

En maringeologisk undersøgelse af kvartære lag på Lysegrund, sydlige Kattegat, Danmark

BERNHARD NOVAK



Bernhard Novak: En maringeologisk undersøgelse af kvartære lag på Lysegrund, sydlige Kattegat, Danmark. *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 2, pp. 21–25. København 1996–06–18.

Shallow seismic data are used to investigate Quarternary layers of less than 50 meters thickness. Nine units are distinguished. The lower 4 units are glacigenetic diamicts and of Weichselian age. Layered clay on top of the glacigenetic units is correlated to Late Weichselian deposits in the Kattegat area. After a regression maximum 9.5 ka BP, 4 Holocene units were deposited. The stratigraphic lowest of these units are interpreted as 1) fluvial deposits and 2) transgressive lag. The fluvial deposits formed in connection with the drainage of the dammed Ancylus Lake which took place over a few years. The youngest units are deposited as spit/platform (east) or as marine mud (west). The platform unit was fed from the lower glacigenetic deposits in the area and was built out in less than 1000 years, starting when the transgression reached a level of –16 meter (transgression rate of > 10 mm/y).

Bernhard Novak, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. Nuværende adresse: Jægersborggade 2, III tv, DK-2200 København N

I det sydlige Kattegat (Fig. 1) er de kvartære aflejringer 50–150 m tykke og overlejrer ældre tertiære eller mesozoiske lag (Lykke-Andersen et al. 1993). De kvartære lag er fra Weichsel og Holocæn.

Omkring Lysegrund (Fig. 2) er i 1987 indsamlet ca. 180 km shallow seismik i et område på ca. 8 × 12 km med en linieafstand på 2 km stedvis suppleret i 1990 og 1994 med et tættere sejllinienet (250 m). Ni vibrationsboringer, samt et antal overfladeprøver, udgør den stratigrafiske kontrol. Vibrationsboringer blev udført med Alpin Vibrocore system (3 stk ca. 10 meter kerner) eller med Danmarks Geologiske Undersøgelse's 6 meter vibrocore.

Data blev indsamlet med ekkolod (Elac 30 kHz), pinger (ORO subbottom profiler 3,5 kHz), boomer (EG og G Uniboom 0,8–2,0 kHz, (Fig. 3a–d) samt sidescan sonar (EDO Western sidescan sonar 100 kHz) (SNS 1987). Der er foretaget seismisk facies analyse (Mitchum et al. 1977, Macurda 1991) som basis for identifikation af aflejringssekvenser. Der er foretaget fingerustilling samt røntgenfotografering af mini-strukturer i de finkornede sedimentter, hvor også det totale indhold af kulstof og svovl er analyseret med henblik på at vurdere marine/limniske forhold. Foraminiferer er undersøgt af K. Conradsen og K. Husum (begge Geologisk Institut, Aarhus Universitet).

Observationer:

Der er udskilt ni seismiske enheder, som er kortlagt som basiskort (dybde til basis) og isopakkort. Til dybdekonvertering er antaget, at hastigheden overalt er 1500 m/s. Refleksionsmønsteret betegnes ved A) Øvre afgrænsning, B) Nedre afgrænsning og C) Intern konfiguration (Macurda 1991).

Enhed M4: Stratigrafisk nederste enhed. A) Diffus eller trunkeret. C) Svage parallelle reflektorer som nogle steder er ombøjede (Fig 3a). Enheden ligger højt under Lysegrund og er gennemskåret af karakteristiske, eroderede kanaler med en NØ–SV retning. Sedimentet er strukturløst med et stort indhold af silt og finsand, skalfragmenter er almindelige. Gruskornene er hovedsageligt mørke, krystalline og flint udgør <5%.

Enhed M3: A) Trunkeret, kraftig, "boudineret" topreflektor. C) Kaotiske til parallelle reflektorer, kraftigst i toppen af enheden. Overfladen er udpræget horisontal (Fig. 3a, b). Mod vest er eroderet kanaler igennem M3 og M4. Øst for Lysegrund udfylder M3 de nedskårne kanaler i M4. M3 er foldet (foldeakse NNV–SSØ) over et flere kilometer langt område. Mod syd er enheden svagt deformeret (foldeakse Ø–V).

Enhed M2: A) Trunkeret, sammenhængende og

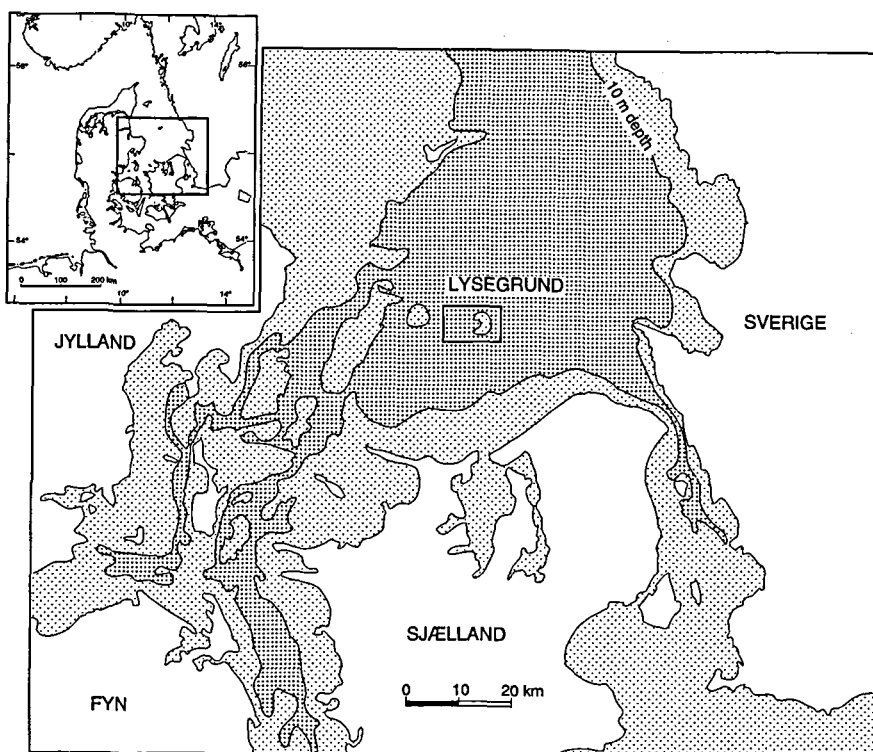


Fig. 1. Kort over kystlinier og vanddybder i det sydlige Kattegat, Storebælt og Øresund. Undersøgelsesområdet omkring Lysegrund er angivet.

Fig. 1. Map of southern Kattegat, Storebælt and Øresund. The area around Lysegrund is indicated.

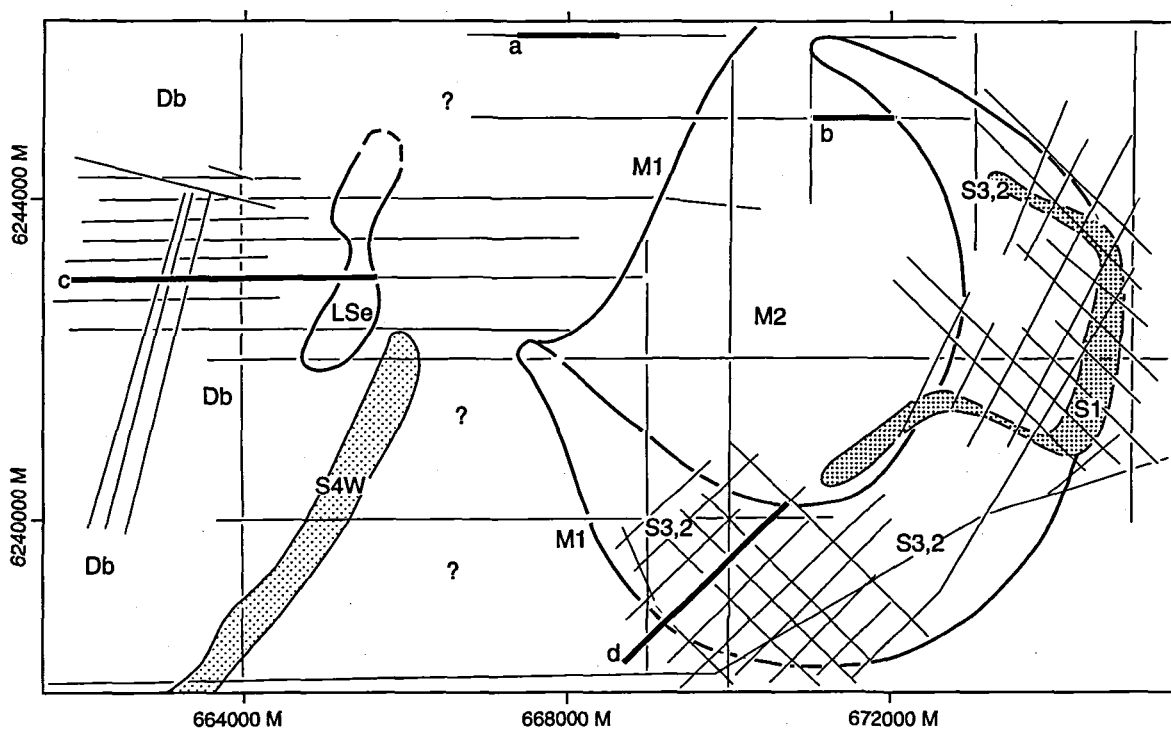


Fig. 2. Kort over undersøgelsesområdet, UTM-koordinater er angivet. Seismiske linier er angivet, og de profiler, som er vist i Fig. 3a-d er lokaliseret. Bundtyper er angivet ved bogstavkoder som er forklaret i teksten samt i Fig. 4.
Fig. 2. Map of the investigated area with UTM-coordinates. The locations of seismic lines and the cross sections in Fig. 3 are indicated. Stratigraphic units are distinguished by letter codes also used in Fig. 3 and 4.

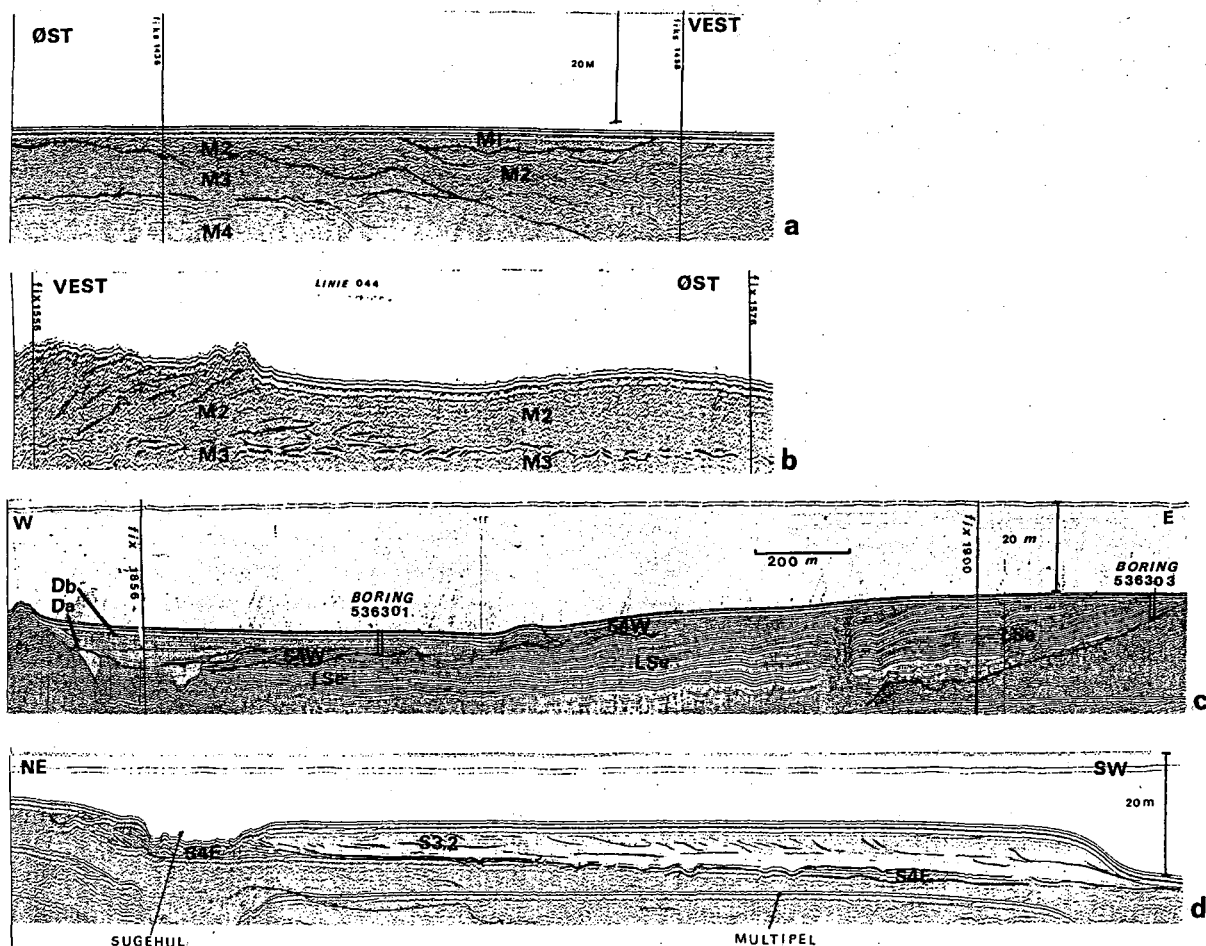


Fig. 3. Fire seismiske linier lokaliseret på Fig. 2. De stratigrafiske enheder er angivet med bogstavkoder. Undergrænsen af de seismiske enheder er vist med fuldt optrukket streg.

Fig. 3. Four seismic lines, for location see Fig. 2. The stratigraphic units are defined by letter codes. The basis of each unit is marked by a heavy line.

kraftig. C) Parallelle og linseformede reflektorer (Fig. 3a, b). M2 udfylder kanalerne i M3 og M4 mod vest hvor krydslejret sand er påvist i prøver. Enheden danner overfladen i den centrale del af Lysegrund med et relief på mere end 10 meter. Øverst (2–4 m vand) ses en stor koncentration af blokke på et afgrænset område. Interne reflektorer hælder svagt mod vest og mod øst, væk fra koncentrationen af blokke. Østligst kiler M2 ud og i syd og vest for toppunktet aftager kornstørrelsen. Litologisk består M2 af >90% krystallint materiale.

Enhed M1: Udgør havbunden udenom det egentlige Lysegrund og ses aldrig over kote –16 meter. C) Tætte, parallelle reflektorer, som er horisontale. M1 udfylder depressioner i de underliggende enheder (Fig. 3a) og karakteriseres af høj lateral og vertikal seismisk homogenitet. Prøver indeholder 30% ler, >30% kalk samt 10–17% flint.

Enhed LSe: A) Trunkeret eller onlap. B) Downlap.

C) Kilometerlange, sammenhængende og parallelle reflektorer. Nedre del af LSe er transparent og udviser marint onlap (Fig. 3c). Enheden ses i et mindre N–S strygende bassin vestligst i undersøgelsesområdet samt i Storebæltrendens forlængelse, hvor den nutidige vanddybde er størst. Overfladen af LSe ligger altid under kote –25 meter og enheden er >25 m tyk. Prøverne består af silt og ler med et sandindhold mellem 2 og 5%. Nederst er fundet sandede dropklaster og strømdannede sedimentære strukturer. Nogle meter over dette niveau ses bioturbation. Foraminiferer forekommer.

Enhed S4 (S4W og S4E): A) Trunkeret eller top-lap. B) Downlap eller kaotisk. C) Tueformede, parallelle og skrå refleksionsmønstre (Fig. 3c, d). Vestligst ligger S4W som et 2–5 m tykt lag af sten, grus og sand (<10% flint), som danner stærkt elongerede former i en 1,5 km bred dal nedskåret i LSe. Enhed S4W findes i bunden af dalen og på den østlige dalside ind-

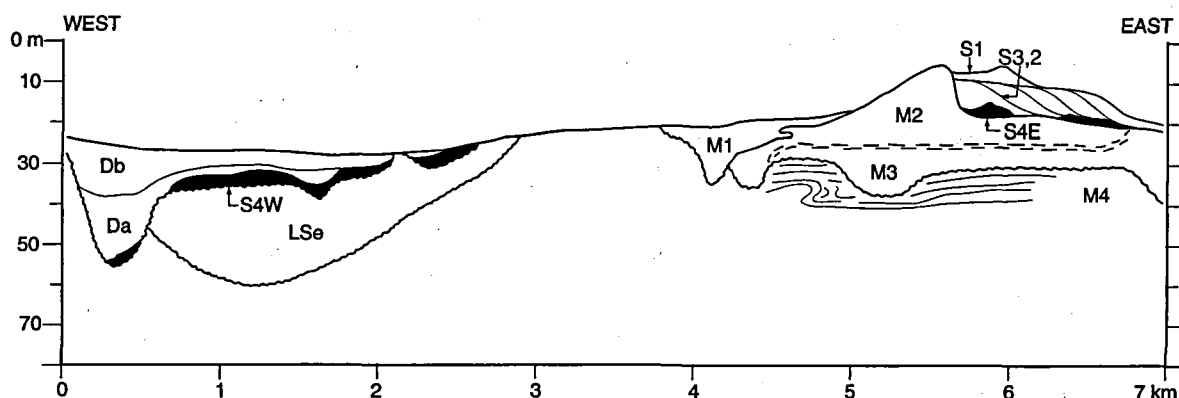


Fig. 4. Stratigrafisk model for undersøgelsesområdet.
Fig. 4. Stratigraphic model for the investigated area.

til kote -25 meter. Mod øst herfra draperer S4W en regional erosionsflade og fossile skrænter er udviklet ind mod Lysegrund (Fig. 3d).

Enhed S3,2: A) Trunkering og toplap. B) Downlap. C) Parallelle, horisontale, taglagte reflektorer eller transparent (nedre del), samt skrå, taglagte, parallelle reflektorer eller hummocky clinoform (øverst). De to dele af S3,2 er vertikalt og lateralt homogene og har en gradvis overgang (Fig. 3d). Den samlede tykkelse er mellem 5 og 10 meter. Enhed S3,2 ligger mellem kote -20 og -9 meter, danner en platform og udfylder relieffet i de ældre aflejringer syd og øst for Lysegrund. Generelt tiltager kornstørrelsen fra finsand til mellemsand med grus- og stenlag. Planparallelle lag går gradvist over i krydslejret mellemsand. Varmekrævende marine skaller er almindelige i sandet.

Enhed S1: A) Trunkering. B) Downlap. C) Parallelle, taglagte reflektorer. Enheden ligger karakteristisk mellem kote -10 og -5 meter og er aflejret som et tæppe eller som voldsystemer over enhed S3,2. Flint samt skaller og skalfragmenter udgør ca. 50% af prøven.

Enhed Da,b: A) Trunkering, toplap. B) Da: kyst onlap, downlap Db: marint onlap. C) Parallelle reflektorer eller transparent. Dynd findes på de største nutidige vanddybder og vestligt i undersøgelsesområdet (Fig. 2). Da indeholder mange skalfragmenter og spredte gruskorn. Sandindholdet er 10–15% og kalk udgør >10%. Sporfossiler ses ikke, men sedimentet er strukturløst. Db indeholder ikke gruskorn, skalfragmenterne er få og bioturbationen intens.

Tolkning:

Enhederne M4 til M1 tolkes som glacigene aflejringer. Stratigrafisk er M4 ældst og overlejrer formodentligt prækvartæret. Enhed M4 korreleres med den "Nedre Moræne" (Sjørring 1973) og med enhed 3 (Gyldenholm et al. 1993). M4 er aflejret som et glacio-

marint sediment. En hiatus og en egentlig sekvensgrænse må forventes mellem M4 og M3.

Mod vest er M3 og M4 gennemskåret af kanaler, som udfyldes af M2. Mod øst udfylder M3 aflejringer kanaler i M4 og M3 er deformeret fra NØ (Fig. 4) (Novak 1995). M3 korreleres til Midt Danske Till eller Nordsjælland Till beskrevet af Houmark-Nielsen (1987). Enhed M2 mangler i undersøgelsesområdets østlige del (Fig. 2, 4). Centralt på Lysegrund, 10 til 15 meter over den omliggende havbund, består M2 af sten og blokke og de lavvinklede interne reflektorer tolkes som bækning snarere end dislokationer. Ved NØ-isens tilbagesmeltning blev M2, ved isens midlertidige ophold, aflejret som alluvialkegle og som fyld i kanaler eroderet i enhederne M3 og M4 (Novak 1995).

M1 udfylder de laveste niveauer i den underliggende topografi og afviger mineralogisk og kornstørrelsesmæssigt fra de underliggende enheder (Fig. 2 og 4). Sydligst på Lysegrund udfylder M1 nogle Ø–V strygende dalstrøg i enheder, som er svagt deformeret af istryk fra S eller SØ. Det ungbaltiske isfremstød havde sin maksimale nordlige udbredelse omkring Lysegrund. Isen overskred næppe de højere dele, men afsatte M1 materiale i depressionerne omkring grunden (Novak 1995).

Enhed LSe korreleres med senglaciale, glaciolastrine og glaciomarine aflejringer i Kattegat regionen (Nordberg 1989). Lysegrund lå i et fjordlignende område, som stod i forbindelse med et marint bassin langs den svenske vestkyst. Fjorden var den marine, druknede del af et flodsystem, som afvandede store dele af det sydlige Danmark. Foraminiferer i prøver fra LSe antyder koldt og lavt vand med svingende salinitet (K. Conradsen, pers. komm. dec. 1994). Kulstof/svovl analyser peger også mod svingende salinitet. Sedimentære strukturer tolkes som betinget af underflow af flodvand ud i fjordbassinet. Over dette niveau er observeret kryptobioturbation (Ekdale et al. 1984), der tolkes som tegn på faldende vanddybde.

Under den maksimale regression, på overgangen til holocæn, opstod et sedimentationsstop. Afslutningen blev markeret af *Littorina* transgressionen, som overskyllede området. En sekvensgrænse (Posamentier et al. 1992) er lokaliseret under denne transgressionsflade.

Enhederne S4 til S1 samt Da og Db er her tolket som holocæne aflejringer dannet under og efter *Littorina* transgressionen 9500 år BP (Mørner 1969, Christiansen et al. 1993, Björck 1995). S4W (Fig. 4) tolkes som longitudinale barrierer og sammenligning med andre flodaflejringer indikerer, at vandføringen i S4W var usædvanlig kraftig og vandstanden i floden var mindst 8 meter over havniveau. Dræningen af Ancyussøen igennem Storebælt foregik efter 9400 år og før 9000 år BP (Jensen 1992, Björck 1995) og S4W aflejredes på få år under denne dræning (Novak 1995). Lokalt blev de allerede etablerede marine forhold midlertidigt trængt nordpå i nogle få år.

Enhed S4E (Fig. 4) dannedes ved kystprocesser. Mellem kote -20 og -15 meter blev der aflejret barrierer, laguner og strandvoldssystemer syd og øst for den centrale Lysegrund. En høj transgressionsrate, sammenholdt med begrænset sedimenttilførsel betød, at energipunktet sprang kystværts fra et ydre krummede-system (kote -20 meter) til et strandvoldssystem dannet ved kystnedbrydning af M2 aflejringer (kote -17 meter) (Fig. 4). Basis af S4E er ¹⁴C dateret til 8900 år BP. De yngre enheder S3 og S2 tolkes som en platformudbygning i læ af Lysegrund. Kontrolleret af havniveauet udbyggedes enhed S3,2 først syd for Lysegrund og derefter mod øst. Platformens overflade ligger generelt 6 til 8 meter højere i den østlige ende end i den sydlige ende og med en transgressionsrate >10 mm/y betyder det, at udbygningen varede mindre end 1000 år. Enhed S3,2 er to-delt og består af skråsæt og bundsæt som i seismikken er adskilt ved en gennemgående reflektor. Sedimentologiske overvejelser og seismisk facies analyse peger imod at platformen er aflejret som en enhed. De finkornede bundsæt er aflejret under bølgebasis og skråsættene, som indeholder stormlag af grus og sten, er aflejret på øvre strandplan. Den overliggende enhed S1 (Fig. 2 og 4) ligger som smalle ryggen over de højeste dele af Lysegrund, parallelt med hovedvindretningen, og tolkes som krummede-systemer, der dannedes i læ fra stenrevne. Andre steder ligger ryggene vinkelret på hovedvindretningen.

Enhed Da,b er holocænt til recent dynd. Enhedens todeling tolkes som betinget af skiftende dræningsruter fra Ancyussøen og fra Østersøen (Novak 1995).

Afslutning:

Undersøgelsen er udført som et speciale i forbindelse med kandidateksamen ved Geologisk Institut, Københavns Universitet, april 1995. Nærværende tekst præsenterer undersøgelsens vigtigste resultater. Jeg sen-

der en varm tak til de to vejledere, som var knyttet til projektet, Gunver K. Pedersen, Københavns Universitet og Jørn Bo Jensen, Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Litteratur

- Björck, S. 1995: A review of the history of the Baltic Sea, 13.0 ka-8.0 ka. *Quaternary International* 27, 19-40.
- Christiansen, C., Conradsen K., Emelyanov E., Trimonis E. & Heinemeier J. 1993: Hydrographic changes in the southern Kattegat (Scandinavia) during the early Holocene transgression. *Boreas* 22, 349-356.
- Ekdale, A. A., Bromley, R. G. & Pemberton, S. G. 1984: Ichnologi. The use of trace fossils in the sedimentology and stratigraphy. Society of economic paleontologists and mineralogists (SEPM). Tulsa, Oklahoma.
- Gyldenholm, K. G., Lykke-Andersen, H. & Lind, G. 1993: Seismic stratigrafi of the Quaternary and its substratum in southern Kattegat, Scandinavia. *Boreas* 22, 319-327.
- Houmark-Nielsen, M. 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*. 36, 189.
- Jensen, J. B. 1992: Late Pleistocene and Holocene depositional evolution in the shallow waters near the island of Møn, SE Denmark. Ph.D. Thesis. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Afdelingen for Geophysics and Marine Geologi.
- Lykke-Andersen, H., Knudsen, K.L. & Christiansen, C. 1993 a: The Quaternary of the Kattegat area, Scandinavia: a review. *Boreas* 22, 269-281.
- Macurda, Jr. D. B. 1991: Seismic stratigraphic and facies analysis of shallow water siliciclastics, part 2, 2-1 til 2-53, og 3, 3-1 til 3-10 Geoquest Training. Petroleum Information Corporation. Houston Texas.
- Mitchum, R. M., Vail, P.R. & Thompson, S. 1977: Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 26, 53-62.
- Mørner, N-A. 1969: The Late Quaternary history of the Kattegat Sea and the Swedish west coast. *Sveriges Geologiska Undersökning serie* 640, 1-487, 10 plates.
- Nordberg, K. 1989: Sea-floor deposits, paleoecology and paleoceanography in the Kattegat during the later part of the Holocene. University of Göteborg, Geologiska Institutionen, Publ. A 65.
- Novak, B. 1995: En maringeologisk undersøgelse af kvartære lag på Lysegrund, sydlige Kattegat, Danmark. Specialeopgave i forbindelse med afsluttende eksamen, - cand scient geologi. 110 pp. + bilag. 10 kort.
- Posamentier, H. W., Allen, G. P., James, D. P. & Tesson, M. 1992: High-resolution sequence stratigraphy - The east coulee delta. *Journal of Sedimentary Petrology* 62, 310-317.
- Sjørring, S. 1973: Klinten ved Hundested. *Dansk Geologisk Forening Årsskrift* 1973, 108-117.
- Skov- og Naturstyrelsen 1987: Havbundsundersøgelser, Råstoffer og fredningsinteresser, Sjællands Rev. Skov- og Naturstyrelsen 1987.