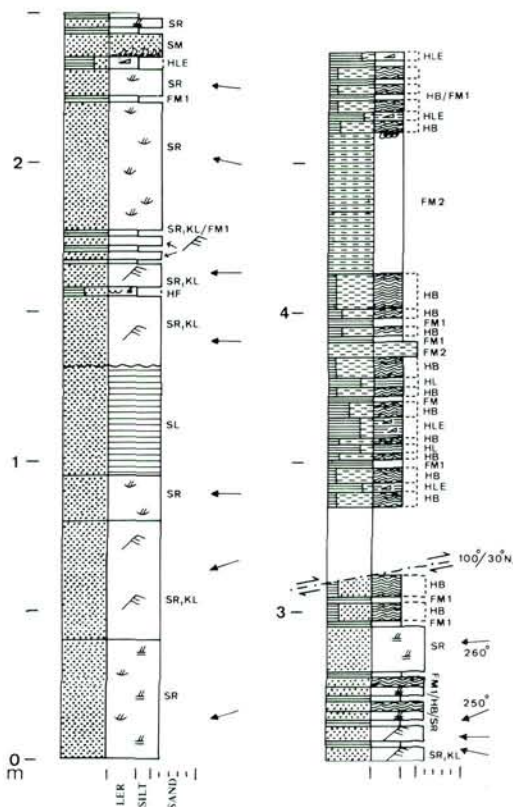


Fig. 15. Nærbillede, som specielt viser faciestyperne: Draped lamination (DL) og bølgeribber (HB). Leret ses som mørke partier i det lyse silt. Målestoksforhold 1:2.

Close-up showing the facies types, draped lamination (DL) and waveripples (HB). The dark areas are clay. Scale 1:2.



Facies SM tolkes som dannet af en slump debrisstrøm, stammende fra aflejringer mere proximalt på deltaet. Disse blev gjort ustabile og satte sig i bevægelse. Debrisstrømmen forårsagede convolute bedding og andre »slump« strukturer i dannelsesrummet. Facies SM er således genetisk ens med facies FM 2 (side 27), som er aflejret i det lacustrine miljø.

Ved Toftum Bjerget ses vekslen mellem glaciolacustrine ler-silt aflejringer og distale sandede deltaaflejringer, med en svag grovende opad tendens, som dog sløres meget af overskydningerne. Miljøet er således glaciolacustrint med prograderende delta.

Fig. 16. Sedimentologisk log fra Toftum Bjerget: Facies FM 1, massive, lerlag. FM 2, massive, silt-ler bænke. HL, lamineret, ler-silt, heterolitisk. HLE, lenticulær lagdeling, silt-ler, heterolitisk. HB, bølgeribber + draped lamination, silt-ler, heterolitisk. HF, flaser lagdeling, ler-sand, heterolitisk. SM, massivt, sand. SL, horisontallamineret, sand. SR, ribbekrydslejret, sand. (SR, KL), klatrende ribbekrydslejret, sand. (SR, B), bølgeribber, ribbekrydslejret, sand-ler.

Sedimentological log from Toftum Bjerget: Facies FM 1, massive, claybeds. FM 2, massive, silt-clay benches. HL, laminated, clay-silt, heterolithic. HLE, lenticular bedding, silt-clay, heterolithic. HB, waveripples + draped lamination, silt-clay, heterolithic. HF, flaser bedding, clay-sand, heterolithic. SM, massive, sand. SL, horizontal laminated, sand. SR, ripple cross-laminated, sand. (SR, KL), climbing ripple cross-laminated, sand. (SR, B), waveripples, ripple cross-laminated, sand-clay.

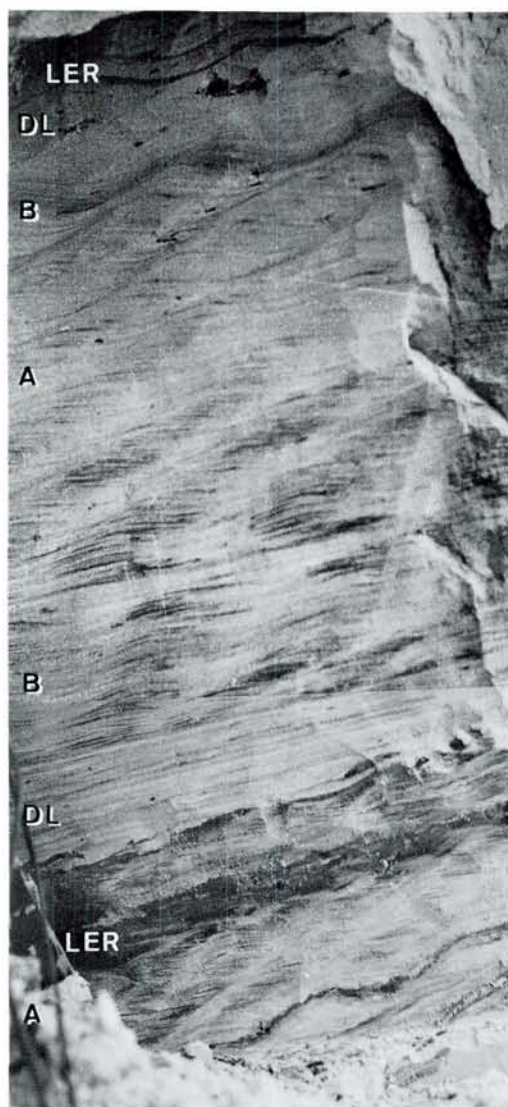


Fig. 17. Faciessekvens ved Toftum Bjerger. Sekvensen er praktisk taget identisk med typesekvensen for distalt delta i Alaska (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973) (fig. 19). Sekvensen indeholder vekslende lag af ler, draped lamination og klatrende ribber (SR, KL) type A og B. Målestoksforhold 1:4.

Facies sequence at Toftum Bjerger. The sequence is practically identical to the type sequence for distal deltas in Alaska (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973) (fig. 19). The sequence contains alternating layers of clay, draped lamination and climbing ripples (SR, KL) type A and B. Scale 1:4.

Den regionale udbredelse af smeltevandsleret

Det vil være interessant at undersøge om denne enhed findes udenfor området og derved eventuelt få et overblik over smeltevandsler-enhedens

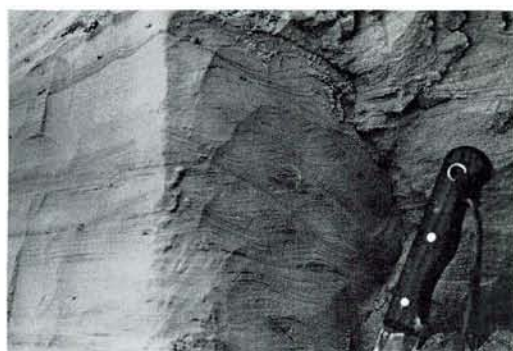


Fig. 18. Nærbillede af klatrende ribber (SR, KL) type B. Bemærk at snit vinkelret på strømretningen kan forveksles med facies SL, horizontal-lamineret, sand.

Close-up showing climbing ripples (SR, KL) type B. Looking at right angles to the current direction, this section can be confused with facies SL, horizontal laminated, sand.

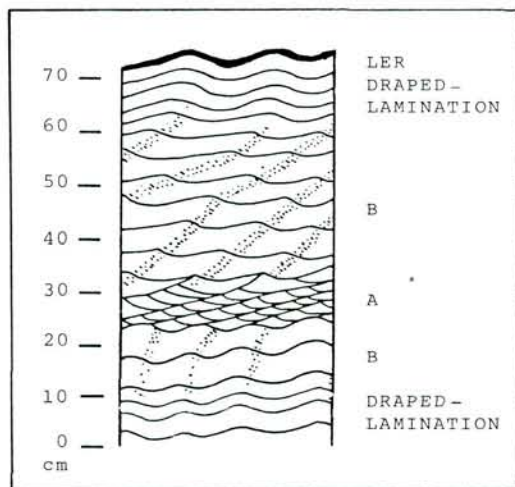


Fig. 19. Typesekvens fra glaciolacustrin distal delta aflejringer i Alaska modificeret efter Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973. Sekvensen indeholder følgende lagrækkefølge (en mulig »årsrykel«): draped lamination, klatrende ribber type B, klatrende ribber type A, klatrende ribber type B, draped lamination og til slut et lerlag.

Type sequence for distal delta deposits in Alaska modified after Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973. The sequence contains a possible "year cycle": draped lamination, climbing ripples type B, climbing ripples type A, climbing ripples type B, draped lamination and a clay bed.

udbredelsesområde (oversigt for den danske del, se fig. 20).

Basis-data kortene for Ringkøbing Amt viser, at smeltevandsleret kan følges ud under den

senglaciale smeltevandsslette syd og vest for Hovedopholdslinien (i Ringkøbing Amt kendt som det fede ler i kote 0). Det kan tilføjes, at Milthers (1917) ved undersøgelserne af mergel forekomsterne i Holstebro egnen fandt adskillige lokaliteter med diluvialler syd for Hovedopholdslinien, og Hansen (1948) nævner tilstedeværelsen af smeltevandsler syd for Hovedopholdslinien i bakkeøerne (f.eks. Møborg Bakkeøen).

Ved rekognoscering har forfatteren observeret enheden syd for Hovedopholdslinien i kysten ved Fjaltring.

På kortbladene Varde og Blaavandshuk (Jessen, 1922 og 1925) findes store gennemgående smeltevandsler-aflejringer i et stratigrafisk niveau, som svarer til Esbjerg Yoldialeret (Holstein). Således skriver Jessen, 1922, side 37: »I egnen ved Esbjerg optræder en lerart, der indeholder skaller af marine mollusker, men som både i sit udseende og sine lejringsforhold viser så megen overensstemmelse med diluvialleret, at der mellem de to lerarter må være en meget nøje forbindelse, såvel med hensyn til materialets oprindelse som til tiden for dets aflejring«.

I Vesttyskland findes umiddelbart under marine Holstein aflejringer, smeltevands-aflejringer (Lauenburg Ton), som menes at være af Elster alder (bl.a. påvist af Knudsen (1979) ved Hamburg, Hummelsbüttel).

I Holland findes ligeledes udbredte arealer med Elster smeltevandsler overlejret af marine Holstein aflejringer (Ter Wee, 1983). Smeltevandsleret kaldes her Potklei og kan korreleres med det tyske Lauenburg Ton.

Følger man smeltevandslerets udbredelse øst og nord for Venø Bugt-område, kan man på basis-data kortene for Viborg Amt erkende, at smeltevandsler-enheden i østlig retning er aflejret i samme niveau; mindst til kystlokaliteten Melbjerg Hoved er smeltevandsleret blottet (Rasmussen & Petersen, 1979).

Lic. scient. Christian Kronborg (Århus Universitet) har dateret enheden ved hjælp af thermoluminescens til en alder på ca. 250 000 år (pers. medd. Leif Aabo Rasmussen), hvilket stemmer fint med sen-Elster alder.

Nord for Melbjerg Hoved fortsætter smeltevandsaflejringerne. De kan genkendes i borerne fra basis-data kortene. Yderligere har Gry (1979) (kortbladet Løgstør) fundet udbredte arealer af smeltevandsler ofte aflejret direkte på den præ-

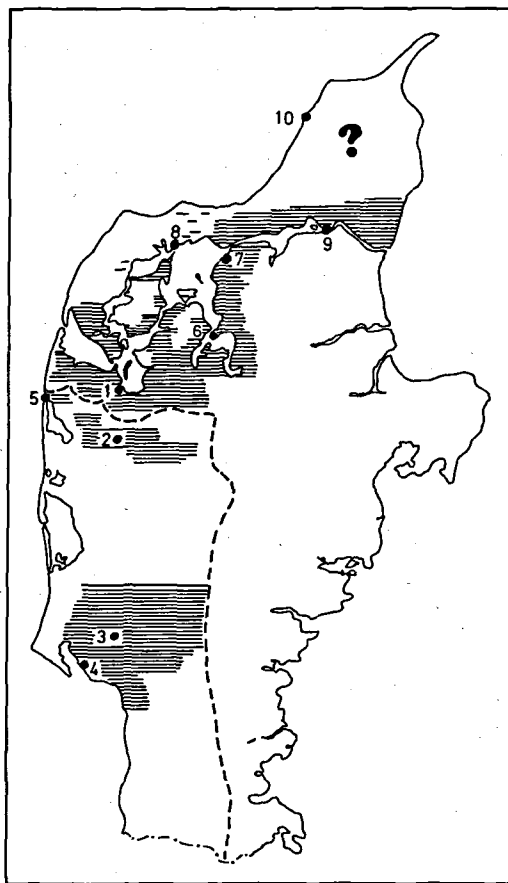


Fig. 20. Den regionale udbredelse af sandsynlig sen-Elster smeltevandsler. Den vandrette skravering angiver områder med sandsynlig sen-Elster smeltevandsler. Den stiplede linie viser forløbet af Weichsel hovedopholdslinien »Ussings isrand«. Lokalteter omtalt i teksten: 1, Struer. 2, Holstebro. 3, Varde. 4, Esbjerg. 5, Fjaltring. 6, Melbjerg Hoved. 7, Løgstør. 8, Selbjerggård. 9, Ålborg. 10, Lønstrup Klint.

The regional extension of probable late-Elsterian meltwater clay. Areas with probably late-Elsterian meltwater clay are indicated by horizontal hatching. The Weichselian main border line "Ussings iceborder" is indicated by a dashed line.

The placing of the mentioned localities are indicated by numbered black dots: 1, Struer. 2, Holstebro. 3, Varde. 4, Esbjerg. 5, Fjaltring. 6, Melbjerg Hoved. 7, Løgstør. 8, Selbjerggård. 9, Ålborg. 10, Lønstrup Klint.

kvartære kalkoverflade. Gry tolker aflejringerne, som værende af Weichsel alder; men efter min mening er dette punkt ikke afklaret, idet der f.eks. ved Selbjerggård i det vestlige Hanherred findes marine aflejringer, hvis alder er omdiskuteret. Steenstrup (1900) tolkede aflejringerne ved Selbjerggård som Holstein aflejringer, medens Nordmann (1910) omtolkede disse til at svare til

Skærumhedeboringsens *Abra nitida* og *Turitella terebra*-zoner, som begge er af Eem alder (Bahnsen, Petersen, Konradi & Knudsen, 1974).

Øst for Løgstør fortsætter udbredelsen af smeltevandsleret, hvor der på kortbladene Ålborg og Nibe (Jessen, 1905) ligeledes er kortlagt udbredte aflejringer af smeltevandsler med samme stratigrafiske placering som på Løgstør kortbladet.

I Vendsyssel findes ligeledes smeltevandsler f.eks. ved Lønstrup Klint (Jessen 1916, 1931), men i dette område er smeltevandsleret stratigrafisk placeret over det ældre Yoldia-ler. Dette er i Skærumhedeboringen tolket til at være af tidlig Weichsel alder.

Forfatteren anser det for at være af meget stor betydning ved fremtidige undersøgelser at få fuld klarhed over mulighederne for en eventuel korrelation mellem smeltevandsleret i Venø Bugt-området og i naboområderne.

Indtil videre må man dog antage, at smeltevandsleret i Vendsyssel er yngre end smeltevandsleret i Venø Bugt-område. Selv om Vendsyssel-området udelades, er det et stort område (fig. 20), som sandsynligvis indeholder en ledehorisont (bestående af smeltevandsler) fra sen-Elster.

#### Sammenfatning

Ud fra glacialstratigrafiske og sedimentologiske undersøgelser ved Nygård Hage og Toftum Bjerger kan det konkluderes, at en smeltevandslers-aflejring med stor lateral udbredelse er aflejet i en senglacial periode ældre end Warthe (Saale II), idet smeltevandsleret overlejres af Warthe (Saale II) morænen og ved Toftum Bjerger yderligere af en Weichsel smeltevands-sand og grus-enhed.

Oplysninger fra andre lokaliteter i området (Jensen & Knudsen, 1984 og Jensen, 1984) viser, at smeltevandsleret må være af sen-Elster alder.

Sedimentologiske undersøgelser af smeltevandsler-enheden viser, at der er tale om glaciolacustrine aflejringer. Ved Nygård Hage findes bundset aflejringer i form af horisontalt aflejede silt- og lerlag. De lyse siltlag stammer fra turbidit understrømme, som transportererede silt ud i is-søen, hvor bølgeaktivitet har påvirket aflejringen. De mørke lerlag er udtryk for dels de rolige perioder, hvor der kun var sedimentation fra materiale i suspension dels for mudder, debris

strømme. Ved Toftum Bjerger er bundset aflejringerne i toppen suppleret med finsandssekvenser. Disse sekvenser er helt identiske med glaciolacustrine distale deltaaflejringer i Alaska (Gustavson, Ashley & Boothroyd, 1973). En sådan sandsekvens kan dannes på få timer, men inkluderes de omkringliggende lerlag, kan sekvensen meget vel repræsentere et helt år.

Udbredelsesområdet for smeltevandsler-enheden dækker store dele af Vestjylland både nord og syd for Hovedopholdslinien. En afgrænsning af udbredelsesområdet vil dog kræve yderligere undersøgelser, som skal afklare relationerne til smeltevandsler aflejringerne henholdsvis i Vendsyssel og i syd-vest Jylland.

#### Afsluttende bemærkninger

Efter forfatterens opfattelse vil yderligere undersøgelser være af stor betydning for fremtidige kvartærstratigrafiske undersøgelser i en del af Danmark, hvor de kvartære aflejringer er mangelfuldt undersøgt.

#### Tak

Forfatteren ønsker at takke Steen Sjørring for faglig bistand, Gitte Sjørring for renskrivning af manuskriptet, Andrew Stevens for oversættelse til engelsk og Ole Bang Berthelsen for det fotografiske arbejde.

#### Litteratur

- Ashley, G. M., Southard, J. B. & Boothroyd, J. C. 1982: Deposition of climbing-ripples beds: a flume simulation. *Sedimentology*, 29, 67-79.
- Bahnsen, H., Petersen, K. S., Konradi, P. B. & Knudsen, K. L. 1974: Stratigraphy of Quaternary deposits in the Skærumhede II boring: lithologi, molluscs and foraminifera. *Dann. geol. Unders., Årbog* 1973, 27-62.
- Berthelsen, A. 1978: The methodology of kineto-stratigraphy as applied to geology. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 27, 25-38.
- Clemmensen, L. B. & Houmark-Nielsen, M. 1981: Sedimentary features of a Weichselian glaciolacustrine delta. *Boreas*, 10, 229-245.
- Ehlers, J. 1979: Fine gravel Analyses after the Dutch Method as Tested out on Ristinge Klint, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 27, 157-165.
- Gry, H. 1979: Beskrivelse til geologisk Kort over Danmark. Kortbladet Løgstør. *Dann. Geol. Unders. I. række*, 26, 1-56.
- Gustavson, T. C., Ashley, G. M. & Boothroyd, J. C. 1973: Depositional sequences in glaciolacustrine Deltas. In: Jopling, A. V. & McDonalds, B. C. (eds.): Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentations. 264-280. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.* 23.

- Hansen, S. 1948: Landskabets geologiske Udformning. I: Terkel Mathiassen: Studier over Vestjyllands Oldtidsbebyggelse. *Nationalmuseets Skrifter: Arkæologisk-Historisk Række II*, 14-24.
- Harrison, S. S. 1975: Turbidite origin of glaciolacustrine sediments, Woodcock Lake, Pennsylvania. *Journal of Sedimentary Petrology*, 45, no. 3, 738-744.
- Jensen, J. B. 1984: *Kvartærstratigrafi i Venø Bugtområdet*. Upubliceret speciale ved Københavns Universitet, 152 s.
- Jensen, J. B. & Knudsen, K. L. 1984: Kvartærstratigrafiske undersøgelser ved Gyldendal og Kås Hoved i det vestlige Limfjordsområde. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1983*, 35-54.
- Jessen, A. 1905: Kortbladene Aalborg og Nibe. *Danm. geol. Unders.* I. række, 10, 1-193.
- Jessen, A. 1916: Om Dislokationer i Lønstrup Klint. *Danm. geol. Unders.* IV. række, 4, 1-28.
- Jessen, A. 1922: Kortbladet Varde. *Danm. geol. Unders.* I. række, 14, 1-105.
- Jessen, A. 1925: Kortbladet Blaavandshuk. *Danm. geol. Unders.* I. række, 16, 1-76.
- Jessen, A. 1930: Klinten ved Halkhoved. *Danm. geol. Unders.* IV. række, 8, 1-26.
- Jessen, A. 1931: Lønstrup Klint. Tekst og Atlas. *Danm. geol. Unders.* II. række, 49, 1-149.
- Knudsen, K. L. 1979: Foraminiferal Faunas in Marine Holsteinian Interglacial Deposits of Hamburg - Hummelsbüttel. *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg*. Hefte 49, 193-214.
- Milthers, V. 1917: Mergelen i Holstebro Egnen. *Danm. geol. Unders.* III. række, 15, 1-18.
- Nielsen, P. E. 1982: Till Fabric reorientated by subglacial shear. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 103, 383-387.
- Nordmann, V. 1910 i Jessen, A., Milthers, V., Nordmann, V., Hartz, N. & Hesselbo, A.: En boring gennem de kvartære Lag ved Skærumhede. *Danm. geol. Unders.* II. række, 25, 111-151.
- Pickrill, R. A. & Irwin, J. 1983: Sedimentation in a deep glacier-fed lake - Lake Tekapo, New Zealand. *Sedimentology* 30, 63-75.
- Rasmussen, H. W. 1965: Strukturer dannet ved jordflydning, udglidning og issøtapning i kvartære smeltevandsaflejringer. *Meddr dansk geol. Foren.*, Bd. 15 Ht. 4, 470-485.
- Rasmussen, L. Aa. & Petersen, K. S. 1979: Resultater fra DGU's genoptagne kvartærgeologiske kortlægning. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1979*, 47-54.
- Shaw, J. 1973: Sedimentary successions in Pleistocene icemarginal lakes. In: Jopling, A. V. & McDonald, B. C. (eds.): Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation. 281-303. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.* 23.
- Steenstrup, K. J. 1900: Leda pernula Leret ved Selbjerggaard i Vester Hanherred. *Meddr dansk geol. Foren.* 1, 6. 1-18.
- Ter Wee, M. W. 1983. The Elsterian Glaciation in Netherlands. In: Ehlers, J. (ed.): *Glacial deposits in North-West Europe*. 413-415. A. A. Balkema/Rotterdam.