

# Kvartærgeologiske forhold under havbunden i Læsø Rende

GUNNAR LARSEN, JENS BAUMANN og OLAV BJØRN



Larsen, G., Baumann, J. og Bjørn, O.: Kvartærgeologiske forhold under havbunden i Læsø Rende. *Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1985*, side 39–46. København, 1. marts 1986.

A seismic reflection survey has been carried out to investigate the submarine Quaternary deposits of Læsø Rende, Kattegat. Marine Postglacial sediments rest on an abrasion surface formed during the Flandrian transgression. This surface cut through a complex of deposits consisting of Late glacial marine sediments and glacial formations. The area was dissected by river valleys during early Postglacial time, before the Flandrian transgression.

Gunnar Larsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 8000 Århus C. Jens Baumann og Olav Bjørn, Geoteknisk Institut, Maglebjergvej 1, 2800 Lyngby, 28. august 1985.

## Undersøgelsen

I 1983 udførte Geoteknisk Institut for Fredningsstyrelsen en råstofgeologisk kortlægning af et ca. 1250 km<sup>2</sup> stort havbundsareal i Læsø Rende, jf. kortet fig. 1. Det er nogle almene geologiske resultater af denne kortlægning, som er emne for den følgende redegørelse. Den kan øjensynlig på visse punkter supplere vore hidtidige opfattelser af områdets kvartærgeologiske opbygning, opfattelser, der kan være begrundet dels i kendskabet til forholdene i tilgrænsende landområder (Jessen, 1897, 1899, 1905, 1936; Michelsen, 1967; Hansen, 1980), dels i tolkningen af tidligere havbundsundersøgelser (Mörner, 1969; Fält, 1982).

Undersøgelsen omfattede reflektionsseismisk opmåling under anvendelse af Penetrationsekkolod (ORE 1032), Boomer (E. G. & G. UNI-BOOM) og Sidescan sonar (KLEIN 402S). Der udførtes ca. 970 km profilering. Positionsbestemmelse blev foretaget med computerstyret Motorola MRS III med op til seks landstationer. Til verifikation af seismikken blev der optaget bundprøver; med faldprøveoptager indsamledes 61 prøver, med grab 76, og der udførtes 16 indtil ca. 10 m dybe vibracoreboringer. For nærmere om-

tale af de anvendte feltmetoder henvises til Bjørn, 1983.

Bearbejdelsen af materialet var tilrettelagt så-

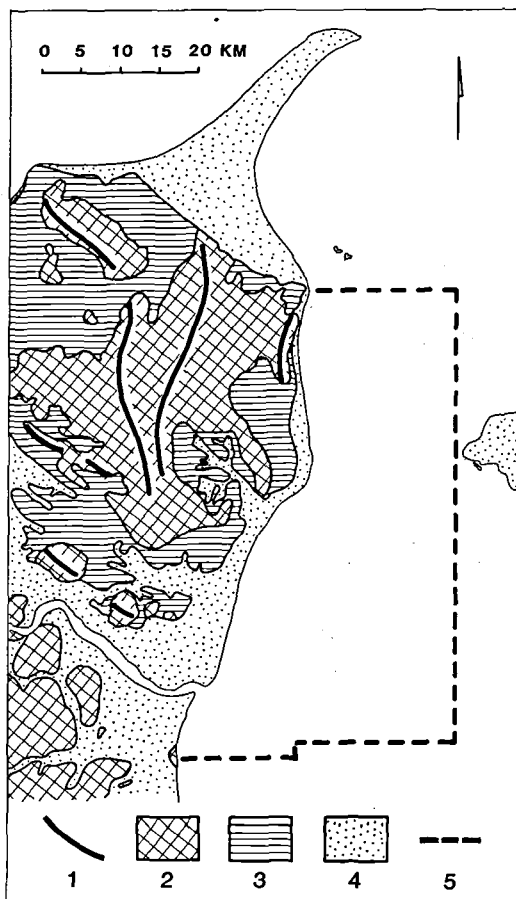


Fig. 1. Landskabsgeologisk kort over det nordlige Jylland (efter Jessen, 1936; Milthers, 1948). 1: Israndslinie. 2: Glaciallandskaber. 3: Hævede, marine, senglaciale landskaber. 4: Hævede, marine, postglaciale landskaber. 5: Undersøgelsesområdets afgrænsning.

Landscape geological map of northern Jylland (after Jessen, 1936; Milthers, 1948). 1: Ice border line. 2: Glacial landscape. 3: Elevated Late glacial marine landscape. 4: Elevated Post glacial marine landscape. 5: Area investigated.

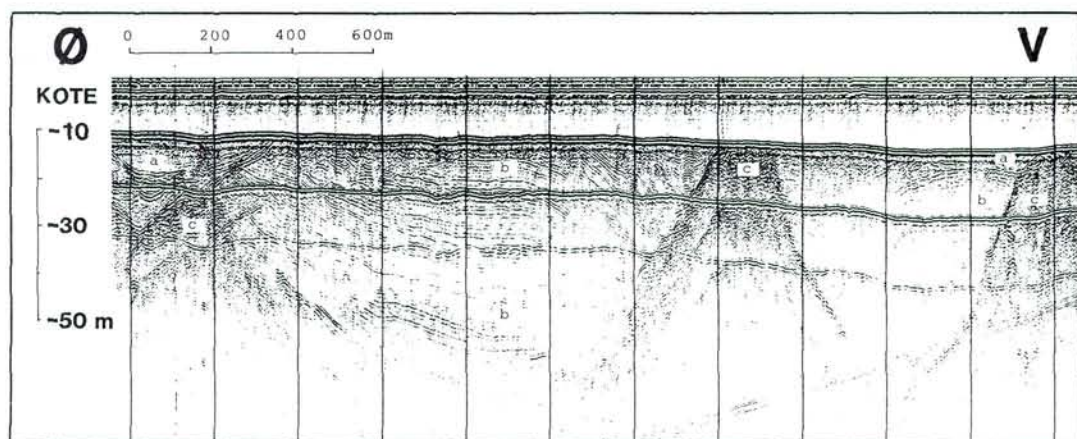


Fig. 2. Registrering med Boomer; lokalisering se fig. 6. Vertikal overhøjning ca. 12×. a: Postglacialt, marint sand, fint til mellemkornet. b: Senglacialt, marint ler/silt/sand. c: Glaciale aflejringer.

Boomer profile – see fig. 6 for location. Vertical exaggeration ca. 12×. a: Post glacial marine sand, fine to medium grained. b: Late glacial marine clay/silt/sand. c: Glacial deposits.

ledes, at beskrivelse og bedømmelse af bundprøver og boreprofiler udførtes ved Danmarks Geologiske Undersøgelse, medens tolkningen af de seismiske profiler samt den samlede geologiske vurdering af hele materialet udførtes ved Geoteknisk Institut.

### Nogle hovedtræk

Fig. 2–5 viser eksempler på seismiske profiler, der er repræsentative for situationen, i hvert fald i den sydlige halvdel af undersøgelsesområdet. Lokaliseringen af profilerne fremgår af kortet,

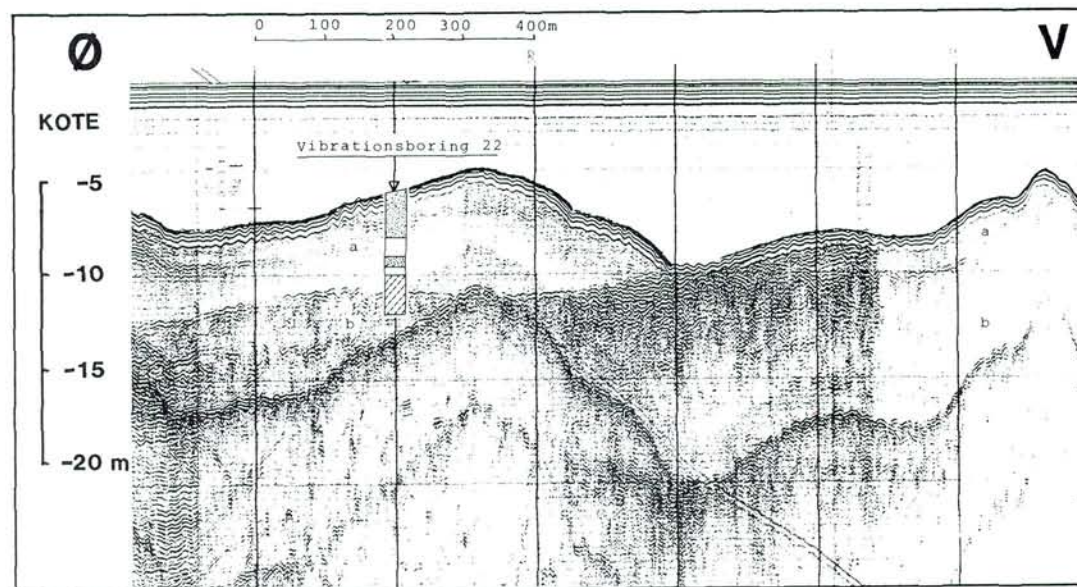


Fig. 3. Registrering med penetrationsekkolod; lokalisering se fig. 6. Vertikal overhøjning ca. 30×. a: Postglacialt, marint sand, fint til mellemkornet. b: Senglacialt, marint ler/silt/sand.

Penetration echo sounder profile – see fig. 6 for location. Vertical exaggeration ca. 30×. a: Post glacial marine sand, fine to medium grained. b: Late glacial marine clay/silt/sand.

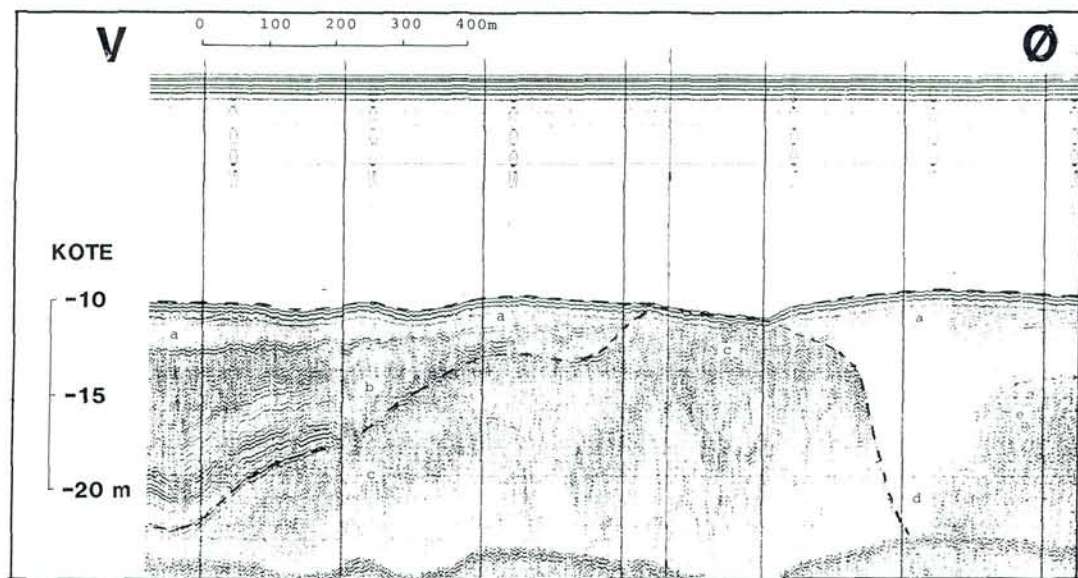


Fig. 4. Registrering med penetrationsekkolod; lokalisering se fig. 6. Vertikal overhøjning ca. 30×. a: Postglacialt, marint sand. b: Senglacialt, marint ler/silt/sand. c: Glaciiale aflejringer. d: Postglaciiale, organiskholdige aflejringer. e: Gas.

Penetration echo sounder profile – see fig. 6 for location. Vertical exaggeration ca. 30×. a: Post glacial marine sand, fine to medium grained. b: Late glacial clay/silt/sand. c: Glacial deposits. d: Post glacial marine deposits bearing organic matter. e: Gas.

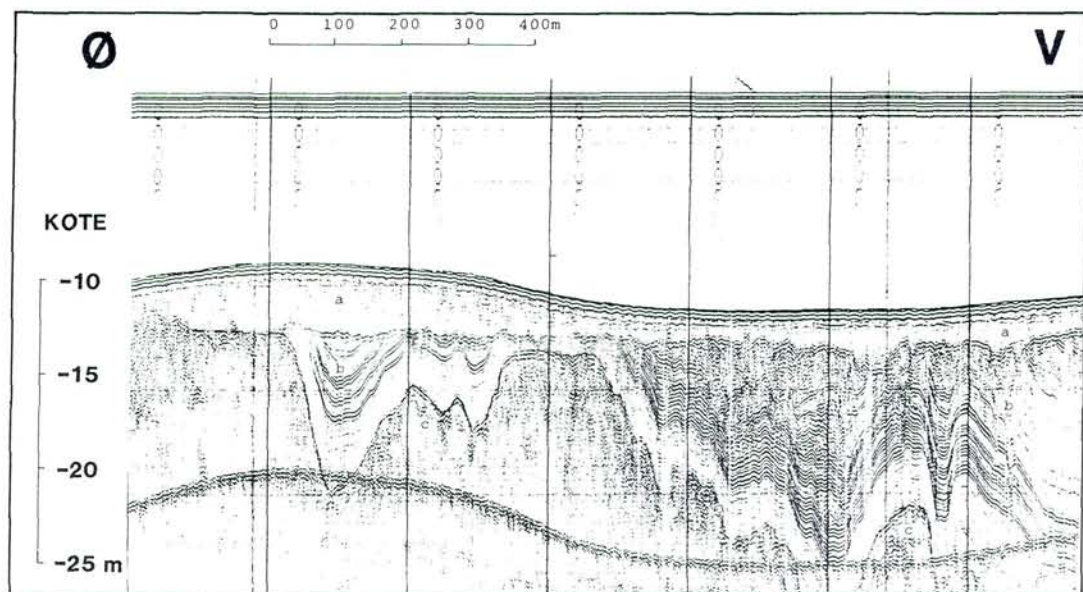


Fig. 5. Registrering med penetrationsekkolod; lokalisering se fig. 6. Vertikal overhøjning ca. 30×. a: Postglacialt, marint sand. b: Senglacialt, marint ler/silt/sand. c: Glaciiale aflejringer.

Penetration echo sounder profile – see fig. 6 for location. Vertical exaggeration ca. 30×. a: Post glacial marine sand. b: Late glacial marine clay/silt/sand. c: Glacial deposits.

fig. 6. Det bemærkes, at profilerne har en betydelig overhøjning.

Af eksemplerne ses, at lagserien naturligt falder i to hovedenheder, en nedre og en øvre, indbyrdes adskilt af en næsten horisontal flade beliggende omkring kote -10 m. Endvidere ses, at fladen afskærer strukturerne i toppen af den nedre enhed så tydeligt, at den må opfattes som en erosionsflade, udviklet efter dannelsen af den nedre enhed og før aflejringen af den øvre.

Den øvre enhed består af postglaciale, marine aflejringer, hvilket er verificeret ved adskillige vibracoreboringer. Den nedre enhed er af mere sammensat natur, idet den øjensynlig omfatter både glaciale og senglaciale dannelser.

I de seismiske profiler tegner de glaciale formationer sig strukturløse til struktursvage, d.v.s., at der er ingen eller kun få reflektorer, som kan følges over selv meget korte afstande. Enkelte vibracoreboringer fra en tidligere havbundsundersøgelse sydligst i området har vist tilstedeværelse af både moræner og smeltevandsaflejringer. Ved de aktuelle undersøgelser er moræner ikke påvist; det antages derfor, at de glaciale formationer især består af smeltevandsaflejringer, formentlig til dels flagestrukturerede ved glacialtektoniske deformationer. Hertil kommer de marine Skærumhede aflejringer (Bahnsen et al., 1974), som også antages at være til stede.

I de seismiske profiler er de til Senglaciale tiden henførte aflejringer meget iøjnefaldende. Der er tale om ofte udpræget lagdelte formationer, hvis reflektorer kan følges over betydelige afstande. Ifølge de forholdsvis få vibracoreboringer, som er ført ned i aflejringerne, består de af ler, silt og sand i vekslende lag, med et indhold af marine skaller, bl.a. *Saxicava arctica*. Disse aflejringer anses for at være dannet i det senglaciale ishav («Yoldia-havet»).

Grænsefladen mod den øvre enheds marine, postglaciale aflejringer er, som nævnt, typisk tilnærmet horisontal; rimeligvis må den antages til dannet som abrasionsflade under den Flandriske transgression. Nogle steder er der markante afvigelser fra det horisontale forløb. Et eksempel

Det hidtil omtalte gælder især forholdene i den sydlige halvdel af undersøgelsesområdet. I den nordligste del er forholdene mere uklare, dels fordi undergrænsen for de postglaciale aflejringer i det store og hele ligger dybere her, og dels fordi udbredte gasforekomster slører det seismiske bil-

lede. De følgende betragtninger omhandler derfor især den sydlige del af området.

## Glaciale og senglaciale aflejringer

Det forhold, at man i de seismiske profiler i mange tilfælde klart kan skelne de glaciale aflejringer fra de senglaciale, har naturligt ført til et forsøg på at kortlægge de to aflejrings udbredelse langs den flade, der danner oversiden af det glaciale-senglaciale kompleks. Resultatet er vist i kortet, fig. 6. Her er tillige vist udbredelsen af de ovenfor omtalte postglaciale erosionsdale, der er udfyldt med gasførende sedimente- ses i den østlige del af profilet, fig. 4. Det drejer sig øjensynligt om en ret dyb erosionsdal, fyldt op med postglaciale sedimente, der er gasholdige.

Det bemærkes, at kortet kun dækker de sydligste totrediedele af undersøgelsesområdet. Nordligst har en kortlægning nemlig ikke kunnet gennemføres p.g.a. udbredte gassløringer. Der er dog to undtagelser, den ene er det nordvestlige hjørne lige ud for Frederikshavn, den anden et smalt østligt strøg nær Læsø. Disse to områder skønnes dog at være for små for en meningsfyldt kortlægning.

Af kortet ses, at de glaciale dannelser til dels tager sig ud som langstrakte strøg, der fra en SV-NØ retning sydligst i området mod nord drejer ind i en næsten ren N-S retning. Det synes nærliggende at opfatte disse strøg som randmorænedannelser opstået i slutningen af sidste istid under isens successive tilbagesmeltning mod SØ og Ø.

Det kan antages, at ishavet, medens en randmoræne var under opbygning, har stået umiddelbart vest for isfronten. Smeltevandet fra den smeltende is må da være tilført ishavet, og dets indhold af udsmedede materialer bundfældet som ishavsaflejringer. Af de seismiske profiler (fig. 2-5) ses, at lagdelingen i de marine, senglaciale aflejringer har et uroligt forløb. Det kan evt. skyldes, at aflejringerens underlag har været reliefrikt. En anden mulighed er, at der ved basis af aflejringerne har ligget dødis, hvis senere bortsmeltning har ført til deformation af oprindeligt mere plantliggende lag. Det fremgår også, at mægtigheden veksler meget fra sted til sted; hvor den er størst overstiger den 50 m, se fig. 2.

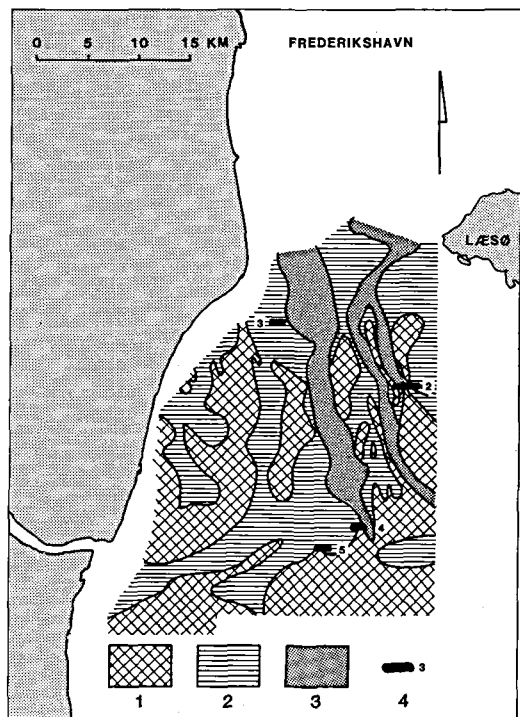


Fig. 6. Geologisk kort over udbredelsen af glacial og senglaciale formationer ved undersiden af den Flandriske abrasionsflade; endvidere er vist forekomsten af postglaciale dalstrøg. 1: Glaciale aflejringer. 2: Senglaciale, marine aflejringer. 3: Postglaciale dale. 4: Lokalisering af de seismiske profiler, fig. 2-5.

Distribution of glacial and Late glacial formations below the Flandrian abrasion surface. The distribution of Post glacial valleys is also shown. 1: Glacial deposits. 2: Late glacial marine deposits. 3: Post glacial valleys. 4: Localisation of the seismic profiles fig. 2-5.

Hvis man vil forestille sig den geografiske situation i området i slutningen af sidste istid, er det selvfølgelig vigtigt at gøre sig klart, at kortet, fig. 6, ikke direkte afspejler denne situation, men forholdene langs en senere udformet erosionsflade.

På det tidspunkt i slutningen af sidste istid, da isen selv var væk, men ishavet endnu var til stede, kan man rimeligvis forestille sig, at det sydlige område tog sig ud som et ørige, idet de højeste toppe af morænebakkerne ragende op over havfladen. I det nordlige område har havfladen øjensynlig været mere ubrudt, dækkende druknede morænelandskaber.

Til sammenligning med kortet, fig. 6, er der i fig. 7 vist et udsnit af Mörners (1969) israndsliniekort for den foreliggende del af Kattegat. Flygtigt set viser de to kort indbyrdes ligheds-

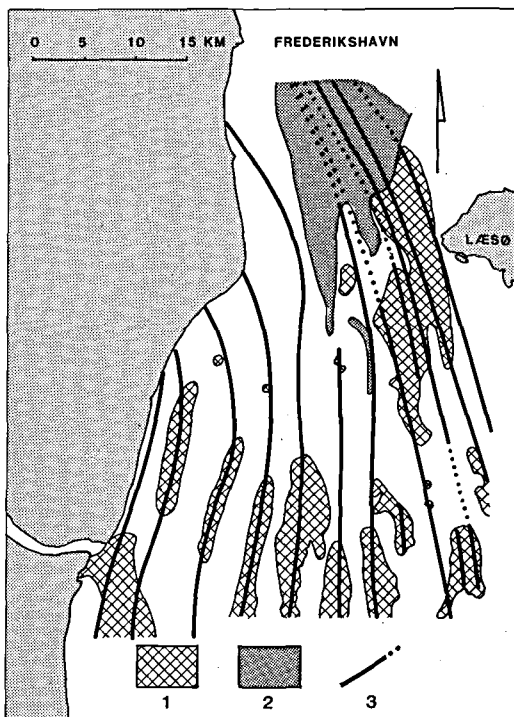


Fig. 7. Kvartærgeologisk tolkning af området, ifølge Mörner (1969). 1: Moræne, grus, sten eller hård bund. 2: Ler og finsilt, ofte dyndet. 3: Israndslinie.

Interpretation of the Quaternary geology of the area, according to Mörner (1969). 1: Till, gravel, stones or hard bottom. 2: Clay and fine silt, often muddy. 3: Ice border line.

træk, idet de begge angiver mere eller mindre N-S orienterede zoner; men en nøjere betragtning vil vise, at israndslinierne i fig. 7 kun i få tilfælde er sammenfaldende med de glacial formationer, der er skildret i fig. 6.

### Postglaciale dannelser

Kortene, fig. 8 og 9, viser to situationer under den postglaciale udvikling, hhv. en situation i »fastlandstiden« før den Flandriske transgression og situationen under transgressionens maximum.

I det foreliggende materiale spores de postglaciale tildragelser både i aflejringer og i erosionsformer.

I postglacialtidens begyndelse, før den Flandriske transgression, har størsteparten af det fore-

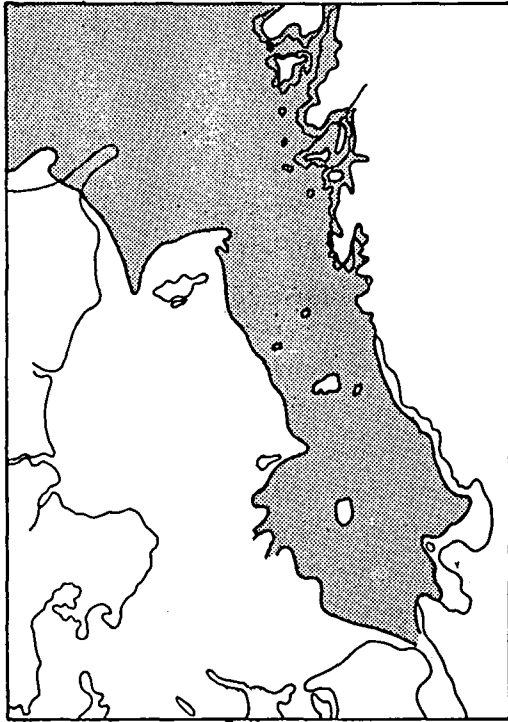


Fig. 8. Fordelingen af land og hav i begyndelsen af Postglacialtiden, for ca. 9.500 år siden, efter Fält (1982).

Distribution of land and sea at the beginning of Post glacial time, about 9500 years ago; after Fält (1982).

liggende område øjensynlig ligget over havet; dog ser det ud til, at den nordligste del har ligget så lavt, at der var havdækning her også dengang, se fig. 8.

Under henvisning til det forannævnte må man antage, at landområdet terrænmæssigt var sammensat af udstrakte sletter med ishavsafløjninger samt bakkestrøg af glacial oprindelse. Dertil kommer erosionsdale udviklet under nedbørens afdræning fra området.

De i fig. 6 viste dalstrøg er formentlig anlagt ved vandløbserosion i »fastlandstiden«. Det, at dalretningen stort set er fra syd mod nord, viser hen til, at afstrømningen er sket til det nordfor liggende hav. Forholdene i fig. 6 tyder iøvrigt på, at den postglaciale dalerosion i betydelig grad har været kontrolleret af de fremherskende N-S retninger i glaciallandskabet. Det skal yderligere bemærkes, at Mörner (1969) også har angivet flodlejer med nordgående afstrømning i det foreliggende område.

Ved de aktuelle undersøgelser er der ikke truf-

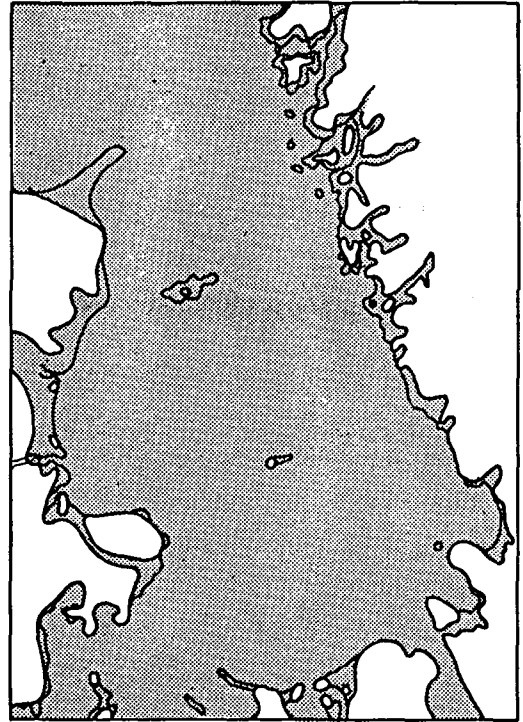


Fig. 9. Fordelingen af land og hav under den Flandriske transgressions maximum, for ca. 7.500 år siden, efter Fält (1982).

Distribution of land and sea during the maximum Flandrian transgression about 7500 years ago; after Fält (1982).

fet ferskvandslag i dalstrøgene, men derimod marine aflejringer. Dette kan naturligt tydes således, at nok er selve daldannelsen foregået i »fastlandstiden«, men udfyldningen af dalene er sket under den efterfølgende Flandriske transgression.

I det hele taget er ferskvandsaflejringer meget sjældne i observationsmaterialet. Ialt er der kun truffet tre, tynde forekomster bestående af tør og tørvepræget sand, alle beliggende i det sydvestlige hjørne af undersøgelsesområdet.

Transgressionsforløbet har rimeligvis været således, at havet fra nord først er trængt ind i dalene og omformet dem til fjordarme. Derefter har det bredt sig ud over de øvrige dele af det gamle land, og det åbne farvand opstod. Energiforholdene i dette hav har været sådanne, at den flere gange omtalte erosionsflade kunne tildannes.

De seismiske profiler viser udbredte gassløringer i dalene, hvilket stemmer udmærket med, at de skulle indeholde organiskrige fjordsedimen-

ter. Sådanne sedimenter er dog ikke iagttaget i prøvematerialet. Prøverne er alle fra den øverste del af dalfyldningen; de består af marint sand uden iøjnefaldende indhold af organisk stof. Sandet er antagelig blot et dæklag over fjordaflejringerne, et dæklag bragt til veje ved den materiale-mobilisering, som ledsagede erosionsfladens dannelse.

Erosionsfladen fremtræder som en mere eller mindre horisontal, let bølget form, der over store områder ligger ved kote  $-10 \pm 2$  m; dog er den stigende ind mod Jyllandskysten og ind mod Læsø. De seismiske profiler viser, at lokalvariationer i fladens udformning er uafhængige af, om underlaget består af glaciale eller senglaciale dannelser.

De seismiske profiler giver også indtryk af, se fig. 5, at det er ganske betydelige mængder, der er fjernet ved erosionen. En så omfattende erosion må tilskrives bølgeaktivitet gennem et ikke helt kort tidsrum. Der tegner sig således vidnesbyrd om, at havstigningen har været afdæmpet i det tidsinterval, hvorunder fladen ved  $-10 \pm 2$  m blev dannet.

De glaciale og senglaciale dannelser, som blev eroderet, har nok især bestået af sand, silt og ler. Havde morænemateriale været til stede i væsentlig mængde, kunne der ventes stenforekomster i tilknytning til erosionsfladen; egentlige stenforekomster er ikke påvist ved undersøgelserne.

Det ved erosionen mobiliserede finstof, d.v.s. ler og silt, er nok ført til havs og aflejret i dybere, mere energifattige dele af farvandet, eksempelvis den nordlige del af undersøgelsesområdet, hvor der findes finkornede gytjeholdige sedimenter. Sandet er derimod i højere grad blevet ophobet i nærheden af erosionsstedet, eksempelvis som de tidligere omtalte dæklag i dalene.

Erosionsfladen ligger nogle steder ganske tæt under nuværende havbund, andre steder under et tykkere dække af marint sand. I den sydlige del af undersøgelsesområdet optræder disse sandforekomster i karakteristiske formationer. De er langstrakte i N-S retning; længden er 10–20 km, bredden 1–2 km og tykkelsen op til mere end 5 m, se fig. 3. Sandet er overvejende fint til mellemkornet, stedvis let gruset. Kortet fig. 10 viser sandforekomsternes udbredelse.

Det fremgår, at disse store sandlegemer giver sig til kende som topografiske elementer på søkort. Dette tyder på, at forekomsterne er statio-

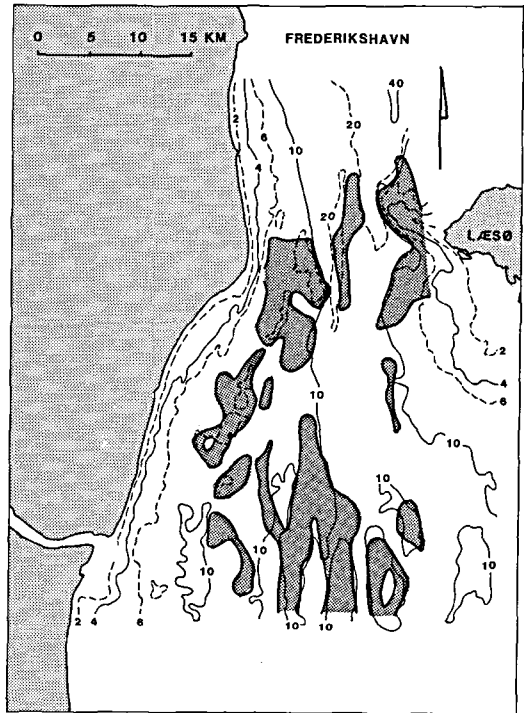


Fig. 10. Større Postglaciale, marine sandforekomster; kurverne angiver havdybden i m.

Major occurrences of Post glacial, marine sand; curves indicate sea depths in meters.

nære, at de altså næppe er flygtige nydannelser, men fossile former. Det er nærliggende at antage, at de er dannet engang i fortiden, da havdybden var mindre og energiniveauet ved havbunden større.

Til slut skal bemærkes, at det øjensynlig til dels er disse store, postglaciale, marine sandforekomster, der er udlagt som israndszoner i fig. 7.

## Litteratur

- Bahnson, H., Petersen, K. S., Konradi, P. B. & Knudsen, K. L. 1974: Stratigraphy of Quaternary deposits in the Skærumhede II boring; lithology, molluscs and foraminifera. *Danm. geol. Unders., Årbog 1973*, 27–62.
- Bjørn, O. 1983: Geoteknisk Instituts erfaringer vedrørende geofysiske undersøgelser og borer på havbunden. *Danmarks Overfladeråstoffer. Havbunden*. Akademiet for de Tekniske Videnskaber, 15–46.
- Fält, L. M. 1982: Late Quaternary Seafloor Deposits off the Swedish West Coast. *Geologiska Institutionen Publ. A 37*, 259 pp. Göteborg.

- Hansen, J. M. 1980: Læsøs Postglaciale udvikling i relation til den Fennoscandiske randzone. *Dansk geol. Foren. Årskrift for 1979*, 23–30.
- Jessen, A. 1897: Kortbladene Læsø og Anholt. *Dann. geol. Unders.* I rk. nr. 4, 48 pp.
- Jessen, A. 1899: Kortbladene Skagen, Hirtshals, Frederikshavn, Hjørring og Løkken. *Dann. geol. Unders.*, I rk. nr. 3, 368 pp.
- Jessen, A. 1905: Kortbladene Aalborg og Nibe (nordlige del). *Dann. geol. Unders.*, I rk. nr. 10, 193 pp.
- Jessen, A. 1936: Vendsyssels Geologi. *Dann. geol. Unders.*, V rk. nr. 2, 195 pp.
- Michelsen, O. 1967: Foramnifera of the Late-Quaternary Deposits of Læsø. *Meddr. dansk geol. Foren.*, 17, 205–257.
- Milthers, V. 1948: Det danske Istidslandskabs Terrænformer og deres Opstaaen. *Dann. geol. Unders.*, III rk. nr. 28, 234 pp.
- Mörner, N.-A. 1969: The Late Quaternary History of the Kattegat Sea and the Swedish West Coast. *Sveriges geologiska Undersökning*, Sec. C. nr. 640, 487 pp.